

Koje procese u energetske sektoru RH možemo očekivati do 2050. godine

G. Granić i suradnici

PREGLEDNI ČLANAK

U članku su analizirani procesi koji se mogu očekivati u energetske sektoru RH do 2050. godine u uvjetima značajnih smanjenja CO₂ i drugih stakleničkih plinova. Obuvaćeni su osnovni utjecajni faktori na potrošnju energije, ograničenja u razvoju energetske sektora zbog klimatskih promjena i zaštite okoliša, tehnološki razvoj i njegov utjecaj na razvoj energetske sektora, potencijal raspoloživih resursa i energetske infrastrukture za transport/prijenos energije i uvoza energije, te sigurnost i kvaliteta opskrbe energijom. Ukazano je na velike promjene u energetske sektoru, nužnost izgradnje nove društvene i gospodarske politike koja bi se temeljila na povećanju energetske učinkovitosti, obnovljivim izvorima i tehnologijama koje proizvode električnu energiju s minimalnim emisijama CO₂ i drugim stakleničkim plinova ili doprinose značajnom smanjenju i učinkovitijem korištenju fosilnih goriva.

Ključne riječi: energetske sektoru, tehnološki razvoj, 2050. godina

1. Uvod

Razdoblje od 2010. do 2050. godine je dovoljno dugačko da se mogu očekivati promjene izazvane različitim utjecajnim faktorima, od tehnološkog razvoja, rasta potreba, promjena u energetskej efikasnosti, do ograničenja u resursima, klimatskim promjenama i rastu populacije. Kako se ograničenja u razvoju, koja proizlaze iz potrebnih mjera i aktivnosti očuvanja klime nameću kao glavni utjecajni faktor, razdoblje do 2050. godine može se već unaprijed smatrati razdoblje diskontinuiteta u odnosu na prethodna razdoblja. Upravo ta činjenica upućuje da se analizama i planiranju tog razdoblja treba pristupiti na poseban način, s mogućnosti sagledavanja svih utjecajnih faktora.

Na početku promatranog razdoblja Hrvatska će postati članica EU, pa će dijeliti pozitivne i manje pozitivne utjecaje s ostalim članicama EU. U ovom segmentu promatrano razdoblje nije identično, razlikuje se prva faza kada startamo sa svim problemima zemlje u tranziciji i nove članice, do tridesetih godina i sredine tog razdoblja, te kraja tog razdoblja. Integriranost hrvatskog gospodarstva s EU gospodarstvom rast će s vremenom, kao i mogućnosti mijenjanja stanja na bolje. Radi se o procesu s pozitivnim trendom.

Razvoj transporta svih oblika energije i svim transportnim sredstvima i infrastrukturom omogućava veću integriranost Hrvatske u međunarodno tržište energije. Naravno, što je veća integriranost Hrvatske u međunarodno tržište energije, veća je i izloženost svim rizicima tržišta, ali i ostalim rizicima koji proizlaze iz političkih problema, terorizma, ratova, katastrofa i svega ostalog izvan tržišta. Sigurnost opskrbe je nužan utjecajni faktor kojega treba uzeti u obzir kod planiranja.

Razvoj energetike nužno je potrebno promatrati u dimenzijama razvoja informatičko-komunikacijskih tehnologija, koje kroz sustav „pametnog“ upravljanja proizvodnjom, mrežama i trošilima, dodatno postiže povećanje sigurnosti opskrbe i učinkovitosti potrošnje energije.

2. Osnovni utjecajni faktori na potrošnju energije

Na trendove u potrošnji energije, korisne ili finalne energije, glavni utjecajni faktori su tehnološki razvoj, rastući osobni i javni standard i svi oni utječu na povećanje potrošnje energije. Tehnološki razvoj donosi nove uređaje kojima se zamjenjuje fizički rad u stambenim i poslovnim prostorima ili povećavaju mogućnosti rada ili korištenja slobodnog vremena, koji postaju novi potrošači energije. Osobni i javni standard je u uskoj korelaciji s energijom, rastom stambenih prostora i poslovnih prostora u kojima se pružaju usluge, te rastom poslovnih prostora. Sve to utječe na trend rasta potrošnje korisne energije.

Tehnološki razvoj utječe i na energetske učinkovitost, i stalni je trend smanjenja potrošnje energije za jednaku uslugu ili korist od nekog uređaja. Realno je očekivati kontinuiran napredak u energetskej učinkovitosti u budućnosti, kako na svjetskej razini tako i u Hrvatskej, koja prati tehnološki napredak s malim zaostatak, a taj će zaostatak s vremenom biti sve manji i brzo će se ujednačiti trendovi s zemljama EU.

Poseban problem je potrošnja energije za grijanje i hlađenje. Dok se kod novih zgrada Hrvatska može u relativno kratkom vremenu sinhronizirati s najboljom praksom u EU, putem dobrog zakonodavstva i nadzora, promjena stanja u postojećem stambenom i poslovnom fondu, posebno onom koji je građen do 1990. godine je veliki poslovni poduhvat. Osmisliti i provesti koncept rekonstrukcija postojećih poslovnih i stambenih zgrada je organizacijski i financijski poduhvat, koji osim realnih cijena u energije u početnoj fazi traži i sustav poticaja i ubrzavanja procesa.

Za očekivati je rast nastanjenih stambeni jedinica, usprkos sadašnjim sagledavanjima smanjenje broja stanovnika do 2050. godine sa današnjih 4,43 na 3,9 milijuna, sa 1,5 na 1,8 milijuna. Druga karakteristika stambenog i poslovnog fonda je da je 47% današnjeg fonda izgrađeno

do 1970. godine i realno je očekivati da bi se do 2050. godine demoliralo barem 25% današnjeg fonda.

Uz tu pretpostavku, do 2050. godine bi uz 300 tisuća novih kuća i 370 tisuća novih stanova u stambenim zgradama, građenih po standardima niskoenergetske gradnje, zatim uz 460 tisuća današnjih kuća i 390 tisuća današnjih stanova koji bi se trebali dodatno izolirati na vrlo jake standarde niskoenergetskih građevina, te uz 225 tisuća današnjih kuća i 45 tisuća današnjih stanova koji bi se izolirali na prosječne standarde, moguće je do 2050. godine smanjiti prosječne toplinske gubitke sa današnjih 200 kWh/m² na samo 35 kWh/m². Slično vrijedi i za zgrade u uslužnom sektoru.

Od 2020. godine potrebe u novogradnji bi bile oko 17 tisuća stambenih jedinica godišnje. Za postizanje 20% apsolutno manje potrošnje topline za grijanje do 2030. godine, bilo bi potrebno godišnje poboljšati izolaciju 40 tisuća stambenih jedinica.

U budućnosti može se očekivati rast mobilnosti ljudi i roba, što znači povećanje prometa i potrebne energije za promet. S druge strane jasno su izraženi trendovi povećanja energetske učinkovitosti u prometu, jer nove generacije motora i guma traže manje energije za isti učinak. Daljnji razvoj, kroz korištenje hibridnih automobila i elektro automobila povećat će energetske učinkovitost prometa.

Gledano s pozicije kupca energije, za osobne ili poslovne potrebe, koji će s jedne strane biti zainteresiran za korištenje novih tehnologija i proizvoda, a s druge strane jednako je tako zainteresiran za upravljanje s troškovima i njihovu minimizaciju. Tehnološki razvoj IC u kombinaciji s razvojem novih trošila i uređaja omogućit će mu ostvarivanje ciljeva koje će sebi postavljati na dnevnoj, mjesečnoj ili godišnjoj razini.

3. Dugoročne perspektive pametnih mreža (smart grids) u okviru elektroenergetskih sustava

Pametne mreže obuhvaćaju konceptijski široko područje u kojem se koriste moderne informacijske, komunikacijske i mjerne tehnologije kako bi se iskoristio potencijal tradicionalno pasivnih mreža za aktivno upravljanje sustavom u ovisnosti o okolnostima u realnom vremenu. Za razliku od tradicionalnih sustava, gdje se upravljanje odvija na razini velikih proizvodnih objekata koji isporučuju energiju uglavnom pasivnoj prijenosnoj i distributivnoj mreži, u pametnim mrežama upravljanje se može odvijati na nižim hijerarhijskim razinama, sve do upravljanja pojedinim trošilima određenog kupca na niskom naponu. Također, smjer energije ne mora biti samo iz mreže prema potrošaču, kao što je slučaj u klasičnom sustavu, već je moguće i da se energija iz malih izvora na lokaciji potrošača (npr. fotonaponskih panela ili mikro-kogeneracije) isporučuje u mrežu.

Za razvoj koncepcije pametnih mreža od presudne je važnosti napredak u informacijskim i komunikacijskim tehnologijama čime je omogućena brža, povoljnija i pouzdanija obrada i prijenos podataka. Primjerice, pametna brojila, za razliku od klasičnih koja samo evidentiraju ukupnu potrošnju energije, omogućuju

dvosmjernu komunikaciju između korisnika i mreže, slanje upravljačkih i mjernih signala i informacija o cijeni, te nadzor nad potrošnjom u realnom vremenu.

Motivacija za razvoj pametnih mreža može se promatrati na nekoliko razina. S jedne strane, smatra se da će bolji uvid u navike potrošnje navesti kupce na ekonomičnije korištenje energije, što će imati i povoljne učinke u smislu manjeg opterećenja okoliša. S druge strane, pametne mreže pružaju dodatnu fleksibilnost u smislu upravljanja sustavom u usporedbi s tradicionalnim pristupom. Snažna politička podrška razvoju obnovljivih izvora i tehnologija s niskom emisijom CO₂, trebala bi višestruko povećati njihov udio u strukturi izvora energije. Mnogi od tih izvora (osobito obnovljivi izvori) su vrlo slabo upravljivi, i njihova je proizvodnja varijabilna i ne sasvim predvidiva. Iz tog se razloga mogu očekivati povećane potrebe za fleksibilnošću u upravljanju sustavom, iako bi se udio klasičnih tehnologija na fosilna goriva, koje danas velikim dijelom omogućuju fleksibilno upravljanje, trebao drastično smanjiti.

Povećane potrebe za fleksibilnim pogonom, uz smanjenu mogućnost istog takvog pogona, predstavljaju stanoviti procjep, za koje bi jedno od rješenja u dugoročnoj perspektivi mogle biti pametne mreže. Dodatnu težinu takvom rješenju daju tendencije da se na duži rok potrošnja energije u prometu i grijanju zgrada prebaci u elektroenergetski sustav korištenjem električnih vozila i toplinskih pumpi, a sve kako bi se smanjio utjecaj na okoliš cjelokupnog energetskog sektora (pretpostavka je da bi se u tom slučaju proizvodnja električne energije zasnivala na obnovljivim izvorima i ostalim tehnologijama s niskim emisijama). U slučaju električnih vozila radi se o potrošačima koji zahtijevaju određenu energiju, ali su prilično fleksibilni u smislu vremena kad se ta energija može isporučiti. Sličnu fleksibilnost imale bi i toplinske pumpe u slučaju da su opremljene spremnikom topline. Kako bi se iskoristila njihova fleksibilnost, bit će nužno uspostaviti mehanizme upravljanja i mjerenja na različitim razinama u sustavu, odnosno uključiti takve fleksibilne potrošače u rad pametnih mreža, koje bi mogle omogućiti ekonomičniji i po okoliš povoljniji rad cjelokupnog sustava. Intenzitet uvođenja novih i pametnih rješenja ovisit će pritom o podršci nositelja energetske politike, kao i ostvarenom povećanju udjela ekološki prihvatljivijih tehnologija u strukturi opskrbe.

4. Ograničenja u razvoju energetskog sektora zbog klimatskih promjena i zaštite okoliša

Pitanje promjene klime, odnosno globalno zagrijavanje uzrokovano povećanjem antropogenih emisija stakleničkih plinova, je prepoznato kao ozbiljan međunarodni ekološki i politički problem prije 40-tak godina. Kao odgovor na klimatski problem, donesena je Okvirna konvencija Ujedinjenih nacija o promjeni klime (UNFCCC), a na trećoj konferenciji stranaka Konvencije (COP-3) i Kyotski protokol.

Protokolom se nastojalo kvantificirati obveze smanjenja emisije stakleničkih plinova za razvijene zemlje i

zemlje s ekonomijom u tranziciji, poput Hrvatske. U okviru Kyotskog protokola su definirani i mehanizmi za lakše ostvarivanje preuzetih obveza, kao što su zajednička provedba (engl. Joint Implementation - JI), mehanizam čistog razvoja (engl. Clean Development Mechanism - CDM) i mehanizam međunarodnog trgovanja emisijama (engl. International Emissions Trading - IET). Primjena ovih tzv. "fleksibilnih mehanizama Protokola iz Kyota" omogućuje strankama Protokola da do određene razine zadovolje vlastitu obavezu prema Protokolu ulaganjem u projekte koji doprinose smanjenju emisija stakleničkih plinova u drugim zemljama, po nižem trošku od troškova primjene "domaćih" mjera za smanjenje emisije. Međutim, Protokol ima i puno nedostataka. Ciljevi su postavljeni postotno, a odnose se na prosječnu emisiju u periodu od 2008. do 2012. godine u odnosu na referentnu godinu, tako da relativno mala emisija po stanovniku u referentnoj godini samo otežava mogućnost ostvarivanja obveze. Drugi je problem što je obveza smanjenja emisije definirana samo za manji broj zemalja (38 zemalja Priloga B Kyotskog protokola). Bez obzira na značajne nedostatke, radi se o prvom ozbiljnijem pokušaju ograničavanja emisija stakleničkih plinova.

Postavlja se pitanje: „Što će biti nakon 2012. godine, nakon isteka Kyotskog protokola?“. Novi sporazum o ograničavanju emisija stakleničkih plinova, na globalnoj razini, nije ugledao svijetlo dana na prošlogodišnjoj konferenciji stranaka u Kopenhagenu. Vjerojatno će ipak doći do kompromisa na predstojećoj konferenciji stranaka u Meksiku ili najkasnije do kraja 2011. godine. Tako da bi sporazum bio spreman za implementaciju od 2013. godine.

Prema procjenama Međunarodnog tijela za klimatske promjene (IPCC), potrebno smanjenje emisija razvijenih zemalja je 25-40% do 2020. u odnosu na emisiju iz 1990. godinu, dok bi do 2050. bilo potrebno smanjiti ukupne globalne emisije stakleničkih plinova za najmanje 50%, a razvijene zemlje bi trebale smanjiti emisije za čak 60-80%. Smanjenje antropogene emisije stakleničkih plinova od najmanje 50% na globalnoj razini do 2050. godine je preduvjet za ostvarenje optimističnog scenarija IPCC-a, u kojem se predviđa povećanje koncentracije stakleničkih plinova na 450 ppm i porast prosječne temperature za oko 2 °C do 2100. u odnosu na 2000. godinu. Ukoliko ne dođe do radikalnog smanjenja emisija, koncentracija stakleničkih plinova bi se mogle povećati na 1 000 ppm, a temperatura za čak 6 °C do 2100. godine, što može imati nesagledive posljedice na klimu.

Budući da se predviđa da će utjecaj globalnog zagrijavanja biti sve alarmantniji, EU je ubrzano donijela vlastitu sveobuhvatnu politiku, kojom se do 2020. godine kao ciljevi navode smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20%, povećanje udjela korištenja obnovljivih izvora energije na 20% i povećanje energetske efikasnosti za 20%. EU ima aktivnu ulogu u pronalasku rješenja za klimatske promjene i spremna je preuzeti obvezu od čak 30% smanjenja emisija do 2020. godine, ako ostale zemlje preuzmu obvezu značajnog smanjenja emisija stakleničkih plinova. Bez uključivanja svih zemalja, naročito SAD i brzo-razvijajućih velikih zemalja kao što su Kina

i Indija, neophodno smanjenje antropogenih emisija stakleničkih plinova na globalnoj razini neće biti moguće.

U cilju smanjenja emisija stakleničkih plinova, tzv. ETS direktivom (2003/87/EZ) definiran je sustav trgovanja pravima na emisiju CO₂ u zemljama članicama EU. Sustav je uspostavljen 2005. godine, a sada je u tijeku druga etapa sustava, koja se poklapa s razdobljem ispunjavanja obveza zahtjeva prema Protokolu iz Kyota, tj. od 2008. do 2012. godine. U okviru ETS-a države članice EU obvezne su ograničiti ukupne emisije stakleničkih plinova iz postrojenja obuhvaćenih ETS Direktivom, te svakom postrojenju dodijeliti dozvole za emitiranje točno određene emisije CO₂. Prava na emisiju su najčešće raspodijeljena na način da su postrojenja prisiljena ili primijeniti mjere za smanjenje emisije CO₂ ili kupiti potrebnu količinu prava na emisiju na tržištu emisijskih dozvola. Sustav obuhvaća svih 27 zemalja članica Europske Unije.

5. Tehnološki razvoj i njegov utjecaj na razvoj energetskega sektora

Tehnološki razvoj je ključni utjecajni faktor za postizavanje ciljeva razvoja energetskega sektora, u uvjetima radikalnog smanjenja emisija CO₂ i drugih stakleničkih plinova, u tehnologijama koje ne proizvode ili minimalno proizvode stakleničke plinove, fosilna goriva i obnovljive izvore.

Danas se za proizvodnju električne energije upotrebom nuklearne fisije može reći da predstavlja konkurentnu i dobro poznatu tehnologiju s niskom emisijom ugljičnog dioksida. Pogonska sigurnost je također visoka. Udio nuklearnih elektrana u ukupnoj proizvodnji električne energije u svijetu iznosi 14% (prema IEA podacima za 2007. godinu). Većina elektrana koristi LWR (Light Water Reactor) tehnologiju druge generacije. Nuklearne elektrane se koriste prije svega za pokrivanje temeljnog dijela dijagrama opterećenja. Faktor raspoloživosti iznosi i preko 90%.

U zadnjih desetak godina u Europi je na mrežu priključen relativno mali broj novih nuklearnih jedinica, a neke jedinice su izašle iz pogona. U svijetu je stanje malo drukčije, osobito u Aziji (Kina, Taiwan, Indija, Južna Koreja i Japan), Rusiji i Južnoj Americi (Brazil, Argentina) gdje je u izgradnji veći broj nuklearnih elektrana (prema podacima WNA za rujanj 2010. godine). Može se reći da se proizvodnja električne energije iz nuklearnih elektrana zadržava na stabilnoj razini u zadnjih dvadesetak godina. Prosječni troškovi proizvodnje (eng. Levelised Generation Cost) su se snizili zbog stalnih poboljšanja – povećanje učinkovitosti, povećanje snage postojećih postrojenja te povećanje raspoloživosti. Zadnjih godina povećan je interes za izgradnju nuklearnih elektrana (tzv. nuklearna renesansa) obzirom na zabrinutost zbog povećanja emisije i koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi te posljedičnih klimatskih promjena.

Pogonska iskustva pokazuju da nuklearne elektrane druge generacije mogu pouzdano raditi i 60 godina (što zahtjeva odgovarajuće procedure produljenja životnog vijeka, izdavanja dozvola i dr.). Razvojem tehnologija pripreme i upravljanja nuklearnim gorivom postignuta

su stalna poboljšanja u radu reaktora. Trenutno su u izgradnji prvi reaktori tzv. treće generacije koji predstavljaju evoluciju druge generacije s poboljšanim sigurnosnim mjerama i ekonomičnijim radom. Očekuje se da će se u nadolazećem razdoblju proizvodnja električne energije iz nuklearnih elektrana zadržati barem na današnjoj razini ili će se povećati kao kombinacija produljenja životnog vijeka postojećih jedinica i izgradnje novih jedinica. U Europi su danas u izgradnji dva reaktora treće generacije snage 1,6 GWe za koje se očekuje da će biti u pogonu tijekom 2012. godine (u Finskoj i Francuskoj). U slučaju Finske radi se o prvom reaktoru iz nove generacije te su se specifični troškovi izgradnje (eng. Overnight Costs) povećali s početno procijenjenih 2 000 EUR/MWe na 3 100 EUR/MWe. Troškovi za reaktor u Francuskoj su procijenjeni na 2 400 EUR/MWe. Investicijski troškovi predstavljaju oko 60-70% prosječnih troškova proizvodnje (eng. Levelised Generation Cost), troškovi pogona i održavanja oko 20-25% te troškovi goriva oko 10-15% (uključujući troškove trajnog zbrinjavanja).² Ovakva struktura troškova pokazuje da je prosječni proizvodni trošak vrlo osjetljiv kako na samu visinu investicije tako i na trajanje izgradnje i opcije financiranja izgradnje nuklearne elektrane.

Geološke rezerve urana su relativno velike, ali su procjene raspoloživosti uvijek povezane s troškovima vađenja (tj. s porastom cijena urana na svjetskom tržištu raste i broj ekonomski održivih nalazišta urana). Procjene iz 2007. godine³ su da bi se oko 5,5 miliona tona urana (MtU) moglo izvaditi po troškovima ispod 130 USD/kg. Ukupna količina neotkrivenih rezervi s troškovima vađenja ispod 130 USD/kg procjenjuje se na 10,5 MtU. Nekonvencionalni resursi iz kojih se uran dobiva kao nusproizvod (npr. proizvodnja fosfata) procjenjuju se na 7 do 22 MtU, a rezerve u morskoj vodi na 4 000 MtU. Troškovi proizvodnje urana iz morske vode se procjenjuju na oko 300 USD/kg. Uz sadašnju tehnologiju i razinu proizvodnje električne energije iz nuklearnih elektrana dokazane rezerve urana su dostatne za narednih oko 80 godina. Ako se uračunaju i nedokazane rezerve razdoblje korištenja urana se produljuje na oko 240 godina. Osim urana moguće je koristiti i torij čiji sadržaj u Zemljinoj kori je tri puta veći u odnosu na uran. Primjena torija zahtijevala bi razvoj novih reaktora i ciklusa goriva.

U slučaju značajnog povećanja korištenja nuklearne energije pitanje rezervi postaje kritično, osobito s obzirom na dugi životni vijek nuklearnih elektrana. Investitor već danas mora biti siguran da će u narednih 60 godina imati dovoljno goriva na raspolaganju. U tom smislu postoji velika potreba za razvojem reaktora četvrte generacije. Oplodni reaktori (eng. FBR – Fast Breeder Reactors) mogu proizvesti do 100 puta više energije iz iste količine urana u odnosu na sadašnje reaktore, a istovremeno smanjuju količinu otpadnog radioaktivnog materijala. Tijekom rada oplodni reaktor pretvara ne-fisijski materijal (U-238) u fisijski materijal (Pu-239) tako da se ukupna količina fisijskog materijala povećava (zbog toga se reaktori i zovu oplodni). Obradom potrošenog (izgorenog) goriva, fisijski materijal se izdvaja i ponovno se koristi kao gorivo. Koncept oplodnih reaktora je potvrđen u istraživačkim

projektima i prototipovima, ali je potreban daljnji razvoj kako bi se tehnologija i komercijalno primijenila. Osnovni tehnološki izazovi su razvoj i primjena novih materijala otpornih na visoke temperature, povećano izgaranje goriva (eng. burn-up) i količinu neutrona te korozivne rashladne medije, sigurnosna pitanja konstrukcije reaktora radi smanjenja mogućnosti nesreća, smanjenje količine otpada i proliferacije nuklearnih materijala. Očekuje se da će reaktori četvrte generacije biti komercijalno raspoloživi oko 2040. godine.

Primarna uporaba nuklearne energije danas je proizvodnja električne energije. Međutim, moguće je korištenje i u industrijskim procesima kao npr. grijanje, desalinizacija morske vode, primjena u rafinerijama, proizvodnja nafte, dobivanje sintetičkih goriva (iz CO₂ i vodik) i rasplinjavanje ugljena. Postoji također i mogućnost razvoja reaktora manjih snaga za neke specifične primjene ili upotrebu u udaljenim područjima. Značajna je i moguća primjena povećane proizvodnje električne energije za pogon električnih vozila čime se izravno utječe na smanjenje štetnih emisija iz prometa.

Upravljanje nuklearnim otpadom je najvažniji faktor za prihvaćanje nuklearne opcije u javnosti. Praktično jedini sigurni način za dugoročno zbrinjavanje nuklearnog otpada je odlaganje u geološka spremišta. Očekuje se da će prvo takvo spremište biti otvoreno u Švedskoj i Finskoj do 2020. godine, a zatim nekoliko godina kasnije i u Francuskoj čime bi se i praktično pokazala ostvarivost takvog rješenja. Razvojem četvrte generacije reaktora dodatno bi se smanjile količine i toplinskog opterećenje nuklearnog otpada što bi doprinijelo boljem iskorištenju geoloških spremišta.

Osnovna prepreka u primjeni nuklearnih elektrana su visoki troškovi ulaganja i dugoročna sigurnost i stabilnost prihoda elektrane. Zbog usporenog razvoja nuklearnih elektrana došlo je do gašenja ili smanjenja industrijskih djelatnosti tako da se za pojedine komponente treba čekati i do nekoliko godina. Nedostatak proizvodnih kapaciteta dovodi i do povećanja cijena pojedinih komponenti. Problem predstavlja i značajno smanjenje stručnog kadra te smanjenje obrazovnih programa na sveučilištima. Za razvoj i primjenu nuklearne tehnologije potrebno je stabilno regulatorno, ekonomsko i političko okruženje.

5.1. Nuklearna energija - fuzija

U smislu dugoročnog planiranja i zadovoljenja potreba za energijom, nuklearna fuzija ima određene osobine koje ju čine vrlo privlačnom opcijom. Nuklearna fuzija je jedna od malobrojnih tehnologija koja u dugom roku nudi proizvodnju temeljne električne energije bez emisije ugljičnog dioksida. Napredak u tehnologiji u nekoliko zadnjih desetljeća je značajan i danas se ova tehnologija smatra kao realna dugoročna opcija za proizvodnju velikih količina električne energije. Međutim još uvijek postoji značajni implementacijski problemi te su potrebni intenzivni programi istraživanja i razvoja prije komercijalne primjene ove tehnologije. Osnovna prednost fuzije je korištenje slobodno raspoloživog i rasprostranjenog goriva te znatno manja količina radioaktivnih nusproizvoda kratkog vremena poluraspada (oko 10 godina). Osnovni problemi u primjeni su potreba razvoja

posebnih materijala otpornih na visoke temperature i snažne neutronske tokove.

Prva demonstracijska postrojenja mogu se očekivati nakon 2030. godine, a smatra se da bi nuklearna fuzija mogla komercijalno zaživjeti tek oko 2050. godine. Specifična investicija u demonstracijsko postrojenje se procjenjuje na oko 14 000 EUR/kWe, dok se smatra da će komercijalna postrojenja koštati između 4 000 i 8 000 EUR/kWe.

Značajni problemi se očekuju i u motivima i poticajima industrije za razvoj tehnologije čija komercijalna upotreba se očekuje tek za 30 do 40 godina. Iako ne postoje praktično nikakve političke prepreke u smislu prihvatljivosti nuklearne fuzije, javnost se može negativno odnositi prema potrebi velikih kratkoročnih ulaganja u istraživanje i razvoj kako bi se ostvario dugoročni cilj primjene nuklearne fuzije..

5.2. CCS

Razvoj i primjena tehnologije izdvajanja i skladištenja ugljičnog dioksida (engl. Carbon Capture and Storage - CCS) je također jedno od mogućih rješenja za smanjenje emisija CO₂. Izdvajanje CO₂ se može primijeniti na sve procese izgaranja fosilnih goriva u stacionarnim energetskim postrojenjima, ali je praktična primjena zbog velikih troškova same tehnologije ograničena na velike pojedinačne izvore emisije. Jedna je mogućnost odvajanje CO₂ od ostalih sastojaka u dimnim plinovima, druga uklanjanje ugljika iz fosilnog goriva prije izgaranja, a treća je izgaranje u atmosferi gotovo čistog kisika. S tehničkog stanovišta postupak je moguć i izvediv na današnjem stupnju razvoja tehnologije, ali je potrebno sniziti troškove i povećati efikasnost procesa.

Priključenjem Hrvatske na EU ETS sustav, ulaskom u EU, stvaraju se preduvjeti za sustavno poduzimanje mjera za smanjenje emisije stakleničkih plinova, pa tako i primjenu tehnologija za izdvajanje i skladištenje CO₂. Prema literaturi smanjenje emisije CO₂ primjenom CCS tehnologije iznosi 25-80 EUR/tCO₂ ovisno o tipu primijenjenog postupka te veličini i karakteristikama postrojenja. Zbog za sada velikih investicijskih troškova u CCS tehnologiju, potrebe za dodatnim tehnološkim poboljšanjima izdvajanja i hvatanja CO₂ te problema pronalaska odgovarajućih geoloških lokacija za skladištenje CO₂ u blizini postrojenja s ugrađenom tehnologijom za izdvajanje CO₂, CCS tehnologija još uvijek nije doživjela veću primjenu u svijetu. Međutim, ukoliko cijene emisijskih dozvola nakon 2012. godine znatno porastu (realna opcija) u odnosu na današnju cijenu od oko 15 EUR/tCO₂, vrlo brzo bi CCS tehnologije mogle biti ekonomski isplative. Općenito se smatra da bi ova tehnologija mogla biti značajna kao postupak smanjenja emisija CO₂ iza 2020. godine. Primjena tehnologija za izdvajanje i skladištenje CO₂ bi omogućila izgradnju termoelektrana i industrijskih objekata na fosilna goriva gotovo bez emisije CO₂.

Da se na CCS tehnologiju ozbiljno računa u energetskom planiranju, barem na razini EU, svjedoči donošenje Direktive o geološkom skladištenju CO₂ (2009/31/EZ). Sukladno navedenoj direktivi, sve nove termoelektrane na fosilna goriva u EU sa instaliranom snagom većom ili jednakom od 300 MWe moraju imati

rezerviran prostor za naknadnu ugradnju postrojenja za izdvajanje CO₂, ali i osiguranu odgovarajuću lokaciju za skladištenje CO₂ te riješeno pitanje transporta CO₂ od termoelektrane do mjesta skladištenja.

6. Potencijal raspoloživih resursa

6.1. HE

Ukupni tehnički iskoristivi vodni potencijal u Republici Hrvatskoj u hidroelektranama procijenjen je na oko 12,45 TWh/god. Od tog potencijala u hidroelektranama se trenutno koristi oko 6,13 TWh/ god ili 49,2%. Iz toga slijedi da u RH postoji još oko 6 TWh tehnički iskoristivog vodnog potencijala. Vodni potencijal se iz dana u dan smanjuje zbog zauzeće i prenamjene prostora, zaštite okoliša i protivljenja javnosti.

Preostali hidroenergetski potencijal u Hrvatskoj na srednjim i većim vodotocima moguće je koristiti na još oko 60 hidroelektrana ukupne instalirane snage oko 1 287 MW uz prosječnu godišnju proizvodnju od oko 5 816 GWh. Obzirom da se dio ovog potencijala nalazi na graničnim rijekama s Mađarskom, Slovenijom i Bosnom i Hercegovinom, Hrvatskoj pripada oko 1 027 MW snage odnosno oko 4 614 GWh prosječne godišnje proizvodnje energije.¹ Dio hidroenergetskog potencijala ostat će neiskorišten zbog ekoloških i drugih ograničenja, pa se realno procjenjuje da se dugoročno može iskoristiti najviše do 3,0 TWh godišnje u novim elektranama.

Oko 10% ukupnog tehnički iskoristivog potencijala otpada na potencijal malih vodotokova (oko 1 TWh/god). Daljnjim analizama kroz izradu "Katastra malih hidroelektrana – I faza" i "Katastra malih hidroelektrana – II faza" od ukupno 63 potencijalno iskoristivih obrađeno je za sada 20 malih vodotoka na kojima je utvrđeno ukupno 67 mogućih poteza korištenja, odnosno lokacija za izgradnju postrojenja snage do 5 MW. Međutim, od tih potencijalno pogodnih poteza korištenja pokazalo se da je znatno manji broj (njih 18) stvarno iskoristivih budući da izgradnja ovakvih zahvata traži ispunjenje i niza preduvjeta (prostorni planovi, zaštita okoliša, ekonomska isplativost i dr.).

Kod hidroelektrana snage 5 do 10 MW, prema dostupnim izvorima moguća je izgradnja oko 125 MW, međutim, kako su potrebna dodatna istraživanja za očekivati je da će se taj broj smanjiti.

Uvažavajući prethodno navedeno, a imajući u vidu nepotpunost dosadašnjih istraživanja, može se procijeniti da u Hrvatskoj postoji mogućnost izgradnje malih hidroelektrana ukupne instalirane snage od oko 100 MW.

Za očekivati je da će implementacija EU Water Framework Directive (WFD) u državama članicama uzrokovati pad proizvodnje hidroelektrana čemu će dodatno pridonijeti i nedosljedna implementacija direktive. To dovodi do značajnog smanjenja izgradnje novih malih HE i do viših troškova, i to u toj mjeri da se u nekim državama članicama smatra glavnim preprekom razvoja malih HE.

Zadovoljavanje strogih ekoloških standarda upravljanja vodama može ponekad ograničiti snagu elektrane, ali također može biti i poticaj za inovacije te poboljšanje performansi. Usklađeni politički okvir i pojedno-

stavljene administrativne procedure su i dalje neophodne. Dodatni problem je to što se projekti HE malih snaga suočavaju s visokim transakcijskim troškovima (koncesije, dozvole i dr.).

6.2. Biomasa

Biomasa je najsloženiji OIE kod kojeg tehnički potencijal ovisi o mjerama koje su na snazi jer se iz istog izvora mogu dobiti sva tri korisna oblika energije (električna, toplinska i mehanička u obliku biogoriva): Ekonomski potencijal opet ovisi o cijeni biomase koja ovisi ne samo o potražnji nego često i o troškovima proizvodnje i pripreme za energetske korištenje te prijevoza. Biomasa je jedini OIE kod kojeg se može razdvojiti mjesto nastanka od mjesta energetske pretvorbe i jedini je OIE koji se može namjenski uzgojiti. Teoretski potencijal biomase će ovisiti o metodologiji pristupa, a on se za Hrvatsku može procijeniti na raspoloživih 28,34 PJ (šume, bioplin iz poljoprivrede i pročištača voda, energija iz otpada) dok se dodatnih 20-ak PJ može uzgojiti kroz energetske nasade (šumarstvo) ili energetske usjeve (poljoprivreda).

Nedostatak sustavnih mjera za proizvodnju i korištenje biomase na nacionalnoj razini može dovesti do neučinkovitog i neodrživog korištenja energije iz biomase te njenog izvoza iz sektora šumarstva i poljoprivrede. Dodatni argument za neophodnost sustavnih mjera (akcijskog plana) je činjenica da se iz iste biomase mogu dobiti različiti oblici korisne energije tako da će tehnički potencijal biomase varirati prema postojećim poticajima i nacionalnim ciljevima. Najučinkovitiji način korištenje energije biomase je dobivanje topline, a slijedi kogeneracija. Činjenica je da se postojeći sustav poticanja korištenja OIE odnosi samo na električnu energiju čime se gubi do 80% teoretskog potencijala biomase dok bi se kod topline taj gubitak smanjio na 10% a kod kogeneracije na 20%.

Kod proizvodnje biogoriva se velike nade polažu na drugu generaciju biogoriva koje, umjesto sirovina prikladnih za prehranu ljudi i stoke, koriste lignoceluloznu sirovinu.

Iako je uobičajeno koristiti bioplin u sustavu kogeneracije, veliki se naglasak daje na pročišćavanje bioplina do razine čistog metana i njegovog ubrizgavanja u plinsku mrežu čime bioplin postaje domaći supstitut za prirodni plin.

6.3. Vjetar

Trenutno stanje razvoja vjetroenergetike u Hrvatskoj može se ukratko opisati u sljedećih par crta:

- prijavljeno je 137 projekata vjetroelektrana, ukupne snage 5 430 MW

- od navedenog kapaciteta samo je 246 MW (4,5%) smješteno u kontinentalnom dijelu RH
- u grupi prijavljenih projekata samo je oko 80 MW trenutno u pogonu ili pred puštanjem u pogon
- cilj Vlade RH od 5,8% proizvodnje električne energije iz OIE do 2010. nije ostvaren, odnosno ostvareno je samo 13% zadanog cilja.

Dugoročni planovi razvoja vjetroenergetike EWEA-e (European Wind Energy Association) vrlo su ambiciozni i predviđaju znatan razvoj i offshore (pučinskih) i onshore (kopnenih) vjetroelektrana do 2030. godine, a zatim razvoj samo offshore vjetroelektrana do 2050. godine (tablica 1).

Današnji kapaciteti su oko 80 GW, od čega samo oko 3% otpada na offshore vjetroelektrane.

Procjena hrvatskih kapaciteta za proizvodnju električne energije iz vjetroelektrana dijeli se također na kopnene i morske kapacitete. Pri tome treba uzeti u obzir i trendove razvoja u tehnologiji vjetroagregata, a to su (1) razvoj vjetroagregata namijenjenih za manje vjetrovite lokacije (visoki vjetroagregata velikih promjera rotora, preko 100 m) i (2) razvoj sustava pontonskog temeljenja offshore vjetroagregata. Dok je razvoj VTG za manje vjetrovite lokacije već uznapredovao i već postoje takvi vjetroagregati na tržištu, offshore tehnologije zajedno sa sustavima pontonskog temeljenja u ranijoj su fazi razvoja.

Kopneni kapaciteti mogu se grubo procijeniti na temelju prijavljenih projekata vjetroelektrana u Registru OIEKPP - 137 projekata ukupne snage 5 430 MW. Pri procjeni razvoja do 2050. za pretpostaviti je da će se ostvariti preko 50% do sada prijavljenih projekata, ali i razviti novi prvenstveno u, zasad manje interesantnom, kontinentalnom dijelu koristeći nove tipove vjetroagregata za manje brzine vjetra. Pretpostavke za 2050. godinu su sljedeće:

- ukupni instalirani kapacitet vjetroelektrana na kopnu: 5 000 MW
- prosječna proizvodnost vjetroelektrana na kopnu: 2 200 FLH
- prosječna godišnja proizvodnja energije VE na kopnu: 11 TWh

Uz pretpostavku razvoja pontonskih sustava temeljenja, kao zasad jedinih sagledivih rješenja za postavljanje vjetroagregata u duboka mora, prognoze se prvenstveno temelje na (1) većoj proizvodnosti offshore vjetroelektrana zbog općenito boljih parametara vjetra - oko 3 000 FLH i (2) osnovnim načelima projektiranja rasporeda vjetroagregata vezano za međusobne

Tablica 1. (izvor: Pure Power, EWEA, 2009.)

God.	Vjetroelektrane - kapacitet (GW)			Proizvodnja vjetroelektrana (TWh)		
	Kopnene	Pučinske	Ukupno	Kopnene	Pučinske	Ukupno
2020.	210	55	265	479	204	683
2030.	250	150	400	592	563	1 155
2050.	250	350	600	635	1 380	2 015

udaljenosti. Procjena potrebnih resursa u smislu prostora polazi od:

Planirana proizvodnja	40 TWh
Potrebni kapaciteti uz pretpostavku proizvodnosti 3000 FLH	13 500 MW
Broj jedinica uz pretpostavku prosječne jedinične snage 5 MW	2 700
Broj offshore vjetroelektrana uz pretpostavku 60 VTG u VE (300 MW)	45
Površina jedne vjetroelektrane (opseg pravokutnika) uz pretpostavku rasporeda u tri reda*	14 km ² (10 km x 1,4 km)
Površina svih offshore vjetroelektrana	630 km ²

*promjer rotora 120m, udaljenost niz vjetar 6 promjera rotora, okomito na vjetar 4 promjera rotora

Za usporedbu, otok Krk je površine oko 405 km².

Bitno je napomenuti da ukupna površina značajno ovisi veličini i obliku vjetroelektrane.

6.4. Sunce

Fotonaponska tehnologija u ovome trenutku predstavlja jednu od skupljih tehnologija za proizvodnju električne energije, što u kombinaciji s relativno niskim energetske tokom rezultira visokom cijenom električne energije. Za očekivati je da će cijena fotonaponske tehnologije u budućnosti padati. Uz pretpostavljeni rast cijene električne energije u budućnosti, cijena električne energije iz fotonaponskih sustava izjednačiti će se s cijenom električne energije. Hrvatska se nalazi u mediteranskom pojasu s relativno dobrim potencijalom Sunčeve energije, te se izjednačenje cijena može očekivati između 2030. i 2040. godine, nakon čega će kapaciteti fotonaponskih sustava dodatno rasti. Do 2050. godine za očekivati je da će se u Hrvatskoj podjednako razvijati i projekti centraliziranih fotonaponskih elektrana te projekti malih fotonaponskih postrojenja na krovovima i fasadama objekata. Moguća je i gradnja sunčanih elektrana s koncentriranjem Sunčevog zračenja na specifičnim lokacijama u Dalmaciji.

Do 2050. godine može se očekivati ukupna instalirana snaga fotonaponskih sustava nešto više od 1 500 MW, od čega bi oko 500 MW predstavljale centralizirane fotonaponske elektrane pojedinačnih snaga između 10 i 30 MW, a ostatak od oko 1 000 MW predstavljale fotonaponske elektrane na krovovima i fasadama objekata. Razvoj elektrana s koncentriranjem Sunčevog zračenja biti će ograničen na područja s izrazito povoljnim resursom i prostornim uvjetima, te se očekuje oko 100 MW instalirane snage iz ove tehnologije. Ukupni

kapaciteti sunčanih elektrane u ovome slučaju proizvodili bi oko 2,1 TWh električne energije.

6.5. Plin

Rezerve prirodnog plina u RH procjenjuju se na 36 436,1 milijuna prirodnog plina. Očekuje se da će domaća proizvodnja plina raspoloživa za domaće tržište postupno padati s oko 2 milijarde m³ plina godišnje do 500 milijuna m³ u 2030. godini.

Dokazane rezerve prirodnog plina u svijetu na kraju 2008. godine procjenjuju se na 180 trilijuna m³ plina što je više nego dovoljno da zadovolji potreba do 2030. godine. Više od polovice rezervi nalazi se u Rusiji, Iranu i Kataru.

Ukupne rezerve prirodnog plina su znatno veće od dokazanih te se procjenjuje da je još 400 trilijuna m³ plina moguće proizvesti iz konvencionalnih izvora što je dovoljno za 130 godina uz današnje razine proizvodnje i potrošnje plina. Nekonvencionalne rezerve plina procjenjuju se na 900 trilijuna m³ plina od čega 380 trilijuna m³ plina će vjerojatno biti ekonomski i tehnički pridobivao.

6.6. Potencijal pohranjivanja CO₂

Prema EU GeoCapacity Consortium 2006-2009 u Hrvatskoj postoje izuzetno povoljni uvjeti za pohranjivanje CO₂, podjednako dobri i u panonskom i jadranskom bazenu. (Tablica 2)

Značajne količine je moguće pohraniti u akviferima, dok na iskorištene kapacitete u poljima ugljikovodika otpada manji dio mogućeg pohranjivanja. Uz pretpostavku da se ukupni kapaciteti skladištenja CO₂ koriste kroz sto godina, potencijal godišnjeg skladištenja je od 30 do 40 Mt CO₂. U takav godišnji kapacitet je moguće pohraniti godišnju emisiju CO₂ od 5 000 do 7 000 MW termoelektrana na ugljen, što odgovara njihovoj godišnjoj proizvodnji električne energije od 35 do 50 TWh.

7. Potencijal energetske infrastrukture za transport/prijenos energije i uvoza energije

7.1. Električna energija

Posljednjih pet godina Hrvatska je uvozila između 14% i 25% svojih potreba. Mogućnost uvoza u hrvatski elektroenergetski sustav ograničena je raspoloživim prekograničnim prijenosnim kapacitetima. Procjenjuje se da je kontinuirana razina mogućeg uvoza do nedavno bila oko 500 MW, što podrazumijeva maksimalni mogući godišnji uvoz od oko 4,38 TWh, pa je očito da je 2008. godini praktički dosegnuta maksimalna razina mogućeg

Tablica 2.

Kapacitet skladištenja CO ₂	Kategorija procjene	Konzervativna procjena (Mt)	Procjena u bazi podataka (Mt)
Skladišni kapacitet u akviferima	Teoretski	2 710	4 067
Skladišni kapacitet u poljima ugljikovodika	Efektivno	189	189
Skladišni kapacitet u ugljenokopima	N/A		
Ukupna procjena skladišnih kapaciteta	Teoretski	2 899	4 256

uvoza i da je dodatni manjak (primjerice zbog porasta potrošnje) mogao ugroziti sigurnost opskrbe. U međuvremenu se gradi novi interkonektivni vod prema Mađarskoj koji će doprinijeti dodatnoj mogućnosti uvoza, ali samo u ograničenoj mjeri, ovisno o propusnosti mađarske prijenosne mreže. Obzirom na deficit u elektroenergetskoj bilanci zemalja regije i izostanak izgradnje novih proizvodnih objekata, u narednom razdoblju je potrebno koordiniranim regionalnim aktivnostima povećati propusnost regionalne prijenosne mreže i maksimizirati korištenje postojećih prekograničnih prijenosnih kapaciteta, ne samo zbog razigravanja tržišta, nego i sigurnosti opskrbe.

7.2. Plin

Hrvatska uvozni kapacitet iz smjera Slovenije iznosi 1,5 milijardi m³ godišnje. Trenutno je u izgradnji spoj prema Mađarskoj ukupnog kapaciteta 6,5 milijardi m³ plina godišnje, te se dugoročno razmatraju mogućnosti dobave plina iz LNG terminala za što postoje dobri geografski uvjeti te iz Jadransko-jonskog plinovoda odnosno iz međunarodnog plinovoda TAP. Izgradnjom samo dijela novih dobavnih pravaca Hrvatska će osigurati dovoljno kapaciteta za sigurnu opskrbu plinom. Međutim ovi plinovodi se moraju spojiti na veće međunarodne plinovode koji prolaze kroz regiju.

Razmatra se cijeli niz projekata većeg kapaciteta koji bi prolazili kroz regiju. Ukupni kapacitet razmatranih plinovoda iznosio bi preko 130 milijardi m³ godišnje. Jasno je da u kratkom roku svi projekti neće biti u mogućnosti osigurati dovoljno veliko tržište a niti izvore plina. Premda ovi plinovodi za krajnji cilj imaju tržišta zapadne europske jasno je da će značajno osigurati sigurnost opskrbe plinom kako zemalja kojima će prolaziti tako i ostalih zemalja u regiji. U kratkom roku moguće je očekivati razvoj jednog plinovoda većeg kapaciteta te još dva plinovoda manjeg kapaciteta. Najizglednijima se čine Južni tok, Nabucco i TAP, te bi se izgradnjom barem jednog od njih osigurale dovoljne količine plina za potrebe potrošača u RH.

7.3. Nafta

Rafinerije u Hrvatskoj se u većoj mjeri opskrbljuju naftom iz uvoza budući da domaća proizvodnja sirove nafte pokriva tek oko 20% hrvatskih potreba za tim energentom. Opskrba se obavlja putem Jadranskog naftovoda koji povezuje pet rafinerija u Hrvatskoj i regiji: u Rijeci, Sisku, Bosanskom Brodu, Novom Sadu i Pančevu, a omogućuje dobavu nafte iz pravca Mediterana preko Luke Omišalj i ruske nafte putem naftovoda Družba preko Mađarske. Također postoji mogućnost transporta nafte putem Jadranskog naftovoda za rafinerije u Mađarskoj, Slovačkoj i Češkoj. Instalirani kapacitet JANAFa iznosi 20 milijuna tona godišnje dok je u dosadašnjem korištenju ostvaren transport od najviše 10 milijuna tona.

Od značajnijih razvojnih projekata vezanih za opskrbu naftom potrebno je istaknuti projekte Družba Adria i Paneuropski naftovod (Pan European Oil Pipeline - PEOP). Družba Adria predstavlja projekt izvoza ruske nafte na svjetsko tržište koristeći slobodne kapacitete postojećih naftovodnih sustava Družbe i Jadranskog

naftovoda, koji se u dužini od oko 3 200 km protežu od Samare u Rusiji, preko Bjelorusije, Ukrajine, Slovačke, Mađarske i Hrvatske do tankerske luke i terminala Omišalj. Naftovodni sustavi Družba i Jadranski naftovod spojeni su preko naftovoda Adria kod Szazhalombatte u Mađarskoj i već su u mogućnosti dopremiti naftu iz pravca Rusije do Siska.

PEOP je projekt pan-Europskog naftovoda od izvorišta nafte u kaspiskoj regiji do europskih potrošača, čiji cilj je diverzifikacija pravaca opskrbe nafte i smanjenje tankerskog prometa kroz Jadran. Premda ova oba projekta za osnovni cilj imaju tržišta zapadne europske oni bi svojom realizacijom u velikoj mjeri povećali sigurnost opskrbe naftom svih zemalja kroz koje bi prolazili.

U Hrvatskoj se distribucija naftnih derivata u najvećoj mjeri obavlja putem kamionskih i željezničkih cisterni te se kao jedan od važnih projekata u naftnom sektoru svakako nameće izgradnja sustava produktovoda koja će omogućiti efikasniju i sigurniju opskrbu, a istovremeno smanjiti štetne utjecaje na okoliš.

8. Moguće strukturne promjene u proizvodnji i potrošnji energije

Smanjenje emisija CO₂ na 50% ili više od početnog iznosa za Hrvatsku do 2050. godine, uz rast potrošnje energije samo za sebe nameće zaključak da će struktura potreba i proizvodnje energije bitno razlikovati u odnosu sadašnje stanje. Koji procesi se mogu očekivati:

- Smanjenje upotrebe postrojenja i uređaja koji koriste tehnologije izgaranja fosilnih goriva na strani kupaca (potrošača) energije, odnosno u tehnološkom procesu do proizvodnje energije.
- Razvoj tehnologija izdvajanja CO₂ i skladištenja, te razvoj mreže za transport CO₂, omogućit će koncentraciju korištenja fosilnih goriva u termoelektranama ili većim industrijskim elektranama kojima će se isplatiti koristiti novu tehnologiju.
- Rast potrošnje električne energije za supstituciju fosilnih goriva za toplinske namjene i motornih goriva za mobilnost.

Ovisno o razini smanjenja emisije CO₂ do 2050. godine, očekivana potrošnja električne energije je od 40 do 60 TWh. Naravno, sva tada proizvedena električna energija morati će biti praktički bez emisije CO₂.

Prema analiziranim potencijalima proizvodnje električne energije iz biomase i solarnih elektrana, radi se o relativno manjim potencijalno mogućim proizvodnjama električne energije u odnosu na hidroelektrane, na vjetroelektrane, na elektrane na ugljen i plin sa izdvajanjem i pohranjivanjem CO₂, te u odnosu na nuklearne elektrane. No, procijenjene razine proizvodnje električne energije, praktički bez emisije CO₂, su dovoljne da proizvedu i 70 TWh, uz hidroelektrane najvjerojatnije u kombinaciji sva tri navedena osnovna načina proizvodnje električne energije bez emisije CO₂. Proizlazi da su resursi Hrvatske, hidropotencijal, more i vjetrovitost, akviferi i tradicija u proizvodnji električne energije iz nuklearne elektrane potencijalno dovoljni da omogućite i značajnije smanjenje emisije CO₂ u hrvatskom energetskom sustavu.

9. Sigurnost i kvaliteta opskrbe energijom

Društveni i gospodarski razvoj sve je više ovisan o energiji i trend ovisnosti se povećava. Energija je također postala mjera socijalne i civilizacijske isključenosti. U takvom očekivanju razvoja integriranosti energije u ukupni razvoj društva, pitanja sigurnosti i kvalitete opskrbe energijom postaju sve važnija, a rizici i posljedice incidenata u opskrbi sve više ugrožavaju svakodnevno funkcioniranje.

Sigurnosna politika mora obuhvati osim tehnološko-energetskih karakteristika sigurnosti i kvalitete opskrbe i sve ostale utjecajne faktore koje dolaze iz politike, ratova i terorizma i ekonomskih kriza.

Za svaki oblik energije posebno i na razini države ukupno trebaju se jano odrediti subjekti odgovornosti, realizirati potrebne infrastrukturne objekte i osigurati financiranje sigurnosti i kvalitete opskrbe.

10. Komentar procesa

Otvaranje pitanja energetske budućnosti do 2050. godini imalo je za cilj ukazati na velike promjene koje se mogu očekivati u energetskom sektoru u cijelom rasponu od proizvodnje, prijenosa i transporta, distribucije i potrošnje energije. Za ostvarenje tih promjena, potrebno je već danas usmjeriti sve aktivnosti na ostvarenje zadanih ciljeva, utemeljenih na novoj filozofiji društvenog i ekonomskog razvoja. Temeljne sastavnice nove društvene i gospodarske filozofije trebale bi biti:

- Opredjelejnje za tehnologije koje omogućavaju postizavanje ciljeva smanjenja emisija CO₂ i drugih stakleničkih plinova, što podrazumjeva potporu tehnološkom razvoju zemlje, novi industrijski iskorak,
- Stvaranje društvene, zakonodavne i gospodarske klime za ostvarenje ciljeva dugoročnog razvoja temeljenog na povećanju energetske učinkovitosti, obnovljivim izvorima i korištenju tehnologija koje ne proizvode CO₂ i druge stakleničke plinove, ili doprinose njihovom smanjenju.
- Procese započeti „danas“, a kao prvi korak napraviti strateški dokumenat koji bi obuhvatio društveni, gospodarski i energetski razvoj do 2050. godine.



Autor:

Dr.sc. **Goran Granić**, Energetski institut Hrvoje Požar

Suradnici:

Mr.sc. Damir Pešut

Dr.sc. Mladen Zeljko

Dipl.ing. Robert Bošnjak

Mr.sc. Biljana Kulišić

Mr.sc. Mario Tot

Mr.sc. Željko Jurić

Mr.sc. Lazlo Horvath

Dipl.ing. Andro Bačan

Dipl.ing. Željka Hrs Borković

Dipl.ing. Nikola Matijašević

Dr.sc. Goran Majstrovic

Mr.sc. Robert Fabek