



Program prekogranične suradnje
Mađarska-Hrvatska

Interreg

Europski fond za regionalni razvoj



EUROPSKA UNIJA



RuRES

Renewable energy sources and
energy efficiency in the function of rural development

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

HUHR/1601/3.1.1/0033

Interreg V-A Programa suradnje Mađarska-Hrvatska 2014.-2020.

Urednici:

Topić, Danijel; Varjú Viktor; Horváthné Kovács Bernadett

Recezeni:

Dr.sc. Németh Kornél – energetičar, stručnjak za okoliš

Dr.sc. Marinko Stojkov (PhD) – redoviti profesor u trajnom zvanju

Lektorica:

Sandra Labudović, prof. – profesorica hrvatskog i engleskog jezika

Prekogranična regija

gdje rijeke spajaju, a ne razdvajaju

AUTORI

BÁLINT Dóra – mlađi istraživač, MTA KRTK RKI DTO, Pečuh
BODOR Ákos – istraživač, MTA KRTK RKI DTO, Pečuh
Došen, Dario – viši laborant, FERIT, Osijek
Fekete, Krešimir – docent, FERIT, Osijek
HAJDÚ Zoltán – znanstveni savjetnik, MTA KRTK RKI DTO, Pečuh
Horeczki Réka – mlađi istraživač, MTA KRTK RKI DTO, Pečuh
HORVÁTHNÉ KOVÁCS Bernadett – izvanredni profesor, Sveučilište u Kaposvaru
Klaić, Zvonimir – izvanredni profesor, FERIT, Osijek
Knežević, Goran – docent, FERIT, Osijek
KOVÁCS Sándor Zsolt – mlađi istraživač, MTA KRTK RKI DTO, Pečuh
MEZEI Cecília – znanstveni suradnik, MTA KRTK RKI DTO, Pečuh
Pelin, Denis – redoviti profesor, FERIT, Osijek
Primorac, Mario – stručni suradnik, FERIT, Osijek
Šljivac, Damir – redoviti profesor u trajnom zvanju, FERIT, Osijek
Póla Péter – znanstveni suradnik, MTA KRTK RKI DTO, Pečuh
TITOV, Alexander – doktorand, Sveučilište u Kaposvaru
TOPÍĆ, Danijel – docent, FERIT, Osijek
VARJÚ Viktor – viši znanstveni suradnik, MTA KRTK RKI DTO, Pečuh
Žnidarec Matej – asistent, FERIT, Osijek

Urednici slika: FONYÓDI Valéria, SZABÓ Tamás

Tehnički urednik: GLIED Viktor

Izdavač: MTA KRTK Institute for Regional Studies

Tisak: Kontraszt Plusz Kft. 7623 Pécs, Petőfi u. 48,

ISBN 978-615-5949-03-6 (tiskana verzija)

ISBN 978-615-5949-04-3 (pdf)

Pécs, 2018

Ovaj dokument izrađen je uz financijsku potporu Europske unije. Sadržaj ovog dokumenta isključiva je odgovornost MTA KRTK Instituta za regionalne studije, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek i Sveučilišta u Kaposvaru i ni u kojem slučaju ne odražava stajalište Europske Unije i/ili Upravljačkog tijela.

SADRŽAJ

1	Uvod	7
2	Ruralna područja u svijetu koji se mijenja – geografska analiza istraživačkog područja	10
2.1	Uvod: definicija ruralnih područja	10
2.2	Uvod u područje istraživanja – pregled administrativne, ekološke i povijesne pozadine prekogranične regije	12
2.3	Ranjiva mjesta u svijetu koji se mijenja – socioekonomski indikatori područja istraživanja	14
2.3.1	Dugoročni utjecaj smanjenja populacije na OIE	15
3	Stav prema okolišu u ruralnim područjima prekogranične regije	19
3.1	Procjena stava i ophođenja prema okolišu	19
3.2	Stav i ophođenje prema okolišu – glavni rezultati ispitivanja	21
3.3	Rezultati istraživanja provedenog među lokalnim stanovništvom	24
3.3.1	Karakteristike uzroka (osnovni podaci)	24
3.3.2	Svjesnost o obnovljivim izvorima energije	25
3.3.3	Prihvaćenost i znanje o biomasi kao obnovljivom izvoru energije	29
4	Temeljni socioekonomski kriteriji – jačanje sinergije između iskorištavanja obnovljivih izvora energije i ruralnog razvoja	32
4.1	Obnovljivi izvori energije u multifunkcionalnom ruralnom gospodarstvu	33
4.2	Uvjeti razvoja sustava za korištenje obnovljivih izvora energije te ograničenja u njihovoj primjeni	34
4.3	Uvjeti korištenja biomase, najvećeg obnovljivog izvora u ruralnim područjima	35
4.4	Obnovljivi izvori energije u strategijama razvoja ruralnih područja	36
5	Potencijal Obnovljivih izvora energije i potpora u prekograničnom području Hrvatske i Mađarske – potencijal za primjenu modela	38
5.1	Zahtjev za odlukom – potpora općinama u ruralnim područjima	38
5.2	Aplikacija za potporu kod donošenja odluka s fokusom na obnovljive izvore energije	41

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA

5.3 Potencijalna verzija aplikacije za potporu donošenja odluka općinama, model	42
5.4 Energija Sunca	43
5.5 Biomasa	45
5.5.1 Biomasa iz poljoprivrede	45
5.5.2 Bioplin	46
5.5.3 Tekuća biogoriva	48
5.5.4 Biomasa iz šumarstva	49
5.5.5 Biomasa iz otpada	51
5.6 Otpad	52
5.7 Geotermalna energija	54
5.8 Ograničenja i razvojni potencijal modela	58
6 Tehnologije za korištenje obnovljivih izvora energije	59
6.1 Elektrane na biomasu	59
6.1.1 Procesi pretvorbe biomase u energiju	60
6.1.2 Troškovi	62
6.2 Fotonaponske elektrane	66
6.2.1 Tehnologija fotonaponskih elektrana	67
6.2.2 Troškovi FN elektrana	69
6.3 Solarni toplinski kolektori	72
6.3.1 Tehnologija solarnih kolektora	73
6.3.2 Investicijski troškovi solarnih kolektora	75
6.4 Toplinske pumpe (dizalice topline)	75
6.4.1 Kategorizacija dizalica topline	76
6.4.2 Investicijski troškovi	78
7 Preporuke mjera energetske učinkovitosti za ruralna područja prekogranične regije	80
7.1 Što je energetska učinkovitost?	80
7.2 Toplinska energija	80
7.3 Električna energija	85
8 Primjena OIE u ruralnim područjima	89
8.1 Energetski koncepti u pograničnom području Hrvatska-Mađarska temeljeni na obnovljivim izvorima energije	89

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

8.1.1 Primjeri dobre prakse u Hrvatskoj	94
8.2 Utjecaj obnovljivih izvora energije na kvalitetu električne energije u ruralnim područjima	102
8.2.1 Utjecaj različitih tehnologija obnovljivih izvora na elektroenergetsku mrežu	102
9 Primjeri dobre prakse	109
9.1 Laboratorij za obnovljive izvore energije	109
9.1.1 Sustav za mjerenje, obradu i pohranu podataka na fotonaponskim tehnologijama	110
9.1.2 Ostala oprema za nastavu	115
9.2 Didaktička oprema za učenje o proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora energije	117
9.2.1 Didaktički skalirani fotonaponski sustav	118
9.2.2 Didaktički skalirani sustav s gorivnim ćelijama	121
9.2.3 Električni energetske pretvarači za povezivanje fotonaponskih sustava i sustava gorivih ćelija s izmjeničnim trošilima	123
10 Procjena utjecaja potencijalnih ulaganja u obnovljive izvore i energetske učinkovitost	126
10.1 Teorijski okvir za procjenu održivosti	126
10.2 Društveni utjecaji	127
10.3 Utjecaji na okoliš	132
10.4 Ekonomski utjecaj	132
11 Zaključak	135
12 Literatura	138
13 Suradnici	142

1 UVOD

DANIJEL TOPIĆ, BERNADETT HORVÁTHNÉ KOVÁCS, VIKTOR VARJÚ

Europska unija prepoznala je ogromni potencijal za razvoj u području energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije (OIE). Strategije EU2020 i EU2030 (povećanje udjela obnovljivih izvora energije u iznosu od najmanje na 27% u potrošnji EU) i Plan 2050 definirali su ambiciozne ciljeve prema povećanju korištenja OIE, no nisu definirane zajedničke politike za države članice. EU27/28 definira njihove doprinose i načine za potporu razvoja OIE.

Prema energetske statistici EU (European commission, 2017), udio obnovljivih izvora energije u krajnjoj potrošnji energije krajem 2015. godine iznosio je 29% u Hrvatskoj i 14,5% u Mađarskoj. Nacionalni ciljevi za udio OIE do 2020. postavljeni su na 20% za Hrvatsku i 13% za Mađarsku. Iako su Hrvatska i Mađarska ispunili ciljeve za 2020., potrebno je naglasiti da većina obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj dolazi iz konvencionalnih hidroelektrana, vjetroelektrana lociranih izvan prekogranične regije i biomase uglavnom korištene za tradicionalno grijanje, dok u Mađarskoj većina dolazi iz konvencionalne biomase za grijanje. S druge strane, prekogranično područje Hrvatske i Mađarske ima značajan potencijal OIE, posebice sunčeve energije, geotermalne i energije biomase u ruralnim područjima koja može biti korištena za proizvodnju električne i toplinske energije.

Korištenje OIE i mjera energetske učinkovitosti u ruralnim područjima vrlo je važno u postizanju navedenih ciljeva. OIE se mogu koristiti umjesto fosilnih goriva za opskrbu i toplinskom i električnom energijom potrošača koji nisu spojeni na energetske mreže. OIE mogu se koristiti za opskrbu električnom i toplinskom energijom malih obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava, ali i drugih objekata u ruralnim područjima koja često nisu spojena na energetske mreže ili ih je ekonomski neopravdano spojiti. Korištenje OIE i mjera energetske učinkovitosti izravno pomaže u smanjenju emisija CO₂ zamjenjujući fosilna goriva i smanjujući potrošnju energije.

FERIT i MTA KRTK već su uspješno implementirali projekt REGPHOSYS koji je za cilj imao pronaći optimalnu konfiguraciju fotonaponskog sustava za prekogranično područje Hrvatske i Mađarske uzimajući u obzir regionalne, ekonomske i meteorološke uvjete.

Suradnja između ovih dviju institucija uspostavljena je kroz uspješno provedeni projekt REGPHOSYS te su provedena i objavljena određena istraživanja u području OIE u prekograničnoj regiji. Ideja je nastaviti ovu suradnju kroz RuRES projekt i proširiti istraživanje uključivanjem novog partnera, Kaposvár UNI. RuRES će uklju-

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

čiti istraživanja u području OIE i energetske učinkovitosti u svrhu ruralnog razvoja prekogranične regije.

Uključivanjem Kaposvar UNI kao partnera, proširit će se tim stručnjaka te će biti dostupna nova znanja i iskustva. Projektni tim Kaposvar UNI pomoći će u istraživanjima u području biomase i gospodarenja otpadom u energetske svrhe i svrhe razvoja ruralnih područja.

Prema ("PV GIS," 2018), značajan je potencijal energije sunčevog zračenja u prekograničnoj regiji koji na optimalno nagnutu plohu iznosi oko 1 400 kWh/m² godišnje. Geotermalni temperaturni gradijent u Panonskom bazenu značajno je veći (oko 0,049 K/m) od svjetskog prosjeka te sadrži vruće stijene te geotermalne izvore. Postoje istraživanja ((Ivanović & Glavaš, 2013) koja indiciraju značajan potencijal za korištenje otpada biomase za energetske svrhe u prekograničnom području Hrvatske. Slično istraživanje trebalo bi napraviti također i za prekogranična područja Mađarske. Budući da postoji značajan potencijal OIE u ruralnim područjima prekogranične regije koji još uvijek nije dovoljno iskorišten, važno je istražiti načine korištenja OIE u ruralnim područjima, razviti tipične energetske sustave za specifične uvjete u ruralnim područjima te istražiti kako OIE i energetska učinkovitost mogu utjecati na ruralni razvoj i istražiti ekonomske, društvene i okolišne utjecaje.

Vizija projekta je provedba znanstvenih istraživanja i preporuka korištenja OIE i mjera energetske učinkovitosti u funkciji ruralnog razvoja prekogranične regije.

Tri su opća cilja projekta:

1. Razvoj tipičnih sustava temeljenih na OIE za opskrbu energijom u ruralnim područjima.
2. Set preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti i gospodarenje otpadom u ruralnim područjima.
3. Istraživanje ekonomskih, društvenih i okolišnih utjecaja obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti na ruralna područja prekogranične regije.

Kratkoročna perspektiva projekta je diseminacija informacija o obnovljivim izvorima energije, energetske učinkovitosti i održivom gospodarenju otpadom u ruralnim područjima prekogranične regije. Dugoročna perspektiva projekta je povećanje korištenja obnovljivih izvora energije, poboljšanje energetske učinkovitosti, održivo gospodarenje otpadom te smanjenje korištenja fosilnih goriva, smanjenje emisija stakleničkih plinova te troškova za energiju. Specifični ciljevi su proširenje inovacijske i istraživačke mreže u prekograničnom području, razvoj tipičnih sustava za napajanje

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

energijom iz obnovljivih izvora energije za specifične uvjete u ruralnim područjima te suradnja između institucija uključenih u projekt.

Očekivani rezultati projekta su:

- Razvoj modela za lokalne sudionike/lokalne uprave koji će im pokazati njihov potencijal obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti te preporuke što razvijati.
- Nabavka opreme za demonstraciju kako izgraditi malo postrojenje na obnovljive izvore energije u ruralnim područjima.
- Internetska stranica na kojoj će biti dostupni svi rezultati projekta s preporukama na temelju rezultata istraživanja.
- Trojezična knjiga za znanstvenu javnost i lokalne dionike koja će sumirati sve važne rezultate projekta.
- Završna konferencija na kojoj će se rezultati projekta prezentirati znanstvenicima i lokalnim dionicima, lokalnoj javnosti te provesti rasprava.
- Treninzi za lokalne dionike u ruralnim područjima, jedan u Osječko-baranjskoj županiji, te po jedan u županijama Baranya i Somogy.

Cilj ove knjige je sumirati glavne rezultate RuRES projekta koristeći multidisciplinarni pristup. S ciljem predstavljanja rezultata u ruralnim područjima, poglavlja ove knjige daju pregled promatranog i istraživnog područja uzimajući u obzir geografske, socijalne i ekonomske uvjete analizirajući perspektive, stavove i potencijalno ponašanje svakodnevnih ljudi. Knjiga također daje pregled potencijalnog utjecaja investicija u OIE i energetske učinkovitost u ruralnim područjima.

2 RURALNA PODRUČJA U SVIJETU KOJI SE MIJENJA – GEOGRAFSKA ANALIZA ISTRAŽIVAČKOG PODRUČJA

DÓRA BÁLINT, RÉKA HORECZKI, ZOLTÁN HAJDÚ

2.1 UVOD: DEFINICIJA RURALNIH PODRUČJA

U ovom poglavlju će se sumirati najvažnija stajališta prema relevantnoj literaturi s obzirom na složeni pojam ruralnost. Zatim će se analizirati nedavna okolišna i socio-ekonomska situacija u istraživačkom području pomoću mjerljivih indikatora.

Funkcija i slika ruralnih područja doživjele su ogromne promjene u zadnjih 50 godina. Tradicionalna uloga sela formirana je procesima kao što su: moderna masovna poljoprivredna proizvodnja, promjena odnosa na tržištu, suburbanizacija te formiranje periferija (starenje, smanjenje populacije). Najveći problem, prema istraživačkim izvješćima na ovu temu (Csatári, 2011), su procesi koji su nedogledni u regiji; deprecijacija i smanjenje sela doprinijeli su mnogim negativnim trendovima kao što su socijalni, ekonomski i ekološki problemi.

Dvije su različite koncepcije koje se mogu pronaći u literaturi. U prvom slučaju, pojam ruralnosti definira se kvantificiranim, objektivnim brojevima; u drugom se slučaju ispituje postojanje ruraliteta, sela, u vidu „zasebne kvalitete“ u odnosu na urbana područja. Definicija se može promijeniti prema tome u kojem ju kontekstu istraživači koriste: zemljopisni, socijalni, ekonomski ili kulturni (Maácz 2001). U Europskoj uniji, problemi vezani uz posebnu razvojnu potrebu ruralnih područja datiraju krajem 1980-ih (EC 1988). Europska povelja o ruralnim područjima, koju je usvojilo Vijeće Europe 1996., definirala je ruralna područja na sljedeći način: ruralna područja su teritoriji gdje se uglavnom pojavljuju poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo, stanovništvo ima posebnu gospodarsku, kulturnu, rekreacijsku aktivnost, također se ističe zaštita okoliša i postmodernistički način povezan s društvenim potrebama. Novost definicije leži u činjenici da je promijenjeno mišljenje ruralno = „ne urbano“ (Arcaini et al., 1999). Europska perspektiva prostornog razvoja (EC 1999) razmatra ruralna područja kompleksnim gospodarsko-ekološko-kulturnim teritorijima, koja ne čine homogenu jedinicu. Može se karakterizirati različitim ograničavajućim čimbenicima. Razumijevanju urbanih i ruralnih područja pomogle su studije u okviru ESPON 1.1.2. projekta. Istraživanje je ukazalo na važnost intenziteta i smjera strukturalnih (korištenje zemljišta, sustav naselja) i funkcionalnih veza (proizvod-

nja-potrošnja-komunikacijske formacije). Europska unija ne primjenjuje jedinstveno ograničeni sustav za ruralna područja, međutim, svaka država članica ima svoj vlastiti sustav (koji se zasniva na nekim drugim društveno-gospodarskim karakteristikama). Uzima u obzir sustav namire, korištenje zemljišta, ekonomske funkcije; ali najviše prihvaćen pokazatelj je gustoća naseljenosti. Zbog toga, metoda OECD-a (1994.) ima veliku važnost, koja koristi gustoću naseljenosti kako bi se razlikovala ruralna i urbana područja. Metoda OECD-a koristi procjenu teritorijalne razine u dva koraka: na lokalnoj razini (LAU2) granični broj stanovnika za seoska naselja iznosi manje od 150 stanovnika / km². Na regionalnoj razini (NUTS3): potrebno je koristiti udio koji pokazuje dodijeljeni administrativni ili funkcionalni udio stanovništva koji žive u ruralnim područjima. Tri su osnovne vrste: pretežno ruralno područje, gdje je udio stanovnika koji žive u ruralnim područjima više od 50%; tipično ruralno područje (srednje), gdje stanovnici koji žive u ruralnim područjima između 15% i 50%; pretežno urbanim područjima, gdje je udio stanovnika koji žive u urbanim sredinama manji od 15% (Eurostat 2007). U 2010. godini, uz pomoć novih metoda i GIS sustava, razjašnjena je ruralna tipologija. Nova metoda uzima u obzir varijabilne prostorne veličine i problem gradskih područja. 56% teritorija Europske unije pretežno je ruralno područje, u slučaju Mađarske, 66,1% zemlje je ruralno područje, a 47,9% stanovnika koji žive u ruralnim područjima. U Hrvatskoj su ti brojevi obrnuti: 26% države je ruralno područje, a 53,4% stanovnika živi u ruralnim područjima. Mađarski pojam ruralizma prvo se koristi u Zakonu br. 21/1996 (Nacionalna agrarna struktura i ruralni razvoj); gdje su ruralna područja bila odvojena od poljoprivrednih, manje razvijenih regija i sela. Istraživači su, poput Kovács (1998), koristili drugačiji pristup, gdje su glavni pokazatelji ruralnih područja: udio aktivnih radnika više od 20% koji rade su u poljoprivrednom sektoru 1990. godine; stanovništvo koje žive u naseljima s manje od 120 ljudi/km²; gustoća naseljenosti manje od 80 ljudi/km² u regiji. Prema Ministarstvu poljoprivrede (1997.), ruralno područje je mjesto gdje prevladavaju poljoprivredna djelatnost, zeleni pokrov (šuma, prirodni krajobraz) i sustav naselja, uglavnom malih sela, a specifična niska stopa izgrađenih područja i gustoće naseljenosti.

Dorgai (1999) navodi: naselja su ruralna ako nemaju status urbanog, broj stanovnika je manji od 10 000. Csátári (2000) nastoji rangirati male okruge u Mađarskoj prema gurbanom/ruralnom indeksu. Okruzi su ruralni gdje manje od 50% stanovnika nekog područja živi u naseljima s više od 120 ljudi/km². Kovács i sur. (2015) navode osam složenih tipova seoskih okruga u procjeni Ruralnog razvoja 3.0. Németh i njegovi kolege (Németh 2011, Németh et al., 2018) u svojim istraživanjima pokušavaju pojednostaviti pojmove. U njima su usmjereni na okoliš i socijalno usmjereni pristup, tvrde da su ruralna područja gdje čovjek može biti u skladu s prirodom. Naselja moraju uzeti u obzir njihove posebnosti u svojim razvojnim konceptima kako bi ispunili tri E kriterija održivosti.

Ukratko, izraz ruralne regije temeljen na primjerima iz literature ne može se definirati gustoćom naseljenosti i brojem stanovnika, ali se može kategorizirati uz pomoć tih mjerljivih faktora.

2.2 UVOD U PODRUČJE ISTRAŽIVANJA – PREGLED ADMINISTRATIVNE, EKOLOŠKE I POVIJESNE POZADINE PREKOGRANIČNE REGIJE

Područje istraživanja sastoji se od triju NUTS 3 teritorijalnih jedinica na dvjema stranama neslužbene mađarsko-hrvatske prekogranične regije. Dvije se nalaze u Mađarskoj (županije Baranya i Somogy), a jedna u Hrvatskoj (Osječko-baranjska županija). Sve jedinice zauzimaju manje od 10% ukupne površine država (EUROSTAT 2018).



Slika 2.1. Položaj promatranih županija

Povijesne promjene zajedno s okolišnim čimbenicima odigrale su važnu ulogu u trenutnoj socioekonomskoj situaciji. U ovom odjeljku istaknute su ključne točke u povijesti razmatranog područja. U rimsko doba rijeka Dunav bila je vojni cilj (dijelovi sustava limesa izgrađeni su uz rijeku) s naseljima s vojnom funkcijom. Kasnije je mađarsko osvajanje dovelo do napretka u poljoprivredi i povećanja broja stanovnika. Prva značajna depopulacija započela je zbog vanjskih uzroka: nakon Otomanskog carstva, ta su naselja razrušena, njihova infrastruktura je srušena. U tim vremenima, područje je bilo granično područje između dvaju velikih carstava. Kasnije je u 17. stoljeću započelo useljavanje, a veliki broj Nijemaca stigao je u južno podunavlje i Slavoniju, što je pridonijelo multietničkim obilježjima tog kraja. Sredinom 19. stoljeća, željeznička mreža preuzela je ulogu rijeka budući da je postala primarni i najučinkovitiji način prijevoza koji također utječe na sustav naselja. Nakon 1920. došlo je do velike promjene u razvoju područja: Austro-Ugarska monarhija se srušila; nedavna područja Osječko-baranjske županije postala su dio Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca (nakon 1929. godine pretvara se u Jugoslaviju). Nakon Drugog svjetskog rata, obje države bile su dio različitih komunističkih sustava. Države su proglasile neovisnost, Mađarska 1990. godine, a Hrvatska 1991. godine kada ujedno i započinje rat za neovisnosti. Nakon toga, 1993. su osnovane trenutne administrativne jedinice i županije. Početkom 21. stoljeća, obje države postale su dio Europske unije, s boljim mogućnostima komunikacije bez stroge kontrole granica i međuregionalnih projekata.

Ako se usredotočimo na čimbenike okoliša, jedno je od najvažnijih obilježja istraživačkog područja učinak bazena. Teritorij se nalazi u Panonskom bazenu, koji utječe na širok raspon drugih uvjeta, kao što su klima ili hidrologija. U tom području dominantni krajolik je ravan, prvenstveno u srednjem i južnom dijelu, gdje leži Mađarska velika ravnica. Županija Somogy uglavnom je pokrivena pjeskovitim tlima (Martonné 2006), međutim, najveći dijelovi istraživačkog područja su aluvijalne ravnice; na hrvatskoj je strani Drava (s pripadajućom dolinom), jedna od najvažnijih pritoka rijeke Dunav. Klima županija je umjereno kontinentalna (prema Köppen klimatskoj klasifikaciji) s podmediteranskim utjecajem na jugu. Gledajući klimatske grafove, ne mogu se naći značajne razlike između triju županija zbog male veličine i relativno malih promjena u zemljopisnoj širini i duljini. Općenito, najviša količina padalina pada u ljetnim mjesecima, a kasnija jesen ima drugi vrh padalina zbog mediteranskog učinka. Količina godišnjih sati sunca varira između 1.800 i 2.000. Godišnja prosječna temperatura je 10–11 °C. Sličnosti se nastavljaju, županijama je najhladniji mjesec siječanj, a najtopliji je srpanj. Godišnja količina padalina je između 600–700 mm. Sjeverna Baranja ima najveću količinu oborina od 750–800 mm. Oba dijela imaju većinu padalina u kasno proljeće, početkom ljeta, što može dovesti do velikih poplava u planinskim područjima, osobito na planinama Mecsek.

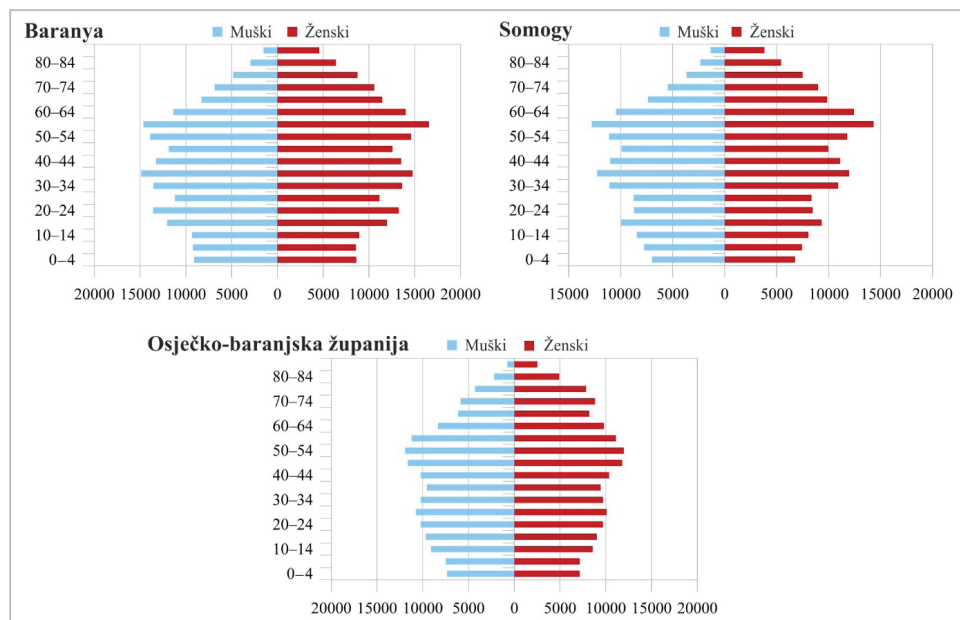
Položaj, klima i učinak bazena određuju i sustav odvodnje; cijelo područje pripada slivu Dunava. Na bregovitim mjestima poput Mecseka ili jugozapadnog dijela Osječko-baranjske županije može se naći smeđe šumsko tlo. Ta vlažna mjesta s nižom temperaturom stvorila su srednje kvalitetna tla. Najplodija tla su locirana u lesima na kvartarnim stijenama u *Outer Somogy*. To su crnice koje su najkvalitetniji tipovi nizinskih tala (Martonné 2006).

2.3 RANJIVA MJESTA U SVIJETU KOJI SE MIJENJA – SOCIOEKONOMSKI INDIKATORI PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

U zadnje vrijeme, povezana, globalna i postindustrijska društva ili dominantnost tercijarnog sektora imaju značajan prostorni učinak koji je doveo do pojačane koncentracije gradskih područja. Ovi trendovi mogu se primijetiti u svim dijelovima svijeta, ali u istočnoj Europi postoji još jedan ključni faktor: opće smanjenje populacije na nacionalnoj razini (Ubarevičienė, Van Ham 2017) koje utječe na regionalni razvoj te skoro sve hijerarhije sustava naselja (Makkai, Máté, Pirisi, Trócsányi 2017). Kao rezultat toga, ruralna područja su se smanjivala i izgubila konkurentnost što se može mjeriti kvantitativnim faktorima (pad broja stanovnika, dobna struktura, razina obrazovanja) te manje kvantitativnim faktorima kao što su slika sela i kvaliteta življenja. Na temelju ovih izjava, ruralna područja vrlo su ranjiva ovim promjenama, kao i globalnim problemima kao što su klimatske promjene ili gubitak bioraznolikosti. Stoga, pozivajući se na stav stanovnika, kompanija ili drugih dionika koji kažu “ne” i okreću leđa ruralnim područjima kroz migracije ili izmještanja tvrtki, ova područja vrlo lako “nestaju”. U slučaju istraživačkog područja, ruralna mjesta su locirana daleko od gradskih područja, posebice od najvećih kao što su Budimpešta ili Zagreb te imaju lošu prometnu povezanost s njima, što doprinosi negativnim trendovima. U ovom dijelu, korišteni su popisi iz Mađarske i Hrvatske kako bi se naglasili prethodno navedeni procesi pomoću različitih pokazatelja. Prvo su ispitane županijske populacijske piramide koje predstavljaju strukturu stanovništva prema starosti i spolu te promjene i prošle tendencije društva na navedenom području. Kao što pokazuje slika 2.2, niska stopa nataliteta uzrokovana je niskim stopama fertiliteta. U vrhu piramide je visoki udio osoba preko 65 godina što je karakterizirano pravokutnim oblikom. Može se zaključiti da su ove županije u četvrtoj i petoj fazi Demografskog tranzicijskog modela kako u Mađarskoj, tako i u Hrvatskoj. Na slici 2.2 je također moguće primijetiti povišene promjene u mađarskim županijama. Može se primijetiti nekoliko vrhova koji se odnose na razdoblja kada su stope nataliteta bile veće i to uglavnom zbog obiteljske politike. Na hrvatskoj piramidi može se primijetiti sljedeće: manja valovitost te manji vrhovi što je znak manje populacije. Samo prirodne promjene nisu dovoljne za prikaz cjelokupne slike jer i migracije utječu na populaciju. U slučaju područja promatranog u okviru RuRES projekta, mala je stopa emigracije (npr. U 2016., prema službenim

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

popisima iz Baranje je migriralo 646 osoba). Kao što je poznato, uglavnom mladi, obrazovani muškarci čine domaće ili međunarodne migracijske grupe te stoga društvo gubi radno sposobno stanovništvo što ima višestruki negativni učinak na lokalnu ekonomsku situaciju.



Slika 2.2. Populacijska piramida po županijama

2.3.1 Dugoročni utjecaj smanjenja populacije na OIE

Struktura populacije ima mnogobrojne buduće posljedice kao što je povećanje ovisnosti o aktivnom stanovništvu (starost između 15 i 65 godina). U slučaju RuRES projekta, smanjenje populacije će izazvati dugoročne učinke kao što određuje socio-ekonomske temelje za implementaciju i korištenje novih tehnologija. U sljedećoj tablici sumirani su mogući okolišni, socijalni i ekonomski izazovi istraživačkog područja. Prema toj tablici postoji nekoliko i negativnih i pozitivnih učinaka. Smanjit će se utjecaj na okoliš tako da se očuvanje resursa može nastaviti regulacijom propisa. Suprotno tome, gubitak mladog, obrazovanog stanovništva znači da će se teže usvajati i održavati nove tehnologije. Studije su pokazale da mladi ljudi puno lakše prihvaćaju nove tehnologije povezane s obnovljivim izvorima energije (Devine-Wright 2007). U isto vrijeme, odlazak će smanjiti utjecaj na okoliš te će omogućiti novi vid turizma

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

nasuprot prenapučenim i zagađenim gradskim područjima. Tehnološka promjena može smanjiti broj ljudi koji putuju na posao u druga mjesta te omogućiti rad u selu.

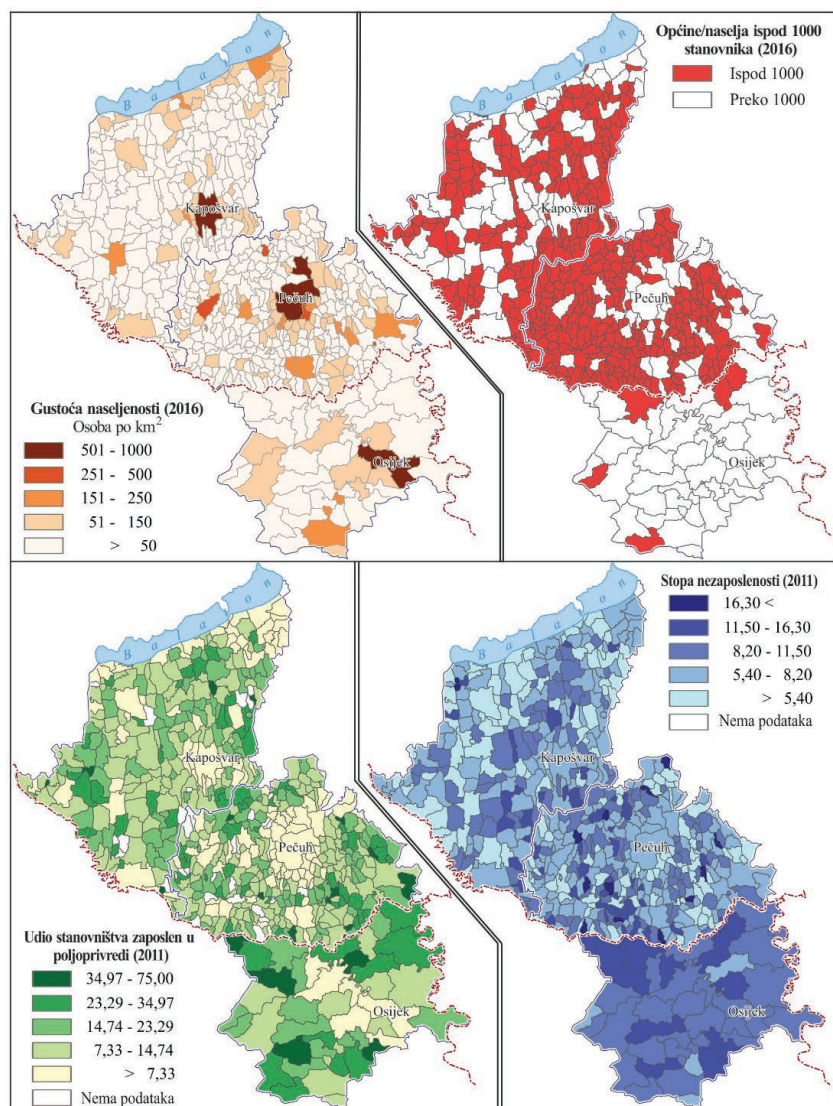
Tablica 2.1. Dugoročni učinci smanjenja populacije

	Okoliš	Društvo	Ekonomija
Pozitivni učinci	Manje ljudi znači manji utjecaj na okoliš (npr. manje zagađenje)	OIE će pomoći starijim ljudima koji nisu na tržištu rada.	Pojavljuju se nove vrste usluga.
	Nosivost će biti bolja		Bolje okolnosti za seoski turizam.
	Stariji ljudi manje putuju i troše tako da je njihov ekološki utjecaj manji.		
Negativni učinci	Promjena načina korištenja zemljišta.	Manje je vjerojatno da će se stariji ljudi prilagoditi novim nepoznatim tehnologijama tako da će biti teže naći odgovarajuće osoblje za nove tehnologije OIE.	Manje aktivnih radnika plaća manje lokalnih poreza, nedovoljna radna snaga, a održavanje infrastrukture će biti skuplje.
		Javne potpore starijim ljudima znači manje sredstava za održavanje sustava OIE.	
		Povećan broj umirovljenika će povećati pritisak na radno stanovništvo na promatranom području.	

Izvor: vlastita izrada autora

Nakon općih trendova, fokus će biti na istraživanju unutrašnjih obrazaca s teritorija istraživanja. Kao što prikazuje sljedeća slika, postoji značajna razlika teritorijalnih jedinica Hrvatske i Mađarske koje se uspoređuju, što samu usporedbu čini težom. U ovim županijama su rijetka gradska naselja te su najnaseljeniji Pečuh (144 000 stanovnika) i Osijek (108 000). U mađarskim županijama, posebice u Baranyi, osim Komlóa, postoji nedostatak srednje velikih gradova. Kao što druga karta sugerira, to su uglavnom naselja s manje od 1000 stanovnika, osim okoline Pečuha zbog procesa suburbanizacije i urbanog širenja. U Somogy županiji sustav naselja je više uravnotežen jer je veći udio malih gradova i većih sela. Usprkos tome, ova županija ima najnižu gustoću naseljenosti u Mađarskoj (52 stanovnika/km²).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 2.3. Prostorni obrasci populacije istraživačkog teritorija, naselja i socioekonomskih pokazatelja

Izvor: Vlastita izrada autora na temelju podataka službenih ureda za statistiku Mađarske i Hrvatske (KSH, Državni zavod za statistiku – 2011., 2016.)

Na temelju podataka o starosti populacije može se vidjeti kasna podetapa demografske tranzicije, odnosno nizak udio mlađeg stanovništva (ispod 14 godina) s udjelom od 5–10%. Ormánság u Baranji je dio teritorija gdje je ovo najizraženije.

U hrvatskom dijelu najmlađe općine nalaze se u južnim dijelovima. Suprotno tome, udio starijeg stanovništva koji nisu aktivni radnici te nisu na tržištu rada može se pronaći uglavnom u Somogy županiji blizu jezera Balaton te u sjevernim dijelovima Osječko-baranjske županije.

Starosna struktura u Pečuhu pokazuje znakove migracija; ne može se zadržati mlado stanovništvo usprkos statusu sveučilišnog grada. Prema statističkim podacima, na teritoriju istraživanja stanovništvo Pečuha je značajno visoko kvalificirano. Ako se promatraju indikatori na razini županija, onda Osječko-baranjska županija ima najbolje pokazatelje. Ostali gradovi kao Kaposvár ili gradovi u okrugu jezera Balaton također imaju visoke pokazatelje. Ruralna područja, zbog migracija i pada ekonomske uloge primarnog sektora, imaju nepovoljne vrijednosti, a najlošiji omjer je u Ormánságu. Kao što sljedeći indikator na mapi na slici 2.3 pokazuje, stopa nezaposlenosti je vrlo povezana s veličinom naselja (korišteni su podaci popisa iz 2011.). Ekonomski najranjivija mjesta su unutrašnje periferije oko Pečuha te mjesta uz granicu u Osječko-baranjskoj županiji.

Usporedbom situacija u obje države, u stopi zaposlenosti u Hrvatskoj poljoprivreda igra puno veću ulogu nego u Mađarskoj (Hrvatska 14,57%, Mađarska: 4,89%) što uglavnom ima povijesne razloge. Udio ljudi koji rade u sekundarnom sektoru je približno jednak u svim županijama, dok u uslužnom sektoru ima razlika. Na razini županije, ovi trendovi mogu se promatrati na manjoj skali. Županija Baranya ima najnižu stopu aktivno zaposlenih u u poljoprivredi (6%) dok je u Osječko-baranjskoj županiji taj broj približno 10%. Kao što pokazuje lijeva mapa na slici 2.3 najveći udio stanovnika koji radi u primarnom sektoru je u pograničnom području. Tercijarni sektor je jedan od najvažnijih indikatora ekonomskog rasta; u županiji Baranya uslužni sektor ima najveći udio (68%) i to zbog sveučilišnog statusa. Unatoč važnosti ovog sektora, gradovi su visoko ovisni o obrazovnim institucijama zbog manjka prisutnosti međunarodnih kompanija.

3 STAV PREMA OKOLIŠU U RURALNIM PODRUČJIMA PREKOGRANIČNE REGIJE

ÁKOS BODOR, ALEXANDER TITOV, VIKTOR VARJÚ

Cilj je ovog poglavlja dati pregled „društvenih uvjeta“ prekograničnog područja Mađarske i Hrvatske s naglaskom na Osječko-baranjsku županiju (na hrvatskoj strani) te županije Baranyu i Somogy (na mađarskoj strani). Glavni cilj ovo dijela istraživanja RuRES projekta je ispitivanje stava i „dostupnog“ ekološkog ophođenja prema obnovljivim izvorima energije i energetske učinkovitosti u ruralnim područjima u ovoj pograničnoj regiji. Empirijsko istraživanje provedeno je u dvama dijelovima – u prvom dijelu provedeno je reprezentativno istraživanje u dvjema baranjskim županijama te je u drugom dijelu proveden „case study“ u Somogy županiji u Koppány-Valley.

3.1 PROCJENA STAVA I OPHOĐENJA PREMA OKOLIŠU

Procjena stava i „ophođenje“ prema okolišu je sve više i više u fokusu uslijed degradacije prirodnih bogatstava te paralelno s time uvažavanjem važnosti zaštite okoliša te politike zaštite okoliša. Prema viđenju Eagly-Chaiken (1993), stav je „psihološka tendencija koja se izražava ocjenjivanjem određenog entiteta određenim stupnjem naklonosti ili nenaklonosti“ (Eagly-Chaiken 1993) te je od izričite važnosti za procjenu stvarnog ponašanja (Casaló– Escario 2017) uključujući i procjenu stava i ophođenja prema okolišu (zaštiti okoliša).

Značajan dio ekoloških problema može se povezati s ponašanjem čovjeka, stoga se većina istraživanja temelji na otkrivanju motivacije i pozadine akcija zaštite okoliša. Nekoliko istraživanja je usko povezal o korelaciju između stava prema okolišu i akcija zaštite okoliša (ili ne-akcija) (Bamberg–Möser 2006; Kaiser et al. 2007; Levine–Strube 2012). Németh et al. (Németh et al. 2018 a; Németh et al. 2018 b) se u svom istraživanju, između ostalog, fokusirao i na motivaciju za akcije koje se tiču ekoloških problema, „protu-mjera“ i pitanja izvorno postavljenih ciljeva te istraživanja stvarnih postignuća.

Čimbenici koji utječu na ponašanje, a uz to i ophođenje prema okolišu uključuju i ostale stvari, osim stava. Većina radova koji istražuju ophođenje prema okolišu (e.g. Gaterslaben et al. 2014, Steg–Vlek 2009; Ertz et al. 2016) odnose se na teoriju ponašanja prema Ajzen (1991) kao osnovnoj referenci, koja se pored stava (koji vidi kao ključni čimbenik) odnosi na subjektivnu normu (koja se odnosi na pritisak okoline koji može utjecati na ponašanje pojedinca da se ostvari ili ne ostvari neka akcija) ili

„iskusnu kontrolu ponašanja“ (koja se odnosi na prošla iskustva i vidljive prepreke poput novca, školovanja, dostupnog znanja) kao čimbenik koji također utječe na ponašanje.

Neki istraživači prilikom istraživanja ophođenja prema okolišu ističu ulogu nekoliko drugih čimbenika poput sustava vrijednosti, identiteta, moralnih načela, već doživljenih prednosti i nedostataka, konteksta i navika (Gaterslaben et al. 2014; Steg–Vlek 2009).

U literaturi se manje pažnje posvećuje istraživanju razlika u ophođenja prema okolišu prema teritorijalnim vrstvama. Freudenburg–McGinn (1989) je u svojem pregledu literature došao do spoznaje da su prethodna istraživanja bila mješovita mišljenja oko postojanja razlike prema teritorijalnom karakteru (urbano naspram ruralnih, industrijski naspram poljoprivredno dominiranih područja) te ophođenju prema okolišu. Postoje istraživanja koja nisu našla nikakvu razliku između uvjerenja o okolišu te karaktera teritorija ispitanih dok su neka otkrila povezanost između razine urbanizacije i uvjerenja o okolišu.

U svrhu „mjerjenja“ stava prema okolišu te ophođenja prema okolišu koriste se intervjui (npr. Vicente–Molina et al. 2018) te upitnici (npr. Buta et al. 2014). Uzorkovanje se razlikuje od višestupanjskih ili sustavnih slučajnih uzoraka (npr. Buta et al. 2014) do uzorkovanja kvota (npr. Vicente–Molina et al. 2018). Međutim, većina istraživača ne koristi reprezentativne uzorke bez obzira na veličinu istraživanog područja, stoga oni nisu prikladni za donošenje generalnih zaključaka za određene teritorijalne jedinice (iako se i to pokušalo). Reprezentativni postupak uzorkovanja našeg istraživanja međutim dopušta neke generalizacije o stanovnicima koji žive u ruralnim područjima hrvatskog i mađarskog dijela Baranje. Analiza reprezentativnih uzoraka vezanih za stav i ophođenje prema okolišu je obično dozvoljena u međunarodnim ispitivanjima (npr. Eurobarometer), no ona je obično reprezentativna samo za velike teritorijalne jedinice kao što je država ili velika NUTS2 teritorijalna razina.

Ovo istraživanje usmjereno je na ruralna područja hrvatskog i mađarskog dijela Baranje te pokušava odgovoriti na pitanje kako se stanovništvo koje ne živi u velikim gradovima odnosi prema korištenju obnovljivih izvora energije, pitanja zaštite okoliša, koliko važnim smatraju okolišne probleme te pitanja obnovljive energije. Ispitivanje ispitanika obavljeno je u ruralnim područjima Baranjske županije u Mađarskoj i Osječko-baranjskoj županiji u Hrvatskoj gdje je uzorkovanje napravljeno za 4 vrste naselja, spolove i generacije. I na mađarskoj i na hrvatskoj strani granice 400 osoba (ukupno 800 osoba s obje strane) ispitano je u okviru 30-minutnog intervjua. Pitanja su se odnosila na odnos ispitanika prema okolišu te socijalne probleme koje su iskusili. Isto tako, postavljena su pitanja glede određenih okolišnih aktivnosti i aktivnosti energetske učinkovitosti. Upitnik je također sadržavao pitanja o vlastitom materijalnom blagostanju ispitanika, njihovu utjecaju na zajednicu te demografska pitanja.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Kategorije naselja definirane su kao u tablici 3.1 tako da svaka kategorija ima isti udio u ukupnom uzorku.

Tablica 3.1. Broj i razdioba tipova naselja u uzorku istraživanja – izvor: izračun autora

	Manje selo (ispod 500 stanovnika)	Malo mjesto (501-2000 stanovnika)	Srednje veliko mjesto (2001-5000 stanovnika)	Manji grad (5,001-10,000 stanovnika)
HU	20 naselja; 112 osoba	8 naselja; 150 osoba	2 naselja; 88 osoba	1 naselje; 50 osoba
HR	12 naselja; 63 osobe	12 naselja; 177 osoba	2 naselja; 50 osoba	1 naselje; 110 osoba

Zaključno: ukupno je 31 naselje uključeno u ispitivanje na mađarskoj strani, dok je na hrvatskoj strani uključeno ukupno 27 naselja.

3.2 STAV I OPHOĐENJE PREMA OKOLIŠU – GLAVNI REZULTATI ISPITIVANJA

Sva su pitanja pojedinačno analizirana prilikom analize rezultata ispitivanja. Također, sastavljene su i složene varijable iz odgovarajućih pitanja tako da se korelacije stava prema okolišu moraju pouzdanije analizirati te upitnik ne bi trebao sadržavati samo jedno pitanje glede stava prema okolišu. U skladu s tim, već prilikom sastavljanja pitanja uloženi su naponi kako bi se odredili svi oblici ponašanja kao i sva daljnja obilježja različitog sadržaja, ali iste svrhe.

Prvi dio pitanja je osmišljen kako bi se otkrio položaj ekoloških problema među različitim društvenim problemima te u skupu problema definiranih od samih ispitanika. Generalni rezultat je da su hrvatski ispitanici zadovoljniji od mađarskih, a ta je razlika vidljiva posebice u nekim određenim pitanjima kao stanje gospodarstva, pitanje međunarodnog terorizma, zdravstvenih problema itd.). Pitanja zagađenja okoliša te učinci klimatskih promjena kao društvenih problema smatrana su pitanjima srednje važnosti u obje regije prilikom ispitivanja.

Zanimljiva razlika može se pronaći prilikom usporedbe stavova s djelima koja su doista napravljena ili ponašanjem. U cjelini se može reći da je istraživanje pokazalo da mađarski ispitanici imaju razvijeniji stav prema okolišu nego hrvatski ispitanici, odnosno mađarski ispitanici pridodaju veću važnost problemu zagađenja okoliša. S druge strane, ako se promatra ophođenje prema okolišu, prema rezultatima upitnika, hrvatski ispitanici pokazuju veću ekološku svijest, npr. prilikom kupovine žarulja, potrošnja proizvoda im je važnija od njihove cijene (mađarski ispitanici također pokazuju ekološku svijest, no postoje značajne postotne razlike)

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Tablica 3.2. Postotna analiza odgovora na pitanje broj 7 mađarskih i hrvatskih ispitanika

Mađarska			
	Frekvencija	Postotak	Kumulativni postotak
KT/NA	5	0,6	0,6
Kvaliteta	154	19,2	19,9
Potrošnja energije proizvoda	301	37,6	57,4
Utjecaj proizvoda na zaštitu okoliša	63	7,9	65,3
Cijena proizvoda	210	26,2	91,5
Porijeklo proizvoda	51	6,4	97,9
Brend proizvoda	19	2	99,9
Ostalo	1	0,1	100
Ukupno	801	100	
Hrvatska			
	Frekvencija	Postotak	Kumulativni postotak
KT/NA	1	0,3	0,3
KT/NA	64	16	16,3
Kvaliteta	199	49,8	66
Potrošnja energije proizvoda	37	9,3	75,3
Utjecaj proizvoda na zaštitu okoliša	89	22,3	97,5
Cijena proizvoda	3	0,8	98,3
Porijeklo proizvoda	6	1,5	99,8
Brend proizvoda	1	0,3	100
Ostalo	400	100	

Slična, ali suprotna razlika može se uočiti prilikom pitanja kupovine novog hladnjaka. Samo za 20,4% hrvatskih ispitanika bila je važna energetska učinkovitost pri kupnji hladnjaka, dok je kod mađarskih ispitanika taj postotak iznosio 47%. Osim toga, mađarski ispitanik sa znatno većim udjelom ($\sigma=0,001$ at 95% interval pouzdanosti) smatra da na kvalitetu života utječu ekonomski čimbenici (prosjeci: 4,2 za mađarske ispitanike, 3,79 za hrvatske ispitanike).

Nadalje, zanimljive analize su omogućene određivanjem korelacije između odgovarajućih odgovora i socijalno-demografskih obilježja ispitanika. U upitnik su uvrštena pitanja glede stava prema okolišu stvarajući kompleksnu varijablu od njih. Definiran je još jedan kompleksni indeks koji se odnosi na procjenu ekonomskih učinaka energetske učinkovitosti kao i za namjeru i stvarne akcije. Kod ovih složenih indeksa i usporedno kretanje odgovora danih na različita pitanja i postotna vrijednost objašnjene varijance bili su mnogo veći. Sljedeći korak bio je napraviti regresijske analize, odnosno tražene su korelacije između socijalne demografije (spol, dob, razina

obrazovanja, prihod, vlastita financijska situacija) te odgovora danih na određena pitanja. Rezultat proračuna regresijskog modela je da razina obrazovanja ima značajan udio u predviđanju pozitivnog stava prema okolišu (vrijednost objašnjenja modela je značajna, ali je i jaka, odnosno objašnjeno je samo 0,7% varijacija stavova). Rezultati otkrivaju da osobe s najnižom razinom obrazovanja imaju najnižu vrijednost stava, dok osobe s višom razinom obrazovanja imaju najvišu vrijednost stava, no trend porasta između dviju krajnosti ne može se pravilno opravdati. Osim stajališta prema okolišu vrlo je važno naglasiti kako ispitanici djeluju, tj. ono što su učinili u posljednjih godinu dana glede zaštite okoliša ili energetske učinkovitosti. Ispitivanje regresijskog modela pokazalo je da prihod ili vlastita financijska situacija nemaju značajan utjecaj na radnje usmjerene zaštitu okoliša niti postoje razlike između starijih i mlađih generacija ljudi. S druge strane, razina obrazovanja i razina stava omogućava moguće predviđanje radnji usmjerenih na zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti, tj. što je veća razina obrazovanja te njihova ekološka svijest, to je veća mogućnost za ostvarenjem konkretnih radnji.

Ključno pitanje projekta je energetska učinkovitost s njenim utjecajem na gospodarstvo te pitanje uključenosti države u energetska učinkovitost. Rezultati analize regresijskog modela pokazuju da ispitanici koji imaju veću namjeru ostvariti ekološki-svjesnu radnju, koji imaju veću ekološku svijest i već ekološki-svjesno djeluju, pridaju veću važnost ekonomskoj ulozi energetske učinkovitosti te ulozi države u odnosu na starije osobe te one koji imaju nižu razinu obrazovanja.

3.3 REZULTATI ISTRAŽIVANJA PROVEDENOG MEĐU LOKALNIM STANOVNIŠTVOM

Anketa među lokalnim stanovništvom u 10 naselja mikroregije Koppány Valley provedena je u svibnju 2018. godine (n=310). U provedenoj anketi korištena su pitanja s jednim i s više mogućih odgovora, Likertova skala te pitanja otvorenog tipa. Rezultati istraživanja obrađeni su statističkim metodama. Anketni upitnik sastojao se od nekoliko blokova: osnovni podaci o ispitaniku; svjesnost o obnovljivim izvorima energije u općem smislu; te specifično svjesnost i prihvaćenost o biomasi kao obnovljivom izvoru energije.

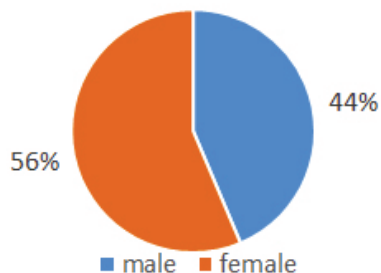
3.3.1 Karakteristike uzroka (osnovni podaci)

Većina ispitanika bile su žene s 56% (172 od ukupno ispitanih stanovnika), dok su 44% ispitanika muškarci. Omjer ispitanika prema spolu je manje-više ujednačen.

Ukoliko se gleda razdioba ispitanika prema starosti, većina ispitanika pripada skupini od 46–60 godina starosti. Na slici 3.2 može se vidjeti da je većina ispitanika

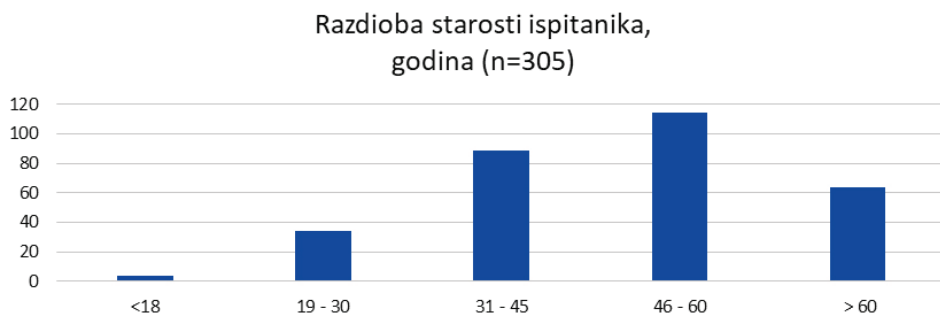
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

starija od 30 godina (88% od ukupnog broja ispitanika). S aspekta stupnja obrazovanosti ispitanika (slika 3.3), većina ispitanika ima strukovnu ili obrtničku srednju školu kao najvišu razinu obrazovanja. Samo 16% ispitanika je fakultetski obrazovano.



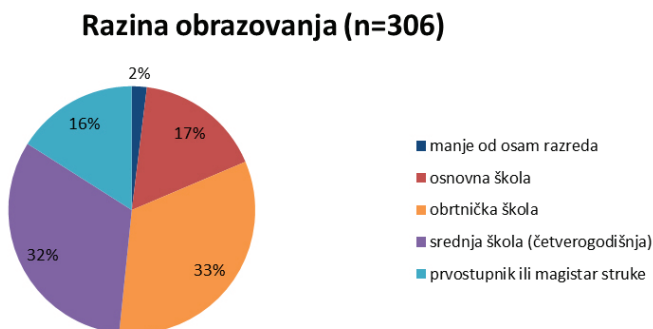
Slika 3.1. Spol ispitanika (Omjer ispitanika prema spolu n=307)

Izvor: izrada autora



Slika 3.2. Razdioba starosti ispitanika

Izvor: izrada autora



Slika 3.3. Razina obrazovanja ispitanika

Izvor: izrada autora



*Slika 3.4. Mjesto prebivališta ispitanika
Izvor: izrada autora*

Na temelju slike 3.4 može se zaključiti da su naselja s najviše ispitanika Török-koppány, Koppányszántó i Kisbárapáti. S druge strane, naselja s najmanje ispitanika su Szorosad, Bonnya i Kara.

3.3.2 Svjesnost o obnovljivim izvorima energije

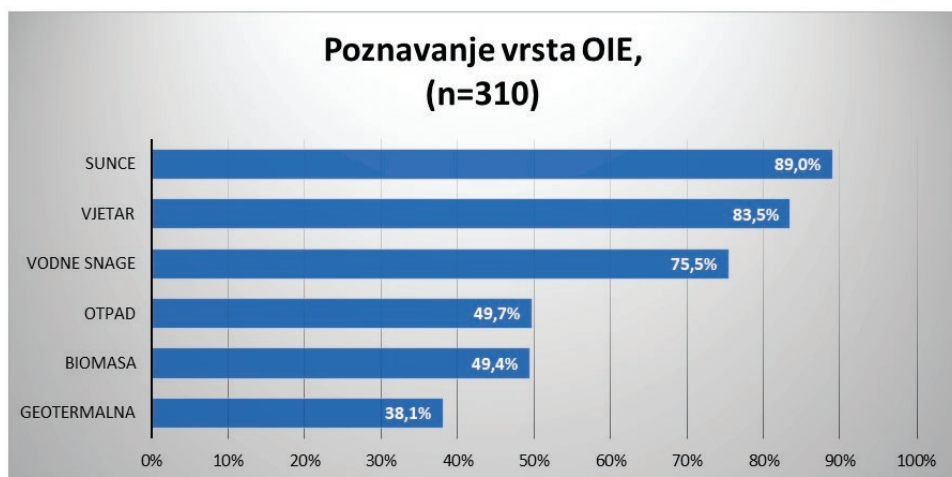
Među 300 ispitanih stanovnika 41 osoba (13,7%) nikada nije čula informacije o obnovljivim izvorima energije, dok je 259 osoba (86,3%) čulo neke informacije o obnovljivim izvorima energije (slika 3.5). Ovo pokazuje visoki nivo svjesnosti o OIE među lokalnim dionicima u mikro regiji Koppany Valley. Sunčeva energija, energija vjetera i energija vodnih snaga tipovi su OIE koje ispitanici najviše poznaju (slika 3.6).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA



Slika 3.5. Poznavanje OIE

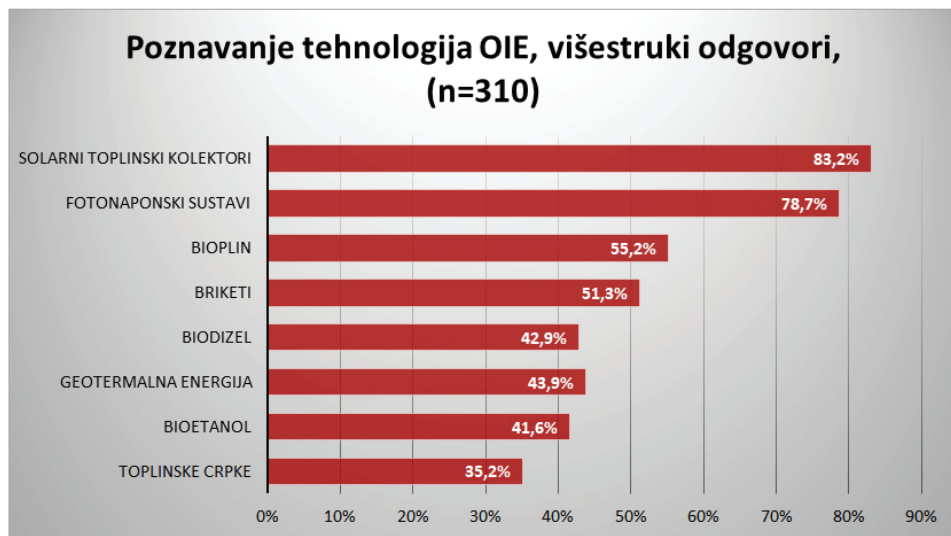
Izvor: izrada autora



Slika 3.6. Poznavanje vrsta OIE

Izvor: izrada autora

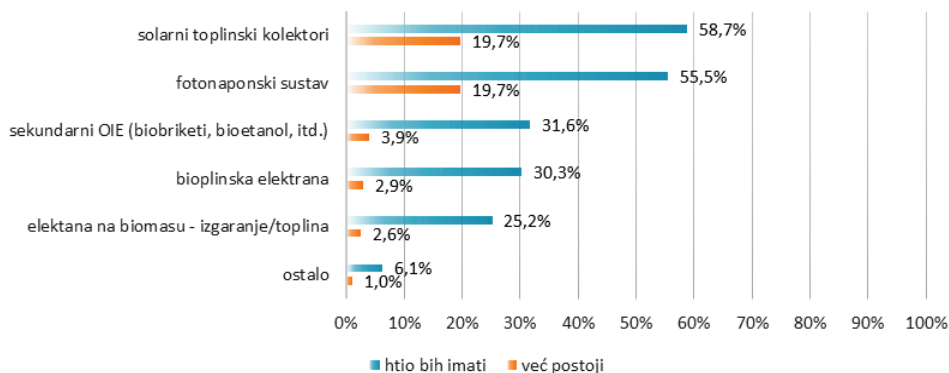
Slika 3.7 potvrđuje rezultate sa slike 3.6 pokazujući da su tehnologije temeljene na energiji sunčevog zračenja (solarni toplinski kolektori s 83,2% i fotonaponski sustavi s 78,7%) najpoznatije lokalnom stanovništvu.



Slika 3.7. Poznavanje tehnologija OIE

Izvor: izrada autora

**KOJI TIP OIE BISTE ŽELJELI IMATI U SVOJOJ
LOKALNOJ ZAJEDNICI?,
VIŠESTRUKI ODGOVOR, (N=310)**

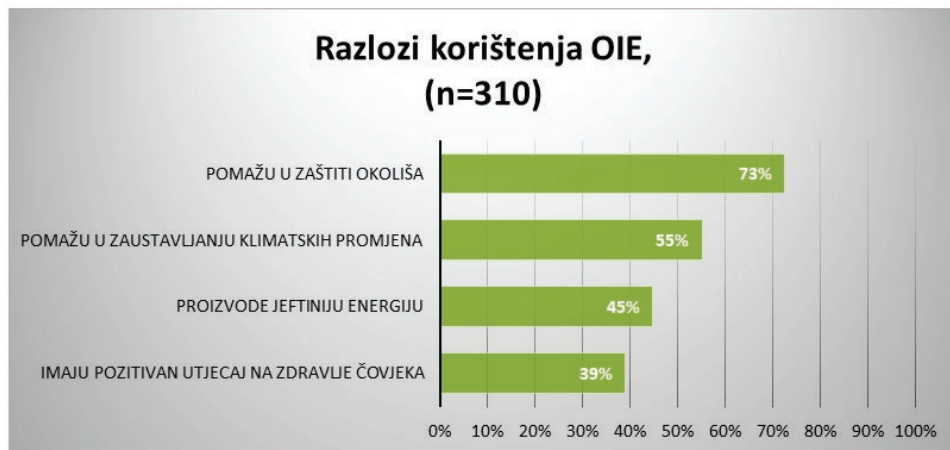


Slika 3.8. Prihvatljivost pojedinih tehnologija OIE

Izvor: izrada autora

U skladu sa slikama 3.6 i 3.7 može se vidjeti da su stanovnici Koppány Valley u svojoj lokalnoj zajednici najviše voljni prihvatiti tehnologije OIE temeljene na sunčevoj energiji. Samo 30,3% ispitanika željelo bi imati bioplinsku elektranu u svojoj lokalnoj zajednici.

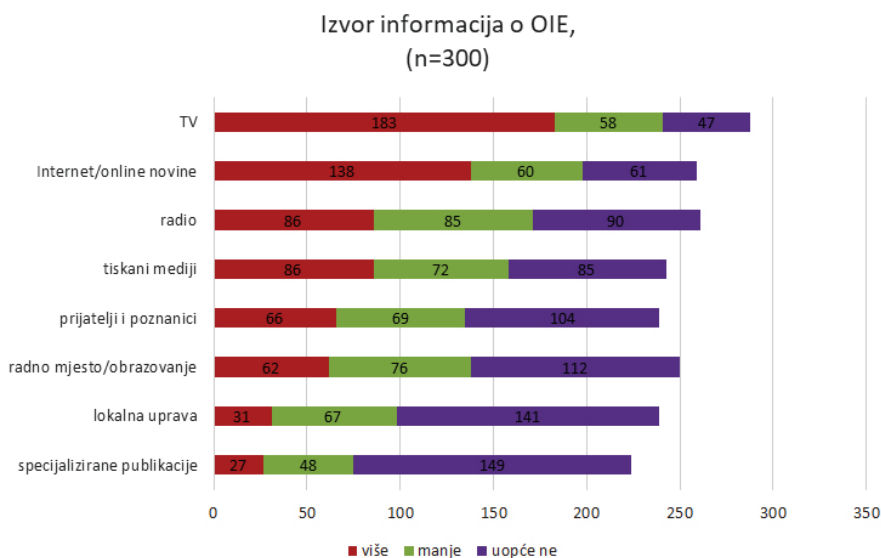
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 3.9. Razlozi za korištenje OIE

Izvor: izrada autora

310 ispitanika pitano je za mišljenje o razlozima korištenja OIE. Mogli su odabrati više odgovora. Među njima, 73% (najviše) ispitanika odabralo je sljedeći odgovor: „pomažu u zaštiti okoliša“. 55% odabralo je odgovor koji glasi: „pomažu u zaustavljanju klimatskih promjena“. 45% ispitanika odabralo je odgovor: „Proizvode jeftiniju energiju“. Na kraju, 39% ispitanika odabralo je odgovor: „imaju pozitivan učinak na ljudsko zdravlje“.



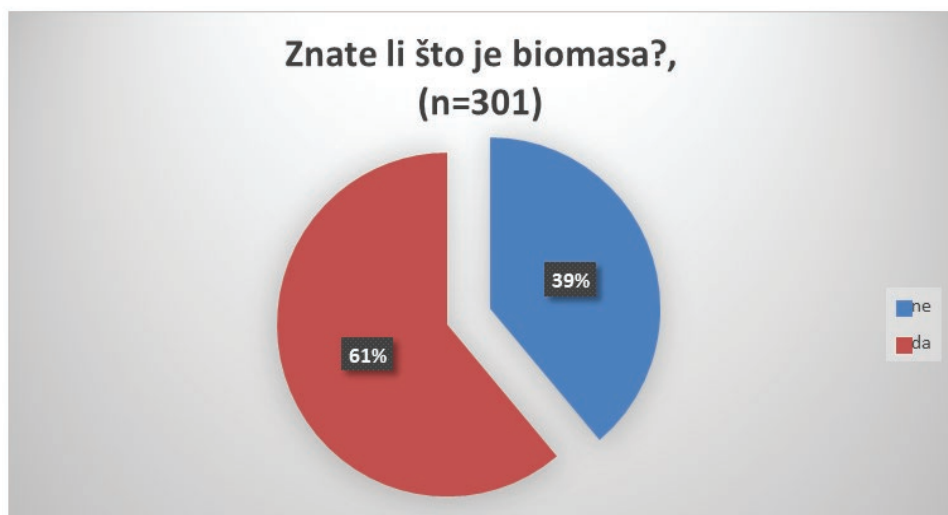
Slika 3.10. Izvori informacija o OIE

Izvor: izrada autora

Različiti su izvori iz kojih ispitanici dobivaju informacije o OIE. Slika 3.10 prikazuje koji su izvori iz kojih lokalni stanovnici dobivaju više ili manje informacija o OIE u ispitivanom području. TV je najčešći izvor informacija o OIE. Najmanje bitan izvor za dobivanje informacija o OIE su lokalna samouprava i specijalizirane publikacije.

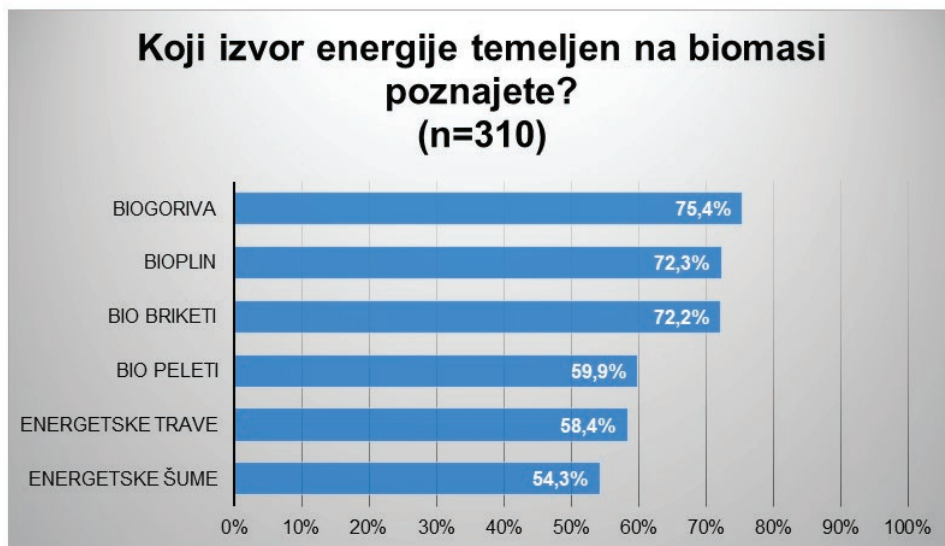
3.3.3 Pribvaćenost i znanje o biomasi kao obnovljivom izvoru energije

61% ispitanika izjavilo je da znaju što je to biomasa (slika 3.11). Od OIE temeljenih na biomasi, biogoriva, bioplin i bio briketi najpoznatiji su lokalnom stanovništvu s 72%. Najmanje 45% populacije ima neko znanje o energetske nasadima, energetske travama i bio peletima (slika 3.12). Stoga, opće znanje među stanovnicima Koppany Valley o definiciji biomase i OIE temeljenim na biomasi je u osnovi umjerene razine.



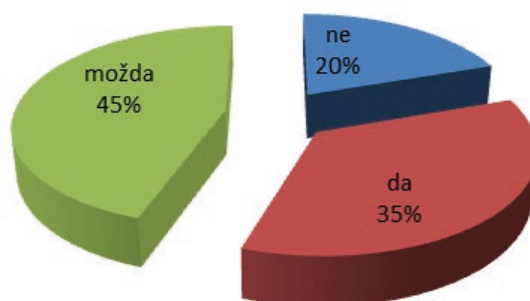
Slika 3.11. Osnovno znanje o biomasi
Izvor: izrada autora

Nakon prethodno opisanih istraživanja prešlo se na dio pitanja o javnoj prihvatljivosti OIE. Upitani su lokalni dionici bi li dali potporu izgradnji bioplinske elektrane u njihovoj lokalnoj zajednici. 35% ispitanika odgovorilo je „da“, 20% „ne“ te se preostalih 35% ispitanika izjasnilo odgovorom „možda“. (slika 3.13). To znači da većina ljudi nije sigurno oko njihove odluke o izgradnji bioplinske elektrane u njihovoj lokalnoj zajednici. Unatoč tome, 73% ispitanika spremno je prikupljati njihove ostatke iz vrta u svrhu prikupljanja sirovine za prethodno spomenutu bioplinsku elektranu (slika 3.14).



Slika 3.12. Znanje o obnovljivim izvorima energije temeljenim na biomasi
Izvor: izrada autora

Potpora izgradnji bioplinске elektrane (n=299)



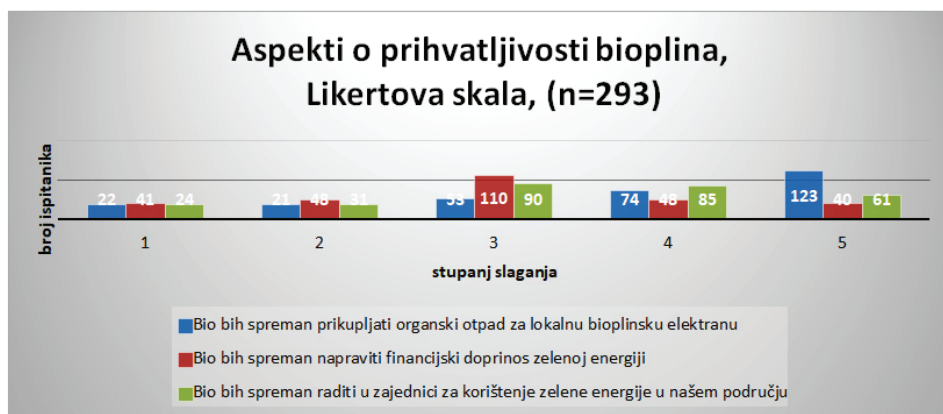
Slika 3.13. Potpora izgradnji bioplinске eletkrane
Izvor: izrada autora

Za pitanja koja su koristila metodu Likertove skale, ispitanicima je ponuđeno da izraze svoje mišljenje koristeći skalu od 1 do 5 pri čemu 1 znači „potpuno se ne slažem“, a 5 „potpuno se slažem“. Analiza o različitim aspektima prihvatljivosti za prikupljanje organskog otpada (i na ovo je pitanje također primijenjena Likertova skala),

volji za financijskim doprinosom za korištenje zelene energije i spremnost sudjelovanja u lokalnim aktivnostima povezanim za proizvodnju bioplina prikazana je slikom 3.15. Može se vidjeti da će ljudi radije prikupljati organski otpad (potvrđeni rezultati sa slike 3.14), nego raditi zajedno ili, pogotovo, nego osiguravati financijsku pomoć.



Slika 3.14. Misljenje o aktivnostima prikupljanja biomase
Izvor: izrada autora



Slika 3.15. Različiti aspekti o prihvatljivosti bioplinskih elektrana
Izvor: izrada autora

Prikupljanje sirovog materijala ključni je problem za održavanje rada bioplinske elektrane. Stoga, činjenica da je lokalno stanovništvo voljno skupljati ostatke biljaka, organski otpad i ostale bio-izvore potrebne za bioplinske elektrane, inidicira značajan napredak u društvenom potencijalu navedenog područja.

4 TEMELJNI SOCIOEKONOMSKI KRITERIJI – JAČANJE SINERGIJE IZMEĐU ISKORIŠTAVANJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE I RURALNOG RAZVOJA

PÉTER PÓLA, SÁNDOR ZSOLT KOVÁCS, RÉKA HORECZKI

Od početka 21. stoljeća sve više pažnje se pridaje rješenjima koja favoriziraju aspekte održivosti u pogledu lokalnog ekonomskog razvoja. Ta su rješenja obično razvijena na inovativnim tehnologijama koja manjim naseljima (koja su često u nepovoljnoj situaciji) daju priliku za razvoj. Primjeri razvoja temeljenih na obnovljivim izvorima energije dani su u (Póla, 2018). Prema endogenoj teoriji rasta, uspješan razvoj regije ovisi o optimalnom i adekvatnom korištenju lokalnih resursa, tako da se lokalni razvoj treba temeljiti na lokalnim sredstvima i lokalnim resursima (Mezei–Póla 2016; Peyrache-Gadeau, Pecqueur 2004). No znanje o lokalnim resursima često je ograničeno. Kakve kvalitete i u kojim količinama su oni dostupni? Najveći dio područja promatranog u sklopu RuRES projekta je u nepovoljnoj situaciji, gdje je temelj uspješne strategije imati ispravan popis vlastitih izvora, njihovog otkrivanja te razvoja istih. Prednost obnovljivih izvora energije je da se oni relativno lako mogu registrirati na listi dostupnih izvora. S druge strane, njihov je nedostatak da njihova uspješna primjena zahtijeva složeno i svjesno planiranje u procesu razvoja, a imati potrebne ljudske resurse već je zadatak koji zahtijeva puno vremena i resursa.

Kapital je proizvod kreiran od strane gospodarstva potreban za buduću proizvodnju, a isto vrijedi i za ljudski kapital – i za različite usluge ekosustava (nositelji energije, minerali, sirovine itd.) koji pripadaju kategoriji prirodnih resursa (Mezei–Póla 2016). Takvi resursi, no prije svega obnovljivi izvori energije, omogućit će integraciju područja (teritorija) u sustav gospodarskog razvoja koji se bori s osnovnim nedostatkom sredstava što može dovesti do pojave novih obrazaca uporabe zemljišta (Lukács 2009).

Međutim, vrlo je važno da će se ekonomski učinci osjetiti samo ako se koristi značajan dio lokalno proizvedenih alata i usluga koji se koriste za iskorištavanje (prijevoz, distribuciju, potrošnju) energije iz obnovljivih izvora. Ovo je isto tako značajan i teško ostvariv kriterij. Također, jasno je da je jedan od najvažnijih elemenata ljudski kapital čiji je razvoj neophodan za odgovarajuću valorizaciju obnovljivih izvora energije.

4.1 OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U MULTIFUNKCIONALNOM RURALNOM GOSPODARSTVU

Logično je da su ruralna područja odlična za proizvodnju i korištenje energije iz obnovljivih izvora. Gospodarski potencijal ruralnih područja glede obnovljivih izvora definitivno je iznad potencijala urbanih područja. Farma životinja može se grijati pomoću biomase; velike krovne površine mogu se iskoristiti za instalaciju fotonaponskih modula koji proizvode električnu energiju.

Zgrade takvog tipa namjene u zemljama zapadne Europe već se godinama dizajniraju na način da se omogućuje iskorištavanje obnovljivih izvora energije. Uslijed toga, u Mađarskoj i Hrvatskoj se zahtijeva promjena stava. Nije samo *dostupnost* obnovljivih izvora to što privilegira ruralna područja u odnosu na urbana. Ruralna područja su slabije naseljena područja s manjim naseljima gdje je izgradnja i vođenje pogona *malih postrojenja* koja iskorištavaju obnovljive izvore vrlo lako ostvarivo. Dok slaba naseljenost (manje potrošača) ruralnih područja uzrokuje manju učinkovitost cijelog gospodarskog sustava što predstavlja nedostatak, postrojenja manjih veličina mogu pak značiti prednost za ruralna područja. Sličan, vrlo bitan aspekt je i *učinak zapošljavanja*. Gradove karakterizira tradicionalna industrija, uslužni te informacijski i komunikacijski (ICT) sektor koji su veliki poslodavci. Isto tako, investicije koje stvaraju nova radna mjesta isprva su namijenjene za velike gradove, dok se u ruralnim naseljima mora prihvatiti sve što povećava aktivnost (Póla 2018). Razvoj povezan s obnovljivim izvorima energije također ima pozitivan utjecaj na zapošljavanje, iako taj utjecaj ovisi o tipu izvora te korištenoj tehnologiji. Prilike za usmjerenje prema korištenju obnovljivih izvora energije su veće gdje god postoji manja mogućnost za generiranje dodatnog prihoda (s brзом stopom povrata i višim iznosom profita). Zanimljivo je da je Dalmacija u Hrvatskoj područje s najvećim potencijalom iskorištavanja energije Sunca, a ima najmanje fotonaponskih elektrana u pogonu, dok Slavonija, koja ima među najnižim potencijalima energije Sunca, ima najviše fotonaponskih elektrana u pogonu i najviše investicija u ovom području. Jedino razumno objašnjenje je da turizam u Dalmaciji nudi brži povrat investiranih sredstava u odnosu na fotonaponske elektrane.

Ozbiljan izazov za ruralna područja je pronaći rješenje za smanjenje nezaposlenosti stanovništva koja se povećala uslijed modernizacije poljoprivrede koja je nekoć bila dominantni sektor zapošljavanja. Spособnost da se održava stanovništvo strateški je cilj svugdje, a primarni alat za to je stvaranje mogućnosti diversifikacije gospodarstva. Gledajući s aspekta zapošljavanja i lokalnog gospodarskog razvoja, početna točka mora biti pronalazak mogućnosti zapošljavanja stanovništva koja će osigurati njihovu egzistenciju, a sve to mora biti ostvareno tako da se stvara ekonomska (i/ili socijalna) vrijednost, očuva okoliš, poštuje tradiciju itd.

Od funkcija ruralnih područja (gospodarska, ekološka i sociološko-kulturna), dvije funkcije su usko povezane iskorištenjem energije proizvedene iz obnovljivih izvora (Kovács et al. 2018). Suština *ekonomske funkcije* je konkurentna i profitabilna proizvodnja (tipične hrane i sirovina za industriju). U ostale elemente ekonomske funkcije spada i podrška za uspostavljanje alternativnih gospodarskih aktivnosti, uključujući i razvojne aktivnosti glede obnovljivih izvora energije, a posebice u poboljšanju mogućnosti proizvodnje energije iz biomase. Ovo se dobro uklapa u ciljeve povećanja diversifikacije gospodarstva te odgovara naporima da se bolje iskoriste zemljišta u manjim doprinosima (Buday-Sántha 2011). Jačanje ekonomske funkcije zahtijeva u neku ruku ponovnu industrijalizaciju, od koje jedan oblik može biti uvođenje manjih oblika proizvodnje vezane uz obnovljive izvore, ali prije svega i proizvodnja samih obnovljivih izvora energije. Dodatno, isplativo poslovanje ruralnih poduzeća (farme i postrojenja prerađivačke industrije), javnih i privatnih uslužnih poduzeća također može biti podržano pomoću jeftine energije proizvedene iz lokalnih energijskih sustava (Póla 2018).

Najvažniji faktor glede ekološke funkcije je da su ruralna područja sposobna pružiti rekreaciju za urbana područja te regeneraciju i zaštitu elemenata prirode. Povećanje opsega korištenja čistih izvora energije također može pomoći u zaštiti elemenata prirode.

4.2 UVJETI RAZVOJA SUSTAVA ZA KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE TE OGRANIČENJA U NJIHOVOJ PRIMJERNI

Proces dizajniranja, implementacije te širenja sustava i alata za iskorištavanje obnovljivih izvora energije, što naposljetku dovodi do uštede energije ubrzao se u posljednjim godinama. No, razvoj povezan s inovativnim tehnologijama i aktivnosti povezane s investicijama izazivaju nekoliko socijalnih problema. Jedan od najvažnijih uvjeta za valorizaciju obnovljivih izvora energije je postojanje kvalitetnih ljudskih resursa. Promatrana područja u sklopu RuRES projekta su u nepovoljnom položaju po tom pitanju. Bez obzira na postojanje sveučilišta u Osijeku i Pečuhu te njihovih tehničkih znanja i vještina, te se sposobnosti ne prenose dovoljno na ljudske resurse u ruralnim područjima. Ruralna područja promatrane regije odlikuju se nepovoljnim *demografskim* procesima te niskom stopom *aktivnosti* (Bálint 2018). *Stupanj obrazovanja* trenutno ne može pratiti širenje inovacija najnovijih tehnologija kao ni *strukovno obrazovanje* te osposobljavanje odraslih osoba koje su također potrebne za razvoj ovih regija. Ovi problemi također smanjuju i sposobnost apsorpcije kapitala regije. Sociološko-gospodarsko okruženje nije naklonjeno velikim poduzećima niti povezivanjem manjim poduzećima. Ovaj problem zabrinjava sustav suradnje između lokalnih gos-

podarskih aktera, dionika lokalne politike izravnih stranih investicija te prije svega institucionalnog sustava pogodnog za stvaranje kvalificirane radne snage (Póla 2018).

Zbog značajne potražnje za financijskim sredstvima potrebnim za investicije te relativno sporog vremena otplate, lokalne jedinice samouprave s financijskim poteškoćama jedine se u mogućnosti provesti značajnija ulaganja u podupirućem regulatornom i financijskom okruženju, iako je jasno da takve razvojne aktivnosti mogu dovesti do značajnijih ušteda institucijama naselja. Isti je slučaj i kod stanovnika i kod tvrtki: unatoč rastućem interesu, investicije često propadnu zbog nedostatka vlastitih i vanjskih financijskih izvora. Moraju se poboljšati uvjeti za integriranu upotrebu obnovljivih izvora energije. Mora se promovirati upotreba dostupnih izvora unutar zajednice. Ako razvoj općine (zajednice) može smanjiti potrošnju energije infrastrukturnih objekata koji se smatraju sredstvima gospodarstvene promocije (npr. industrijski parkovi), ovo može poslužiti kao atrakcija za privlačenje tvrtki. Samim time postoji model razvoja gospodarstva. Prvi korak uspješne prilagodbe je oblikovanje stava te svjesne aktivnosti razvoja gospodarstva. U nekim mjestima to može biti i osnaživanje organizacijske gospodarske funkcije jedinica lokalne samouprave, aktiviranje lokalnih tvrtki i stanovnika te njihova priprema i uključenost u proces razvoja.

Ukratko, može se reći da je nužan uvjet za jačanje sinergije između razvoja obnovljivih izvora energije i ruralnog razvoja istraživanje i svjesni razvoj socioekonomskih pozadinskih uvjeta.

4.3 UVJETI KORIŠTENJA BIOMASE, NAJVEĆEG OBNOVLJIVOG IZVORA U RURALNIM PODRUČJIMA

Iako su prirodni oblici iskorištavanja geotermalne energije i energije Sunca u regiji zadovoljavajući te u fokusu RuRES projekta, gore navedena sinergija može se očekivati i od proizvodnje energije iz biomase. Postoje dva osnovna razloga za to. Prvi je da postoji značajna mogućnost razvoja proizvodnje biomase, a drugi je da biomasa donosi mnogo veće zapošljavanje u odnosu na druga dva proučavana oblika energije. Uvjeti za proizvodnju biomase su vrlo dobri, no treba obratiti pažnju i na korištenje nusproizvoda nastalih tijekom redovne aktivnosti. Uvjet uspješnog korištenja biomase za proizvodnju energije je kvalitetna suradnja i koordinacija između sudionika. Između ostalog, sudionici su:

- poljoprivrednici i šumari
- trgovci i prijevoznici
- lokalne i državne vlasti
- edukacijski sudionici u regiji itd.

Uz moguće probleme u suradnji i koordinaciji, zbog krhkosti i neizvjesnosti vlasništva korištenje biomase može biti ograničeno. Interes korisnika, posebice u mađarskim županijama, za korištenjem biomase je ozbiljno ograničen zbog karakteristične energetske strukture. Ograničenje razvoja nastaje zbog vrlo razvijene distribucijske mreže prirodnog plina i državnih potpora koje smanjuju profitabilnost obnovljivih izvora energije. Ovo se još više pogoršava uslijed nedostatka kapitala u ruralnim područjima.

Razlog pojave efekta zapošljavanja koji se javlja s uporabom biomase za proizvodnju energije je taj što se radna snaga teško zamjenjuje mehanizacijom u nekoliko točaka procesa, počevši od pripreme tla za sijanje, zaštite usjeva, žetve i prikupljanja nusproizvoda do samog vođenja mikro-regionalne energane.

Prema Németh et al. (2011), decentralizirani sustavi proizvodnje energije koji se temelje na drvnoj sječki u mađarskim područjima s dobrim potencijalom vrlo su pogodni za smanjenje uporabe fosilnih goriva za proizvodnju energije i to po konkurentnoj cijeni. Isto tako, oni imaju pozitivan utjecaj na razvoj njihove okoline. Korištenjem različitih lokalnih oblika biomase, dio novca ostaje unutar područja te generira daljnji razvoj, a doprinosi i smanjenju energetske ovisnosti o uvoznjoj energiji.

Paradokсна situacija nastaje prilikom razmatranja prepreka razvoja korištenja obnovljivih izvora energije, posebice zelene energije biomase, u područjima s najvećim potencijalima (ili pak jedinom mogućnošću) gdje te prepreke postaju nepremostive. Temelj učinkovitog korištenja zelene energije su adekvatni plan uporabe zemljišta, grupiranje zemljišta te suradnja između proizvođača i prerađivača.

4.4 OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U STRATEGIJAMA RAZVOJA RURALNIH PODRUČJA

Odgovarajuće istraživanje i iskorištavanje lokalnih izvora energije zahtijeva *osposobljavanje, razvoj infrastrukture, lokalne usluge, suradnja* itd. Iako bez **vanjske gospodarske pomoći** nema mogućnosti za razvoj u najmanje razvijenijim perifernim regijama, nije nevažno niti kako se ta vanjska sredstva i potpore koriste. **Svjesno planiranje** temelj je učinkovitog korištenja sredstava.

Regionalni razvoj temeljen na obnovljivim izvorima energije može biti vrlo uspješan ako se primijeni na temelju složene strategije prilagođene manjim područjima. Zaključeno je da je suradnja, kao preduvjet za učinkovit rad, vrlo slaba. Potrebna je dobro uspostavljena strategija razvoja „odozdo prema gore“ koja kreće od mikro-regionalne razine koja je usklađena na razini cijele države te poduprta odgovarajućom gospodarskom regulativom (Lukács Gergely 2009).

Trenutno pravo planiranje „odozdo prema gore“ u ruralnim područjima događa se na razini lokalnih zajednica (LEADER), no sredstva dostupna unutar ovog programa

ne dopuštaju razvoj na većoj razini. Sredstva koja bi bila dovoljna za razvoj sa stvarnim utjecajima koja također mogu pridonijeti razvoju obnovljivih izvora energije mogu se povezati s procesom izrade manje organske strategije (pogledaj razvojne koncepte i integrirane programe na razini županije financiranih u sklopu KEHOP, GINOP i TOP fondova¹).

Županijski razvojni programi spominju stvaranje uvjeta za daljnje korištenje prirodnih resursa, no potrebne poveznice (tj. programi osposobljavanja) nisu jasno definirani (Póla 2018). U skladu s tim, ne možemo govoriti o složenim razvojnim strategijama usmjerenim na obnovljive izvore energije. U drugu ruku, pozitivna činjenica su provedeni projekti regionalne suradnje inspirirani LEADER projektom u sklopu kojeg su izgrađene elektrane na biomasu.

Stoga, ruralna područja trebaju dosljedan *dugoročni*, zakonski i ekonomski utemeljen *program obnovljivih izvora energije* čiji su uvjeti financiranja osigurani. Procjena lokalne (regionalne) proizvodnje energije i mogućnosti iskorištenja te energije osnovni su dio takvih projekata. Ako razvoj općine (zajednice) može smanjiti potrošnju energije infrastrukturnih objekata koji se smatraju sredstvima gospodarstvene promocije (npr. industrijski parkovi), ovo može poslužiti kao atrakcija za privlačenje tvrtki.

¹ KEHOP: Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program, Environment and Energy Efficiency Operational Programme; GINOP: Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program, Economic Development and Innovation Operational Programme; TOP: Terület- és Településfejlesztési Operatív Program, Territorial and Settlement Development Operational Programme

5 POTENCIJAL OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE I POTPORA U PREKOGRANIČNOM PODRUČJU HRVATSKE I MAĐARSKE – POTENCIJAL ZA PRIMJENU MODELA

**MATEJ ŽNIDAREC, MARIO PRIMORAC, CECÍLIA MEZEI,
SÁNDOR ZSOLT KOVÁCS**

Pogranično područje Republike Hrvatske i Republike Mađarske ima značajan potencijal u obliku energije sunčevog zračenja, energije biomase te geotermalne energije, dok je potencijal vodnih snaga i energije vjetera vrlo nizak. U nastavku ovog poglavlja naglasak će se staviti na potencijale energije sunčevog zračenja, biomase i geotermalne energije u tri prekogranične regije: Osječko-baranjsku u Hrvatskoj te na Baranyu i Somogy u Mađarskoj.

5.1 ZAHTEJ ZA ODLUKOM – POTPORA OPĆINAMA U RURALNIM PODRUČJIMA

Općinske samouprave imaju posebnu ulogu u organizaciji, iniciranju i promicanju lokalnog zbivanja. Oni su lokalni akteri koji su ovlašteni zastupati interese lokalnih proizvođača i uskladiti razvojne koncepte pojedinih lokalnih sudionika. Ako se sve dobro odvija, ti se koncepti kanaliziraju tijekom procesa zajedničkog planiranja (Gébert 2016.) u okviru lokalnog razvojnog plana, programa ili možda jednog projekta u kojem svi dionici mogu izraziti svoje mišljenje i tijekom kojeg će biti prezentirane sve potencijalne dodane vrijednosti (individualna aktivnost, vlastiti resursi). Međutim, velika je odgovornost koju imaju lokalne samouprave. Nadalje, ako se koncentriramo na posebne značajke ruralnih područja (starenje populacije, iseljavanje, koncentriranje nedostataka, pogoršanje pristupačnosti itd.) i činjenicu (posebice u Mađarskoj) da uglavnom imaju manje općine (s manje funkcija, manjkavim institucijama i uslugama, ograničenim proračunom, skromnim razvojnim kapacitetima), onda su ograničenja za razvoj još izraženija (tablica 5.1). U selima se većina stvari događa kada općinske uprave uspiju dobiti dodatna razvojna sredstva kroz uspješne prijave na natječaje. S druge strane, takvo ponašanje iskrivljuje sliku o lokalnom razvoju jer ne prikazuje stvarne probleme, nego se prilagođava prioritetima koje postavlja središnja razvojna politika kroz uvjete natječaja: to je samo prilagodba lokalnim potrebama koje se zanemaruju, dok takvi projekti apsorbiraju finacijska sredstva koja su na raspolaganju općinama.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA

Tablica 5.1. Administrativne i prostorno uređene kategorije dvaju promatranih zemalja, 2018

Gledište (aspekt)	Mađarska	Hrvatska
Tip države	Centralizirana, unitarna	Centralizirana, unitarna
Broj općina (LAU2)	3 155	556
Od toga: broj urbanih općina	346	127
Proječan broj stanovnika po općini	3 150 ¹⁾	7 707 ¹⁾
Broj naselja	3 155	6 756
Broj LAU1 razina bez samouprave	Okruzi (197)	-
Teritorijalne samouprave (NUTS3)	Županije i glavni grad (ukupno 20)	Županije (21)
Broj NUTS2 planskih i statističkih regija	8	2

Napomena: 1) izračun prema popisu iz (2011)

Izvor: Eurostat 2018, Rácz 2016, KSH 2018.

Ove općinske samouprave moraju slijediti nametnute upute čak i kada neki investitor kontaktira određenu općinu s idejom o investiciji koja izgleda prilično dobro na prvi pogled. Tada predstavnička tijela moraju odlučiti hoće li dati investitoru dostupne lokalne reurse (građevinsko zemljište, zgradu općine, lokalni sustav daljinskog grijanja itd.). U takvim situacijama vrlo rijetko se provjerava je li investicija u skladu s lokalnom razvojnom strategijom i planom te također nije tipično da se pažljivo provjere i analiziraju alternativne investicije (daljinskog grijanje drugog tipa, uporaba javnih zgrada ili zemljišta za druge funkcije). Zaista je veliki izazov za male općine prikupljanje i sistematizacija svih informacija potrebnih za donošenje odluka, analizu i ocjenu na odgovarajućoj razini kada je većina lokalnih planova i razvojnih koncepta izrađena na temelju središnjih statističkih podataka, slijedeći tablice i sve korake smjernica jednog obrasca. U većini slučajeva nema lokalno dostupnih stručnosti i kompetencija za koordinaciju lokalnog razvoja, što je za očekivati jer administrativno osoblje gradskih ureda čine javni službenici koji razmišljaju o uskom rasponu funkcija lokalnih općina. Stoga za pripremu razvojnih planova na participativan način nedostaje pokretačka snaga, osoblje i stručnjaci koji su sposobni inicirati cijeli lokalni proces. To bi bio preduvjet za općinsku samoupravu za preuzimanje odgovornosti za alternativne, tj. neobvezne zadatke kao što su promocija, koordinacija i provedba lokalnog razvoja. Moramo također priznati da je u mnogim slučajevima to uvijek pitanje nedostatka novaca. Manje općine manje generiraju (lokalnim porezima) ili prikupljaju, kroz državne priljeve, razvojnih sredstava te također dobivaju manje sredstava kroz razne natječaje. Stoga je veličina općine dominantni čimbenik. S druge strane, uključivanje, aktiviranje i razumijevanje lokalnih aktera i stimulacije njihove suradnje nije pitanje financijskih sredstava., nego je više stvar stava. Praksa uključivanja tipično nedostaje u planiranjima lokalnih zajednica srednjoistočne europske regije

unatoč tome što bi to bilo rješenje za integraciju lokalnog znanja, lokalnih zahtjeva i resursa te zalaganja partnera.

Sljedeći faktor koji nedostaje za prilagodljiv lokalni razvoj je samo raspon i odgovarajuća ocjena sustavnih informacija o lokalnim karakteristikama i lokalnim resurisma. Puno se informacija može dobiti iz središnjeg ureda za statistiku, ali ocjenu, sistematsko prikupljanje i odgovarajuće raspolaganje setovima dostupnih informacija (analiza, ocjena itd.) uobičajeno zahtjeva posebne vještine. Drugi izvor problema je da se dio lokalnih informacija ne pojavljuje ili nije dostupan u središnjim bazama podataka jer su u vlasništvu lokalnih aktera te ih treba zatražiti osobno ili, kao što je to često slučaj, informacije su pohranjene u hrpi papira ili elektroničkih dokumenata u lokalnim općinama (često se ne radi o informacijama, nego o administrativnim dokumentima). Tako se može osjetiti ogroman zahtjev za informacijama od strane onih ruralnih općina kojima nedostaje profesionalizma, kapaciteta i stručnosti za prikupljanje i upravljanje informacijama kao i za planiranje razvoja. Postoje inicijative za osiguravanje podataka za odgovarajuća naselja. Iz informacijske baze podataka Središnjeg ureda za statistiku Mađarske², iz teritorijalnog statističkog modula³, vrlo lako je prikupljati podatke na razini naselja. Drugi dobar primjer Mađarskih institucijskih sustava je Nacionalni regionalni prostorni i razvojni planski informacijski sustav TeIR⁴ (Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer) koji vodi *Lechner Knowledge Centre*⁵, koji je pogodan za osiguravanje podataka na razini naselja/teritorija, a u nekim slučajevima i za komparativnu analizu.

Ako se pogleda izvan istraživačkog prostora, Nizozemska vlada, koja je prepoznala važnost ovog problema, napravila je internetsku stranicu s neovisnim setom indikatora⁶ u suradnji sa Zajednicom nizozemskih općina (VNG) u kojoj su sve općine članovi iako članstvo nije obvezno. Sustav zvan Vensters (Prozori)⁷ upravljan od strane VNG je platforma koja također ima i aplikaciju za mobilni telefon koja je pogodna za usporedbu učinka i rada pojedinih javnih servisa te javnih tijela doslovce u bilo kojem području i veličini.

Sustav za potporu za donošenje odluka može ponuditi više od složenih tablica podataka (npr. struktuirane prikupljene podatke) zato što je pogodan za postavljanje zahtjeva alternativnih odluka donesenih s pretpostavkom određenih (opcionalnih) uvjeta. Korištenje aplikacije za potporu za donošenje odluka (ako je popraćena *user friendly* platformom) dobro je za rješavanje problema jer korisnik modela koji možda nije stručnjak prikupljanja i analize podataka može doprinijeti u donošenju odluka o investicijama i razvoju.

² <http://www.ksh.hu/?lang=en>

³ <http://statinfo.ksh.hu/Statinform/themeSelector.jsp?page=1&theme=T>

⁴ <https://www.teir.hu/>

⁵ <http://lechnerkozpont.hu/>

⁶ <https://www.waarstaatjegemeente.nl/>

⁷ <https://www.venstersvoorbedrijfsvoering.nl/english/#/>

5.2 APLIKACIJA ZA POTPORU KOD DONOŠENJA ODLUKA S FOKUSOM NA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE

Područje razvoja obnovljivih izvora energije, koje je poseban fokus ovog projekta, još je specifičnije područje. Posebnost dolazi iz činjenice da je širok raspon obnovljivih izvora energije, među kojima je dominantna biomasa, prisutan u ruralnim područjima kao „sirovina“ za potencijalnu uprabu. Potencijal postoji, samo ga treba iskoristiti. Nije slučajnost da smo pronašli prioritet J.68 pod nazivom „Održiva energija i obnovljivi izvori“ u obje zemlje i u Mađarskoj i Hrvatskoj u okviru nacionalnih S3, inteligentnih i specijaliziranih strategija, koje je stvorila Europska unija za promociju *bottom-up* lokalnih, regionalnih i nacionalnih razvojnih strategija izgrađenih na partnerstvu⁸. EU direktiva koja se tiče navedenog sektora⁹, indikatori obnovljivih izvora energije proizašli iz EU2020 strategije i koji su kanalizirani u nacionalne reformske programe te natječaji povezani s razvojem obnovljivih izvora energije motivacija su već dugo vremena za orijentaciju razvoja privatnih i javnih reusursa u područje obnovljivih izvora energije (naravno da je važno kada se to događa). U županijama u promatranom području provedeno je nekoliko investicija u području obnovljivih izvora energije, bilo kao javno ili privatno financirani projekti.

Ove prve investicije u području obnovljivih izvora energije mogu se koristiti kao dobri primjeri s jedne strane i postaviti trendove za druge investitore te s druge strane mogu imati mjerljive ekonomske razvojne utjecaje (Mezei 2008, 2013). Problem je što mogućnosti koje leže u obnovljivim izvorima energije (kreiranje novih radnih mjesta, učinkovitost, itd.) koje mogu generirati realne ekonomske razvojne projekte u ruralnim područjima najčešće se ne nalaze u planiranju (strategije, koncepti) i implementaciji za razliku od nekoliko dobrih primjera (Kovács et al. 2018).

U ruralnim područjima ovih triju županija promatranih u okviru projekta očit je potencijal u koji se mogu uložiti javne ili privatne investicije u sektor obnovljivih izvora energije. U ovim lokalnim odlukama općinske samouprave imaju veliku odgovornost: u kreiranju lokalnih pravilnika i poticaja, promociji lokalne suradnje i u oblikovanju energetske potrošnje vlastitih zgrada. Ipak, nije lako donijeti dobre odluke kada energetski sektor, tehnološke i tehničke karaktersistike potencijalnih investicija te raspon natječajne dokumentacije zahtijevaju specijalizirane vještine koje nužno ne posjeduje lokalna administracija.

Analiza alternativnih investicija i procjena potencijalnih utjecaja investicije zahtijeva određene okolnosti i znanje. Paralelno sa sve većim vanjskim pritiskom u području obnovljivih izvora energije (ograničenja natječaja, trendovi) male ruralne općine imaju manjak potrebne stručnosti kako bi donijeli dobre odluke o investiranju

⁸ <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/map>

⁹ 2009/28/EK irányelv

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

u OIE. Ove općine uobičajeno nemaju ni resursa za angažiranje vanjskih stručnjaka pri potpori u donošenju odluka.

Županije Baranya i Somogy na Mađarskoj strani su dvije županije s najsitnijim selima. Proječan broj stanovnika po naselju je samo oko 1 300 stanovnika, a postoje i sela s manje od 500 stanovnika (tablica 5.2). S druge strane Osječko-baranjska županija koja djeluje u hrvatskoj strukturi s mnogo integriranim općinskim sustavom ima prosječan broj stanovnika po naselju koji je ispod nacionalnog prosjeka (tablica 5.1).

Tablica 5.2. Glavne karakteristike županija u promatranom području, 2018

Gledište (aspekt)	Baranja (HU)	Somogy (HU)	Osječko-baranjska (HR)
Broj općina (LAU2)	301	246	42
Od toga: broj urbanih općina	14	16	7
Prosječan broj stanovnika po općini	1 284 ¹⁾	1 285 ¹⁾	7 263 ¹⁾

Napomena: 1) izračun prema popisu iz (2011)

Izvor: Rácz 2016, KSH 2018.

Za donošenje općinskih odluka koje se tiču sektora obnovljivih izvora energije, bez obzira na to jesu li lokalno regulirane investicije ili samofinancirana ulaganja, lokalni donositelji odluka moraju imati točne podatke o potencijalima obnovljivih izvora energije koji se nalaze na lokalnoj/regionalnoj razini. Dobar sustav podrške donošenju odluka također navodi i ograničenja koja usporavaju iskorištavanje tih potencijala (npr. posebna pravila za izgradnju elektrana, postojeće elektrane na biomasu na tom području itd.). Razborito donošenje odluke je ublaženo mogućnošću korisnika aplikacije da napravi komparativnu analizu (informacije o potencijalu u drugim naseljima i regijama, drugim investicijama ili tehnološkim rješenjima itd.) te posjedovanje informacija o preliminarnim investicijama (to može biti samo projektni izračun povrata investicije za prosječnu instaliranu snagu).

5.3 POTENCIJALNA VERZIJA APLIKACIJE ZA POTPORU DONOŠENJA ODLUKA OPĆINAMA, MODEL

Prethodni odlomci pokazuju da psotoji značajna potražnja općinskog sektora za takvim tipom aplikacije za procjenu resursa. Stoga, u okviru ovog istraživanja elaborirat će se verzija modela analize potencijala koji se koncentrira na prirodne, obnovljive izvore energije. Razrađeni model, s obzirom na fragmentirani mađarski općinski sustav, osmišljen je kako bi pokazao za najmanje moguće teritorijalne jedinice realno iskoristive potencijale obnovljivih izvora energije (sunčeva, geotermalna i biomasa).

Kao kod svih aplikacija koje rade s bazama podataka, posebice koje imaju naglasak na međunarodnim teritorijima, prvi problem koji treba riješiti je prikupljanje usporedivih (kategorija) podataka. Taj je problem uočen i kod izrade ovog modela, i nismo pronašli rješenje zadovoljavajuće u svim pogledima, ali cilj ovog poglavlja jest demonstracija teorijskih i proračunskih okvira, za razliku od širenja detaljnih otkrića za sva naselja.

Primarni fokus RuRES projekta je pronalazak alternative za ulaganja u energetiku koja se može relizirati u ruralnim područjima. Za verifikaciju i točnu kalibraciju rezultata modela, analizirano je nekoliko investicija koje su realizirane u navedenom području te je opravdana njihova relevantnost rezultatima modela. Svjesni smo činjenice da su odluke o investicijama temeljene na rezultatima modela značajno oslabljene u malim naseljima nedostatkom reursa općinskih samouprava, nedostatkom natječaja i neadekvatnom razinom lokalnog znanja, npr. čimbenici koji se ne mogu kvantificirati i uključiti u model. Kao u slučaju svih modela za procjenu, to je slučaj i kod ovog modela, rezultati se mogu iskoristiti samo ako se nadopunjuju trenutnim lokalnim znanjem.

5.4 ENERGIJA SUNCA

Sunčevo zračenje kao izvor energije osnovni je uvjet života (fotosinteza) kao i jedan od dominantnih čimbenika u poljoprivrednoj proizvodnji. Elektromagnetsko zračenje koje dolazi od Sunca osigurava potrebnu energiju za procese koji se odvijaju unutar atmosfere. Ima dvije vrlo važne karakteristike: intenzitet (snaga) i trajanje. Vrijednost zračenja mjerena na površini Zemlje pokazuje koliko zračenja dođe do površine zemlje. Trajanje zračenja je zapravo trajanje dana na površini Zemlje. Mjerna jedinica za zračenje je MJ/m^2 . Umjesto toga se često mjeri trajanje sunčanih razdoblja (npr. broj sunčanih sati) (Varga-Haszonits, Varga, 1999).

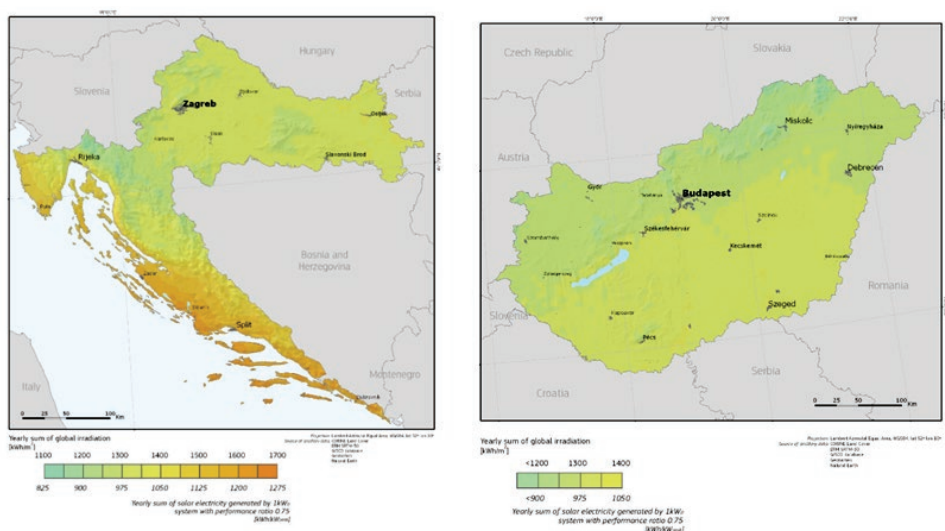
Intenzitet sunčevog zračenja ovisi o:

- kutu upada sunčevih zraka (zemljopisna širina)
- sastavu atmosfere
- polutantima koji se mogu pronaći u atmosferi
- vlažnosti zraka i
- naoblaci.

Intenzitet sunčevog zračenja je količina energije po jedinici površine te je mjerna jedinica W/m^2 ili $\text{J/m}^2/\text{s}$ ili $\text{MJ/m}^2/\text{s}$ (Anda et al. 2010).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Pogranična regija Hrvatska-Mađarska zbog svog geografskog položaja i poljoprivredne razvijenosti veliki je izvor različitih oblika obnovljivih izvora energije. Povoljan geografski položaj regije (geografska širina oko 46° sjeverno), ostvaruje veliki potencijal za iskorištavanje sunčeve energije (slika 5.1). Prosječna godišnja dozračenost na horizontalnu površinu u pograničnoj regiji iznosi oko 1300 kWh/m². Godišnji optimalni kut postavljanja fotonaponskih modula i solarnih toplinskih kolektora za iskorištavanje sunčeve energije u energetske svrhe iznosi 34° za Osječko-baranjsku odnosno 35° za županije Baranya i Somogy u Republici Mađarskoj ("PV GIS," 2018). Prema (Hungarian Investment and Trade Agency, 2014), teoretski energetska potencijal toplinske energije proizvedene iz energije Sunca, za Republiku Mađarsku iznosi 28 472 MWh/god. Globalna, izravna i difuzna mjesečna i godišnja sunčeva dozračenja energija za županije Osječko-baranjska, Somogy te Baranya prikazana je u tablici 5.3.



Slika 5.1. Godišnja dozračenja sunčeva energija u Republici Hrvatskoj i Republici Mađarskoj ("PV GIS," 2018).

Tablica 5.3. Globalna, izravna i difuzna mjesečna i godišnja sunčeva dozračenja energija za županije Osječko-baranjska, Somogy i Baranya [2]

Županija	Osječko-baranjska (Osijek)			Somogy (Kaposvar)			Baranya (Pecs)		
	Glo- balno	Izravno	Difuzno	Glo- balno	Izravno	Difuzno	Glo- balno	Izravno	Difuzno
Mjesec	kWh/m ² /dan			kWh/m ² /dan			kWh/m ² /dan		
Sij	1,1	0,74	0,36	1,12	0,73	0,39	1,12	0,73	0,39
Velj	1,85	1,09	0,76	1,95	1,13	0,82	1,89	1,1	0,79

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Ožu	3,48	1,81	1,67	3,33	1,76	1,57	3,38	1,79	1,59
Tra	4,84	2,13	2,71	4,79	2,16	2,63	4,79	2,16	2,63
Svi	5,74	2,41	3,33	5,8	2,44	3,36	5,7	2,45	3,25
Lip	6,27	2,51	3,76	6,21	2,55	3,66	6,2	2,6	3,6
Srp	6,44	2,32	4,12	6,34	2,35	3,99	6,28	2,45	3,83
Kol	5,65	1,86	3,79	5,51	1,93	3,58	5,45	1,96	3,49
Ruj	3,9	1,72	2,18	3,82	1,72	2,1	3,8	1,75	2,05
Lis	2,7	1,32	1,38	2,63	1,32	1,32	2,64	1,32	1,32
Stu	1,42	0,82	0,6	1,3	0,78	0,52	1,35	0,81	0,54
Pro	0,87	0,61	0,26	0,88	0,61	0,27	0,87	0,59	0,28
Godišnje	1.350,02	589,08	760,94	1332,02	592,51	739,51	1325,79	600,33	725,46

5.5 BIOMASA

Korištenje biomase u proizvodnji energije uobičajeno je klasificirano prema agregatnom stanju biomase kao izvora energije te se može razlikovati: kruta, tekuća i plinovita biomasa. Biomasa koja izgara tipično ima nizak udio vlažnosti i relativno visoku ogrjevnu vrijednost. Vrlo važan zahtjev kod izgaranja biomase je da bi nesaгорivi pepeli trebali imati kemijski sastav koji ne oštećuje peć, ne tope se na ogrjevnoj površini te ne izazivaju značajno zagađenje zraka.

Biomasa se može, prema ("Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji," 2013), podijeliti s obzirom na porijeklo nastajanja.

Biomasa se klasificira na biomasu iz:

- poljoprivrede,
- šumarstva,
- otpada.

5.5.1 Biomasa iz poljoprivrede

Poljoprivredna biomasa nastaje redovnom poljoprivrednom djelatnošću tijekom godine, a dijeli se na biomasu nastalu iz *ratarstva* – ostaci nakon žetve ili povrtlarstva, *stočarstva* – stajski gnoj i gnojevke te na biomasu nastalu iz *višegodišnjih nasada* – drvni i ostali ostaci nakon redovitog održavanja višegodišnjih nasada ("Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji," 2013).

Poljoprivredna biomasa, ovisno o primijenjenoj tehnologiji, omogućuje proizvodnju toplinske, električne i mehaničke energiju (motorna goriva), kao i derivate iz kojih se dobiva korisna energija (Ivanović & Glavaš 2013). Najčešći primjeri najčešćih derivata iz poljoprivredne biomase prema ("Potencijal obnovljivih izvora energije u

Osječko-baranjskoj županiji,” 2013) su briketi, peleti, bioplin te biogoriva. Tablica 5.4 prikazuje donju ogrjevnu vrijednost različitih poljoprivrednih ostataka.

Tablica 5.4. Donja ogrjevna vrijednost pojedinih vrsta čvrste biomase (Ivanović & Glavaš, 2013)

Biomasa	MJ/kg
Pšenična slama	14,0
Ječmena slama	14,2
Zobena slama	14,5
Ražena slama	14,0
Kukurozovina	13,5
Oklasak kukuruza	14,7
Stabljika suncokreta	14,5
Ljuska suncokreta	17,6
Slama od soje	15,7
Slama od uljane repice	17,4
Stabljika duhana	13,9
Ostatak rezidbe	14,0 - 14,2

Teoretski energetske potencijal Republike Mađarske, prema (Lechtenböhrer, Prantner, Schneider, Fülöp, & Sáfián, 2016), za proizvodnju bioplina i tekućih biogoriva te energije iz otpada (biomasa) iznosi 54 167 GWh/god, dok autori u (Hungarian Investment and Trade Agency, 2014) govore o potencijalu svih vrsta biomase od 83 333 GWh/god.

5.5.2 Bioplin

Poljoprivredna biomasa može ekstrahirati u energetske visoko vrijedno gorivo, bioplin. Bioplin najčešće nastaje anaerobnom digestijom biomase. Izgaranjem bioplina proizvoditi se električna ili toplinska energija, ili u slučaju kogeneracije oboje istovremeno. Prosječna donja ogrjevna vrijednost bioplina iznosi 21 MJ/kg. Bioplin se može proizvesti u monodigestiji ili u kodigestiji s kukurznom silažom s udjelom od 30%. Energetski potencijal proizvodnje bioplina može se računati pomoću relacije u (5.1) (“Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji,” 2013).

$$BP = m \cdot oST \cdot p \cdot k \text{ [kWh/god]} \quad (5.1)$$

Gdje su:

BP – energetske potencijal proizvedenog bioplina [kWh/god]

m – masa stajskog gnoja, goveda, svinja i peradi nastala u županiji [t/god]

oST – udio organske suhe tvari u svježoj sirovini

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA

p – prinos metana po jedinici mase organske suhe tvari u svježoj sirovini [$\text{m}^3/\text{t oST}$]
 k – energetska vrijednost metana [kWh/Nm^3]

Tablica 5.5. Godišnji energetske potencijal proizvodnje bioplina u Osječko-baranjskoj županiji te županijama Baranya, Somogy.

Baranya (2016)				
Vrsta	Broj *	Raspoloživost stajskog gnoja po jedinki [t/god] **	Godišnja raspoloživost stajskog gnoja	Teoretski energetske potencijal [MWh/god]
Goveda	34.000	10.00	340.000	187.000
Svinje	226.000	1.20	271.200	45.182
Perad	1.915.000	0.008	15.320	15.167
Somogy (2016)				
Vrsta	Broj***	Raspoloživost stajskog gnoja po jedinki [t/god] **	Godišnja raspoloživost stajskog gnoja	Teoretski energetske potencijal [MWh/god]
Goveda	46.000	10.00	460.000	253000
Svinje	145.000	1.20	174.000	290.550
Perad	484.000	0.008	3.872	3.833
Osječko-baranjska županija (2016)				
Vrsta	Broj****	Raspoloživost stajskog gnoja po jedinki [t/god]	Godišnja raspoloživost stajskog gnoja	Teoretski energetske potencijal [MWh/god]
Goveda	85.828	10.00	858.280	472.054
Svinje	342.841	1.20	341.960	56.970
Perad*****	544.938	0.008	4360	4317

* (Központi Statisztikai Hivatal, 2018)

** (Energy Efficiency and Renewables Supporting Policies in Local level for energy, 2012)

*** (Központi Statisztikai Hivatal, 2016)

**** (Hrvatska poljoprivredna agencija, 2016)

***** (Hrvatska poljoprivredna agencija, 2017)

Biološki rasplinjiva biomasa tipično se sastoji od biljnog ili životinjskog otpada s većim udjelom vlage. U procjeni ovog potencijala korišten je broj stoke u naseljima prema podacima ureda za statistiku (KSH and DZS). Uzimajući u obzir broj stoke (goveda, svinja i peradi) koja se nalazi u naseljima može se procijeniti količina

proizvedenog stajnjaka. Prosječna količina stajnjaka proizvedena od goveda je 10 t/god/životinji (12% udio suhe tvari), od svinja 1,2 t/god/životinji (8%) te kod peradi 0,008 t/god/životinji (30%).

Očekivana proizvodnja bioplina od goveda je 375 m³/t (od suhe tvari), od svinja 500 m³/t i od peradi 400 m³/t. Prilikom naših proračuna pretpostavljen je udio metana od 62,5% za sve tri vrste stajnjaka. Stoga, prema našem modelu 1 m³ bioplina dovoljan je za proizvodnju 1,78 kWh (Laczó 2012; Mezei ed. 2015). To znači sljedeće: doprinos proizvodnji energije od jednog goveda je 500,63 kWh, od jedne svinje 53,4 kWh i od peradi je 1,068 kWh ukoliko se kao biomasa koristi organski stajnjak.

5.5.3 Tekuća biogoriva

Tekuća biogoriva, bioetanol i biodizel nastaju tehnološkim procesima hidrolize i esterifikacije biljnih ulja s alkoholom. U Osječko-baranjskoj županiji, za proizvodnju bioetanola može se koristiti kukuruz i šećerna repa dok za biodizel uljana repica i soja. Teoretski godišnji energetske potencijali za proizvodnju bioetanola iz kukuruza i šećerne repe i biodizela iz uljane repice i soje prikazan je u tablici 5.6 za Osječko-baranjsku županiju ("Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji," 2013), odnosno u tablici 5.7 za Mađarske županije Baranya i Somogy.

Tablica 5.6. Godišnji energetske potencijal proizvodnje tekućih biogoriva u Osječko-baranjskoj županiji ("Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji," 2013)

Sirovina	Masa sirovine [t/god]	Količina biogoriva [t/god]	Donja ogrjevna vrijednost [GJ/t]	Teoretski energetske potencijal [GWh/god]
Bioetanol				
Kukuruz (s.v.)**	1.100.032	330.962	27	2.482
Šećerna repa	8.048.159	623.887	27	4.679
Biodizel				
Uljana repica	463.911	189.351	37	1.946
Soja	421.738	79.874	37	821

* 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

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA

Tablica 5.7. Godišnji energetskeg potencijal proizvodnje tekućih biogoriva u Mađarskim regijama Baranya i Somogy.

Vrsta sirovine	Masa sirovine [t/god], 2016		Količina biogoriva [t/god]		Donja ogrjevna vrijednost [GJ/t]	Teoretski ener- getski potencijal [GWh/god]	
	Baranya *	Somogy **	Baranya	Somogy		Baranya	Somogy
	Bioetanol						
Kukuruz	656.619	682.987	197.557	205.490	27	1482	1541
Šećerna repa	74.490	126.055	5774	9772	27	43	73
	Biodizel						
Uljana repica	60.585	86.466	24.836	35.445	37	255	364
Soja	58.903	8.071	11.156	1529	37	115	16

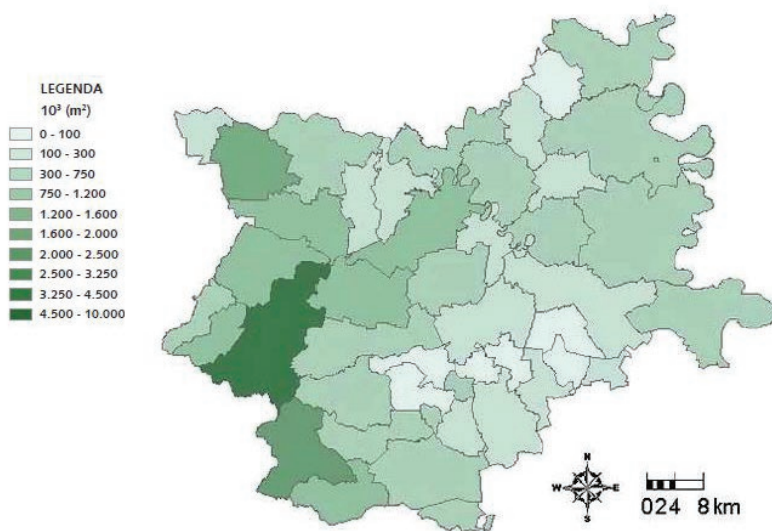
* (Központi Statisztikai Hivatal, 2018)

** (Energy Efficiency and Renewables Supporting Policies in Local level for energy, 2012)

5.5.4 Biomasa iz šumarstva

Najčešće korišteni oblici biomase iz šumarstva koji se koriste u energetske svrhe su ogrjevno drvo, sječka, kora, piljevina, blanjevina, briketi i peleti. Prema podacima iz 2014. godine Osječko-baranjska županija posjeduje ukupno 12.723,31ha površina pod šumom odnosno 29,05% ukupne površine županije. Biomasa iz šumarstva može se pretvoriti u toplinsku i električnu energiju te u tekuća i plinovita goriva koristeći različite termokemijske i biokemijske tehnologije. Na slici 5.2 prikazana je raspodjela ukupnih drvnih zaliha na području Osječko-baranjske županije (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009). Teoretski godišnji potencijal proizvodnje energije iz drvene biomase u Osječko-baranjskoj županiji prikazan je u tablici 5.8 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 5.2. Slika 2. Raspodjela ukupnih drvnih zaliha u Osječko-baranjskoj županiji

Tablica 5.8. Teoretski energetske potencijal drvene biomase u Osječko-baranjskoj županiji (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009)

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	
22.291.528	758.143	Planirana sječa	Ostva- rena sječa	GWh	TJ	GWh	TJ
		274.143	186.370	479	1.724	344	1.239

Količina biomase kao potencijal u ovoj grupi integrirana je u naš model na dva načina. S jedne strane, koristeći *Corine* bazu podataka procjenjujemo veličinu područja lokalnih šuma (od naselja) u hektarima i na temelju toga računamo očekivani održivi (ekvivalent suhog drveta) prinos uz 4 t/god/ha dok je ogrjevna vrijednost u našim proračunima otprilike 17 MJ/kg (Laczó 2012). S druge strane, pretpostavljamo veličinu zemljišta koja nisu korištena u poljoprivredne svrhe (ha) kao potencijalna područja za energetske nasade¹⁰, te se očekivani doprinos računa kao 15 t/god/ha uz ogrjevnju vrijednost od 18 MJ/kg (Tamás, Blaskó 2008; Laczó 2012).

¹⁰ Uspostava energetskih nasada nosi nekoliko ekoloških rizika zbog nedostataka pripreme tla i proizvodnje monokultura. Podići će ćemo svjesnost korisnika modela o ovome u opisnom dijelu modela!

Važan ograničavajući faktor u našem modelu je postojanje elektrana koje već rade i koriste biomasu u određenim naseljima jer već postojeća elektrana može asporbirati značajan dio potencijala te se stoga možda neće dostići ekonomska veličina novih elektrana.

Kao dobar primjer korištenja biomase u regiji možemo spomenuti *Arany-Mező Inc.* u Bicsérdu. To je poljoprivredna kompanija koja je aktivna i u uzgoju stoke (farme svinja i goveda) i u ratarstvu obrađujući više od 2 000 od čega se oko 1 100 do 1 200 hektara koristi za proizvodnju hrane za uzgoj stoke. Važan dio razvoja koji je ostvaren u sektoru stočarstva bio je odgovarajuće postupanje s organskim stajnjakom i gnojem te je za tu svrhu u Bicsardu izgrađena bioplinna elektrana. Iskorištenje ove investicije koja je započela s radom 2011. je 95%. Sustav godišnje prikuplja oko 40 000 tona organskog otpada od čega je 90–95% stajski gnoj i suhi stajnjak proizveden uzgojem stoke. Ovaj proizvodni kapacitet omogućuje proizvodnju od 4,3 milijuna kWh električne energije (proječna godišnja potreba oko 950 kućanstava) i 5,1 milijuna kWh toplinske energije (proječna godišnja potreba oko 450 kućanstava). Vrlo važna činjenica s poljoprivrednog gledišta je da se tekući fermentat koji je nastao kao nusproizvod proizvodnje bioplina koristi kao gnojivo u poljoprivredi. To znači uštedu konvencionalnih gnojiva te povećava profitabilnost proizvodnje bioplina (Kovács et al. 2018).

Slična bioplinna elektrana koja koristi organski životinjski stajnjak i ostali poljoprivredni otpad može se pronaći u Vajszlóu (Rideg 2009) koja proizvodi 4,5 GWh električne energije i oko 4,8 GWh toplinske energije, dok s druge strane granice, u naseljima Vuka i Gorjani u Osječko-baranjskoj županiji u pogonu je bioplinna elektrana snage 1000 kW (Fabek, Grabar 2013).

5.5.5 Biomasa iz otpada

U biomasu iz otpada spada biorazgradivi dio komunalnog otpada, iz prehrambene industrije ili ostalih srodnih industrija. Isto tako, biomasa iz otpada može nastati i u drvnim industrijama. Teoretski godišnji energetska potencijal Osječko-baranjske županije proizvodnje energije iz otpada prikazan je u tablici 5.7 ("Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji," 2013).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Tablica 5.9. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz otpada na području Osječko-baranjske županije ("Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji," 2013)

Sirovina	Raspoloživost otpada [t/god]*	Teoretski energetska potencijal [MWh/god]	Teoretski energetska potencijal [TJ/god]
Klaonički otpad	4.651	23.255	84,7**
Ostaci iz drvne industrije	321	1.509	5,4
Biorazgrađiva komponenta komunalnog otpada	39.210	26.467	95,3**

* izvor: Registri otpada za razdoblje 2008-2010. (Agencija za zaštitu okoliša,

** dobiven tehnologijom proizvodnje bioplina

5.6 OTPAD

Otpad, ukoliko se prikladno prikuplja i tretira, također je resurs i može se pretvoriti u recikliranu sirovinu ili kao gorivo za proizvodnju električne energije. Važan je aspekt zbrinjavanja suvišnih materijala koji se miješaju u sustav otpada: odvojeno ili zajedno s mješovitim otpadom, kao što je to u prethodnom slučaju čista sirovina koja se može reciklirati, dok se u potonjem slučaju kontaminirane korisne sirovine, nakon razvrstavanja mogu samo pretvoriti u RDF (gorivo iz otpada) ili SRF (čvrsto oporabljeno gorivo).

U našem sustavu otpad i njegov energetska potencijal integrirali smo kroz dva načina proračuna. S jedne strane, prikupljamo podatke o naseljima iz središnjeg ureda za statistiku Mađarske (HCSO) s obzirom na količine otpada koje se godišnje transportiraju iz naselja (t/god) te udio selektivno prikupljenog otpada (%). Na temelju naših istraživanja te naših rasprava o navedenoj temi proračun je sljedeći: osnovna razina je da od količine komunalnog otpada 10% čini selektivno prikupljeni otpad. Od količine mješovitog otpada izračunate na ovaj način, 45% se može potencijalno koristiti za proizvodnju bioplina, a količina energije koja se može proizvesti iz toga je 6 MJ/kg, što se također može preračunati u kWh (Mezei et al. 2018).

Drugi način iskorištavanja otpada je izgradnja elektrane koja spaljuje plastični sadržaj prethodno korištenih deponija koje su sada izvan uporabe. Ova plastika se ne može koristiti za proizvodnju bioplina, ali ima potencijal za proizvodnju energije. Osnovica u ovom slučaju ponovno je komunalni otpad naselja. Računajući s prosječnim životnim vijekom deponije otpada od 20 godina, tada pomnožimo posljednje dostupne količine komunalnog otpada naselja s 20 i 15% od toga se smatra potencijalom (udio plastike) s prosječnom ogrjevnom vrijednošću od 14 MJ/kg (Vér et al. 2017, Mezei et al. 2018).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Što se tiče potencijala proizvodnje energije bioplina temeljenog na deponijama, ona se također temelji na količini koja se prevozi do deponije u dvadeset godina (t), gdje je 750 kg otpada ekvivalentno 1 m³, od čega se može proizvesti 17 MJ/m³ (SMKP 2009, Mezei et al. 2018.).

Korištenje otpada za proizvodnju električne energije može biti ograničeno već postojećim elektranama koje mogu biti kupci potencijalne "sirovine" te se njihove lokacije po naseljima također integriraju u model.

Prema našoj analizi u 10 malih ruralnih naselja, korištenje otpada kao potencijalne sirovine za proizvodnju energije, u dolini Koppány rijeke postoji značajan potencijal otpada za proizvodnju energije (tablcia 5.10). Postoji nekoliko alternativnih korištenja odloženog biološki razgradivog otpada te čak i stare zatvorene deponije otpada imaju energetske potencijal. U projektnim ruralnim područjima, sustavno centralizirano gospodarenje otpadom rezultira dužim transportnim rutama u dolini Koppány rijeke, također raspon uluga za gospodarenje otpadom suženiji je nego u većini urabanih područja (mogućnost selektivnog prikupljanja otpada, češći odvoz smeća, itd.).

Specifični problem u dolini Koppány rijeke je nizak kapacitet za kompostiranje u susjedstvu. Nedavno uvedeno biološko prikupljanje otpada korištenjem "selektivnih kanti" rezultiralo je s 12 tona razgradivog otpada u regiji što značajno zaostaje za stvarnim potencijalom. Buduće promjene u ponašanju društva (razvrstavanje otpada) i nove investicije mogu značajno poboljšati kapacitete za kompostiranje u regiji (Mezei et al. 2018).

Tablica 5.10. Energetski potencijal otpada u dolini Koppány, 2017

Naselje/specifikacije potencijala	Godišnji energetski potencijal komunalnog otpada (MJ/god)	Energetski potencijal deponija otpada, MJ	Potencijal prooizvodnje bioplina lociran u deponijama otpada, MJ
Bonnya	113 499	2 122 711	22 912
Fiad	63 587	1 105 942	11 937
Kára	36 480	669 441	7 226
Kisbárapáti	189 088	3 295 369	35 569
Koppányszántó	151 885	2 719 833	29 357
Miklósi	112 684	1 966 100	21 221
Somogyacsa	86 588	1 678 012	18 112
Somogydöröcske	68 597	1 256 397	13 561
Szorosad	55 126	980 972	10 588
Törökkoppány	199 830	3 452 301	37 263

Izvor: Mezei et al. 2018

5.7 GEOTERMALNA ENERGIJA

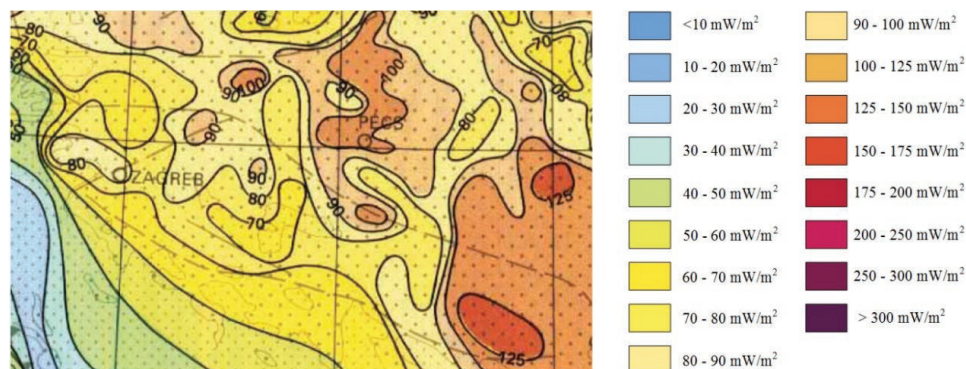
Geotermalna energija je unutrašnja pohranjena energija u velikim termalnim masama zemljine kore, plašta i jezgre. Unutarnji energetski tokovi od vrućih područja u dubinama prema površini nazivaju se geotermalni energetski tokovi. Temperatura zemljinog plašta povećava se s povećanjem dubine u skladu sa zakonima provođenja topline te tako da energetski sadržaj po jedinici materijala raste s dubinom. Povećanje temperature po jedinici dubine naziva se geotermalni gradijent. Stoga, što je veća temperatura medija koji prenose unutrašnju energiju na površinu u određenom području, to je izvjesnija proizvodnja geotermalne energije. Geotermalni tokovi energije i vrijednost geotermalnog gradijenta nisu homogeno raspršeni, nego postoji specifična teritorijalna raspodjela ovisno o procesu razvoja kore (MEKH 2016).

Za istraživanje geotermalne energije, registrirani su brojevi termalnih izvora u administrativnim teritorijima naselja (MEKH 2016; Maljković, Guðmundsson 2017), što je u modelu predviđeno kao djelomično ograničavajući faktor, ali i faktor koji smanjuje rizik. Prethodna ograničenja su kvantitativnog karaktera: nekoliko proizvodnih bušotina koje su blizu jedne drugima mogu voditi do privremenog smanjenja trenutnih kapaciteta, dok prethodne investicije povećavaju relevantnost novih, smanjuju rizik u kvaliteti (bušenje termalnih izvora uvijek nosi neke rizike: kakvu vodu ćemo pronaći na kojoj dubini, koje temperature i kojih karakteristika (npr. sadržaj minerala) te je li pogodna za planiranu tehnologiju (npr. proizvodnju pare)).

Geotermalna nalazišta u ispitivanom području, s obzirom na vrijednost geotermalnog gradijenta, odlična su u Osječko-baranjskoj županiji i u Somogy županiji (40–50 °C/km) te još bolja u Baranya županiji (over 50 °C/km). Primjenom različitih geoloških mapa Mađarske i Hrvatske registrirali smo dvije kategorije potencijalnih nalazišta s obzirom na dubinu (minimalno 50 °C na 1000 m i minimalno 90 °C na 2000 m. Ovo zapravo daje tri osnovne kategorije geotermalnog potencijala u naselju: nije prisutan potencijal i geotermalna investicija nije preporučena; niže temperature se mogu pronaći s velikom sigurnošću te je moguće detektirati srednji potencijal; nalazišta s temperaturama od 90 °C imaju odličan potencijal.

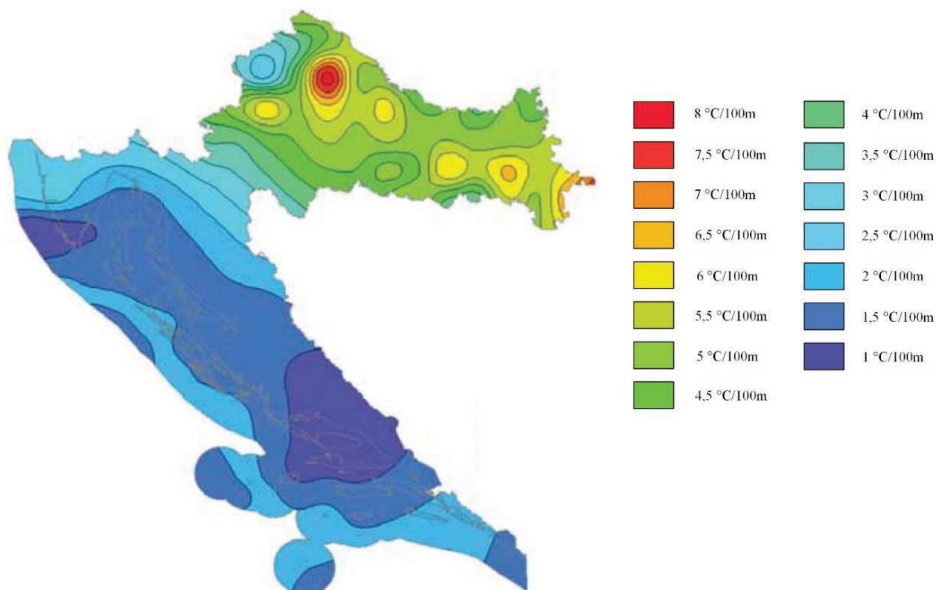
Promatrano pogranično područje nalazi se u prostoru bivšeg Panonskog mora te zbog toga ima veću gustoću toplinskog toka od ostatka jugoistočne Europe koji može doseći iznos i od 100 mW/m² kao što je i vidljivo na slici 5.3 (Oktatási Hivatal, 2018; "Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji," 2013).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



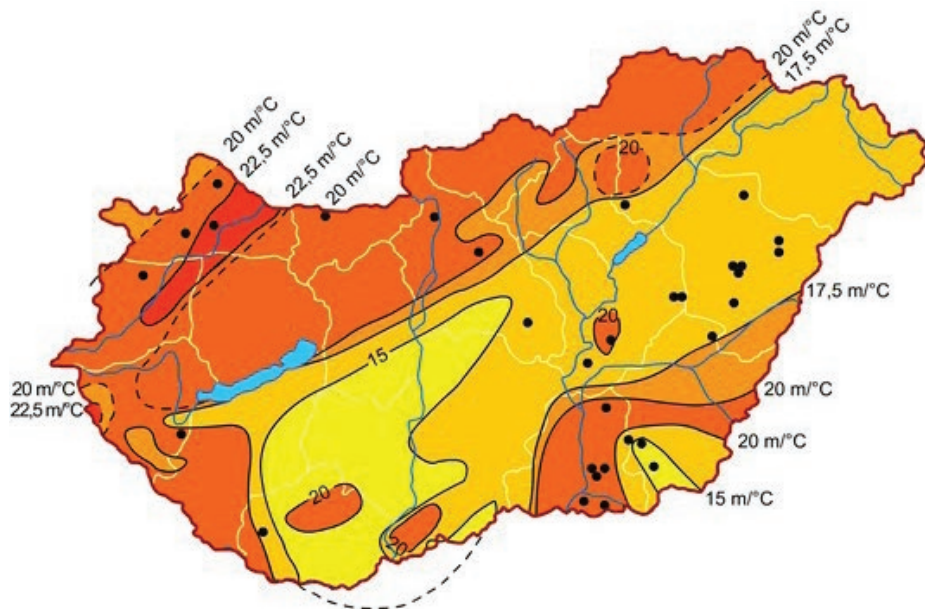
Slika 5.3. Gustoća toplinskog toka u području bivšeg Panonskog mora (*"Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji,"* 2013)

Temperaturni gradijent u Osječko-baranjskoj županiji prema (*"Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji,"* 2013) iznosi između 4 °C i 5 °C svakih 100m dubine (slika 5.4). Najbolji primjer iskorištavanja geotermalne energije u Osječko-baranjskoj županiji je Bizovac gdje se termalna voda koristi za grijanje i toplice.

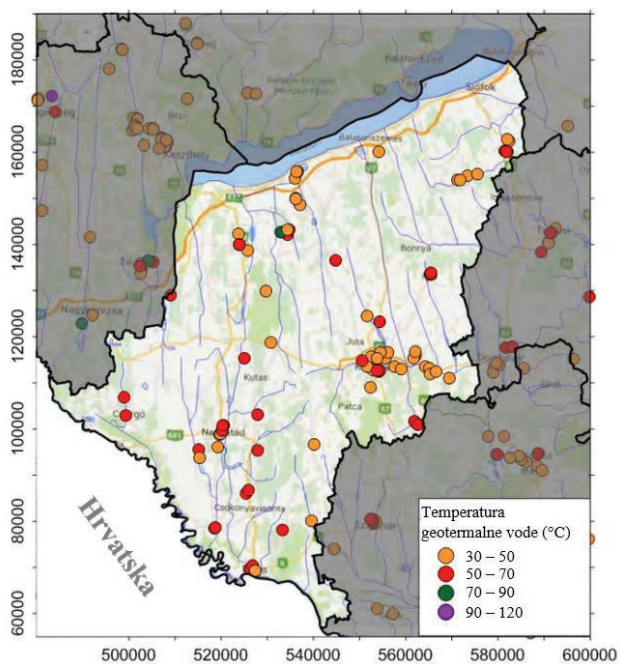


Slika 5.4. Temperaturni gradijent tla u Republici Hrvatskoj (Jelić, Kevrić, & Krasić, 1995)

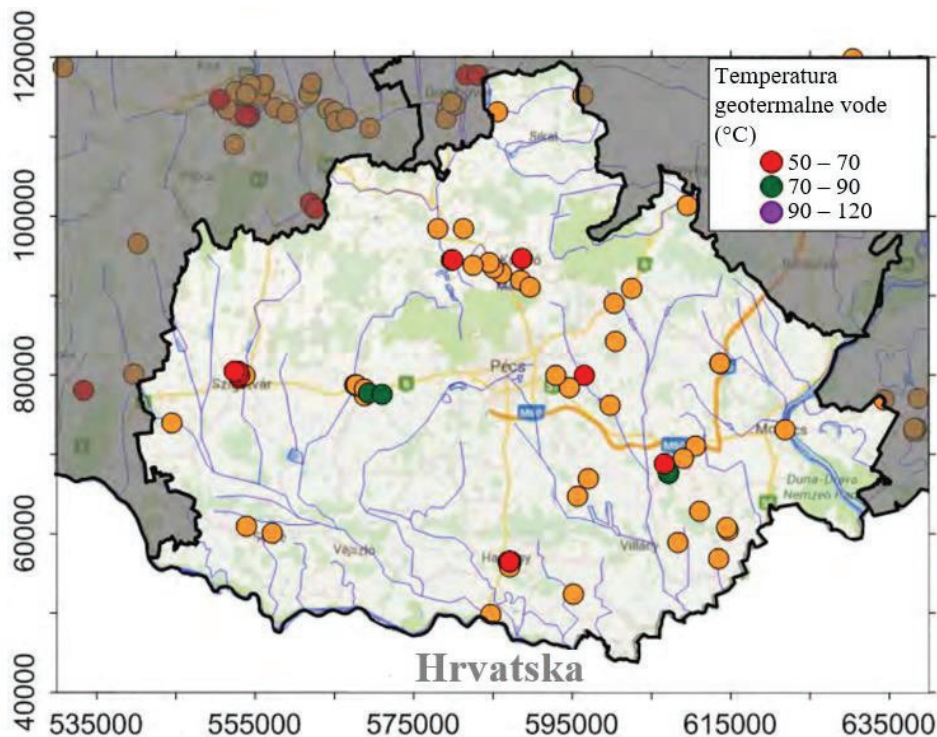
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA



Slika 5.5. Temperaturni gradijent tla u Republici Mađarskoj (Oktatási Hivatal, 2018)



Slika 5.6. Izvori geotermalne vode u županiji Somogy u Republici Mađarskoj (MEKH, 2016)



Slika 5.7. Izvori geotermalne vode u županiji Somogy u Republici Mađarskoj (MEKH, 2016)

Geotermalni teoretski energetska potencijal Republike Mađarske prema (Hungarian Investment and Trade Agency, 2014) iznosi 17 639 MWh/god. Temperaturni gradijent u županijama Somogy i Baranya u Republici Mađarskoj prema (Oktatási Hivatal, 2018) iznosi između 5 °C i 7 °C svakih 100 m dubine (slika 5.5). Registrirani izvori termalne vode u Republici Mađarskoj bolje su evidentirani. Na slici 5.6 prikazani su izvori termalne vode u županiji Somogy, dok su na slici 5.7 prikazani izvori termalne vode u županiji Baranya u Republici Mađarskoj (MEKH 2016).

Najaktualniji sustav daljinskog grijanja u Baranya županiji je u Szentlőrincu gdje je 3000 kućanstava i javnih institucija opskrbljeno geotermalnom energijom velikog kapaciteta i visoke temperature. U Szentlőrinc ponovno ubrizgavanje korištene i hladne vode natrag u bušotinu funkcionira zaista dobro. Drugi geotermalni sustav grijanja koji funkcionira u Baranya županiji, koji dobiva sve više javne pažnje, nalazi se u gradu Bóly gdje je mreža integrirana u javne zgrade. Do sada je razvedeno do industrijskog parka i radionica znanstvenika izgrađena je u tri faze od 2003. do 2010. godine za otprilike 1,9 milijuna eura (od natječaja i vlastitih sredstava) (MEKH 2016; Kovács i sur. 2018).

Termalni izvori rade i u Somogy županiji i uobičajeno se koriste za balneološke svrhe i time potiču lokalno gospodarstvo kroz zdravstveni turizam, te se razmišlja o medicinskim i termalnim lječilištima Barcs, Buzsák, Csokonyavisonta, Igal, Kaposvár, Marcali i Nagyatád.

U jedinom geotermalnom nalazištu koje radi u Osječko-baranjskoj županiji (Bizovac), dominira turističko korištenje te osim mnogih bušotina izbušenih za potrebe traženja nafte i prirodnog plina, postoji nekoliko testnih bušotina koje daju pozitivne rezultate (Ernestinovo, Babina Greda) (Maljković 2008), što kao rezultat u budućnosti može uspostaviti nove geotermalne udaljene sustave grijanja u Osječko-baranjskoj županiji (Maljković, Guðmundsson 2017).

5.8 OGRANIČENJA I RAZVOJNI POTENCIJAL MODELA

Kao i svaki model koji radi s bazama podataka i ova platforma za potporu u donošenju odluka ima ograničenu iskoristivost. Glavni razlog za to je međunarodni karakter modela, što čini nemogućim posjedovanje serija podataka kompatibilnih za svako naselje u Mađarskoj i Hrvatskoj. Značajni setovi podataka o naseljima koji su prikupljeni u Mađarskoj nisu prikupljeni i/ili objavljeni na strani Hrvatske te model sam po sebi u obliku koji može osigurati samo podatke na razini naselja u Mađarskoj, dok je to u Hrvatskoj na regionalnoj razini (samo Osječko-baranjska županija) za koju je moguće demonstrirati potencijal. Dostupnost podataka u Hrvatskoj na razini naselja moglo bi činiti ovaj model kompletnim.

Prateći znatan broj slučajeva, model bi mogao također integrirati podatke o energetske investicijama (troškovi, snaga, cijene, ekonomski pokazatelji itd.) te korištenjem istih i na temelju metodologije opisane u Pelin et al. (2015) te u Kovács and Suvák (2014) i poznavajući potencijal naselja te željenu snagu, može se izračunati period povrata, aktualizirana cijena električne energije (LCOE) i neto sadašnja vrijednost. Ovi izračuni stoga zahtijevaju značajnu količinu tržišnih i ekonomskih podataka koji su neznani našem istraživanju te jedino mogu biti integrirani u kasnije verzije modela.

6 TEHNOLOGIJE ZA KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

U ovome poglavlju objašnjene su različite komercijalno dokazane tehnologije proizvodnje energije koje koriste biomasu, sunčevu energiju te geotermalnu energiju. Opis za vjetroelektrane je izostavljen budući da prema ("Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji," 2013) iskorištavanje potencijala energije vjetera u prekograničnom području Hrvatske i Mađarske nije ekonomski isplativo.

6.1 ELEKTRANE NA BIOMASU

Korištenje biomase umjesto fosilnih goriva za proizvodnju električne energije daje prednosti u vidu smanjenja emisije stakleničkih plinova, mogućeg smanjenja troškova proizvodnje, uz to, može biti pokretač razvoja lokalnog gospodarstva u ruralnom području.

Kako bi se analizirala upotreba biomase za proizvodnju električne energije, važno je razmotriti tri ključne stavke (International Renewable Energy Agency 2012):

- a, Sirovina za biomasu – dolazi u različitim oblicima i ima različita svojstva koja utječu na njenu upotrebu za proizvodnju električne energije.
- b, Pretvorba biomase – proces u kojem se biomasa pretvara u pogonsko gorivo za proizvodnju električne energije
- c, Tehnologija proizvodnje električne energije – širok raspon tehnologija koje koriste biomasu kao pogonsko gorivo za proizvodnju električne energije.

Kontinuirani i održivi izvor sirovine biomase kao i sama njena kvaliteta od presudne su važnosti za isplativost elektrane na biomasu. Bitne karakteristike sirovine biomase su energetska vrijednost sirovine, sadržaj pepela i vlažnosti te njena homogenost. Navedene karakteristike utječu na cijenu, troškove transporta, troškove prethodne obrade te troškove skladištenja sirovine. Uz to, prema vrsti sirovine odabiru se prikladne tehnologije za proizvodnju električne energije.

Izvori biomase mogu se podijeliti na one s ruralnih područja (šumski ostaci, drvni ostaci, poljoprivredni ostaci, energetske usjevi, izmet stoke) te one s urbanih područja (urbani drveni otpad, bioplin iz otpadnih voda i kanalizacije, deponijski plin, komunalni kruti otpad).

Biomasa se može pretvoriti u energiju koristeći toplinsko-kemijske procese (tj. izgaranje, rasplinjavanje i piroliza) ili biokemijske procese kao što je anaerobna digestija.

6.1.1 Procesi pretvorbe biomase u energiju

6.1.1.1 Izgaranje

U ovome načinu iskorištavanja biomase koristi se konvencionalni termodinamički Rankineov ciklus gdje se biomasa spaljuje u visokotlačnom kotlu za proizvodnju pare. Para pogoni parnu turbinu spojenu s generatorom kojim se proizvodi električna energija. Ukupna učinkovitost cijelog procesa iznosi oko 25% (International Renewable Energy Agency 2012).

U elektranama relativno malih razmjera upotrebljavaju se kotlovi s izgaranjem u ključajućem fluidiziranom sloju (engl. *Bubbling fluidized bed boilers – BFB*) gdje se upotrebljavaju goriva niske kalorijske vrijednosti i visokog sadržaja vlage. Kotao s tehnologijom cirkulirajućeg fluidiziranog sloja (engl. *Circulating fluidized bed boilers – CFB*) obično se koristi u razmjerno velikim elektranama, u osnovnoj koncepciji je sličan BFB-u. CFB ima povećanu fleksibilnost nad BFB-ima za ispaljivanje različitih goriva s visokim sadržajem vlage te ima značajno višu učinkovitost, do 95% (Pascual Peña 2011).

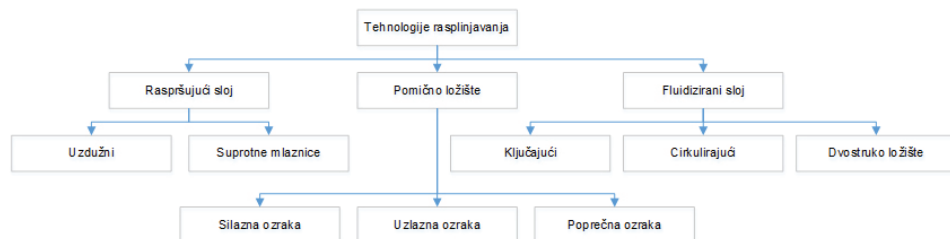
Suizgaranje je proces u kojemu se biomasa dodaje ugljenu u klasičnoj termoelektrani. Izravno suizgaranje biomase i ugljena moguće je s udjelom biomase od 5–10%. Za veće udjele biomase potrebna je opsežna prethodna obrada biomase (npr. torifikacija) ili promjene u samome dizajnu termoelektrane (npr. za odvojeno izgaranje biomase i ugljena u različitim kotlovima, potrebni su različiti plamenici, sušilice).

6.1.1.2 Rasplinjavanje i piroliza

Krajnji proizvod rasplinjavanja drvene biomase je plin bogat metanom koji se koristi za pogon plinskog motora spojenog s generatorom koji proizvodi električnu energiju. Osnovni proces rasplinjavanja sastoji se od sušenja, toplinske razgradnje organske tvari ili pirolize, djelomičnog izgaranja plinova, para i ugljena iz biomase i rasplinjavanja ostataka. Sama piroliza odvija se na visokoj temperaturi uz dovedenu toplinu bez prisutnosti kisika i vode. Za rasplinjavanje je potreban rasplinjavajući medij (para, zrak ili kisik) za kemijsku promjenu molekularne strukture sirovine od složenih molekula primarnog energenta do manje složenih molekula plina (Šljivac et al. 2012).

Proces rasplinjavanja biomase započinje zagrijavanjem, sušenjem i pirolizom nakon čega dolazi do kemijske reakcije između nusproizvoda pirolize biomase i radnog medija i dobiva se željeni plin (generatorski plin). Elektrane s integriranim rasplinjavanjem osim reaktora za rasplinjavanje sadrže sustav za obradu biomase, sustav za opskrbu reaktora biomasom, sustav za čišćenje plina i sustav za uklanjanje

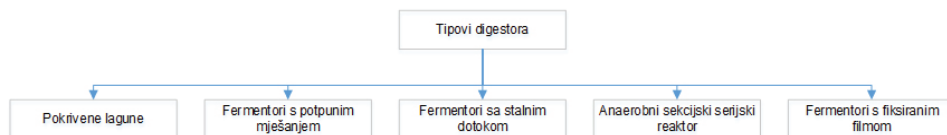
pepela i krutih ostataka. Vrste tehnologija za rasplinjavanje mogu se vidjeti na slici 6.1 (Šljivac et al. 2012).



Slika 6.1. Tehnologije za rasplinjavanje (Šljivac et al., 2012)

6.1.1.3 Anaerobna digestija

Anaerobna digestija je fermentacija organskog materijala bez prisutnosti kisika. Anaerobnom digestijom nastaje bioplina koji je po sastavu mješavina metana (40–75%), ugljikovog dioksida (25–60%) te ostalih plinova poput vodika, sumporovodika i ugljikovog monoksida. Kalorijska vrijednost mu je oko 21 MJ/m³. Tipovi digestora prikazani su na slici 6.2.



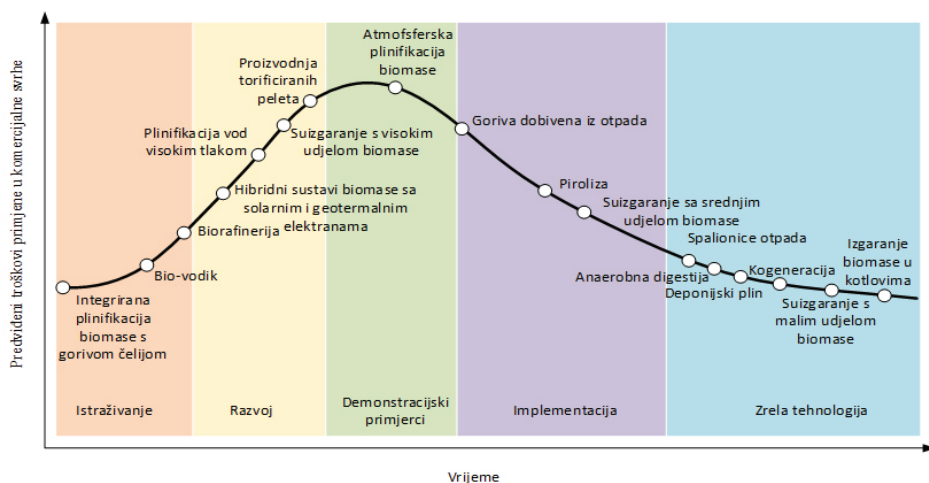
Slika 6.2. Tipovi digestora

Za tekući otpad koriste se pokrivene lagune, fermentori sa stalnim dotokom i fermentori s fiksiranim filmom. Za muljeviti otpad koriste se fermentori s potpunim miješanjem. Otpad se deponira u digestoru gdje se miješa i zagrijava te se oslobađa bioplina koji se oduzima iz gornjeg dijela fermentora. Anaerobni sekvencijski serijski reaktor (engl. *Anaerobic sequencing batch reactor – ASBR*) je sustav za fermentaciju visoke brzine koji je prilagođen za tretiranje razrijeđenog gnoja. Proces se sastoji od četiriju faza rada, što omogućuje visoku protočnost materijala dok se zadržavaju mikroorganizmi u reaktoru.

Digestori se također mogu podijeliti na obročne i kontinuirane digestore. Obročni rade na principu obročnog punjenja, digestor se napuni svježom sirovinom te se nakon fermentacije čisti od digestata. Mogu biti vertikalni, horizontalni ili s više spremnika, a razlikuju se po načinu miješanja supstrata (s potpunim miješanjem ili digestori

čepolikog gibanja). Digestori s potpunim miješanjem supstrata su okrugli, vertikalni, prikladni za tekući gnoj, vrijeme retencije iznosi 30-90 dana. Čepoliki digestori imaju vodoravni spremnik, prikladni su za kruti gnoj, vrijeme retencije iznosi 15-30 dana (Al Seadi et al. 2009).

Na slici 6.3 prikazani su statusi zrelosti pojedine tehnologije te očekivani troškovi proizvodnje ukoliko se tehnologija primjenjuje u komercijalne svrhe. Uz prethodno navedene komercijalno dostupne tehnologije, na slici su prikazane i tehnologije koje se još nalaze u fazi istraživanja.



Slika 6.3. Predviđeni troškovi primjene te status zrelosti pojedine tehnologije za proizvodnju energije iz biomase

6.1.2 Troškovi

6.1.2.1 Cijena sirovine

Cijena sirovine značajno utječe na ukupne troškove proizvodnje električne energije u elektranama na biomasu. U tablici 6.1 prikazane su cijene sirovina za 6 zemalja Europske unije (premda su za neke stavke navedene fiksne cijene, ovi iznosi su okvirne cijene dobivene na temelju analize postojećih postrojenja i pravilnika u promatranim državama prema (Kühner 2013)). Negativne cijene znače da subjekt koji preuzima biomasu dobije za to dodatnu premiju koja se naplaćuje od onih koju su tu biomasu proizveli (npr. pristojba za odvoz komunalnog otpada).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA

Tablica 6.1. Cijene sirovine za biomasu (Kühner 2013)

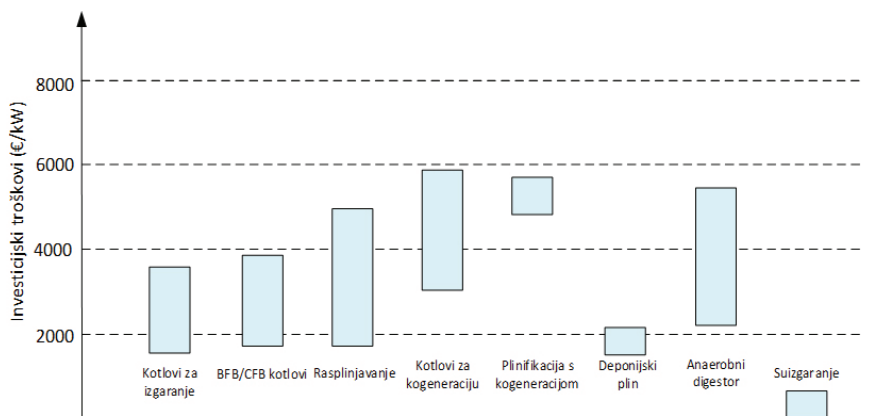
Vrsta sirovine	Austrija	Finska	Njemačka	Grčka	Nizo- zemska	Poljska
	€/t					
Slama (troškovi prikupljanja)	35	34	32	38	34	36
Slama (prodajna cijena)	80 do 180	n.d.	160	144	144	n.d.
Šumski ostaci (prodajna cijena)	30 do 80	25 do 80	30 do 80	30 do 80	30 do 80	30 do 80
Organski komunalni otpad (pristojba za preuzimanje)	-15 do -60					
Višak gnoja (pristojba za preuzimanje otpada)	-	-	-10	-	-15 do -25	-
Ostaci drvne industrije (pristojba za preuzimanje otpada i recikliranje)	-25 do -60					
Ostaci pri uređenju cesta i okoliša	66-81					
Ostaci od prerade hrane	0 do 180					
Energetski usjevi	80	80	80 do 160	80 do 150	80 do 150	80

**n.d. – nije dostupno*

6.1.2.2 Investicijski troškovi

Vrsta tehnologije uglavnom određuje trošak i učinkovitost opreme za proizvodnju električne energije biomase, iako troškovi opreme pojedine tehnologije mogu značajno varirati. Investicijski troškovi obuhvaćaju troškove planiranja, projektiranja, troškove opreme te izgradnju elektrane. Uz to, dodatni troškovi koji mogu biti značajni su troškovi priključenja elektrane na elektroenergetsku mrežu. Okvirne vrijednosti ukupnih investicijskih troškova određene tehnologije za proizvodnju električne energije iz biomase u zemljama OECD-a mogu se vidjeti na slici 6.4.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 6.4. Investicijski troškovi tehnologije za proizvodnju električne energije iz biomase u zemljama OECD-a (International Renewable Energy Agency, 2015)

6.1.2.3 Troškovi rada i održavanja

Fiksni troškovi rada i održavanja elektrana na biomasu obično se kreću 2–6% od ukupnih investicijskih troškova godišnje, dok su varijabilni troškovi rada i održavanja relativno niski, oko 0,004 €/kWh. Fiksni troškovi rada i održavanja uključuju plaće, planirano održavanje, premiju osiguranja i sl. Varijabilni troškovi rada i održavanja definiraju se prema količini proizvedene električne energije te uključuju, na primjer, odlaganje pepela, neplansko održavanje, zamjenu određenih komponenata elektrane. U tablici 6.2 prikazani su troškovi rada i održavanja elektrana na biomasu.

Tablica 6.2. Troškovi rada i održavanja elektrana na biomasu
(International Renewable Energy Agency, 2012)

Tehnologija	Fiksni troškovi (% od investicijskih troškova, godišnje)	Varijabilni troškovi (€/MWh)
Izgaranje u kotlovima	3,2-4,2	3,5- 4,3
BFB/ CFC	3-6	
Rasplinjavanje	3-6	3,1
Anaerobni digestor	2,1-3,2 2,3-7	3,6
Deponijski plin	11-20	n.d.

6.1.2.4 Troškovi priključenja

Troškovi priključenja ovise o udaljenosti između lokacije elektrane i elektroenergetske mreže. Troškovi priključenja izračunavaju se u elaboratu optimalnog tehničkog rješenja priključenja elektrane. U odnosu na ukupne investicijske troškove elektrane, troškovi priključenja na mrežu obično su niski, s udjelima u ukupnoj investiciji manjim od 5% (Samadi & Sascha 2017) (Swider et al. 2008). Otočni sustavi su ekonomski loša rješenja jer se proizvedena energija ne može prodavati u mrežu pa stoga nema ni mogućnosti za poticajnu otkupnu cijenu. Otočni sustavi mogu biti ekonomski opravdani u slučajevima gdje je mjesto elektrane tako daleko od elektroenergetske mreže da su troškovi priključenja preveliki.

6.1.2.5 Nivelirani trošak električne energije

Nivelirana cijena električne energije (*engl. levelized cost of energy – LCOE*) dobiva se kada se ukupni troškovi izgradnje te rada i održavanja elektrane, svedeni (diskontirani) na današnje vrijeme, podijele s ukupnom proizvedenom električnom energijom elektrane kroz cijeli njen životni vijek.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

gdje su:

I_t = investicijski troškovi u godini t

M_t = troškovi rada i održavanja u godini t

F_t = troškovi goriva u godini t

E_t = proizvedena električna energija u godini t

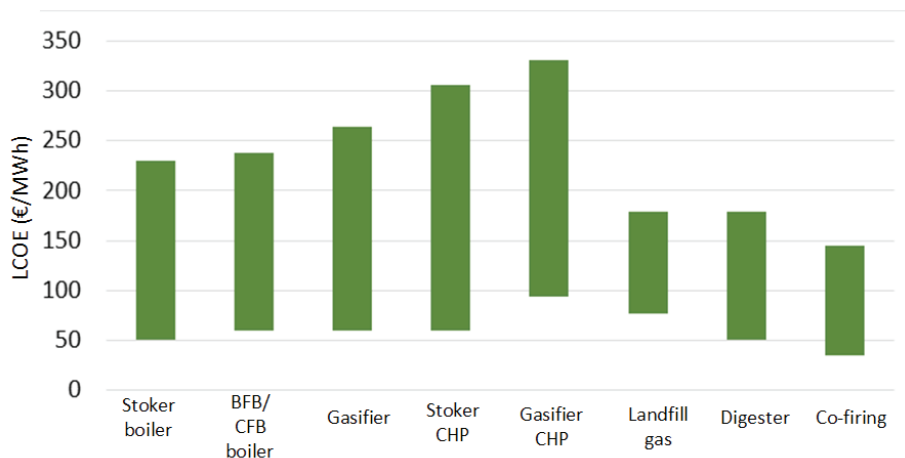
r = diskontna stopa

n = životni vijek elektrane

Širok raspon investicijskih troškova pojedine tehnologije te širok raspon cijena sirovine rezultiraju sa širokim rasponom LCOE koje su prikazane na slici 6.5. U slučaju da su investicijski troškovi niski te je niska i cijena sirovine, cijena proizvodnje električne energije u elektranama na biomasu s oko 50 €/MWh može biti konku-

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

rentna na tržištu električne energije. S porastom investicijskih troškova te porastom cijena sirovine, proizvodna cijena električne energije bez subvencije nije konkurentna na tržištu.



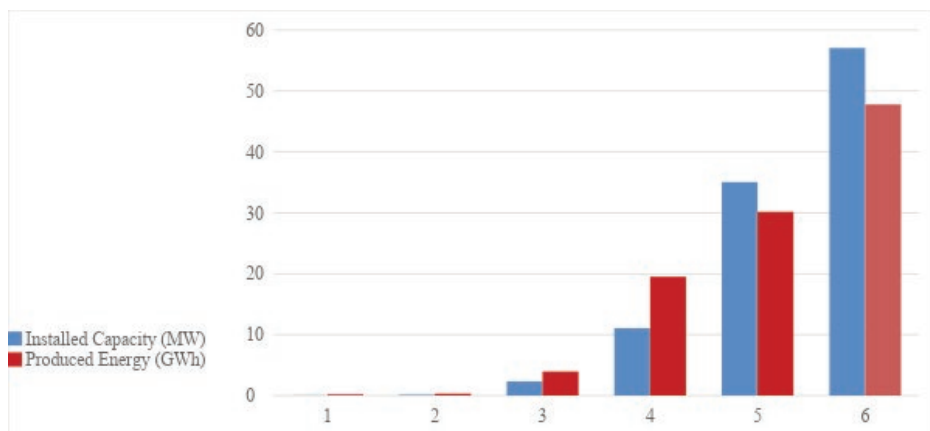
*Slika 6.5. LCOE za različite tehnologije elektrana na biomasu
(International Renewable Energy Agency, 2012)*

6.2 FOTONAPONSKE ELEKTRANE

Energija Sunčevog zračenje kontinuirano pristiže na Zemlju koja se okreće oko svoje osi i oko Sunca (Šljivac & Topić 2018). Dva su osnovna tipa iskorištavanja energije Sunčevog zračenja – za proizvodnju električne energije i za proizvodnju toplinske energije. Današnja tehnološka rješenja omogućavaju pretvorbu energije Sunčeva zračenja u električnu energiju na dva načina:

- Solarne termoelektrane – energija Sunčeva zračenja prvo se pretvara u toplinsku energiju koja se zatim u toplinskom kružnom procesu preko turbine (ili nekog drugog toplinskog stroja) pretvara u mehaničku koja pogoni električni generator. Prema (Šljivac & Topić, 2018) tri su razvijena rješenja: parabolična protočna solarna TE, solarni toranj i parabolični tanjur. U prekograničnom području Hrvatske i Mađarske nema primjera ovakvih elektrana i one se iz tog razloga ne opisuju u detalje.
- Fotonaponske (FN) elektrane – energija Sunčeva zračenja se u FN ćeliji pomoću fotonaponskog efekta pretvara u električnu energiju. Navedena tehnologija ima široku primjenu u prekograničnom području Hrvatske i Mađarske te je detaljno opisana u nastavku.

Slika 5.6 prikazuje instaliranu snagu i godišnje proizvedenu energiju FN sustava na području Republike Hrvatske u razdoblju 2010–2015. prema podacima publikacije Energija u Hrvatskoj (Vuk et al. 2010, 2011, 2012, 2013, 2015). Može se uočiti znatan trend porasta instalirane snage FN elektrana.



Slika 6.6. Podaci o instaliranoj snazi i proizvodnji FN elektrana u RH

6.2.1 Tehnologija fotonaponskih elektrana

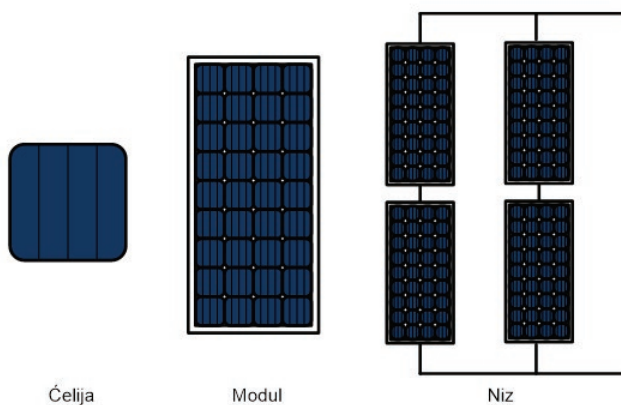
FN ćelija je poluvodička dioda sastavljena od p i n tipa poluvodiča izrađenog najčešće od silicija (monokristalni, polikristalni ili amorfni silicij), a rjeđe od drugih materijala (npr. kadmija i telurija). Jedno od dostupnih tehnoloških rješenja je i izrada FN ćelija tehnikom tankog filma čime se dobivaju tanji moduli (jeftiniji), ali s manjom učinkovitošću. U tablici 6.3 prikazane su različite tehnologije FN modula s navedenim osnovnim značajkama. MPP označava točku maksimalne izlazne djelatne snage FN modula.

Uobičajeni napon jedne ćelije je oko 0,5 V što je neupotrebljivo u praktičnim primjenama pa se FN ćelije međusobno spajaju u FN modul (najčešće 36 ćelija s izlaznim naponom od 12 V). Više FN modula spaja se u seriju ili paralelu čime se formira tzv. niz ili string (slika 6.7).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Tablica 6.3. Različite tehnologije FN modula s osnovnim značajkama

Naziv modula	Bisol BMO 250	Bisol BMU 250	Solar Frontier SF 150	Masdar MPV100-S	First Solar FS 277
Tehnologija	monokristalni Si	polikristalni Si	tankoslojni	amorfni Si	tankoslojni Cd-Te
Maksimalna snaga (W)	250	250	150	100	77.5
Struja kratkog spoja (A)	8.8	8.75	2.2	1.57	1.22
Napon praznog hoda (V)	37.9	38.4	108	100	90.5
MPP struja (A)	8.2	8.25	1.85	1.33	1.11
MPP napon (V)	30.5	30.3	81.5	76	69.9
Učinkovitost modula (%)	15.3	15.3	12.2	6.99	10.8
Duljina (mm)	1649	1649	1257	1300	1200
Širina (mm)	991	991	977	1100	600
Debljina (mm)	40	40	35	32	6.8

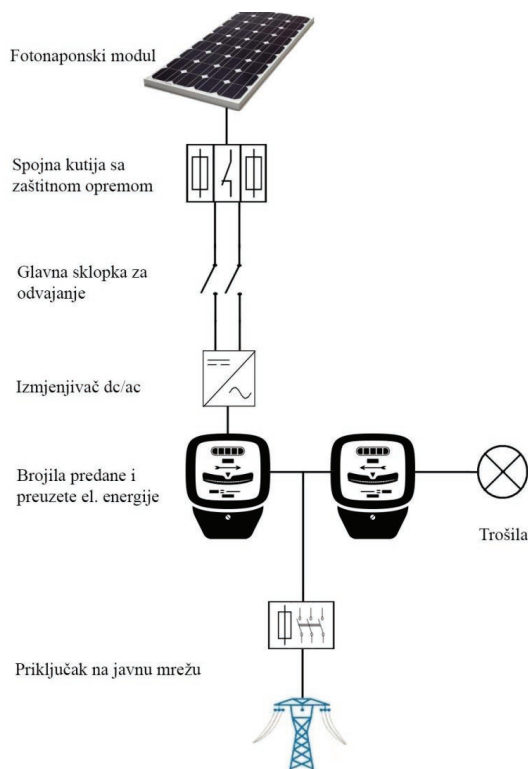


Slika 6.7. Spajanje FN ćelija u module i nizove (Šljivac & Topić, 2018)

Nizovi skupa s ostalim uređajima i opremom (inverter, spojni kabeli, sklopke, prekidači i sl.) čine FN sustav ili FN elektranu. U odnosu na spoj FN elektrane s postojećom električnom mrežom, mogu se razlikovati dva slučaja:

- a, Priključeni na električnu mrežu (slika 6.8) i
- b, Samostalni (otočni) sustavi.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 6.8. Primjer spajanja FN elektrane na javnu električnu mrežu

6.2.2 Troškovi FN elektrana

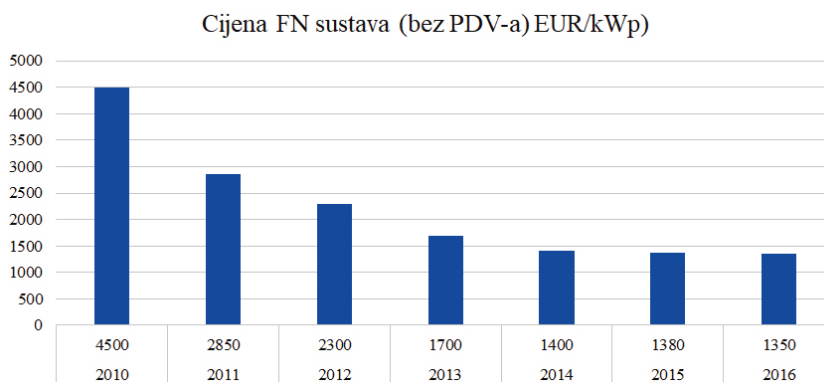
6.2.2.1 Investicijski troškovi FN elektrana

Najznačajniji troškovi FN elektrana prema iznosu su investicijski troškovi koje čine:

- Troškovi opreme (FN moduli, izmjenjivač i ostala spojna i montažna oprema),
- Troškovi instalacije FN sustava (montiranje i puštanje u pogon),
- Troškovi kapitala (kamate),
- Ostali troškovi (osiguranja, dozvole i sl.)

Investicijski troškovi FN elektrana zabilježili su znatan pad što se može vidjeti na slici 6.9. Podaci za izradu dijagrama sa slike 5.8 prikupljeni su iz godišnjih statističkih

izvještaja o stanju industrije FN sustava koje izdaje zajednički istraživački centar EU (JRC – engl. Joint Research Centre) (Jäger-Waldau 2013; Jäger-Waldau 2010, 2011, 2012, 2014)



Slika 6.9. Investicijski troškovi kućnih FN elektrana u razdoblju 2010-2015.

6.2.2.2 Troškovi rada i održavanja FN elektrana

FN elektrane za svoj rad ne troše gorivo te nema troškova goriva. Također, rad FN elektrana u potpunosti je automatiziran i ne zahtijeva ljudsko osoblje pa ne postoje ni troškovi plaća. Jedini troškovi s kojima treba računati su troškovi održavanja koji prema (Jäger-Waldau 2014) iznose 1,5–2% investicijskih troškova godišnje. Osim navedenih godišnjih troškova održavanja, u obzir se treba uzeti i planirana zamjena invertera koja prema (Jäger-Waldau 2014) dolazi nakon 10 godina rada i čini znatan jednokratni trošak.

6.2.2.3 Nivelirani trošak električne energije iz FN elektrana

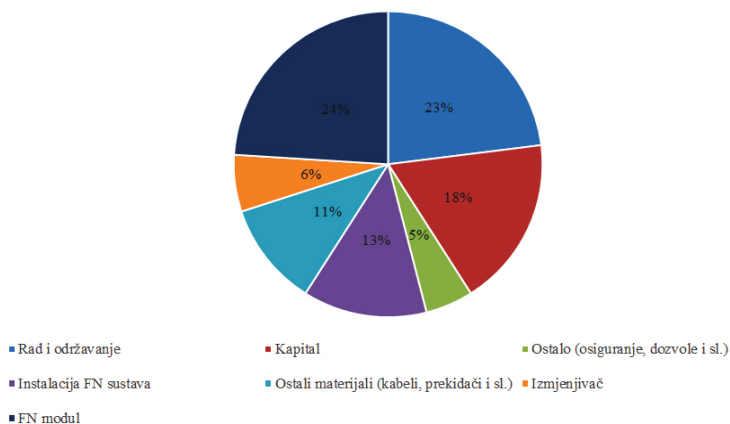
Za izračun niveliranog troška električne energije (LCOE) iz FN elektrana koristi se izraz (5.1) uz pretpostavku da su troškovi goriva jednaki nula. Tablica 6.4 prikazuje LCOE za kućnu FN elektranu uz investicijske troškove koji su aktualni u 2016. uz različite diskontne stope prema podacima iz izvještaja (Jäger-Waldau 2016). Troškovi rada i održavanja su pretpostavljeni u iznosu 2% od investicijskih troškova, proizvodnja FN elektrane je 1000 kWh/kWp godišnje i životni vijek elektrane je 20 godina.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

*Tablica 6.4. LCOE za kućnu FN elektranu pri različitim diskontnim stopama
(Jäger-Waldau 2016)*

	Cijena	LCOE	LCOE				LCOE	LCOE		
	[EUR/ kWp]	Proizvod	Kapital				Rad i održavanje	Ukupno		
Povrat ulaganja		0%	3%	5%	10%		3%	5%	10%	
		[EURcent/kWh]								
Oprema FN sustava	910	4,55	1,39	2,40	5,17	1,82	7,76	8,77	11,54	
Instalacija FN sustava	300	1,50	0,46	0,79	1,70	0,60	2,56	2,89	3,80	
Ostalo (osiguranja, dozvole itd.)	140	0,70	0,21	0,37	0,79	0,28	1,19	1,35	1,77	
Ukupno	1350	6,75	2,06	3,56	7,66	2,70	11,51	13,02	17,12	

Slika 6.10 prikazuje udio pojedinih komponenti troškova u cjelokupnim troškovima FN elektrane. Podaci su preuzeti iz publikacije (Jäger-Waldau 2014).



Slika 6.10. Udio pojedinih komponenti u cjelokupnim troškovima FN elektrane za 2014. godinu

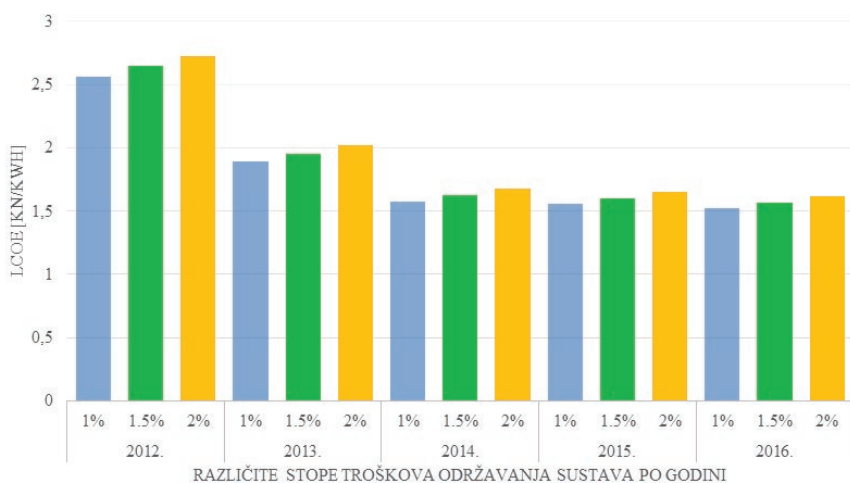
U literaturi (Marčetić, Fekete, Knežević, & Klaić, 2018) izvršen je proračun *LCOE* za FN elektranu instaliranu na području grada Osijeka i uz sljedeće pretpostavke:

- Proračun je izvršen za pet uzastopnih godina – 2012., 2013., 2014., 2015. i 2016.
- Veličina FN sustava je za sve godine osim 2016. jednaka 10 kWp.
- Životni vijek FN sustava je 20 godina.
- Diskontna stopa je 5%.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

- Troškovi izgradnje FN sustava preuzeti su iz literature (JRC PV Status report 2010-2016). Troškovi goriva su zanemareni. Troškovi održavanja uzeti su sa stopom od 1.5% od investicijskih troškova godišnje. U 10-oj godini, pretpostavljena je zamijena invertera. Kako bi se istražio utjecaj troškova održavanja, izvršena su dodatna dva proračuna za svaku godinu. Jedan u kojem je uzeta manja stopa održavanja (1%) i jedan u kojem je uzeta veća stopa održavanja (2%).
- Godišnja proizvodnja električne energije iz FN sustava na području grada Osijeka preuzeta je iz PVGIS-a (PV GIS) i iznosi 11000 kWh/god.

Slika 6.11 prikazuje iznos izračunatog LCOE-a za svaku promatranu godinu i za tri različite stope troškova održavanja.



*Slika 6.11. LCOE za tri različite stope troškova održavanja u razdoblju 2012-2016.
(Marčetić et al. 2018)*

6.3 SOLARNI TOPLINSKI KOLEKTORI

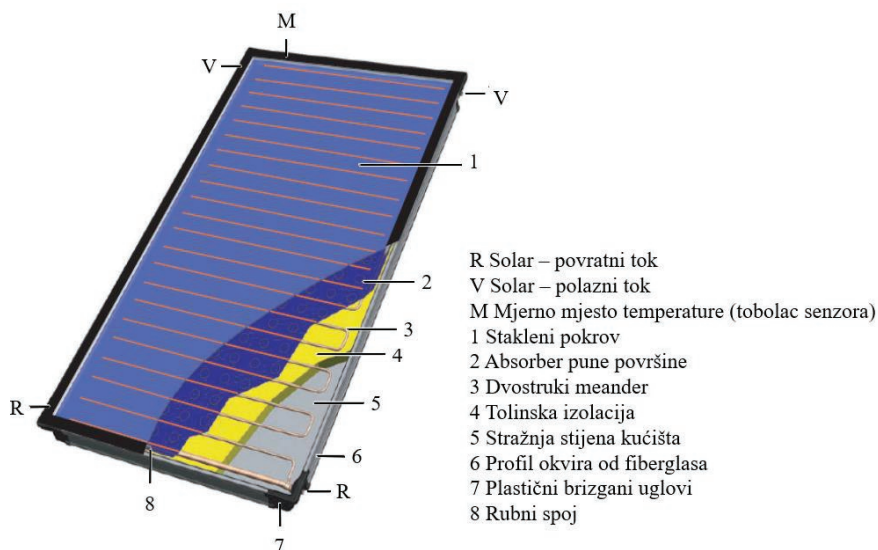
Toplinska energija dobivena iz Sunčeva zračenja može se koristiti za zagrijavanje objekata, grijanje vode ili za korištenje u rashladnim uređajima. Ukoliko se Sunčevo zračenje iskorištava primjerenom arhitekturom objekta (raspored prostorija i ostakljenih površina i sl.) govori se o tzv. pasivnim sustavima za iskorištavanje Sunčeva zračenja. Ukoliko se Sunčevo zračenje pretvara u toplinsku energiju uz pomoć za tu namjenu izgrađenih uređaja (tzv. solarnih kolektora) govori se o tzv. aktivnim sustavima za iskorištavanje Sunčeva zračenja. U nastavku se detaljno obrađuju samo aktivni sustavi za iskorištavanje Sunčeva zračenja.

6.3.1 Tehnologija solarnih kolektora

Osnovna značajka solarnih kolektora je maksimalna temperatura koju postiže radni medij (najčešće voda s dodacima protiv smrzavanja – alkohol, glikol i sl.). S obzirom na maksimalnu temperaturu radnog medija, solarni kolektori mogu se podijeliti u dvije skupine: niskotemperaturni i visokotemperaturni.

6.3.1.1 Niskotemperaturni solarni kolektori

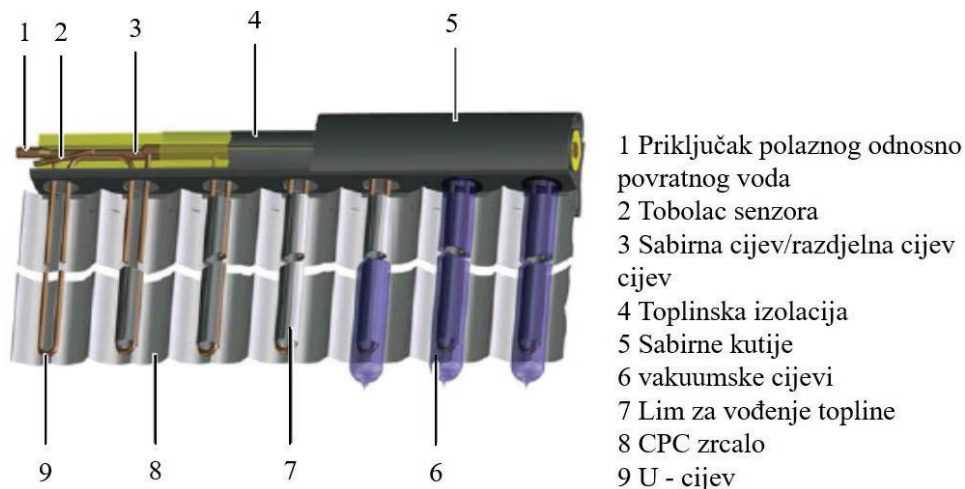
Najjednostavnija niskotemperaturna rješenja koriste se za grijanje bazena ili industrijskih objekata. Izvode se s cijevima bez pokrova ili s fasadama koje imaju zračne prolaze. Najbolji su za temperature do 10 °C iznad okolišne (Šljivac & Topić 2018). Kada je potrebno postići nešto višu temperaturu radnog medija (40–60 °C) upotrebljavaju se tzv. pločasti solarni kolektori koji su izgrađeni od ploče s premazom koji pospješuje apsorpciju Sunčeva zračenja, cijevi koje su ispunjene radnim medijem i pokrovnim staklom (slika 6.12). Učinkovitost pločastih solarnih kolektora, kreće se između 70–80%.



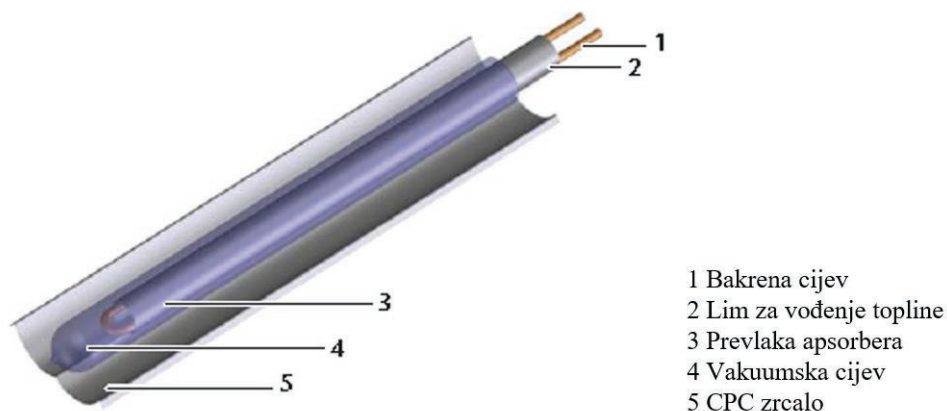
Slika 6.12. Primjer pločastog solarnog kolektora (Buderus 2007)

6.3.1.2 Visokotemperaturni solarni kolektori

Najsloženija izvedba solarnih kolektora jer zahtijevaju vakumirane cijevi sa ili bez reflektirajućih zrcala. Postižu više temperature (i do 100 °C) od pločastih solarnih kolektora, ali su i manje učinkovitosti (50–60%). Primjer vakumskog cijevnog kolektora prikazan je na slici 6.13, a primjer jedne vakumske cijevi prikazan je na slici 6.14.



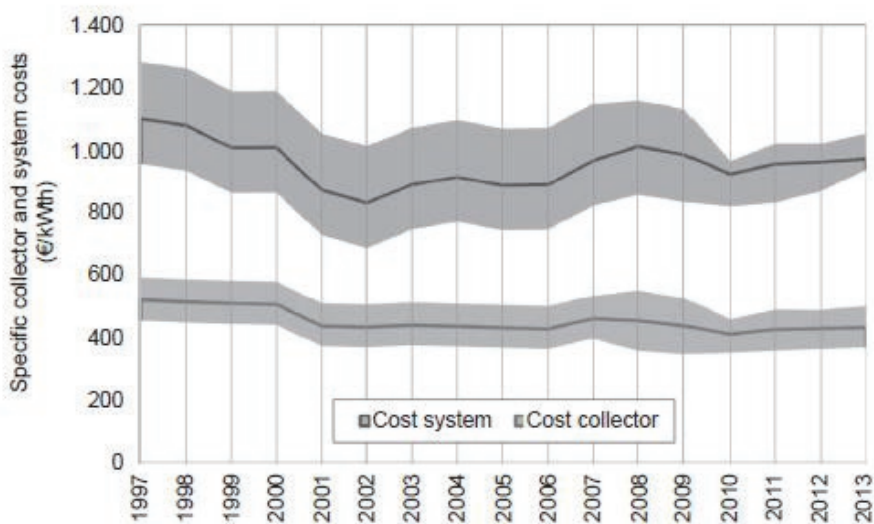
Slika 6.13. Primjer vakumskog solarnog kolektora (Buderus 2007)



Slika 6.14. Primjer jedne vakumske cijevi vakumskog solarnog kolektora (Buderus 2007)

6.3.2 Investicijski troškovi solarnih kolektora

Slično kao i kod FN elektrana i kod solarnih kolektora, najznačajniju stavku troškova čine investicijski troškovi. Za razliku od FN elektrana, solarni kolektori nisu zabilježili znatan pad cijene investicije. Slika 6.15 prikazuje kretanje investicijskih troškova pločastih solarnih kolektora od 1997. do 2013. Podaci vrijede za Austriju i preuzeti su iz literature (Stryi-Hipp 2016).



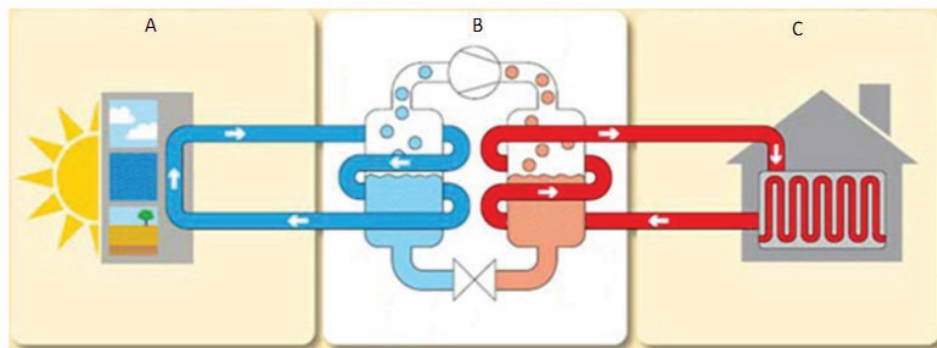
Slika 6.15. Primjer investicijskih troškova solarnih kolektora i cjelokupnih sustava za grijanje tople vode u Austriji u razdoblju od 1997. do 2013. (Stryi-Hipp 2016)

6.4 TOPLINSKE PUMPE (DIZALICE TOPLINE)

Dizalice topline su sustavi koji posreduju u prijenosu topline između niskotemperaturnog spremnika te visokotemperaturnog toplinskog spremnika. Koriste se za niskotemperaturne sustave grijanja, međutim, mogu se koristiti u režimu hlađenja. Na slici 6.16 dan je shematski prikaz dizalice topline u režimu grijanja.

Sustav dizalice topline sastoji se od triju krugova (Guzović & Soldo, n.d.):

- krug izvora topline (na slici 1 označeno s A)
- krug radne tvari (na slici 1 označeno s B)
- krug ponora topline (na slici 1 označeno s C).



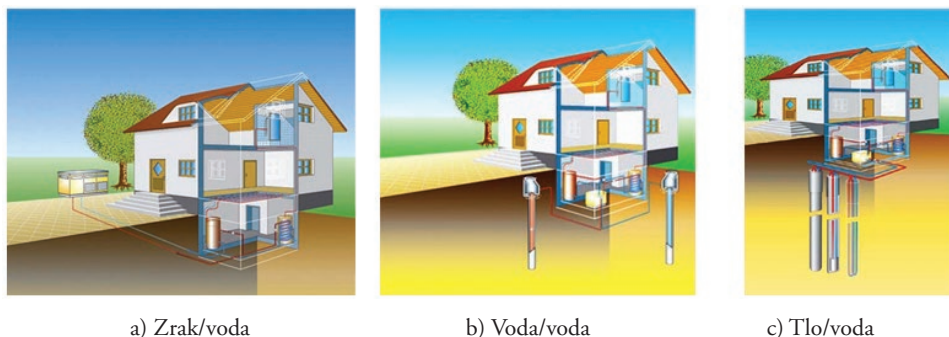
Slika 6.16. Shematski prikaz dizalice topline u režimu grijanja

Medij u krugu A preuzima toplinu od izvora topline koji može biti tlo, voda ili zrak. Kod otvorenih sustava podzemna voda struji neposredno preko isparivača dizalice topline. Kod sustava s izmjenjivačem topline, u tlu, kao posrednik u prijenosu topline u zatvorenom krugu struji glikolna smjesa, povezujući izmjenjivač topline u tlu s isparivačem radne tvari (Guzović & Soldo n.d.). U krugu B radna tvar u plinovitom stanju od isparivača dolazi do kompresora gdje porastom tlaka raste i temperatura radne tvari koja prelazi u tekuće stanje. U izmjenjivačima topline radni medij predaje toplinu ogrijevnom mediju u krugu ponora topline. Prolaskom kroz ekspanzijski ventil radna tvar ekspandira na niži tlak i temperaturu te u isparivaču, pod utjecajem izvora topline opet prelazi u plinovito stanje. Ogrijevni medij u kruhu ponora topline predaje toplinu prostoru koji se želi ugrijati. Ugradnjom četveroputnog ventila isti se uređaj može prilagoditi i za rad u režimu hlađenja. U tom slučaju ponor topline postaju tlo, podzemna voda ili okolišni zrak, dok se toplina hlađenog prostora odvodi na isparivaču dizalice topline posredstvom zraka ili vode/glikolne smjese (Guzović & Soldo n.d.).

6.4.1 Kategorizacija dizalice topline

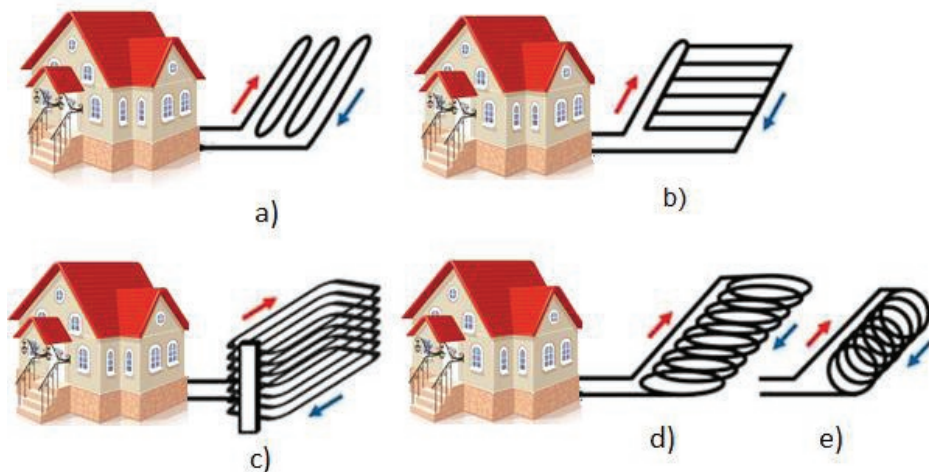
Na slici 5.17 prikazana je kategorizacija dizalice topline prema izvoru topline.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



*Slika 6.17. Kategorizacija dizalica topline prema izvoru topline
("EKO-PULS d.o.o, Toplinske pumpe," n.d.)*

Dizalice topline zrak/voda uzimaju energiju iz zraka kako bi se zagrijala voda u sustavu grijanja. Sustavi dizalica topline voda/voda koriste površinske i podzemne izvore vode za dobivanje toplinske energije, dok sustavi tlo/voda koriste toplinu iz površinskog sloja zemlje te ju predaju vodi u sustavu grijanja. Dizalice topline tlo/voda još se nazivaju geotermalne toplinske crpke koje se mogu podijeliti na sustave sa zatvorenim krugom (vertikalni ili horizontalni) te sustave s otvorenim krugom (dvije bušotine – proizvodna i utisna bušotina ili izljev). Vertikalni sustav prikazan je na slici 6.17c), dok su različite vrste horizontalnog sustava prikazane na slici 6.18.



Slika 6.18. Horizontalni sustavi dizalica topline tlo/voda [a] vodoravno polje sa serijski povezanim cijevima, b) vodoravno polje sa paralelno povezanim cijevima, c) kanalni kolektor ukopan u kanal, d) spiralni kolektor u izvedbi „Slinky“, e) spiralni kolektor u izvedbi „Svec“

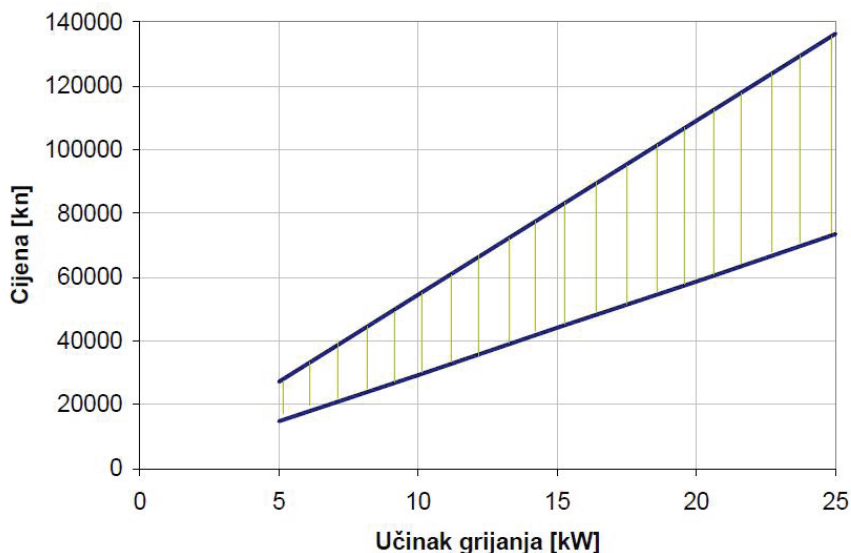
6.4.2 Investicijski troškovi

Investicijski troškovi dizalice topline mogu se podijeliti na trošak samog uređaja, troškove bušotinskog izmjenjivača topline (dizalica tlo/voda) ili troškove bušenja bunara i razvoda vode do dizalice topline (dizalice voda/voda) te troškove sustava predaje topline u samom objektu. U tablici 6.5 prikazano je relativno povećanje troškova ulaganja u dizalice topline u odnosu na konvencionalni sustav grijanja koji koristi plin.

Tablica 6.5. Relativno povećanje troškova ulaganja u dizalice topline u odnosu na konvencionalni sustav grijanja

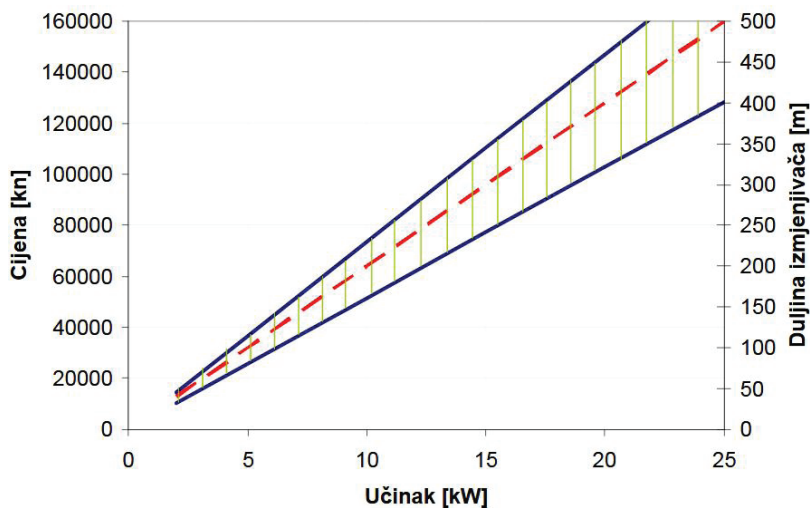
	Tlo/voda	Voda/voda	Zrak/voda
Generator ogrjevnog učinka	320-600%	320-600%	350%
Izvor topline	300-430%	200-300%	-
Sustav predaje toplinske energije	150-200%	150-200%	150-200%

Na slici 6.19 prikazane su cijene dizalice topline, dok su na slikama 6.20. i 6.21 prikazane cijene bušotinskog izmjenjivača, odnosno cijena bunara i razvoda vode do dizalice topline u ovisnosti o učinku grijanja.

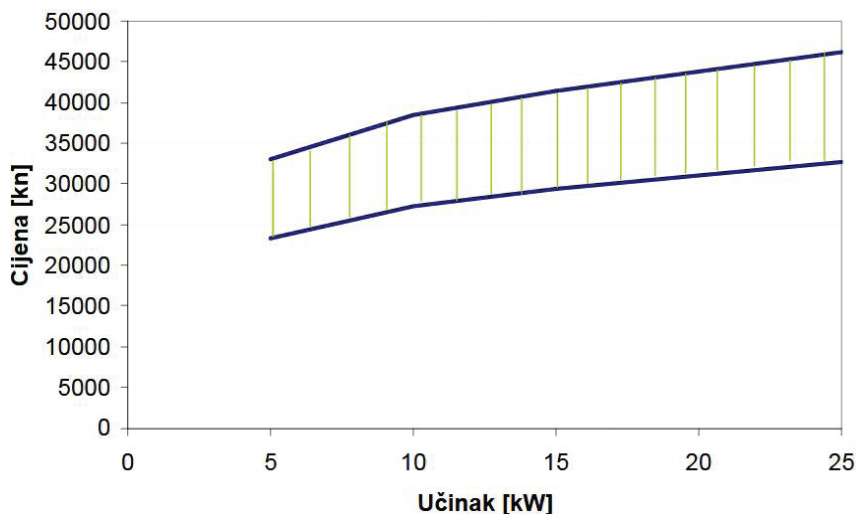


Slika 6.19. Cijena dizalice topline u ovisnosti o učinku grijanja (Grozdek 2015)

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 6.20. Cijena bušotinskog izmjenjivača u ovisnosti o učinku grijanja (Grozdek 2015)



Slika 6.21. Cijena bunara i razvoda vode u ovisnosti o učinku grijanja (Grozdek 2015)

Cijena toplinske energije dobivene uz pomoć dizalice topline čiji je toplinski mno-
žitelj (engl. *coefficient of performance* – COP) jednak 3,5 je (Grozdek 2015):

- 3,5 puta niža od toplinske energije dobivene elektrootpornim grijanjem,
- 1,5 do 4,5 puta niža od energije dobivene iz lož ulja,
- 1,3 do 2,6 puta niža od energije iz plina.

7 PREPORUKE MJERA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI ZA RURALNA PODRUČJA PREKOGRANIČNE REGIJE

Uz primjenu obnovljivih izvora energije, mjere energetske učinkovitosti jedne su od osnovnih sredstava EU za postizanje ciljeva energetske politike do 2020., 2030. i 2050. godine (European commission 2007; European Commission 2016). S ciljem povećanja energetske učinkovitosti te što racionalnijeg korištenja energije, EU donijela je nekoliko direktiva izravno vezanih uz energetske učinkovitosti. Direktive kao što su Direktive 2004/8/EC, 2006/32/EC, 2009/125/EC, 2010/30/EU te 2012/27/EU. Od 2018. godine na snagu je stupila najnovija direktiva 2018/844 EU koja donosi izmjene direktive 2010/30/EU o energetskim svojstvima zgrada te direktive 2012/27/EU o energetskoj učinkovitosti.

7.1 ŠTO JE ENERGETSKA UČINKOVITOST?

Na početku ovog poglavlja potrebno je definirati što je to energetska učinkovitost. Prema (UNDP, 2008) energetska učinkovitost definira se kao:

Energetska učinkovitost je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da razina udobnosti i stopa proizvodnje ostanu sačuvane.

U ovom poglavlju dat će se prikaz osnovnih preporuka mjera energetske učinkovitosti s naglaskom na primjenu u ruralnim područjima prekograničnog područja Hrvatske i Mađarske. Povećanjem energetske učinkovitosti izravno se djeluje na zaštitu okoliša jer se na taj način smanjuje potrošnja energije. To dovodi do energetske uštede, a samim time i do financijskih ušteda gdje se onda uštedjena finacijska sredstva mogu iskoristiti za neke druge potrebe što može biti u funkciji razvoja ruralnih područja. Preporuke o mjerama energetske učinkovitosti odnosit će se na korištenje toplinske i električne energije.

7.2 TOPLINSKA ENERGIJA

Toplinska se energija najčešće koristi za tehnološke procese, za grijanje prostora te pripremu potrošne tople vode. Naglasak će biti na toplinskoj energiji za grijanje i pripremu tople vode u ruralnim područjima s aspekta uštede energije. Prema (UNDP,

2008) struktura potrošnje energije u prosječnom kućanstvu u RH je sljedeća: 62% ukupne potrošnje energije u kućanstvima otpada na grijanje prostora, 15% na rasvjetu, električne uređaje i klimatizaciju, 12% na kuhanje te 11% na potrošnu toplu vodu. Budući da najviše energije otpada na grijanje prostora tu su i najveći potencijali za uštede. Prilikom grijanja prosječnog kućanstva, prema (UNDP, 2008) javljaju se sljedeći gubici toplinske energije:

- Gubici kroz prozore – 51%
- Gubici kroz vanjske zidove – 21%
- Gubici sustava grijanja – 12%
- Gubici kroz krov – 10%
- Gubici kroz pod na tlu – 6%.

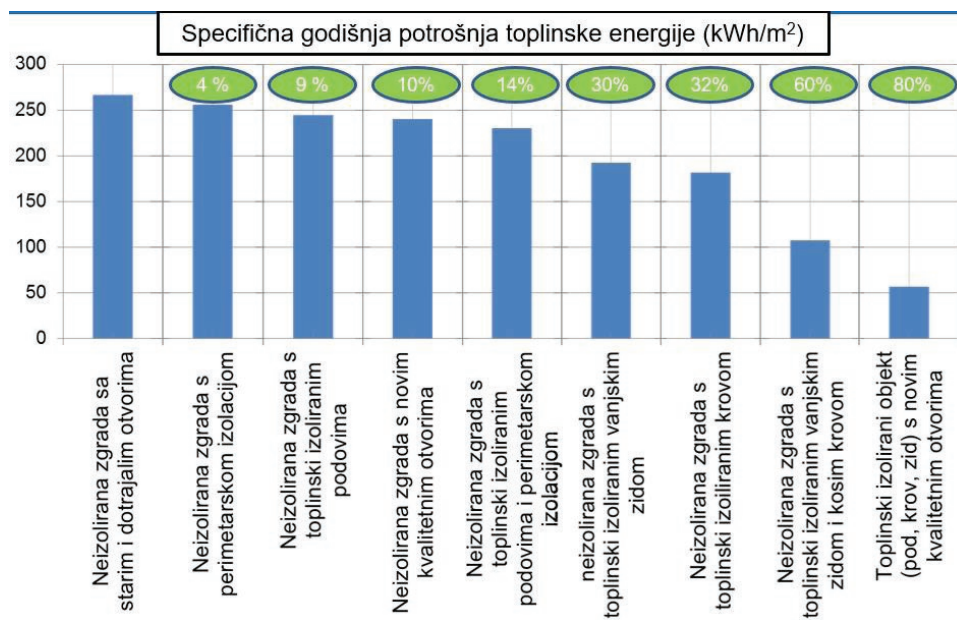
Kako bi se gubici toplinske energije sveli na što je moguće manju mjeru, preporučuju se sljedeće mjere energetske učinkovitosti:

- Toplinska zaštita (izolacija) objekta
- Korištenje sustava ventilacije s rekuperacijom zraka
- Korištenje obnovljivih izvora energije.

Kako bi se postigla energetski učinkovita zgrada/građevina (niskoenergetska ili pasivna zgrada) prema (Leko & Buzov, 2010) potrebno je pridržavati se osnovnih pravila:

- Toplinska izolacija na krovu treba biti minimalno 20–40 cm debljine (preporuka je korištenje kamene vune)
- Toplinska izolacija vanjskih zidova treba biti minimalno 18–30 cm (preporuka je korištenje kamene vune)
- Toplinska izolacija na stropu negrijanih podruma treba biti minimalno 14–20 cm.
- Svi vanjski otvori trebaju imati višekomorne energetski učinkovite profile te troslojno staklo s *low-E* premazom, punjeni plinom te s koeficijentom prolaska topline $U < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Cijela vanjska ovojnica treba biti zrakonepropusna uz korištenje mehaničke ventilacije s rekuperacijom zraka.
- Koristiti u što je moguće većoj mjeri obnovljive izvore energije za potrebe grijanja, hlađenja ili pripremu potrošne tople vode.

Na slici 7.1 prikazan je utjecaj izoliranja kuće na uštede toplinske energije.



Slika 7.1. Utjecaj izoliranja kuće na uštede toplinske energije

S ciljem povećanja energetske učinkovitosti toplinske energije preporuča se korištenje obnovljivih izvora energije. Za ruralna područja prekogranične regije Hrvatske i Mađarske preporučuje se korištenje sljedećih tehnologija OIE: solarni toplinski kolektori, toplinske crpke te mikrosustavi na biomasu (peći na pelete i drvenu sječku). Solarni toplinski kolektori i toplinske crpke opisani su u poglavlju 6.3 i 6.4.

Prema (Topić, Knežević, Šljivac, et al., 2018), sunčeva energija se pomoću solarnih kolektora te u kombinaciji s kotlom na drvenu sječku može koristiti i za centralno grijanje (ili kao potpora grijanju) tijekom hladnijih proljetnih i jesenskih dana. Na slici 7.2 prikazan je primjer sustava grijanja pomoću solarnih kolektora i kotla na drvenu sječku u Urbersdorf, Austrija. Elektrane na biomasu i bioplin su vrlo pogodne za primjenu u ruralnim područjima zbog dostupnosti sirovine. Članovi istraživačkog tima u sklopu RuRES projekta posjetili su ovo postrojenje.

Na slici 7.3 prikazani su solarni toplinski kolektori koji se koriste u Koprivnici na zgradi „Šparne hiže“ s ciljem povećanja energetske učinkovitosti, dok je na slici 7.4 prikazan dio sustava za upravljanje energijom.

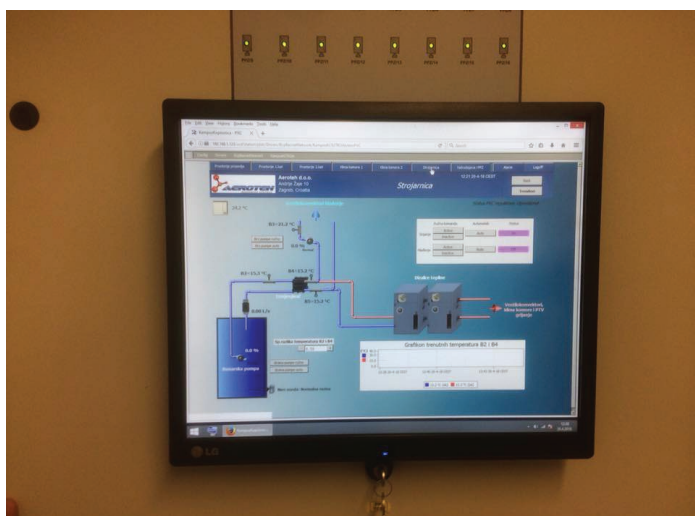
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA



Slika 7.2. Centralno grijanje pomoću kotla na drvenu sječku i solarnih kolektori (Urbersdorf)



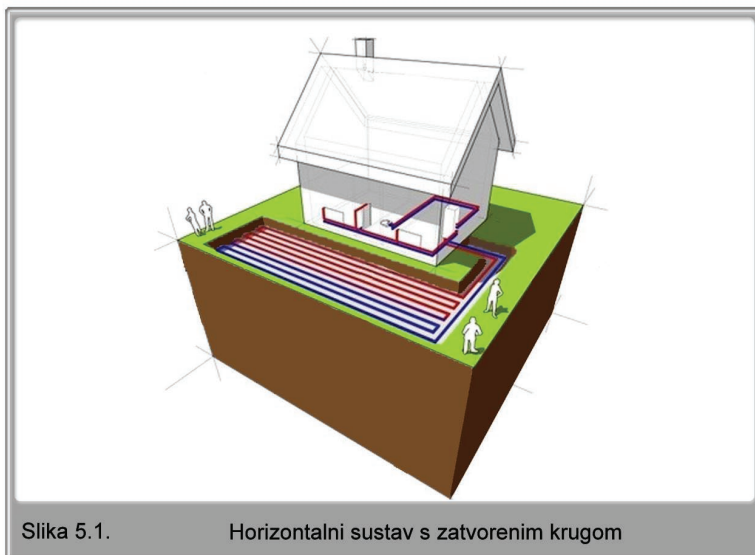
Slika 7.3. Solarni toplinski kolektori koji se koriste u Koprivnici na zgradi „Šparne hiže“



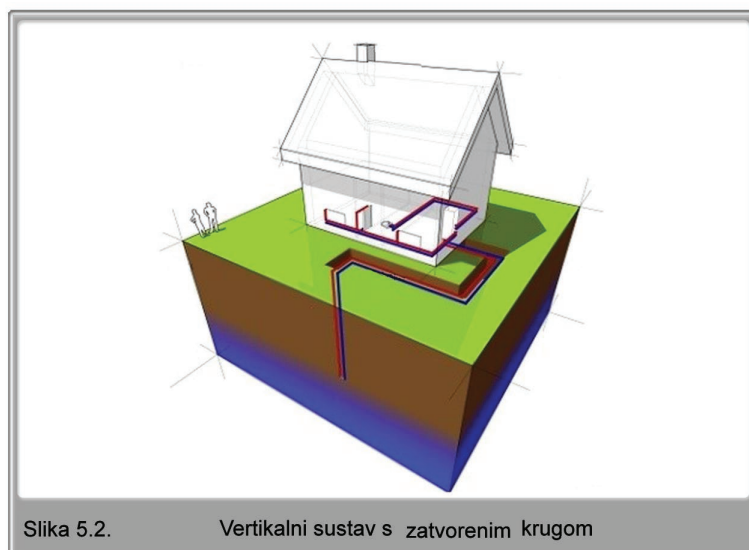
Slika 7.4. Dio sustava za upravljanje energijom

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

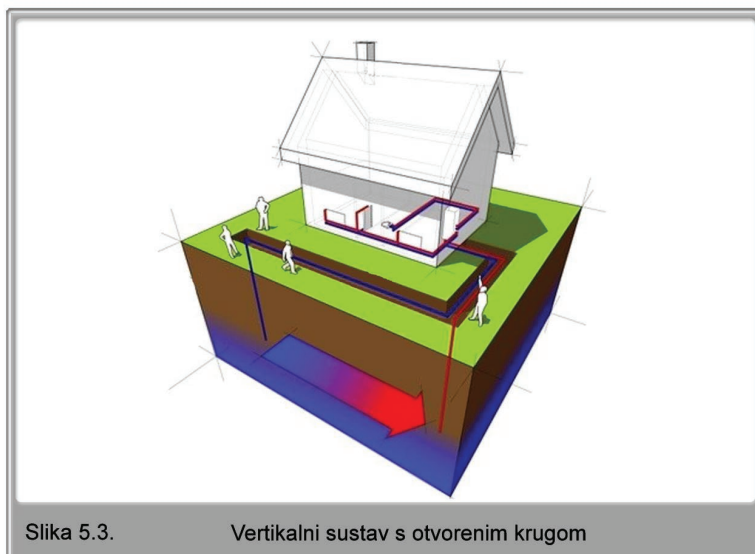
Članovi istraživačkog tima u sklopu RuRES projekta također su posjetili ove zgrade. Na temelju ovog iskustva, sličan sustav može se primijeniti za industriju u ruralnim područjima ili na zgradama lokalne uprave.



*Slika 7.5. Horizontalni sustav sa zatvorenim krugom
(Perko, Dugec, Topic, Sljivac, & Kovac 2011)*



Slika 7.6. Vertikalni sustav sa zatvorenim krugom (Perko et al. 2011)



Slika 5.3. Vertikalni sustav s otvorenim krugom

Slika 7.7. Vertikalni sustav s otvorenim krugom.

Primjer proračuna jedne toplinske crpke za obiteljsku kuću i mogućnosti primjene toplinskih crpki opisane su u (Perko et al., 2011). Prema (Perko et al., 2011) za stambeni objekt koji ima površinu od 186–223 m², potrebna toplinska snaga je oko 10,6 do 11,4 kW. Na slikama 7.5, 7.6 i 7.7 prikazane su moguće primjene toplinskih crpki.

7.3 ELEKTRIČNA ENERGIJA

Električna energija je reusrs koji je u današnje vrijeme neophodan. Potrošači električne energije (kućanstava, industrija, uslužne djelatnosti i sl.) mogu se opskrbljivati iz elektroenergetske mreže ili iz vlastite proizvodnje električne energije. Bez obzira kako se opskrbljivali, cilj je što učinkovitije koristiti električnu energiju iz sljedećih razloga:

- Učinkovitije korištenje znači manju potrošnju energije za istu razinu proizvodnje ili ugođe što posljedično znači i niže financijske troškove.
- Zaštita okoliša – manja potrošnja energije za istu razinu proizvodnje ili ugođe što posljedično znači i manje emisije stakleničkih plinova i manje negativnog utjecaja na okoliš.

Energetska učinkovitost s aspekta nižih troškova znači da se poboljšanjem energetske učinkovitosti ostvaruju financijske uštede koje se mogu investirati u poboljšanje proizvodnje, kvalitetu života, kvalitetu usluga i sl.

Prema (European Environment Agency, 2018), emisija CO₂ za svaki proizvedeni kWh električne energije u Hrvatskoj u 2014. godini iznosila je 136,7 gCO₂/kWh, dok je za Mađarsku iznosila 206,6 gCO₂/kWh. To znači da će se povećanjem energetske učinkovitosti za svaki uštedeni kWh električne energije u atmosferu emitirati 136,7 gCO₂/kWh u Hrvatskoj, odnosno 206,6 gCO₂/kWh u Mađarskoj.

Energetska učinkovitost korištenja električne energije može se postići sljedećim mjerama:

- Korištenjem energetski učinkovitih uređaja najvišeg razreda učinkovitosti (A+++)
- Korištenjem sustava rasvjete temeljenih na LED tehnologijama
- Kompenzacijom jalove energije (posebno kod industrijskih potrošača)
- Korištenjem obnovljivih izvora energije.

LED rasvjeta je najučinkovitiji tip ravjetnih tijela. Za razliku od klasičnih žarulja sa žarnom niti koje samo oko 5% potrošene energije pretvaraju u korisno svjetlo (95% su gubici u obliku topline), LED žarulje oko 80% potrošene energije pretvaraju u korisno svjetlo. Također, životni vijek modernih LED žarulja je 25 000 radnih sati (usporedbe radi, kompaktna fluo žarulje imaju životni vijek od oko 8 000 radnih sati, a žarulje sa žarnom niti oko 1 200 radnih sati) te i danas imaju relativno nisku cijenu i široku dostupnost. Stoga se uvijek preporučuje korištenje LED žarulja za sustave rasvjete.

Kod industrijskih potrošača (npr. drvna industrija) važno je napraviti mjere kompenzacije jalove energije. Kompenzacijom jalove energije prvenstveno se smanjuju troškovi potrošača (oslobađaju se financijska sredstva koja mogu uložiti u druge svrhe). Nadalje, smanjuju se gubici u distributivnim i prijenosnim vodovima što rezultira manjim emisijama CO₂ kao što je to prethodno navedeno.

Korištenjem obnovljivih izvora energije na mjestu potrošnje može se utjecati na povećanje energetske učinkovitosti u distributivnom sustavu. Preporuka je da se obnovljivi izvori koriste na mjestu potrošnje energije za pokrivanje valstutih potreba za električnom energijom. Za obiteljske domove u ruralnim poručjima prekogranične regije Hrvatske i Mađarske, najpogodniji su fotonaponski sustavi. Prema (Topić, Knežević, Šljivac, et al., 2018), mrežni fotonaponski sustavi mogu biti spojeni na elektroenergetsku mrežu ili otočni (samostalni) sustavi koji se koriste tamo gdje nema pristupa elektroenergetskoj mreži.

Mrežni fotonaponski sustavi, ukoliko su dobro dimenzionirani, mogu doprinijeti smanjenju gubitaka u elektroenergetskoj mreži, poboljšanju naponskih prilika te odgađanju investicija u distributivne vodove. S druge strane, otočni fotonaponski sustavi mogu se koristiti za napajanje objekata koji nemaju priključak na elektroenergetsku mrežu, kao što su vikendice, mjesni domovi i slično. No, s druge strane, mogu

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

se koristiti za pogon stroja za vrcanje meda (slika 7.8), pogon sustava za navodnjavanje (Mohsin & Abdulbaqi 2018; Pushpraj, Gupta, Gupta, & Mulla 2017; Topić, Šljivac, Stojkov, Perko, & Gašparović 2014) i druge primjene.

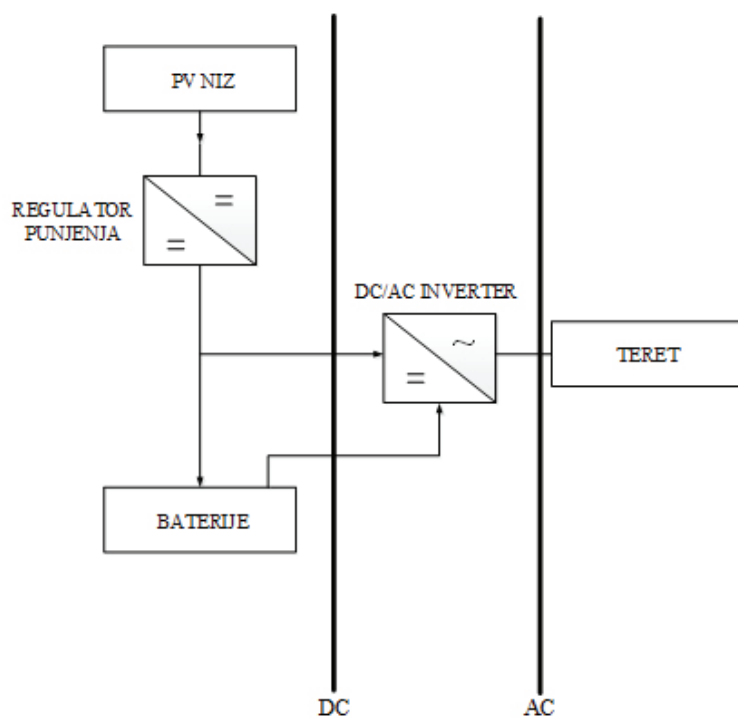


Slika 7.8. Samostalni fotonaponski sustav za vrcanje meda (OPG – Nenad Grčić)

Za drvenu industriju ili farme pogodne su elektrane na drvenu biomasu ili bioplinne elektrane koje se mogu koristiti za pokrivanje vlastite potrošnje (električne i toplinske), ali se mogu koristiti i za opskrbu lokalnih potrošača.

U okviru istraživanja RuRES projekta razvijen je pojednostavljeni model otočnog fotonaponskog sustava koji se može koristiti u ruralnim područjima, a rezultati istraživanja objavljeni su u (Topić, Knežević, Kosić, & Perko 2018). Na slici 7.9 prikazana je shema samostalnog fotonaponskog sustava koji se može koristiti u ruralnim područjima.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA



Slika 7.9. Shema samsotalnog fotonaponskog sustava

8 PRIMJENA OIE U RURALNIM PODRUČJIMA

DAMIR ŠLJIVAC, ZVONIMIR KLAČ

8.1 ENERGETSKI KONCEPTI U POGRANIČNOM PODRUČJU HRVATSKA- MAĐARSKA TEMELJENI NA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije čine veoma važan dio energetske miksa u skoro svakoj zemlji. Oni su zaslužni za proizvodnju električne i toplinske energije uz smanjeno zagađenje te isključuju korištenje fosilnih goriva. Obnovljivi izvori energije za razliku od konvencionalnih tehnologija koriste distribuirane izvore energije koji su kompatibilni s konceptom naprednih elektroenergetskih mreža.

Pogranično područje Hrvatska-Mađarska koje čine istočni kontinentalni dio Hrvatske i južni dio Mađarske posjeduju značajan potencijal obnovljivih izvora energije, posebice u korištenju biomase iz šumarstva i poljoprivrede uključujući i proizvodnju bioplina na farmama životinja s procijenjenim potencijalom od 1,3 TJ/km². Isto tako, pogranično područje ima jedan od najvećih geotermalnih gradijenata u Europi od 0,049 °C/m (Panonski bazen). Potencijal energije Sunca u pograničnom području u odnosu na potencijal mediteranskog obalnog područja Hrvatske je manji, no ako se on uspoređuje s potencijalom energije Sunca u Njemačkoj, koja ima najveću instaliranu snagu fotonaponskih sustava u Europi, potencijal jugoistočne Europe je 20% viši. Neki dijelovi pograničnog područja imaju srednji potencijal energije vjetra s desetogodišnjom srednjom brzinom vjetra od 4–5 m/s.

Neki projekti koji iskorištavaju obnovljive izvore energije već su implementirani i to najviše u ruralnim dijelovima pograničnog područja. Projekti koriste biomasu i bioplin iz poljoprivrede, a u Hrvatskom dijelu se iskorištava i energija Sunca u fotonaponskim sustavima, dok se u Mađarskoj izravno koristi geotermalna energija u energetske svrhe. Bez obzira na brojne projekte, pogranična regija ipak zaostaje u instaliranoj snazi u odnosu na ostatak Hrvatske i Mađarske, a ponajviše u prenesenom znanju i tehnologijama u rastućoj konkurentskoj industriji kada se govori o obnovljivim izvorima energije.

Prema (Ren21 2016), distribuirani izvori energije su izvori koji se koriste za proizvodnju električne energije, kuhanje, grijanje i hlađenje. Ovi izvori proizvode i distribuiraju energetske usluge milijunima ljudi u urbanim i ruralnim područjima zemalja u razvoju koje su nezavisne u odnosu na bilo koji centralizirani sustav, a taj iznos se godišnje sve više povećava. Distribuirani izvori energije mogu služiti kao dopuna centraliziranim sustavima ili kao njihova zamjena. Oni nude jedinstvenu

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

priliku za ubrzanje tranzicije prema modernim energetskim uslugama u udaljenim i ruralnim područjima pritom donoseći i sljedeće prednosti: poboljšano zdravlje, doprinos ublažavanju klimatskih promjena, pozitivni utjecaj na povećanje dohotka, osnaživanje položaja žena te raspoređenost kapitala, pristupačna rasvjeta, poboljšana komunikacija te osiguranje kvalitetnijeg i dostupnijeg obrazovanja. Distribuirani izvor energije te njihove pripajanje postojećim mikromrežama također mogu smanjiti ovisnost o uvozu fosilnih goriva.

Postoje mnoge tehnologije obnovljivih izvora energije koje se mogu koristiti u ruralnim područjima, no njihova implementacija uvelike ovisi o energetskoj usluzi koja bi se njome pružila kao što je prikazano u tablici 8.1.

Tablica 8.1. Energetske usluge i pripadajuće tehnologije obnovljivih izvora energije

Energetska usluga	Vrijednost stvorenog prihoda	Tehnologije obnovljivih izvora energije
Navodnjavanje	Bolji prinos usjeva, veća vrijednost usjeva, veća pouzdanost sustava navodnjavanja, mogućnost rasta usjeva kada su tržišne cijene visoke	Vjetroagregat, fotonaponski sustav, postrojenje na biomasu, mikro-hidroelektrana
Rasvjeta	Čitanje, produženo vrijeme rada	Vjetroagregat, fotonaponski sustav, postrojenje na biomasu, mikro-hidroelektrana, geotermalno postrojenje
Mljevenje, glodanje, ljuštenje	Kreiranje dodane vrijednosti proizvoda iz poljoprivrednih sirovina	Vjetroagregat, fotonaponski sustav, postrojenje na biomasu, mikro-hidroelektrana
Sušenje, dimljenje (očuvanje hrane pomoću toplinske obrade)	Kreiranje dodane vrijednosti proizvoda, očuvanje hrane što omogućuje prodaju na tržištu hrane više vrijednosti	Postrojenje na biomasu, solarni toplinski kolektori, geotermalno postrojenje
Cijedenje	Proizvodnja rafiniranih ulja iz sjemenki	Postrojenje na biomasu, solarni toplinski kolektori
Prijevoz	Probijanje na novo tržište	Postrojenje na biomasu (biodizel)
TV, radio, računalo, Internet, telefon	Podrška zabavnoj industriji, obrazovanju, pristup tržišnim vijestima, koordinacija s dobavljačima i distributerima	Vjetroagregat, fotonaponski sustav, postrojenje na biomasu, mikro-hidroelektrana, geotermalno postrojenje
Punjenje baterija	Širok spektar usluga za krajnje korisnike (npr. punjenje baterije mobitela)	Vjetroagregat, fotonaponski sustav, postrojenje na biomasu, mikro-hidroelektrana
Hlađenje	Prodaja ohlađenih proizvoda, produženje roka trajnosti proizvoda	Vjetroagregat, fotonaponski sustav, postrojenje na biomasu, mikro-hidroelektrana

Izvor: (Ren21 2016)

Međutim, osim uvažavanja problema pojedinih tehnologija treba uvažiti i opće koncepcijske razlike u mogućem budućem razvoju iskorištavanja obnovljivih izvora energije u ruralnim područjima za ovo pogranično područje kao što su:

1. **Energetski koncept potaknut povratima investicije u ruralnim industrijskim investicijama** – ciljane kako bi se osigurao povrat investicije temeljen na povlaštenim cijenama prodane električne energije ili vrijednosti proizvedene ili prodane toplinske energije
2. **Integrirani energetski koncepti zajednice** – usmjereni ka demonstriranju ekonomske i organizacijske izvodljivosti ostvarenja energetske neovisnosti zajednice (sela ili ruralnog područja) temeljene na obnovljivim izvorima energije (Ren21 2016).
3. **Koncepti pristupa energiji** kao što su (Ren21 2016):
 - **Pristup energiji i gorivu potrebnim udaljenoj zajednici** – omogućavanje pristupa energiji i goriva za prijevoz na, npr. udaljenim otocima kako bi se smanjili troškovi prijevoza i korištenja uvoznog goriva
 - **Omogućavanje dostupnosti električne energije zajednici** – usmjereni ka pružanju pouzdane opskrbe električnom energijom pomoću proizvodnje i distribucije energije potrebnom za održiv razvoj zajednice
 - **Mikromreže temeljene na obnovljivim izvorima energije** – otočni (odvojeni od glavne mreže) sustavi s velikom fleksibilnošću upotrebe koji se koriste za proizvodnju električne energije lokalnoj populaciji koja nema pristup glavnoj električnoj mreži (ili kako bi se odvojile glavne mreže kako bi smanjili troškove i/ili ovisnost o fosilnim gorivima).

Najprimjereniji energetski koncept koji bi ruralna područja u pograničnoj regiji Hrvatska-Mađarska (koja se uglavnom sastoje od malih poljoprivrednih gospodarstava) mogla koristiti uslijed nedostupnosti financijskih sredstava za velike investicije su mikromreže temeljene na obnovljivim izvorima energije.

Prema (Schnitzer et al. 2014), mikromreže (temeljene na obnovljivim izvorima energije) koje proizvode, prenose i opskrbljuju potrošače električnom energijom danas su tehnološki i operativno spremne pružati energetske usluge (električne energije) posebice u ruralnim i predurbanim područjima manje razvijenih zemalja. Preko 1,2 milijarde ljudi nema pristup električnoj energiji, što uključuje preko 550 milijuna ljudi u Africi i 300 milijuna ljudi samo u Indiji. Uobičajen način omogućavanja pristupa električnoj energiji do ovih zajednica ljudi je nadogradnja postojeće električke mreže. Ovaj način je neučinkovit uslijed nedostatka kapitala, nedostatne energetske usluge, smanjene pouzdanosti mreže, produženog vremena i povećanih izazova gradnje prilikom povezivanja udaljenih područja. Pravilno financirane te vođene mikromreže

temeljene na obnovljivim i/ili odgovarajućim izvorima energije mogu savladati sve izazove s kojima se susreću uobičajene energetske strategije omogućavanja pristupa električnoj energiji i rasvjeti.

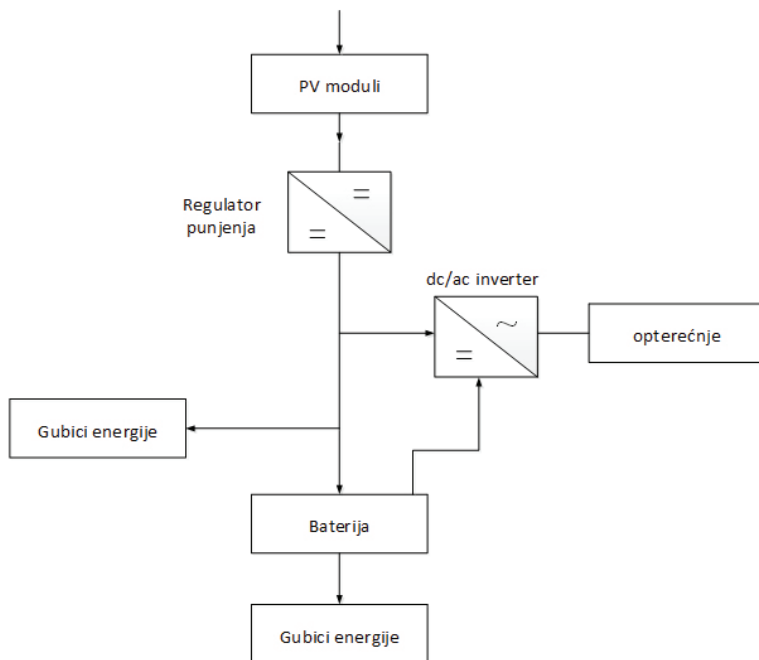
Postoji nekoliko tipova mikromreža temeljenih na obnovljivim izvorima energije koji su povezani s prijašnje spomenutim energetske konceptima kao što su NREL (2018):

- Velike mrežno – povezane mikromreže (npr. vojne baze ili sveučilišni kampusi)
- Male mrežno – povezane mikromreže (npr. jedna generatorska jedinica koja podržava nepouzdanu glavnu mrežu)
- Velike udaljene otočne mikromreže (npr. na otocima)
- Male ruralne otočne mikromreže (npr. seoske)

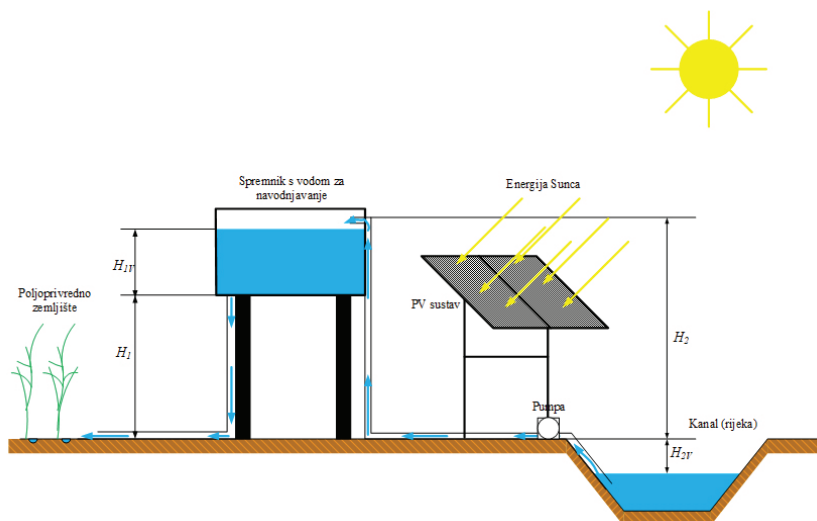
Ruralne mikromreže nastoje prenijeti električnu energiju preko niskonaponske distribucijske mreže od međusobno povezanih lokalnih postrojenja na obnovljive izvore energije kao što su fotonaponski sustavi, kogeneracijska postrojenja na biomasu (istovremena proizvodnja električne i toplinske energije), mikro-hidroelektreane i vjetroagregati itd. do relativno malog broja potrošača. Međutim, odgovarajući dizajn mikromreže uvelike ovisi o energetskej usluzi koja se pruža čak i ako se koristi ista tehnologija za iskorištavanje obnovljivih izvora energije.

Na primjer, uslijed smanjenja investicijskih troškova te velikog potencijala energije Sunca u regiji, fotonaponski sustavi približavaju se tzv. mrežnom paritetu, odnosno tijekom životnog vijeka sustav će se otplatiti samo s uštedama na računu za električnu energiju. Ovi tipovi fotonaponskih sustava nazivaju se umreženi fotonaponski sustavi te su oni najčešći tip koji se susreće u praksi. Međutim, u slučaju da ne postoji pristup ili u slučaju ruralnih područja (kao pogranično područje Hrvatska-Mađarska) gdje je ostvarenje priključka na mrežu vrlo skupo, vrijeme povrata investicije mikromreže s otočnim (odvojenog od mreže) fotonaponskim sustavom bilo bi još kraće. Bez obzira na navedeno, dizajn takvog otočnog sustava opet uvelike ovisi o samoj energetskej usluzi koju takav sustav pruža. Primjer dizajna mikromreže s otočnim fotonaponskim sustavom koji se koristi za ostvarenje pristupa električnoj energiji prikazan je na slici 8.1 dok je na slici 8.2 prikazana mikromreža s otočnim fotonaponskim sustavom koja se koristi za navodnjavanje.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 8.1. Mikromreža s otočnim fotonaponskim sustavom koja se koristi za ostvarenje pristupa električnoj energiji
Izvor: (Topić et al. 2013)



Slika 8.2. Mikromreža s otočnim fotonaponskim sustavom koja se koristi za navodnjavanje
Izvor: (Topić et al. 2013)

8.1.1 Primjeri dobre prakse u Hrvatskoj

Samo sljedeći od mnogobrojnih primjera dobre prakse u Hrvatskoj (fotonaponski sustavi te postrojenja na biomasu i bioplin) bit će prikazani u ovom dijelu:

- Istraživački kućni fotonaponski sustav snage 10 kW_e instaliran na krovu Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija (FERIT) Osijek u Osijeku, Osječko-baranjska županija.
- Komercijalni fotonaponski sustav snage 325 kW_e na poslovnoj zgradi tvrtke Ricardo d.o.o. u Dardi, sjeverno od Osijeka, Osječko-baranjska županija.
- Kogeneracijsko postrojenje na bioplin s motorom s unutrašnjim izgaranjem Orlovnjak snage 1700 kW_e u vlasništvu Žito d.d. grupe na farmi krava muzara Orlovnjak, južno od Osijeka, Osječko-baranjska županija.
- Kogeneracijsko postrojenje na biomasu s parnom turbinom Strizivojna Hrast snage $3300 \text{ kW}_e + 15000 \text{ kW}_{th}$ u vlasništvu drvne industrije u Strizivojni, južno od Đakova, Osječko-baranjska županija.

8.1.1.1 Istraživački kućanski fotonaponski sustav snage 10 kW_e instaliran na krovu Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek u Osijeku, Osječko-baranjska županija

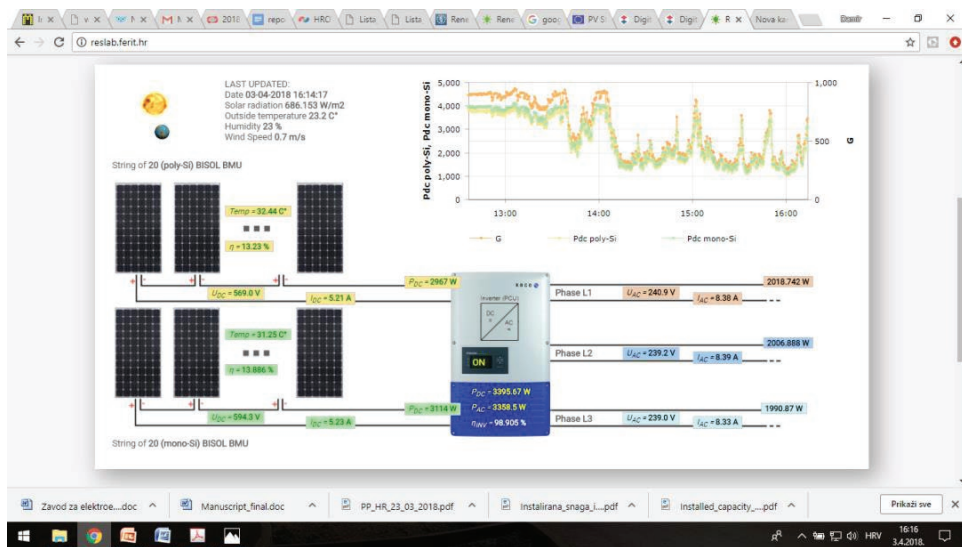
Ovaj kućni fotonaponski sustav instaliran je 2014. godine u svrhu istraživanja pomoću IPA CBC Croatia-Hungary REGPHOSYS (Photovoltaic Systems as Actuators of Regional Development) projekta. Projekt je imao zadatak dizajnirati optimalni fotonaponski sustav za pogranično područje te odrediti utjecaj fotonaponskih sustava na elektroenergetski sustav, gospodarstvo te okoliš pograničnog područja Hrvatska-Mađarska. Tijekom projekta stvorena je baza znanja o karakteristikama pogranične regije bitnim za primjenu fotonaponskih sustava te je oformljena inovacijska mreža timova za istraživanje u svrhu razvoja fotonaponskih sustava u pograničnom području. Nadalje, fotonaponski sustavi su optimizirani za klimatske prilike u promatranom području u smislu odabira fotonaponskih ćelija, tehnologija te topologija izmjenjivača. Slika 8.3 prikazuje Laboratorij za obnovljive izvore energije FERIT-a Osijek u kojemu je fotonaponski sustav snage 10 kW_e temeljna sastavnica.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



*Slika 8.3. Laboratorij za obnovljive izvore energije FERIT-a Osijek, Osijek
Izvor: fotografije autora*

Kao rezultat ove aktivnosti kreirana je *online* baza mjerenja lregionalnih klimatskih i vremenskih uvjeta, električnih karakteristika 5 različitih tehnologija fotonaponskih sustava (monokristalični i polikristalični silicij, amorfni silicija, HTJ i CIS) zajedno s proizvodnjom električne energije iz 10 kW istraživačke fotonaponske elektrane koja se sastoji od dva 5 kW niza (monokristalični i polikristalični silicij), a više informacija je dostupno na <http://reslab.ferit.hr/>.



*Slika 8.4. Online baza mjerenja <http://reslab.ferit.hr/>
Izvor: (RESLAB, 2018)*

8.1.1.2 Komercijalni fotonaponski sustav snage 325 kW_e na poslovnoj zgradi tvrtke Ricardo d.o.o. u Dardi, sjeverno od Osijeka, Osječko-baranjska županija

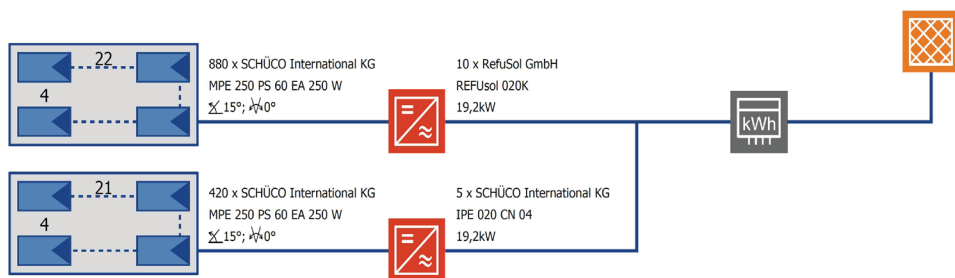
Osnovni podaci o fotonaponskom sustavu (Šljivac 2013):

- Lokacija: Darda
- Instalirana snaga: 325 kW_p
- Ukupna/aktivno korištena površina fotonaponskog sustava: 2.116,25 / 2.130,37 m²
- Dozračena godišnja energija Sunčevog zračenja na površinu fotonaponskih modula: 2.989.670 kWh
- Godišnja proizvedena električna energija (izmjenična) fotonaponskog sustava: 368.285 kWh
- Udio proizvedene električne energije predan u elektroenergetski sustav: 368.285 kWh
- Ukupna učinkovitost fotonaponskog sustava (uključujući fotonaponske module i druge gubitke): 12,3%
- Učinkovitost fotonaponskog sustava (samo ostali gubici): 80,7%
- Specifična proizvedena električna energija po jedinici snage elektrane: 1.133 kWh/kW_p
- Ušteda emisija CO₂: 326.175 kg/godišnje

Osnovna blokovska shema fotonaponskog sustava RICARDO prema podacima investitora (Šljivac 2013), izrađena od strane KönigSolar-a u PVSYST programu je prikazana na slici 8.5.

Ukupno 1300 fotonaponskih modula spojeno je u 2 serije (880 i 420 modula), proizvođača Schüco International KG MPE 250 PS 60 EA svaki nazivne snage 250 W što rezultira ukupnom instaliranom snagom fotonaponske elektrane od 325 kW_e. Prostorna raspodjela fotonaponskih modula na krovu zgrade prikazana je na slici 8.6.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



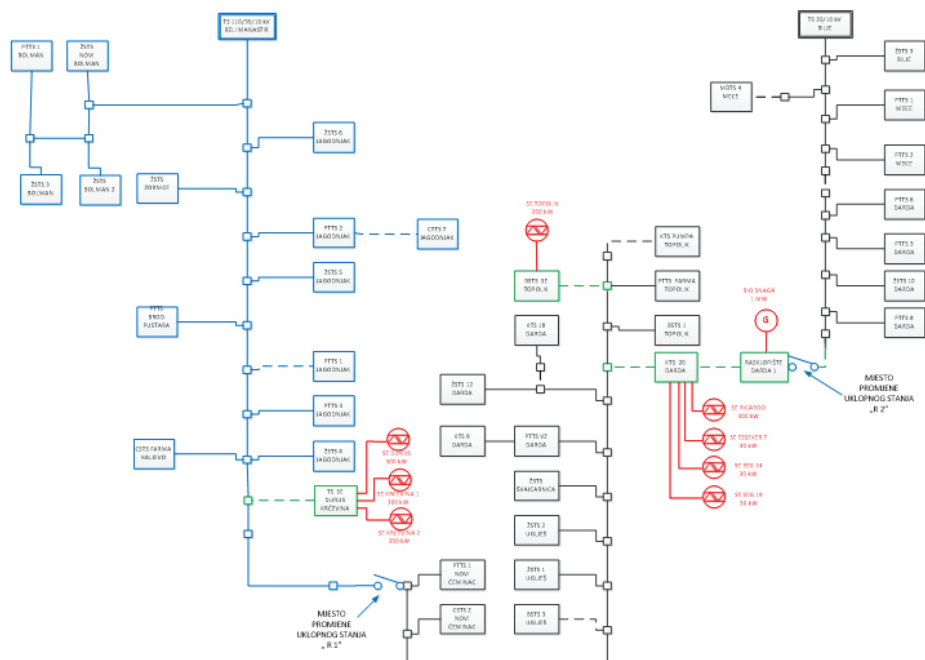
Slika 8.5. Osnovna blokovska shema fotonaponskog sustava RICARDO snage 325 kW [6]



Slika 8.6. Fotonaponska elektrana Ricardo snage 325 kW_e u Dardi, Baranja
Izvor: (Šljivac 2013)

Ovaj projekt je posebice zanimljiv jer se radi o postrojenju na obnovljive izvore energije velike snage koja je integrirana u 10 kV distribucijski izvod Bilje – Beli Manastir s još 9 različitih postrojenja na obnovljive izvore energije (fotonaponske elektrane i elektrane na biomasu) integriranih na istom izvodu u prilično ruralnoj distribucijskoj mreži, kao što je to prikazano crvenom bojom na slici 8.7. Zbog ove situacije očekuju se porasti napona te moguća strujna preopterećenja u budućnosti.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 8.7. Integracija 9 različitih postrojenja na obnovljive izvore energije (crvena boja) u 10 kV izvod Bilje – Beli Manastir u hrvatskom dijelu Baranje

Izvor: (Šljivac 2013)

8.1.1.3 Kogeneracijsko postrojenje na biopljin s motorom s unutrašnjim izgaranjem Orlovnjak snage 1700 kW_e u vlasništvu Žito d.d. grupe na farmi krava muzara Orlovnjak, južno od Osijeka, Osječko-baranjska županija

Ovo 1700 kW_e kogeneracijsko postrojenje počelo je s radom u svibnju 2016. godine te je prvo od više dosad izgrađenih kogeneracijskih postrojenja velike poljoprivredne tvrtke u Slavoniji Žito Grupa. Ovime se povećao udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj proizvodnji električne energije, poboljšala se stabilnost lokalne distribucijske mreže, a u isto vrijeme se i doprinosi implementaciji zajedničke energetske politike Europske unije propisanoj Nacionalnim akcijskim planom za obnovljive izvore do 2020. godine.

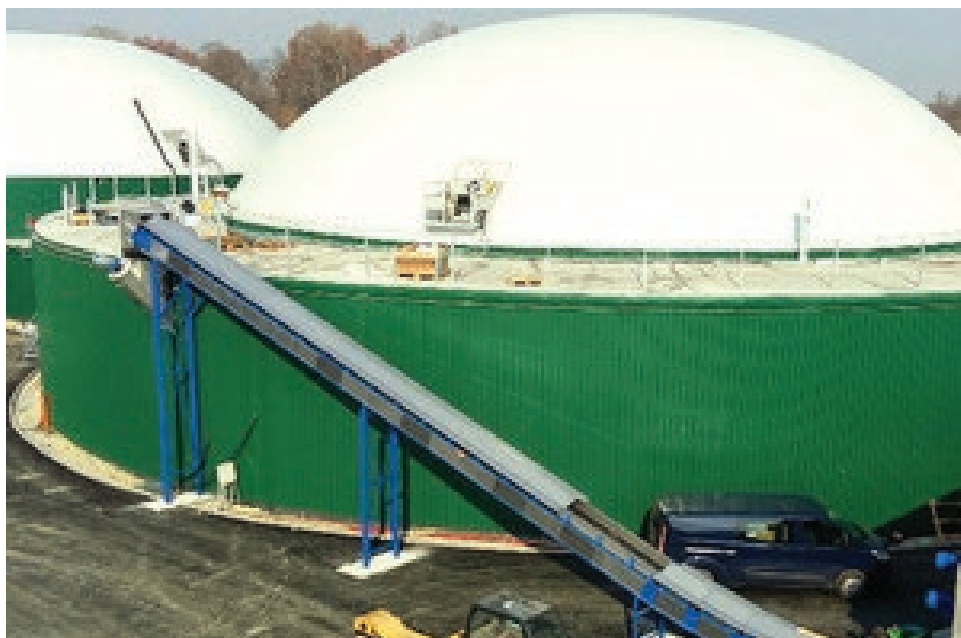
Osnovni podaci o projektu (Šljivac & Klaić 2017):

- Investitor: Farma muznih krava Orlovnjak d.o.o.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

- Lokacija: Osječko-baranjska županija, Antunovac, k.č.br. 182/1 k.o. Orlovnjak
- Način rada: u paralelnom pogonu s distribucijskom mrežom
- Napon na mjestu priključka na mrežu: 10 (20) kV

Za proizvodnju bioplina koristi se sustav anaerobne digestije koji omogućuje uvjete za ostvarenje anaerobne digestije kravljeg stajskog gnoja, biomase iz poljoprivrede te otpada iz prehrambene industrije u smjesu s većim udjelom dušika. Zatim se smjesa u digestoru (bioreaktor ili fermentor) prikazanog na slici 8.8 pretvara u bioplin koji se sastoji najviše od metana CH_4 i CO_2 .



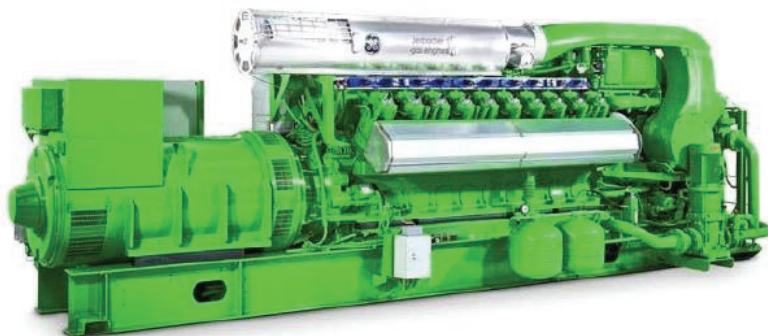
*Slika 8.8. Anaerobni digester u kogeneracijskom postrojenju na bioplin Orlovnjak
Izvor: (Šljivac & Klaić 2017)*

Biplin se skuplja u mekoj membrani koja se nalazi na vrhu digestora te se spaljuje u kogeneracijskom postrojenju koje se sastoji od dvaju plinskih agregata: plinski motor (u ovom slučaju Jenbacher JMS 412) spojen (pomoću vratila) sa sinkronim generatorom (u ovom slučaju Stamford 1268 kVA) sa stabilnim pogonskim uvjetima koji je nadalje spojen na 10 kV distribucijsku mrežu i to najčešće na sabirnice transformatora (u ovom slučaju TS 35/10 kV Osijek Istok). Slika 8.9 prikazuje tipični plinski agregat korišten u kogeneracijskim postrojenjima na bioplin.

JMS 420 GS-B.L

dyn. GC Profile 1 (150ms/30%)

Biogas plant Klisa Osijek



*Slika 8.9. Tipični plinski agregat korišten u kogeneracijskim postrojenjima na bioplin (Jenbacher na slici): motor s unutrašnjim izgaranjem + sinkroni generator
Izvor: Žito grupa 2018)*

Dok se proizvedena električna energija prodaje u mrežu po povlaštenoj cijeni (u ovom slučaju 1,20 kn/kWh), toplinska energija proizvedena u motoru s unutrašnjim izgaranjem koristi se za grijanje farme te sušenje biomase koja se koristi u energetske svrhe te u ostale svrhe (npr. grijanje staklenika koji se koriste za proizvodnju povrća na jednoj farmi u Ivankovu itd.). Uz povećan prihod ostvaren kroz prodaju električne energije i iskorištavanje toplinske energije, povrat investicije očekuje se otprilike unutar 4 godine (Žito grupa 2018).

8.1.1.4 Kogeneracijsko postrojenje na biomasu s parnom turbinom

Strizivojna Hrast snage $3300 \text{ kW}_e + 15000 \text{ kW}_{th}$ u vlasništvu drvne industrije u Strizivojni, južno od Đakova, Osječko-baranjska županija

Parketna industrija Strizivojna Hrast d.o.o. pustila je u pogon prvo kogeneracijsko postrojenje u Hrvatskoj za proizvodnju električne i toplinske energije pomoću izgaranja biomase. Ukupna investicija iznosi 117 milijuna kuna, dok je Erste banka zajedno s Hrvatskom bankom za obnovu i razvoj (HBOR) sudjelovala s 70% iznosa ukupne

investicije. Tvrtka Strizivojna Hrast je dugi niz godina proizvodila laminatne podove za domaće i inozemno tržište. Razvoj projekta klasičnog parnoturbinskog kogeneracijskog postrojenja imao je za cilj proizvoditi električnu i toplinsku energiju za vlastite potrebe uz pomoć otpadaka iz proizvodnje parketa (šumska i drvena biomasa) (Hrast Strizivojna 2018).



*Slika 8.10. Parnoturbinsko kogeneracijsko postrojenje snage
 $3,3 \text{ MW}_e + 15 \text{ MW}_{th}$, Strizivojna Hrast
Izvor: (Hrast Strizivojna 2018)*

Kogeneracijsko postrojenje postiglo je smanjenje troškova energenata te povećalo prihod prodajom viška proizvedene električne energije (od $3,3 \text{ MW}_e$) HROTE-u (Hrvatski operator tržišta električne energije). Budući planovi tvrtke su povećanje konzuma toplinske energije uz pomoć povećanja kapaciteta sušara drvnih elemenata (s otprilike 15 MW_{th} dostupne toplinske snage).

Kao rezultat povećanja mogućnosti proizvodnje, tvrtka je povećala broj radnika za otprilike 20 %. Investicija je zamijenila uporabu dizelskog goriva koje je, uz ekološku neprihvatljivost, vrlo skupo. Pored uštede troškova za energente, povećani prihodi ostvareni prodajom električne i toplinske energije rezultirali su povratom investicije u periodu od 6 do 7 godina (Hrast Strizivojna 2018).

8.2 UTJECAJ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA KVALITETU ELEKTRIČNE ENERGIJE U RURALNIM PODRUČJIMA

Iz dana u dan broj instaliranih elektrana s obnovljivim izvorima energije (i drugih distribuiranih izvora) u svijetu nezadrživo raste. U početku su u Europskoj uniji tome pridonijele razne poticajne mjere, dok su neke tehnologije u međuvremenu toliko pojeftinile da postaju isplative i bez poticaja. Premda su prednosti obnovljivih izvora energije dobro poznate i neupitne, svaki od spomenutih izvora, s obzirom na vrstu i tehnologiju, svojom proizvodnjom utječe na stanje, tj. na kvalitetu električne energije u elektroenergetskom sustavu na koji je priključen. U literaturi je detaljno opisan moguć utjecaj pojedinih vrsta i tehnologija elektrana s obnovljivim izvorima na kvalitetu električne energije: fotonaponskih elektrana, vjetroelektrana, gorivnih ćelija, generatora i turbina koji koriste različita pogonska goriva (plin, dizel), (Baggini, 2008; Dugan, McGranaghan, Santoso, & Beaty 2002). Također, utjecaj pojedine elektrane ne ovisi samo o njevoj tehnologiji ili vrsti, nego bitno ovisi i o parametrima elektroenergetske mreže na mjestu priključenja. Stoga, iako se budući utjecaj elektrane na elektroenergetsku mrežu većinom može predvidjeti simulacijama pomoću suvremenih programskih paketa, konačna su potvrda stanja ipak mjerenja nakon izgradnje elektrane.

Mjerenja se izvode prije i nakon priključenja distribuiranog izvora (u trajanju po 7 dana), analiziraju se rezultati i uspoređuju s važećim normama i pravilnicima – HRN EN 50160 i Mrežna pravila (HRN EN 50160:2012, 2012; Novine, 2006).

8.2.1 Utjecaj različitih tehnologija obnovljivih izvora na elektroenergetsku mrežu

Iako tehnologija proizvodnje električne energije ima određeni utjecaj na kvalitetu električne energije (npr. vjetar i sunce mogu izazvati promjenjivost u proizvodnji što dalje može rezultirati kolebanjem napona), kvaliteta električne energije većinom ovisi o sučelju i spoju distribuirane proizvodnje na elektroenergetski sustav, (Dugan et al. 2002).

Glavni tipovi sučelja i spoja sa sustavom su:

1. Sinkroni stroj
2. Asinkroni (indukcijski) stroj
3. Elektronički pretvarači

S obzirom da su u Slavoniji i Baranji do sada izgrađene bioplinske elektrane, elektrane na biomasu te fotonaponske elektrane, dalje će se razmatrati sinkroni stroj te elektronički pretvarači.

8.2.1.1 Sinkroni strojevi

Premda su sinkroni strojevi dobro poznata tehnologija u elektroenergetskom sustavu, postoje određeni izazovi kada se oni koriste kao distribuirani izvori. Zbog njihove inercije dobro podnose i skokovite promjene u sustavu, što je dobro kad se koriste kao pričuveni izvori energije. U slučaju njihove primjene kao distribuiranih izvora, oni bi lako mogli podnijeti i otočni rad te napajati kvarove, (Dugan et al. 2002).

Iako mali distribuirani izvori nemaju dovoljnu snagu za regulaciju napona u sustavu, postoji i mogućnost da je sinkroni stroj velik u odnosu na kapacitet sustava te sudjeluje u regulaciji napona elektroenergetskog sustava. To naravno doprinosi boljoj kvaliteti električne energije u nekim slabim sustavima. Međutim, ove slučajeve treba dobro proučiti, a zatim pažljivo uskladiti zaštitu i regulaciju napona s mrežom.

U Hrvatskoj se sinkroni generatori većinom upotrebljavaju kod bioplinskih elektrana i elektrana na biomasu. S obzirom da se glavne sirovine za pogonsko gorivo nalaze uz farme (pretežno farme krava) i uz šume, elektrane su izgrađene u ruralnim područjima. Za distribucijske mreže u ruralnim područjima karakteristično je da su „slabije“, odnosno uglavnom ne postoji značajna potrošnja. Stoga se, uz pažljivo podešenu zaštitu, mogu očekivati problemi s regulacijom napona – dakle, potrebno je voditi računa da napon, uz priključenu elektranu, ne bude previsok. Do sada se ovaj izazov rješavao uglavnom ručnom regulacijom napona na transformatoru. U normalnom radu ovakvih elektrana, ne očekuju se problemi s ostalim pokazateljima kvalitete električne energije.

8.2.1.2 Elektronički pretvarači

Sve tehnologije distribuiranih izvora koje proizvode istosmjernu struju ili izmjeničnu struju koja nije mrežne frekvencije, moraju se spajati na elektroenergetsku mrežu preko elektroničkih pretvarača. Premda elektronički pretvarači imaju nesumnjiv utjecaj na kvalitetu električne energije, u vidu struja viših harmonika, novija tehnologija pulsno-širinske modulacije donosi znatna poboljšanja (Dugan et al. 2002).

Kod fotonaponskih elektrana, najvažniji dio s obzirom na kvalitetu električne energije je izmjenjivač koji pretvara istosmjernu struju iz fotonaponskih modula u izmjeničnu, (Baggini, 2008). Izmjenjivač ima nekoliko funkcija, a prva je da kontrolira funkciju fotonaponskog pravca. Kada se sunce ujutro uzdigne, priključuje fotonaponski modul na mrežu. Kako se tijekom dana mijenja osunčanost i temperatura, izmjenjivač podešava struje i napone kako bi se maksimizirao prinos električne energije iz fotonaponskih panela. Na kraju dana, izmjenjivač isključuje sustav s mreže.

8.2.1.3 Mjerenja kvalitete električne energije

U svrhu izrade Elaborata o utjecaju elektrane na elektroenergetsku mrežu izvode se mjerenja kvalitete električne energije prije i nakon priključenja same elektrane na elektroenergetsku mrežu. Mjerenja kvalitete električne energije izvode se pomoću mrežnih analizatora klase točnosti A, koja je definirana u normi IEC 61000-4-30. Rezultati mjerenja analiziraju se prema normi HRN EN 50160:2012, Naponske karakteristike električne energije iz javnog distribucijskog sustava (EN 50160:2010) (HRN EN 50160:2012, 2012), u kojoj su definirana ograničenja za pojedine pokazatelje kvalitete električne energije, a svako mjerenje traje 7 dana.

Obveza je rezultate mjerenja kvalitete električne energije analizirati i prema normi EN 50160 i prema Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava.

Europskom normom EN 50160 definirana su glavna obilježja opskrbnog napona u javnom distribucijskom sustavu, na mjestu predaje potrošaču. Odnosno, normom su zadane sljedeće osobine (pokazatelji) napona:

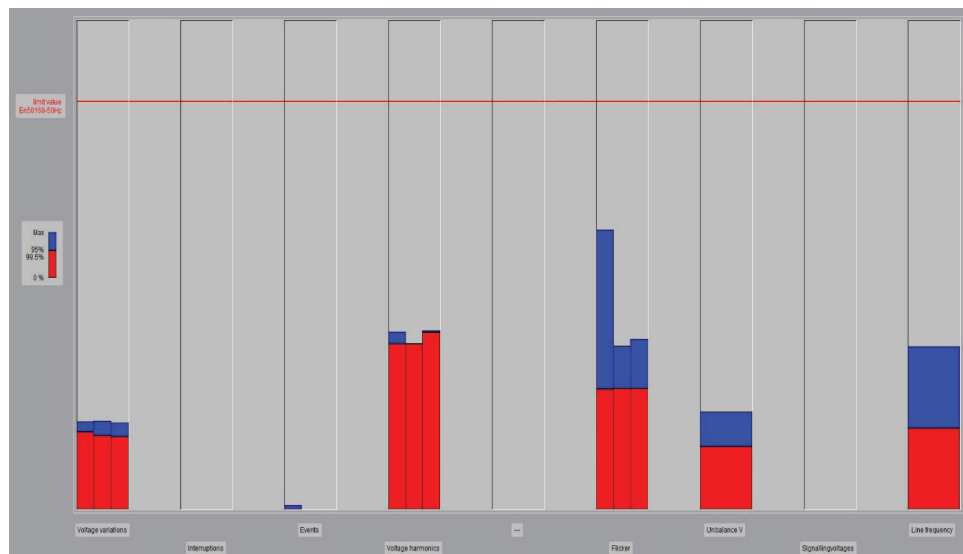
- naponski propadi i prekidi,
- naponska kolebanja,
- harmonici i međuharmonici,
- prijelazni prenaponi,
- naponska nesimetrija,
- promjene osnovne frekvencije mreže,
- prisutnost istosmjernog napona u izmjeničnom te
- prisutnost signalnih napona.

Dakle, i mjerenjem i analizom kvalitete električne energije obuhvaćaju se svi gore navedeni pokazatelji i osobine napona, (Feracci 2001).

Slika 8.11 prikazuje sumirane rezultate mjerenja kvalitete električne energije na 300 kW bioplinskoj elektrani (BPE) Hrastin. Sedam skupina stupaca predstavlja sedam pokazatelja kvalitete električne energije: frekvenciju, događaje, promjene napona, ukupno harmoničko izobličenje – THD (engl. Total Harmonic Distortion), dugotrajno naponsko treperenje ili flikere), naponsku nesimetriju (eng. *voltage unbalance*) te naponske harmonike. Neki pokazatelji prikazani su pomoću triju stupaca, kao što su npr. promjene napona jer svaki stupac označava po jednu fazu. Stupci mogu biti crvene ili plave boje: crveni stupci označavaju vrijednosti 95 % tjedna, a plavi maksimalne vrijednosti. Crvena vodoravna linija predstavlja granične vrijednosti za svaki navedeni pokazatelj kvalitete. U slučaju kad u nekom stupcu crvena boja

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

nadvisuje crvenu vodoravnu liniju, znači da vrijednosti tog pokazatelja nisu u skladu s ograničenjima norme EN 50160.



Slika 8.11. Sumirani rezultati mjerenja kvalitete električne energije na 300 kW BPE Hrastin.

Kao što je već spomenuto, potrebna je i analiza mjerenja kvalitete električne energije prema Mrežnim pravilima (Novine 2006). Slično kao u HRN EN 50160:2012, Mrežna pravila daju ograničenja za naponska kolebanja i promjene frekvencije, ali za neke od pokazatelja kvalitete električne energije postoje ograničenja za dozvoljeni doprinos elektrane na distribucijsku mrežu. Takva pravila postoje za:

- THDU (ukupno harmoničko izobličenje napona),
- flikere (naponsko treperenje) te
- naponsku nesimetriju.

Zbog spomenutih zahtjeva, rezultati mjerenja kvalitete električne energije analiziraju se i uspoređuju prije i nakon priključenja elektrane na distribucijsku mrežu.

8.2.1.4 Rezultati mjerenja i analiza

U razdoblju od 2008. godine do danas, dakle tijekom posljednjih 10 godina, Laboratorij za elektromagnetsku kompatibilnost Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija izveo je mjerenja kvalitete električne energije prilikom

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

integriranja 9 bioplinskih i 7 fotonaponskih elektrana na distribucijsku mrežu u Slavoniji, (Klaić & Primorac 2017; Klaić, Primorac, Topić, & Knežević 2018; Klaić, Šljivac, Primorac, Topić, & Stojkov 2018). Mjerenja u trajanju od po 7 dana izvodila su se prije i nakon priključenja pojedine elektrane. Svi rezultati mjerenja pokazuju da su svi pokazatelji kvalitete električne energije u skladu s ograničenjima europske norme EN 50160 i Mrežnih pravila. Kao primjer, na slici 8.12 mogu se vidjeti sumirani rezultati mjerenja na 300 kW FNE Drenje.

Tablica 8.2. Rezultati mjerenja kvalitete električne energije – bioplinske elektrane.

Elektrana	Nazivna snaga [kW]	Naponsko kolebanje	Događaji	Harmonici	Flikeri	Nesimetrija	Frekvencija
BIO1	1000	+	+	+	+		
BIO2	1000		-		-		
BIO3	300		+	-	-		
BIO4	1400	+	+		-		
BIO5	1700	-	+	+	+		
BIO6	1000	+	+	+	+		
BIO7	1000						
BIO8	1000	+		+	+	+	
BIO9	1000			+	-	-	

Izvor: izrada autora

U tablicama 8.2 i 8.3 sažeto su prikazani rezultati mjerenja za svaku elektranu i za svaki pokazatelj kvalitete električne energije – naponsko kolebanje, naponski događaji, harmonici, flikeri, naponska nesimetrija te frekvencija. U tablicama znak „+“ označava poboljšanje pokazatelja nakon priključenja elektrane, a znak „-“ pogoršanje pokazatelja. Polje bez oznake znači da je određeni pokazatelj nakon priključenja elektrane vrlo sličan vrijednostima prije priključenja.

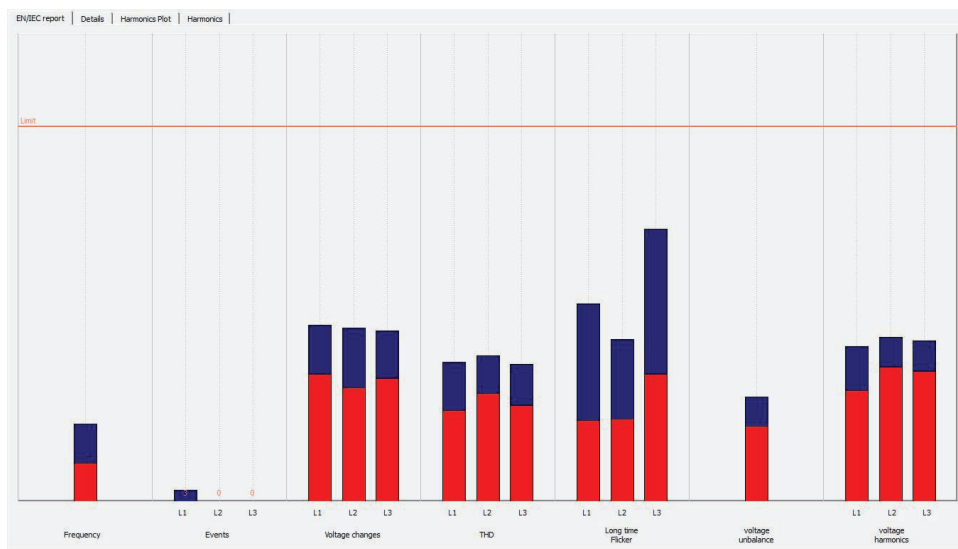
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Tablica 8.3. Rezultati mjerenja kvalitete električne energije - fotonaponske elektrane.

Elektrana	Nazivna snaga [kW]	Naponsko kolebanje	Događaji	Harmonici	Flikeri	Nesimetrija	Frekvencija
PV1	30				-		
PV 2	10	+	+	+	+		
PV 3	200				-		
PV 4	10		+		+		
PV 5	30	-					
PV 6	30				+		
PV 7	300				-		

Izvor: izrada autora

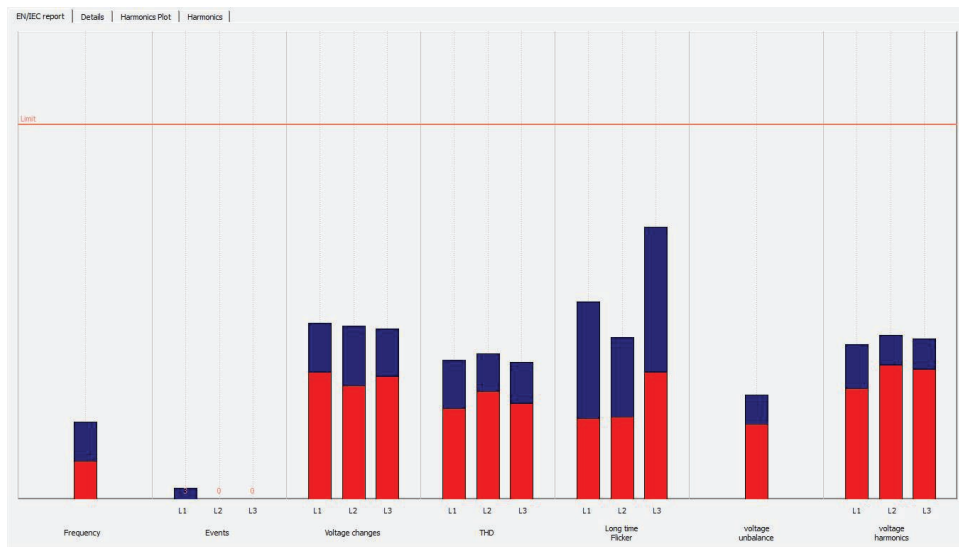
U tablici 8.2 vidi se da su pogoršanja zabilježena u 5 bioplinjskih elektrana: naponsko kolebanje u BIO5, događaji u BIO2, harmonici u BIO3, nesimetrija u BIO9, a flikeri su bili lošiji u BIO2, BIO3, BIO4 te BIO9. Tablica 8.3 pokazuje da je bilo pogoršanja u 4 fotonaponske elektrane: naponsko kolebanje u PV5 te flikeri u PV1, PV3 i PV7.



Slika 8.12. Sumirani rezultati mjerenja kvalitete električne energije na 300 kW fotonaponskoj elektrani Drenje.

Izvor: izrada autora

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



*Slika 8.13. Kratkotrajni flikeri i maksimalne vrijednosti struja – 300 kW FNE Drenje.
Izvor: izrada autora*

Dakle, od pokazatelja kvalitete električne energije ističu se flikeri. Detaljnija analiza mjerenja pokazala je da bioplinске elektrane većinom izazivaju snimljene flikere, ali iznosi doprinosa nisu veliki i unutar su ograničenja EN 50160 i Mrežnih pravila. Nasuprot tome, fotonaponske elektrane izazivaju samo manji dio snimljenih flikera. To se može vidjeti na slici 8.13 koja prikazuje kratkotrajne flikere i maksimalne vrijednosti struja u 300 kW FNE Drenje. U prvoj polovici mjernog tjedna snimljeni su flikeri tijekom noći kad elektrana nije bila u pogonu (zelene elipse), a u drugoj polovici mjernog tjedna zabilježena su dva slučaja kada je proizvodnja elektrane izazvala flikere (crvene elipse).

Može se zaključiti da su sve elektrane obuhvaćene mjerenjima imale dozvoljene doprinose i u skladu s normom EN 50160 i Mrežnim pravilima. Prilikom budućih priključenja mogu se očekivati problemi eventualno ako se nove elektrane budu priključivale na iste priključne točke već postojećih distribuiranih izvora energije.

9 PRIMJERI DOBRE PRAKSE

9.1 LABORATORIJ ZA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE

Laboratorij za obnovljive izvore energije je osnovan i opremljen 2014. godine u sklopu projekta Photovoltaic Systems as Actuators of Regional Development (REGPHOSYS) financiranog u sklopu IPA cross-border programa Mađarska–Hrvatska. Laboratorij se sastoji od unutarnjeg dijela (slika 9.1) i vanjskog dijela (slika 9.2) koji je smješten neposredno uz unutarnji dio laboratorija. U unutarnjem dijelu nalazi se dio sustava za mjerenje, obradu i pohranu podataka na fotonaponskim tehnologijama te oprema za izvođenje nastave u sklopu studija na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek.



Slika 9.1. Unutarnji dio laboratorija za obnovljive izvore energije



Slika 9.2. Vanjski dio laboratorija za obnovljive izvore energije

9.1.1 Sustav za mjerenje, obradu i pohranu podataka na fotonaponskim tehnologijama

Sustav za mjerenje, obradu i pohranu podataka na fotonaponskim tehnologijama počeo je s radom 2017. godine. Sustav mjeri električne veličine izmjerene na fotonaponskim tehnologijama smještenim na krovu zgrade fakulteta te vanjske meteorološke parametre.

Sustav za mjerenje, obradu i pohranu mjernih podataka sastoji se od triju zasebnih podsustava:

1. Prikupljanje veličina s 5 fotonaponskih modula različite tehnologije izrade
2. Prikupljanje veličina fotonaponske elektrane snage 10 kWp ETFOS1
3. Prikupljanje meteoroloških podataka s krova zgrade fakulteta

9.1.1.1 Prikupljanje veličina s 5 fotonaponskih modula različite tehnologije izrade

Fotonaponske tehnologije te pripadajući moduli na kojima se vrše mjerenja su:

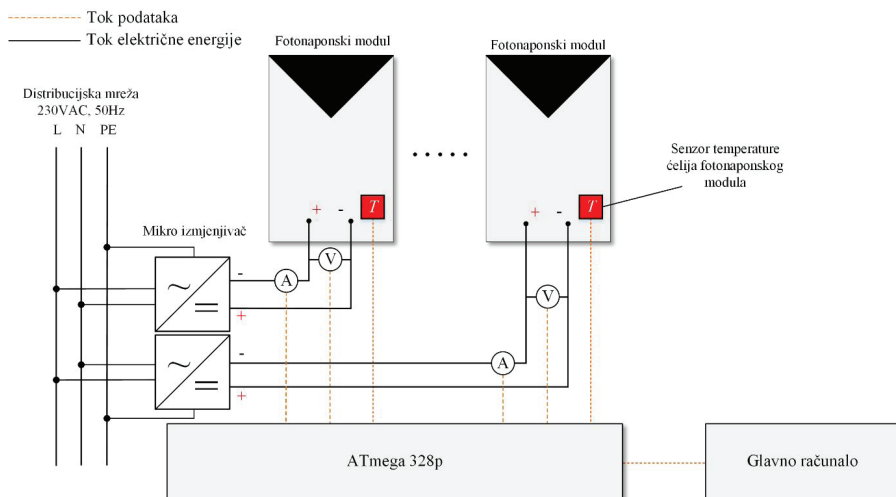
1. Monokristalni silicij (Bisol BMO 250)
2. Polikristalni silicij (Bisol BMU 250)
3. Amorfni silicij (Masdar MPV100-S)
4. Bakar indij selen – CIS (Solar Frontier SF150-S)
5. HIT (engl. *Heterojunction with intrinsic layer*) fotonaponski modul (Panasonic VBHN240SE10)

Fotonaponski moduli spojeni su na izmjeničnu distribucijsku mrežu preko jedno-faznih mrežno-vezanih mikro-izmjenjivača s ugrađenim tragačem točke maksimalne snage (slika 9.3) te predstavljaju mikro fotonaponske sustave. Sustav za mjerenje spojen je na istosmjernu stranu izmjenjivača koji pomoću senzora mjeri izlaznu struju, napon te temperature ćelija fotonaponskog modula svake sekunde. Senzori su spojeni na ATmega 328p mikrokontroler koji primarno obrađuje podatke te ih obrađene šalje u glavno računalo. Podaci se zatim spremaju na glavno računalo te su spremni za daljnju obradu. Slika 9.4 prikazuje blokovsku shemu sustava za prikupljanje veličina s 5 fotonaponskih modula različitih tehnologija izrade.



Slika 9.3. Jednofazni mrežni izmjenjivači fotonaponskih modula

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 9.4. Blokowska shema sustava za prikupljanje veličina s 5 fotonaponskih tehnologija različitih tehnologija izrade

9.1.1.2 Prikupljanje veličina fotonaponske elektrane snage 10 kWp ETFOS1

Fotonaponska elektrana ETFOS1 snage 10 kWp sastoji se od dvaju fotonaponskih nizova. Prvi fotonaponski niz sastoji se od 20 serijski povezanih fotonaponskih modula izrađenih od monokristalnog silicija (Bisol BMO 250), dok se drugi sastoji od 20 serijski povezanih polikristalnih fotonaponskih modula (Bisol BMU 250). Fotonaponski nizovi su zatim spojeni na trofazni mrežno-vezani izmjenjivač preko dvaju ulaza opremljenih tragačem maksimalne snage. Izmjenjivač (Kaco Powador 12.0 TL3) spojen je na distribucijsku mrežu te je prikazan na slici 9.5.



Slika 9.5. Izmjenjivač Kaco Powador 12.0 TL3

Mjerenja izlaznih električnih veličina obavljaju se unutar izmjenjivača te se zatim šalju prema glavnom računalu gdje se vrši obrada i pohrana. Izmjenjivač mjeri istosmjerne izlazne struje i napone fotonaponskih nizova te izmjenične struje i napone pojedinih faza iz izmjenjivača svakih 15 sekundi.

9.1.1.3 Prikupljanje meteoroloških podataka s krova

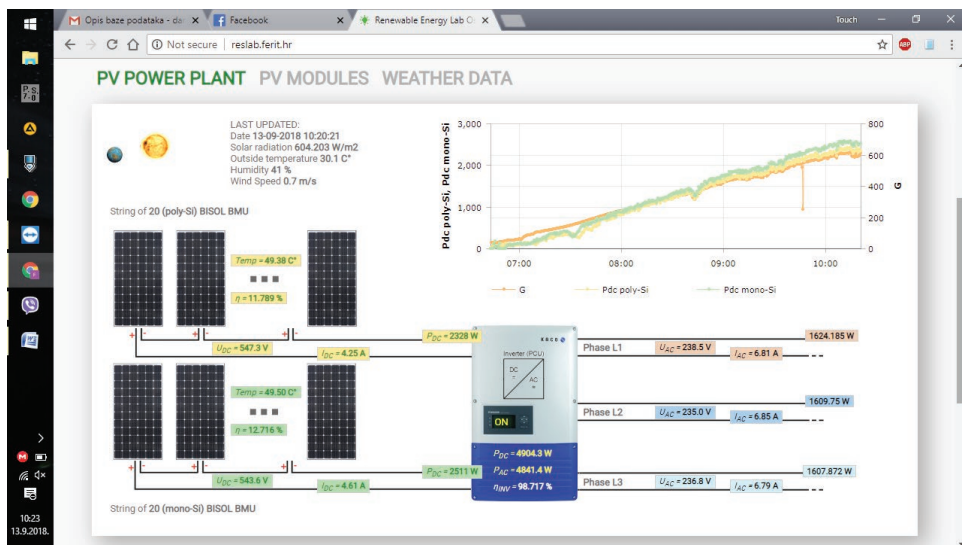
Meteorološki podaci mjere se na krovu zgrade fakulteta gdje su smještene fotonaponske tehnologije pomoću vremenske stanice te piranometra (slika 9.6). Vremenska stanica mjeri temperaturu okoline, vlažnost zraka, brzinu vjetra, smjer vjetra te tlak zraka svaku minutu dok piranometar (Kipp&Zonnen SMP3) mjeri intenzitet sunčevog zračenja svaku sekundu. Svi mjereni podaci zatim se šalju do glavnog računala gdje se obrađuju i spremaju.



Slika 9.6. Meteorološka stanica i piranometar na krovu zgrade fakulteta

Podaci koji se mjere spremaju se lokalno na računalo te obrađuju. Obradeni podaci se zatim spremaju u oblaku, a prikaz je omogućen i na web stranici laboratorija (Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, 2018). Na web stranici se podaci dodatno obrađuju te prikazuju u obliku dijagrama. Na slici 9.7 prikazana je shema spojene elektrane i pripadajući graf proizvodnje energije u realnom vremenu.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 9.7. Prikaz elektrane na reslab.ferit.hr s mjernim podacima u realnom vremenu

Obrada podataka podrazumijeva provjeru ispravnosti dobivenih podataka od senzora s obzirom na očekivane vrijednosti. Očekivane vrijednosti podrazumijevaju da senzori ne isporučuju nerealne podatke. Također uključuje trenutni/ukupni izračun učinkovitosti modula i trenutnu/ukupnu proizvedenu električnu energiju. U obradu je uključen i izračun učinkovitosti izmjenjivača fotonaponske elektrane ETFOS1. Algoritam koji je ugrađen u ATmega 328p mikrokontroler jedan dio tih izračuna već obrađuje u intervalima manjima od jedne sekunde te ih usrednjuje na jednu sekundu. Sve mjerene vrijednosti koje ovise o podacima intenziteta sunčevog zračenja, meteorološkim podacima i vremenskim konstantama (dan, noć, godišnja doba) obrađuju se na glavnom računalu.

Postavljena mjerna elektronika uz algoritam konstantno mjeri u očekivanim mjernim intervalima, no ako dođe do odstupanja vremenskih intervala između mjerenja, automatski se pokreće „tihi alarm“ (odašiljanje obavijesti) da je došlo do prekida ili da mjerenja nisu u okvirima očekivanog vremena. Razlog tome je što je period mjerenja vrlo dugotrajan i nije realno da istraživači cijelo vrijeme nadziru proces rada baze.

Obrada podataka uključuje i razvrstavanje podataka, koja klasificira vremenske periode u odnosu na učinkovitost proizvodnje električne energije ili druge izmjerene parametre. Iz takvih vremenskih kontinuiranih podataka (po danima) dobivaju se skupovi određenih tipova dana koji su bili više ili manje povoljni za proizvodnju fotonaponske elektrane ili fotonaponskih modula. Također, uzima se u obzir i parametarski dobivene vrijednosti (odnos dviju ili više izmjerenih veličina). Baza podataka

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

u detaljnom pregledu prikazuje podatke svakog dana i svake minute po svim parametrima. Također, kalendarski se prikazuje odabir svakog dana mjerenja (slika 9.8).

Travanj (2018)							Svibanj (2018)							Lipanj (2018)						
Po	Ut	Sr	Če	Pe	Su	Ne	Po	Ut	Sr	Če	Pe	Su	Ne	Po	Ut	Sr	Če	Pe	Su	Ne
						1	1	2	3	4	5	6						1	2	3
2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10
9	10	11	12	13	14	15	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17
16	17	18	19	20	21	22	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24
23	24	25	26	27	28	29	28	29	30	31				25	26	27	28	29	30	
30																				

Srpanj (2018)							Kolovoz (2018)							Rujan (2018)						
Po	Ut	Sr	Če	Pe	Su	Ne	Po	Ut	Sr	Če	Pe	Su	Ne	Po	Ut	Sr	Če	Pe	Su	Ne
						1			1	2	3	4	5						1	2
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30
30	31																			

Slika 9.8. Kalendarski prikaz izmjerenih dana

S obzirom na očekivana višegodišnja mjerenja u izradi su i zbirni skupovi podataka koji će prikazati ponašanje fotonaponske elektrane i fotonaponskih modula u odnosu na druge izmjerene vrijednosti (godišnja doba, klimatske i vremenske utjecaje), kao i potrošnju električne energije u zgradi fakulteta.

9.1.2 Ostala oprema za nastavu

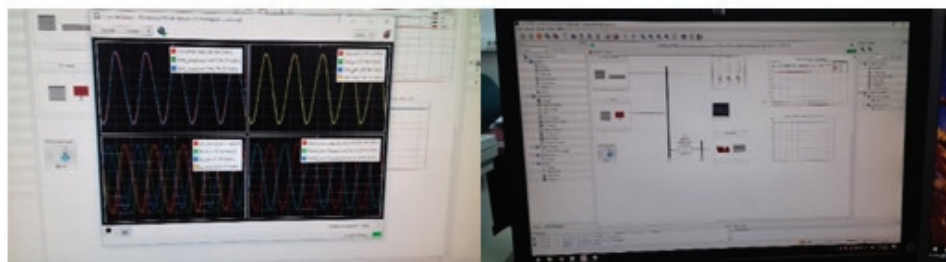
U unutarnjem dijelu laboratorija nalaze se osobna računala za izvođenje simulacija pomoću različitih programskih alata te ostala elektrotehnička oprema za eksperimentalno izvođenje pokusa. U sklopu ovog projekta nabavljena je sljedeća oprema za izvođenje simulacija i pokusa u sklopu nastave te za znanstvena istraživanja:

- elektronička istosmjerna programabilna trošila PeakTech 2280 (slika 9.9)
- simulator električnih mreža u realnom vremenu Typhoon HIL 402 (slika 9.10)
- uređaj za mjerenje kvalitete električne energije a-eberle PQ-Box 200 (slika 9.11)

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 9.9. Elektronička istosmjerna programabilna trošila PeakTech 2280



Slika 9.10. Simulator električnih mreža u realnom vremenu Typhoon HIL 402



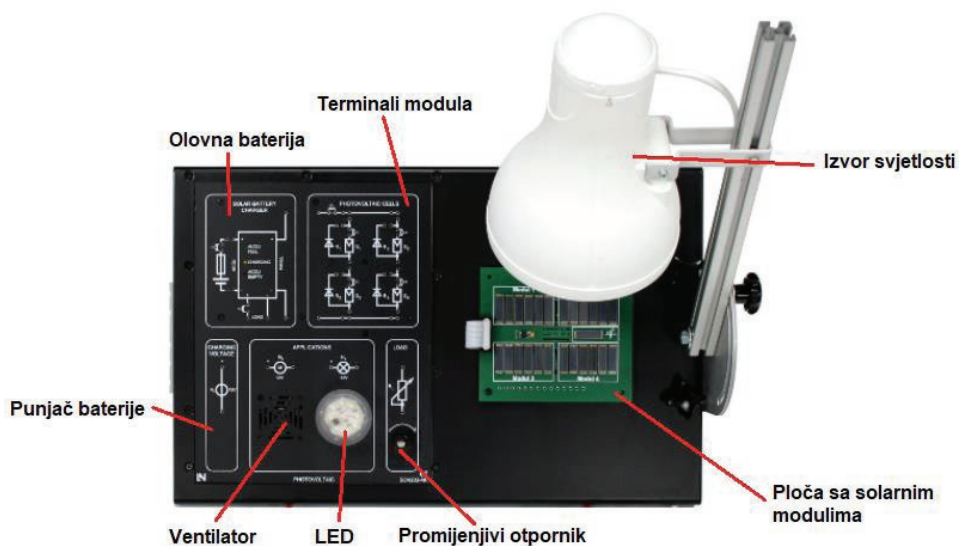
Slika 9.11. Uređaj za mjerenje kvalitete električne energije a-eberle PQ-Box 200

9.2 DIDAKTIČKA OPREMA ZA UČENJE O PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Za provođenje jedne od aktivnosti projekta RuRES, točnije treninga, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek (FERIT) je u svojstvu voditelja projekta programa prekogranične suradnje Hrvatska-Mađarska, nabavio vrijednu opremu za učenje o fotonaponskim (FN) sustavima, o sustavima s gorivnim ćelijama te o primjenama elektroničkih energetske pretvarača za povezivanje obnovljivih izvora energije (OIE) s tipičnim izmjeničnim energetske trošilima. U tekstu su stoga opisana tri didaktička sustava: skalirani FN sustav, skalirani sustav s gorivnim ćelijama te kaskadni spoj elektroničkih energetske pretvarača za napajanje izmjeničnih trošila male snage iz OIE. Sva tri sustava imaju mogućnost spajanja na računalo na kojem se uz instalirani softver mogu koristiti virtualni mjerni instrumenti za snimanje karakterističnih veličina, a preko računala na projektor, tako da ovi sustavi imaju i multimedijalni karakter. Kupljeni didaktičko-multimedijalni sustavi predstavljaju mali-skalirani laboratorij za integraciju OIE, a zbog spuštenih naponskih razina ispod 50 V predstavljaju pametne sustave jer je rukovanje takvim sustavima sigurno za korisnika. Svaki sustav je detaljno opisan te su predloženi osnovni pokusi koje treba provoditi kroz treninge kako bi se stekla osnovna znanja o načinu proizvodnje električne energije iz FN sustava u ovisnosti o utjecajnim parametrima, kao i iz gorivnih ćelija o ovisnosti o njihovim utjecajnim parametrima. Dodatno, snimljene su karakteristike za neke karakteristične uvjete rada. Za elektronički energetske pretvarač, točnije izmjenjivač, predloženi su treninzi kojima se objašnjava energetske učinkovit rad izmjeničnih motora.

9.2.1 Didaktički skalirani fotonaponski sustav

Proizvodnja električne energije iz FN sustava kao OIE u stalnom je porastu (Ahtes-hamul et al. 2013; REN21). Najveći uzrok sve veće proizvodnje električne energije iz OIE globalna je energetska kriza te klimatske promjene s kojima se konvencionalni izvori na fosilna goriva sve teže nose. Kao rezultat ovoga trenda, sve je veća svje-snost i interes među studentima tehničkih struka za učenjem o OIE, poglavito o FN sustavima. Osim teorijskog poznavanja pretvorbe energije Sunca u električnu energiju preko FN sustava, za kvalitetniju izobrazbu budućih inženjera, nužan je i praktični dio koji sadrži snimanje u-i karakteristika pri mijenjanju utjecajnih parametara kao što su nagib postavljanja FN modula i intenzitet svjetlosti, proučavanje međusobnog načina spajanja FN modula u nizove, postavljanje radne točke za različita opterećenja itd. Međutim, laboratoriji za praktično učenje o FN sustavima primarno su neprak-tični zbog prostora koji treba osigurati za postavljanje FN modula kao i kompleksni zbog ovisnosti rezultata mjerenja o vanjskim vremenskim utjecajima. Kao alternativa, nameću se skalirani prijenosni didaktički sustavi za praktično učenje (Srinivasa et al. 2013; Branids & Pelin 2017; Hirschenhofer et al. 1998) s vlastitim, umjetnim izvorima svjetlosti.



Slika 9.12. Skalirani, prijenosni, didaktički FN sustav.

Jedan sustav za učenje o proizvodnji električne energije iz FN modula, neovisno o vanjskim uvjetima (temperatura i intenzitet Sunčevog zračenja) predstavljen je

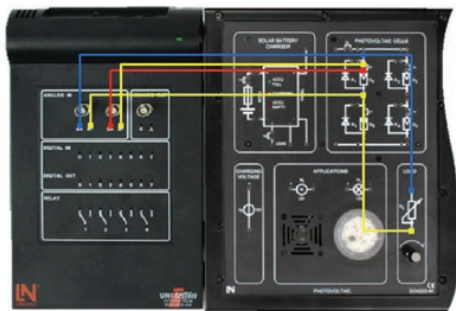
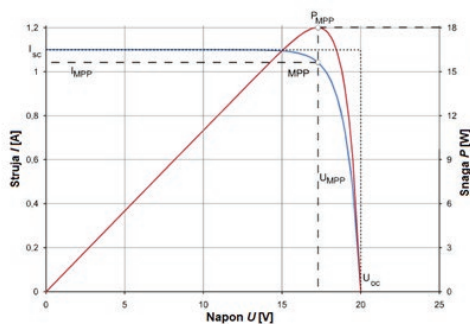
didaktičko-multimedijalnom opremom, slika 9.12. Oprema se sastoji od skaliranih komponenti/uređaja potrebnih za izgradnju otočnog FN sustava.

Skalirani FN sustav sastoji se od:

- napajanja,
- sučelja,
- izvora svjetlosti,
- radne ploče s FN modulima, trošilima i senzorima.

Maksimalna snaga koju može isporučiti pojedini FN modul ne ovisi samo o iradijaciji nego i o opterećenju. Pokusima praznog hoda i kratkog spoja te radnim stanjima između tih dviju točaka definira se $u-i$ karakteristiku svakog FN modula ili u slučaju spajanja više FN modula, $u-i$ karakteristika FN niza. Snimljene $u-i$ karakteristike FN modula pokazatelji su za procjenu proizvodnje električne energije iz FN sustava. Na slici 9.13 lijevo prikazana je $u-i$ karakteristika jednog FN modula koji se nalazi na radnoj ploči didaktičkog sustava, a sastoji se od 6 FN ćelija, dok je na slika 9.13 desno prikazan način spajanja mjerne opreme za snimanje te iste karakteristike. Karakteristika FN modula određena je sljedećim parametrima:

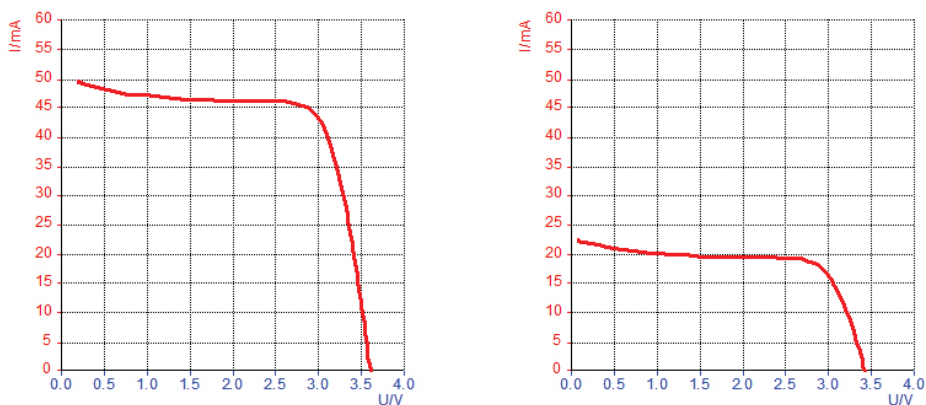
- I_{SC} – struja kratkog spoja (engl. Short Circuit Current) FN modula.
- U_{OC} – napon praznog hoda (engl. Open Circuit Voltage) FN modula.
- MPP – točka maksimalne snage (engl. Maximum Power Point), koja je određena strujom I_{MPP} i naponom U_{MPP} . Točka maksimalne snage definira najveću površinu ispod krivulje koju zatvaraju struja I_{MPP} i napon U_{MPP} .
- PMPP – maksimalna snaga FN modula.



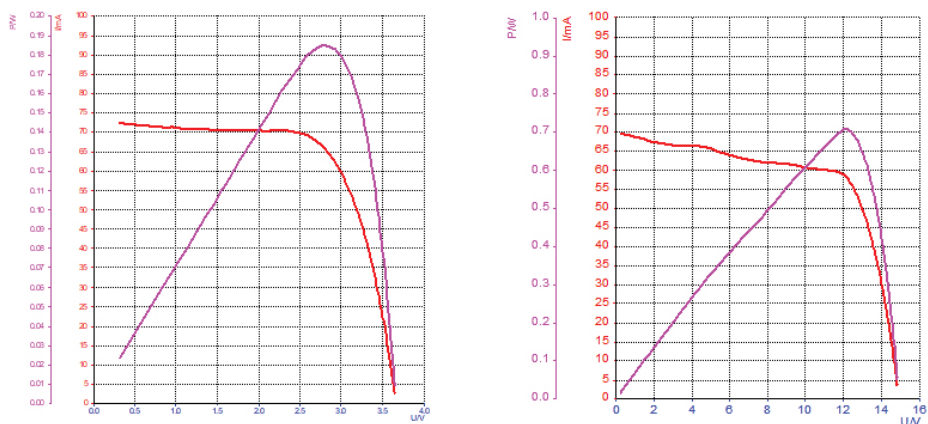
Slika 9.13. Snimljene karakteristike: $u-i$ karakteristika (plavo) i trenutna snaga (crveno) te način spajanja mjerne opreme

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

S nabavljenom didaktičkom opremom predlaže se provođenje pokusa: ovisnosti proizvodnje električne energije FN modula o intenzitetu svjetlosti umjetnog izvora te utjecaj serijskog povezivanja modula na parametre $u-i$ karakteristike. Snimljene $u-i$ karakteristike prikazane su na slici 9.14 pri fiksnom upadnom kutu svjetlosti od 90° te intenzitetu svjetlosti od 1000 W/m^2 (lijevo) i 500 W/m^2 (desno). Slika 9.15 prikazuje $u-i$ karakteristike te $u-p$ karakteristike za jedan FN modul (lijevo) te FN niz koji se sastoji od četiriju modula spojenih u seriju (desno).



Slika 9.14. $u-i$ karakteristike za $E_1 = 1000 \text{ W/m}^2$ (lijevo) i $E_2 = 500 \text{ W/m}^2$ (desno) pri kutu 90° .

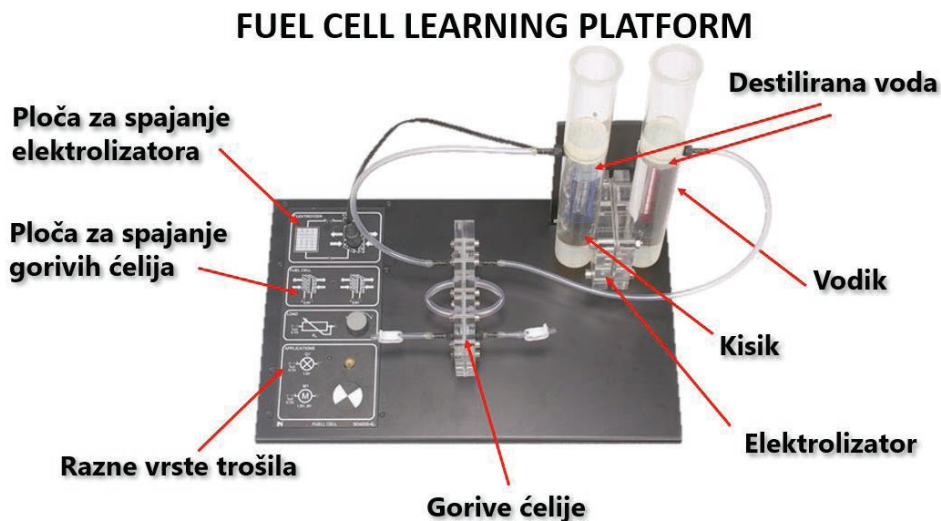


Slika 9.15. $u-i$ karakteristika (crveno) te $u-p$ karakteristika (roza) jednog modula (lijevo) te četiri modula spojena u seriju (desno)

Komparativnom analizom dobivenih karakteristika u ovisnosti o utjecajnim parametrima uči se o projektiranju energetski učinkovitih FN sustava.

9.2.2 Didaktički skalirani sustav s gorivnim ćelijama

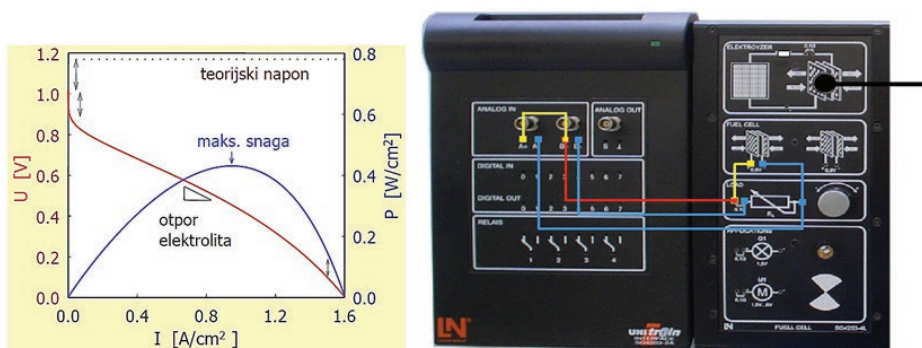
Sustavi za učinkovito korištenje alternativnih oblika energije intenzivno se istražuju i razvijaju zadnjih 20-ak godina. Osim obnovljivih izvora energije, gorivna ćelija predstavlja jednu od mogućih alternativa u proizvodnji električne energije i smatra se također ekološki prihvatljivim izvorom energije (Kyrill et al. 1998; Barr 2007). Gorivne ćelije ili gorivni članci (*eng. fuel cells*) elektrokemijski su pretvarači energije koji kemijsku energiju goriva izravno, bez pokretnih dijelova i izgaranja, pretvaraju u električnu (i toplinsku) energiju. Po svome su principu rada gorivne ćelije slične baterijama, ali za razliku od njih, gorivne ćelije zahtijevaju stalan dovod goriva i kisika. Pri tome gorivo može biti vodik, sintetski plin (smjesa vodika i ugljičnog dioksida), prirodni plin ili metanol, a produkti njihove reakcije s kisikom su voda, električna energija i toplota, pri čemu je cijeli proces, zapravo, suprotan procesu elektrolize vode.



Slika 9.16. Didaktička oprema sustava gorivnih ćelija.

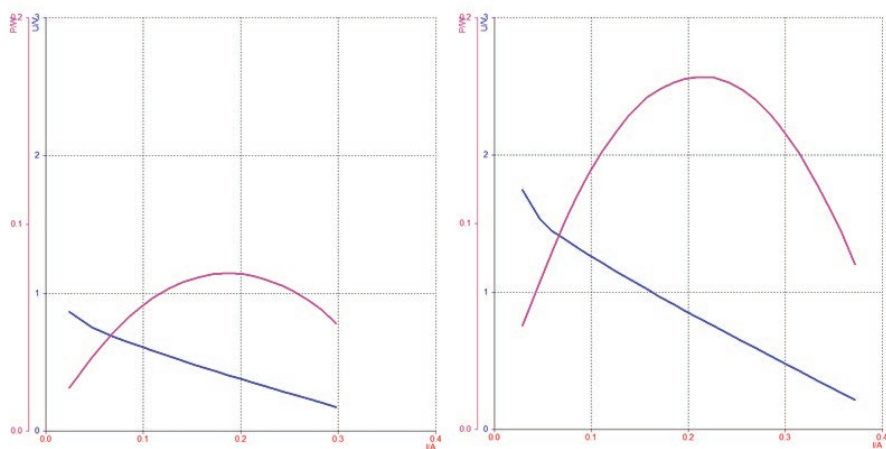
U međuvremenu, ugljični dioksid je potvrđen kao jedan od glavnih razloga globalnog zatopljenja (Kyrill et al. 1998; Barr 2007). Stoga se veliki trud ulaže da bi se smanjila emisija ugljičnog dioksida. U svakodnevnom životu okruženi smo tehničkim uređajima i sustavima koji neizbježno emitiraju ugljični dioksid: vozila s motorima na

unutarnje sagorijevanje, postrojenja i tvornice itd. Gorivne ćelije mogu doprinijeti smanjenju emisije ugljičnog dioksida svojim dobrim karakteristikama. Didaktička oprema za učenje o gorivim ćelijama prikazana je na slika .16. Predlažu se pokusi snimanja i - u karakteristika i i - p karakteristika gorivnih ćelija za slučaj pojedinačne ćelije i spajanja ćelija u tzv. stog (spajanje dvije ćelije u seriju). Tako je na slika 9.17 lijevo prikazana i - u karakteristika (crveno) te i - p karakteristiku (plavo) jedne gorive ćelije. Na slika 8.17 desno prikazan je način spajanje mjerne opreme za snimanje i - u karakteristika.



Slika 9.17. i - u (crveno) te i - p karakteristika (plavo) jedne gorive ćelije (lijevo) te način spajanja mjerne opreme (desno)

Snimljene karakteristike za jednu gorivu ćeliju te za stog gorivnih ćelije prikazane su na slici 8.18.



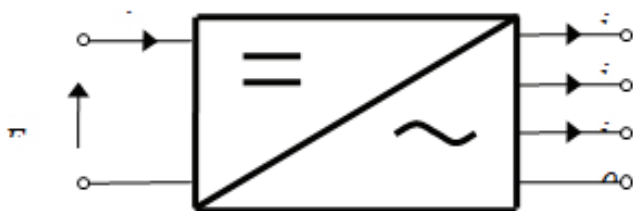
Slika 9.18. i - u karakteristika (plavo) te i - p karakteristika (roza) jedne gorive ćelije (lijevo) te dvije gorive ćelije spojene u seriju (desno)

Analiza karakteristika gorivnih ćelija doprinosi razumijevanju rada gorivnih stogova te se kroz primjenu didaktičke opreme stječu potrebna znanja o projektiranju sustava s gorivnim ćelijama.

Stacionarni gorivni stogovi koriste se kao glavni ili pričuveni izvori napajanja električnom i toplinskom energijom stambenih blokova, dodatno se koriste i kao izvori energije na mjestima gdje nije izgrađena pojna mreža, poput svemirskih letjelica, hidrometeoroloških stanica, u ruralnim naseljima i pri specifičnim vojnim primjenama. Sve više se istražuje primjena gorivnih ćelija i u vozilima, konkretno automobilima. Iako još ne postoji niti jedan komercijalni model, od 2009. godine napravljeno je više od 20 prototipa hibridnih vozila koji kao pogonski mehanizam i sustav napajanja koriste kombinaciju klasičnog motora s unutarnjim sagorijevanjem i gorivnih ćelija. Ograničavajući faktor kod primjene u automobilima je nedostatak infrastrukture za punjenje spremnika vodikom. Hibridni automobili su na testovima pokazali 40–60% veću energetska učinkovitosti u odnosu na automobile s motorom na unutarnje sagorijevanje (Fuhs 2008). Kao koncepti napajanja elektroničkih uređaja male snage pojavile su se tzv. vodikove baterije, mali spremnici vodika koji napajaju prenosive elektroničke uređaje: laptope, mobitele, male multimedijalne uređaje i slično.

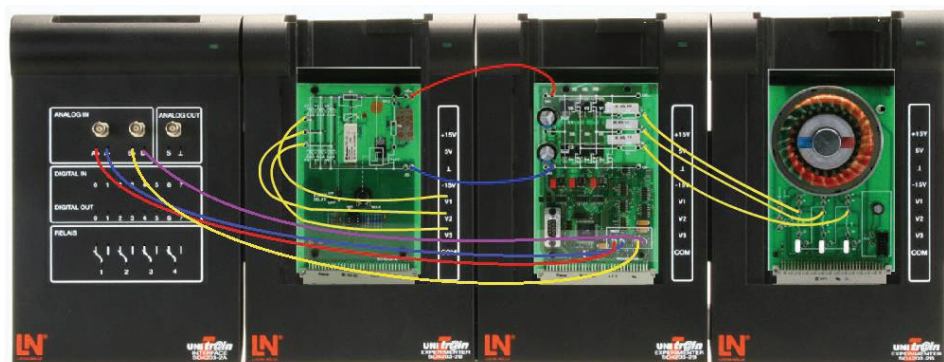
9.2.3 Električni energetska pretvarači za povezivanje fotonaponskih sustava i sustava gorivih ćelija s izmjeničnim trošilima

Izmjenjivači kao električni energetska pretvarači služe za povezivanje istosmjernih i izmjeničnih električnih sustava. OIE kao što su FN moduli kao i gorivne ćelije se prema svojim *u-i* karakteristikama ponašaju kao istosmjerni izvori. Izmjenični sustavi pri ovakvom povezivanju smatraju se trošilima. Trošila većih snaga ($> 2 \text{ kW}$) u pravilu se izvode u trofaznom spoju, a danas u svim važnim industrijskim primjenama dominiraju asinkroni i sinkroni elektromotori. Za energetska učinkoviti rad izmjeničnog motora, izmjenjivač treba napajati motor sa što kvalitetnijim naponom u pogledu harmonijskog sadržaja. Napon na motoru određen je stanjima pretvaračkih komponenata izmjenjivača. Tendencija je da se upravljanje pretvaračkim komponentama izmjenjivača izvede tako kako bi po iznosu najznačajniji harmonici napona trošila bili u cijelom opsegu upravljanja frekvencijski odmaknuti što je moguće dalje od osnovnog harmonika napona, a što se postiže pulsno-širinskom modulacijom (*engl. Pulse Width Modulation ili PWM*). Simbol jednog trofaznog izmjenjivača prikazan je na slici 9.19.



Slika 9.19. Simbol trofaznog izmjenjivača.

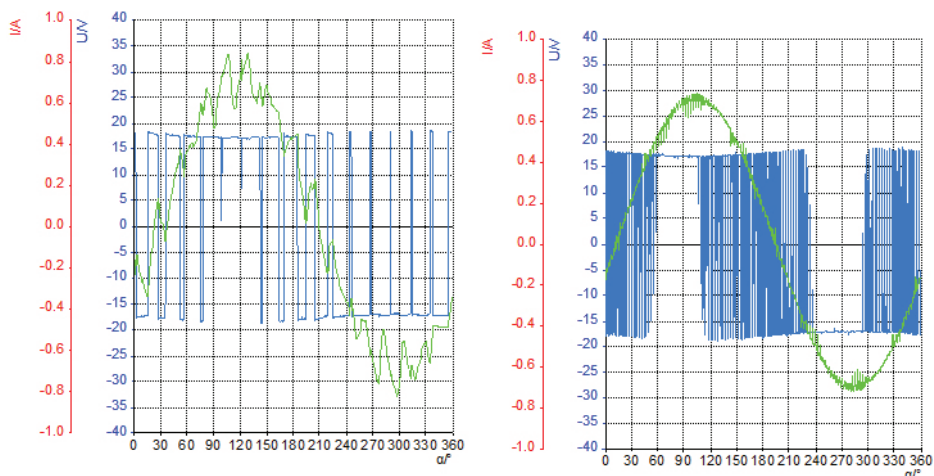
Nabavljena didaktička oprema zajedno s načinom spajanja za provođenje pokusa za upravljanje motorom male snage prikazana je na slici 9.20. Didaktička oprema sastoji se od ukupno 3 elektroničke kartice: istosmjernog izvora (ispravljača), izmjenjivača te izmjeničnog trošila (trofaznog motora). Trofazni ispravljač ovdje služi kao istosmjerni izvor napajanja i zamjenjuje OIE kao što su FN moduli i/ili gorivne ćelije.



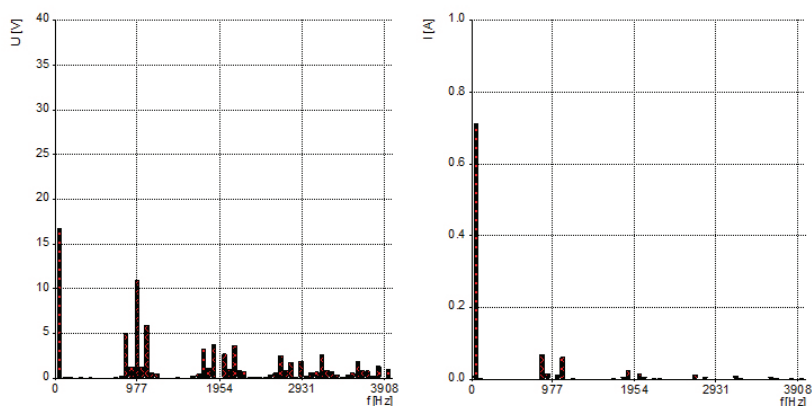
Slika 9.20. Način spajanja didaktičke opreme.

S nabavljenom didaktičkom opremom predlažu se pokusi kojima se snimaju karakteristični valni oblici struja i napona trošila, tj. valni oblici faznog nefiltriranog i faznog filtriranog napona, kao i valni oblici struje jedne faze trošila pri dvjema različitim sklopnim frekvencijama upravljačkih krugova izmjenjivača i pri različitim modulacijskim tehnikama upravljanja MOSFET-ima izmjenjivača, slika 9.21. Najčešće primjenjivana modulacijska tehnika, s obzirom na jednostavnost projektiranja upravljačkih krugova je sinusno pulsno-širinska modulacija (SPWM). Također, preporučuje se i provođenje harmonijske analize faznog napona i fazne struje trošila, slika 9.21. Provođenje harmonijske analize softverski je ugrađeno u opremu kroz virtualne valne analizatore i vrlo je korisno jer su valni analizatori skupa mjerna oprema koja je vrlo osjetljiva za rad u smislu zahtjevnosti odabira parametara za izbor periodičkog prozora za provođenje brze Fourierove transformacije na kojoj se bazira harmonijska analiza.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA



Slika 9.21. Valni oblici faznog napona (plavo) i fazne struje (zeleno) SPWM pri frekvenciji sklapanja $f_s=977\text{Hz}$ (lijevo) i $f_s=7810\text{Hz}$ (desno)



Slika 9.22. Spektralna analiza faznog napona (lijevo) i fazne struje (desno) SPWM pri frekvenciji sklapanja od $f_s=977\text{Hz}$

Poznavanje harmonijskog sadržaja faznih struja i napona trošila pri korištenju različitih modulacijskih tehnika, kao i odabranih sklopnih frekvencija, omogućuje korisnicima provođenja pokusa stjecanje osnovnih znanja iz područja energetski učinkovitog upravljanja izmjeničnih strojeva kao i stjecanju znanja o napajanju izmjeničnih trošila iz OIE kao što su FN moduli i gorivne ćelije.

10 PROCJENA UTJECAJA POTENCIJALNIH ULAGANJA U OBNOVLJIVE IZVORE I ENERGETSKU UČINKOVITOST

VIKTOR VARJÚ, PÉTER PÓLA, DANIJEL TOPIĆ, RÉKA HORECKI

Cilj je ovog poglavlja dati pregled o utjecajima koje treba uzeti u obzir kada kreatori politika ili donositelji odluka planiraju povećati udio obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitost. U ovom poglavlju, osim nove analize, vraćamo i vrednujemo analizu napravljenu u Pelin et al. (eds. 2014).

Ono što ovdje razmatramo nije metoda ili alat za procjenu potencijalnog korištanja obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti nego je cilj dati čitatelju okvir za buduća razmišljanja o tome što može biti važno u ruralnim i ponekad depresivnim područjima.

10.1 TEORIJSKI OKVIR ZA PROCJENU ODRŽIVOSTI

Kao što je pokazao Gibson (2013), razlog za procjenu održivosti je očit: ono što radimo Zemlji uništava ju (Gibson 2013:3). Svakako, procjena održivosti ne bi trebala uzeti u obzir samo one negativne učinke, nego treba uzeti u obzir također i pozitivne učinke.

U svom radu, Gibson (2013) definira osam zahtjeva za progres prema održivosti (Tablica 10.1) koji mogu biti teorijski okvir za procjenu održivosti.

Tablica 10.1. Osam zahtjeva za progres prema održivosti

Zahtjev	Opis
Integritet društveno-ekoloških sustava	Izgraditi ljudsko-ekološke odnose koji uspostavljaju i održavaju dugoročni integritet socio-biofizikalnih sustava i štite nezamjenjive životne funkcije o kojima ovisi ljudska i ekološka dobrobit.
Dostupnost i prilika za život	Osigurati da svatko i svaka zajednica imaju dovoljno za pristojan život i prilike da traže poboljšanja na način koji ne ugrožava mogućnosti budućih generacija za dostatnošću i prilikama.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Međugeneracijska jednakost	Osigurati da se dostatnost i učinkoviti izbori za sve traže na način da se smanje opasni nedostaci u dostatnosti i prilikama (i zdravlju, sigurnosti, socijalnom prepoznavanju, političkom utjecaju itd.) između bogatih i siromašnih.
Međugeneracijska jednakost	Favorizirajte sadašnje mogućnosti i aktivnosti koje će najvjerojatnije sačuvati ili poboljšati prilike i mogućnosti budućih generacija da žive održivo.
Održavanje resursa i učinkovitost	Osigurati veću osnovu za osiguranje održivih životnih sredstava za sve, istovremeno smanjujući prijetnje dugoročnom integritetu društveno-ekoloških sustava smanjivanjem oštećenja, izbjegavanjem otpada i rezanjem cjelokupne materijalne i energetske potrošnje po jedinici koristi.
Socio-ekološka uljudnost i demokratsko upravljanje	Izgraditi sposobnost, motivaciju i uobičajenu sklonost pojedinaca, zajednica i drugih kolektivnih tijela za odlučivanje kako bi primijenili načela održivosti kroz otvorenije i bolje informirane rasprave, veću pozornost na poticanje uzajamne svijesti i kolektivne odgovornosti te integriranije korištenje administrativnih, tržišnih, uobičajenih, kolektivnih i osobnih praksa donošenja odluka.
Mjere opreza i prilagodbe	Poštujte neizvjesnost, izbjegavajte čak i slabo razumljive opasnosti od ozbiljne ili nepovratne štete na temeljima održivosti, planirajte učiti, budite spremni na iznenađenje i prilagodbu.
Neposredna i dugoročna integracija	Pokušajte ispunjavati zahtjeve za održivost zajedno kao skup međusobno ovisnih dijelova, tražeći uzajamne potporne prednosti.

Izvor : Gibson et al. 2005: ch.5 in Gibson 2013: p.8.

U njegovom citiranom radu, osim referiranja (u njegovom drugom zahtjevu) na klasičnu definiciju održivosti danu od *Brundtland Committee* (WCED 1987), Gibson (2013) se fokusira na društvo (ili nekada na društveno-ekološki sustav) kao jezgreni element njegove teorije. Uzimajući u obzir prethodno spomenuti okvir u narednim dijelovima koristimo klasičnu 3E (*Equity*=jednakost, *Economy*=ekonomija, *Environment*=okoliš) klasifikaciju za uzimanje u obzir različitih elemenata gore spomenutih načela održivosti.

10.2 DRUŠTVENI UTJECAJI

Ako su društveni utjecaji razvojnog projekta ignorirani (uključujući pozitivne i negativne učinke investicija u OIE) ekonomska prednost često nastaje samo ograničenoj skupini dionika ostavljajući šire utjecaje na rješavanje drugima (Balkau et al. 2017).

Stoga, kada uzimamo u obzir utjecaj korištenja OIE postaje neizbježno važno voditi računa o procjeni širih društvenih utjecaja bez obzira bili oni pozitivni ili negativni. Konkretnije, bitno je ispitati ulaganja u obnovljivu ili sunčevu energiju kako bi procijenili kako njihova komunikacija utječe na određenu društvenu skupinu i na koji način takva komunikacija utječe na odluke koje se odnose na obnovljivu/sunčevu energiju dotične skupine. (Socijalni uvjeti za ulaganja u sunčevu energiju izneseni su u ranijem djelu pod nazivom "Napenergia és környezet" (Varjú 2014), tj. „Sunčeva energija i okoliš“.

Prelazak na niskouglijične sustave zahtijevat će djelovanje na više razina (Britton 2018). Kao što je formulirao Csizmadia (2008), „Postojanje, nedostatak, broj, sastav, primjenjivost i vrijednost društvenih odnosa imaju temeljni utjecaj na svakodnevni život pojedinca ili zajednice“ (Csizmadia 2008:27), po kojima ti čimbenici imaju važne implikacije za širenje ekološki svjesnih uzoraka, uključujući i unaprjeđenje investicija u OIE/sunčevu energiju (uz ekonomske i druge okvirne uvjete) (Varjú (ur.) 2014). Posljedično, tamo gdje postoje intenzivni društveni odnosi (npr. tipično interakcija između malih skupina ili između malih zajednica), ulaganja u sunčevu energiju pojedinih sudionika značajnije utječu na odluke drugih aktera.

Britton (2018) tvrdi da će važnost općina u energetsom sektoru zapravo rasti, a ne opadati (Britton 2018:378.). U RuRES projektu u našim empirijskim istraživanjima istražili smo motive odnosa među općinama, lokalnim vlastima. Ovdje bismo željeli znati kako pojedine organizacije utječu jedna na drugu kroz širenje i razmjenu njihovih dobrih praksi. Glavna osobina navedenih odnosa je njihova *ad hoc* priroda. U slučaju da bilo kakva vijest dođe u posjed lokalnih vlasti, oni mogu odlučiti da se upita o njoj, lokalne uprave zadužene za provedbu pružaju informacije, ali ovdje se ne mogu identificirati efekti aktivnih/umreženih odnosa, koji su prisutni u gore navedenoj poslovnoj sferi.

Lokalne vlasti imaju relativno značajan utjecaj na stanovnike. Razvoj naselja uvelike ovisi o osobnoj sposobnosti donositelja odluka, voditelja naselja ili interesnoj skupini lokalnih aktera. „U relativno velikim naseljima uvijek postoji složena organizacijska baza koja je prisutna u pozadini osobnog dominantnog utjecaja.“ „Što je manje selo, to njegov uspjeh više ovisi o određenoj lokalnoj vlasti, o mogućnostima gradonačelnika i njegovih/njezinih ambicija.“ „Što je niža razina razvoja, to je odlučujuća uloga pojedinca“ (Varjú 2014).

Mislili smo da ruralni stanovnici – ili koji tamo rade ili imaju svakodnevnu interakciju – mogu govoriti o glavnim problemima i razvojnim mogućnostima sela. Važan lokalni igrač (tj. gradonačelnik) može odrediti organizaciju seoskog stanovništva/seoskog društva čiji stav, kvalifikacija, odluka i težnja mogu utjecati na mišljenje stanovnika (Ragadics 2010). Za mala sela važna je uloga i odgovornost donositelja odluka. Glavna obilježja seoskog društva – poglavito u županiji Baranye – su pesi-

mizam, nedostatak motivacije, osjećaj ranjivosti i degradacija vještina samopomoći (Bognár-Csizmadý 2005). Stanovništvo sela glasovalo je za gradonačelnika, pa mislimo da je on glavni lokalni ugled, legitimitet.

Jedan od primjera dobre prakse u kojoj je lokalna vlast preuzela inicijativu o ulaganjima u obnovljive izvore energije je grad Güssing u Austriji. Prema (Tajmel 2018) općina Güssing bila je najsiromašnija općina u Austriji sa sljedećim problemima: male strukturirane poljoprivrede, loša prometna infrastruktura, 45 godina pored željezne zavjese, bez industrije, visoka stopa nezaposlenosti, 70% putnika i visoka stopa migracije. Kako bi se riješili ovi problemi, sljedeće strategije su prihvaćene: mjere za povećanje energetske učinkovitosti, proizvodnja energije iz lokalnih obnovljivih izvora energije (biomasa, solarna energija), osnivanje Europskog centra za obnovljive izvore energije Güssing (EEE – *Europäisches Zentrum für Erneuerbare Energie Güssing*) i osnivanje Centra za tehnologiju. Glavna ideja navedenih strategija je decentralizirana lokalna proizvodnja energije iz postojećih regionalnih obnovljivih izvora energije. „Cilj je neovisnost o fosilnim gorivima kako bi se ojačala regionalna dodana vrijednost! Ova se strategija može individualno prilagoditi gdje god su dostupni resursi“ (Tajmel 2018).

Od 1990. započeli su s mjerama za povećanje energetske učinkovitosti i počeli s proizvodnjom topline iz biomase. Od 2001. godine započela je proizvodnja električne energije iz biomase i sunčeve energije. Početak istraživanja i projekta te osnivanje novog istraživačkog instituta započelo je 2008. godine. Još jedan dobar primjer je sustav daljinskog grijanja Güssinga koji je započeo 1996. godine i kontinuirano razvija toplinsku mrežu (više od 35 km). Lokalni stanovnici opskrbljuju ovaj sustav vlastitom biomasom, a dio računa za grijanje može se platiti u biomasi.

Prema (Tajmel, 2018), u Güssingu je u 2010. godini ukupna potražnja za toplinskom energijom iznosila 60 GWh, za električnom energijom 50,2 GWh i za gorivima 29 GWh. Ukupna proizvodnja u 2011. godini iz lokalnih obnovljivih izvora energije (4 toplane na biomasu 3 kogeneracijske elektrane) bila je 72 GWh toplinske energije što je 120% ukupne potražnje u 2010. Proizvodnja električne energije iz lokalnih obnovljivih izvora energije (3 kogeneracijske elektrane i FN sustavi) iznosila je 100 GWh, što je 200% ukupne potražnje u 2010. godini. Pored toga, u 2011. godini proizvedeno je 8,4 GWh sintetičkog prirodnog plina, što je 29% ukupne potražnje za gorivom u 2010. godini.

Sumirajući prethodno spomenuto i rad Pálvölgyi i kolega (2014) te prolazeći kroz kriterije postavljene od strane (Pálvölgyi et al. 2014:191) te na temelju prethodnih iskustava istraživanja fotonaponskih sustava, možemo procijeniti društvene utjecaje kako slijedi:

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA RURALNA PODRUČJA

Tablica 10.2. Potencijalni utjecaji korištenja FN sustava na društvo.

Određeni društveni pokazatelj	Očekivani učinak
Ljudsko zdravlje	Minimalni učinak (pogledajte detalje u analizi životnog ciklusa)
Kvaliteta života	Zbog osjećaja neovisnosti za sustav opskrbe, nema ili je minimalan učinak.
Edukaciju, kvalificiranost, znanje	Pozitivni učinak, uključivanje studenata u istraživačke zadatke u svrhu širenja rezultata istraživanja.
Javna svijest, pristup, predstavljanje dobrih primjera	Pozitivan
Ublažavanje socijalnih nejednakosti	Negativni utjecaj: pristup fotonaponskim sustavima moguć je uglavnom imućnim ljudima, a uštede koje proizlaze iz korištenja takvih sustava također pridonose njihovim koristima, stvarajući tako mogućnost daljnjeg povećanja socijalnih nejednakosti.
Unaprjeđivanje suradnje između društvenih čimbenika, jačanje kohezije	Pozitivan utjecaj: vidi npr. rezultate trenutnih IPA-e
Sprječavanje migracija (stvaranje novih radnih mjesta)	Bez utjecaja: učinak stvaranja radnih mjesta fotonaponskih sustava ne pojavljuje se u određenim regijama (detaljnije vidjeti u poglavlju o regionalnim utjecajima)
Suzbijanje energetske siromaštva	Pozitivan utjecaj: obnovljivi izvori energije koji još nisu iskorišteni integriraju se u energetske sustave

Izvor: Vlastita izrada na temelju indikatora Pálvölgyi et.al. (2014)

Kao što se vidi u radu Pálvölgyi i kolega, obnovljivi izvori energije imaju pozitivan učinak na kvalitetu života. Bailis (2011) nadalje tvrdi da energija igra ulogu u olakšavanju individualnog i kolektivnog blagostanja. Jednostavna argumentacija je da se za gospodarsku aktivnost zahtijevaju određeni oblici energije i da takva aktivnost doprinosi bogatstvu (Bailis 2011). Nastavljajući s tom perspektivom, oni alati koji se mogu samostalno koristiti, a posebice proizvodnja energije iz obnovljivih (i lako dostupnih) izvora, mogu osobito pomoći u siromašnim ruralnim područjima. Takav alat može biti solarni punjač za mobilni telefon koji koristi sunčevu energiju za punjenje (slika 10.1).

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA



*Slika 10.1. Solarni punjač za mobitele – promotivni materijal projekta
Izvor: fotografija autora*

EU želi promovirati shemu *Smart Village* (Pametna sela) kako bi osigurala resurse za lokalitete koji nemaju pristup ili imaju ograničen pristup infrastrukturi.

Program *Smart Village* ima za cilj poboljšati kvalitetu života naselja izvan grada, uglavnom na području gospodarstva, obrazovanja, upravljanja energijom, digitalizacije, mobilnosti i zdravstvene zaštite, promicanjem visokotehnoloških i društvenih sredina.

Istina je da koncept pametnog sela i praktični primjeri imaju samo jedan element u intenziviranju korištenja obnovljivih izvora energije i okretanja pametnim rješenjima kako bi se povećala energetska učinkovitost, ali u programu pametnog sela pametna energetska rješenja uzimaju najveći element. Smatramo da rješenja pametnog sela mogu biti vrlo zanimljiva za RuRES projekt, mogu se primijeniti neka korisna rješenja, prilagodljiva na području RuRES projekta.

Glavno pitanje upravljanja energijom u budućnosti je način na koji smo dobili na održivosti. Postoje dva načina. Tradicionalna rješenja (*low tech*) i visoko tehnološka rješenja (*high-tech*). Postoji nekoliko primjera koji nam pokazuju da tehnološka rješenja u sebi nisu uvijek korisna jer ih ljudski faktor ne može zanemariti. Vidi, npr. „Jevons paradoks“: korištenje tehničkih rješenja ne događa se s očekivanim stupnjem smanjenja utjecaja na okoliš.

Koncept pametnog sela može biti uspješan samo ako se znatno razvijaju stavovi i znanje društva. To zahtijeva različite programe kao što je RuRES.

10.3 UTJECAJI NA OKOLIŠ

Dizajn elektrane – bez obzira je li njegov izvor obnovljiv ili ne – zahtijeva poseban naglasak na određenim čimbenicima, kao što je odabir odgovarajućeg zemljišta za izgradnju, procjena utjecaja na okoliš, npr. krajobrazne učinke, vidljivost u pogledu lokalnog krajolika i prirodne baštine, nadalje je potrebno osigurati da lokalna zajednica može formulirati svoje stavove o izgradnji planirane elektrane (Hartung 2014).

Za zaštitu imovine postavlja se ograda oko granice zemljišta koja također ima utjecaj na okoliš, pa stoga treba obratiti pozornost na visinu i nepropusnost ograde. Primjena svijetlih boja je neizvediva. S obzirom na spoj s mrežom razumno je uzeti u obzir vidljivost visokonaponskih vodova (Hartung 2014).

Zapravo, postoje dokazi da je stopa rasta atmosferskog ugljičnog dioksida jednaka stopi rasta uporabe fosilnih goriva koja je dosegla najviše razine od industrijalizacije. Zbog velikih sječa prašuma započetih 1970., koncentracija atmosferskog ugljičnog dioksida i dalje se u velikoj mjeri povećava (Canadell i sur. 2007; Le Quéré et al. 2009). U korištenju obnovljivih izvora energije može se očekivati minimalna ili niska emisija ugljičnog dioksida. Rasprostranjenost uporaba tih tehnologija može ublažiti tendencije eskalacije emisija ugljičnog dioksida (Hartung 2014).

10.4 EKONOMSKI UTJECAJ

Bez obzira na to opskrbljuju li kućanstva i/ili poslovne energetske komplementarne subjekte, proizvode energiju za prodaju, sustavi obnovljivih izvora energije (OIE) smatraju se važnim lokalnim energetske izvorima i kao takvi mogu imati pozitivan utjecaj na razvoj određene regije. Instaliranje takvih sustava i/ili investicija u OIE mogu se odvijati u urbanim regijama uz autoceste i u nerazvijenim periferijskim ruralnim regijama.

Premda bi izgradnja takvih sustava u urbanim regijama (i u razvijenim ruralnim regijama ili u područjima koja imaju potencijal za razvoj) bila opravdana, u određenim aspektima, inovativni razvoj u gospodarstveno slabije razvijenim ruralnim

područjima ima relativno veću marginalnu korist. U ruralnim regijama s nedostatkom resursa, svaki (održivi) razvoj, a posebice ulaganja inovativne prirode su od iznimne važnosti, iako su njihove mogućnosti stvaranja radnih mjesta zanemarive. Na temelju urbaniteta i ruraliteta ne može se otkriti nikakva razlika s obzirom na trenutno raspoložive količine alternativne energije, uključujući i sunčevu energiju. Ruralni razvoj mora se usredotočiti na razvoj samodostatnosti u ruralnim područjima, čiji je ključan dio naglašavanje uloge alternativne proizvodnje energije. Postoji snažna korelacija između ruralnog razvoja i decentralizirane proizvodnje energije. Decentralizirana proizvodnja energije podrazumijeva korištenje lokalnih sirovina, lokalne radne snage i lokalnih ulaganja, a prema mnogima, gradnja (zelene) zemlje počinje u selima.

Što se tiče učinkovitosti iskorištavanja energije, najgora situacija se može naći u ruralnim područjima. To je vrlo važno pitanje za nadoknađivanje pristupa isključivog razmišljanja u kontekstu velikih sustava opskrbe. Umjesto toga, bitno je stvoriti ravnotežu između malih elektrana i velikih opskrbnih sustava. Jedan aspekt gornje ravnoteže predstavljen je puštanjem u pogon elektrana na OIE, tj. nastankom lokalnih elektrana u ruralnim područjima. Energetska racionalizacija, uz očuvanje održivosti okoliša, također osigurava održivi gospodarski razvoj pa se OIE svakako mogu smatrati razvojem koji je u skladu s interesima zajednice.

Izuzetno važan aspekt koji treba uzeti u obzir u vezi s ruralnim razvojem jest osigurati da izgradnja OIE ne bi trebala rezultirati ograničavanjima korištenja zemljišta. U tom kontekstu, povoljna je situacija stvorena činjenicom da se proizvodnja električne energije iz fotonaponskih sustava može kombinirati s nekoliko drugih metoda proizvodnje (pojačanje čvrstoće tla, rekultivacija, pašnjaci, pčelarstvo, vinogradarstvo, hortikultura itd.). Potražnja za zemljištem koje se koristi ovim investicijama može također doseći visoku razinu, ali zbog navedene posebnosti, takva visoka potražnja ne predstavlja prepreke investicijama s obzirom na brzinu inovacija, i u budućnosti će se vjerojatno vidjeti smanjenje specifične potražnje za korištenjem zemljišta. Možda je važno staviti posebnu pozornost na svjesno oblikovanje sustava OIE gdje se uzima u obzir i sekundarna upotreba zemljišta.

Fotonaponski sustavi i solarni kolektori izgrađeni u regiji vjerojatno će ponuditi mogućnosti lokalnim tvrtkama: inovativno okruženje može promicati razvoj, sinergijski učinci i pozitivne vanjske posljedice, poduzetnički umovi i poduzetnička kultura mogu se razviti u susjedstvu uspješnog i inovativnog poslovnog poduhvata, i sve to posredno stvara potencijal za oporavak tržišta rada.

Paralelno s mogućnostima, postoji niz problema na kojima treba raditi. Čini se da je ekonomska održivost lokalnih vlasti nestabilna, dok u isto vrijeme naselja daju posebnu pozornost lokalnom gospodarskom razvoju (Mezei 2008). Elementi održivosti nemaju jednaku težinu u konceptima orijentacije zadataka lokalnih vlasti. U kontekstu regionalnog razvoja, projekti vezani uz proizvodnju energije obično mogu

postati uspješni ako se promatraju kao elementi koji čine dio dobro osmišljenog kompleksnog sustava razvoja i ako se ne očekuju kratkoročni visoki prinosi. S obzirom na tehnološku intenzivnost inovativnih industrija, OIE obično zahtijevaju samo nisku razinu sudjelovanja radne snage, dok istodobno i lokalne vlasti i razvojna politika nacionalne vlade često daju prednost podršci koju donose glavni poslodavci.

Širenje obnovljivih izvora energije prvenstveno ovisi o promjenama u obrascu tržišta energije fosilnih goriva pa je uspjeh OIE i njihov utjecaj na neku regiju kratkoročno i srednjeročno rizičan.

Drugo pitanje zabrinutosti jest činjenica da članovi lokalnih zajednica izgleda nisu spremni na prilagodbu alternativnim i inovativnim rješenjima, stoga postaje potrebno ne samo oblikovanje javne percepcije o OIE nego i razvoj shema pomoći. Nakon što je korištenje OIE postalo uobičajeno među lokalnim vlastima, poduzetnicima i lokalnim stanovništvom, u vrijeme gradnje, poduzetnici koji se bave izvršavanjem relevantnih radnih procesa vidjet će privremeni uspon. Drugi problem je u tome što gore spomenute tvrtke nisu nužno (obično ne) lokalni poduzetnici.

11 ZAKLJUČAK

RuRES projekt nastao je kao nastavak suradnje između projektnih partnera. Prva zajednička suradnja između triju partnera započela je još 2010. godine kroz projekt UNIREG-IMPULSE koji je sufinanciran u okviru programa IPA programa prekogranične suradnje Mađarska-Hrvatska 2007. – 2013. Suradnja između FERIT-a i MTA KRTKT nastavila se kroz projekt REGPHOSYS sufinanciran u sklopu IPA II programa prekogranične suradnje Hrvatske i Mađarske 2007. – 2013. koji je za opći cilj imao razvoj konfiguracije optimalnog fotonaponskog sustava za klimatske uvjete prekograničnog područja te istraživanje utjecaja fotonaponskih sustava na elektroenergetski sustav, ekonomiju i okoliš.

Glavna tri cilja RuRES projekta su: razvoj tipičnih sustava za opskrbu energijom koji koriste obnovljive izvore energije u ruralnim područjima; mjere i preporuke za poboljšanje energetske učinkovitosti i gospodarenja otpadom u ruralnim područjima, istraživanje ekonomskih, društvenih i ekoloških (okolišnih) utjecaja obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti u ruralnim područjima prekogranične regije. Kratkoročna perspektiva projekta je diseminacija informacija o obnovljivim izvorima energije, energetske učinkovitosti i održivom gospodarenju otpadom u ruralnim područjima prekogranične regije. Dugoročna perspektiva projekta je povećanje korištenja obnovljivih izvora energije, poboljšanje energetske učinkovitosti, održivo gospodarenje otpadom te smanjenje korištenja fosilnih goriva, smanjenje emisija stakleničkih plinova te troškova za energiju. Specifični ciljevi su proširenje inovacijske i istraživačke mreže u prekograničnom području, razvoj tipičnih sustava za napajanje energijom iz obnovljivih izvora energije za specifične uvjete u ruralnim područjima te suradnja između institucija uključenih u projekt.

RuRES projekt službeno je započeo 1. rujna 2017. godine, a praktično je započeo „kick-off sastankom 20. rujna 2017. koji je održan u Pečuhu. Na projektnom sastanku definirani su planovi kao i obveze među projektnim partnerima kako bi se projekt uspješno realizirao. Prva aktivnost u realizaciji projekta bio je studijski posjet općini Gussing (Austrija). Gussing je općina koja svoje energetske potrebe pokriva iz lokalno dostupnih obnovljivih izvora energije. Cilj studijskog posjeta bio je vidjeti primjere dobre prakse u iskorištavanju lokalno dostupnih obnovljivih izvora energije te steći iskustva koja će se koristiti za prekogranično područje Hrvatske i Mađarske. Osim posjeta Gussingu, dio članova RuRES projekta bio je na studijskom posjetu Koprivnici gdje su vidjeli primjere dobre prakse iz područja energetske učinkovitosti.

Tijekom trajanja projekta članovi projektnih timova redovito su održavali projektne sastanke. Na projektnim sastancima su se prezentirali ostvareni rezultati te su se pravili planovi za realizaciju budućih projektnih aktivnosti. Ukupno je tijekom projekta održano 6 projektnih sastanaka. Svaki projektni partner organizirao je po dva

projektna sastanka. Kroz RuRES projekt projektni članovi su prikupili relevantnu literaturu iz području obnovljivih izvora energije te energetske učinkovitosti. Prikupljeni su podaci o potencijalu obnovljivih izvora energija u prekograničnom području Hrvatske i Mađarske.

FERIT je kroz RuRES projekt nabavio vrijednu istraživačku i demonstracijsku opremu koju je iskoristio za istraživanja tijekom projekta, ali koja će se koristiti i u budućim znanstvenim istraživanjima. Ova oprema korištena je za istraživanja na temelju kojih su napisani znanstveni radovi. Oprema je također iskorištena i za potrebe radionica i treninga organiziranih u okviru projekta.

Kroz projekt su održane tri jednodnevne radionice kroz koje su lokalnim dionicima predstavljene osnovne karakteristike obnovljivih izvora energije i mjera energetske učinkovitosti te su im predstavljeni primjeri dobre prakse. Svaki projektni partner organizirao je po jednu radionicu. Također, svaki projektni partner organizirao je po jedan dvodnevni trening za lokalne dionike na temu obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti u funkciji ruralnog razvoja. Sudionici radionica i treninga dobili su nova znanja te su unaprijedili vlastite kompetencije u području obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti. Predstavljeni su im primjeri dobre prakse korištenja obnovljivih izvora energije i primjene mjera energetske učinkovitosti.

Na temelju istraživanja provedenih u okviru projekta izrađeni su znanstveni radovi koji su objavljeni na međunarodnim znanstvenim konferencijama i međunarodnim časopisima. U svrhu diseminacije projekta i promocije korištenja obnovljivih izvora energije organizirana su predavanja te okrugli stolovi. U okviru 9. međunarodnog skupa o prirodnom plinu, toplini i vodi (PLIN2018) održanom u Osijeku, organiziran je okrugli stol na temu Obnovljivi izvori energije i mjere energetske učinkovitosti u funkciji ruralnog razvoja. Na okruglom stolu sudionicima međunarodnog skupa predstavljen je RuRES projekt te su prezentirani rezultati istraživanja. U okviru međunarodne konferencije Smart Systems and Technologies 2018 (SST2018) održanoj u Osijeku organiziran je okrugli stol na temu Pametna energija u ruralnim područjima. Kroz okrugli stol Pametna energija u ruralnim područjima sudionicima konferencije predstavljen je projekt RuRES. Članovi projektnog tima sudjelovali su i prezentirali radove na međunarodnim konferencijama: Socioekonomski, okolišni i regionalni aspekti kružne ekonomije održanoj u Pečuhu, 9. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi (PLIN2018) održanoj u Osijeku, Pametni sustavi i tehnologije (SST2018) održanoj u Osijeku, Mediteranskoj konferenciji o proizvodnji, prijenosu, distribuciji i pretvorbama energije (MEDPOWER2018) održanoj u Cavtatu.

Kao jedan od glavnih ishoda projekta je i ova trojezična knjiga koja sumira glavne rezultate projekta. U uvodnom dijelu knjige opisani su osnovni temelji za nastanak projekta kao i osnovni ciljevi i izazovi. U drugom poglavlju prikazan je geografski opis istraživačkog prekograničnog područja. Treće poglavlje opisuje rezultate proved-

nih anketa i istraživanja među stanovništvom u ruralnim područjima prekogranične regije o stavu i prihvatljivosti o obnovljivim izvorima energije i energetske učinkovitosti. Istraživanja o utjecaju OIE na multifunkcionalne ruralne ekonomije i strategije ruralnog razvoja opisana su četvrtom poglavljem. Potencijal obnovljivih izvora energije u prekograničnoj regiji kao i model koji pomaže lokalnim dionicima u odlukama o investiranju u obnovljive izvore energije opisani su petom poglavljem. Detaljan opis tehnologija za korištenje obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne i toplinske energije prikazan je u šestom poglavljem. Set preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti u prekograničnom području opisan je sedmom poglavljem, dok su u osmom poglavljem opisani koncepti primjene obnovljivih izvora energije u ruralnim područjima. U devetom poglavljem opisani su primjeri dobre prakse, u desetom je opisan razvijeni model, dok su u jedanaestom poglavljem opisani rezultati istraživanja utjecaja potencijalnih investicija u obnovljive izvore energije i energetske učinkovitost na ruralni razvoj.

12 LITERATURA

- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., ... Koja-ković, A. (2009). *Priručnik za bioplin*. Zagreb: Energetski institut Hrvoje Požar .
- Baggini, A. B. (2008). *Handbook of Power Quality*. UK: John Wiley and Sons.
- Buderus. (2007). *Solarna tehnika Logasol za pripremu potrošne tople vode i podršku sistemu grijanja*.
- Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., & Beaty, H. W. (2002). *Electrical Power Systems Quality*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- EKO-PULS d.o.o, Toplinske pumpe. (n.d.).
- Energy Efficiency and Renewables Supporting Policies in Local level for energy. (2012). *A megújuló energiaforrások kézikönyve*.
- European comission. (2007). 2020 climate & energy package. Retrieved July 3, 2018, from https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en
- European comission. (2017). *EU energy in Figures - Statistical Pocketbook 2017*. <https://doi.org/10.2833/16497>
- European Commission. (2016). 2030 climate & energy framework | Climate Action. Retrieved March 23, 2017, from https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en
- European Parliament. (2009). Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009. *Official Journal of the European Union*, 140(16), 16–62. https://doi.org/10.3000/17252555.L_2009.140.eng
- Feracci, P. C. (2001). *Technique no. 199 – Power Quality*. Schneider Electric.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). *Spatial wood-fuel production and consumption analysis applying the Woodfuels Integrated Supply/ Demand Overview Mapping (WISDOM) methodology*.
- Grozdek, M. (2015). *Tehnoekonomska analiza primjene dizalice topline. IPA project, GeothermalMapping*.
- Guzović, Z., & Soldo, V. (n.d.). *Geotermalna energija i dizalice topline*. Zagreb.
- HRN EN 50160:2012 (2012).
- Hrvatska poljoprivredna agencija. (2016). *Govedarstvo (Cattle Breeding)*.
- Hrvatska poljoprivredna agencija. (2017). *Perad (Poultry)*.
- Hungarian Investment and Trade Agency. (2014). Hungarian Investment Projects - Energy Sector and Renewable Energy. Retrieved July 17, 2018, from http://www.mfa.gov.hu/NR/rdonlyres/A90F30C3-2F81-4CA8-96B1-0461F8FAC67C/0/RENEWABLE_ENERGY_HIP_.pdf

- International Renewable Energy Agency. (2012). *Renewable Energy Cost Analysis: Biomass for Power Generation*, 1(5).
- International Renewable Energy Agency. (2015). *Renewable Power Generation Costs in 2014*.
- Ivanović, M., & Glavaš, H. (2013). *Potencijali i mogućnosti iskorištenja biomase ratarske, voćarske i vinogradarske proizvodnje na području regije Slavonije i Baranje*.
- Jäger-Waldau, A. (2013). *PV status report 2013*. Publications Office.
- Jäger-Waldau, A. (2016). *PV status report 2016*.
- Jäger-Waldau, A. (2010). *PV status report 2010 : research, solar cell production and market implementation of photovoltaics*. Office for Official Publications of the European Community.
- Jäger-Waldau, A. (2011). *PV status report 2011 : research, solar cell production and market implementation of photovoltaics*. Office of Official Publications of the European Communities.
- Jäger-Waldau, A. (2012). *PV status report 2012 : research, solar cell production and market implementation of photovoltaics*. Publications Office of the European Union.
- Jäger-Waldau, A. (2014). *PV status report 2014*. Publications Office.
- Jelić, K., Kevrić, I., & Krasić, O. (1995). Temperatura i toplinski tok u tlu Hrvatske. In *1. Hrvatski geološki kongres* (pp. 245–249).
- Klaić, Z., & Primorac, M. (2017). Impact of Renewable Energy Sources on the Electricity Network - Practical Examples. In *Zbornik radova s 13. savjetovanja HRO CIGRE*. Šibenik.
- Klaić, Z., Primorac, M., Topić, D., & Knežević, G. (2018). Impact of Distributed Generation on Power Quality in Distribution Network - Experience from Eastern Croatia. In *The 11th Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion*. Cavtat.
- Klaić, Z., Šljivac, D., Primorac, M., Topić, D., & Stojkov, M. (2018). Impact of Biogas Power Plants Production on Power Quality in Eastern Croatia. In *9th International Natural Gas, Heat and Water Conference Plin 2018*,. Osijek.
- Központi Statisztikai Hivatal. (2016). *Magyarország, 2016*.
- Központi Statisztikai Hivatal. (2018). *A KSH kiadványkatalógusa*.
- Kühner, S. (2013). *Feedstock costs*.
- Lechtenböhmer, S., Prantner, M., Schneider, C., Fülöp, O., & Sáfián, F. (2016). *Alternative and Sustainable Energy Scenarios for Hungary*. Retrieved from <https://www.energiaklub.hu/files/study/ASES-ENG.pdf>

- Marčetić, M., Fekete, K., Knežević, G., & Klaić, Z. (2018). Vrijeme povrata ulaganja u kućne fotonaponske sustave - utjecaj troškova održavanja (Payback period for household photovoltaic systems - impact of maintenance cost). In 27. *Međunarodni znanstveno-stručni skup „Organizacija i tehnologija održavanja“ OTO 2018. - 27th International Scientific and Professional Conference „Organization and Maintenance Technology“ OTO 2018.* Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija (FERIT).
- MEKH. (2016). *Magyarország geotermikus felmérése 2016.*
- Novine, N. Mrežna pravila elektroenergetskog sustava (2006). Croatia.
- Oktatási Hivatal. (2018). Magyarország geotermikus adottságai, a hazai hévízhatszorosítás.
- Pascual Peña, J. A. (2011). Bubbling Fluidized Bed (BFB), When to use this technology? In *IFSA 2011, Industrial Fluidization South Africa*. Johannesburg, South Africa.
- Potencijal obnovljivih izvora energije u Osječko-baranjskoj županiji. (2013). Retrieved July 16, 2018, from http://www.door.hr/wp-content/uploads/2016/01/REPAM_studija_14_osjecko-baranjska.pdf
- PV GIS. (2018). Retrieved from <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- Samadi, S., & Sascha. (2017). The Social Costs of Electricity Generation—Categorising Different Types of Costs and Evaluating Their Respective Relevance. *Energies*, 10(12), 356. <https://doi.org/10.3390/en10030356>
- Stryi-Hipp, G. (2016). *Renewable Heating and Cooling - Technologies and Applications*. Woodhead Publishing.
- Swider, D. J., Beurskens, L., Davidson, S., Twidell, J., Pyrko, J., Prügler, W., ... Skema, R. (2008). Conditions and costs for renewables electricity grid connection: Examples in Europe. *Renewable Energy*, 33(8), 1832–1842. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2007.11.005>
- Šljivac, D., Stojkov, M., Markanović, K., Topić, D., Janković, Z., & Hnatko, E. (2012). Energetska učinkovitost rasplinjavanja drvene biomase u proizvodnji električne energije. In *Proceedings of the 3rd International Natural Gas, Heat and Water Conference*. Osijek.
- Šljivac, D., & Topić, D. (2018). *Obnovljivi izvori energije*. Osijek: FERIT Osijek.
- Tržište, E. (2013). Strujaplin. Retrieved September 13, 2018, from <https://strujaplin.com/energetsko-trziste/potrosnja-struje>
- UNDP. (2008). *Priručnik za energetske savjetnike*. (V. Zank, Ed.) (1st editio). Zagreb: Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj.

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA

- Vuk, B., Vukman, S., Karan, M., Fabek, R., Živković, S., Maričević, M., ... Jurić, Ž. (2010). *Energija u Hrvatskoj 2010*. Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva RH.
- Vuk, B., Vukman, S., Karan, M., Fabek, R., Živković, S., Maričević, M., ... Jurić, Ž. (2011). *Energija u hrvatskoj 2011*.
- Vuk, B., Vukman, S., Karan, M., Fabek, R., Živković, S., Maričević, M., ... Jurić, Ž. (2012). *ENERGIJA U HRVATSKOJ 2012*.
- Vuk, B., Vukman, S., Karan, M., Fabek, R., Živković, S., Maričević, M., ... Jurić, Ž. (2013). *ENERGIJA U HRVATSKOJ 2013*.
- Vuk, B., Vukman, S., Karan, M., Fabek, R., Živković, S., Maričević, M., ... Jurić, Ž. (2015). *ENERGIJA U HRVATSKOJ 2015*.

13 SURADNICI

Dóra BÁLINT (geograf) je mlada istraživačica na Zavodu za transdunavska istraživanja IRS CERS HAS (www.rkk.hu/en). U svom istraživanju fokusira se na prostorne i društveno-ekonomske učinke informacijskih i komunikacijskih tehnologija. http://rkk.hu/hu/dti/cvs/balint_dora.html.

Ákos BODOR je sociolog i znanstveni suradnik na Zavodu za transdunavska istraživanja IRS CERS HAS (www.rkk.hu/en). Njegovo područje istraživanja su društveni kapitali, društvene vrijednosti, povjerenje i društvena nejednakost. E-mail: bodor@rkk.hu

Dario DOŠEN je viši laborant na Zavodu za programsko inženjerstvo Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek.

Krešimir FEKETE doktorirao je 2013. na Sveučilištu J. J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska. Docent je na Zavodu za elektroenergetiku Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Njegovo područje istraživanja uključuje analizu elektroenergetskog sustava, ekonomiku elektroenergetskog sustava, integraciju obnovljivih izvora energije, pametne i mikro mreže. E-mail: kresimir.fekete@ferit.hr

Valéria FONYÓDI je kartograf na Zavodu za transdunavska istraživanja IRS CERS HAS (www.rkk.hu/en) te se također bavi uređivanjem slika.

Zoltán HAJDÚ (doktor znanosti) je geograf, učitelj povijesti, profesor te znanstveni savjetnik na Zavodu za transdunavska istraživanja IRS CERS HAS. Njegova glavna područja istraživanja su povijesno-geografske analize balkanskih zemalja te je voditelj institutske Granične istraživačke grupe. E-mail: hajdu@rkk.hu; CV: http://www.rkk.hu/en/cvs/hajdu_zoltan.html

Réka HORECZKI (ekonomistica, doktorantica) je mlada istraživačica na Zavodu za transdunavska istraživanja IRS CERS HAS (www.rkk.hu/en). Njezine istraživačke aktivnosti su fokusirane na predstavljanje dugoročnih razvojnih zakona i karakterističnih značajki koje značajno utječu na ekonomski, društveni i politički život malih gradova i mogućnosti mjerenja društvenog kapitala u ruralnim područjima. E-mail: horeczki@rkk.hu; CV: http://www.rkk.hu/en/cvs/horeczki_reka.html

Bernadett HORVÁTHNÉ KOVÁCS radi kao izvanredna profesorica na Ekonomskom fakultetu Sveučilišta u Kaposvaru. Radi s mađarskim i međunarodnim studentima u području statističke i regionalne analize. Njezino područje istraživanja su prostorni obrasci društveno-ekonomsko-ekoloških pokazatelja. E-mail: kovacs.bernadett@ke.hu

Zvonimir KLAIC je izvanredni profesor, voditelj Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost (<https://www.ferit.unios.hr/fakultet/imenik-djelatnika/klaic#anc>) na Zavodu za elektroenergetiku Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Područje istraživanja: kvaliteta električne energije, pametne mreže, učinkovitost rasvjete. E-mail: zvonimir.klaic@ferit.hr

Goran KNEŽEVIĆ doktorirao je 2013. na Sveučilištu J. J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska. Docent je na Zavodu za elektroenergetiku Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Njegovo područje istraživanja uključuje analizu elektroenergetskog sustava, tržište električnom energijom i ekonomiku elektroenergetskog sustava. E-mail: goran.knezevic@ferit.hr

Sándor Zsolt KOVÁCS je ekonomist i mlađi istraživač na Zavodu za transdunavska istraživanja IRS CERS HAS (www.rkk.hu/en). Njegovo područje istraživanja su različiti čimbenici lokalnog i regionalnog razvoja te ima vještine za statistička i matematička modeliranja u ekonomici. E-mail: skovacs@rkk.hu; CV: http://www.rkk.hu/hu/cvs/kovacs_sandor.html

Cecília MEZEI (doktorica znanosti) je znanstveni suradnik na Zavodu za transdunavska istraživanja IRS CERS HAS (www.rkk.hu/en). Njezina glavna područja istraživanja su teorije i prakse lokalnog ekonomskog razvoja, modeliranje potencija na temelju lokalnih resursa i prihvatljivih rješenja gospodarenja otpadom. E-mail: mezeic@rkk.hu; CV: http://www.rkk.hu/en/cvs/mezei_cecilia.html

Denis PELIN je redoviti profesor i predsjednik Katedre za električne strojeve i energetsku elektroniku na Zavodu za elektrostrojarstvo Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Znanstveno područje istraživanja: nelinearni dinamički sustavi energetske elektronike, energetska elektronika za OIE. E-mail: dpelin@ferit.hr; Web page: <https://www.ferit.unios.hr/faculty/staff-directory/dpelin#anc>

Péter PÓLA (doktor znanosti) je znanstveni suradnik na Zavodu za transdunavska istraživanja IRS CERS HAS (www.rkk.hu/en). Njegovo područje istraživanja su ruralni razvoj, institucionaliziranost regionalnih interesa i politike zapošljavanja. E-mail: pola@rkk.hu; CV: http://www.rkk.hu/hu/cvs/pola_peter.html

Mario PRIMORAC, mag.ing. je stručni suradnik u Laboratorija za elektromagnetsku kompatibilnost (<https://www.ferit.unios.hr/fakultet/imenik-djelatnika/klaic#anc>) i Laboratoriju za OIE (<http://www.etfos.unios.hr/reslab>) na Zavodu za elektroenergetiku Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Područje istraživanja: kvaliteta električne energije, pametne mreže i obnovljivi izvori energije.

Damir ŠLJIVAC je redoviti profesor u trajnom zvanju na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Predstojnik je Zavoda za elektroenergetiku i voditelj je Laboratorija za OIE (<http://reslab.ferit.hr/>). Područje znanstvenog istraživanja: obnovljivi izvori energije, održivi energetske razvoj, ekonomika i pouzdanost elektroenergetskog sustava. E-mail: damir.sljivac@ferit.hr CV: <http://www.etfos.unios.hr/reslab/tekst/en/7/SljivacCVenEuropass2014.pdf>

Tamás SZABÓ je kartograf i stručnjak za GIS. Diplomirao je na Fakultetu za znanost, Sveučilišta u Pečuhu u području geografije. Njegova specijalnost su geografski informacijski sustavi i njihova primjena u različitim područjima te baze podataka zgrada i njihova implementacija u mape. E-mail: szaboy200@gmail.com

Alexander TITOV je doktorant iz Rusije na Sveučilištu u Kaposvaru. Diplomirao je u području regionalne i okolišne ekonomije 2016. na Sveučilištu u Kaposvaru. Njegova trenutna tema istraživanja je "Prihvatljivost i potencijal obnovljivih izvora energije temeljenih na biomasi u ruralnim područjima Mađarske". E-mail: alexander.titov62@gmail.com

Matej ŽNIDAREC diplomirao je 2016. godine na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Trenutno je doktorant i radi kao asistent na Zavodu za elektroenergetiku. Njegovo područje istraživanja su obnovljivi izvori energije te pametne i mikromreže.

Danijel TOPIĆ doktorirao je 2014. na Sveučilištu J. J. Strossmayera u Osijeku, Hrvatska. Docent je na Zavodu za elektroenergetiku Fakulteta elektrotehnike,

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA UČINKOVITOST ZA
RURALNA PODRUČJA

računarstva i informacijskih tehnologija Osijek i predsjednik je Katedre za elektrane i energetske procese. Njegovo područje istraživanja su obnovljivi izvori energije, proizvodnja električne energije, energetska učinkovitost i pouzdanost elektroenergetskog sustava. E-mail: danijel.topic@ferit.hr

Viktor VARJÚ (doktor znanosti) je viši znanstveni suradnik na Zavodu za transduktivna istraživanja IRS CERS HAS (www.rkk.hu/en). Njegova glavna područja istraživanja su regionalni razvoj, obnovljivi izvori energije i ekološki problemi te ekološka sociologija. Dobitnik je istraživačke stipendije Bolyai János 2016-2019. E-mail: varju@rkk.hu; CV: http://www.rkk.hu/en/cvs/varju_viktor.html

