



ZAŠTITA OKOLIŠA

Uređuje: Vjeročka Vojvodić

Predstavljamo članak temeljen na predavanju prof. dr. sc. *Željka Tomšića* "Da li graditi termoelektrane na ugljen ili plin ili samo obnovljive izvore ili čekati s odlukom?", održanom 28. siječnja 2015. u sklopu tribine "Novi aspekti zaštita okoliše u Hrvatskoj u okviru Europske unije", koju organiziraju *Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa (HDKI)* i *Sekcija za ekološko inženjerstvo*.

Vjeročka Vojvodić

*Željko Tomšić**

Da li graditi termoelektrane na ugljen ili plin ili samo obnovljive izvore ili čekati s odlukom?

Što je odlučujuće za odluku: ekologija i borba protiv klimatskih promjena, energetska tržišta ili energetska sigurnost?

Uvod

Pristup energiji ključan je pokretač gospodarskih aktivnosti, ali izvori energije geografski su nejednoliko raspoređeni pa njihova raspoloživost, a time i socio-ekonomski utjecaji te utjecaji na okoliš ovise o tijeku i uvjetima međunarodne trgovine i investicija. S druge strane, energetska sektor ima i znatan utjecaj na okoliš.

Energetska i razvojna pitanja danas moraju biti razmatrana u kontekstu dvaju iznimno snažno međusobno povezanih i ključnih pitanja, a to su *energetska sigurnost i borba protiv klimatskih promjena*. Značaj ovih dvaju pitanja ne samo da će rasti već će zahtijevati i dalekosežna i dalekovidna energetska rješenja temeljena na međunarodnoj suradnji.

Energetska ovisnost znači prepreku gospodarskom, ali i društvenom napretku, pa stoga značaj sigurne, pouzdane i ekonomski prihvatljive energetske opskrbe mora biti snažno naglašen u državnoj i svjetskoj energetskej politici. Ekonomski utjecaji poremećaja u opskrbi energijom mogu biti vrlo visoki i širokih razmjera, pa vlade odgovarajućim mjerama trebaju u svakom trenutku osigurati sigurnu i pouzdanu opskrbu po prihvatljivoj cijeni.

Izazov međunarodnoj zajednici kao i Hrvatskoj jest kako održati sigurnu i ekonomski povoljnu opskrbu energijom, a uz to smanjiti učinke klimatskih promjena i utjecaja proizvodnje električne energije na okoliš.

Danas je pitanje izbora tehnologije za gradnju novih elektrana uvjetovano nizom faktora: utjecajem na okoliš, borbom protiv klimatskih promjena, tehničkim karakteristikama, mogućnošću dobave i cijenama energenta, cijenama proizvodnje, troškom investicije i mogućnošću financiranja, sigurnošću dobave energenta i sigurnošću elektroenergetskog sustava, javnošću, tržištem električne energije, regulacijom energetske djelatnosti, subvencijama, potražnjom za električnom energijom itd.

Isto tako, danas energetika ima bitno drugačije karakteristike nego što je to bilo prije samo desetak godina. Energetika je danas: globalna, tržišna, geostrateški važna – energetska sigurnost (nejednaka rasprostranjenost), usko povezana s ekologijom (pogotovo globalnom – klimatske promjene), ima velike međunarodne projekte, postoji problem energetskog siromaštva tj. bogatstva, financijski je intenzivna.

Ne postoji tzv. "win-win" rješenje koje je najbolje po svim kriterijima i zbog toga je danas teško odabrati tehnologiju za proizvodnju električne energije. Uz to takva odluka ima dugoročne posljedice jer energetska objekti traju dugo (20 i više godina), pa se njihova uloga i mjesto (a i isplativost tj. povrat investicije) u elektroenergetskom sustavu kroz godine može promijeniti.

Stvaranjem jedinstvenog unutarnjeg tržišta električne energije EU-a problem donošenja odluke o gradnji objekta za proizvodnju električne energije postao je još složeniji, jer promjena energetske politike i odluke o gradnji u jednoj državi ima i velik utjecaj na ostale države (npr. strategija "Energiewende" u Njemačkoj). Isto tako politika EU-a snažnim zagovaranjem smanjenja emisije stakleničkih plinova, povećanjem udjela obnovljivih izvora (i sustavi njihove potpore) i povećanjem energetske učinkovitosti snažno utječe na izbor potencijalnih tehnologija.

Ovdje ćemo ukratko analizirati neke od nabrojanih elemenata i njihov utjecaj na izbor tehnologije za proizvodnju električne energije.

Današnja energetika susreće se s dilemom odnosno trilemom:

- 1. pitanje energetske sigurnosti** odnosno sigurnosti dobave energenta što znači: sigurnost opskrbe, pouzdanost opskrbe i cijena;
- 2. pitanje okoliša:** klimatske promjene, lokalno i regionalno zagađenje;
- 3. gospodarska konkurentnost** u globalnom svijetu: dostupnost te prihvatljiva i stabilna cijena.

* Prof. dr. sc. Željko Tomšić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za visoki napon i energetiku, Zagreb e-pošta: Zeljko.Tomsic@fer.hr

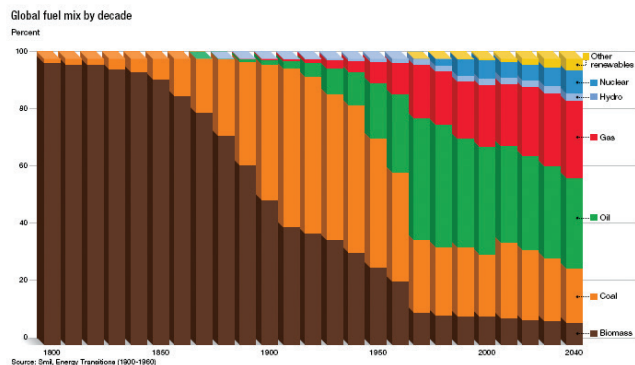
Značaj ovih dvaju, odnosno triju pitanja ne samo da će rasti već će zahtijevati i dalekosežna i dalekovidna energetska rješenja temeljena na međunarodnoj suradnji jer energija igra vitalnu ulogu u funkcioniranju svjetskog gospodarstva i rastu standarda.

Stanovništvo i porast dohotka danas su dva najveća pokretača povećanja potražnje energije. Od 1990. godine svjetsko stanovništvo se učeterostručilo. Stvarni prihodi porasli su za faktor 25 i potrošnja primarne energije 22,5 puta. U idućih 20 godina vjerojatno ćemo vidjeti i daljnji nastavak globalne integracije i brzog rasta slabo i srednje razvijenih zemalja.

Na globalnoj razini osnovni fundamentalni odnosi u energetici ostaju robusni – *više ljudi s većim prihodom znači da će proizvodnja i potrošnja energije rasti.*

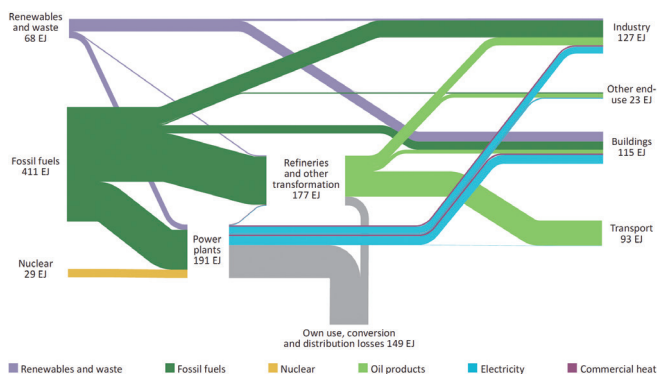
Današnja energetika u svijetu

Opskrba energijom se mijenja tijekom vremena. U 19. stoljeću dominirala je biomasa, zatim je ugljen postao dominantan početkom 20. stoljeća, a krajem je to bila nafta, dok početkom 21. stoljeća znatno raste udjel prirodnog plina, a prema sredini stoljeća znatno će rasti udjel obnovljivih izvora.



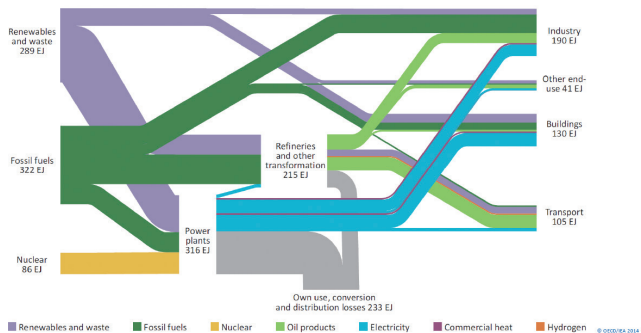
Slika 1 – Globalna struktura energenata kroz povijest (izvor: ExxonMobil's Energy Outlook "The Outlook for Energy: A View to 2040" 2013 version page 48)

Današnjim globalnim energetske sustavom dominiraju fosilna goriva u svim sektorima (slika 2)



Slika 2 – Energetski tokovi globalnog energetskeg sustava 2011. (Sankey dijagram) (izvor: International Energy Agency)

Zbog problematike klimatskih promjena za buduću nisko ugljični globalni energetski sustav, ako se porast globalne temperature želi zadržati na "2 °C" u 2050., potreban je drastičan pomak i energetske izvora i potrošnje (slika 3).



Slika 3 – Energetski tokovi globalnog energetskeg sustava 2050. (izvor: International Energy Agency)

Isto tako, danas je karakteristika globalne energetike velik disparity u svjetskoj potrošnji energije između razvijenih i zemalja u razvoju, pa tako npr. 75 % stanovništva svijeta koristi samo 20 % električne energije.

Karakteristike današnje energetike

Posljednjih godina došlo je do značajnih promjena u karakteristikama energetike, a neke od njih su da je energetika postala:

- globalna,
- tržišna,
- geostrateški važna – energetska sigurnost (nejednaka rasprostranjenost),
- usko vezana s ekologijom (pogotovo globalnom – klimatske promjene),
- međunarodni projekti,
- energetska siromaštvo/bogatstvo postalo je značajna karakteristika razvoja nekog društva,
- financijski intenzivna.

Zbog svega toga znatno su se povećali rizici odluke o gradnji elektrane.

Odluka o gradnji (ili negradnji) nove elektrane vrlo je složena i nosi sa sobom mnogo rizika:

- lokacija (javnost),
- ENERGENCIJA (dugoročna dostupnost i cijena, utjecaj na cijenu proizvodnje električne energije),
- tehnologija,
- energetska tržišta (cijena električne energije, unutarnje tržište EU-a),
- regulacija energetske djelatnosti,
- regulativa zaštite okoliša,
- subvencije (OIE "feed in"),
- financiranje (kamatne stope, model),
- potražnja za električnom energijom (energetska učinkovitost, tehnološki napredak, promjena navika).

Energetska sigurnost

Pitanje energetske sigurnosti postalo je aktualno u brojnim državama kao rezultat:

- reakcije na porast cijena nafte od 2000., naglašeno 2008.;
- Kyoto-obveze ograničavanja emisija stakleničkih plinova;

- nesigurnosti vezanih uz stabilnost opskrbe energijom krajnjih korisnika;
- događaja 11. rujna, "rata protiv terorizma" i ostalih sukoba.

Prema definiciji energetske sigurnosti IEA, postoji nekoliko elemenata koje treba razmotriti:

- **diversifikaciju energetskih izvora** (rastom broja primarnih izvora smanjuje se ovisnost o nekom pojedinom, a uobičajeno se razlikuju osam različitih izvora energije: ugljen, plin, nafta, moderna biomasa, tradicionalna biomasa, nuklearna, hidro te drugi obnovljivi izvori);
- **smanjenje uvozne ovisnosti** (postoji opasnost od prekida opskrbe kad zemlja čvrsto ovisi o uvozu energije, posebice nafte iz politički nestabilnih zemalja, dakle domaća proizvodnja energije snažno je favorizirana u odnosu na uvezenu energiju);
- **smanjenje rizika koncentracije tržišta** (ako postoji ograničen broj zemalja koje opskrbljuju određenim energentom, može doći do manipulacija cijenama, a također raste i rizik od prekida snabdijevanja);
- **dostupnost** (sigurnost kako proizvodnje tako i transporta energenata bitna je sastavnica sustava energetske opskrbe);
- **dostupnost s obzirom na cijenu** (bitna je sigurnost cijena u srednjem te dugoročnom razdoblju, što predstavlja važan faktor za nacionalnu ekonomiju, a nagli porast trenutnih cijena također ugrožava ekonomske aktivnosti).

Energetska sigurnost kompleksan je problem, ali se na kraju uvijek sve svodi na ekonomičnost i pitanja:

- Koliko košta energetska sigurnost?
- Koliko želimo platiti / ili koliko ćemo platiti?
- Tko će to platiti?

Globalni energetske trendovi – svjetska proizvodnja i potrošnja energije

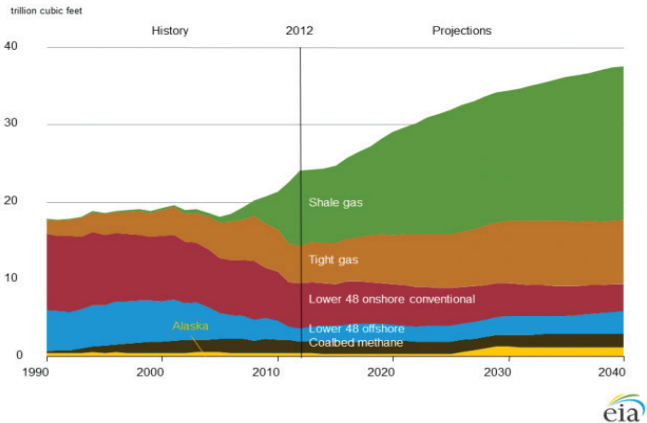
Svjetska potrošnja primarne energije u 2013. rasla je 2,3 %; (2012. rasla je 1,8 %, 2010. 5,6 %), desetgodišnji prosjek je 2,5 % i glavne karakteristike su:

- nafta je i dalje dominantno gorivo iako se smanjio tržišni udjel i globalno i u svakoj regiji. Glavno pitanje nafte je njezina cijena (volatilnost);
- plin ima vodeći tržišni udjel u Europi i Euroaziji, a ugljen je dominantan u Pacifičkoj Aziji;
- ugljen je i dalje svjetski najraširenije fosilno gorivo (odnos rezervi potrošnje 113 god.);
- dokazane rezerve nafte i plina u 2013. godini porasle su s daljnjom tendencijom rasta.

Velika novost je iskorištavanje nekonvencionalnih izvora nafte, pa je tako SAD u listopadu 2014. postao najveći proizvođač nafte na svijetu. Proizvodnja sirove nafte s polja škrljevca u SAD-u pretekla je količinu nafte koja se dobiva crpljenjem sa saudijskih naftnih polja. Ne radi se o novim naftnim poljima na području sjevernoameričkog kontinenta, već o velikom razvoju dobivanja nafte frakiranjem, čime se crno zlato upumpavanjem kemikalija i vode u tlo dobiva iz škrljevca. Najnovija značajna karakteristika je i da je cijena nafte znatno pala sa 110 \$/barel (što je bila stabilna cijena zadnje tri godine) na ispod 50 \$/barel i velika je nepoznanica u kojem će se dalje smjeru kretati i kojom dinamikom.

Ono što je isto tako značajka posljednjih nekoliko godina je znatno pridobivanje prirodnog plina iz škrljevačkih stijena u SAD-u (slika 4).

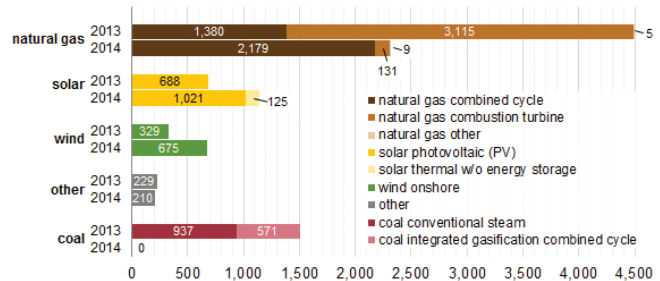
Figure MT-44. U.S. natural gas production by source in the Reference case, 1990-2040



Slika 4 – Proizvodnja prirodnog plina u SAD-u prema izvoru 1990. – 2040. (izvor: U.S. Energy Information Administration (EIA), Department of Energy, AEO 2014)

Zbog velikog povećanja proizvodnje plina došlo je do drastičnog pada cijena, što je znatno utjecalo na to da su skoro svi novo- instalirani kapaciteti elektrana u SAD-u na prirodni plin.

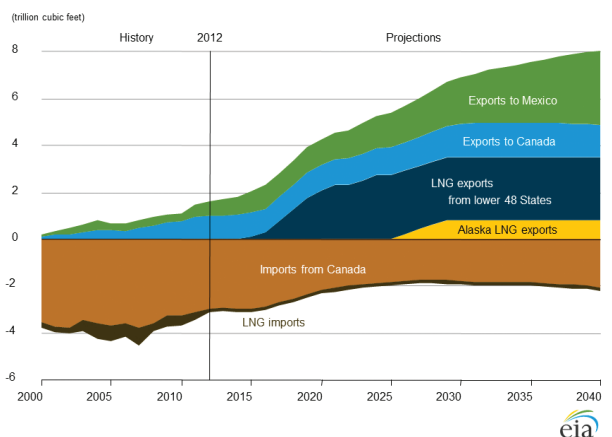
U.S. power plant capacity additions, Jan-Jun 2014 vs. Jan-Jun 2013 megawatts (MW)



Slika 5 – Novi kapaciteti elektrana po gorivima u SAD-u za prvih šest mjeseci 2013. i 2014. (Izvor: U.S. Energy Information Administration (EIA), Department of Energy, Electric Power Monthly, August 2014)

Proizvodnja plina iz škrljevca znatno će utjecati i na ostale dijelove svijeta, a pogotovo mogućnost izvoza iz SAD-a kao ukapljenog prirodnog plina (LNG):

Figure 4. U.S. natural gas imports and exports, 2000-40



Slika 6 – Uvoz i izvoz prirodnog plina u SAD-u 2000. – 2040. (izvor: U.S. Energy Information Administration (EIA), Department of Energy, AEO 2014)

Ugljen je rangiran drugi u potrošnji primarne energije, 30,1 % u 2013. Za razliku od zaliha tekućih goriva i prirodnog plina, nalazišta ugljena u svijetu su ravnomjernije raspoređena. Međutim danas, pogotovo u razvijenim zemljama, ugljen nailazi na dva problema: ekologiju – ponajviše zbog emisije CO₂ i veliko protivljenje javnosti.

Ukupna proizvodnja električne energije porasla je 2,5 % u 2013. (više od primarne koja je rasla 2,4 %), ali u razvijenim zemljama OECD-a bilježi pad -0,1 %, ostali rast 4,8 %; (u EU-u pad, rast u Kini +7,8 %, Indiji +4,8 %).

Obnovljivi izvori čine 2,7 % ukupne svjetske potrošnje energije u 2013., što je za 0,8 % više nego deset godina ranije. Rast proizvodnje električne energije iz OIE-a bio je 16,3 % u 2013.

Obnovljivi izvori čine 5,3 % svjetske proizvodnje električne energije u 2013., ali i 15 % u EU-u. Najveći je rast bio u Kini, pa SAD-u, a u EU-u je ispod prosjeka. Globalno, vjetar +20,7 %, Sunce +33 %, biogoriva +6,1 % (Brazil 16,8 % i SAD +4,6 %).

Zbog svega toga postavlja se pitanje "Dolazi li zlatno doba za plin?"

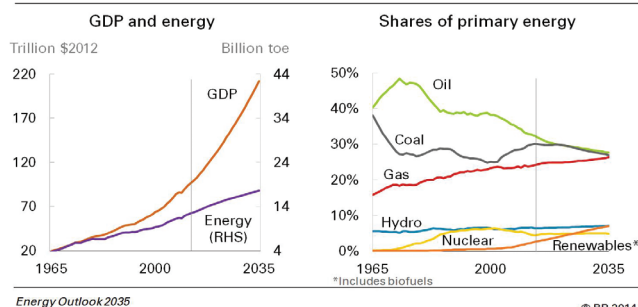
Prema IEA-u (*International Energy Agency*): Plin postaje ključan u dostizanju potreba za energijom u svijetu, a nekonvencionalni plin činit će oko 35 % povećanja u globalnoj opskrbi do 2035. godine s novom ne-SAD proizvodnjom. Prema IEA-u: "Doba plina dolazi, ali neće riješiti sve naše energetske probleme".

U Europi potencijali za plinom iz škriljevaca znatno su manji i zbog toga prema IEA-u: "Zlatno doba plina neće promijeniti europsku plinsku sliku" i ovisnost o uvozu plina i dalje će rasti do 70 % u 2035.

Projekcija energenata u budućnosti

Rast potrošnje energije odvaja se od rasta BDP-a i različita goriva će evoluirati (nove tehnologije, politike energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora). Nekonvencionalni plin predstavljat će sve važniju ulogu, a udjel potrošnje ugljena padat će nakon 2020. Motor rasta potražnje energije seli se u Južnu Aziju. Ovisnost o uvozu energije rast će u Aziji i Europi.

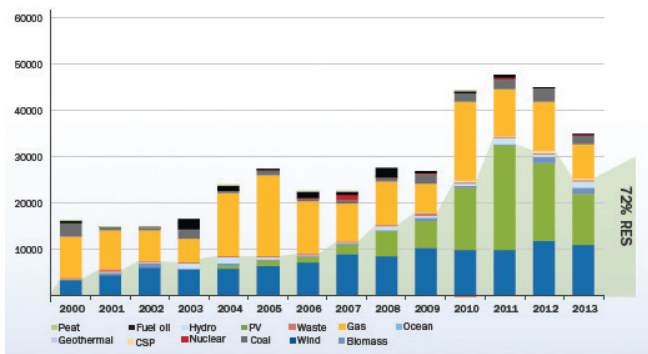
Energy decouples from GDP and fuel mix evolves



Slika 7 – Razdvajanje rasta BDP-a i energije te udjeli goriva u primarnoj energiji svijeta do 2035. (izvor: BP Energy outlook 2035; BP 2014)

Energetika u EU-u

Godišnje nove kapacitete za proizvodnju električne energije u EU-u čine 72 % OIE-a u razdoblju 2000. – 2013.



Slika 8 – Novoinstalirana snaga elektrana po godini (MW) i udio obnovljivih izvora (%) (izvor: Wind in power, 2013 European statistics, EWEA, 2014)

Europska unija suočava se s rastućom potrebom za uvoznim plinom i nesigurnim vremenima za nuklearnu energiju. Nužno je i investiranje za budućnost jer je 45 % proizvodnih kapaciteta staro više od 30 godina.

Pitanje je jesu li obnovljivi izvori rješenje svih problema?

Obnovljivi izvori u EU-u – potpore i prekapacitiranost:

- tijekom posljednjih pet godina 130 GW obnovljivih proizvodnih kapaciteta i 78 GW konvencionalne snage dodani su u EU-u u sustav, a samo 44 GW konvencionalnog kapaciteta je zatvoreno;
- u isto vrijeme, rast potražnje za električnom energijom u Europi smanjen je na 0 % u 2007. do 2012., u usporedbi s godišnjom stopom rasta od 2,7 %, od 1970-ih;
- kao rezultat toga, povrat na uloženi kapital promijenio se sa 4,8 postotnih bodova na oko 6 %.

Lokacija elektrana na vjetar i Sunce nije optimalna, jer npr. Španjolska dobiva oko 65 % više Sunčeve energije nego u Njemačkoj, no Njemačka je instalirala oko 600 više solarnih fotonaponskih kapaciteta (33 GW u odnosu na 5 GW). Španjolska, koja ima manje vjetra nego sjeverne europske zemlje, ipak je instalirala 23 GW kapaciteta vjetroelektrana. "Takvo sub-optimalno raspoređivanje resursa procjenjuje se da košta EU oko 100 milijardi dolara više nego da je svaka država u EU-u uložila u najučinkovitiji kapacitet s obzirom na potencijale obnovljivih izvora".

Analiza isplativosti u uvjetima tržišta (nesigurnosti)

Trenutačne tržišne cijene električne energije na burzama EU-a toliko su niske da nema novih elektrana koje bi mogle biti konkurentne na tržištu električne energije te su gotovo sva ulaganja usmjerena u obnovljive izvore energije zbog programa potpore (*feed-in* tarife ili zeleni certifikati).

Zbog toga su utjecaji na investicijske odluke sljedeći:

- konkurentne veleprodajne cijene za električnu energiju i energiju često ne pružaju adekvatne neto-prihode za privlačnije ulaganja u proizvodne kapacitete da bi se mogli zadovoljiti kriteriji pouzdanosti;
- kratkoročna volatilnost cijena na tržištu električne energije ekstremnija je i učestalija nego na ostalim robnim tržištima, jer je skladištenje električne energije preskupo za komercijalnu primjenu;
- još jedan faktor koji se smatra presudnim je da su kreatori politike tržišta električne energije skloni promjeni pravila i tržišnih institucija.

Pitanje novih elektrana

Koja je vrsta elektrana najekonomičnija ovisi o mnogim čimbenicima:

- investicijama i financiranju,
- kamatama / diskontnim stopama,
- cijenama plina / ugljena i očekivanjima,
- strukturi tržišta,
- javnim / političkim prihvaćanjima / preferencijama,
- politikama,
- energetske sigurnosti,
- zaštiti okoliša,
- obnovljivim izvorima: direktive EU-a,
- upravljanju potražnjom,
- subvencijama.

Investitor ima i niz nesigurnosti:

- cijene goriva,
- tržišta,
- potražnju,
- direktive učinkovitosti,
- pametne mreže,
- promjene ponašanja,
- kamatne stope,
- obnovljive izvore: direktive i subvencije EU-a,
- integraciju u sustav,
- regulativu zaštite okoliša,
- tehnološka iznenađenja,
- javno prihvaćanje.

Zanimanje za izgradnju novih proizvodnih postrojenja postojat će samo ako prodajna cijena električne energije dopušta potencijalnim investitorima da realiziraju očekivane prihode.

Investiranje u nove elektrane uvelike će ovisiti o investicijskim troškovima, vremenu izgradnje i profitabilnosti projekta.

Dosadašnji tržišni modeli ne definiraju, na jasan način, nositelje odgovornosti za dugoročnu sigurnost opskrbe električnom energijom.

Ključno je dakle pitanje: hoće li samo tržište, ovakvo kakvo je danas u većini zemalja EU-a, biti dovoljno za primjerenu izgradnju elektroenergetskih sustava (EES)?

Krajnje je rješenje koje bi ostalo na raspolaganju, ukoliko se ne pronađu adekvatni mehanizmi, vraćanje problema sigurnosti opskrbe u "ruke" izvršne državne vlasti (primjer UK-a).

Umjesto zaključka

Da li graditi termoelektrane na ugljen ili plin ili samo obnovljive izvore ili čekati s odlukom?

Što je odlučujuće za odluku: ekologija i borba protiv klimatskih promjena, energetske tržište ili energetska sigurnost?

- Nužna je **DUGOROČNA VIZIJA** i strategija što ćemo raditi u budućnosti i koliko energije zapravo trebamo
- **ENERGETIKA** treba pratiti potrebe razvoja
- **ENERGETIKA** ne može biti glavni pokretač razvoja gospodarstva (osim u zemljama bogatim energentima)
- **TRŽIŠTE** donosi mnogobrojne nesigurnosti investitoru
- Danas je čak i velika nesigurnost nesigurnosti.

Zbog toga je zapravo danas teško odlučiti jer:

"što god učinio pogriješit ćeš" (pa i ako ništa ne učiniš)!

Jedino ako postoji dugoročna jasna vizija, možeš donijeti dobru odluku!!!



HRVATSKO DRUŠTVO KEMIJSKIH INŽENJERA I TEHNOLOGA
SEKCIJA ZA EKOINŽENJERSTVO

pozivaju vas na predavanje:

ODRŽIVE TEHNOLOGIJE U PROCESIMA PROIZVODNJE PIVE

Prof. dr. sc. **LJUBICA MATIJAŠEVIĆ**

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za reakcijsko inženjerstvo i katalizu, Savska c. 16, Zagreb

Predavanje će se održati
u srijedu 25. ožujka 2015. u 14.00 sati
u domu HIS-a, soba 10, Berislavićeva 6/I, 10 000 Zagreb

Predavanje je dio tribine:
NOVI ASPEKTI ZAŠTITE OKOLIŠA U HRVATSKOJ
U OKVIRU EUROPSKE UNIJE