

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

**Željka Jakubec, Sanja Faivre,
Ines Martinec¹, Sara Katanec¹, Iva Šaler¹, Kristina Habek¹, Dunja Barišić¹**

Nakon stoljeća korištenja energije fosilnih goriva, obnovljivi izvori postaju jedan od ključnih čimbenika budućeg razvoja neke Zemlje. Usprkos tome, iz obnovljivih izvora energije danas se dobiva tek oko 3% energije. U okviru ovog projekta prikazane su sve vrste obnovljivih izvora energije, objašnjeni načini njihovog korištenja u svijetu i u Hrvatskoj, te je ukazano na njihove pozitivne i negativne strane. Anketiranjem stanovništva u gradu Zagrebu dobiven je uvid u poznavanje obnovljivih izvora energije, ali i u ekološku osviještenost ispitanih. Prema anketi građani Zagreba su dobro upoznati s osnovnim obnovljivim izvorima energije (voda, Sunce, vjetar). Nešto je slabije poznavanje korištenja biomase i geotermalne energije. Međutim, osjećaj brige za svoj okoliš ispitanici najbolje iskazuju time što je većina voljna izdvojiti više novca za ekološki čistu, zelenu električnu energiju.

I. Uvod

Nakon stoljeća korištenja energije fosilnih goriva, obnovljivi se izvori danas sve više smatraju jednim od ključnih čimbenika budućeg razvoja neke Zemlje. Glavni izvor energije još su uvijek fosilna goriva koja daju 85-90% energije. Nafta je najznačajnija s 35%, a ugljen i prirodni plin su podjednako zastupljeni. Gotovo 8% energije dobiva se iz nuklearnih elektrana, a tek 3.3% dolazi od obnovljivih izvora. Budući da ćemo u budućnosti energetske potrebe morati podmiriti iz obnovljivih izvora energije, oni zasigurno predstavljaju osnovu daljnjeg napretka.

II. Cilj istraživanja

S obzirom da se iz obnovljivih izvora energije danas dobiva tek nešto više od 3% energije, taj nas je podatak potaknuo na izradu ovog projekta. Cilj projekta je prikupiti podatke o svim vrstama obnovljivih izvora energije, objasniti način njihovog korištenja u svijetu i u Hrvatskoj te ukazati na njihove pozitivne i negativne strane. Zanimljivo će biti istražiti u kojem smjeru se okreće hrvatsko gospodarstvo, nekim novim izvorima energije ili ostaje vjerno starim, fosilnim gorivima. Jedan od ciljeva je ispitati informiranost stanovništva o dotičnoj temi.

¹ Učenice II. gimnazije u Zagrebu

III. Metode istraživanja

Podaci korišteni u ovom projektu prikupljeni su iz različitih izvora. Korištene su brojne knjige, stručni časopisi i internet. Od velike koristi bili su podaci objavljeni na Stručnom skupu HGK u Šibeniku ove godine. Anketiranjem stanovništva u gradu Zagrebu dobili smo uvid u poznavanje obnovljivih izvora energije, ali i u ekološku osviještenost ispitanih. Prikupljeni podaci analizirani su primjenom računala.

IV. Osnovne značajke obnovljivih izvora energije

Iako se obnovljivi izvori energije troše, oni se ne iscrpljuju, već se obnavljaju u određenom ritmu. Razvoj obnovljivih izvora energije (osobito od vjetrova, vode, sunca i biomase) važan je zbog nekoliko razloga:

- neobnovljivih izvora energije ima sve manje
- obnovljivi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije ugljičnog dioksida (CO₂) u atmosferu,
- povećanje udjela obnovljivih izvora energije povećava energetska održivost sustava, pomaže poboljšanju sigurnosti dostave energije tako da smanjuje ovisnost o uvozu energetskih sirovina i električne energije

Očekuje se da će obnovljivi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije u srednjem ili dugom razdoblju. U sljedećim poglavljima iznijet ćemo obilježja obnovljivih izvora energije te razmotriti u kojoj mjeri i kako se oni koriste u Hrvatskoj.

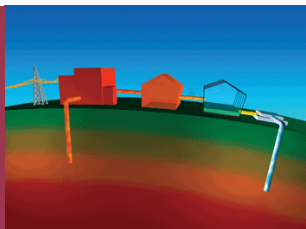
1. Geotermalna energija

Geotermalna energija postoji otkad je stvorena Zemlja. Nastaje polaganim prirodnim raspadanjem radioaktivnih elemenata koji se nalaze u zemljinoj unutrašnjosti. Duboko ispod površine voda ponekad dospije do vrućih stijena i pretvori se u kipuću vodu ili paru. Kipuća voda može dosegnuti temperaturu od preko 150°C, a da se ne pretvori u paru jer je pod visokim tlakom. Kad ta vruća voda dospije do površine kroz pukotinu u zemljinoj kori, zovemo je vrući izvor. Ako izlazi pod tlakom,

u obliku eksplozije, zove se gejzir. Vrući izvori se širom svijeta koriste kao toplice, u zdravstvene i rekreacijske svrhe. Vrućom vodom iz dubine Zemlje mogu se grijati staklenici i zgrade. Na Islandu, koji je poznat po gejzirima i aktivnim vulkanima, mnoge zgrade i bazeni griju se geotermalnom vrućom vodom (Udovičić 1999). Vruća voda i para iz dubine Zemlje mogu se rabiti za proizvodnju električne energije. Buše se rupe u zemlji i cijevi spuštaju u vruću vodu. Vruća voda ili para uspinje se tim cijevima na površinu. Geotermalna elektrana je kao svaka druga elektrana, osim što se para ne proizvodi izgaranjem goriva, već se crpi iz zemlje. Daljnji je postupak s parom isti kao kod konvencionalne elektrane: para se dovodi do turbine koja pokreće rotor električnog generatora. Nakon turbine para odlazi u kondenzator gdje se kondenzira, te se tako dobivena voda vraća natrag u geotermalni izvor (www.mojaenergija.hr).

Ovaj izvor energije ima brojne prednosti. On je jeftin, stabilan i trajan. Budući da nema dodatnih potreba za gorivom, nema niti štetnih emisija, osim vodene pare. Glavni je nedostatak u malom broju lokacija gdje se vruća voda u podzemlju nalazi blizu površine. To su tzv. geotermalne zone. One se vežu za vulkanske zone na Zemlji, tj. u pravilu za granice litosfernih ploča. Nedostatak je i to što su te zone ujedno i glavne potresne zone, što onda poskupljuje izgradnju takvih elektrana. Budući da su te zone uglavnom i slabo naseljene, problem je i prijenos energije do potrošača, a ponekad su to i zaštićena područja, kao što je npr. Yellowstone, pa gradnja elektrana nije dozvoljena. Glavni proizvođači geotermalne energije su SAD, Filipini, Meksiko i Japan.

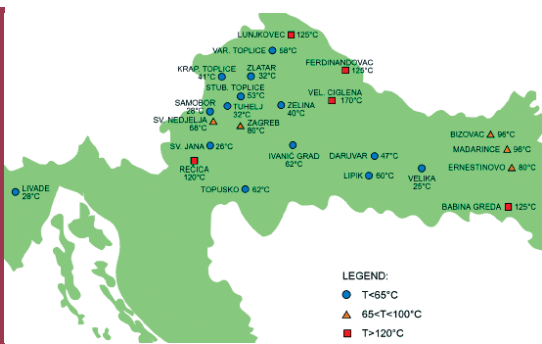
U Hrvatskoj postoji višestoljetna tradicija iskorištavanja geotermalne energije iz prirodnih izvora u medicinske svrhe i za kupanje. Geotermalna energija je osnova na kojoj se zasniva ekonomski uspjeh brojnih toplica u Hrvatskoj (Varaždinske, Daruvarske, Stubičke, Lipik, Topusko i dr.). Proizvodnja geotermalne vode za navedene toplice prije se obavljala kroz prirodne izvore, dok se danas uz prirodni protok koristi i geotermalna voda iz plitkih bušotina. Osim navedenih toplica, u Hrvatskoj je razvijena tehnika i tehnologija za dobivanje geotermalne energije iz dubokih geotermalnih ležišta.



Sl. 1. Korištenje geotermalne energije

Izvor: www.eihp.hr,
20.06.2006.

Od 1976. godine INA-Naftaplin radi na istraživanju i ispitivanju geotermalnih ležišta. Postignuti su izvanredno dobri istraživački rezultati, uz mala financijska ulaganja. Od brojnih mjesta najznačajnija su Bizovac kod Valpova, područje između Koprivnice, Ludbrega i Legrada te jugozapadni dio Zagreba. Geotermalno polje kod Bizovca temelj je rekreacijsko-hotelskog kompleksa Termia u Bizovcu. U jugozapadnom dijelu grada Zagreba izbušeno je i ispitano više proizvodnih bušotina koje proizvode vrlo veliku količinu geotermalne vode temperature 80° C. Jedan dio bušotina bio je predviđen za zagrijavanje Sveučilišne bolnice. Iz ostalih bušotina proizvodi se geotermalna voda za zagrijavanje Sportsko rekreacijskog centra Mladost (Brkić i dr., 2006; www.eihp.hr).



Sl. 2. Geotermalni potencijali u Hrvatskoj

Izvor: www.eihp.hr, 20.06.2006.

2. Energija plime i oseke

Plima i oseka nastaju kao posljedica gravitacijskih sila Sunca i Mjeseca. Zasad još nema većih komercijalnih dosega na eksploataciji te energije, ali potencijal nije mali. Ta se energija može dobiti na mjestima gdje su morske mijene izrazito

naglašene (plimna amplituda veća od 10 metara). Princip je jednostavan i vrlo je sličan principu hidroelektrane. Na ulazu u neki zaljev postavi se brana i kad se razina vode podigne, propušta se preko turbine u zaljev. Kad se zaljev napuni, brana se zatvara i čeka se da razina vode padne. Tad se voda po istom principu propušta van iz zaljeva. U jednostavnijem slučaju voda se propušta kroz turbine samo u jednom smjeru i u tom slučaju turbine su jednostavnije (jednosmjerne, a ne dvosmjerne).

Glavni problemi kod takvog iskorištavanja energije plime i oseke su:

- periodičnost izvora (treba čekati da se razina vode dovoljno digna, odnosno padne),
- mali broj mjesta pogodnih za iskorištavanje takvog oblika energije.

Najpoznatija elektrana koja koristi energiju plime i oseke nalazi se na ušću rijeke Rance u Francuskoj. Izgrađena je 60-tih godina i još uvijek radi. Rusija posjeduje malu elektranu kod Murmansk, Kanada u zaljevu Fundy (najviša plimna amplituda, preko 20 m) dok ih Kina ima nekoliko. Niti jedna od navedenih zemalja nije ostvarila značajniji napredak u iskorištavanju energije ovog tipa (www.izvorienergije.com). Hrvatska ne koristi ovaj oblik energije jer su plimne amplitude u Jadranskom moru vrlo male (od 25 do 80 cm).



Sl. 3. Elektrana na rijeci Rance, Francuska

Izvor: www.geografija.hr,
05.06.2006.

3. Energija valova

Zbog djelovanja vjetra na površinu vode u nekim zonama oceana stvaraju se veliki valovi. Valovi se razlikuju po visini, dužini i brzini, o čemu ovisi i njihova energija. Svaki val nosi potencijalnu energiju, uzrokovanu deformacijom površine i kinetičku energiju koja nastaje zbog gibanja vode. Energija vala naglo pada s dubinom vala, pa na dubini od 50 m iznosi samo 2% od energije neposredno ispod površine.

Energija valova obnovljiv je izvor, koji varira u vremenu (npr. veći valovi javljaju se u zimskim mjesecima). Jednostavniji oblik iskorištavanja energije valova bio bi neposredno uz obalu zbog lakšeg, tj. jeftinijeg dovođenja energije potrošačima. Međutim, energija valova na pučini znatno je veća, ali je i njezino iskorištavanje puno skuplje. U Velikoj Britaniji i Japanu već se duže vrijeme istražuju mogućnosti iskorištavanja ovog oblika energije. Danas su u osnovi poznata tri oblika iskorištavanja energije valova; preko plutača, pomičnog klipa i lopatica. Nijedan od navedenih načina ne može ekonomski konkurirati klasičnim izvorima energije (Udovičić 1999). Princip pretvorbe energije valova u električnu energiju temelji se na pretvaranju energije valova u strujanje zraka, a taj vjetar pokreće turbinu. Amplituda valova mora biti velika da bi pretvorba bila učinkovita.

4. Biomasa

Biomasa je obnovljiv izvor energije, a čine ju brojni proizvodi biljnog i životinjskog svijeta. Ona se može izravno pretvarati u energiju izgaranjem, te tako proizvesti vodena para za grijanje u industriji i kućanstvima, ili se u malim termoelektroinama može dobivati električna energija. Biomasa funkcionira vrlo jednostavno. Šumski otpad, granje drveća i drugi otpaci sakupljaju se zajedno u velike kamione. Kamioni prevoze otpad iz tvornica i farmi do elektrane na biomasu. Tu se biomasa ubacuje u velike lijevke i zatim u peć gdje biomasa izgara. Toplinom koja se oslobađa zagrijava se voda u kotlu, koja se pretvara u vodenu paru. Energija pohranjena u pari koristi se za okretanje rotora turbine i generatora, odnosno pretvara se u električnu energiju. Biomasa se također može dobiti s odlagališta otpada. Kada se otpad razgrađuje, oslobađa se plin metan. U odlagalište se postave cijevi te se metan može sakupljati. Zatim se plin spaljuje u termoelektroini kako bi se proizvela električna energija. Ova se vrsta biomase naziva deponijski plin. Slična stvar može se napraviti u stajama. Na mjestima gdje se uzgaja mnogo životinja proizvodi se gnojivo. Kad se gnojivo razgrađuje, ono također ispušta plin metan, slično kao i otpad. Taj se plin može spaljivati na samoj farmi te tako proizvoditi

energiju potrebnu za rad farme. Uporaba biomase ne doprinosi globalnom zatopljenju. Biljke rabe i pohranjuju ugljični dioksid tijekom svog rasta. On se ispusti u atmosferu kada se biljke spale. Druge biljke koje rastu iskorištavaju taj otpušteni ugljični dioksid u svom rastu. Dakle, uporabom biomase zatvara se krug očuvanja ugljičnog dioksida. Ugljični dioksid je plin koji, kad ga ima previše, može doprinijeti "učinku staklenika" i globalnom zatopljenju. Stoga je uporaba biomase u energetici prihvatljiva za okoliš jer se biomasa smanjuje, reciklira i ponovno upotrebljava. Biomasa je i obnovljivi izvor energije jer biljke koje stvaraju biomasu mogu rasti uvijek iznova. Danas se još uvijek otkrivaju novi načini uporabe biomase. Jedan je način proizvodnja etanola, tekućeg alkoholnog goriva. Etanol se može koristiti u specijalnim vrstama automobila koji rabe alkohol umjesto benzina i dizela. Alkohol se može i kombinirati s benzinima. To također smanjuje ovisnost o nafti - neobnovljivom izvoru energije (www.mojaenergija.hr).

Glavna prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je manja emisija štetnih plinova i otpadnih voda. Dodatne su prednosti zbrinjavanje i iskorištavanje otpada i ostataka iz poljoprivrede, šumarstva i drvne industrije, smanjenje uvoza energenta, ulaganje u poljoprivredu i nerazvijena područja i povećanje sigurnosti opskrbe energijom. Predviđa se da će do sredine stoljeća u svijetu udjel biomase u potrošnji energije iznositi između 30% i 40%. Švedska je npr. 1998. g. dobivala 18%, a Finska 10% energije iz biomase. Prema dokumentima EU



Sl. 4. Sakupljena trava – potencijalna bioenergija

Izvor: www.ambientum.com; 12.06.2006.

predviđa se da će proizvodnja energije iz biomase u odnosu na ostale obnovljive izvore energije 2010 g. iznositi 73%.

I Hrvatska bi trebala više ulagati u razvijanje sustava iskorištavanja bioenergije. Sva dosadašnja istraživanja pokazuju da se u Hrvatskoj trenutačno koristi samo manji dio raspoložive biomase te da u budućnosti postoje značajne mogućnosti za povećanje toga udjela. Hrvatska je zemlja s izrazito velikim potencijalom biomase za proizvodnju energije. Gotovo 44% kopnene površine zemlje prekriveno je šumama a drvna industrija ima dugu tradiciju i važno mjesto u gospodarstvu. Postoje velike površine obradive zemlje te mogućnosti za držanje značajnog stočnog fonda. U svim navedenim djelatnostima, šumarstvu, drvnoj industriji te poljoprivredi, nastaju velike količine biomase pogodne za energetsko iskorištavanje. Dodatni potencijal leži u iskorištavanju neobrađenih oranica i pašnjaka za uzgajanje energetskih biljaka. Za povećanu proizvodnju energije iz biomase uvjeti su vrlo povoljni, a načini iskorištavanja i tehnologija su poznati i dokazani. Budući da je najviše riječ o malim postrojenjima, vrijeme potrebno za izgradnju i puštanje u pogon vrlo je kratko. U posljednje je vrijeme poraslo zanimanje za ovaj izvor energije. Podižu se nova i obnavljaju postojeća postrojenja, te pokreću novi projekti. Od postignutih rezultata na području iskorištavanja obnovljivih izvora u Hrvatskoj svakako treba istaknuti biomasu s obzirom na velik broj kotlovnica na drvni ostatak u drvoprerađivačkoj industriji, nekoliko toplana za područno grijanje koje su već u pogonu (Gospić, Ogulin) ili u pripremi (Đurđevac i Našice), bioplinsko postrojenje u Dvoru na Uni i pogon za proizvodnju biodizelskog goriva u Ozlju koji su pred puštanjem u pogon. Prema svim pokazateljima, biomasa će, ako se zajedno promatra proizvodnja svih oblika energije, zasigurno imati najveći udio u energetskoj bilanci u odnosu na sve obnovljive izvore energije (Panza i dr. 2006).

5. Solarna energija

Sunce je nama najbliža zvijezda te, neposredno ili posredno, izvor gotovo sve raspoložive energije na Zemlji. Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gdje temperatura

doseže 15 milijuna °C. Radi se o fuziji, kod koje spajanjem vodikovih atoma nastaje helij, uz oslobađanje velike količine energije. Svake sekunde na ovaj način u helij prelazi oko 600 milijuna tona vodika, pri čemu se masa od nekih 4 milijuna tona vodika pretvori u energiju. Ova se energija u vidu svjetlosti i topline širi u Svemir pa tako jedan njezin mali dio dolazi i do Zemlje. Nuklearna fuzija odvija se na Suncu već oko 5 milijardi godina, kolika je njegova procijenjena starost, a prema raspoloživim zalihama vodika može se izračunati da će se nastaviti još otprilike 5 milijardi godina. Pod optimalnim uvjetima, na površini Zemlje može se dobiti 1 kW/m² insolacije a stvarna vrijednost ovisi o lokaciji, godišnjem dobu, dobu dana, vremenskim uvjetima itd.

Na slici 5a, koja prikazuje vrijednosti insolacije u Svijetu, vidi se da Europa nije na izrazito pogodnom području za eksploataciju, ali je ono zadovoljavajuće. Takav je dakle položaj i Hrvatske (sl. 5b). Unatoč tome u Europi je direktno iskorištavanje Sunčeve energije u velikom porastu. To je većinom rezultat politike pojedinih država koje subvencioniraju instaliranje elemenata za pretvorbu Sunčeve energije u iskoristivi oblik energije. U Hrvatskoj takav oblik subvencija na primjer ne postoji. Osnovni problemi iskorištavanja solarne energije su: mala gustoća energetskog toka, velike oscilacije intenziteta zračenja i veliki investicijski troškovi.

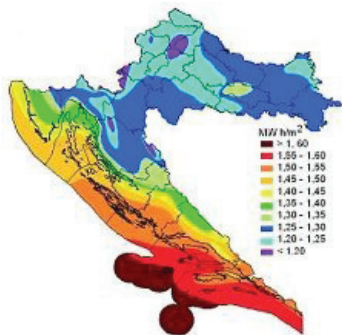
Osnovni principi direktnog iskorištavanja energije Sunca su:

- solarni kolektori (pretvorba Sunčeve energije



Sl. 5a. Vrijednosti insolacije u Svijetu

Izvor: www.izvorienergije.com; 19.06.2006.



Sl. 5b. Vrijednosti insolacije u Hrvatskoj

Izvor: www.energetika-net.hr; 19.06.2006.

u toplinsku)

- fotonaponske ćelije (direktna pretvorba Sunčeve energije u električnu energiju)
- fokusiranje Sunčeve energije (za upotrebu u velikim energetskeim postrojenjima)

Sunčevi kolektori apsorbiraju energiju Sunca i pomoću nje zagrijavaju potrošnu toplu vodu ili vodu potrebnu za zagrijavanje prostora. Solarni sustavi štede energiju i time pridonose očuvanju okoliša. Takvi sustavi apsorbiraju energiju Sunca, zagrijavaju zrak ili tekućinu, koji prenose toplinu i predaju je vodi ili izravno u prostor koji se zagrijava. Aktivni sustav za zagrijavanje prostora sastoji se od kolektora koji apsorbiraju i prikupljaju Sunčevu toplinu, a sadrže električne ventilatore ili pumpe koji služe za prijenos topline. Takvi sustavi imaju i sustav za skladištenje topline da bi u stanu bilo dovoljno toplo i za oblačnog vremena ili tijekom noći. Ovi se sustavi dijele na dvije grupe, ovisno o tome da li za prijenos topline koriste tekućinu ili zrak. Jedan od najjeftinijih i najučinkovitijih načina uporabe obnovljivih izvora energije u domaćinstvu je uporaba energije Sunca za pripremu potrošne tople vode. Da bi topla voda bila dostupna tijekom čitave godine, uobičajeno je energiju Sunca koristiti u kombinaciji s nekim drugim izvorom energije, koji se koristi kad energija Sunca nije dostatna da voda dosegne željenu temperaturu. U prosjeku, ovakvi sustavi umanjuju potrošnju lož-ulja ili drugih izvora energije za dvije trećine. Time se umanjuju troškovi i neželjeni utjecaji na okoliš. Sustav za grijanje prostora pomoću energije Sunca može biti pasivan,

aktivan ili kombinacija pasivnog i aktivnog.

Pasivni sustavi obično su jeftiniji i jednostavniji od aktivnih. Međutim, o pasivnoj uporabi energije Sunca valja voditi računa već prilikom izgradnje kuće. Najpoznatiji primjer pasivne uporabe energije Sunca predstavlja staklenik. Na sličan način, pasivni sustav za grijanje kuće koristi toplinu pomoću elemenata same kuće - velikih prozora okrenutih prema jugu, podova i zidova koji apsorbiraju toplinu tijekom dana i otpuštaju je po noći. Ako se solarni sustav uvodi u postojeću zgradu, aktivni sustav predstavlja gotovo jedinu mogućnost ([www. izvori-energije.com](http://www.izvori-energije.com)).

Dobivanje toplinske energije s pomoću energije Sunca danas predstavlja isprobano tehnologiju, a oprema je dostupna na tržištu. Preduvjeti za takvu uporabu energije Sunca u Republici Hrvatskoj odlični su, a osnovni razlozi za relativno slabu primjenu su nepoznavanje tehnologije, prevladavajuće mišljenje da je potrebna investicija nedostižno visoka i slaba dostupnost informativnih i obrazovnih materijala. Na slici 6. vidi se solarni krov kuće u Zagrebu.

Za opskrbljivanje kućanstva toplinskom energijom na krovu kuće postavljeni su solarni kolektori površine 10 m², a za pohranu toplinske energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode služi solarni spremnik volumena 750 litara. Ovaj solarni

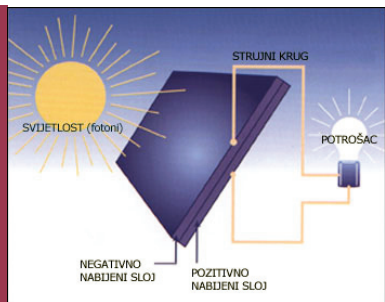


Sl. 6. Solarni krov, Španjovci, Zagreb

Izvor: www.eihp.hr;
16.06.2006.

fotonaponski sustav, prvi u Republici Hrvatskoj, u paralelnom je pogonu s distribucijskom mrežom i namijenjen je za napajanje električnom energijom trošila u obiteljskoj kući. Višak električne energije predaje distribucijskoj mreži. Sustav proizvodi najviše električne energije sredinom dana pomažući rasterećenju mreže tijekom najvećih opterećenja. Električnom energijom proizvedenom solarnim modulima prvenstveno se napajaju trošila, a višak se predaje javnoj električnoj mreži. Za vrijeme dok solarni moduli ne proizvode dovoljno energije na-

pajanje trošila nadopunjuje se energijom iz mreže (www.eihp.hr).



Sl. 7. Dobivanje električne energije iz Sunčeve svjetlosti

Izvor: www.sunato.hr; 16.06.2006.

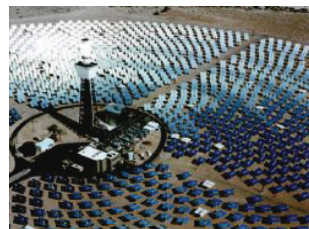
Električkim spajanjem ćelija tijekom proizvodnje nastaju fotonaponski moduli standardiziranih značajki od kojih se lako grade i prema potrebi nadograđuju mali, pouzdani i posve nezavisni energetske sustavi. Zahvaljujući dugom životnom vijeku, jednostavnoj građi i razmjerno niskoj cijeni, fotonaponski sustavi pogodni su za postavljanje svuda gdje je izgradnja konvencionalnog energetskog razvoda složena i skupa. Održavanje je lako i ne traži posebna stručna znanja ni opremu. Stoga takvi sustavi svuda u svijetu niču doslovno na svakom koraku, čak i tamo gdje je sunčanih dana znatno manje nego u nas. Švicarci njima oblažu zidove uz prometnice, pa zimi tako otapaju led i snijeg. Krovovi hala njemačkog Mercedes obloženi su fotonaponskim pločama iz kojih se napaja rasvjeta proizvodnih pogona. I dok se na alpskim krovovima sve češće vide respektabilni sustavi s dvadeset ili više fotonaponskih ploča, u nas je to još uvijek rijedak prizor iako je broj sunčanih dana puno veći, a postoji i domaća tvornica fotonaponskih ploča s izvornom proizvodnom tehnologijom. Stoga je tvrtka Končar servis i prodaja d.d., odlučila ponuditi na domaćem tržištu male komplete fotonaponskih sustava koje svatko može sam lako i bez posebne opreme postaviti na obiteljsku kuću ili vikendicu. U kompletu se nalaze četiri fotonaponska modula. Temeljni sustav od četiri modula, ukupne vršne snage od 48 vata, nije izabran slučajno. Zimi, na

Fotonaponske (solarne) ćelije proizvode električnu energiju izravno iz Sunčeve svjetlosti pa funkcioniraju kao ekološki izuzetno prihvatljivi, a gospodarski sve zanimljiviji izvori struje.

priobalnim dijelovima Hrvatske osigurat će oko 160 vatsati električne energije, a u ljetnim mjesecima možemo računati i na 1000 vatsati dnevno. U kontinentalnim dijelovima Hrvatske možemo zimi računati s prosječno oko 120, a ljeti i do 900 vatsati dnevno. Ta besplatna energija pohranjuje se u akumulator bez buke i zagađenja okoliša, a dovoljna je za dnevno napajanje štednih žarulja, televizora i malih električnih aparata u opsegu uobičajene dnevne potrošnje. U slučaju povećanih energetskih potreba sustav se lako proširuje nadogradnjom dodatnih fotonaponskih modula (www.izvorienergije.com).

Fokusiranje Sunčeve energije

Fokusiranje Sunčeve energije upotrebljava se za pogon velikih generatora ili toplinskih pogona. Ono se postiže s pomoću mnoštva leća ili, češće, s pomoću zrcala složenih u tanjur ili konfiguraciju tornja. Na slici 7. «Power tower» i slici 8. «Dish» prikazane su konfiguracije zrcala. «Power tower» konfiguracije koriste kompjuterski kontrolirano polje zrcala za fokusiranje Sunčevog zračenja na centralni toranj, koji onda pokreće glavni generator. Do sada su napravljeni demonstracijski sustavi koji imaju izlaznu snagu i iznad 10 MW. Ti novi sustavi imaju i mogućnost rada preko noći i po lošem vremenu tako da spremaju vruću tekućinu u vrlo efikasan spremnik (neka vrsta termo boce). «Dish» sustavi prate kretanje Sunca i na taj način fokusiraju Sunčevo zračenje. Postoji još i «Trough» sustav fokusiranja Sunčeva



Sl. 8. «Power tower»

Izvor: www.thefraserdomain.typepad.com; 19.06.2006.



Sl. 9. «Dish»

Izvor: www.thefraserdomain.typepad.com; 19.06.2006.

zračenja, koji može biti vrlo efikasan. Kada nema dovoljno energije od Sunca, sustavi koji fokusiraju Sunčevo zračenje mogu se bez većih problema prebaciti na prirodni plin ili neki drugi izvor energije. Problem kod fokusiranja je to što elektrana treba veliki prostor, ali to se rješava tako da se elektrana gradi npr. u pustinji. U pustinjama je ionako snaga sunčeva zračenja najizraženija. Veliki problem predstavlja cijena zrcala i sustava za fokusiranje (www.izvorienergije.com).

6. Hidroenergija

Hidroelektrane su energetska postrojenja u kojima se potencijalna energija vode s pomoću turbine pretvara u mehaničku (kinetičku) energiju, koja se u električnom generatoru koristi za proizvodnju električne energije. Iskorištavanje energije vodnog potencijala ekonomski je konkurentno proizvodnji električne energije iz fosilnih i nuklearnog goriva. Zato je hidroenergija najznačajniji obnovljivi izvor energije (predstavlja 97% energije proizvedene svim obnovljivim izvorima).

U posljednjih trideset godina proizvodnja u hidroelektranama je utrostručena, a njen udio povećan je za 50%. Ti podaci pokazuju da se proizvodnja u hidroelektranama brzo povećava zbog više razloga: hidroenergija je čista, nema otpada; nema troškova goriva (voda je besplatna) pod uvjetom da je ima u dovoljnoj količini; moderne hidroelektrane mogu pretvoriti u električnu energiju i do 90% energije vode; puštanje hidroelektrane u pogon vrlo je brzo te se koriste za pokrivanje naglih povećanja potrošnje; umjetna jezera nastala izgradnjom hidroelektrana lokalno pridonose ekonomiji i omogućavaju navodnjavanje, vodoopskrbu, turizam i rekreaciju.

Hidroenergija ipak značajno zaostaje u odnosu na količinu energije dobivene iz nuklearnih i termoelektrana. Razlog takvom stanju leži u činjenici da iskorištavanje hidroenergije ima, također bitna tehnička i prirodna ograničenja. Glavno ograničenje jest zahtjev za postojanjem obilnog izvora vode kroz cijelu godinu jer je skladištenje el. energije skupo i vrlo štetno za okoliš. Kako bi se izbjegle oscilacije vodostaja na određenim je lokacijama potrebno izgraditi brane i akumulacijska jezera. Izgradnja aku-

mulacijskih jezera često zahtijeva potapanje velikih dijelova dolina a ponekad i cijelih naselja.

Osim što se na taj način povećava cijena izgradnje, javlja se i problem podizanja razine podzemnih voda oko akumulacije. Razina vode naime utječe na biljni i životinjski svijet. Dolazi i do promjena odnosa sedimentacije i erozije unutar riječnog korita. To sve ukazuje na to da ni hidroenergija nije potpuno bezopasna za okoliš. Veliku opasnost mogu predstavljati i potresi pa je u nekim zonama potrebna i dodatna protupotresna zaštita.

Kod hidroenergije, za razliku od ostalih načina iskorištavanja obnovljivih izvora energije, nema problema s nedostatkom potrebne tehnologije ali se javlja problem nedostatka lokacija. Mnoge od najboljih lokacija širom svijeta već su iskorištene. Za razliku od kapitalnih projekata kojih je sve manje, još uvijek je dovoljno projekata malih hidroelektrana, kod kojih su rizici lošeg utjecaja na okoliš mnogo manji, a energetske potrebe i sigurnost investicije mnogo veći. Tako su u razvoju mnogi projekti u zemljama u razvoju, posebno u Brazilu (www.powerlab.fsb.hr).



Sl. 10. Prostorni razmještaj hidroelektrana u Hrvatskoj

Izvor: www.powerlab.fsb.hr; 16.06.2006.

U strukturi elektroenergetskog sustava Hrvatske, više od polovice izvora čine hidroelektrane, što je vidljivo iz priložene karte. Razvoj energetskog korištenja vodnih snaga u Hrvatskoj započinje još 1895. godine s prvom hidroelektranom izgrađenom na Skradinskom buku na rijeci Krki - današnjom HE Jaruga. Godine 1904. izgrađena je nova HE Jaruga instalirane snage 5,4 MW. Potom slijede HE Miljacka, izgrađena 1906. godine, (Manojlovac) na rijeci Krki, HE Ozalj (1908. godine) na rijeci Kupi, HE Kraljevac (1912. godine) na rijeci Cetini itd. Slika 11. prikazuje «Munjaru» na rijeci Kupi. Iako je namijenjena za razvoj i opskrbu ozaljske industrije, njome je potpomognuta karlovačka industrija. Neorenesansna zgrada hidroelektrane kulturni je spomenik. Prve hidroelektrane koje su povećale snagu elektroenergetskog sustava, izgrađene iza Drugog svjetskog rata, bile su HE Vinodol, HE Zavrelje kod Dubrovnika i HE Ozalj 2. Danas je u pogonu 25 hidroelektrana u Hrvatskoj. Postoje tri vrste HE: akumulacijske, reverzibilne i protočne.

Po definiciji protočne hidroelektrane su one koje



Sl. 11. Ozaljska «Munjara» iz 1908. g.

Izvor: www.geografija.hr;
19.06.2006.



Sl. 12. Protočna HE Đale na rijeci Cetini

Izvor: www.pbs.hr ;
19.06.2006.

vode.

Problemi nastaju u ljetnim mjesecima kad prirodni dotok postane premalen za funkcioniranje elektrane. U tom slučaju brana se mora zatvoriti, ali je potrebno održavati barem razinu vode koja je biološki minimum. Veliki problem je i dizanje razine podzemnih voda.

Radi pokrivanja dnevnih maksimuma potrošnje grade se reverzibilne hidroelektrane. Kad je potrošnja energije mala, voda se pumpama iz donjeg jezera prebacuje u gornju akumulaciju.

To se obično radi noću, jer je tada potrošnja energije najmanja. Danju se elektrana prebacuje na proizvodnju električne energije i tada se prazni gornja akumulacija. To nije baš energetski najbolje rješenje, ali je bolje nego napraviti još nekoliko termoelektrana za pokrivanje dnevnih maksimuma potrošnje. RHE Velebit je jedina reverzibilna hidroelektrana u Hrvatskoj. Nalazi se na rijeci Zrmanji, 10 km uzvodno od Obrovca (www.izvorienenergije.com).

Sve hidroelektrane HEP-a dobile su Zeleni certifikat za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Temeljno obilježje hidroelektrana hrvatskog elektroenergetskog sustava je dugogodišnji rad i starost postrojenja. Primjerice, najmlađe hidroelektrane HE Dubrava i HE Đale puštene su u rad 1989. godine. Stoga je potrebna njihova revitalizacija, koja se provodi sukladno financijskim mogućnostima Hrvatske elektroprivrede.



Sl. 13. Akumulacijska HE Lešće na Dobri

Izvor: www.eihp.hr ;
19.06.2006.



Sl. 14. Reverzibilna HE Velebit na rijeci Zrmanji

Izvor: www.pbs.hr ;
19.06.2006.

7. Energija vjetra

Vjetar je horizontalna komponenta strujanja zraka prouzročena toplinskom razlikom, odnosno razlikom tlaka susjednih područja. U osnovi, vjetar je uzrokovan Sunčevim zračenjem. Procjenjuje se da Sunce zrači na Zemlju svakog sata energiju od 10 kWh do 14 kWh, od čega se 1% do 2% pretvara u vjetar. Budući da se proces pokretanja vjetra nikada ne zaustavlja, vjetar je obnovljiv izvor energije. Globalna cirkulacija zraka uzrokovana je razlikama u zagrijavanju Zemlje. Topao zrak nad ekvatorom diže se do visine od približno 10 km i kružno raspršuje pod utjecajem Coriolisove sile (zbog rotacije Zemlje), a hladan zrak popunjava nastale praznine, stvarajući na taj način stalne vjetrove (pasate, monsune). Stalni vjetrovi svojim puhanjem potiču kruženje vode u oceanima i formiraju morske struje. Osim globalne cirkulacije zraka, važne su i opće cirkulacije atmosfere kojima se izmjenjuju velike zračne mase između polarnih, umjerenih i subtropskih širina. Strujanje zraka nad nekim područjem, općenito, može biti uzrokovano:

- primarnom cirkulacijom, zbog globalne raspodjele tlaka zraka (karakteristično za četiri godišnja doba)
- pokretnim cirkulacijskim sustavima i anticiklonima koji uzrokuju lokalne vjetrove različitih značajki, ovisno o konfiguraciji terena, svojstvima podloge i svojstvima zračnih masa uključenih u strujanje
- cirkulacijama srednjih i lokalnih razmjera koje nisu vidljive na sinoptičkim kartama jer su uzrokovane razlikom tlaka nastalog zbog lokalnih značajki terena

Jačina i smjer vjetra procjenjuju se vizualno: jačina prema učincima vjetra na predmete u prirodi (treperenje lišća, njihanje grana, pokretanje valova na mirnoj vodi). Izražava se stupnjevima Beaufortove ljestvice. Smjer se određuje s pomoću vjetrovlje (označava se stranom svijeta odakle puše). Brzina vjetra mjeri se anemometrom, a izražava se desetominutnim prosjekom.

Brzina vjetra je veličina koja redovito oscilira oko neke vrijednosti u jedinici vremena, jer vjetar ne puše stalnom jačinom nego na mahove. Razlike oscilacija određuje više čimbenika: sinoptička



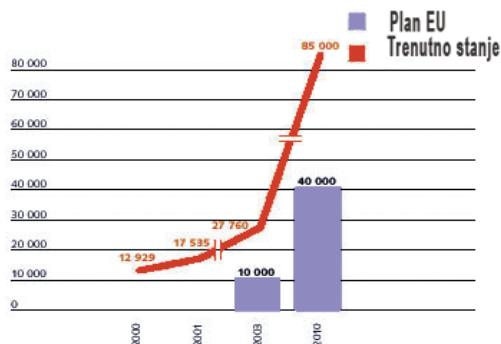
Sl. 15. Anemometar (foto: autori, 25.05.2006.)

situacija, konfiguracija terena i prepreke. Brzina vjetra najčešće se smanjuje tijekom noći, jer su tada manje izražene temperaturne razlike. Noću su i rjeđe promjene smjera puhanja vjetra. Turbulenciju (vrtloženje) vjetra najčešće uzrokuju prepreke koje smanjuju brzinu vjetra u smjeru puhanja vjetra. Na promjenu brzine vjetra lokalno može znatno utjecati konfiguracija terena. Poznate su pojave «tunelskog efekta» pojava kada se brzina vjetra povećava prolaskom kroz usjek u planinskom masivu, jer je znatno sužena površina prolaza, pojava «efekta vrha brda» kada se vjetar komprimira naletom na privjetrinsku stranu brda, što rezultira uzlaznim skretanjem uz povećanje brzine (HEP «Projekti vjetroelektrana u Hrvatskoj»).

Iskorištavanje energije vjetra

Energija vjetra je oblik solarne energije, stvorena cirkulacijom u Zemljinoj atmosferi, kojoj je uzrok toplina Sunca. Tisućama godina ljudi su koristili energiju vjetra putem jedrenjaka ili vjetrenjača. Energija vjetra može biti korištena direktno ili pretvorena u visokovrijednu, prilagodljivu i upotrebljivu električnu energiju.

Iskorištavanje energije vjetra je najbrži rastući segment proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Na slici 16. prikazana je usporedba plana Europske unije s trenutnim stanjem proizvodnje energije iz vjetra. Prema sadašnjim pokazateljima, plan će biti ostvaren, čak će biti premašen za pola. Vrijednosti na slici su u megavatima (MW) i iz toga se vidi da je ukupna proizvedena energija zanemariva prema



Sl. 16. Usporedba plana Europske unije s trenutnim stanjem proizvodnje energije iz vjetra

Izvor: www.our-energy.com; 21.06.2006.

pomaže instalaciju novih kapaciteta. Zbog toga se u 2001. godini ukupno instalirana snaga povećala za 43,7%. U Španjolskoj (10 027 MW), Danskoj (3 122 MW) i Italiji (1 717 MW) također raste instalirani kapacitet. Od sveukupne proizvodnje električne energije Danska dobiva 14% od vjetra te dalje ubrzanim tempom gradi nove kapacitete. Namjera Danske je da takvim pristupom do 2030. godine 50% energetskih potreba kućanstava zadovolji iskorištavanjem energije vjetra. U SAD-u je trenutno instalirano 9 149 MW. Tako mala instalirana snaga u gospodarski najjačoj zemlji svijeta rezultat je tradicionalnog američkog oslanjanja na fosilna goriva (www.izvorienergije.com).

Zemlje EU usvojile su smjernicu (2001/77/EU) o porastu udjela obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji u EU sa 6% u 2001. godini na 12% u 2010. godini. Dodatno, Parlament EU je 2005. godine izglasao preporuku o daljnjem porastu udjela obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji za 20% u 2020. godini (Tomšić i Raguzin 2006). Prema izvješću organizacije Global Wind Energy Council (Wind Force 12 Report 2005) računa se da bi do 2020. godine proizvodnja električne energije iz vjetra mogla doseći i do 12% ukupno proizvedene električne energije.

Korištenje energije vjetra u Republici Hrvatskoj valja temeljiti na svjetskim iskustvima, kako bi se ispravno postavili razvojni planovi primjereni vjetro-potencijalima zemlje. Od početka intenzivnog razvoja suvremene vjetroenergetike u svijetu (1970.) do danas sakupljena su bogata i raznolika iskustva, koja sada treba primijeniti u skladu s hrvatskim prilikama.

Za projekte vjetroelektrana do sada je iskazano najviše interesa na područjima Zadarske, Šibensko-kninske, Splitsko-dalmatinske, Dubrovačko-neretvanske županije, ali i nekih drugih županija, gdje se danas u različitim fazama pripreme nalazi više od 50 projekata (HEP «Projekti vjetroelektrana u Hrvatskoj»).



Sl. 17. Vjetroelektrane (foto: autori, 27.05.2006.)

energiji dobivenoj iz neobnovljivih izvora energije. Zbog početne ekonomske neisplativosti i nestalnosti vjetra, instalacija vjetroelektrana je privilegija koju si mogu priuštiti samo bogate zemlje.

Trenutno je cijena izgradnje vjetroelektrane veća od cijene izgradnje termoelektrane (vjetroelektrana stoji oko 1000 €/kW instalirane snage, a termoelektrana 700 €/kW), ali s razvojem tehnologije ta je razlika sve manja. Udio energije vjetra u ukupnoj potrošnji energije vrlo je mali. Njemačka je trenutni lider u proizvodnji električne energije iz vjetra, s 18 428 MW, a to je više od jedne trećine ukupno instalirane snage vjetroelektrana u svijetu. Toliko instaliranih vjetroelektrana u Njemačkoj rezultat je politike njemačke vlade koja poticajnim mjerama

V. Analiza ankete

Što o obnovljivim izvorima misle naši sugrađani (grad Zagreb) možete saznati iz analize ankete, koju smo proveli uz pomoć 30 građana. Na pitanje znaju li što su obnovljivi izvori energije, svi su odgovorili potvrdno (sl. 18). Ništa drugo nismo ni očekivali.

Po njihovom mišljenju, što potvrđuje i struka, voda je najzastupljeniji obnovljivi izvor energije (sl. 19). Ispitanici smatraju kako najveću važnost za obnovljive izvore energije ima činjenica da se njihovim iskorištavanjem smanjuje količina štetnog otpada (sl. 20). Velik broj ispitanika smatra da je gotovo jednako važna činjenica da su obnovljivi izvori neiscrpnj. Prema iznesenom, ekološka svijest naših ispitanika na zavidnoj je razini. Pomalo iznenađuje podatak kako je vrlo mali broj ispitanika, osim ekološke, promatrao i gospodarsku stranu obnovljivih izvora. Iako ulazimo u razdoblje u kojem fosilna goriva polako nestaju, što povećava našu ovisnost o državama koje još njima raspoložu. Na taj način zanemaruju činjenicu kako Hrvatska nikada nije bila zemlja bogata fosilnim gorivima.

Većina ispitanika smatra kako razlog zbog kojeg se obnovljivi izvori slabo koriste, ne leži u lošoj općoj informiranosti, već u tome što navedeni energenti nisu stalni (ne mogu se uvijek iskorištavati)

(sl. 21). Podjednak broj ispitanika uvjerenja je kako će se obnovljivi izvori energije slabo koristiti sve dok na Zemlji ima ležišta fosilnih goriva i dok je njihovo iskorištavanje jeftinije od iskorištavanja obnovljivih izvora.

Na naše pitanje da li su voljni plaćati skuplju električnu energiju koja bi se dobila iz obnovljivih izvora (sl. 22), nešto više od polovice ih je odgovorila potvrdno.

Što se tiče poskupljenja električne energije (sl. 23), najveći dio ispitanih tolerirao bi poskupljenje mjesečnog računa za potrošenu energiju od 10 do 20 kuna. Na svako daljnje poskupljenje, pristajao je sve manji broj ispitanih.

Visok postotak ispitanih znao je da se u Hrvatskoj iskorištava energija vode, sunca i vjetera (sl. 24). Energiju biomase i geotermalnu energiju spomenuo je gotovo zanemarljiv broj ispitanika. Podatak za geotermalnu energiju pomalo iznenađuje jer smo duboko uvjereni da je većina njih posjetila bar jednom neke od hrvatskih toplica.

Nešto preko polovice ispitanih smatra da će ulaganje Hrvatske u obnovljive izvore energije ubrzati njezin ulazak u EU, dok svega mali broj ispitanih o tome nema mišljenje (sl. 25). Velik je postotak i onih koji smatraju kako taj vid ulaganja nije hrvatski adut za brži ulazak u EU. Tko je u pravu, vrijeme će pokazati.



Sl. 18.

Sl. 19.



Sl. 20.

Sl. 21.

Sl. 22.



Sl. 23.



Sl. 24.



Sl. 25.

ZAKLJUČAK

Prema našoj anketi građani Zagreba su dobro upoznati s obnovljivim izvorima eneregije. 80% ispitanih zna da se u Hrvatskoj iskorištava energija vode, sunca i vjetera. Nešto je slabije poznavanje korištenja biomase i geotermalne energije. Zato je integriranje znanosti o okolišu kao dio obaveznih školskih programa izrazito važno. Većina ispitanika je upoznata s činjenicom da je hidroenergija općenito najzastupljeniji obnovljivi izvor energije. Svijest o smanjivanju štetnog otpada i važnost neiscrpnosti tih izvora je također izražena. Anketa pokazuje da ispitanici shvaćaju i problem nemogućnosti njihova konstantnog iskorištavanja što onda svakako poskupljuje tako dobivenu energiju. Međutim, osjećaj brige za svoj okoliš ipitanici najbolje iskazuju time što je više od 75% njih voljno plaćati skuplju, ekološki čistu, zelenu električnu energiju.

Ovim projektom dat je presjek načina iskorištavanja obnovljivih izvora energije i načina njihova pretvaranja u korisne oblike energije (mehaničku, toplinsku, kemijsku, električnu). Uočili smo kako su stalna istraživanja i razvoj tehnologija obnovljive izvore učinili danas mnogo pristupačnijima nego što su bili prije 25 godina. Troškovi električne energije, dobivene iz obnovljivih izvora, u stalnom su padu. Međutim, postoje i prepreke u razvoju obnovljivih izvora energije koje smo također detaljno prikazali.

Negativne strane fosilnih goriva nećemo niti pokušati nabrajati jer bismo dotakli sve sfere života na Zemlji. Ako nam ne vjerujete, udahnite gradski zrak punim plućima, popijte malo vode iz prvog potoka, ostanite «na suncu» 15 minuta duže (naravno bez zaštitnih faktora) ili isključite klima uređaj. Javite nam kako vam se sviđa.

Literatura:

Brkić, V.; Radionov, S.; Škrlec, M. (2006): Mogućnost iskorištavanja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj, u: Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj (energija vjetra, malih vodotoka i geotermalnih voda), zbornik radova sa stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem, Šibenik – Solaris, 28.-31. svibnja 2006., HGK; Zajednica OIE; Tehno-ing d.o.o., 159-168.

Car, S.; Mađerić, M. (2006): Mogući doprinos obnovljivih izvora gospodarskom razvoju, u: Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj (energija vjetra, malih vodotoka i geotermalnih voda), zbornik radova sa stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem, Šibenik – Solaris, 28.-31. svibnja 2006., HGK; Zajednica OIE; Tehno-ing d.o.o., 41-55.

Kulišić, P. (1991): Novi izvori energije, Školska knjiga, Zagreb.

Panza, T.; Šulac Domac, M. (2006): Dugoročna orijentacija Hrvatske u proizvodnji električne energije, u: Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj (energija vjetra, malih vodotoka i geotermalnih voda), zbornik radova sa stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem, Šibenik – Solaris, 28.-31. svibnja 2006., HGK; Zajednica OIE; Tehno-ing d.o.o., 27-41.

Reščec, B.; Voloder, I. (2006): Iskustvo jednog stranog investitora u razvoju projekata OIE, u: Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj (energija vjetra, malih vodotoka i geotermalnih voda), zbornik radova sa stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem, Šibenik – Solaris, 28.-31. svibnja 2006. HGK; Zajednica OIE; Tehno-ing d.o.o., 103-111.

Šikanić, A.; Matijašević, B.; Franjić, K.; Idžotić, T. (2006): Optimalno korištenje energije vjetra i vode kao obnovljivih izvora, u: Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj (energija vjetra, malih vodotoka i geotermalnih voda), zbornik radova sa stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem, Šibenik – Solaris, 28.-31. svibnja 2006., HGK; Zajednica OIE; Tehno-ing d.o.o., 143-149.

Tomšić, Z.; Raguzin, I. (2006): Novi zakonodavni okvir za OIE, u: Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj (energija vjetra, malih vodotoka i geotermalnih voda), zbornik radova sa stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem, Šibenik – Solaris, 28.-31. svibnja 2006., HGK; Zajednica OIE; Tehno-ing d.o.o., 13-27.

Udovičić, B. (1993): Energetika, Školska knjiga, Zagreb.

Izvori:

www.mojaenergija.hr (05,20,21.06.2006.)
www.izvorienergije.com (19.06.2006.)
www.hep.hr (05.06.2006.)
www.eihp.hr (05,16,19,20.06.2006.)
www.sunato.hr (16.06.2006.)
www.pbs.hr (19.06.2006.)
www.geografija.hr (05,16.06.2006.)
www.masmedia.hr (06.06.2006.)
www.ina.hr (07.06.2006.)
www.gradimo.hr (07.06.2006.)
www.vjesnik.hr (19.06.2006.)
www.hgk.hr (20.06.2006.)
www.croportal.net (19.06.2006.)
www.koncar.com (12.06.2006.)
www.dhmz.hr (21.06.2006.)
www.powerlab.fsb.hr (16.06.2006.)
www.our-energy.com (21.06.2006.)
www.thefraserdomaintypepad.com (19.06.2006.)
www.energetika-net.hr (19.06.2006.)

Željka Jakubec, prof. geol. i geogr.
II. gimnazija,
Križanićeva 4, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: zeljka.jakubec@mail.inet.hr
dr. sc. Sanja Faivre, doc.
Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Marulićev trg 19, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: sfaivre@geog.pmf.hr