

Iskorištavanje obnovljivih izvora energije, energetska učinkovitost i smanjenje emisija stakleničkih plinova kao pokretač razvoja “zelene ekonomije” u Hrvatskoj do 2050.

Neven Duić, Goran Krajačić, Tomislav Pukšec, Boris Ćosić, Tomislav Novosel, Iva Ridjan
Sveučilište u Zagrebu- Fakultet strojarstva i brodogradnje
Zagreb, Croatia

SAŽETAK

Ograničavanje porasta globalnog zatopljenja i smanjenje emisija stakleničkih plinova traži zaokret u dosadašnjem vođenju energetske politike mnogih zemalja. Dok tehnologije s minimalnim i gotovo nultim emisijama stakleničkih plinova, postoje i primjenjuju se nekoliko dekada, zabrinjavajuća je vrlo spora stopa rasta njihovog tržišnog udjela te još uvijek znatno veća ulaganja i subvencije u fosilna goriva na svjetskoj razini. Da bi došlo do promjena potrebno je vrlo pomno planirati potrošnju i dobavu energije. Kvalitetno i racionalno predviđanje buduće energetske potrošnje osnovna je pretpostavka za naprednu analizu i modeliranje energetske sustava te će kao ulazni podatak presudno utjecati na dimenzioniranje istih. Kroz ovaj rad odabran je *bottom up* pristup, kao najprimjerenija metodologija koja će opisati utjecaj pravnih, ekonomskih ili čisto tehnoloških mehanizama. Scenariji dobave energije u potpuno obnovljivom energetske sustavu za 2050. te mogućnost ostvarivanja niskouglijčnog društva su simulirani pomoću H2RES i EnergyPLAN modela za energetske planiranje. Usporedba korisne energije potrebne za grijanje u 2050. pokazuje razliku veću od 16%, za različiti tempo obnove postojećih zgrada u sektoru kućanstva od 1% i 3% godišnje. Svekolika elektrifikacija cestovnog prometa osobnih automobila u kombinaciji s postroženim zahtjevima za učinkovitošću motora s unutrašnjim izgaranjem može dovesti i do 30% ušteda u usporedbi s referentnim scenarijem transportnog sektora u 2050. godini. U periodu 2030.-2050. moguće je smanjiti emisije stakleničkih plinova za 82%, a korištenje obnovljivih izvora energije te proizvodnja sintetičkih goriva omogućuju prelazak na potpuno obnovljiv energetske sustav u Hrvatskoj u 2050. čime se može otvoriti 192000 radnih mjesta samo u održavanju postrojenja i proizvodnji goriva, povećati sigurnost opskrbe te smanjiti vanjskotrgovinsku bilancu za cjelokupan uvoz fosilnih goriva, prema rezultatima simulacija, za 4-5 milijardi EUR.

Renewable Energy Sources, Energy Efficiency and Reduction of Greenhouse Gas Emissions as main sources of Development of „Green Economy“ in Croatia until 2050

ABSTRACT

Most countries will need a shift in their energy strategies in order to limit the increase in global warming and to reduce the emissions of greenhouse gases. It is worrying that while technologies with little or no greenhouse gas emissions exist, and are used for a couple of decades now, the increase of their market share is extremely low and the investments and subsidies in fossil fuels are substantially larger on a world wide scale. For changes to accrue it is necessary to carefully plan both the energy consumption and supply. A correct and rational prediction of future energy consumption is the basic assumption for the advanced analysis and modelling of energy systems and it will, as an input, have a profound influence on them. In this paper a bottom up approach was selected because it is the most suitable methodology to describe the legal, economic or purely technical mechanisms. Scenarios for the energy supply in 100% renewable systems in 2050 and the possibility to create a low-carbon society were simulated using the EnergyPLAN model for energy system analysis. Comparison of the necessary useful energy for space heating in 2050 shows a difference greater than 16% for different rates of renovation of the existing buildings in the residential sector of 1% and 3% annually. The electrification of road transport for passenger cars in combination with increased requirements for energy efficiency of internal combustion engines can reduce the energy consumption in the transport sector by 30% in comparison to the reference scenario for 2050. It is possible to reduce the emission of greenhouse gases by 82% in the period 2030-2050 and the use of renewable energy sources and the production of synthetic fuels can enable a transition to a 100% renewable energy system in Croatia in 2050. Doing so would create 192000 jobs in plant maintenance and fuel production alone, increase the security of energy supply and reduce the expenditure for the purchase of fossil fuels by 4-5 billion EUR according to the results of the simulation.

UVOD

Emisije stakleničkih plinova (SP) povezanih uz sve oblike korištenja energije dosegle su povijesno visoke razine odnosno 68 posto globalnih emisija SP-a te je krajem lipnja izmjerena srednja vrijednost koncentracije CO₂ od 393,77 ppm. Globalno zatopljenje koje korelira s koncentracijom CO₂ je već prekoračilo očekivane vrijednosti, a optimistični scenariji razvoja ukazuju da je moguće zaustaviti zatopljenje na 2°C iznad globalnog prosjeka. To će iziskivat puno napora za primjenu mjera u svim sektorima potrošnje te primjenu novih tehnologija.

U svjetlu novog europskog klimatsko-energetskog paketa mjera za povećanje sigurnosti dobave energije, smanjenje utjecaja na klimu i okoliš te poboljšavanja održivog razvoja s posebnim naglaskom na zapošljavanje i regionalni razvoj, zemlje članice EU-a, što će vrlo skoro biti i Republika Hrvatska, kreću u provođenje nove politike energetske učinkovitosti i primjene obnovljivih izvora energije. U svrhu ostvarivanja navedenih ciljeva potreban je novi način promišljanja energetskog planiranja i postavljanje jasne i realne energetske strategije kako bi se sve preuzete obaveze ispunile u za to predviđenom vremenskom roku. Da bi se to ostvarilo potreban je novi holistički pristup koji će balansirati optimalan energetska sustav s realnom energetskom potrošnjom, uzimajući u obzir sve značajne parametre.

Sa strane energetske potrošnje potrebno je što kvalitetnije detektirati, ali i kvantificirati, mehanizme koji će najznačajnije utjecati na buduće trendove, bilo da su oni zakonodavno-financijski ili strogo tehnološki. Cjelovita energetska strategija za cilj ima osigurati veću energetsku neovisnost te dugoročan održivi razvoj koji se mora temeljiti na novom gospodarskom rastu te otvaranju novih „zelenih“ radnih mjesta.

Energetsku strategiju trebalo bi promatrati kao početnu točku za strateški razvoj industrije i otvaranje novih radnih mjesta: „Energetska strategija koja počiva na novim radnim mjestima“. Pronalazak novih industrijskih niša koja zadiru u komponentu čistih tehnologija treba promatrati kao jedinstvenu priliku koju bi Republika Hrvatska trebala objeručke prihvatiti te maksimalno iskoristiti.

Tranzicija na nisko-ugljično društvo značiti će život u energetski neutralnim zgradama, vožnju električnim i hibridnim vozilima te općenito život u čistijem okolišu. Da bi se to ostvarilo potrebni su obnovljivi izvori energije, pametne mreže i gradovi te razvoj novih tehnologija koje će jamčiti veću energetsku učinkovitost. Financijska cijena tog prijelaza na razini EU procijenjena je na €270 milijardi, ili 1,5 posto ukupnog godišnjeg BDP-a u narednih četrdeset godina. Ovakvi investicijski ciklusi će dovesti europsku ekonomiju na razinu prije ekonomske krize te će potaknuti široki spektar proizvodnih grana industrije. Zadržavanje te stvaranje novih visoko tehnoloških radnih mjesta je apsolutni prioritet EU-a koji se preslikava na RH. Procjena Europske komisije je stvaranje 1,5 milijuna novih radnih mjesta u Europi do 2020. kao izravna posljedica europskog klimatsko-energetskog paketa [1].

Kako smo suočeni s mnoštvom mehanizama koji izravno utječu na buduća kretanja energetske potrošnje, potreban je novi pristup u načinu modeliranja koji će spomenute mehanizme najkvalitetnije kvantificirati.

Prvo poglavlje rada prikazuje metodologiju koja se sastoji od metoda izračuna potrošnje energije te razrade scenarija za dobavu energije. Zatim se navode rezultati pojedinih analiza s naglaskom na moguće otvaranje radnih mjesta te izračun investicijskih, fiksnih i varijabilnih troškova vezanih uz dobavu energije. Na kraju rada dan je zaključak te popis literature.

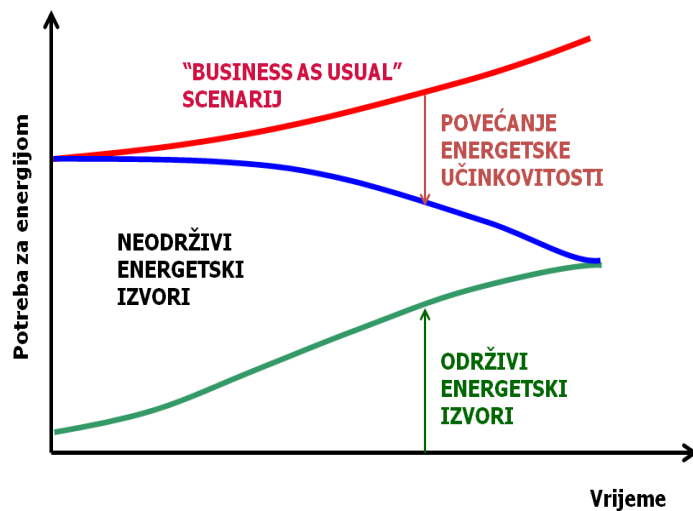
1. METODOLOGIJA

Planiranje energetske potrošnje kroz prizmu implementacije novih parametara energetske učinkovitosti koji će utjecati na njeno smanjenje znači otvaranje prostora za kvalitetniju penetraciju obnovljivih izvora energije u energetski sustav, kao i smanjenje energetske ovisnosti svake zemlje (**Slika 1.1**).

Projekcija energetske potrošnje se obično svodila na trendovsku analizu kombiniranu ekstrapolacijskim tehnikama kako bi se na što jednostavniji način dobili ulazni podaci za kasniju analizu energetskog sustava. U današnje vrijeme takav pristup naprosto nije više mjerodavan obzirom da nije u mogućnosti detektirati i kvantificirati sve mehanizme koji utječu na buduću energetsku potrošnju. Zbog primjene novih propisa o energetskoj učinkovitosti i smanjenja emisija doći će do značajnih promjena u mehanizmima koji utječu na promjenu potrošnje energije pa je izuzetno važno modelirati njihov utjecaj.

1.1 Metodologija planiranja energetske potrošnje

Dugoročne projekcije energetske potrošnje prezentirane u ovoj studiji rađene su *bottom up* metodologijom koja polazi od krajnjeg potrošača energije. Obrada podataka i daljnja analiza temelje se na sektorskom pristupu, čime se dobiva mogućnost detaljnijeg prikaza energetske potrošnje te



Slika 1.1. Stvaranje održivog energetskeg sustava

razini korisnih površina iz kojih se uvažavajući sve klimatološke specifičnosti kao i specifičnosti gradnje dolazi do izračuna korisne energije potrebne za grijanje i hlađenje prostora. Daljnja analiza utvrđuje prijelaz na razinu finalne energije kombinirajući različite tipove tehnologija. U transportnom sektoru modeliranje se vrši na razini samog vozila, dinamike njegovog ulaza i izlaza iz sustava kao i njegove učinkovitosti, specifične potrošnje te iskoristivosti. Prema prezentiranom pristupu, najkompleksniji sektor predstavlja sektor industrije gdje se modeliranje potrošnje svakog podsektora zasniva na specifičnoj energetskeg vrijednosti svakog proizvoda te njihovim varijacijama, temeljenim na različitim unutarnjim i vanjskim parametrima.

Kako bi se zadržala dosljednost rezultata te mogućnost daljnje usporedbe, sektorska metodologija predmetne studije prati nacionalnu energetskeg bilancu. Predmet istraživanja i analize su najznačajniji energetskeg sektor: transportni sektor, sektor industrije, sektor kućanstva, uslužni sektor, poljoprivredni sektor i građevinski sektor.

1.2 Modeliranje sustava dobave energije

Za određivanje kapaciteta postrojenja za dobavu svih potrebnih oblika energije, kao i za proračun svih vezanih troškova, korišten je EnergyPLAN model za energetskeg planiranje.

EnergyPLAN [2] je ulazno/izlazni model koji provodi godišnju analizu s jednim satom kao korakom ili osnovnim periodom za bilanciranje. Za ulaze se definiraju potrošnja i instalirana snaga postrojenja, kao i satna distribucija opterećenja i potrošnje te distribucija intermitentnih OIE. Veliki broj tehnologija je uključen u programu, što omogućuje rekonstrukciju svih elemenata energetskeg sustava te analizu za integraciju tehnologija. Model je namijenjen za kreiranje scenarija s velikim udjelom intermitentnih obnovljivih izvora te analizu kogeneracijskih-CHP sustava s velikom interakcijom između dobave električne energije i topline, transportnog sustava te energetskeg tržišta.

EnergyPLAN je korišten za simulaciju 100% obnovljivog energetskeg sustava otoka Mljeta u Hrvatskoj i cijele Kraljevine Danske. Korišten je u raznim studijama za ispitivanje velikog prihvata energije vjetera u energetskeg sustave, optimalnu kombinaciju obnovljivih izvora energije, upravljanje "kritičnim viškom proizvodnje" električne energije, integraciju energije iz vjetroelektrana koristeći električne automobile, potencijal gorivih ćelija i elektrolizera u energetskeg sustavima, kao i ulogu skladištenja energije, skladištenje komprimiranim zrakom i u toplinskim spremnicima. U modelu je moguće koristiti različite regulacijske strategije stavljajući naglasak na toplinsku i električnu energiju, uvoz/izvoz kao i na kritični višak proizvodnje energije. Izlaz su energetskeg bilance, rezultirajuća godišnja proizvodnja, potrošnja goriva te uvoz/izvoz. Program omogućuje uvođenje ograničenja koja nastaju kao potreba za pomoćnim radnjama koje osiguravaju stabilnost mreže. Dakle, moguće je imati minimum opterećenja

njene buduće projekcije. Sektorski modeli sastoje se od mnoštva ulaznih podataka, koji ih čine izuzetno kompleksnima te zahtijevaju poseban pristup u sistematizaciji. Svakom sektoru je pristupano individualno kako bi se što kvalitetnije opisalo sve parametre i mehanizme koji utječu na potrošnju energije. Ono što je zajedničko svakom sektorskom modelu jest testiranje metodologije na temelju bazne godine. Na taj način se provjeravaju sve komponente koje se u konačnici koriste pri projekciji energetskeg potrošnje. Testiraju se svi ulazni parametri te se dodatno utvrđuju sve komponente koje nisu poznate u startu; kao što su specifične potrošnje, razni koeficijenti i sl. U sektoru zgradarstva to znači pristup na

postrojenja koja trebaju biti u pogonu cijelo vrijeme ili kao postotak opterećenja koji će se namiriti iz određenog tipa postrojenja, a koja mogu održavati stabilnost napona i frekvencije.

Neki od prijašnjih radova pokazuju da se vrlo lako može rekonstruirati energetska sustav Republike Hrvatske u EnergyPLAN modelu [3] i [4]. Za potrebe analize dobave energije u scenariju maksimalne energetske učinkovitosti te primjene naprednih tehnoloških rješenja korištene su distribucijske krivulje opisane u radovima [3] i [4] kao i kapaciteti instaliranih postrojenja u 2008. godini navedeni u istim radovima. Cijene goriva u pojedinim godinama, korištene u analizi scenarija, dane su u tablici 1.2.1, a investicijski troškovi te troškovi održavanja uzeti su prema vrijednostima iz SETIS kalkulatora te prema podacima iz [4] i scenarija za potpuno obnovljiv energetska sustav Danske prikazanim u EnergyPLAN modelu.

Proračuni za period 2020.-2050. su rađeni uz korištenje tehničke optimizacijom u EnergyPLAN modelu. Ova optimizacija maksimizira domaću proizvodnju električne energije te minimizira emisije CO₂. Energetska sustav je promatran kao zatvoren, što znači da su uvoz i izvoz energije minimizirani odnosno korišteni su samo kada nije moguće zadovoljiti bilancu uz postavljena ograničenja na rad i pretpostavljenu instalirane kapacitete u energetska sustavu.

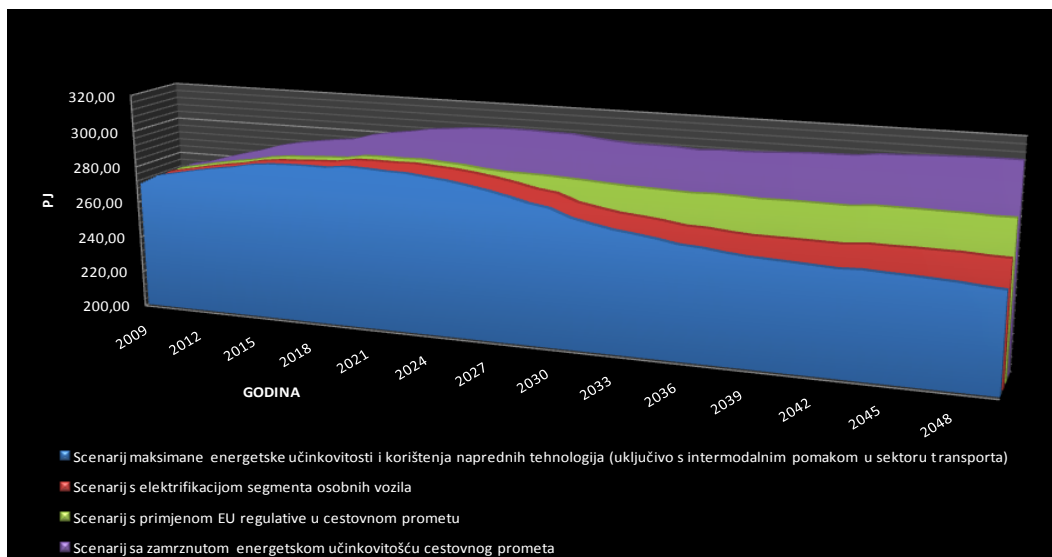
Broj radnih mjesta potrebnih za proizvodnju opreme te izgradnju postrojenja, kao i njihovo održavanje te dobavu i proizvodnju goriva, proračunat je jednostavnim množenjem snage instaliranih kapaciteta i potrošnje određenog goriva s koeficijentima za pojedine tehnologije navedenim od strane autora u [5], [6] i [7].

Tablica 1.2.1. Cijene goriva [€/GJ] korištene u proračunima troškova

Godina	Ugljen	Teško loživo ulje	Diezel	Benzin/kerozin	Prirodni plin	UNP	Biomasa mala p.	Biomasa velika p.	Biomasa prosjek	Bioplina poljopr.
2020.	3,76	12,93	17,78	19,46	12,18	13,54	5,65	3,26	4,46	6,40
2030.	4,53	16,01	22,02	24,10	14,15	16,77	6,59	3,80	5,20	6,40

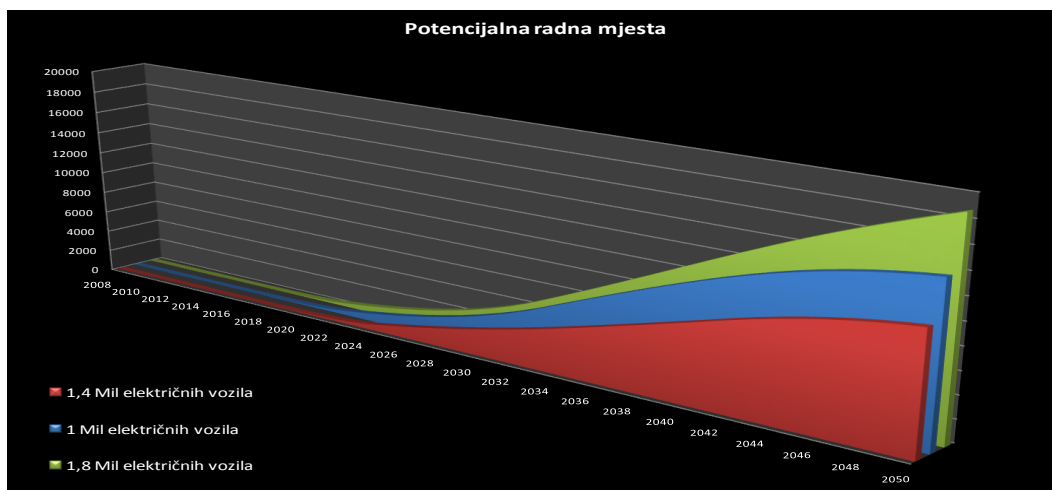
2. REZULTATI

Razrada modela, koja je išla na tragu individualnog pristupa svakom sektoru za cilj je imala kvantifikaciju različitih mehanizama koji bi u narednom periodu mogli utjecati na smanjenje energetske potrošnje. Na **Slika 2.1** prikazani su energetska klinovi „wedge-ovi“ koji prikazuju kako određena mjera utječe na smanjenje energetske potrošnje. Kao primjer poslužio je transportni sektor. Kao prvi korak prikazana je ukupna finalna potrošnja RH ukoliko se u transportnom sektoru pretpostavi zamrznuta energetska učinkovitost do 2050. Nakon toga svaki sljedeći scenarij prikazuje potencijalno smanjenje potrošnje ukoliko se neka od predloženih mjera primjeni u narednom periodu. Kao konačan rezultat dobivamo scenarij ukupne finalne potrošnje za RH u kojem su maksimalno primijenjene mjere energetske učinkovitosti te naprednih tehnoloških rješenja [8], [9], [10], [11] i [12]. Navedeni scenarij je detaljnije, sektorski, prikazan na **Slika 2.4**.



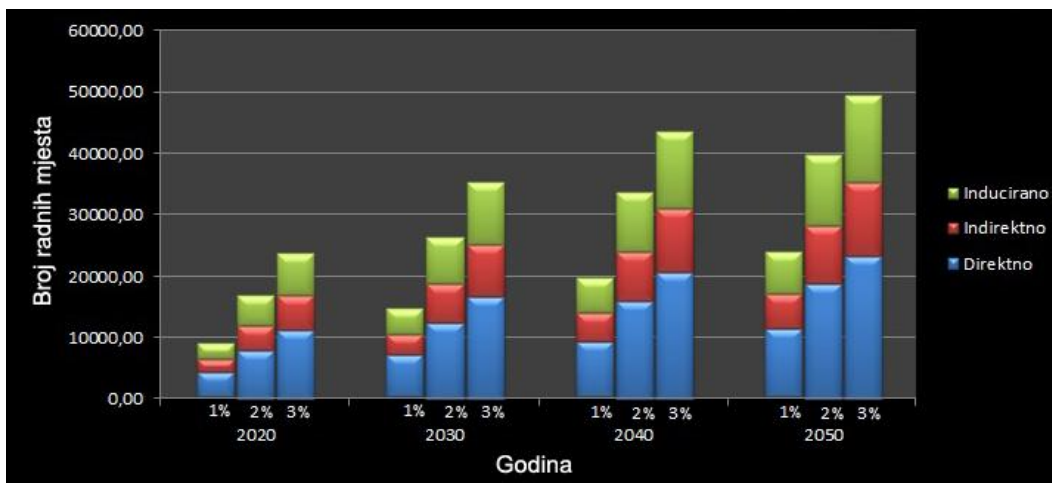
Slika 2.1. Utjecaj mjera u transportnom sektoru na ukupnu finalnu potrošnju RH

Na sve spomenute mehanizme koji će utjecati na buduću potrošnju u transportnom sektoru treba promatrati kao izuzetnu priliku za Hrvatsku. Sveopća elektrifikacija sa sobom nosi izuzetne ekonomske mogućnosti, bilo kroz infrastrukturu ili samu proizvodnju. U ovom trenutku hrvatsko gospodarstvo ima izuzetnu priliku uključiti se u stvaranje globalne zelene ekonomije koja nas ionako sve čeka. Na **Slika 2.2** prikazan je potencijal za stvaranje novih radnih mjesta kroz izgradnju infrastrukture potrebne za ulaz električnih vozila u sustav. Isto tako prikazana su i potencijalna radna mjesta koja bi se ostvarila proizvodnjom električnih automobila u Hrvatskoj. Oba slučaja (potencijalnih radnih mjesta u proizvodnji i implementaciji infrastrukture) izrađena su za tri različita scenarija temeljena na različitim količinama električnih vozila u hrvatskom transportnom sektoru (1, 1,4 i 1,8 milijuna električnih vozila u 2050. godini).



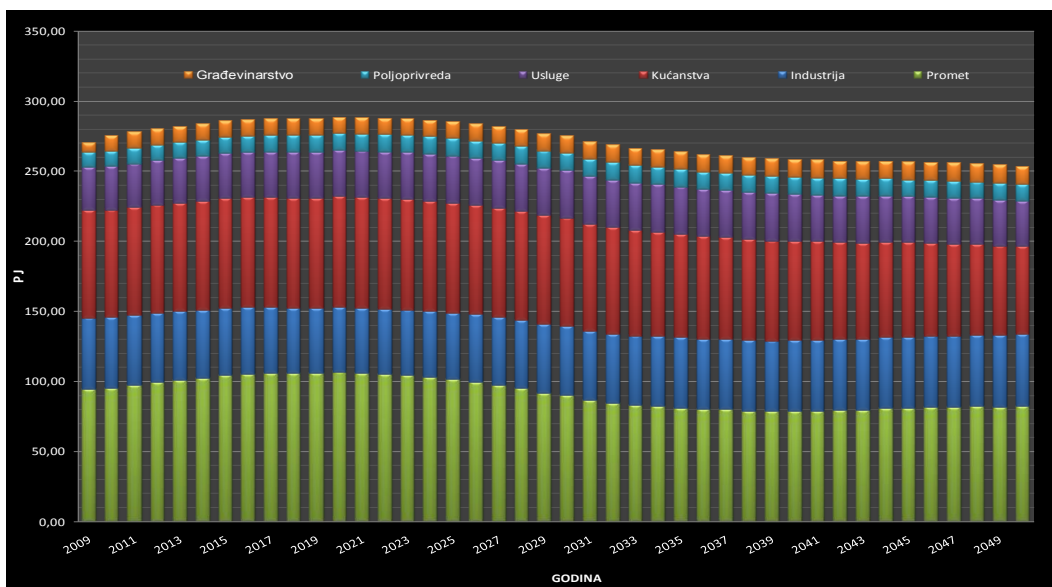
Slika 2.2. Potencijalna radna mjesta kao rezultat elektrifikacije segmenta osobnih vozila

Ulaganje u mjere energetske učinkovitosti te potencijal generiranja radnih mjesta potrebno je promatrati i kroz druge sektore. Kao još jedan izuzetno zanimljiv sektor nameće se sektor kućanstva gdje će tempo obnove postojećeg fonda zgrada predstavljati izuzetnu ekonomsku priliku za svekoliki razvoj hrvatske industrije. Ovo se ne odnosi samo na građevinski sektor i industriju građevinskog materijala, nego i na sve ostale segmente industrije koji su s prethodno navedenima izravno ili neizravno povezani. Na **Slika 2.3** su prikazana potencijalna radna mjesta generirana različitim godišnjim tempom obnove vanjske ovojnice u sektoru kućanstva. U analizi su razmatrane tri razine potencijalne kreacije radnih mjesta; radna mjesta direktno generirana u industriji građevinskog materijala, indirektno generirana radna mjesta u industrijama koja prate industriju građevinskih materijala te radna mjesta inducirana samim rastom prethodno spomenutih industrija u ne industrijskim sektorima.



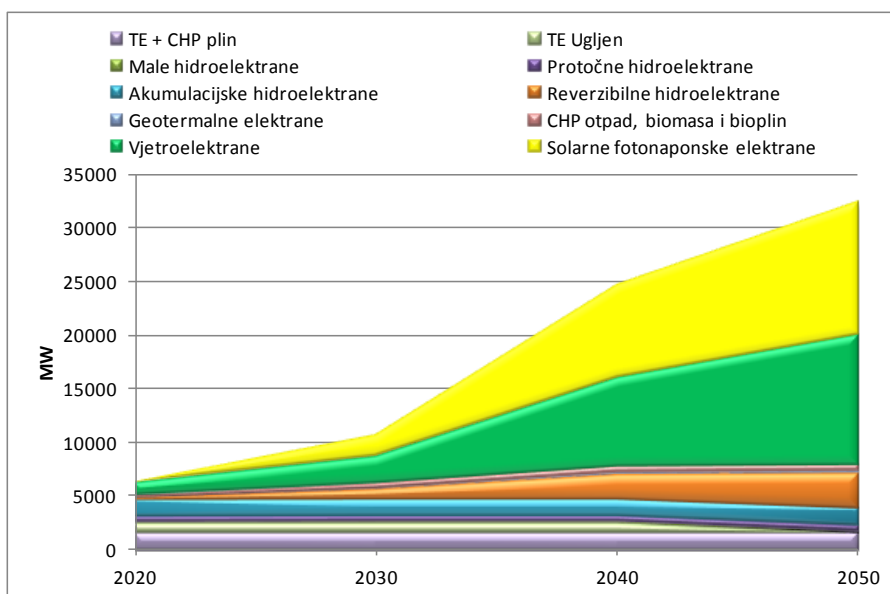
Slika 2.3. Potencijalna radna mjesta generirana različitim godišnjim postotkom obnove vanjske ovojnice u sektoru kućanstva

Slika 2.4 predstavlja scenarij maksimalne energetske učinkovitosti te primjene naprednih tehnoloških rješenja koji će u konačnici biti korišten u analizi planiranja energetskog sustava RH.



Slika 2.4. Scenarij maksimalne energetske učinkovitosti te primjene naprednih tehnoloških rješenja

Instalirana snaga postrojenja za proizvodnju električne energije za Scenarij maksimalne energetske učinkovitosti te primjene naprednih tehnoloških rješenja prikazan je na **Slika 2.5**. Vidljivo je da će vjetroelektrane i solarne fotonaponske elektrane zauzeti primarno mjesto nakon 2030. Kako su se do 2030. iscrpile mogućnosti za izgradnju hidroelektrana (osim reverzibilnih), a potencijal za geotermalne elektrane je relativno malih 150 MW do 2050. godine. Energija vjetra i sunčeva zračenja ostaju dostupne za proizvodnju električne energije jer se većina biomase to jest raspoloživog potencijala preusmjerio u proizvodnju biogoriva.

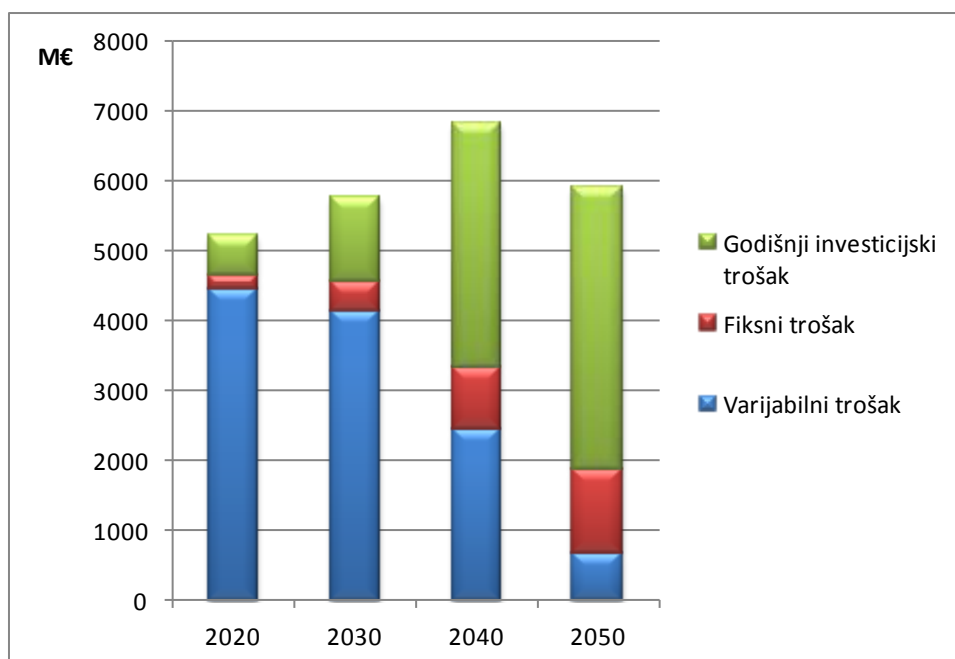


Slika 2.5. Instalirana snaga postrojenja za proizvodnju električne energije

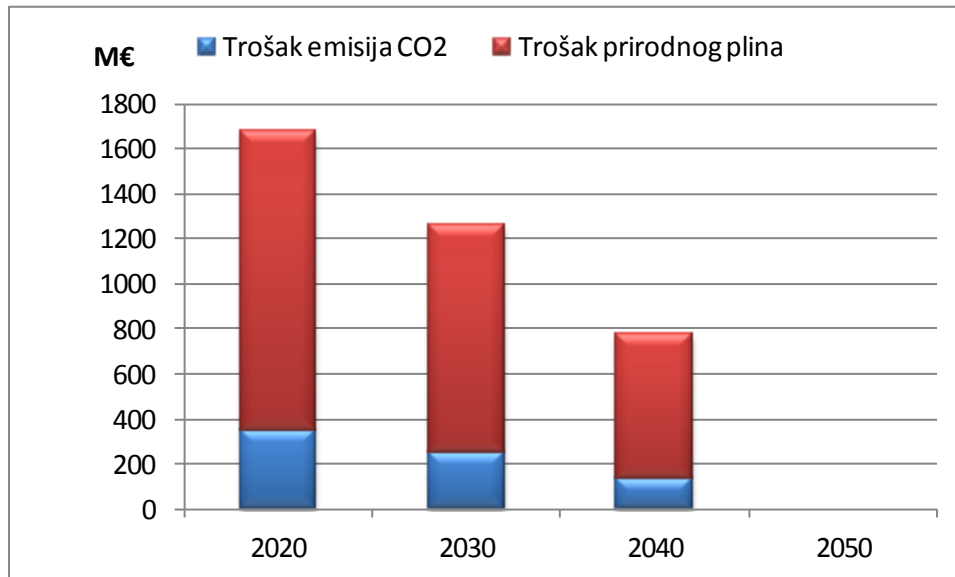
Prema sadašnjem stanju u Registru postrojenja za obnovljive izvora energije i kogeneraciju prijavljeni kapacitet vjetroelektrana je oko 7 000 MW. Sve prijavljene vjetroelektrane su navedene s lokacijom tako da fizički postoji rezervirano mjesto za njih. Planirana snaga vjetroelektrana za 2050. je 12 150 MW što ukazuje na potrebu za instalacijom znatno većih turbina, ako bi se željele iskoristiti postojeće rezervirane lokacije s povoljnim vjetrom ili će se trebati razmatrati *off-shore* instalacije te eventualno lokacije s lošijim vjetrom što će zahtijevati i veću instaliranu snagu.

Predviđeni kapacitet solarnih elektrana u 2050. je 12 450 MW te bi većina trebala biti izgrađena na način da se uklopi u postojeće ili buduće objekte (na taj način bi se smanjili troškovi distribucije i transmisije).

Slika 2.6 i **Slika 2.7** prikazuju godišnje troškove pojedinih analiziranih scenarija. Varijabilni trošak se većinom sastoji od troška goriva, emisija i marginalnog troška vođenja pogona.



Slika 2.6 Godišnji trošak energetskeg sektora



Slika 2.7. Godišnji trošak za emisije CO₂ i trošak prirodnog plina

Na **Slika 2.8** prikazana su radna mjesta potrebna za proizvodnju opreme te izgradnju postrojenja kao i njihovo vođenje, servisiranje te proizvodnju i dobavu goriva. Lijeva ordinata iskazana je u čovjek/godina te ona kaže koliko je potrebno utrošiti rada da se proizvede oprema te izgrade planirana postrojenja. Za pojedine godine iskazana je kumulativno te vrijednost za 2050. uključuje i vrijeme potrebno za izgradnju svih postrojenja u periodu 2020.-2050. Iz toga se može zaključiti da potreban rad odnosno nova radna mjesta u pojedinom desetljeću ili periodu se mogu izračunati jednostavnim oduzimanjem vrijednosti te će u desetljeću od 2030.-2040. bit potrebno 66 641 čovjek/godina za izgradnju opreme i postrojenja proračunatih za 2040. godinu. Uz pretpostavku da će ta postrojenja biti izgrađena u periodu od 10 godina te da su jednako raspoređena po godinama to bi bilo dodatnih 6 664 radnih mjesta. Kako ova radna mjesta nisu nužno vezana uz Republiku Hrvatsku već ona ovise o lokacijama proizvodnje opreme, puno važnije je promatrati radna mjesta potrebna za vođenje i održavanje postrojenja te dobavu goriva. Ona pokazuju da bi 2050. moglo direktno biti zaposleno 191 810 radnika, no velika većina odnosno 66 posto ili 126 630 radnih mjesta bi bilo ostvareno u proizvodnji, dobavi i pripremi biogoriva te taj sektor treba dodatno planirati i optimirati proizvodnju.



Slika 2.8. Radna mjesta vezana uz dobavu energije

3. ZAKLJUČAK

Racionalno planiranje energetske potrošnje postavlja se kao apsolutni imperativ. Naredni period donosi mnoštvo noviteta na području razvoja naprednih tehnologija, bilo u sferi obnovljivih izvora ili

energetske učinkovitosti. Nikako se ne smiju zanemariti mehanizmi koji će sa zakonodavne ili pak financijske strane utjecati na buduću energetska potrošnju.

U budućim istraživanjima u planiranju potpuno obnovljivog energetskeg sektora Republike Hrvatske detaljnije će se razraditi moguća uloga sustava područnog ili centraliziranog grijanja na obnovljive izvore koji uključuju postrojenja pogodna za manja naselja i gradove. Ostvarivanje napretka u razvoju ovakvih sustava grijanja koji koriste polazne i povratne vodove na temperaturama ispod 60°C te uz široku primjenu visokoučinkovitih dizalica topline, postizanje potpuno obnovljivih energetskeg zajednica biti će znatno olakšano. Naravno, u periodu nakon 2030. trebat će pažljivo razmatrati koje sektore poticati jer će iskorištavanje energije vjetra biti široko primjenjivana i sazrjela tehnologija te će napredak vjerojatno biti okrenut u jednu ruku prema smanjivanju troškova pogona i servisiranja te produljenju životnog vijeka ključnih komponenti vjetroagregata, a u drugu ruku to će vjerojatno biti razvoj ekstremno velikih vjetroturbina te razvoj vjetroturbina za specifične potrebe, kao što su izolirane zajednice i teško pristupačne lokacije vjetroelektrana. Iskorištavanje vjetrova u višim slojevima atmosfere je također jedna od mogućih novih tehnologija. Naravno, puno veći prostor ostaje za razvoj solarne tehnologije, kako fotonaponskih, tako i toplinskih kolektora povezanih s visokoučinkovitim dizalicama topline, a koje mogu biti vezane i uz korištenje nisko temperaturnih geotermalnih izvora. Za područje Hrvatske, iskorištavanje visoko temperaturnih geotermalnih izvora ovisiti će o napretku u tehnologiji bušenja. Kod iskorištavanja biomase treba se okrenuti prema održivom uzgoju kultura te optimizaciji procesa prerade i iskorištavanja biomase na što učinkovitiji način jer prikazani scenarij za 2050. iskorištava 32,62 TWh iz biomase.

Osim velikih napora tvrtke KONČAR i DALEKOVOD, razvoj i proizvodnja komponenti za vjetroturbine i prateću opremu nije toliko zaživjela na području Republike Hrvatske. No, možda okretanje poticajnih mehanizama prema nagrađivanju lokalne proizvodnje i novih razvojnih planova i strategija u javnom i privatnom sektoru moći pokrenuti industriju i privući investicije. Slični mehanizmi mogli bi ojačati lokalni razvoj i proizvodnju solarnih toplinskih sustava te sustava lokalna proizvodnja solarnih fotonaponskih panela te dizalica topline.

Rezultati pokazuju da se promocijom energetske učinkovitosti i samo sanacijom vanjske ovojnice zgrada u sektoru kućanstva može u periodu 2020.-2050. otvoriti godišnje između 10000-50000 radnih mjesta, ovisno o stopi obnove i promatranom scenariju. Broj radnih mjesta vezan uz dobavu energije kreće se od 30 000-190 000 samo za održavanje, vođenje postrojenja i proizvodnju goriva te do 450 000 radnih čovjek/godina za proizvodnju opreme i instalacije. Ova radna mjesta u ravnomjernom rasporedu u tri desetljeća mogla bi osigurati dodatnih 15 000 radnih mjesta godišnje. Naravno da će u proizvodnji opreme lokalno proizvodne komponente ovisiti o stanju domaće industrije, no bitno je istaknuti da su radna mjesta vezana uz sanaciju zgrada te održavanje i vođenje postrojenja lokalnog karaktera te u najvećoj mjeri usko vezana uz područje Republike Hrvatske.

Zaokret u energetskeg politici koji će ojačati ulogu obnovljivih izvora energije te ostvarivanje potpuno obnovljivog energetskeg sektora u 2050. godini može osigurati nezavisnost hrvatskeg energetskeg sustava te u potpunosti ukinuti uvoz energenata i na taj način smanjiti deficit. Ukupno smanjenje deficita vanjskotrgovinske bilance ipak će ovisiti o tome koliki će dio investicije za kupnju opreme i izgradnju postrojenja biti zadovoljen s privrednim subjektima registriranim na području Republike Hrvatske.

4. ZAHVALE

Istraživanja vezana za predviđanje potrošnje u sektoru transporta, kao i promatranje utjecaja električnih vozila na razvoj energetskeg sustava, rađena su za potrebe i-RESEV projekta (powerlab.fsb.hr/iresev), financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ). Prikazani rezultati ne odražavaju stajalište HRZZ-a.

5. LITERATURA

1. Europska Komisija; http://ec.europa.eu/energy/index_en.htm [pregledano 22.06.2012.]
2. H. Lund, "EnergyPLAN - Advanced Energy Systems Analysis Computer Model," Aalborg University, Users manual Documentation Version 8.0, 2010.
3. G. Krajačić, V.B. Mathiesen, N. Duić, and M. G. Carvalho, "Increasing RES Penetration and Security of Energy Supply by Use of Energy Storages and Heat Pumps in Croatian Energy System," in *Energy Options Impact on Regional Security*, NATO Science for Peace and Security Series ed., F. Barbir and Ulgiati S., Eds.: Springer, 2010, pp. 159-171.

4. Goran Krajačić et al., "Planning for a 100% independent energy system based on smart energy storage for integration of renewables and CO2 emissions reduction," *Applied thermal engineering*, vol. 31, pp. 2073-2083, 2011.
5. Daniel M. Kammen, Kamal Kapadia, and Matthias Fripp, "Putting Renewables to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate?," University of California, Berkeley, RAEI Report 2004.
6. REN21 Renewable Energy Policy Network, "Renewables 2005 Global Status Report," Worldwatch Institute, Washington, DC, 2005.
7. O Parissis et al. (2009) COST-BENEFIT ANALYSIS. [Online]. www.storiesproject.eu
8. Pukšec, Tomislav; Mathiesen, Brian Vad; Duić, Neven.
[Potentials for energy savings and long term energy demand of Croatian households sector.](#) // *Applied Energy*. (2012)
9. Irsag, Bojan; Pukšec, Tomislav; Duić, Neven.
[Long term energy demand projection and potential for energy savings of Croatian tourism-catering trade sector.](#) // *Energy (Oxford)*. (2012)
10. Bačelić Medić, Zlatko; Pukšec, Tomislav; Mathiesen, Brian Vad; Duić, Neven.
[Modelling energy demand of Croatian industry sector](#) // *The 7th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems – SDEWES Conference*. 2012.
11. Pukšec, Tomislav; Lulić, Zoran; Mathiesen, Brian Vad; Duić, Neven.
[Energy Policy and Long Term Energy Demand of a Transport Sector: Case Study Croatia](#) // *The 7th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems – SDEWES Conference*. 2012.
12. Pavković, Dragomir; Pukšec, Tomislav; Duić, Neven.
[Energy demand modelling for the Croatian education sector](#) // *21 st. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING* / Andrassy, Mladen (ur.). Zagreb : ENERGETIKA MARKETING d.o.o., 2011. 44-45