



Strateški dokument sektorske razvojne skupine

# ENERGETIKA IN TRAJNOSTNI VIRI ENERGIJE

Pripravila 5. razvojna skupina

Vodja: Tanja Mohorič

Člani: Anuška Bole, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, Matjaž Čemažar, Domel, d.d., Železniki, mag. Tomaž Fatur, Solvera Lynx d.d., Ljubljana, mag. Gorazd Lampič, Elaphe, d.o.o., Ljubljana, dr. Zoran Marinšek, Inea, d.o.o., Ljubljana, prof.dr. Borut Mavko, Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Franko Nemac, ApE Agencija za prestrukturiranje energetike, d.o.o., Ljubljana, prof.dr. Janez Peklenik, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, prof.dr. Stojan Petelin, Fakulteta za pomorstvo in promet, Univerza v Ljubljani, prof.dr. Alojz Poredoš, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, prof.dr. Marko Topič, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, mag. Andreja Urbančič, Institut Jožef Stefan, Ljubljana

10. november 2008

## KAZALO

<b>POVZETEK</b>	<b>3</b>
<b>I. PREDSTAVITEV RAZISKOVALNEGA PODROČJA</b>	<b>4</b>
▪ Splošno	4
▪ Struktura podpodročij	6
▪ Obstoječi mehanizmi povezovanja	8
<b>II. RAZISKOVALNA PODPODOČJA</b>	<b>10</b>
▪ Premog	10
▪ Domača geotermalna energija	15
▪ Hidro energija	16
▪ Termosolarna energija	18
▪ Fotovoltaika	22
▪ Vetrna energija	25
▪ Biomasa	28
▪ Jedrska energija	32
▪ Plin	40
▪ Vodik	44
<b>III. RAZISKOVALNA PODPODOČJA ZNOTRAJ GOSPODARSKIH DEJAVNOSTI, POVEZANIH S PODROČJEM</b>	<b>51</b>
▪ Učinkovita raba končne energije	51
▪ Zanesljiva in učinkovita oskrba z energijo ter pametna omrežja	53
▪ Sproizvodnja toplote in elektrike	57
▪ Informacijske tehnologije v energetiki	59
<b>IV. POSLOVNE PRILOŽNOSTI IN IZZIVI</b>	<b>62</b>
▪ Poslovne priložnosti na področju električnih vozil	63
▪ Poslovne priložnosti na področju energetske varčevnosti stavb	66
▪ Poslovne priložnosti na področju sproizvodnje električne in toplotne energije iz uplinjene biomase	68
▪ Poslovne priložnosti na področju vodika in vodikovih tehnologij	71
<b>V. SKLEP</b>	<b>74</b>

## ***POVZETEK***

**Področje energetike in prehoda k trajnostnim virom energije predstavlja za Slovenijo ključno področje z vidika zagotavljanja zanesljive energijske oskrbe za gospodarstvo, gospodinjstva in promet ter iz vidika optimalnega izkoriščenja potenciala domačega znanja in gospodarskih kapacitet. V skladu z namenom sveta za konkurenčnost se ta dokument dotika primarno identifikacije ožjih področij preseka obvladovanja bazičnega znanja, industrijskega zaledja in pozitivnih globalnih trendov na področju trajnostne energije.**

Slovenija je, tako kot ostale evropske države, vpeta v globalne trende razvoja. In tako kot preostala Evropa se ne more izogniti sodobnim izzivom, ki so povezani z energijsko oskrbo in varovanjem okolja in na formalni ravni tudi z obveznostmi, ki izhajajo iz mednarodnih obveznosti na področju učinkovite rabe energije in uporabe obnovljivih virov energije. Sprememba v ustaljeni oskrbi z energijo nudi odlične možnosti in hkrati velik inženirski izziv za uresničitev razvojnih ciljev v prihodnosti. V kombinaciji z različnimi ukrepi energetskega trikotnika – zmanjševanje potreb na eni strani, razvoj učinkovitih tehnologij obnovljivih virov na drugi strani in implementacija razvitih tehnologij na tretji strani področje energije predstavlja resnični potencial za velike, globalne učinke. Tudi z uvajanjem obnovljivih virov energije bodo razvite države v prehodnem obdobju omilile naraščanje emisij toplogrednih plinov in jih dolgoročno zmanjšale.

Razvoj tehnologij gre izrazito v smeri maksimiranja energetske učinkovitosti izrabe virov, kot na primer sočasna proizvodnja elektrike, toplote in hladu.

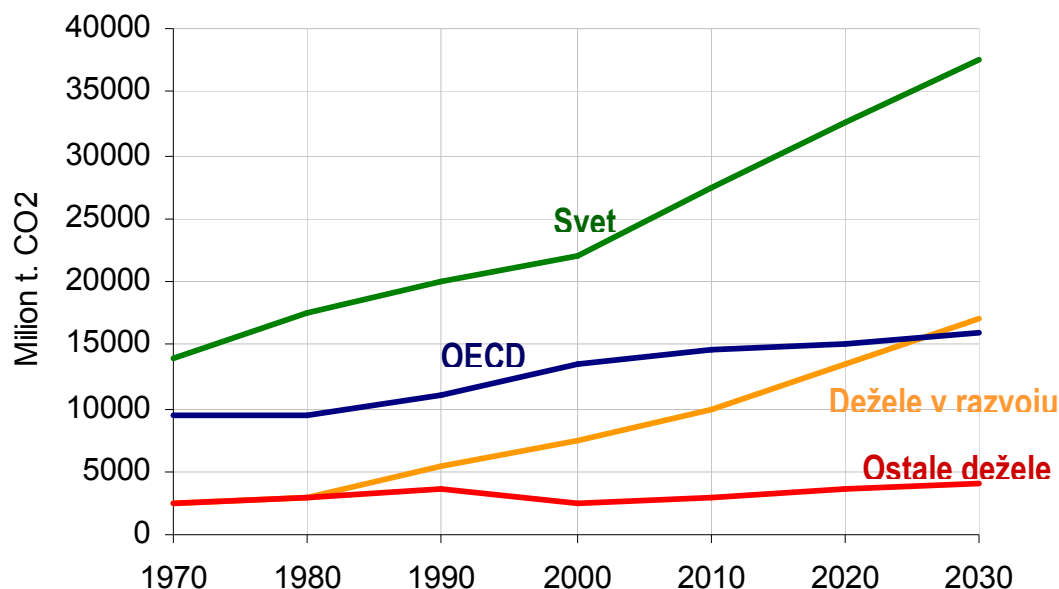
Slovenske vključenosti in prepletenosti tudi na evropskem in svetovnem nivoju ne moremo spregledati, saj so na tem področju uveljavljena številna slovenska podjetja, ki se vedno bolj usmerjajo predvsem v učinkovito rabo in uvajanje obnovljivih virov energije. To dokazujejo številna združenja, tehnološke mreže, grozdi in tehnološke platforme, ki služijo predvsem opredeljevanju dolgoročnih strategij in usmeritev razvoja in raziskav.

Pri načrtovanju in vodenju energetskega sistema moramo seveda upoštevati celotno energetskega verigo od virov do končne rabe energije. Pri tem je pomembno, da so vsi členi energetske verige (viri, pretvorbe energije - proizvodnja, oskrba z energijo in končna raba) sklenjeni in učinkoviti. Šibek posamezni člen slabša zanesljivost oskrbe in energetske učinkovitost.

## I. PREDSTAVITEV RAZISKOVALNEGA PODROČJA

### SPLOŠNO

Energija je nedeljivo povezana z vsem našim bivanjem. Poleg tega vprašanje energije stopa vse bolj v ospredje zaradi uničujočih vplivov rabe energije, pridobljene iz fosilnih virov. Hkrati potrebe po energiji skokovito naraščajo. Edina alternativa, ki nam ostaja, če želimo zaustaviti globalno segrevanje, ohraniti udobje bivanja in zagotavljati razvoj na vseh ostalih področjih uvajanje obnovljivih, trajnostnih virov energije. Seveda pa je to področje še vedno v veliki meri na začetku in zahteva ogromno vlaganj v raziskave in razvoj. Tudi v Sloveniji. Predvsem, če želimo prispevati k uresničevanju zaveze 20/20/20, zagotavljati konkurenčnost slovenskega gospodarstva in zmanjševati odvisnost od uvožeen energije.



Slika 1. Predviden porast emisij CO2 do leta 2030

Izraz proizvodnja energije je sicer termodinamično napačen, kajti energije ne moremo proizvajati, ampak jo lahko samo pretvarjamo, vendar če ga uporabljamo v smiselni povezavi za proizvodnjo različnih pojavnih oblik (produktov - električna energija, toplota) energije pa je vsekakor dopusten.

Povezava proizvodnje in oskrbe je vsekakor pomembna, kajti samo za porabnika ustrezne oblike energije in ustrezna razmerja teh pojavnih oblik energije zagotavljajo uspešno, zanesljivo, učinkovito in celovito energetske oskrbo.

### **Viri energije**

Zavedati se moramo, da so vsi viri energije omejeni. Samo ustrezna izraba virov energije, temelječa na analizah realnih potencialov nam lahko ob učinkoviti pretvorbi, oskrbi in rabi zagotovi varno prihodnost. Vsekakor moramo upoštevati tehnične (ne teoretične) potenciale tako obnovljivih, kakor tudi ostalih virov energije. V bližnji prihodnosti je realno pričakovati povečanje deleža obnovljivih virov energije, vendar bomo še vedno močno vezani na ostale vire energije. Zato je pomembno, da je povečanje učinkovitosti izrabe energije namenjeno vsem virom. Pri izrabi obnovljivih virov energije je potrebno vpeljati kriterije neto energetske vrednosti in obremenitve okolja vključujoč njegovo pridobivanje oz. zajemanje.

### **Pretvorba energije**

mora biti optimalno izbrana in izvajana glede na posamezni vir energije. V največji možni meri je potrebno proizvajati energetske produkte s čim višjo eksergijsko vrednostjo (električna energija). Pri termičnih pretvorbah virov je potrebno posebno skrbnost posvetiti izrabi toplote, kot vzporednemu produktu. Izogibati se je potrebno odvodu toplote v okolico, to je potrebno koristno izrabiti. Zato morajo imeti kogeneracijski sistemi prednost pred termoelektrarnami. S trigeneracijskimi sistemi moramo v čim večji meri nadgraditi kogeneracijske sisteme tam, kjer je potreba po hladilni energiji za hlajenje in klimatizacijo stavb. Vse to zahteva strokovno in premišljeno lociranje sistemov za pretvorbe energije ter njihovo umeščanje v prostor, ki te energetske produkte tudi dejansko potrebuje.

### **Oskrba z energijo**

je pomemben člen v energetske verigi. Brez zanesljive in uspešne oskrbe z energijo je onemogočeno normalno delovanje gospodarstva in človekovega bivanja. Sem spadajo sistemi za prenos in distribucijo električne energije, plina, toplote in tudi hladu. Vsi prenosni in distribucijski sistemi lahko z energetske učinkovitostjo močno prispevajo k zmanjšanju rabe primarne energije in obremenitvi okolja. Zato je potreben razvoj inteligentnih mrež za nadgradnjo obstoječega sistema za distribucijo električne energije. Obstoječe sisteme daljinskega ogrevanja je potrebno sanirati za zmanjšanje toplotnih izgub in rabe električne energije za transport tople vode. V kombinaciji z distribucijo plina je nujna optimizacija oskrbe. Razviti je potrebno model za določitev optimalne pokritosti s toploto in s plinom. Posebno pozornost je potrebno posvetiti razvoju sistemov daljinskega hlajenja, po možnosti na osnovi izrabe odvečne toplote iz kogeneracije, ki so dokazano energetske bolj učinkoviti in za okolje manj obremenjujoči od manjših razpršenih hladilnih enot, ki tudi kazijo podobo naših stavb. S tem se izkoristek kogeneracijskega sistema ohranja tudi v poletnem obdobju, znatno se pa poveča tudi ekonomska uspešnost celotnega sistema.

### **Raba energije**

Brez dvoma je ta zadnji člen v verigi tisti, ki mora biti predvsem energetske učinkovit. Za dosego resničnih ciljev učinkovite rabe energije je potrebno v prvo vrsto postaviti tiste cilje, ki so investicijske manj zahtevni. Učinkovita raba energije mora biti vgrajena v vse faze od načrtovanja preko izgradnje in tudi do upravljanja energetske sistemov oz. porabnikov energije. Pri tem je pomembno, da sodelujejo vse stroke (arhitekturna, gradbena, strojna, ekonomska), kajti samo tako bomo dosegli sinergijske učinke, ki bodo resnično dali minimalno možno rabo energije in najmanjši možni vpliv na okolje.

## ***STRUKTURA PODPODROČIJ***

Pri nadgradnji obstoječih kompetenc Slovenije je potrebno obravnavati področje z vseh že omenjenih vidikov, poleg tega pa je potrebno upoštevati tudi vire in naravne danosti na področju uvajanja obnovljivih virov energije. **Največji interes je izkazan na področjih termosolarne energije, fotovoltaike, biomase, vodika kot virov oz. nosilcev energije ter učinkovite rabe energije in podpornih industrij na tem področju.** Poleg omenjenih virov pa je smiselno obravnavati tudi domačo geotermalno energijo, hidro energijo, vetrno energijo, ter jedrsko energijo, premog in plin.

### **Termosolarna energija**

Tehnologija pridobivanja toplote iz energije sonca je že zrela, vendar pa je bila do sedaj uporabljena večinoma za pridobivanje tople sanitarne vode v stanovanjskih hišah. Novi načini uporabe, predvsem namestitve velikih sistemov, uporaba toplote sonca za dogrevanje pozimi ter hlajenje stavb v poletnem času, ko sta sevanje in potreba po hlajenju največja ter uporaba v proizvodnih procesih pa narekujejo intenziven razvoj novih rešitev in sistemov.

### **Fotovoltaika**

je področje, ki se vse bolj uveljavlja. Električna energija iz sonca je ena izmed prioritete Strateškega energetskega tehnološkega načrta EU in tudi Slovenija ima tako kot ostale srednjeevropske države dovolj potenciala, vrhunska znanja in industrijo, ki je sposobna narediti bistven preboj na tem področju.

### **Biomasa**

je obnovljiv vir energije, ki je imamo v Sloveniji veliko. Gre za zelo obsežno izkoriščanje tega vira energije v državi, zaenkrat še z nizkimi izkoristki. Prisotna je tudi kompetentna industrija za proizvodnjo goriv in tehnologij, vendar akterji delujejo zaenkrat izrazito nepovezano. Za povečanje uspešnosti izrabe biomase v energetske namene je potrebno vzpostaviti motivacijske mehanizme in rešiti tehnično-ekonomske, organizacijske in socialne probleme. Vsekakor je pri tem potrebna ustrezna podpora države da se bodo ob ustrezni organiziranosti dvignile izraba biomase na evropsko primerljivo raven in razvile biomasne tehnologije nove generacije, kot je na primer uplinjanje in utekočinjanje lesne biomase.

### **Vodik in vodikove tehnologije**

so tehnologije prihodnosti, saj je neresenih vprašanj glede pridobivanja in hranjenja vodika, cene mobilnih in stacionarnih sistemov ter izgradnje infrastrukture še veliko. V primerjavi z obstoječimi tehnologijami je realna možnost izkoriščanja napovedana za čas po letu 2020. Ob tem pa je potrebno izpostaviti, da v Sloveniji obstaja iniciativa tako v znanosti, kot industriji, torej je smiselno podpirati tako bazni, kot aplikativni razvoj v smislu sledenja globalnim trendom na tem področju.

### **Geotermalna energija**

je vezana večinoma na omejena področja v Sloveniji. Lastno znanje imamo, žal ne tudi domače industrije, ki bi ta znanja uspešno aplicirala. Poudariti je potrebno, da je obstoječ potencial ekonomsko zanimiv samo za pridobivanje toplote (ogrevne ali tehnološke) ne pa tudi za proizvodnjo električne energije.

### **Hidroenergija**

ima v Sloveniji velik potencial, saj imamo poleg danosti za velike hidroelektrarne tudi veliko možnosti izgradnje malih hidroelektrarn ob sodelovanju domačega znanja.

### **Vetrna energija**

je v Sloveniji na novo odkrit energetski vir, predvsem na področju Primorske, kjer je z meritvami potrjena možnost za energetsko izkoriščanje v večjem obsegu. Do sedaj nismo dovolj razvili slovenske industrije in lastnega znanja zato bi vlaganja le v izgradnjo, temeljila na tuji dodani vrednosti. Na drugi strani ima slovenska industrija dobre osnove in reference, da bi se vrsta podjetij lahko razmeroma hitro vključila v proizvodnjo pomembnega dela opreme za vetrne elektrarne.

### **Jedrska energija**

zaradi svojih izjemnih energetskih in okoljskih potencialov v svetu doživlja pravo renesanso, enak trend se zaznava tudi v našem prostoru. Vprašanja in usmeritve v zvezi z jedrsko energijo so podobno kot s premogom in plinom. Slovenski raziskovano razvojni projekti in aktivnosti potekajo skladno z evropskimi usmeritvami tako na področju zagotavljanja varnega in trajnostnega obratovanja obstoječih objektov kot tudi pri razvoju novih naprednih generacij fisijskih in fuzijskih elektrarn. Skorajšnja dločitev za novo jedrsko enoto v Sloveniji bo vsestransko pozitivno vplivala tudi na ves raziskovalno razvojni energetski sektor. Industrijskega zaledja na tem področju pa takorekoč ni (če izvzamemo gradbeno stroko).

### **Premog**

danes predstavlja pomemben primarni vir za proizvodnjo električne energije (cca. 1/3 električne je proizvedene iz premoga), ocene za prihodnost pa napovedujejo, da naj bi se proizvodnja električne energije iz premoga do leta 2030 celo podvojila. Vedno večji omejitveni dejavnik pri delovanju premogovnih naprav je vedno strožja okoljska zakonodaja, ki poleg standardnih onesnaževal v zadnjem času vse bolj omejuje tudi emisije toplogrednih plinov. Rešitev pri omejevanju klimatskih sprememb ponujajo tehnologije čistega premoga in v zadnjem času CCS tehnologija. V prihodnosti bodo nujno potrebna vlaganja in aktivno vključevanje slovenskih inštitucij v intenziven razvoj novih premogovnih tehnologij, ki bodo omogočale doseganje večjih izkoristkov in okoljsko skladnejše obratovanje.

### **Plini**

se delijo na omrežja zemeljskega plina, shranjevanje zemeljskega plina, utekočinjeni zemeljski plin in utekočinjeni naftni plin. Slovenija je praktično v celoti odvisna od uvoza zemeljskega plina. Po drugi strani pa si Slovenija ne more zagotoviti oskrbe samostojno, če ni vpeta v mednarodno ureditev. Načelo subsidiarnosti narekuje vsem članicam, da ukrepajo samostojno in koordinirano. Na vidiku so številni projekt izvedbe plinskih sistemov. Vsaj nekateri se bodo uresničili s potrebo podpore znanstveno raziskovalne sfere.

### **Učinkovita in racionalna raba energije.**

Ključno je tudi področje učinkovite in racionalne rabe energije. Skoraj 50% vse energije porabimo za ogrevanje, hlajenje in prezračevanja stavb, nadaljnih 30% pa v prometu. Tukaj je Slovenija izredno kompetentna, saj ima vrhunsko znanja in konkurenčno, globalno usmerjeno industrijo, ki je sposobna z razvojem obnovljivih virov razvijati tudi **nove koncepte in sisteme za zagotavljanje energijsko učinkovitejšega transporta (električna vozila) in energijsko učinkovite, aktivne stavbe, katerih oskrba z energijo temelji pretežno na uporabi**

**obnovljivih virov.** Bistveno priložnost in kompetenčnost Slovenije namreč vidimo v **razvoju celovitih sistemov**, saj prav tu lahko področje še bistveno nadgradimo. Trgi za energetske učinkovite storitve, izdelke, stroje in naprave ter sisteme pa se uvrščajo med najhitreje rastoče.

### **Podporne tehnologije**

Poleg tega pa ne smemo zanemariti podporne tehnologije, od centralnih nadzornih sistemov, sistemov optimizacije in ostalih informacijsko komunikacijskih tehnologij ter merilne tehnike, saj le te omogočajo najučinkovitejšo rabo energije ne glede na vir iz katerega je pridobljena. To področje je torej nedeljivo povezano z vsakim od zgoraj obravnavanih podpodročij.

## ***OBSTOJEČI MEHANIZMI POVEZOVANJA***

Da je vprašanje energije eno ključnih vprašanj, ne samo prihodnosti ampak tudi že naše sedanosti, dokazujejo številne strateške poslovne in razvojno raziskovalne odločitve, aktivnosti in usmeritve.

Naše vključenosti in prepletenosti tudi na evropskem in svetovnem nivoju ne moremo spregledati, saj so na tem področju uveljavljena številna slovenska podjetja, ki se vedno bolj usmerjajo predvsem v učinkvito rabe in uvajanja obnovljivih virov energije. To dokazujejo številna združenja, tehnološke mreže, grozdi in tehnološke platforme, ki služijo predvsem opredeljevanju dolgoročnih strategij in usmeritev razvoja in raziskav.

Verjetno **najprimernejša oblika povezovanja na področju energetike in obnovljivih virov so prav tehnološke platforme**, saj presegajo strogo poslovni nivo povezovanja, ampak z oblikovanejšim strateških razvojnih načrtov, ki so vedno izdelani tudi z upoštevanjem sorodnih dokumentov na evropskem nivoju, podpirajo tako oblikovanje

- **Strategij razvoja podjetij**
- **Razvojno raziskovanih nalog podjetij in inštitucij**
- **Politik na nacionalnem in evropskem nivoju**
- **Povezav med ključnimi deležniki za kreiranje prebojnih, inovativnih rešitev**

Na področju energetike in trajnostnih virov energije je potrebno omeniti vsaj nekaj najvidnejših akterjev:

- Slovenska termosolarna tehnološka platforma, STTP
- Slovenska tehnološka platforma za vozila, ceste in promet ERTRAC Slovenija
- Tehnološka platforma za fotovoltaike
- Tehnološka platforma za vodik SIHFC
- Tehnološka platforma pametne mreže
- Tehnološka platforma za ničelne emisije
- Tehnološka platforma za energetske učinkovitost
- Tehnološka platforma za termoenergetiko TENTEP

Vse omenjene tehnološke platforme **se aktivno povezujejo tudi s tehnološkimi platformami na evropskem nivoju**, v nekaterih imamo predstavniki slovenskih platform tudi **vidne vloge v vodstvenih strukturah**. Slovenska termosolarna tehnološka platforma pa se je aktivno vključila tudi v skupno tehnološko pobudo na področju učinkovite rabe energije v stavbah E2B, Energy for Buildings. Predstavniki Slovenije pa so aktivni tudi v Evropski tehnološki platformi za trajnostno jedrsko energijo.

Področje energetike in alternativnih virov energije je seveda **nedeljivo povezano z nekaterimi ostalimi področji**, naprimer trajnostno gradnjo, transportom ter naprednimi materiali.

## ***II. RAZISKOVALNA PODPODROČJA***

### **PREMOG**

Anuška Bole

#### **1. Splošno**

EU, katere članica je tudi Slovenija, si je v svojih strateških energetskih dokumentih zadala cilje zagotavljanja trajnostne, varne in konkurenčne energije. Doseganje omenjenih ciljev je možno le z diverzifikacijo energetskih virov, kjer poleg pomembne vloge večanja obnovljivih virov energije igra pomembno vlogo tudi ohranjanje tradicionalnih virov, med katere kot eden pomembnejših sodi tudi premog.

V Sloveniji se približno tretjino električne energije proizvede v termoelektrarnah, ki kot vir energije uporabljajo premog oziroma lignit. Podoben delež električne energije iz premoga se proizvede tudi v EU. Zalog tega primarnega vira je tudi za daljše obdobje še precej. Ocene za prihodnost napovedujejo, da naj bi se proizvodnja električne energije iz premoga do leta 2030 celo podvojila.

Vedno večji omejitveni dejavnik pri delovanju premogovnih naprav je vedno strožja okoljska zakonodaja, ki poleg standardnih onesnaževal v zadnjem času vse bolj omejuje tudi emisije toplogrednih plinov.

Zaradi poznavanja dejstva, da so klimatske spremembe v veliki meri posledica antropogenih dejavnosti, med katere kot eden pomembnejših spada prav zgorevanje premoga, si je EU postavila precej ambiciozne cilje zniževanja emisij CO<sub>2</sub> in sicer naj bi do leta 2020 znižali emisije za najmanj 20%. Ob upoštevanju povečanega povpraševanja po energiji (do leta 2030 naj bi se svetovno povpraševanje po energiji povečalo za 60%) so zastavljeni cilji zniževanja emisij CO<sub>2</sub> še težje uresničljivi. Rešitev pri omejevanju klimatskih sprememb v povezavi s premogovnimi tehnologijami ponujajo tehnologije čistega premoga in v zadnjem času tehnologija zajema in skladiščenja ogljika oziroma CCS tehnologija (Carbo Capture and Storage).

V slovenskem prostoru veliko oviro za predvsem časovno uspešno umeščanje velikih energetskih naprav v prostor predstavlja prostorsko – okoljska zakonodaja. Slednja zavira vlaganja v ta segment gospodarstva.

Vlaganja sredstev v premogovno tehnologijo, ki zagotovo sledi ciljem energetske politike (varnost, konkurenčnost ob pospešenem uvajanju že poznanih tehnologij tudi trajnost) bodo v prihodnjih letih nujno potrebna, tako s stališča pokrivanja pričakovanih povpraševanj po energiji kot tudi zaradi nujnosti zamenjave zastarele infrastrukture.

## 2. Pretvorba energije

Kemična energija premoga se v procesu zgorevanja pretvarja v toplotno, mehanično in v končni fazi električno energijo.

Pri pretvarjanju med posameznimi oblikami energije prihaja do izgub, ki pa se z razvojem tehnologij manjšajo. Raziskave in razvoj so v zadnjih 30 letih omogočile zvišanje učinkovitosti elektrarn na premog za 30%. Povprečen izkoristek vseh danes delujočih elektrarn na svetu znaša približno 31%, medtem ko najboljše razpoložljive tehnologije omogočajo doseganje 47% izkoristka. Izkoristki naprav se močno povečajo v primeru kogeneracije in znašajo 90%. Z današnjim življenjskim slogom postajajo vse bolj pomembni tudi trigeneracijski sistemi, ki dodatno zvišujejo učinkovitost pretvorbe primarne energije. Na samo učinkovitost celotnega procesa vpliva tudi način odkopavanja premoga, ki mora biti s ciljem doseganja čim manjše končne rabe primarne energije usmerjen v način odkopavanja, ki omogoča čim manjše izgube, obenem pa zagotavlja veliko zanesljivost.

Z večanjem izkoristkov naprav in razvojem tehnologij so vse bolj obvladljivi tudi vplivi na okolje, ki jih povzročajo zgorevalne naprave. Manjšajo se tako specifične obremenitve okolja kot tudi specifične porabe primarnih virov.

Z nadaljnjim razvojem tehnologij, predvsem materialov, ki bodo omogočili tako delovanje elektrarn oziroma obratovanje pri visokih tlakih in visokih temperaturah, je izkoristke možno še povečati.

## 3. Oskrba z energijo

Oskrbo z energijo v primeru premogovnih enot moramo obravnavati tako s stališča zagotavljanja primarnega vira potrebnega za proizvodnjo – premoga, kot tudi s stališča distribucije proizvodnih produktov, električne energije, toplote in hladu.

Oskrba proizvodnih enot s premogom se vrši z uvozom ali pa s kopanjem premoga v domačih premogovnikih. V primeru uvoza se ta vrši s transportom, največkrat ladijskim in železniškim. Večina proizvodnih zmogljivosti premogovnih enot je v Sloveniji lociranih v bližini premogovnikov. Ta način zagotavlja s stališča rabe energije kot tudi s stališča drugih vplivov na okolje najbolj smotrno umestitev v prostoru, obenem pa tudi večjo zanesljivost obratovanja in zmanjšuje uvozno odvisnost.

Pri distribuciji proizvodnih produktov –električne energije toplote in hladu je potrebno poiskati koncept oskrbe, ki zagotavlja minimalne izgube pri transportu, obenem pa zagotavlja zanesljivost in kakovost distribuiranih proizvodnih produktov. V primeru transporta toplote in hladu se izgube z razdaljo hitro večajo, tako sta kogeneracija in trigeneracija smiselni predvsem v strnjenih naseljih.

V prihodnosti bo potreben dodaten razvoj učinkovite, zanesljive in kakovostne oskrbe s primarno in sekundarno energijo.

#### **4. Učinkovita raba energije**

Za doseganje učinkovite rabe energije in s tem v končni fazi zmanjševanja rabe primarnih virov, je nujno, da je učinkovita raba vgrajena v vse faze procesa:

- pridobivanje premoga,
- pretvorbo energije (iz primarnega vira v proizvodne produkte - električno energijo, toploto in hlad) in
- distribucijo proizvodnih produktov.

V vseh treh fazah je potreben razvoj s ciljem doseganja čim višjih izkoristkov.

#### **5. Podporne tehnologije**

Delovanje velikih energetskega sistemov je zaradi svoje velikosti in s tem togosti, vedno večjih zakonskih omejitev pri obratovanju ter razvoja različnih tehnologij vpeto v vse bolj kompleksnejši sistem, ki za svoje optimalno delovanje nujno potrebuje podporne tehnologije.

Podporne tehnologije imajo pomembno vlogo v vseh fazah procesa, od pridobivanja premoga, do pretvorbe energije in v končni fazi distribucije proizvodnih produktov.

V prihodnosti bo potrebno pozornost usmeriti v razvoj različnih računalniških podpornih programov in senzorjev, ki bodo omogočali optimizacijo obratovanja naprav tako z ekonomskega kot tudi s tehnološkega stališča. Računalniški podporni sistemi in modeli bodo vedno bolj nepogrešljivi tudi na področju okoljskih zakonskih omejitev, tako s stališča nadzora preseganja mejnih emisijskih vrednosti kot tudi emisijskih kvot in nenazadnje doseganja zakonsko določenih standardov v okolju. Slednji bodo poleg emisijskih omejitev omejevali tako delovanje obstoječih naprav kot tudi umeščanje novih naprav v prostor.

#### **6. Kompetenčnost slovenskih podjetij in inštitucij znanja**

Slovenska industrija kot tudi raziskovalne inštitucije se vključujejo tako v razvoj kot tudi proizvodnjo posameznih tehnoloških segmentov opreme, in sicer v vseh fazah procesa od:

- pridobivanja premoga,
- pretvorbe energije (iz primarnega vira v proizvodne produkte - električno energijo, toploto in hlad) do
- distribucije proizvodnih produktov.

S proizvodi kot tudi razvojnimi dosežki vstopajo na slovenski kot tudi svetovni trg. V razvojnih, proizvodnih kot tudi izvedbenih fazah projektov na nekaterih področjih stopajo v korak z najbolj razvitimi državami in enakopravno ali celo kot vodje projektov nastopajo na svetovnem trgu.

Za doseganje in hkrati sledenje razvoju novih tehnologij, ki bo omogočil energetske učinkovitejše in okoljsko skladnejše obratovanje obstoječih in novih objektov je nujno aktivno sodelovanje slovenskih inštitucij in podjetij ter hkrati države, kot lastnice.

Ob upoštevanju dejstva, da se na premogovnem področju v kratki prihodnosti napoveduje velik razvoj, spremembe v tradicionalnih tehnologijah, ki bodo omogočile večje izkoristke (npr. obratovanje pri višjih tlakih in temperaturah) in hkrati okoljsko skladnejše obratovanje elektrarn (npr. CCS tehnologija, tehnologije zmanjševanja emisij dušikovih oksidov) je aktivno spremljanje razvoja kot tudi vlaganje vanj neobhodno potrebno za doseganje konkurenčnosti oziroma nenazadnje obstoja slovenske energetike.

Ključni predstavniki industrije:

Esotech, Litostroj, Premogovnik Velenje, RGP d.o.o., HTZ IP d.o.o., Geostroj d.d., HGEM d.o.o, Gorenje Indop d.o.o., Salus d.o.o., Kladivar d.d., TEŠ, TET, TE-TOL, HSE, CGS d.o.o.

Ključni predstavniki inštitucij:

Fakulteta za strojništvo, Elektroinštitut Milan Vidmar, Inštitut Jožef Stefan, Fakulteta za elektrotehniko, Naravoslovnotehniška fakulteta; Erico, IVZ Ljubljana, ZVD Maribor...

## 7. Priložnosti in izzivi

Ohranjanje tradicionalnih virov, med katere kot eden pomembnejših sodi tudi premog, bo imelo, ob upoštevanju izzivov s katerimi se danes spopada energetski trg (boj proti podnebnim spremembam, neustavljivo večanje porabe energije, liberalizacija trga, rast cen energentov, naraščajoča odvisnost od uvoza...), vedno večjo vlogo pri dolgoročnem zagotavljanju trajne, varne in konkurenčne energije. Že danes se približno tretjino električne energije proizvede v termoelektarnah, ki kot vir energije uporabljajo premog, medtem ko ocene za prihodnost napovedujejo, da se bo proizvodnja električne energije iz premoga do leta 2030 celo podvojila.

Premogovna tehnologija je s ciljem doseganja večjih izkoristkov in hkrati okoljsko skladnejšega obratovanja v zadnjem času podvržena velikemu tehnološkemu razvoju.

## 8. Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj

Raziskave in razvoj na področju premogovnih tehnologij so tako nujne za pospešitev tehnološkega razvoja Slovenije in krepitev konkurenčnosti ter nenazadnje zagotavljanje obstoja slovenskega gospodarstva. Pomembno je, da so vgrajene v vse faze procesa, od pridobivanja premoga, pretvorbe energije (iz primarnega vira v proizvodne produkte - električno energijo, toploto in hlad) do distribucije proizvodnih produktov.

V nadaljevanju so izpostavljena nekatera od pomembnejših področij, kjer so nujno potrebne raziskave in razvoj:

- optimizacija transporta premoga, jamskega vrtanja, izdelave jamskih prog (tehnologija, oprema, materiali, tehnološki postopki ipd.) in razvoj koncepta odvodnjevanja in spremljanja učinkov odvodnjevanja pri procesu odkopavanja premoga,
- ravnanje z emisijami toplogrednih plinov (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) sproščenih pri procesu odkopavanja premoga,
- uvajanje učinkovitega monitoringa in varnostno – tehnološko upravljanje premogovnika,
- razvoj novih materialov in tehnologij, ki bodo omogočale obratovanje elektrarn pri visokih tlakih in visokih temperaturah ter nadgradnja obstoječih tehnologij, ki bo omogočala dvig izkoristkov,
- razvoj IGCC tehnologije,
- razvoj CCS tehnologije v vseh fazah procesa, od zajema ogljika na samem viru, do transporta in skladiščenja. Gre za povsem novo tehnologijo, tako je razvoj nujno potreben tudi na področju monitoringa, zakonskih okvirov, sprejemljivosti javnosti...,
- razvoj in sodelovanje z EU na področju gradnje demonstracijskih CCS naprav,
- razvoj tehnologij za zmanjševanje emisij in s tem doseganje mejnih emisijskih vrednosti in kvot,
- razvoj podpornih tehnologij namenjenih optimalnemu delovanju naprav ob upoštevanju okoljskih zakonskih omejitev tako s stališča emisij kot tudi kakovosti zunanjega zraka,
- umeščanje velikih elektroenergetskih objektov v prostor,
- možnost uporabe drugih energentov, predvsem odpadkov in biomase v premogovnih elektrarnah.

## **DOMAČA GEOTERMALNA ENERGIJA**

### **1. Splošno**

Potenciali so vezani na omejena področja v Sloveniji. Lastno znanje imamo, žal ne tudi domače industrije, ki bi ta znanja uspešno aplicirala.

Obstoječi potencial je bil doslej ekonomsko zanimiv predvsem za pridobivanje toplote (ogrevne ali tehnološke) ne pa tudi za proizvodnjo električne energije. Študije pa kažejo, da imamo v vodonosniku termal 2 izjemno velike količine vroče vode, ki dosega 150°C in več, primernih za geotermalne elektrarne.

Danes je v Sloveniji najbolj razvit način uporabe termalnih voda v zdraviliške namene, energetski prispevek pa je pomemben v toliko, v kolikor nam za te potrebe vode ni potrebno ogrevati ter hkrati lahko pridobivamo tudi toploto za ogrevanje prostorov in sanitarne vode. Izdelani so tudi načrti za uporabo geotermalne energije za daljinsko ogrevanje mest in za kmetijske namene.

Stroka se strinja, da je za pridobitev kredibilnih ocen o stroških in koristih potencialov geotermalne energije potrebno investirati v globoke strukturne vrtine na celotnem območju Slovenije. Geološki zavod predlaga 4- 5 strukturnih vrtin globine med 4. in 5 km (zahodno od Ptujja nimamo vrtine globlje od 2000 m, pri Lendavi pa imamo najglobljo vrtino na 3014 m, kar ne daje prave slike strukture oz. nastopanja visokotemperaturnih geotermičnih virov).

Raziskave podprte z raziskovalnimi vrtinami so za oceno o izkoriščanju geotermalne energije za pridobivanje elektrike nujnost. Zelo verjetna je možnost instalacije geotermičnih elektrarn binarnega tipa s posamično inštalirano močjo do 1MW, manj možnosti pa se daje odkritju visokotemperaturnih sistemov ki bi omogočali inštalacije geotermalnih elektrarn moči večjih od 3MW. Zaradi velikih izkoristkov geotermalnih sistemov za potrebe termalnih vrelcev v nekaterih predelih Slovenije, je temeljita analiza potrebna tudi za načrtovanje reinjekcije vode v globoke zalogovnike, kar omogoča trajnostno gospodarjenje. V primerih izkoriščanja geotermalne energije za pridobivanje elektrike pa bo t.i. dubletni način nameščanja vrtin (črpanje in reinjeciranje) nujnost. Tako bomo za posamezna področja pridobili realne podatke za načrtovanje vseh kategorij eksploatacije geotermalne energije (elektrika, termalna zdravilišča, kogeneracija, toplota ).

Poglobljena in celovita analiza uporabe geotermalne energije na območjih, kjer je bilo večje izkoriščanje in kjer so predvideni potenciali, je zato ne le potrebna temveč z vidika trajnostne rabe tega vira nujna.

## **HIDRO ENERGIJA**

Anuška Bole

### **1. Splošno**

Obratovanje hidroelektrarn v dereguliranem sistemu je zelo zahtevno, ker fleksibilna proizvodnja dobi še bolj na veljavi. Ustrezno temu planiranje obratovanja hidroelektrarn lahko prispeva k izboljšanju obratovalnih karakteristik celotne proizvodnje in manjšo porabo primarnih virov za proizvodnjo električne energije.

Po deregulaciji sistema in zahtevi za obratovanje verige hidroelektrarn kot samostojni subjekt na trgu električne energije se pojavlja zahteva za izračun optimalnega obratovanja verige kot samostojni subjekt. Obratovanje verige hidravlično povezanih elektrarn po danem obremenilnem diagramu z omejeno količino uporabljene vode pomeni, da so nivoji vode v akumulacijskih bazenih na koncu optimizacijskega intervala na želenih vrednostih, oziroma, da lahko poljubno določamo odstopanja od te vrednosti.

Obstaja možnost nadgradnje modelov - matematični model se lahko postavi v najbolj splošni obliki za poljubno število elektrarn v verigi in upoštevanjem časovne zakasnitve vodnega toka med posameznimi hidroelektrarnami.

Izbrana metoda reševanja optimizacijskega problema – princip minimuma norme določa globalni optimum postavljene ciljne funkcije nelinearnega modela ter učinkovito določa optimalne rešitve glede točnosti, časa izračuna in zahtev po računalniškem spominu. Matematični model, ciljna funkcija in njene modifikacije se izpeljejo v diskretni obliki.

V nadaljevanju se lahko izdelata tudi računalniški program za izračun optimalnega obratovanja verige po urah za poljubno izbrano časovno obdobje (do največ enega tedna).

### **2. Kompetenčnost slovenskih podjetij in inštitucij znanja**

Problematika postaja še posebej aktualna z izgradnjo novih hidroelektrarn na spodnji Savi, ker se povečuje število HE v verigi in s tem zahtevnost optimalnega vodenja verige. Z razvojem in povečevanjem proizvodnega dela EES, vodenje proizvodnje postaja zelo zahtevno in nemogoče brez razvoja ustreznih metod in programov za izračun.

EIMV bo k realizaciji naloge pritegnil zunanje sodelavce s katerimi je že uspešno sodeloval, v končni fazi pa bosta metoda in računalniški program preizkušena na realnem sistemu v sodelovanju s proizvodnimi podjetji v Sloveniji (HSE, GEN – Energija itd).

### **3. Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj**

Obstoječi matematični modeli se najbolj pogosto poslužujejo linearizacije po naravi nelinearnega modela in reševanje v linearni obliki. Linearizacija omogoča reševanje optimizacijskih problemov z linearnimi metodami, natančnost rešitve pa je odvisna od izvedene linearizacije. Računalniški programi na osnovi linearnega programiranja so počasni.

## **TERMOSOLARNA ENERGIJA**

Tanja Mohorič

Člani: Dr. Boštjan Černe, Friderik Knez, Dr. Sašo Medved, Dr. Marko Matkovič, Franko Nemač, Dr. Boris Orel, Črtomir Remec

### **1. Splošno**

Dejstvo je, da so danes možnosti, ki jih ponuja uporaba sončne energije za ogrevanje in hlajenje stavb bistveno podcenjene. Razlogov je več, med njimi tudi teza, da gre da gre za razvite tehnologije in že dodobra uveljavljene tehnologije. To sicer drži, saj imajo praktično vse Evropske države, tudi Slovenija, že vsaj tridesetletne izkušnje z uporabo teh tehnologij, vendar je mogoče naprave in sisteme bistveno izboljšati in narediti učinkovitejše. To je zaključek številnih Evropskih projektov, ki so analizirali tehnološko zrelost sončnih ogrevalnih sistemov v EU. Slovenija ima podobne izkušnje.

Drugi pomemben razlog za podcenjevanje ali nezadostno uporabo termalno solarnih sistemov je tudi cena teh sistemov, ki je odvisna tudi od razširjenosti uporabe in tudi od uporabniku prijaznih vmesnikov in načinov vgradnje, kar nenazadnje dokazuje tudi projekt samogradnje sprejemnikov sončne energije, ki kaže na to, da v Sloveniji v resnici obstaja interes za uporabo termalne solarne energije, le ovire, ki obstajajo, so mnogokrat prevelike.

### **2. Pretvorba energije**

Pretvorba solarne energije v električno z namenom ogrevanja vode ni najracionalnejša, saj obstajajo že razvite tehnologije uporabe energije sonca za ogrevanje sanitarne vode. Termosolarni sistemi so seveda učinkoviti, kadar neposredno zadostijo potrebam po topli vodi v stavbi in morajo biti dimenzionirani glede na zasnovo in namembnost stavbe.

### **3. Oskrba z energijo**

Sončno energijo lahko s poznanimi tehnologijami pretvorimo v toploto, hlad in električno energijo. Pri tem je proizvodnja toplote ključna za zmanjšanje porabe energije v stavbi. Pričakovane podnebne spremembe bodo povzročile dolgotrajno poletno pregrevanje stavb, ki se mu lahko na okolju prijazen način izognemo na dva načina; s pravilno zasnovo novih stavb in s sončnimi hladilnimi sistemi. Pri tem je nezanemarljivo tudi dejstvo, da pri obstoječih stavbah največkrat prva možnost ni realna. Sončna energija je edini naravni vir, ki ga imamo v Sloveniji več, kot znaša poraba energije. Za sisteme za izkoriščanje sončne energije so značilni majhne ekološke sledi, kar pomeni, da jih lahko izdelamo z učinkovito rabo energije in snovi. Med delovanjem pa ne povzročajo dodatnih pritiskov na okolje. Poleg tega pa je nezanemarljiv tudi ekonomski potencial razvijajoče se industrijsko tehnološke panoge.

#### 4. Učinkovita raba energije

Učinkovitost rabe termosolarne energije je v veliki meri odvisna od pravilne umeščenosti stavbe v prostor (na jug obrnjene strehe in fasade) ter ustreznih hranilnikov toplote, ki trenutno predstavljajo enega večjih razvojno raziskovalnih izzivov. Hranjenje toplote za daljši čas bi namreč pripomogla k večji rentabilnosti sistemov ter možnosti optimizacije delovanja termosolarnih sistemov.

#### 5. Podporne tehnologije

Učinkovitih sistemov oskrbe in upravljanja z energijo si tudi na področju termosolarne energije ne moremo predstavljati brez strokovnega načrtovanja sistemov, simulacije delovanja in podpore IT tehnologij. Centralni nadzorni sistemi, ki uravnavajo delovanje celotnega sistema gretja, hlajenja in prezračevanja, ki zagotavljajo monitoring in optimizacijo delovanja so torej sestavni del oskrbe stavbe z obnovljivimi viri energije.

#### 6. Kompetenčnost slovenskih podjetij in inštitucij znanja

Stopnja tehnološke razvitosti slovenske industrije na področju gradnje solarnih ogrevalnih sistemov bistveno zaostaja za razvitimi v naslednjih štirih elementih:

- ne proizvajamo izdelkov, ki bi glede na kakovost omogočali bistvene preboje na tuje trge in bili primerni za vgradnjo v sodobne solarne ogrevalne sisteme za segrevanje sanitarne vode in ogrevanje stavb,
- obstoječi sistemi v velikem številu primerov niso opremljeni z napravami, ki bi omogočale inženirsko natančno beleženje proizvedene toplote,
- aplikativnih izkušenj s solarno podprtim hlajenjem nimamo,
- ni vzpostavljen institucionalni nadzor nad kakovostjo komponent in solarnih ogrevalnih sistemov



Zato ocenjujemo, da osnovnega cilja – omogočiti gradnjo zgolj s sončno energijo ogrevanih in hlajenih novih stavb in povečanje deleža ogrevanja obstoječih stavb na 50% ne bomo dosegli, če te pomanjkljivosti oziroma tehnološki zaostanek ne bodo odpravljene. To pa je mogoče le s povezavo raziskovalnih institucij in industrije in podporo za izvajanje razvojnih in raziskovalnih projektov na tem področju.

Kljub navedenim pomanjkljivostim pa je znanja in kapacitet za preboj na tem področju v Sloveniji dovolj, saj poleg velikih in globalnih industrijskih partnerjev na področju uporabe termosolarne energije delujejo tudi številne inštitucije.

Ključni predstavniki industrije:

Hidria IMP Klima, Hidria Inštitut Klima, Hidria Inženiring, Intralighting, Gorenje, Color, Trim, CBS inštitut, Chemcolor, Solarni termosistemi, Sončna energija, Soncu d.o.o., Stroj, Lentherm, Akripol,...

Ključni predstavniki inštitucij:

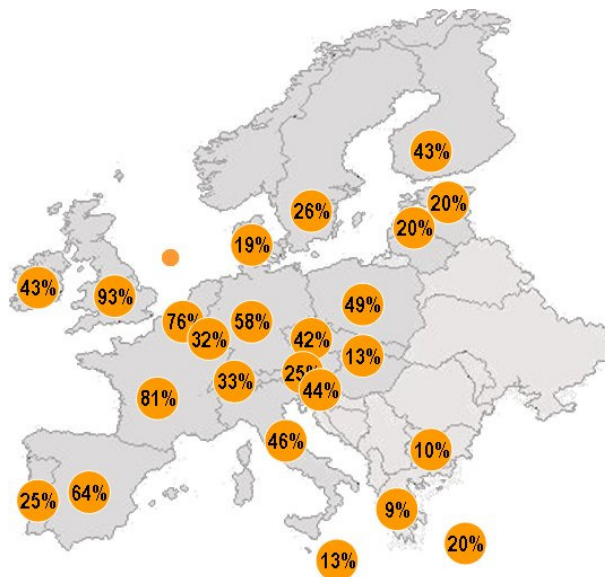
Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Inštitut Jožef Stefan, Kemijski inštitut, Zavod za gradbeništvo, Fakulteta za gradbeništvo, Fakulteta za arhitekturo, Energotech, ...

## 7. Priložnosti in izzivi

Slovenija je na lestvici svetovnih držav glede na količino vgrajenih solarnih ogrevalnih sistemov na prebivalca dokaj visoko. Razlog je v številnih sistemih, ki so bili zgrajeni v 80 in začetku 90 let prejšnjega stoletja. Kasneje je to področje zamrlo zaradi spremenjene politične situacije, izgube, za slovensko industrijo pomembnega, jugoslovanskega trga in pogosto slabih izkušenj s trajnostjo in učinkom solarnih ogrevalnih sistemov. Vzpostavitev sistema subvencij je v zadnjih 5 letih povzročila zaznavno povečanje zanimanja za solarne ogrevalne sisteme.

*Sl.3. Letna rast prodaje solarnih ogrevalnih sistemov 2006/2005 v Evropi*

Ocenjujemo, da smo v letu 2006 vgradili skoraj 10.000 m<sup>2</sup> novih sprejemnikov sončne energije ali skupaj v zadnjih petih letih okoli 20.000 m<sup>2</sup>. Poleg tega je uporaba sončne energije skoncentrirana predvsem na pripravo sanitarne tople vode in precej manj na ogrevanje, ostale možnosti, npr. solarno hlajenje pa so povsem neizkoriščene. Ob dejstvu, da je hlajenje stanovanj v porastu izpuščamo pomemben potencial rabe sončne energije.



Po metodologiji Združenja Evropskih proizvajalcev solarnih ogrevalnih sistemov (ESTIF) je skupna nazivna toplotna moč solarnih ogrevalnih sistemov zgrajenih v obdobju med 2002 in 2006 14 MW in prihranjena končna energija v tem obdobju vsaj 25 GWh.

Kljub temu lahko ugotovimo, da nas sosednje države prehitujejo (ob upoštevanju števila prebivalcev) tudi za faktor 10. Žal so bile subvencije v Sloveniji na voljo le za privatne investitorje majhnih solarnih sistemov, zato je bilo zgrajenih malo velikih solarnih sistemov

za ogrevanje in še nobenega sistema za hlajenje. Prav ti sistemi pa lahko bistveno povečajo tržni delež solarnih ogrevalnih sistemov. Stalno povečevanje površine vgrajenih sprejemnikov sončne energije v zadnjih petih letih žal ni vplivalo na razvitost domače industrije, niti na kakovost sistemov (sprejemnikov sončne energije), ki jih gradimo pri nas.

## 8. Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj

Slovenija se je skupaj z ostalimi evropskimi državami zavezala, da bo do leta 2020 dosegla najmanj 20 % znižanje emisij toplogrednih plinov in hkrati za enak odstotek povečala uporabo obnovljivih virov energije. Sončni ogrevalni sistemi omogočajo oboje – z njimi nadomeščamo fosilna goriva in izkoriščamo obnovljiv vir energije. Cilj pa lahko dosežemo le s takojšnjimi ukrepi, predvsem s sprejetjem zakona o obvezni oskrbi vseh novozgrajenih stavb z vsaj 50% obnovljivimi viri energije. Prav tako pa bi morala biti ob obnovi obstoječega stavbnega fonda vgradnja sistemov s koriščenjem termosolarne energije obvezna. Zato moramo:

- razviti nove sisteme z uporabo novih materialov, konceptov in inovativnimi rešitvami
- znižati stroške razvoja in proizvodnje
- razviti sisteme, ki bodo enostavi za vgradnjo in trajni pri delovanju
- integrirati sisteme v celovit objekt že v fazi oblikovanja, upoštevajoč tudi estetske vidike
- razviti potrebna obstoječa in nova znanja

### **Prioritetne razvojne naloge**

1. razvoj naprav za proizvodnjo toplote na različnih temperaturnih nivojih
2. razvoj naprav za solarno hlajenje
3. razvoj materialov za prenos toplote in snovi
4. razvoj snovi za dolgotrajno shranjevanje toplote
5. integracija sklopov v enovit sistem stavbe
6. integracija ostalih obnovljivih virov energije
7. energetske management in razvoj SW

## **FOTOVOLTAIKA**

dr. Marko Topič

člani: mag. Mitja Koprivšek, Denis Lenardič, dr. Uroš Mrc, Franko Nemac

### **1. Splošno**

Obnovljivi, ekološko prijazni viri energije, med katere sodi tudi fotovoltaika (PV, angl. »photovoltaics«), postajajo vedno bolj zanimivi z energetskega vidika, z vidika reševanja okoljske problematike (omilitve izpustov toplogrednih plinov ter onesnaževanja okolja) in z nevzdržno naraščajočimi cenami klasičnih energentov tudi z vidika ekonomske upravičenosti. Sonce predstavlja neusahljiv in ekološko neoporečen vir energije. Fotovoltaika, ki ponuja direktno pretvarjanje sončne energije v električno energijo, predstavlja najčistejši vir električne energije in velja kot najbolj perspektiven obnovljiv energetski vir.

### **2. Pretvorba energije**

Prevarjanje sončne energije v električno energijo se odvija v sončnih celicah. Gre za direktno pretvorbo energije fotonov preko absorpcije in svetlobne generacije prostih nosilcev naboja v polprevodniških materialih, ki ustvarjajo enosmerni električni tok in napetost ter s tem enosmerno električno moč. Ker je moč ene sončne celice premajhna, se celice električno povezujejo v fotonapetostne module (PV module) kot najmanjšo nedeljivo enoto, ki je zaščitena pred vsemi vremenskimi razmerami na prostem in prilagojena dolgoletnemu delovanju. Za doseganje večjih moči se fotonapetostni moduli električno povezujejo v fotonapetostna polja. Med fotonapetostne generatorje torej štejemo sončne celice, PV module in PV polja.

Enosmerna električna energija iz fotonapetostnih generatorjev se lahko preko regulatorjev direktno troši na enosmernih porabnikih oz. se shranjuje v električnih baterijah ali pa se preko razsmernikov pretvarja v izmenično električno energijo, ki se direktno troši na izmeničnih porabnikih oz. se oddaja v električno omrežje.

### **3. Oskrba z energijo**

Oskrba z električno energijo v Sloveniji poteka večinoma preko javnega električnega omrežja, kjer skrbijo klasične elektrarne (termo in nuklearna ter velike hidroelektrarne) za pasovno proizvodnjo. Le osamljene gorske kočice ali vikendi, odročni telekomunikacijski objekti in prometna signalizacija, ki nimajo dostopa do omrežja, se v mikro omrežjih oskrbujejo preko hranilnikov električne energije.

#### 4. Učinkovita raba energije

Električna energija je najkvalitetnejša in najbolj univerzalna oblika energije, ki je omogočila dosednji ekonomski razcvet ter moderni način življenja. Potrebe po električni energiji v razvitem svetu močno naraščajo. Slovenija ni izjema. Za zagotavljanje naraščajočih potreb po električni energiji bo potrebno zgraditi nove vire, ki pa bodo v skladu z direktivami Evropske skupnosti. Delež električne energije iz OVE naj bi v Sloveniji do 2020 dosegel 25 % končne energije. Sezonski in dnevni profil Potreb po električni energiji se v zadnjih letih občutno spreminja. Zaradi naraščajočega števila klimatskih naprav mnogo hitreje narašča poraba v poletnih mesecih, še posebej okoli poldneva. Potrebe po vršni energiji, katere cena na borzi je nekajkrat višja kot cena pasovne energije, bi zlahka lahko pokrivali s sončnimi elektrarnami. Dnevni profil proizvodnje iz PV elektrarn se dobro ujema s profilom uporabnikov v poslovnih zgradbah, ki kliče po integraciji fotovoltaike v zgradbe (BIPV). Energetske varčna gradnja, nizkoenergijske hiše in energetske aktivne hiše so področja, kjer lahko fotovoltaika pomembno prispeva, še posebej pri energetske sanaciji večstanovanjskih objektov.

#### 5. Podporne tehnologije

Enako, kot pri vseh obnovljivih virih eneergije, integriranih v stavbo tudi na tem področju velja, da so centralni nadzorni sistemi nujni pogoj za večanje učinkovitosti ter optimizacijo delovanja.

#### 6. Kompetenčnost slovenskih podjetij in inštitucij znanja

##### Ključni predstavniki industrije:

Proizvodnja PV modulov: Bisol d.o.o., Adria Solar d.o.o., AMP d.o.o.

Proizvodnja gradbenih elementov z integriranimi PV moduli: Trimo d.d.

Proizvodnja zaščitnih elementov: Eti Izlake d.d., KEKO Varicon d.o.o., Iskra zaščite d.o.o.

Proizvodnja števecv električne energije: IskraEmeco d.d.

Proizvodnja merilnikov in krmilnikov: Metrel d.o.o., Belmet d.o.o., VR Elektronika d.o.o., SAT Control d.o.o.

Načrtovanje in proizvodnja samostojnih PV ali hibridnih PV sistemov: Kontiki Solar d.o.o., Gryps d.o.o.,

Proizvodnja električnih baterij: TAB Mežica d.d., Vesna d.o.o., Iskra Tela d.d.

Storitvena in svetovalna podjetja – inženiring: ApE d.o.o., Kontiki Solar d.o.o., Genera d.d., IBE d.o.o., Enersis d.o.o., Chemitrade d.o.o., Gorenjske elektrarne d.o.o., Savske elektrarne d.o.o., E3 d.o.o., Flycom d.o.o., Pipistrel d.o.o.

Proizvodnja polizdelkov: Cinkarna Celje, Iskra d.d., TDR Metalurgija, Reflex d.o.o.

Proizvodnja tehnološke opreme: LPKF d.o.o., KEKO Oprema d.o.o.

##### Ključni predstavniki inštitucij:

*Univerza v Ljubljani:* Fakulteta za elektrotehniko, Fakulteta za matematiko in fiziko, Fakulteta za strojništvo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, *Univerza v Mariboru:* Fakulteta elektrotehniko računalništvo informatiko, *Univerza v Novi Gorici,* Inštitut Jožef Stefan, kemijski Inštitut, Elektroinštitut Milan Vidmar

## 7. Priložnosti in izzivi

Raziskave in razvoj fotovoltaike je usmerjen v zniževanje stroškov proizvodnje vseh komponent fotonapetostnih sistemov. Glavni delež stroška nosijo PV moduli, ki evolucijsko temeljijo na treh generacijah in so podvrženi k inovacijam na nivoju pridobivanja surovin in tehnologije izdelave sončnih celic in PV modulov. Na nivoju PV sistema se soočamo z

Fotovoltaika 1. generacije:

- Napredne sončne celice (kontakti na spodnji strani, heterospojne sončne celice)
- PV moduli za integracijo v zgradbe
- PV moduli z napredno enkapsulacijo (manjši stroški, večji izplen, primerljiva življenjska doba)

Fotovoltaika 2. generacije

- Napredne tandemske tankoplastne sončne celice
- Tankoplastne sončne celice na upogibljivih substratih
- PV moduli za integracijo v zgradbe, v direktni funkciji streh in fasad

Fotovoltaika 3. generacije

- Elektrokemijske sončne celice s zatrjenim elektrolitom
- Stabilnost organskih sončnih celic
- PV moduli za integracijo v zgradbe

Sistemska fotovoltaika

- Zaščitni elementi: DC ali AC varovalke in prenapetostna zaščita
- Regulatorji maksimalne moči in razsmerniki
- Hranilniki električne energije
- Monitoring, sledilniki in merilniki
- Razvoj programske opreme za načrtovanje in dimenzioniranje

## 8. Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj

1. Razvoj PV modulov za integracijo v zgradbe
2. Razvoj PV modulov z napredno enkapsulacijo
3. Razvoj tehnologij in materialov za sončne celice
4. Razvoj naprednih zaščitnih elementov
5. Razvoj regulatorjev in razsmernikov
6. Razvoj merilnikov in informacijskih tehnologij (IT) ter programske opreme za monitoring

Za stabilen razvoj fotovoltaike kot mlade panoge bi bilo potrebno zagotavljati kontinuirano financiranje ki bi omogočalo doseganje tudi srednjeročnih ciljev. V tej luči Strateška razvojna agenda Evropske tehnološke platforme za fotovoltaiko (2007) opredeljuje kratkoročne, srednjeročne in dolgoročne prioritete. Razpisi bi se morali pripravljati periodično (glede na dolžine projektov, npr. 3 leta). Le na ta način bi lahko zagotavljali kontinuiran razvoj.

## **VETRNA ENERGIJA**

Franko Nemac

Člani: dr. Peter Novak, dr. Jože Rakovec, dr. Sašo Medved, Alan Križaj, Karlo Peršolja

### **1. Splošno**

Vetna energija je v svetu najhitreje razvijajoča se energetska panoga. Konec leta je bilo v EU v obratovanju 65.500 MW vetrnih elektrarn, največ v Nemčiji preko 22.000 MW in Španiji preko 15.000 MW. V okviru držav EU edino Slovenija in Malta nimata še nobene vetrne elektrarne v obratovanju ali izgradnji. V okviru mednarodnega projekta WEP-Wind Energy Potential je bil za Slovenijo ocenjen izkoristljiv energetski potencial v višini 500 MW.

Glavna ovira za izgradnjo vetrnih elektrarn v Sloveniji je nasprotovanje posameznih ekoloških skupin in društev ter določen skepticizem dela prebivalstva glede primernosti umeščanja relativno velikih vetrnic v prostor.

### **2. Pretvorba energije**

Veter je v Sloveniji na novo odkrit energetski vir, predvsem na področju Primorske, kjer je z meritvami potrjena možnost za energetsko izkoriščanje v večjem obsegu. Relief Slovenije pa tudi Primorske je zelo razgiban, ravno tako so zelo različni tudi vremenski pogoji. Energetske meritve se na Primorskih grebenih izvajajo že od leta 1999. Meritve na večini lokacij so pokazale, da na Primorskih grebenih lahko računamo s povprečnimi letnimi hitrostmi vetra okoli 7 m/s, kar pomeni, da elektrarne lahko dosežejo več kot 2.000 ur ekvivalentnega obratovanja na polni moči.

### **3. Oskrba z energijo**

Po sedmih letih priprav in postopkov še vedno nismo prišli do izgradnje ene same vetrnice. Najdlje je Elektro Primorska prišla z vetrno elektrarno 40 MW Volovja reber pri Ilirski Bistrici. Investitor je sicer v letu 2007 pridobil gradbeno dovoljenje, vendar se je na postopek pritožilo Društvo za opazovanje ptic in je zadeva še vedno v postopku. Dejanska možnost izvedbe projekta je tako povsem nejasna.

Postavitev 500 MW vetrnih elektrarn bi pomenila letno proizvodnjo reda velikosti 1.000 GWh, kar je okoli 10% sedanje proizvodnje vseh slovenskih elektrarn.

### **4. Učinkovita raba energije**

Energija vetra je sicer zastoj, proizvodnja električne energije pa seveda ne. Vsi stroški povezani z ekonomičnostjo proizvodnje iz tega vira energije so skriti v opremi, oziroma vračilu kapitala vloženega v opremo. Zato je dosti bolj pomembno, kot sama izgradnja vetrnih

elektrarn v Sloveniji, da slovenska podjetja začnejo z izdelavo visokotehnološke opreme za domači in svetovni trg.

## 5. Podporne tehnologije

Vetrne elektrarne so razpršeni viri energije z razmeroma spremenljivo proizvodnjo električne energije, ki je odvisna od vremenskih razmer. Za ustrezno vključitev teh elektrarn v omrežje je zato zelo pomemben ustrezen razvoj elektroenergetskega omrežja, ki bo omogočal izrabo vse proizvedene električne energije. To pomeni načrtovanje možnost prilagajanja proizvodnje v drugih energetske virih (HE in TE) in prilagajanje tudi tiste porabe električne energije, ki jo je možno spodbuditi z različnimi tarifami. Tak pristop zahteva delo in močnejši razvoj na natančnejšem napovedovanju vremena, še posebej vetrovnih razmer, ki so potrebne za ustrezno tekoče načrtovanje obratovanja (urnega, dnevnega in tedenskega). Razvoj omrežja mora iti v smeri pametnih omrežij (smart grids), ki zahtevajo »on-line« prenos in obdelavo velikega obsega podatkov ter kontinuiran razvoj ustreznih programskih orodij.

Gradnja stolpov je lahko del podpornih tehnologij in se izvaja v obliki polnih okroglih stolpov iz jekla (valjanje debele pločevine), betonskih segmentov za spodnji del visokih stolpov nad 120 m iz prenapetega betona in paličastih stolpov brez omejitve višine in teže gondole.

## 6. Kompetenčnost slovenskih podjetij in inštitucij znanja

Slovenske raziskovalne institucije in podjetja se v preteklosti niso posebej vključevala v proizvodnjo opreme za vetrne elektrarne. Pri raziskavi področja je bilo ugotovljeno, da pa posamezna podjetja že delajo določene dele opreme za tuje proizvajalce.

Podjetje Livar iz Ivančne Gorice dela ohišja in posamezne dele reduktorjev hitrosti za vetrne turbine. Izdelujejo se tudi veliki ležaji.

Podjetje Diotec d.o.o. iz Trbovelj ima v svojem programu razvoj in izdelavo razsmernikov

## 7. Priložnosti in izzivi

Slovenska industrija na področju kovin, celovite proizvodnje strojne in elektro opreme za hidroelektrarne ter sodobnih znanj na področju jadrnic in letal iz plastičnih kompozitnih materialov ima vse možnosti, da bi se kvalitetno vključila v celotno (ali delno) izdelavo opreme za vetrne elektrarne do največjih moči.

Seaway in Pipistrel imata vse potrebne osnove, da bi znanja pri načrtovanju in izdelavi jadrnic in letal uspešno prenesla na področje izdelave lopatic za vetrne elektrarne. Določene priprave za tako proizvodnjo v obeh podjetjih že potekajo, zato bi bilo potrebno njihove aktivnosti močno podpreti.

Litostroj s svojim znanjem, opremo in tehnologijo izgradnje Kaplanovih turbin lahko relativno enostavno osvoji izdelavo celotne kabine vetrne turbine (glavno os, nosilno kapo z mehanizmom za obračanje lopatic vetrnic, ogrodje generatorja, ležaje, mehanizma za pritrditev kabine na steber in obračanje glede na smer vetra itd.). Tudi v okviru Litostroja

potekajo določene aktivnosti za proučitev možnosti in smotrnosti za tako proizvodnjo z enim od švicarskih nosilcev tehnologije.

Glede na dejstvo, da gre razvoj vetrnih elektrarn v smeri večpolnih generatorjev s trajnimi magneti, brez zahtevnega reduktorja vrtljajev postajajo zelo pomemben del vetrnih elektrarn močnostni razsmerniki, ki jih dela podjetje Diotec d.o.o. iz Trbovelj.

Podjetje Etra 33 Energetski transformatorji d.d. Ljubljana lahko dobavlja in dodatno razvije ustrezne transformatorje.

Vrsta Iskrinih in drugih podjetij s področja elektro opreme lahko izdeluje potrebno regulacijsko, nadzorno in zaščitno opremo za vetrne elektrarne.

Na področju projektiranja in izgradnje obstajajo v Sloveniji določena znanja s področja izgradnje velikih daljnovodnih stebrov. Na področju projektiranja ima taka znanja IBE d.d. Ljubljana na področju montaže in izgradnje pa Primorje d.d. Ajdovščina in Elektroservisi d.d. Ljubljana.

Z ozirom na sedanje trende gradnje stolpov bi bilo mogoče ob obali organizirati proizvodnjo betonskih elementov za stolpe velikih vetrnic (visoka tehnologija prenapetega betona) in ali gradnjo kril z veliko razpetino (nad 50 m) zaradi transporta po morju.

Slovenija se lahko vključi v proizvodnjo velikih vetrnic v MW področju, lahko pa prične s proizvodnjo srednjih in malih vetrnic v kW področju, ki so zanimive za podeželje doma in v tujini. V tem primeru smo v stanju osvojiti celotno tehnologijo in serijsko proizvodnjo (krila – Veplas, Velenje, generator Avtoelektrika N. Gorica, elektronska oprema Diotec ali drugi, stolp in ostalo kovinska podjetja).

## **8. Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj**

V komercialni uporabi je četrta generacija vetrnih turbin, v razvoju je peta generacija. Peta generacija pomeni razvoj velikih kompaktnih vetrnih elektrarn z visokimi izkoristki, z dvema turbinama, brez reduktorjev hitrosti, z večpolnimi generatorji s permanentnimi magneti in močnostnimi razsmerniki energije.

Za Slovenijo bi bilo pomembno, da bi se preko mednarodnih partnerjev vključila v tak projekt in preko njega razvila proizvodnjo posameznih komponent in sistemov svetovnega nivoja kvalitete. Posamezne potencialne akterje bi bilo potrebno povezati v celoto preko nekega združenja ali preko enega od zgoraj omenjenih podjetij, ki bi prevzelo tehnologijo izdelave vetrnih turbin kot celoto. ApE ima s področja proizvodnje in izgradnje vetrnih elektrarn ustrezen pregled in znanja, da bi lahko v tej fazi ponudila koordinativno vlogo, kot jo uspešno izvajamo preko ustanovitve in delovanja Tehnološke platforme za fotovoltaike. S potencialnimi partnerji je treba narediti določen plan aktivnosti in potrebnih raziskav, da lahko naredimo ustrezen preboj na tem energetsko perspektivnem področju.

Za razvoj malih vetrnic je potrebno oblikovati ustrezen tim iz zainteresiranih podjetij. Ta del koordinacije je pripravljen prevzeti Inštitut za visoke tehnologije in sisteme, I-VITES, Novo mesto. Sistem malih vetrnic se lahko vključi v sistem PV, saj je faktor istočasnosti majhen in sistema se lahko dopolnjujeta.

V te namene so potrebne le razvojne raziskave.

## **BIOMASA**

prof.dr. Alojz Poredoš

člani: Damjan Mulej, Eletec Mulej, Špan Iztok, Tajfun, dr. Alen Šarlah, KIV Vransko, dr. Janez Krč, Biotehniška fakulteta, prof. dr. Janez Peklenik, SAZU

### **1. Splošno**

Lesna in ostala biomasa (organski odpadki kmetijske, živilske in komunalne dejavnosti) je pomemben vir primarne energije v Sloveniji, povečevanje njenega deleža pa je ena od prioritet energetske in okoljske politike države. Ti obnovljivi viri energije so poleg njihovih ugodnih socialnih in okoljskih učinkov, tudi pomembna nacionalna strateška zaloga energije. Dejstvo je, da moramo tudi pri izrabi biomase poskrbeti za energetske učinkovitost. Prioriteta izrabe biomase mora biti dana s tehničnim potencialom in celotnim vplivom na okolje, kjer upoštevamo direktne in tudi indirektno emisije, ki nastanejo pri njihovem izkoriščanju.

Lesna biomasa je na razpolago skozi celo leto in je dokaj enakomerno razporejena po celi Sloveniji. Delež pokritosti Slovenije z gozdom je blizu 60%, kar je v vrhu evropskih držav. Poleg lesa, ki izvira iz gozda in ga uporabimo v energetske namene pri različnih stopnjah predelave (polena, lesni sekanci, tableti), neposredno, ali kot stranski produkt oz. zaključna faza uporabe izdelkov iz lesa – kurjenje po poteku življenjske dobe - spadajo še slama, energijske rastline (oljna repica), bioplina, poljedelski odpadki (ostanki) in drugo.

Izraba lesne biomase v Sloveniji do sedaj ni bila uspešna. Temeljni problemi izrabe lesne biomase v Sloveniji so: razpršena lastniška struktura; nezadostna motivacija malih lastnikov gozdov za izrabo oz. prodajo lesne biomase; izvoz lesne biomase in logistika.

Lesni potencial v energetske namene je potrebno skrbno določiti na osnovi predvidenega učinkovitega gospodarjenja z gozdovi in predpostavljene prioritete izrabe lesa v tehnološke namene z relativno visoko dodano vrednostjo, in s sekundarno izrabo v energetske namene.

Posebno področje biomase so odpadki. Skladno s slovensko zakonodajo in usmeritvami EU morajo države članice voditi politiko ravnanja z odpadki v smislu; vsak povzročitelj odstrani odpadke na svoje stroške in po možnosti v svoji bližini. Sprejeta politika ravnanja z odpadki v Sloveniji predvideva postavitve regijskih centrov za ravnanje z odpadki, kjer se bodo odpadki zbirali, sortirali in izločali za snovno uporabo, preostanke s preveliko energijsko vsebnostjo (>6000 kJ/kg) oziroma vsebnostjo organskega ogljika >5% pa energijsko izkoristilo. Odvisno od stopnje homogenosti preostalih odpadkov ter njihove kalorične vrednosti ter vsebnosti določenih polutantov (Hg, težke kovine, Cl) pa se lahko uporabljajo kot gorivo za sosežig v obstoječih cementarnah ali pa kot osnovno gorivo v novozgrajenih namenskih objektih za proizvodnjo toplote in električne energije iz predobdelanih odpadkov (toplarnah oz./in termoelektrarnah).

Zakonsko dovoljene emisije v zrak, vodo in tla iz teh objektov povzročajo stopnjo obremenitve okolja, ki so v mejah neškodljivega vpliva na okolje oz. floro in favno.

Področje odpadkov je eno slabše rešenih vprašanj varstva okolja v Sloveniji. Glede na to, da v Sloveniji potrebujemo termično obdelavo sekundarnega goriva oz. odpadkov (Toplarna Celje je premajhna, da bi lahko termično izrabila vse odpadke nastale v Sloveniji, ki jih je prepovedano odlagati na deponijah), je pomen raziskovalne naloge zelo velik za nadaljnji razvoj energetike tudi v tem segmentu. Določeni odpadki se kvalificirajo tudi kot obnovljivi vir energije.

Čeprav je znano dejstvo, da so okoljske tehnologije tiste tehnologije, katerih uporaba je okolju manj škodljiva, pa je potrebno za kakovostno raven energetske izrabe odpadkov, pripraviti tako raziskovalno nalogo. Čeprav so dane smernice za trenutno najboljšo razpoložljivo tehnologijo za koriščenje energije iz odpadkov in katerim je potrebno slediti, pa je možnost trženja znanja, ki bi ga s to raziskovalno nalogo dobili zelo pomembna. Dobili bi dokazljive osnove, preverljive podatke, ki bi jo potem lahko uporabljali tudi v postopkih pridobivanja okoljevarstvenih dovoljenj takih in podobnih energetskih objektov. Mogoče bi lahko vsaj malce omilili NIMBY efekt, ki je vedno prisoten pri takih »projektih«.

## 2. Pretvorba energije

V energetske bilanci Slovenije, kakor tudi drugih držav se pojavljajo največje potrebe po električni energiji, ki je najvišja oblika energije – čista eksergija in toplota. Smotrna kombinacija pri energetske izrabi biomase je ta, da jo najprej uporabimo za proizvodnjo električne energije in nato za ogrevanje, kar pomeni, da moramo za izrabo biomase uporabiti kogeneracijske sisteme, kjer izrabimo toploto na višjem nivoju za proizvodnjo električne energije in preostanke toplote za ogrevanje;

Tehnologije za izvedbo kogeneracije moramo izbrati predvsem glede na vrsto biomase, velikost sistema in lokacijo ter glede na ostale vplivne parametre. Velikost sistema kogeneracije za izrabo lesne biomase se mora prilagajati velikosti in dinamiki odjema v kombinaciji s sistemom daljinskega ogrevanja in/ali hlajenja. Nujna je predinvesticijska študija oz. študija izvedljivosti oskrbe s toploto in električno energijo iz kogeneracije. Ta mora biti osnovana na realnih podatkih o odjemu, predvsem toplote. Za ekonomsko vrednotenje energetskih produktov je potrebno izdelati jasne kriterije in določiti minimalne strokovne standarde izvajalcev študij izvedljivosti.

Možnost povečanja t. i. »load« faktorja se kaže v nadgradnji kogeneracije v trigeneracijski sistem, kjer poleg toplote in električne energije sočasno proizvajamo tudi hladilno energijo. Tako podaljšamo izrabo biomase tudi na poletno obdobje, kadar toploto izrabimo za pogon absorpcijskih hladilnikov, s katerimi oskrbujemo objekte s hladilno energijo. S tem dosežemo poleg bistvenega povečanja števila obratovalnih ur tudi zmanjšanje porabe električne energije za pogon kompresorskih hladilnikov in obenem zmanjšamo toplotno obremenitev okolja z odvečno toploto iz kogeneracije.

Vsekakor moramo slediti in sodelovati pri razvoju biomasnih tehnologij nove generacije, kot je na primer uplinjanje in utekočinjanje lesne biomase.

## 3. Oskrba z energijo

S ciljem zmanjšanja izgub pri transportu električne energije in toplote je potrebno kogeneracijske sisteme približati končnim uporabnikom energij.

Sodobne rešitve energetske oskrbe v svetu so izvedene kot »distributed energy supply« ali »decentralised energy supply«, ki energetske produkte približajo uporabnikom. To ne pomeni mikro proizvodnih (trigeneracijskih) enot, ampak sisteme srednjih velikosti, s katerimi oskrbujemo urbana področja z vsemi energetske proizvodi avtonomno. Toplovodna mreža povezuje vse enote med seboj, prav tako električna mreža, ki je kakor tudi plinska mreža povezana navzven z javnim omrežjem, medtem, ko je oskrba s hladilno energijo izvedena lokalno. Takšen koncept energetske oskrbe nam zagotavlja visoko zanesljivost in prilagodljivost obratovanja z minimalnimi izgubami pri transportu energije. Tovrstni avtonomni energetske sistemi so prilagodljivi spremembam odjemnih količin posameznih vrst energije, hladilno energijo pa lahko pridobivamo z električno ali s toploto gnanimi hladilniki, za kar se lahko odločamo glede na razmerja cen toplote in električne energije.

Glede na razpoložljivost lesne biomase in potencialni možni odjem toplote in hladu, je potrebno poiskati ustrezno lokacijo in prilagoditi zmogljivost sistemov ogrevanja in hlajenja tako, da bo sistem tudi ekonomsko učinkovit.

V primeru, da imamo na izbrani lokaciji že zgrajen sistem daljinskega ogrevanja, se v primeru že izgrajene infrastrukture odločimo za lokalne sisteme daljinskega hlajenja, v primeru novega urbanega področja, pa vgradimo dodatno cevno mrežo za razvod hladu iz centralnega sistema daljinskega hlajenja do porabnikov.

Razvoj in pogostost uporabe sistemov z lokalno pripravo hladu ima večje možnosti kot centralni sistem zaradi nekaterih prednosti. Pri konceptiji energijske oskrbe novih področij pa je potrebno obe od možnosti posebej ovrednotiti in upoštevati možnosti popolne oskrbe z energijo in poiskati optimalni sistem vključujoč tudi kogeneracijo.

#### **4. Učinkovita raba energije**

Veljajo enaka načela kot pri rabi energije iz ostalih virov.

#### **5. Podporne tehnologije**

Glede na rezultate analize problemov izrabe biomase v Sloveniji, je potrebno predvsem razviti podporne tehnologije za uspešno logistično podporo in organizacijo biomasnih virov. Pri sistemih pretvorbe energije na osnovi lesne biomase je potrebno pridobiti biomaso in jo ustrezno predelati v vložek, ki predstavlja vhod v sisteme za proizvodnjo energije. Na vhodni strani sistema so to parcele z živo lesno biomaso, katerih lastniki so vključeni v sistem pridobivanja in od katerih se odkupuje biomasa v raščnem stanju po tržni ceni in glede na energetske potrebe. Na izhodni strani so porabniki, to so geografsko porazdeljeni obrati za procesiranje biomase in proizvodnjo energije, katerim je potrebno dostaviti gorivo v naročeni kvaliteti, količini in času na prag.

Za uspešno organizacijo izrabe lesne biomase bo potrebno: izdelati koncept celotnega sistema kot geografsko distribuiranega kompleksnega adaptivnega sistema; razviti poslovni model odkupa raščene (žive) biomase in odjema energetskega vložka biomase ter postaviti komunikacijski model na osnovi mobilnih in stacionarnih tehnologij (GSM//GPS).

Ostale tehnologije pretvorbe energije biomase so podobne ostalim energetske sistemom, ki jih v Sloveniji že obvladujemo, vendar jih je potrebno ustrezno prilagoditi specifični posameznih virov biomase.

## 6. **Kompetenčnost slovenskih podjetij in inštitucij znanja**

Slovenska podjetja iz področja nekaterih tehnologij (priprava biomase, zgorevanje, distribucija toplote) za izrabo biomase v energetske namene so dovolj kompetenčna za proizvodnjo elementov in gradnjo sistemov. Nekaterih tehnologij, ki so potrebne za proizvodnjo električne energije pa ne kaže posebej samostojno razvijati doma, ampak čim boljše uporabiti v tujini po večini že zelo uspešno razvite produkte ali pa pri njihovem razvoju sodelovati v okviru mednarodnih projektov. Potrebno je vzpostaviti motivacijske mehanizme za večji poudarek odločanju za energetske izrabo biomase.

Znanja za raziskave procesov v izrabi biomase za energetske namene in za razvoj ustreznih sistemov imamo v Sloveniji vsekakor dovolj tako na tehničnih fakultetah, kakor tudi na nekaterih inštitutih. Vsekakor je potrebna ustrezna podpora države v sodelovanju z industrijo preverjenim raziskovalcem in razvojnim skupinam, ki bodo ob ustrezni organiziranosti dvignili izrabo biomase na evropsko primerljivo raven.

## 7. **Priložnosti in izzivi**

- Vstop novih tehnologij SM+DM (sortimentna, drevesna metoda)
  - Višji delež negovanih gozdov (zakasnela redčenja)
  - Združevanje lastnikov gozdov (dvig t.i. socialnega kapitala)
  - Doseganje okoljskih ciljev
  - Doseganje nacionalnih obvez in obvez EU (Kyotski protokol, direktiva 2001/77/EC)
  - Večja neodvisnost podeželskega prebivalstva glede na energijsko oskrbo
1. Vstop novih tehnologij na tržišče
    - Možnost za razvoj domače industrije (proizvajalci strojne opreme)
    - Možnost za nova delovna mesta
    - Možnost za vključevanje v mednarodne projekte
    - Področje za potencialna domača in tuja vlaganja
    - Dvig ekonomske učinkovitosti gospodarstva
    - Manjša uvozna odvisnost

## 8. **Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj**

1. Razvoj strategije učinkovite izrabe potencialov biomase za energetske namene;
2. Nove tehnologije za pripravo biomase in koncept učinkovite oskrbe porabnikov;
3. Razvoj tehnologij nove generacije uplinjanja in utekočinjanja lesne biomase;
4. Optimalna oskrba iz sistemov za proizvodnjo električne energije, toplote in hladu;
5. Prilagoditev obstoječih omrežij za vključevanje lokalne proizvodnje električne energije iz biomasnih virov;
6. Razvoj sistemov daljinskega hlajenja

## **JEDRSKA ENERGIJA**

Martin Novšak

Člani: prof. dr. Borut Mavko, prof. dr. Matjaž Ravnik, doc. dr. Tomaž Žagar, mag. Božidar Krajnc

### **1. Splošno**

Raziskave in razvoj so bile vedno zelo pomembne pri uporabi jedrske energije, v zadnjih dveh desetletjih pa so prinesle nekaj izredno pomembnih rezultatov za nadaljnjo uporabo jedrske energije. Primerno je izpostaviti predvsem tri delovna področja: napredni reaktorji in gorivni cikli, napredni načini obravnave jedrskih odpadkov in jedrska varnost.

Na svetu obstaja 443 delujočih jedrskih elektrarn v 30 državah s skupno inštalirano močjo približno 370 000 MW. Jedrska energija dobavlja približno 16 % vse električne energije na svetu, EU pa proizvede kar 31 % električne energije iz jedrskih virov. JE v EU predstavlja pomemben domač vir energije, ki bistveno zmanjšuje uvozno odvisnost njenih članic. Proizvodnja jedrskih elektrarn v svetu narašča od vsega začetka, kljub malo omejeni izgradnji novih jedrskih elektrarn v tem bližnjem predpreteklem obdobju. Ta trend pripisemo stalnemu izboljšanju faktorjev obratovanja jedrskih elektrarn, prenovam obstoječih jedrskih elektrarn in povečanju nazivnih moči JE. Trenutno je na svetu v izgradnji 35 novih jedrskih elektrarn skupne moči 30 000 MW. Ta številka pa se zaradi napovedanih novogradenj iz dneva v dan spreminja. Reaktorji nove generacije (generacije III) so standardizirani oziroma modularni in na takšen način se olajša licenciranje, zmanjšajo se investicijski stroški in skrajša se čas izgradnje. Načrtovani so za daljšo življenjsko dobo (tipično 60-letno obratovanje).

Proizvodnja električne energije v jedrskih elektrarnah, za razliko od prav vseh drugih proizvodnih možnosti, ne povzroča nobenih emisij toplogrednih plinov in tako nudi velike možnosti za zmanjšanje specifičnih emisij toplogrednih plinov (zmanjšanje razmerja med emitiranimi toplogrednimi plini in proizvedeno električno energijo) in so zato v zadnjem času vedno bolj v središču pozornosti strokovne in tudi laične javnosti, zato marsikje postaja jedrska tehnologija bolj sprejemljiva za javnost. Takšen primer predstavljajo Finska (izgradnja nove EPR Olkiluoto), Francija (izgradnja nove EPR Flamanville se je začela v juniju 2007) in tudi v nekatere države vzhodne Evrope (Češka, Bolgarija, Romunija, Slovaška).

### **2. Trenutno stanje v Sloveniji**

Po sedanji slovenski shemi organizacije in financiranja javnega raziskovanja na širšem področju jedrske energetike in tehnike potekajo raziskave pri ARRS v okviru raziskovalnih programov in projektov ter ciljnih raziskovalnih programov. Raziskave, ki v okviru ciljnih raziskovalnih programov (Mir, Konkurenčnost), delno sofinancirajo pristojna ministrstva ali njihove uprave in agencije. Število in obseg raziskovalnih ali razvojnih projektov, ki jih

neposredno, brez soudeležbe ARRS, financirajo državni organi s pristojnostmi povezanimi z jedrsko tematiko, je bil do sedaj izjemno skromen.

V zadnjih nekaj letih nezanemarljiva raziskovalna sredstva uspešni raziskovalci zajemajo s konkuriranjem in uspešnim sodelovanjem na okvirnih programih Evropske komisije. Tako, da večina naših raziskav, ki potekajo sedaj, istočasno predstavlja del raziskav projektov Evropske komisije v 6. in 7. Okvirnem programu.

Značilno za dosednji način financiranja je, da državni program raziskovanja in znanosti ni posebej določal prednostnih smeri. Naravno usmerjanje, ki ga je podpirala ARRS, je potekalo z vztrajanjem na izpolnjevanju predvsem pri dveh kriterijev. Prednost sta imela visoka mednarodno priznana in dokumentirana znanstvena odličnost (objave v svetovno priznanih znanstvenih revijah in citiranosti) in pomembnost raziskav za gospodarski napredek države. Vzporedno je v okviru programov potekalo tudi izobraževanje mladih raziskovalcev in podoktorsko izpopolnjevanje. Obe zahtevi sta ob sočasnem realnem zmanjševanju sredstev za znanstveno-raziskovalno delo na področju tehnike povzročili ostro konkurenco med predlagatelji raziskovanih projektov. V mnogih primerih je to pripeljalo tudi do negativnih posledic in celo resnih konfliktov. V veliki meri je izjemno strogo izbiro narekovalo vsakoletno zmanjševanje sredstev namenjenih za znanstvene raziskave na širšem področju tehnike.

Kljub svojim značilnostim kot sta npr. v mnogih primerih dolgoročnost in v nekem smislu lokalnost predvsem jedrskih raziskav so nekatere jedrske raziskave in raziskovalci uspeli prodreti in uspeti v samem svetovnem vrh znanstvenega raziskovanja na področju jedrske tehnike, varnosti in energetike.

Za področje jedrske tehnike (energetike) je opazno kritično zmanjševanje števila novih mladih strokovnjakov, strokovnjakov in znanstvenikov. Kljub temu se je slovenskim jedrskim raziskovalcem in znanstvenikom uspelo uvrstiti v sam vrh svetovnih prizadevanj na nekaterih, predvsem z obratovalnega stališča najbolj pomembnih tematikah, ki zadevajo stabilnost in varnost. Popolnoma nepokrit pa ostaja sektor raziskav povezanih z naslednjo generacijo jedrskih elektrarn. Večina naših raziskav, ki potekajo sedaj, istočasno predstavlja del raziskav projektov Evropske komisije v 6. in 7. Okvirnem programu.

Glede na to, da že danes v Sloveniji proizvedemo 40% električne energije v NEK ter da postaja gradnja nove jedrske enote v Sloveniji vse pogostejše omenjena smer bodočega našega energetskega razvoja bi bilo smiselno pričakovati, da bomo jedrski opciji in z njo povezanimi raziskavami in visoko strokovnimi kadri namenili bistveno večjo pozornost, kot jim jo namenjamo danes.

Današnji svetovni trendi nakazujejo, da bi morali kot država z jedrsko tehnologijo sodelovati pri raziskavah, ki v ožjem energetskega smislu obravnavajo:

- Povečevanje moči in doseganje večjih izkoristkov,
- Izboljševanje jedrske varnosti in fizičnega varovanja,
- Podaljševanje življenjske dobe, obratovalnih ciklov in nova goriva,
- Vplive na okolje in preprečevanje težkih nesreč,
- Odlaganje, shranjevanje radioaktivnih odpadkov in razgradnjo.

S stališča reševanja dolgoročnejših energetskih vprašanj bi bilo potrebno vključevanje ali intenziviranje vključevanja tudi v raziskovalne programe in projekte, ki že potekajo na področju:

- Naprednih fisijskih energetskih reaktorjev,
- Četrte generacije fisijskih energetskih naprav,
- Fuzije.

Na splošno bi bilo primerno, da kot članica EU, tudi dejansko, ne le verbalno, prilagodimo teme in vsebino naših raziskav tovrstnim evropskim usmeritvam, ko jih npr, nakazuje že 6. Okvirni program s temama: »Sustainable Energy Systems« in »Euratom«. Povsem neperspektivne so raziskovalni projekti in raziskovalne skupine, ki ne sodelujejo bodisi v mednarodnih, evropskih ali bilateralnih raziskovalnih projektih.

Čim prej bo potrebno doseči boljše stike in intenzivnejši strokovni dialog med državnimi strokovnimi službami in raziskovalnimi ustanovami, univerzami in instituti, da ne omenjam energetskih podjetij, ki se ukvarjajo z jedrsko stroko. Le na ta način bodo lahko nastajale kvalitetne strokovne osnove za optimalno nadaljnje odločanje .

V Sloveniji imamo tri jedrske objekte: NE Krško, raziskovalni reaktor TRIGA na Institutu »Jožef Stefan« in Centralno skladišče radioaktivnih odpadkov, ki ga upravlja Agencija za radioaktivne odpadke. V skladu z Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti in sprejetimi mednarodnimi konvencijami in prakso je za varno obratovanje posameznega jedrskega objekta odgovoren neposredno upravljavec. Država mora zagotoviti splošne razmere za varno obratovanje vseh jedrskih objektov, kot so nadzor, ki ga opravljajo državni organi (Uprava RS za jedrsko varnost), in možnosti strokovne presoje o strokovnih vprašanjih o jedrski varnosti, ki jih zagotavljajo neodvisni pooblaščen izvedenci (organizacije). V širšem smislu je država odgovorna tudi za vzdrževanje in razvijanje splošne ravni stroke na področju jedrske varnosti ter načrtovanje uporabe jedrske energije, kamor spadata predvsem raziskovalno delo in izobraževanje na akademski ravni.

Širša jedrska stroka v zadnjih 20 letih kadrovsko in materialno nazaduje. To je posledica politike iz konca osemdesetih let, ki se je nadaljevala tudi po osamosvojitvi Slovenije in katere bistvo je bilo ukinjanje uporabe jedrske energije ter posledično dejavnosti, ki jo podpirajo in spremljajo. Jedrska energija zato že več kot 20 let nima širše systemske podpore ter usklajenega programa in ciljev na ravni države. Posamezni vidiki jedrske energije so bili razdeljeni Ministrstvu za okolje in prostor in energijo, Ministrstvu za šolstvo, znanost in šport, in Ministrstvu za gospodarstvo. Položaj jedrske energetike je bil še v prejšnjem mandatu poseben, saj je bilo Ministrstvo za okolje, prostor in energijo odgovorno hkrati za ekonomski del (energetika) in pravni nadzor nad uporabo jedrske energije (Uprava RS za jedrsko varnost). Strateških načrtov o razvoju jedrske stroke in podpornih dejavnosti uporabi jedrske energije ni. Razvoj jedrske stroke je zato prepuščen posameznim organom in ustanovam, ki so ga prilagodile svojim okoliščinam in interesom. Posledica je odliv strokovnjakov in preusmeritve programov. Zato se je v preteklosti pojavila velika generacijska vrzel.

Resolucija o nacionalnih razvojnih projektih iz leta 2006 omenja izgradnjo druge enote jedrske elektrarne Krško, kot eno izmed možnosti za zagotavljanje trajnostne oskrbe države z električno energijo.

### 3. Podporne tehnologije

Podporne dejavnosti oziroma tehnologije za dolgoročno zagotavljanje in razvoj znanosti in tehnologije na področju jedrske energije v Sloveniji lahko razdelimo na tri ravni:

1. Izobraževalno-razvojna raven (neposredno izobraževanje na dodiplomski in podiplomski ravni in zagotavljanje vrhunskih strokovnjakov z raziskovalno-razvojnimi deli),
2. pooblaščenosti (pooblaščenosti organizacij),
3. tehnično-strokovne podporne dejavnosti (zagotavljanje konkretnih podpornih dejavnosti – projektiranje, servisiranje, vzdrževanje itd.).

Na prvo raven lahko država neposredno vpliva s spodbujanjem in usmerjanjem univerzitetnih in raziskovalnih programov. V zadnjih 20 letih tega vpliva države v pozitivnem smislu ni bilo čutiti.

Država lahko le delno vpliva na dolgoročno zagotavljanje strokovne podpore in razvoj jedrske stroke pooblaščenih organizacij. Večina je namreč zasebnih podjetij, ki se ravna po tržnih zakonitostih. Država lahko vpliva le na tiste pooblaščenosti organizacije, ki jih je sama ustanovila (javni zavodi) s spodbujanjem in usmerjanjem njihovih programov ter zahtev, ki jih postavi kot pogoj za pooblaščenost. Tudi v tem smislu vpliva države do zdaj ni bilo čutiti. Tretja raven je v interesu države, vendar nanjo lahko vpliva le posredno in v majhni meri, ker so praktično vsa podjetja, ki opravljajo te dejavnosti, zasebna in komercialna. Zaradi tega lahko v primerjavi s prvima dvema država vpliva na razvoj tega dela samo z ekonomsko spodbudnimi ukrepi, kot je npr. spodbujanje ustanavljanja novih podjetij. Država se v to ni dejavno vključevala, zato so se ohranile in razvile predvsem specializirane podporne dejavnosti glede na konkretne potrebe NE Krško.

Poglavje "Izobraževanje in razvoj" je sestavljeno iz naslednjih podpoglavij:

- **Strokovnjaki** – namen podpornih dejavnosti na tej ravni je usposabljanje strokovnjakov na dodiplomski in podiplomski ravni, prenos, vzdrževanje in ustvarjanje znanja na najvišji ravni, mednarodno sodelovanje. Uporabniki teh dejavnosti so vsi subjekti na jedrskem področju (NE Krško, ARAO, Institut "Jožef Stefan").
- **Infrastruktura** – potrebno je zagotoviti tudi materialno infrastrukturo za določen razvoj jedrske stroke. Pri tem ima poseben pomen raziskovalni reaktor TRIGA na Institutu "Jožef Stefan", na katerem so se doslej izobraževali praktično vsi strokovnjaki, ki delajo pri nas na jedrskem področju.

Poglavje "Pooblaščenosti izvedenci (pooblaščenosti organizacije in posamezniki)" je sestavljeno iz:

- **Pooblaščenosti organizacije (pravne osebe)** – država mora poskrbeti, da se zagotovijo vse potrebne dejavnosti pooblaščenosti organizacij. Vlogo, usposobljenost in pristojnosti pooblaščenosti organizacij opredeljuje zakon in pravilniki. Potrebno pa je ločiti med javnimi in zasebnimi organizacijami, kjer država ne sme dajati prednosti izbranim zasebnim podjetjem.
- **Pooblaščenosti posamezniki (fizične osebe)** – država za različna neprofesionalna delovna telesa (Strokovni svet za sevalno in jedrsko varnost, komisija za preverjanje operaterjev itd.) potrebuje določeno število neodvisnih strokovnjakov posameznikov. Pridobivanje teh strokovnjakov je običajno oteženo zaradi interesov organizacij, v

katerih so zaposleni. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti omogoča pridobitev statusa pooblaščenega izvedenca tudi fizični osebi.

**"Tehnično – strokovne podporne dejavnosti"** – so za delovanje jedrskih objektov izredno pomembne. Ker so prepuščene tržnim razmeram, lahko država nanje vpliva samo posredno, predvsem z zagotavljanjem ugodnih razmer za ustanavljanje in delovanje tovrstnih podjetij. Tukaj lahko igra Gospodarska zbornica pomembno vlogo.

#### 4. Priložnosti in izzivi

Jedrska energija zaradi svoje specifične vloge kot pasovni proizvajalec čiste in okolju prijazne električne energije, ki pri proizvodnji ne proizvaja toplogrednih plinov ponuja osebne priložnosti in izzive za konkurenčne prednosti domačega gospodarstva in razvoj družbe v Sloveniji.

Jedrska elektrarna Krško je danes drugi najcenejši proizvajalec električne energije v Sloveniji. Zaradi svoje specifične proizvodnje se stroškovna cena električne energije iz JE oblikuje po drugačni dinamiki kot cene ostalih pasovnih proizvajalcev, ki temeljijo na fosilnih gorivih. Cena električne energije iz JE ni obremenjena s ceno CO<sub>2</sub> kuponov, cena urana ne sledi dinamiki cen fosilnih goriv, poleg tega pa cena goriva v stroškovni ceni proizvedene električne energije predstavlja samo nekaj odstotkov. Zaradi vseh teh faktorjev tudi ni pričakovati hitrega povečanja stroškovne cene električne energije iz JE. Zaradi stabilne stroškovne cene jedrska elektrarna Krško pomembno vpliva na stabilizacijo cene električne energije v Sloveniji in tako pomembno vpliv na konkurenčno sposobnost domačega gospodarstva.

Delovanje NEK Jedrske elektrarne Krško vpliva preko reprodukcijskega povpraševanja na dejavnost slovenskega gospodarstva in posameznih sektorjev. Vpliv traja ves čas polnega delovanja NEK, in omogoča za 61 milijonov evrov (0.2%) letno večji bruto domači produkt na slovenskem. Učinek na bruto domači proizvod se lahko z izgradnjo nove enote jedrske elektrarne preko reprodukcijskega povpraševanja še povečal. Skupni učinek NEK in novega bloka jedrske elektrarne Krško lahko prinese preko 210 milijonov (0.7%) letno večji bruto domači produkt v Republiki Sloveniji.

Delovanje Krško 2 bo bistveno povečalo ponudbo električne energije na slovenskem trgu. Slovenski trg električne energije je postal del širšega relevantnega trga, zato večjega znižanja cen elektrike ni pričakovati. Kljub temu pa že tudi manjša znižanja pomembno vplivajo na konkurenčne prednosti domačega gospodarstva. V primeru samo 1% znižanja cen električne energije se slovenska inflacija takoj zniža za približno 0.1%. V tem primeru je največji učinek zaznati kot upad stroškov in povečanje konkurenčnosti v sektorjih oskrbe z električno energijo, plinom in vodo, v rudarstvu in industriji nekovin, v kovinski ter lesni industriji. Med storitvenimi dejavnostmi pa je ta izrazito najmočnejši prav v turizmu. V primeru upada cen električne energije od današnje tržne cene pasovne energije 75 €/MWh na konkurenčno ceno, ki jo zagotavljajo jedrske elektrarne, ki znaša manj kot 40 €/MWh, pa se slovenska inflacija takoj zniža za 2.3 odstotne točke.

Poudariti je treba tudi socio-ekonomske učinke, ki izhajajo iz delovanja večjih odjemalcev električne energije in njihov pomen za regijo v kateri delujejo, saj prispevajo k dodani vrednosti, zaposlenosti, k investicijskemu potencialu, regionalnemu razvoju, zmanjševanju regionalnih disparitet in drugim socio-ekonomskim kazalnikom razvitosti regije in države. Konkurenčna prednost, ki jo v Sloveniji zagotavlja proizvodnja pasovne energije po konkurenčnih cenah zagotavlja samo v kovinsko predelovalni industriji več kot 16 tisoč delovnih mest, več kot 7000 v trgovini in nekaj manj kot 1000 v prometu.

### ***Časovni okvir***

#### **Jedska elektrarna Krško**

V skladu s tehnološko življensko dobo in resolucijo o nacionalnem energetskega programu bo JE Krško predvidoma obratovala do leta 2023. Izkušnje s podobnimi jedrskimi elektrarnami v svetu kažejo, da je mogoče podaljšati življensko dobo še za vsaj 20 let. Po končanem komercialnem obratovanju je predvideno zaprtje in razgradnja JE Krško. Razgradnja je odvisna od odvoza izrabljenega goriva in s tem gradnje odlagališča visokoradioaktivnih odpadkov ali izvoz goriva v drugo državo (npr. v regionalno odlagališče). Ob upoštevanju realne možnosti podaljšane obratovanja JE Krško lahko pričakujemo, da razgradnja ne bo končana pred letom 2070.

#### **Jedska elektrarna Krško 2**

Povečanje porabe električne energije zahteva potrebo po zagotovitvi dodatnih virov. Interes vsake države je, da izrabi najprej ugodne domače vire in s tem omeji odvisnost od uvoza. Trenutno se vsa potrebna energija zaradi povečane porabe uvaža, zato odvisnost od uvoza raste. Slovenija potrebuje že danes vsaj 400 MW v pasu za pokrivanje svojih potreb. V naslednjih letih pa bo zaradi dotrajanosti obstoječih objektov potrebovala še dodatnih 500 MW. Jedrske elektrarne so čisti proizvajalci pasovne energije in to energijo je najlažje pokriti s projektom JE Krško 2, saj ob obstoječi JE ne pomeni premosorazmernega povečanja stroškov. Tehnologija bi bila tipa PWR, začetek gradnje okoli leta 2013.

## **5. Priporočila za aplikativne raziskave in razvoj potrebne za konkurenčni preboj slovenskega gospodarstva na področju jedrske energetike**

Za oskrbo Slovenije z električno energijo je potrebno upoštevati vse vire, ki izpolnjujejo kriterije zahtev elektroenergetskega sistema, varnosti in zanesljivosti oskrbe, ekonomičnosti, zmanjševanja emisij toplogrednih plinov in trajnostnega razvoja. V skladu s temi kriteriji je že predvideno podaljšanje življenjske dobe obstoječe NEK. Vlada republike Slovenije pa je med ključne nacionalne razvojne projekte za obdobje 2007-2023 na področju energetike uvrstila tudi izgradnjo 2. bloka jedrske elektrarne Krško.

Da pa bi tudi v bodoče dosegali dobre rezultate na področju izkoriščanja jedrske energije je potrebno zaradi njenega vzdrževanja in predvidenega širjenja povečati in razširiti tudi obseg raziskovalnih in razvojnih projektov. Na osnovi dosedanjih pozitivnih izkušenj, se je jedrska industrija uskladila in pripravila načrt za nadaljevanje jedrskih raziskav in razvoja. V nadaljevanju je podanih 14 raziskovalnih tem, ki so po mnenju uporabnikov jedrskih raziskav v Sloveniji (NEK, GEN, URSJV, ARAO) nujne.

Zaradi zanemarjenja tega področja v preteklosti se v njem pojavlja še večji problem "bega možganov", kot na drugih področjih v Sloveniji. Zato problem tega področja ni samo toliko v pomanjkanju raziskav, kot tudi v pomanjkanju raziskovalnega kadra. Z ustanovitvijo novega težišča, bi dodatno poudarili pomen tega področja za Slovenijo in tako mladim raziskovalcem "zagotovili" večjo stalnost področja, večjo stalnost zaposlitve v Sloveniji in s tem zmanjšali pobeg v tujino.

### **Predlagane raziskovalne teme s strani uporabnikov jedrskih raziskav v Sloveniji:**

#### Celovit vpliv jedrske energetike na Slovensko gospodarstvo in elektroenergetsko omrežje

Pregledati različne vidike uporabe jedrske energije na konkurenčnost in uspešnost slovenskega gospodarstva. Analizirati ekonomske vidike investicij na področju jedrske energetike, vpliv na obremenjenost prenosnega omrežja, vpliv na stabilnost omrežja in zanesljivost oskrbe. Ovrednotiti pomen jedrske energetike za zagotavljanje uvozne neodvisnosti in stabilnosti preskrbe z električno energijo. Analizirati predpogoje za umeščanje jedrskih elektrarn v manjše elektroenergetske sisteme, analiza optimizacije obratovanja jedrskih elektrarn. Oceniti možnosti ekonomična in ekološka izraba domačih jedrskih virov energije.

#### Razvoj in izboljšave energetskih jedrskih reaktorjev

Analizirati stanje na mednarodnem trgu novih tipov energetskih reaktorjev. Pregledati napredek in razvoj novih tipov energetskih reaktorjev III. generacije (napredni lahko-vodni reaktorji). Spremljati in sodelovati pri razvoju IV. generacije energetskih jedrskih reaktorjev, ki so vključeni v iniciativo GEN IV. Pri tem se je potrebno osredotočiti na študije boljše ekonomije, večjih termičnih izkoristkov, večji varnosti reaktorjev, boljšemu izkoriščanju jedrskega goriva v novih reaktorjih. Pomemben del študij GEN IV iniciative je tudi vključevanje novih energetskih reaktorjev v zaprte gorivne cikle. Povezati napredek pri raziskavah iz področja nadzorovane jedrske fuzije z raziskavami energetskih reaktorjev V. generacije.

#### Raziskave na področju zaprtega gorivnega cikla

Opredeliti moderne oblike zaprtih jedrskih gorivnih ciklov. Analizirati optimizacijo izrabe jedrskega goriva (Th, U-238, Pu, ostali aktinidi) skladno z zahtevami sporazuma o neširjenju jedrskega orožja – NPT. Analizirati energetske učinke, ekonomske učinke in vpliv zaprtega gorivnega cikla na kapaciteto trajnega odlagališča IJG. Ovrednotiti potrebne tehnološke raziskave na področju zaprtega gorivnega cikla (separacija, predelava, transport).

#### Stroškovno, okoljsko in mednarodnopravno optimalno obvladovanje problematike radioaktivnih odpadkov (NSRAO) in izrabljenega jedrskega goriva (IJG) v državah z majhnimi nuklearnimi programi

Okoljsko primerne in cenovno ugodne rešitve skladiščenja in odlaganja nizko in srednje radioaktivnih odpadkov ter izrabljenega jedrskega goriva ob upoštevanju sedanjega stanja slovenskega jedrskega programa in njegovega potencialnega dolgoročnega razvoja

#### Varnostna vprašanja tehnologij jedrskih in sevalnih objektov

Zagotoviti potrebna znanja za spremljanje in ovrednotenje področij nadzora in obvladovanja staranja objektov, podaljševanja življenjske dobe jedrskih objektov, zanesljivosti digitalnih regulacijskih sistemov v jedrskih objektih, vpliva človeškega faktorja pri vodenju kompleksnih sistemov, za varnost pomembnih fizikalnih procesov v jedrskih

objektih (reaktorska fizika, termohidravlika, materiali, korozija, erozija, trdnostni problemi ipd.), metod zagotavljanja zanesljivosti in varnosti jedrskih objektov (verjetnostne varnostne analize (PSA) in deterministične varnostne analize) in novih jedrskih tehnologij.

#### Varno odlaganje radioaktivnih odpadkov in izrabljenega goriva.

Priprava metod za analizo primernost naravnih struktur za preprečevanje širjenja radionuklidov, zagotavljanje varnosti in trajnosti inženirskih pregrad in tehnologije predelave in odlaganja radioaktivnih odpadkov.

#### Nadzor radioaktivnosti v življenjskem okolju

Priprava metod za analizo razširjanje radioaktivne kontaminacije v specifičnih okoljih, optimizacijo dekontaminacijskih metod, strategijo ravnanja v primeru izrednega dogodka z radioaktivno kontaminacijo okolja, ovrednotenje notranjih in zunanjih doz in organizacijo pomoči obsevanim osebam in razvoj sistema radiološke zaščite, ki na državni ravni povezuje delovanje pristojnih služb.

#### Jedrski objekti in družbena sprejemljivost

Izdelava postopkov vključevanja lokalne javnosti s ciljem povečanja sprejemljivosti jedrskih objektov in jedrske energije v lokalnem in širšem družbenem okolju.

#### Učinkovitost in vplivi investicij na regionalni in prostorski razvoj

Analiza stanja in teženj investicijskih aktivnost. Izdelava priporočil in rešitve za spremljanje in vrednotenje investicij za potrebe regionalne strukturne politike.

#### Spremljanje in presoja prostorskih vplivov sektorskih politik

Dopolnitev orodja za presojo usklajenosti sektorskih politik. Vzpostavitev modela oz. metode presoje prostorskih vplivov ter razvoj prakse medsektorskega usklajevanja ki bo uporabna za presojanje politik, programov in projektov z vidika njihovih učinkov na prostor in razvoj države. Aplikacija na primeru usklajevanja oz. priprave strateških izhodišč Slovenije za doseganje razvojnih ciljev v prostoru, ob upoštevanju kompetenc posameznih resorjev in na osnovi že vzpostavljene prakse. Opredelitev metode in vsebin presoje prostorskih učinkov velikih projektov, kadar je to nujna faza v procesu oblikovanja strateških izhodišč

#### Varnostna vprašanja staranja jedrskih objektov

S stališča staranja preučiti razvoj varnostnih standardov in zahtev, metode zagotavljanja zanesljivosti in varnosti jedrskih objektov. Opisati in klasificirati fizikalne procese v jedrskih objektih, pomembni za staranje. Ovrednotiti zanesljivost digitalnih regulacijskih sistemov in človeški faktor pri vodenju kompleksnih sistemov.

#### Vzpostavitev pogojev za učinkovito in celostno izobraževanje iz področja jedrske energetike

Pripraviti strokovne podloge za komuniciranje osnovnih pojmov in dejstev iz področja jedrske energetike širši in tudi strokovni javnosti. Uvajanje novih programov na srednjem, visoko strokovnem in univerzitetnem nivoju.

## **PLIN**

prof.dr. Stojan Petelin

člani: Dr. Fouad Al-Mansour, Inštitut Jožef Stefan, Niko Martinec, EZS, Marjan Eberlinc, Geoplin plinovodi, Uroš Prosen, TGE, Podružnica Ljubljana, Zorko A. Cerkvenc, Istrabenz Plini, Rinaldo Glavina, Instalacija

### **1. Splošno**

Slovenija je praktično v celoti odvisna od uvoza zemeljskega plina. Po drugi strani pa si Slovenija ne more zagotoviti oskrbe samostojno, če ni vpeta v mednarodno ureditev. Načelo subsidiarnosti narekuje vsem članicam, da ukrepajo samostojno in koordinirano. Na vidiku so številni projekt izvedbe plinskih sistemov. Vsaj nekateri se bodo uresničili s potrebo podpore znanstveno raziskovalne sfere.

Področje Plina je zaradi lažjega razumevanja potrebno deliti na podpoglavja:

- A. Omrežja zemeljskega plina (OZP)
- B. Shranjevanje zemeljskega plina (SZP)
- C. Utekočinjeni zemeljski plin (UZP)
- D. Utekočinjeni naftni plin (UNP)

Tako bo pri vsaki točki obravnavana relevantna podpoglavja.

#### **Utekočinjeni zemeljski plin (UZP)**

V bližnji prihodnosti je pričakovati porast porabe in uporabe plinov kot goriva ali kot snovi, ki sodelujejo v različnih procesnih proizvodnjah. Kot eden izmed ključnih plinskih energentov bo zemeljski plin. Zanesljiv dostop do virov zemeljskega plina je strateški cilj vsake države, še posebej pa tiste, ki tega energenta sama nima. Povečevanje deleža zemeljskega plina v energetiki in transportu že danes dosega raven porabe, ko ga v primeru pomanjkanja ne bo možno več enostavno nadomeščati z drugimi viri. Za zmanjšanje teh tveganj je ključni ukrep diverzifikacija virov.

Slovenija danes pridobiva plin iz Rusije (preko Avstrije) in Alžirije (preko Italije). S svojo lego je na koncu transportnih poti, kar je strateško gledano neugodna lega, ker se vsi učinki na transportni poti pokažejo tudi v oskrbi slovenskih potrošnikov.

Alternativni možni vir dobave zemeljskega plina, ki je v svetu poznan že nekaj desetletij je utekočinjen (ukapljen) zemeljski plin, ki se do vstopnih točk v prenosne plinovode pripelje s posebnimi ladjami, plinskimi tankerji za UZP. Na sprejemnih lokacijah so postavljeni sprejemni terminali utekočinjenega zemeljskega plina, ki so običajno v območju pristanišč.

#### **Utekočinjeni naftni plin (UNP)**

Poraba in razvoj UNP-ja v Sloveniji na visokem Evropskem povprečju in so taka tudi ostala zaradi naše naseljenosti (majhni centri) in hribovitega terena. UNP avto plin pa bo s svojimi ekološkimi in ekonomskimi prednostmi naraščal v porabi tudi v SLO.

## 2. Pretvorba energije

### Utekočinjeni zemeljski plin (UZP)

Utekočinjen zemeljski plin se v sprejemne terminale dobavlja utekočinjen (kapljevito agregatno stanje) pri temperaturi  $-163^{\circ}\text{C}$  in majhnem nadtlaku 50 do 100 mbar. Ker je plin v tej obliki neuporaben, ga je potrebno za transport po plinovodnem omrežju upliniti, za kar je potrebna določena količina toplote (uparjalna toplota). Možnih je več načinov dovoda toplote za uparjanje. Najekonomičnejši je uporaba toplote morske vode, ki pa zaradi ekoloških dejavnikov ni povsod sprejemljiv. V zadnjem času so se pričele pojavljati izvedbe s plinsko-parnimi elektrarnami, ki poleg tega da za proizvodnjo elektrike uporabljajo zemeljski plin iz terminala, s svojo odpadno toploto dimnih plinov v procesu uplinjanja pretvarjajo utekočinjen zemeljski plin (UZP) v zemeljski plin (ZP). Na ta način se izkoristek uporabe goriva v plinsko-parni elektrarni (zemeljskega plina) na takih postrojenjih zelo poveča in dosega energetske izkoristke nekaj blizu 90 %.

### Utekočinjeni naftni plin (UNP)

UNP se iz utekočinjenega stanja pretvarja brez dodatne energije pri manjših uporabnikih, pri večjih pa uporabljamo razmeroma malo električne ali toplotne energije (izparilci).

## 3. Oskrba z energijo

### Utekočinjeni zemeljski plin (UZP)

Sprejemni terminal UZP pomeni glede oskrbe z energijo vsaj sledeče :

- dostop do dobaviteljev zemeljskega plina na globalnem trgu in vstopno točko v prenosno plinovodno omrežje na slovenski oz. regionalni ravni,
- na lokalni in nacionalni ravni izboljša oskrbo z električno energijo, kar je koristno predvsem tam, kjer je tovrstna oskrba deficitarna,
- v lokalnem območju lahko kot del komunalne infrastrukture obratuje kot centralna točka sistemov daljinskega hlajenja in ogrevanja (posebnost je sistem dalj. hlajenja).

V svojih skladiščih UZP, z rezervoarji povprečne velikosti  $150.000\text{ m}^3$ , lahko terminal skladišči količine, s katerimi izravnava različna sezonska nihanja porabe v prenosnem omrežju. S povečano frekvenco plinskih tankerjev se fleksibilnost oskrbe lahko še poveča. Vloga skladiščenja UZP je komercialno zelo zanimiva, s stališča obratovanja prenosnega plinovodnega sistema pa zelo pomembna.

### Utekočinjeni naftni plin (UNP)

- Dopolniti z oskrbo z zemeljskim plinom po plinovodnem omrežju
- Dopolniti z oskrbo z UNP-jem

#### 4. Učinkovita raba energije

##### **Utekočinjeni zemeljski plin (UZP)**

Raba zemeljskega plina se bo v naslednjih letih bistveno povečala, kar nakazuje predvsem trend gradnje plinskih elektrarn po svetu. Podobne napovedi so predvidene tudi za Slovenijo, kjer je v sektorju energetike predvideno štirikratno povečanje porabe zemeljskega plina glede na sedanje stanje (Ref.: UL 57/2004, ReNEP).

Podobno je na področju električne energije, kjer je Slovenija danes neto uvoznik elektrike in je v dobri četrtini skupne porabe v celoti uvozno odvisna. Z razvojnega stališča so sprejemni terminali UZP zanimivi predvsem zaradi velikih zalog oz. količin hlada, ki je dejansko na lokacijo pripeljan z ladjami (od zunaj). Glede na to, da je hlad draga energija, in da na teh lokacijah obstaja v zelo nizkem temperaturnem območju, to omogoča razvoj poslovnih dejavnosti, industrije in tudi razvojnih oz. raziskovalnih dejavnosti na vseh področjih, ki zahtevajo tehnologijo nizkih temperatur. V svetu danes te tehnologije predstavljajo eno od vrhunskih tehnoloških znanj in se vanje zelo veliko vlaga.

#### 5. Kompetenčnost slovenskih podjetij in inštitucij znanja

##### **Utekočinjeni zemeljski plin (UZP)**

Na področju utekočinjenega zemeljskega plina, kot na splošno v področju nizkih temperatur, Slovenija danes nima veliko znanja. V primeru postavitve sprejemnega terminala za UZP v Kopru ali kje drugje, bi slovenska podjetja in razvojne inštitucije dobile priložnost za povezavo z vodilnimi podjetji, ki v svetu tovrsten razvoj opravljajo in tudi lastno možnost za postavitvev oz. okrepitev tovrstne razvojne in raziskovalne baze.

Na področju uporabe zemeljskega plina kot energenta, je v Sloveniji že dovolj znanja. Z razvojem in predvsem vzpodbujanje večje rabe zemeljskega plina v transportu, bi lahko relativno hitro razvili različni izdelki in storitve, komercialno dostopni tudi za trg.

##### **Utekočinjeni naftni plin (UNP)**

Dopolniti z UNP avto plinom, ki ga moramo pospešiti zaradi ekoloških in ekonomskih prednosti, saj imamo vso potrebno infrastrukturo in smo »sramotno« zadaj po porabi v Evropi.

#### 6. Priložnosti in izzivi

##### **Utekočinjeni zemeljski plin (UZP)**

S postavitvijo Sprejemnega terminala UZP na slovenski Obali se Sloveniji odprejo nove možnosti na področjih upravljanja sistemov za dobavo zemeljskega plina na nivoju širše regije, v Primorski regiji se celovito reši oskrba z električno energijo, v lokalnem okolju pa se lahko postavi sistem daljinskega ogrevanja in/ali hlajenja.

Energetska raznovrstnost na isti lokaciji, ki je praktično unikatna tudi v svetovnem merilu (zemeljski plin, hlad, toplota in električna energija) seveda odpirajo razvoj tudi drugih

dejavnosti na način, da se že obstoječe razširijo ali razvijejo povsem nove. Primer je lahko razvoj nizkotemperaturnih hladilniških logističnih zmogljivosti pristanišča v Kopru.

Kot popolnoma nova razvojna priložnost pa se postavlja razvoj tehnologij nizkih temperatur, ki je lahko za kemijsko procesno industrijo, ali pa za tehnologije povezane z utekočinjenimi plini. Pri tem je tudi možno pridobivanje dušika in kisika, ki se ju ločuje iz zraka pri zelo nizkih temperaturah.

Možnost prevoza pitne vode s tankerji za različna goriva (plinsko olje, bencini, plini itd.)

Projekt izgradnje sprejemnega plinskega terminala vzporedno ponuja možnost, da se CO<sub>2</sub>, ki ga emitirajo slovenske termoelektrarne, zajame in izvozi na lokacije po svetu, ki so primerne za trajno skladiščenje CO<sub>2</sub> v globljih zemeljskih plasteh. Na tak način bi prispevali k zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub> v Sloveniji.

V tem procesu bi lahko za utekočinjanje (ohlajanje) CO<sub>2</sub> izkoristili negativno hladilno energijo, ki bi bila na lokaciji sprejemnega plinskega terminala ob morju v bližini skladišča UZP ali nekoliko bolj v notranjosti. Da bi zajeti CO<sub>2</sub> lahko pripeljali iz slovenskih termoeenergetskih objektov do Kopra, bi bilo potrebno zgraditi cevovod za transport plinastega CO<sub>2</sub> – to je tako imenovani ogljikovod.

Ob sedaj znanih kapacitetah bi lahko v začetni fazi utekočinili in izvozili 2 milijona ton CO<sub>2</sub> letno. Ob polnem delovanju pa okoli 3,5 milijona ton CO<sub>2</sub> letno. Te količine so trenutno okvirne in bi se jih dalo v primeru natančnejšega načrtovanja tudi povečati. Trasa ogljikovoda Šoštanj – Koper bi potekala mimo ali zelo blizu Trbovelj in Ljubljane, kar daje možnost povezave na ta ogljikovod tudi TE Trbovlje in TE-TO Ljubljana. S tem bi največji trije emitenti CO<sub>2</sub> v Sloveniji, ki skupno emitirajo skoraj 70 % vseh slovenskih emisij CO<sub>2</sub>, sistemsko in dolgoročno rešili problem toplogrednih izpustov. Gospodarno zajemanje CO<sub>2</sub> odpira realno možnost, da postane Slovenija družba z majhnimi izpusti CO<sub>2</sub>.

### **Utekočinjeni naftni plin (UNP)**

V Istrabenz plinih načrtujemo manjši UNP skladiščni terminal v Kopru, saj smo skupaj z LUKO Koper že izdelali idejno zasnovo in predvideli potrebno zemljišče za preselitev iz sedanjih prostorov na novo lokacijo.

## **7. Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj**

### **Utekočinjeni zemeljski plin (UZP)**

- razvoj CCS tehnologij (utekočinjanje, transport)
- raziskave in razvoj različnih komplementarnih nizkotemperaturnih procesov primernih za obalno področje
- pridobivanje kisika, dušika, vodika ...

ter

- Optimalno upravljanje plinovodnega sistema (termohidravlične analize, materiali, varnost in tveganje, brezogljicne tehnologije, logistika transporta, distribucije in skladiščenja, ekonomske analize, zamenjava drugih energentov s plinom, tehnologije nizkih temperatur, uporaba bioplina v sistemu oskrbe, pridobivanje vodika, kisika, dušika)

## VODIK

Matjaž Čemažar

Člani: dr. Miha Sekavčnik, dr. Vladimir Jovan, dr. Stanko Hočevar; dr. Zoran Marinšek

### 1. Splošno

Človeštvo je doslej poleg sončne in jedrske uporabljalo kemične in biokemične vire energij. Če vzamemo ogljikovodike, smo uporabljali na zgodovinski časovni skali najprej les, nato pa premog, nafto in zemeljski plin, se pravi vire, v katerih delež vodika narašča, s tem narašča tudi energijska vsebnost teh virov, hkrati pa se zmanjšuje obremenjevanje okolja z emisijami CO<sub>2</sub> in trdnih delcev, slika spodaj.

GORIVO	Les	Premog	Nafta	Zemeljski plin	VODIK
Vsebnost H <sub>2</sub> %	5	50	67	80	100
Kalorična vrednost MJ/kg	16,0	23,2	44,2	52,3	141,8
Emisija delcev g/MJ	2,23	2,15	0,08	< 105 ppm	0
Relativna emisija CO <sub>2</sub>	100	31	21	15	0

čas →

Zgodovinski razvoj uporabe goriv. Uporabo močnejših in čistejših goriv je bil vselej povezan s tehnološkimi preboji, npr. razvoj parnega batnega stroja, parne turbine, motorja z notranjim zgorevanjem, plinske turbine, kombiniranih plinsko-parnih postrojenj in gorivnih celic

Če se gibljemo po tej logični poti naprej, pridemo do čistega vodika, ki je najmočnejše in na srečo tudi najčistejše kemično gorivo, ki pa se v naravi žal vedno nahaja vezan v različnih oblikah. Zato vodik ni primarni vir energije, pač pa iz drugih primarnih virov pridobljeno gorivo. Vodik je kot tak energijski pretvornik, ki ga poleg velike energijske vsebnosti odlikuje tudi možnost učinkovite izrabe za proizvodnjo električne energije v gorivnih celicah.

#### 1.1 Vodik

Vodik je plin brez barve, vonja in okusa. Molska masa vodika je 2,016 g/mol, je najlažji element, ki ima najmanjšo gostoto 0,08376 kg/m<sup>3</sup> pri normalni temperaturi in tlaku.

Vodik se utekočini pri temperaturi 20,3 K pri normalnem tlaku (1,01325 bar). Vodik ima največjo kurilno vrednost glede na maso, zgorevalna toplota je 141,9 MJ/kg, skoraj trikrat več kot pri bencinu.

## 1.2 Gorivne celice

Gorivna celica je elektrokemična naprava, ki kemično energijo brez vmesnih pretvorb pretvarja v električno delo in manjši del tudi v toploto. Gorivne celice lahko delimo glede na uporabljen elektrolit, glede na delovno temperaturo, glede na uporabljeno gorivo ali glede na stanje vodika.

Tip	Elektrolit	Obrat. T (°C)	Elektrokemična reakcija	Področja uporabe	Prednosti	Pomanjkljivosti
Polimerne elektrolitske membrane (PEMFC)	Trden organski polimer	60-100	A: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ K: $1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$ $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	Proizvodnja električne energije, Prenosne naprave, mobilne naprave, transport	Nizka temperatura, hiter zagon, dolga življenjska doba, lahko upravljanje	Dragi katalizatorji, občutljivost na nečistoče v gorivu
Alkalna (AFC)	Vodna raztopina KOH v matrici	90-100	A: $H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$ K: $1/2O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$ $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	Vojaške in vesoljske naprave	Katodna reakcija je hitra – zato visoke performanse	Zelo občutljiva na $CO_2$ v gorivu in zraku
Fosforna kislina (PAFC)	Fosforna kislina v matrici	175-200	A: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ K: $1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$ $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	Proizvodnja električne energije, transport	85% učinkovitost pri kogeneraciji, lahko uporablja vodik + 2% CO	Pt katalizator, majhna gostota moči, velika specifična teža in prostornina
Taljeni karbonati (MCFC)	Talina alkalijskih karbonatov v matrici	600-1000	A: $H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$ K: $1/2O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$ $H_2 + 1/2O_2 + CO_2 \rightarrow H_2O + CO_2$	Proizvodnja električne energije	Kogeneracija, možen interni reforming goriva	Korozijski problemi (visoka temperatura), krajša življenjska doba
Trdni oksidi (SOFC)	ZrO <sub>2</sub> stabiliziran z Y (YSZ)	600-1000	A: $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$ K: $1/2O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$ $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$	Proizvodnja električne energije	Kogeneracija, možna direktna uporaba goriva	Slaba obstojnost materialov (visoka temperatura), kratka življenjska doba

Tabela 1. Razdelitev tipov gorivnih celic glede na uporabljen elektrolit

## 2. Pretvorba energije

Za pretvorbo kemične energije vodika v druge oblike energije obstaja več poti. Ena najbolj učinkovita je direktna pretvorba kemične energije goriva v električno in toploto z elektrokemičnimi členi t. i. gorivnimi celicami.

Poznanih je več tipov gorivnih celic in so razvrščeni po vrsti elektrolita, ki ga uporabljajo in po temperaturi, pri kateri obratujejo. V tem zapisu privzemamo kratice iz angleškega poimenovanja tipov gorivnih celic in sicer:

### 3. Oskrba z energijo

Pod oskrbo z energijo je pri vodikovi tehnologiji potrebno obdelati vsaj naslednja področja:

- pridobivanje in čiščenja vodika iz razpoložljivih naravnih virov energije (elektroliza, reformiranje zemeljskega plina,...),
- logistike vodika (shranjevanje, transport, črpališča itd.),
- uporabe vodika kot energijskega vektorja (elektrokemični pretvorniki energije – gorivne celice; toplotni stroji – motorji z notranjim zgorevanjem,...) in
- spremljajoče tehnologije (varnost, zanesljivost, periferni sistemi in komponente v prenosnih, mobilnih in stacionarnih aplikacijah,...)

Mnoge našete tehnologije so že dobro poznane in uporabljene na industrijski ravni, ostale pa so v fazi intenzivnega razvoja in pripravah na masovno proizvodnjo ter integracijo v sisteme. Med že uveljavljene tehnologije spadajo na primer reformiranje zemeljskega plina, elektroliza vode za pridobivanje industrijskega vodika ter v velikem obsegu tudi spremljajoče tehnologije. Tehnologije, ki so zlasti povezane z uporabo vodika (npr. v gorivnih celicah) in shranjevanjem, pa so v zadnjih dveh desetletjih predmet intenzivnih raziskav, katerih rezultati kažejo na njihovo skorajšnjo tehnično zrelost.

Najtežji del naloge prehoda na novo tehnologijo je povezati tako heterogene vsebine v celoto tako, da je dosežen doprinos k:

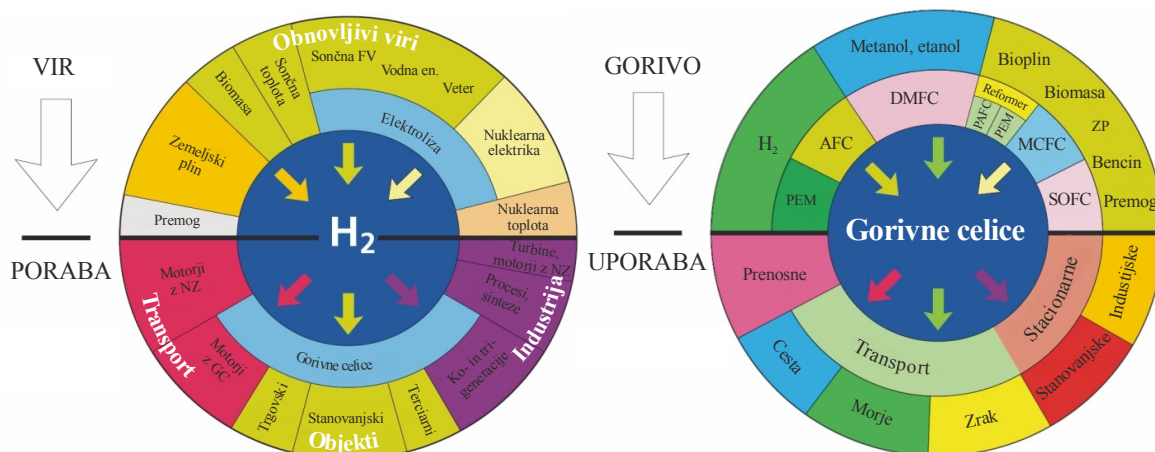
- energijski učinkovitosti rabe primarnih virov energije (v celotni verigi energijskih pretvorb) na vseh področjih uporabe (stacionarne, mobilne in prenosne aplikacije),
- zmanjševanju vplivov rabe energije na okolje (optimalna izbira tehnoloških poti pridobivanja vodika in tehnologij za končne pretvorbe energije);
- socio-ekonomskemu razvoju družbe (vpeljava tehnologij vodika kot priložnost za razvoj družbe in prevrednotenja njenega odnosa do ekosistema).

Zavedamo se, da predstavljajo vodikove tehnologije le enega od sestavnih sklopov energijske oskrbe v prihodnji, t.i. nizkoogljični družbi in predstavlja vmesni člen pri zagotavljanju zanesljivega in učinkovitega delovanja celega sistema trajnostne energetike, temelječe na obnovljivih virih energije. Vsebinsko smiselna in časovno ustrezna umestitev vodikovih tehnologij omogoča:

- učinkovito in zanesljivo izrabo obnovljivih virov energije,
- transformacijo centralne proizvodnje električne energije in toplote v razpršeno,
- razvoj pametnih omrežij (ang. smart grids) z vso potrebno informacijsko podporo,
- reševanje okoljsko vzdržne mobilnosti brez škodljivih emisij in hrupa,

- postopno spremembo obstoječih življenjskih navad, ki so pripeljali do pretiranega izčrpanja okolja, k novi ekocentrični umestitvi človeka v družbo in okolje.

Slika Napaka! **Slog ni definiran..1** prikazuje vodik kot energijski vektor, ki ga je mogoče pridobivati iz širokega nabora primarnih virov energije ter gorivne celice kot obetajočo tehnologijo pretvorbe vodika v električno energijo.



Slika **Napaka! Slog ni definiran..1**: Vodikove tehnologije: uporaba primarnih virov energije, pretvorniki energije in uporaba vodika

### 3.1. Pridobivanje vodika

#### Reforming

Prednosti reformiranja fosilnih goriv:

- uporablja se že zgrajena infrastruktura za predelavo fosilnih goriv,
- zmanjšuje potrebe po transportu in shranjevanju vodika,
- za razliko od elektrolize ne potrebuje velike količine dodane energije,
- je trenutno najcenejši način pridobivanja vodika.

Slabosti reformiranja fosilnih goriv:

- potrebuje zelo veliko časa za zagon,
- zelo težko ga je vgraditi v vozila zaradi neredne in različne zahteve po moči,
- je kompleksen proces, sistem je drag in zavzame veliko prostora,
- uporablja fosilna goriva, ki so neobnovljiva
- onesnažuje okolje
- prihaja do dodatnih izgub pri predelavi goriva.

#### Elektroliza

Elektroliza vode je uveljavljen način zagotavljanja vodika. Prednost tovrstnega postopka pridobivanja vodika je njegova čistost in neodvisnost od uporabe fosilnih goriv. Pri elektrolizi se voda razcepi na elementa, ki jo sestavljata, to sta vodik in kisik. Elektroliza nam omogoča pridobivanje vodika v majhnih in velikih sistemih za pridobivanje. Največja težava je električna energija, ki jo za elektrolizo potrebujemo iz drugih virov.

### **3.2. Hranjenje vodika**

Pri normalnih pogojih je vodik plin, katerega 1 kg ima prostornino 11,94 m<sup>3</sup>, gostota vodika je najmanjša med vsemi plini. Čeprav ima zelo visoko kurilno vrednost na enoto mase, je zaradi majhne gostote vsebnost energije v dani prostornini plinastega vodika majhna. Hramba vodika pri normalnih pogojih zato ni praktična, obstaja pa več možnosti, kako vodik skladiščiti pri manjši prostornini. Tako kot ostali plini je tudi vodik stisljiv in ga je mogoče skladiščiti pod tlakom. Mogoče ga je tudi utekočiniti ali pa adsorbirati ali kemijsko vezati na določene snovi. Lahko ga tudi pridobivamo sproti in problem skladiščenja obidemo.

## **4. Podporne tehnologije**

Razvoj gorivnih celic je soodvisen od razvoja spremljevalnih tehnologij – v transportu predvsem razvoj elektropogonov, močnostnega krmiljenja in regulacije; na področju stacionarnih sistemov je soodvisnost s sistemi kogeneracije, trigeneracije,...

Podporne tehnologije vodikovi tehnologiji so tehnologije pridobivanja električne energije iz obnovljivih virov energije, kot na primer: fotovoltaika, vetrna energija, biomasa ....

S stališča zagotavljanja zanesljivosti in varnosti sistemov z gorivnimi celicami pa znanja s področja varnosti in zdravja pri upravljanju vodikove energetske verige ter potencialni vplivi vodikovih emisij na varnost in zdravje.

## **5. Kompetenčnost slovenskih podjetij in inštitucij znanja**

Večina slovenskih podjetij in institucij, ki so aktivne na področju vodikove tehnologije so povezana v tehnološko platformo za vodik in gorivne celice. Gre za predstavnike industrije, ki bodisi že delujejo na področju gorivnih celic (Domel, INEA) bodisi vidijo poslovni interes v bodočnosti (Hidria, Iskra Avtoelektrika, Kolektor, ...) in razvojno raziskovalne institucije (KI, IJS, UNI LJ in UNI MB, TECES,....)

Največ izkušenj in bazičnih znanj imajo institucije, ki že več let delujejo na področju raziskav vodikovih tehnologij in gorivnih celic; mednje sodi predvsem Kemijski Institut, Institut Jozef Stefan in Fakulteta za kemijsko tehnologijo.

Izkušnje in kompetence razvite v industriji so povezane bodisi s proizvodnjo in distribucijo vodika bodisi z razvojem in proizvodnjo komponent za razvijajočo se tehnologijo gorivnih celic (Domel, INEA), pa tudi z razvojem kogeneracijskih agregatov (INEA). Razvijajo se podjetja s kompetencami inženiringa in procesnega vodenja (INEA, Synabit,...). Največ industrijskih izkušenj imajo podjetja na področju proizvodnje vodika (kemična industrija – Belinka) in distribucije tehničnih plinov (Messer, Linde plini in TPJ z lastno vodikarno).

## 6. Priložnosti in izzivi

Na ravni evropske tehnološke platforme za vodik in gorivne celice (HFP) se tematika obravnava v sedmih ožjih vsebinskih področjih:

- a. pridobivanje vodika,
- b. skladiščenje in distribucija vodika,
- c. stacionarni sistemi,
- d. mobilni sistemi,
- e. prenosni sistemi,
- f. socio-ekonomski vidiki in
- g. interdisciplinarni vidiki.

Glede na sedanje razmere v Sloveniji na področju proizvodnje, raziskav, kadrov in izobraževalnega sistema v slovenski tehnološki platformi za vodik in gorivne celice (SIHFC) pokrivamo štiri od zgoraj naštetih vsebinskih področij evropskega Strateškega raziskovalnega programa (SRA) in sicer:

1. gorivne celice za stacionarne sisteme;
2. gorivne celice za mobilne sisteme;
3. pridobivanje vodika in
4. Skladiščenje in distribucija vodika.

Na področju tehnologij gorivnih celic se podrobneje usmerimo na dve vrsti gorivnih celic:

1. - PEMFC: nizekotemperaturne (< 80 °C) in visokotemperaturne (< 200 °C) gorivne celice s protonsko prevodno membrano;
2. - SOFC: visokotemperaturne (850-1000 °C) oksidne gorivne celice.

## 7. Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj

Predlogi za strategijo raziskav in razvoja PEM gorivnih celic v okviru raziskovalne strategije Slovenske tehnološke platforme za vodik in gorivne celice (SIHFC) za obdobje 2005-2013 je usklajena z usmeritvami podanimi v strategiji raziskav evropske tehnološke platforme za vodik in gorivne celice (EU HFP SRA) za obdobje 2005-2015. V primerjavi s slednjo zajema le tri ključna področja, za katera v Republiki Sloveniji obstaja gospodarski interes, določene minimalne raziskovalne kapacitete in ustrezna raziskovalna infrastruktura.

Ta področja so:

1. raziskave in razvoj mobilnih sistemov za specialne namene moči do 10 kW,
2. raziskave in razvoj majhnih stacionarnih sistemov za specialne namene moči do 10 kW in
3. raziskave in razvoj na področju proizvodnje, čiščenja in skladiščenja vodika.

Ključni raziskovalno-razvojni problemi v jedrni tehnologiji PEM gorivnih celic, ki jih je potrebno obravnavati v okviru raziskovalne strategije so:

a.) temeljni raziskovalni problemi:

- prenos protona v različnih membranskih elektrolitih (vodnih in nevodnih),
- struktura in transportni pojavi na trifazni meji v plinsko-difuzijski elektrodi,
- mehanizmi in kinetika elektrokataliziranih reakcij,
- mehanizmi in kinetika kataliziranih reakcij pri proizvodnji (reforming) in čiščenju (WGSR, PrOX) vodika,
- dinamika fluidov in prenos toplote v poroznih materialih.

b) aplikativni raziskovalni problemi:

- raziskave in razvoj visokotemperaturnih nanokompozitnih membran za PEM gorivne celice in elektrolizerje
- raziskave in razvoj elektrokatalizatorjev za reakcije potekajoče v PEM in metanolnih gorivnih celicah ter elektrolizerjih, ki ne temeljijo na plemenitih kovinah
- raziskave in razvoj kompaktnih membranskih reaktorjev za proizvodnjo in čiščenje vodika
- razvoj sklopov PEM (SOFC) gorivnih celic in elektrolizerjev moči od 1 kW do 3 kW
- razvoj električnih pogonskih sistemov za specialna vozila s sklopom PEM gorivnih celic
- razvoj kogeneracijskih in trigeneracijskih majhnih stacionarnih sistemov s sklopom PEM (SOFC) gorivnih celic
- razvoj namenskih elektronskih sklopov za sisteme vodenja gorivnih celic
- razvoj postopkov za učinkovitejše vodenje gorivnih celic z uporabo sodobnih regulacijskih metod (prediktivno vodenje, adaptivno vodenje, vodenje z vgrajenimi modeli, itd)
- analiza zanesljivosti in varnosti obratovanja uporabe sistemov z gorivnimi celicami v različnih aplikacijah
- razvoj postopkov za sprotno ocenjevanje učinkovitosti in varnosti obratovanja sistemov z gorivnimi celicami
- razvoj postopkov za sprotno diagnosticiranje napak v delovanju sistemov z gorivnimi celicami
- modeliranje in simulacija podsklopov in sistemov z gorivnimi celicami
- razvoj namenskih aplikacij uporabe gorivnih celic
- obvladovanje življenjskega cikla implementacije različnih sistemov z gorivnimi celicami v industrijski praksi.

Ključne temeljne teme na področju shranjevanja vodika:

1. Novi materiali za shranjevanje vodika in za izdelavo posod za shranjevanje.
2. Modeliranje mehanizmov shranjevanja in modeliranje pojavov možnih napak pri shranjevanju.
3. Raziskave mehanizmov absorpcije in adsorpcije s posebnim poudarkom na degradaciji materialov pri cikličnem obratovanju.

### ***III. RAZISKOVALNA PODPODROČJA ZNOTRAJ GOSPODARSKIH DEJAVNOSTI, POVEZANIH S PODROČJEM***

#### ***Učinkovita raba končne energije***

Andreja Urbančič

Evropska unija pripravlja vrsto predpisov za minimalno energetske učinkovitost naprav. Poleg tega je EU napovedala enoten pristop pri zelenih javnih naročilih, vključno s kriteriji za energetske učinkovitost naprav, opreme, stavb in vozil. Cilj, ki ga EU pri tem zasleduje je zagotoviti ustrezno velik trg za energetske učinkovite izdelke ter izločitev energetske neučinkovitih naprav s trga. Ta predlog je posebej pomemben, ker je skupen rezultat dveh direktoriatov za okolje in za konkurenčnost v okviru akcijskega načrta za trajnostno industrijsko proizvodnjo.

Poraba naprav, ki uporabljajo elektromotorne pogone, (kompresorji, črpalke in ventilatorji idr.) znaša okrog 60% celotne industrijske porabe električne energije. V Evropi v povprečju (podobno je tudi v Sloveniji) več kot 90% industrijskih elektromotorjev ni visoko učinkovitih. Optimizacija motorjev lahko tudi do 20-25% izboljša njihovo energetske učinkovitost. Glavni prihranki izhajajo iz optimizacije zasnov motorjev, zlasti pa so odvisni od optimiranja njihovih karakteristik glede na potrebe in regulacije hitrosti oz. frekvence njihovega vrtenja.

Uvajanje novih tehnologij pa je poleg potrebnih raziskav v veliki meri odvisno tudi od usposabljanja in izobraženosti kupcev, načrtovalcev in uporabnikov teh naprav.

Z energetske varčnimi napravami dosegamo podobne koristi kot pri energetske učinkovitosti stavb: izboljšanje zanesljivosti oskrbe, povečanje konkurenčnosti gospodarstva in družbe, večjo zaposlenost in manjše obremenjevanje okolja. Ker gre v tem primeru zlasti učinkovitost rabe električne energije, se pozitivni učinki kažejo tudi pri večji obratovalni zanesljivosti oskrbe ne le na njeni večji strateški zanesljivosti. Pozitivni učinki za konkurenčnost so pri tej obliki energije tudi večji, saj gre za najdražji med energent, vendar kljub temu v njegova poraba v zadnjih letih najhitreje raste.

#### **Kompetentnost podjetij in raziskovalnih institucij**

V Sloveniji deluje več podjetji za proizvodnjo elektromotorjev oz. z elektromotorji gnanih naprav, storitve vgradnje, regulacije in optimizacije kot tudi raziskovalnih institucij na teh področjih, ter podjetij, ki proizvajajo gospodinjske aparate ali njihove dele in druge naprave in so prisotna na evropskem in svetovnem trgu.

#### **Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj**

- raziskave v podporo izboljšanju učinkovitosti motorjev;
- raziskave v podporo optimiranju zasnov naprav, ki motorje uporabljajo in optimiranju rabe elektromotornih pogonov;
- raziskave stanja rabe elektromotorjev in ovir za prodor energetsko učinkovitih tehnologij ter navad pri ravnanju z energijo
- izboljšave obratovalnih karakteristik naprav (regulacije idr);
- raziskave v podporo razvoju in uporabi materialov;
- raziskave usmerjene v nižanje stroškov proizvodnje;
- analize stroškov in okoljskih obremenitev v življenjskem ciklu naprav;
- raziskave okoljskih obremenitev v življenjskem ciklu naprav; raziskave ravnanja uporabnikov za razvoj tehnologij, ki podpirajo energetsko učinkovito ravnanje;

## **Zanesljiva in učinkovita oskrba z energijo ter pametna omrežja**

### **Zanesljiva in učinkovita oskrba z energijo**

prof. dr. Alojz Poredoš

V skladu z resolucijo Evropskega parlamenta o zanesljivi in učinkoviti rabi energije ima energetska politika EU tri glavne cilje: zanesljivost oskrbe, konkurenčnost in varstvo okolja. Zato je treba zanesljivost oskrbe z energijo upoštevati kot bistven del koncepta globalne varnosti. Nadalje je v resoluciji utemeljeno, da je razvoj omrežij daljinskega ogrevanja in hlajenja ključna pot do povečanja zanesljivosti energetske oskrbe stavb. Soproizvodnja toplote in električne energije ter trigeneracijski sistemi so nedvomno tehnologije, ki jih je treba spodbujati, kajti poleg tega, da lahko povečujejo delež obnovljivih virov energij pri energetske oskrbi, lahko tudi izboljšajo energetske učinkovitost oskrbe.

V resoluciji je prav tako izpostavljena pomembnost plina, saj njegov delež v celoti energetskih virov raste in tudi potreba za uporabo različnih strategij za zanesljivost oskrbe s plinom, kot je to razvoj terminalov in skladišč za utekočinjeni zemeljski plin ter novih plinovodov.

Pozornost je namenjena tudi jedrski energiji, kot viru, ki povečuje zanesljivost oskrbe z električno energijo. Uporaba jedrske energije lahko pomembno prispeva k zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub>.

V tem pomembnem dokumentu je jasno zapisana napoved, da bodo konvencionalne elektrarne še naprej zagotavljale dobavo velikega dela električne energije tudi na dolgi rok. Zato je izražena vsa podpora in spodbujanje razvoja in raziskav na področju učinkovitosti tovrstnih elektrarn.

Sistemske operater električnega prenosnega omrežja mora zagotavljati zanesljivost delovanja EES in zanesljivost oskrbe z električno energijo, ki mora imeti zagotovljeno kakovost.

Za posamezne uporabnike lahko operater distribucijskega omrežja ponuja tudi posebne sistemske storitve zagotavljanja jalove energije in zagotavljanje nadstandardne kakovosti električne energije.

To je še posebej pomembno v distribucijskih omrežjih, ki v zasnovi niso bila grajena za priključitev proizvodnih enot in morebitnih dvosmernih pretokov moči. Posledično je treba distribucijska omrežja preoblikovati zgolj iz pasivnih v aktivnejša, ki bodo omogočala lažjo in hitrejšo priključitev novih proizvodnih enot. Z uporabo avtomatizacije, fleksibilnega vodenja in močnostne elektronike je mogoče posodobiti obstoječa distribucijska omrežja, kar v praksi pomeni dodatne investicije.

Za natančno analizo delovanja aktivnega distribucijskega omrežja je treba v Sloveniji čim prej izvesti demonstracijski projekt v realnem omrežju, kjer bo možna natančna analiza delovanja sistema pri različnih pogojih obratovanja.

S ciljem zmanjšanja izgub pri transportu električne energije in toplote je potrebno kogeneracijske sisteme približati končnim uporabnikom energij.

Uporaba plina v energetske namene prispeva k zmanjšanju emisij, med drugim tudi CO<sub>2</sub>. Oskrba s plinom v Sloveniji je zadovoljiva, predvideva pa se močna rast rabe predvsem za namen proizvodnje električne energije. Zato je potrebno dograditi tako prenosno, kot tudi distribucijsko omrežje, vključno s kompresorskimi postajami. Za zanesljivost oskrbe z

zemeljskim plinom so poleg tehnično brezhibnega omrežja pomembni tudi kvalitetni dolgoročni pogodbeni odnosi.

Dejstvo je, da plin transportiramo brez pomembnih masnih izgub, zato je smotrno uporabiti plin za oskrbo oddaljenih porabnikov energije od sistemov kogeneracije ali trigeneracije. S tem zmanjšamo transportne izgube energije.

Sodobne rešitve energetske oskrbe v svetu so izvedene kot »distributed energy supply« ali »decentralised energy supply«, ki energetske produkte približajo uporabnikom. To ne pomeni mikro proizvodnih (trigeneracijskih) enot, ampak sisteme srednjih velikosti, s katerimi oskrbujemo urbana področja z vsemi energetske proizvodi avtonomno. Toplovodna mreža povezuje vse enote med seboj, prav tako električna mreža, ki je kakor tudi plinska mreža povezana navzven z javnim omrežjem, medtem, ko je oskrba s hladilno energijo izvedena lokalno. Takšen koncept energetske oskrbe nam zagotavlja visoko zanesljivost in prilagodljivost obratovanja z minimalnimi izgubami pri transportu energije. Tovrstni avtonomni energetske sistemi so prilagodljivi spremembam odjemnih količin posameznih vrst energije, hladilno energijo pa lahko pridobivamo z električno ali s toploto gnanimi hladilniki, za kar se lahko odločamo glede na razmerja cen toplote in električne energije.

V primeru, da imamo na izbrani lokaciji že zgrajen sistem daljinskega ogrevanja, se v primeru že izgrajene infrastrukture odločimo za lokalne sisteme daljinskega hlajenja, v primeru novega urbanega področja, pa vgradimo dodatno cevno mrežo za razvod hladu iz centralnega sistema daljinskega hlajenja do porabnikov.

Razvoj in pogostost uporabe sistemov z lokalno pripravo hladu ima večje možnosti kot centralni sistem zaradi nekaterih prednosti. Pri konceptiji energijske oskrbe novih področij pa je potrebno obe od možnosti posebej ovrednotiti in upoštevati možnosti popolne oskrbe z energijo in poiskati optimalni sistem vključujoč tudi kogeneracijo.

Za povečanje zanesljivosti in energetske učinkovitosti je potrebno opraviti raziskave in razvoj:

- Razvoj aktivnih (pametnih) električnih distribucijskih omrežij
- Raziskave in razvoj varnih in energetske učinkovitih plinohramov in plinskih terminalov z energetske učinkovito spremljajočo tehnologijo
- Razvoj metodologije za tehnično / parametrično, ekonomsko in okoljsko (prostorsko) vrednotenje izbire vrste sistema za oskrbo z energijo in umestitve v prostor
- Razvoj kompleksnih sistemov za avtonomno energetske oskrbo z električno energijo, toploto in hladom

### **Pametna omrežja**

dr. Zoran Marinšek, mag. Peter Nemček

Zanesljiva oskrba s kakovostno električno energijo je eden glavnih pogojev za nemoteno delovanje in razvoj sodobne družbe. Hkrati se vedno bolj srečujemo z okoljevarstvenimi omejitvami, ki pred načrtovalce elektroenergetskih sistemov (EES) postavljajo nasprotujoče si zahteve: naraščajoča poraba električne energije zahteva izgradnjo novih proizvodnih virov, kjer naletimo na zahteve po zmanjševanju emisij toplogrednih plinov; povečani prenosni električne energije med sosednjimi sistemi kot posledica uvajanja trgov z električno energijo zahtevajo nove interkonekcijske povezave, kjer spet naletimo na okoljevarstvene zahteve in

težave s pridobitvijo lokacijskih dovoljenj.

Slovenski EES v letu 2020 in kasneje bo:

- **prilagodljiv:** zadovoljeval bo potrebe odjemalcev prihodnosti, ki bodo aktivneje sodelovali pri upravljanju in vodenju EES,
- **dostopen:** omogočal bo vključitev vsem uporabnikom omrežja, predvsem razpršenim proizvodnim virom ter obnovljivim virom,
- **zanesljiv:** izboljšala se bo zanesljivost dobave in kakovost dobavljene energije z uporabo novih tehnoloških rešitev,
- **ekonomsko učinkovit:** z inovacijami, učinkovitim ravnanjem z energijo, povečano konkurenčnostjo in bolj učinkovito regulativo bo strankam nudil največ za njihov denar.

Strateški cilji so tako:

- poiskati nove tehnološke rešitve, ki bodo omogočile učinkovito in stroškovno racionalno vključitev novih proizvodnih virov v obstoječ EES,
- uskladiti zakonodajo, regulativo in tržno okolje z upoštevanjem širokega razpona možnih obratovalnih stanj z namenom olajšati čezmejno trgovanje z električno energijo in sistemskimi storitvami,
- razviti tehnične standarde in postopke, ki bodo omogočali prost dostop do omrežja in storitev vsem relevantnim udeležencem ter izmenljivost opreme različnih proizvajalcev,
- razviti informacijske, računalniške in telekomunikacijske tehnologije, ki bodo podjetjem omogočila učinkovito izrabo novih storitev, izboljšala njihovo učinkovitost in poslovanje s strankami,
- vključiti nove vire in tehnologije ob hkratnem nemotenem delovanju obstoječih funkcij vodenja in obratovanja sistemov,

povezati se z obstoječimi evropskimi platformami z namenom lažjega vključevanja v konzorcije, ki kandidirajo za financiranje iz evropskih skladov.

### **Kompetentnost podjetij in raziskovalnih institucij**

Slovenski EES velja za enega bolj razvitih v sistemu UCTE, kar je v veliki meri posledica vrste prodornih podjetij in raziskovalnih institucij ter njihovega uspešnega sodelovanja.

### **Priložnosti in izzivi**

Delež proizvedene električne energije iz obnovljivih in razpršenih virov v slovenskem EES je trenutno zanemarljiv. Glede na trende v Evropi in po svetu ter glede na zahteve mednarodnih konvencij, predvsem glede zmanjševanja emisije toplogrednih plinov, se pričakuje v naslednjih letih porast deleža električne energije iz nekonvencionalnih virov, predvsem vetrnih elektrarn, sončnih celic in gorivnih celic, kar predstavlja prvi sklop priložnosti za razvoj novih tehnologij in aktivnejše udeležbe slovenske industrije.

Po drugi strani je evropski EES v fazi prehoda iz vertikalne organiziranosti v horizontalno, kjer naj bi vedno bolj prevladovali tržni mehanizmi, kar pa otežuje tehnike karakteristike obstoječih EES, ki niso bili načrtovani za velike prehode moči med nacionalnimi EES. Pričakuje se, da se bodo elektroenergetska omrežja prihodnosti oblikovali skladno z zahtevami po večjem obsegu trgovanja za električno energijo, kar obeta slovenskim podjetjem nove priložnosti. To v največji meri velja za proizvodna podjetja, ki bodo lahko bolj učinkovito izkoriščala cenovne razlike, ki trenutno vladajo na evropskem elektroenergetskem

trgu. Evolucija EES predstavlja velik izziv tudi za proizvajalce opreme, saj se predvideva da se bo poleg izgradnje novih vodov predvsem poskušalo povečati prenosne zmogljivost obstoječih z uporabo novih tehnologij, kot so naprave FACTS in meritve fazorjev.

Ob večji vključitvi razpršenih proizvodnih virov se bodo znatno spremenili pretoki moči po omrežju, ki trenutno tečejo pretežno in prenosnega omrežja v distribucijsko, saj je velika večina proizvodnih virov priključenih na visokonapetostno omrežje. S povečevanjem deleža virov priključenih neposredno na sredjenapetostno ali celo nizkonapetostno omrežje se bodo pojavile težave, ker obstoječi sistemi za kaj takega niso bili načrtovani. Zato bo potrebno poiskati nove rešitve v vodenju in zaščiti sistemov, kar predstavlja izziv in priložnost za relevantne proizvajalce opreme.

Naslednja sprememba, ki se obeta v prihodnosti se nanaša na tehnične karakteristike proizvodnih virov prihodnosti, saj ti za priključitev potrebuje usmerniško - razsmerniške sisteme, ki temeljijo na močnostni elektroniki. Obstoječe elektrarne večinoma uporabljajo sinhronske generatorje, ki omogočajo neposredno priključitev na omrežje. Uporaba močnostne elektronike vnaša v delovanje sistema več negativnih vplivov, kot so onesnaževanje s harmonskimi komponentami, nesposobnost obratovanja v pogojih znižanih napetosti v sistemu in slabo sodelovanje pri regulaciji frekvence. Vse to zahteva dodatne ukrepe, ki predstavljajo tehnološki izziv.

Zadnji sklop se nanaša na odjemalce električne energije in njihovo aktivnejšo vlogo v delovanju EES. Predvideva se, da bo z uvedbo novih storitev vodenja porabe omogočilo sodelovanje odjemalcev pri zagotavljanju različnih sistemskih storitev. Za doseg tega cilja se zahtevajo nove tehnološke rešitve in novi produkti, ki zaenkrat še niso na voljo. Mednje vsekakor sodijo inteligentni števcji porabljene električne energije, ki za svoje delovanje potrebujejo podporo informacijskih in komunikacijskih tehnologij. Predvidevajo se tudi spremembe na področju zakonodaje in regulative, saj bo treba poskrbeti za učinkovito delovanje sistema v spremenjenih pogojih.

### **Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj**

Med ožja raziskovalna tehnološka področja lahko v skladu s prejšnjim razdelkom štejemo:

- sistem za optimizacijo pretokov električne energije v distribucijskem in prenosnem omrežju,
- vključevanje novih proizvodnih virov (npr. SPTE, gorivne celice, sončne celice in vetrne turbine) v elektroenergetsko omrežje,
- uporaba tehnologij za povečanje prenosne zmogljivosti elektroenergetskega omrežja,
- razvoj sekundarne opreme zaščite in vodenja EES,
- močnostna elektronika (npr. usmerniško-razsmerniške naprave in sodobne kompenzacijske naprave),
- inteligentni števcji porabe električne energije,
- informacijske in komunikacijske tehnologije.

## **Soproizvodnja toplote in elektrike**

dr. Zoran Marinšek, mag. Peter Nemček

### **Opis problematike RR**

Soproizvodnja toplote in električne energije (SPTTE) je način proizvodnje, ki ima pri izrabi goriv dvojni učinek: proizvodnjo toplote in električne energije. Naprave takega tipa imajo v primerjavi z ločeno proizvodnjo, katere učinkovitost se zmanjšuje še zaradi izgub na daljnovodih, bistveno višji izkoristek in povzročajo bistveno manjše vplive na okolje (npr. emisije TGP, idr.). Soproizvodnja toplote in električne energije bo ob doslednem izvajanju energetskih programov pomemben dejavnik pri zagotavljanju zanesljivosti oskrbe z energijo in zmanjševanju emisij toplogrednih plinov.

Trenutno se kot primarni vir energije za SPTTE najpogosteje uporablja zemeljski plin. Globalno segrevanje, sprememba klimatskih razmer, rast in visoke cene nafte na svetovnem trgu, ki so pogojene s količino ponudbe nafte in hitro rastočim povpraševanjem so v ospredje raziskovanj postavila pomen razvoja proizvodnje alternativnih, zlasti obnovljivih virov energije kot npr. bioplin, biodizel, biomasa ipd.

Resolucija o Nacionalnem energetskem programu predvideva spodbujanje soproizvodnje toplote in električne energije s ciljem povečanja deleža električne energije iz soproizvodnje z 800 GWh v letu 2000 na 1.600 GWh v letu 2010.

EU si je do leta 2020 postavila tri pomembne cilje: zmanjšanje emisij toplogrednih plinov za 20%, povečanje deleža obnovljivih virov v primarni energiji na 20% ter o povečanju energetske učinkovitosti za 20% do leta 2020. Soproizvodnjo predstavlja eno pomembnejših tehnologij za realizacijo ambicioznih, razvojno naravnanih ciljev.

### **Kompetentnost podjetij in raziskovalnih institucij**

Trenutno je v Sloveniji vrsta podjetij, ki se zelo dobro obvladujejo projektiranje ter svetovalni in izvedbeni inženiring postrojenj za SPTTE. Osnovna tehnologija je uvožena (motor, turbina) z izjemo sistemov računalniškega vodenja, ki jih je podjetje INEA na podlagi lastnega razvoja uspešno implementirala v osem postrojenj. Trenutno je v Sloveniji aktivnih nekaj RR projektov na področju biodizla ter vodikovih tehnologij in gorivnih celic pri katerih podjetja tesno sodelujejo z raziskovalnimi institucijami.

### **Priložnosti in izzivi**

Parne in plinske turbine ter motorji dosegajo tehnološko in komercialno zrelost in kot taki ne predstavljajo posebnega razvojnega izziva. Po drugi strani pa so pridobivanje in čiščenje bioplina, biodizla, lesnega plina, izraba odvečne toplote za proizvodnjo elektrike ter vodikove tehnologije in gorivne celice - področja, ki so še na začetnih stopnjah razvoja.

### **Priporočila za temeljne in aplikativne raziskave in razvoj**

Med ožja raziskovalna tehnološka področja lahko v skladu s prejšnjim razdelkom štejemo:

- uplinjanje biomase in proizvodnja lesnega bioplina,
- proizvodnja biodizla,
- fermentacija,

- čiščenje plinskih in oljnih frakcij,
- gorivne celice,
- vodikove tehnologije,
- specialni merilni sistemi,
- novi visoko temperaturni materiali,
- optimizacijski algoritmi računalniškega vodenja, informacijske in komunikacijske tehnologije.

## **Informacijske tehnologije v energetiki**

dr. Zoran Marinšek

člani: mag. Peter Nemček, dr. Vladimir Jovan, prof.dr.Stanko Strmčnik

### **Splošno**

Vodenje procesov v energetiki se, kar se tiče principov in osnovnih metod ter pristopov, ne razlikuje od vodenja procesov na drugih področjih. Zato je raziskovalna problematika v splošnem precej podobna raziskovalni problematiki, ki jo tudi sicer srečamo na področju vodenja sistemov in procesov. Specifika pa nastopa na posameznih problemskih domenah in je odvisna od konkretnega procesa oziroma sistema, ki ga vodimo ter vpliva tudi na razvoj (izbor) primernih orodij in gradnikov, torej implementacijske tehnologije.

Nekatera od teh problemskih domen, ki predstavljajo tako tehnološki kot tržni potencial, in pri katerih je tehnologija vodenja procesov izredno pomembna za doseg tehnološkega preboja na celotnem procesu/produktu so:

### **Biomasa**

Na področju lesne biomase predstavljajo z vidika tehnologije vodenja procesov priložnost večje energetske centrale za kurjenje lesne biomase (prilagojene zahtevam in potrebam naročnika) ter inovativni pristopi, ki so še v fazi raziskav in razvoja. Tu gre predvsem za uplinjanje lesne biomase in bioloških odpadkov, kjer so potrebne še dodatne raziskave na področju vzdržljivosti materialov ter termodinamičnih in kemičnih procesov pri katerih je izrednega pomena ustrezna tehnologija računalniškega vodenja. Gre za pa velik tehnološki in tržni potencial, ki ga je potrebno izkoristiti.

### **Sistemi z gorivnimi celicami**

Raziskave na področju gorivnih celic so dosegle zrelosti, tako da se v prihodnjih letih pričakuje pomemben napredek v industrializaciji in komercializaciji sistemov z gorivnimi celicami kot alternativnega vira energije v energetiki, industriji, transportu in drugih področjih našega življenja.

Sistemi z gorivnimi celicami so kompleksne naprave, zgrajene iz množice elektrokemijskih, strojnih in elektronskih podsklopov, zato je njihova zanesljivost, varnost in učinkovitost delovanja zelo odvisna od vgrajenega sistema vodenja. Potreben je razvoj namenskih elektronskih komponent sistemov vodenja, ki bodo zagotovili predvsem zanesljivost in cenovno sprejemljivost in razvoj naprednih postopkov vodenja posameznih podsklopov in celotnih sistemov z gorivnimi celicami, ki bodo omogočili varnost in učinkovitost delovanja.

### **Kompetentnost podjetij in raziskovalnih institucij**

Na področju vodenja energetskih procesov obstaja v Sloveniji precej tradicije. S posameznimi segmenti raziskav se ukvarjajo predvsem skupine na Fakulteti za elektrotehniko in Fakulteti za strojništvo, Univerze v Ljubljani, Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko,

Univerze v Mariboru, Institutu "Jožef Stefan" in Institutu Milana Vidmarja. Obstaja pa tudi vrsta podjetij (npr. Iskra Sistemi, INEA, KORONA, ...), ki ponujajo storitve in opremo na področju vodenja različnih energetske sistemov. Poudarek dela je bil v preteklosti predvsem na vodenju hidro in termoenergetskih objektov, vodenju distribucije električne energije, uporabi vodenja pri racionalni rabi energije v industriji, itd.

#### Biomasa

V Sloveniji je kar nekaj podjetij, kot so INEA, LIKOPRIS, itd., ki se ukvarjajo tudi z načrtovanjem vodenja naprav za pridobivanje bioplina iz organskih odpadkov oziroma biomase. Poleg tega tudi na raziskovalnih institucijah, npr. na Odseku za sisteme in vodenje, Inštitut Jožef Stefan, potekajo raziskave o možnostih izboljšave vodenja teh naprav.

S področjem vodenja naprav za energetske izkoriščanje lesne biomase se podjetja kot je npr. INEA ukvarjajo že vrsto let. V tem podjetju so se pred časom lotili dveh ambicioznih raziskovalno razvojnih projektov uplinjanja lesne biomase in uplinjanja blata iz čistilnih naprav.

#### Sistemi z gorivnimi celicami

V Sloveniji danes že teče več raziskovalnih, razvojnih in tudi izvedbenih projektov s področij tehnologije vodika in gorivnih celic na različnih raziskovalnih ustanovah, predvsem na Institutu Jožef Stefan, Kemijskem institutu, FE, FS, FERI; tudi nekatera slovenska industrijska podjetja so se že uveljavila (INEA, Domel) kot pomemben dobavitelj podsklopov za sisteme z gorivnimi celicami. Konzorcij podjetij IJS, Domel in INEA trenutno razvija tehnološko visoko napredni prototip mobilne kogeneracijske enote z gorivno celico za potrebe slovenske vojske. V rednem obratovanju je tudi prva slovenska izvedbena rešitev uporabe gorivnih celic kot 30 kW sistema dodatnega napajanja v enem od namenskih vojaških objektov.

### **Priložnosti in izzivi**

Priložnosti in izzivi so povezani predvsem z uporabo novejših oziroma zahtevnejših metod vodenja (npr. vodenje na osnovi modelov, nelinearno vodenje), uporabe novih implementacijskih tehnologij, ki temeljijo na zmogljivejših in bolj robustnih računalniških gradnikih ter razvoj optimalnih sistemov za vodenje za novejša sisteme za proizvodnjo in pretvorbo energije (npr. gorivne celice, biomasa, itd)

#### Biomasa

Pridobivanje bioplina iz biomase ponavadi poteka v tako imenovanih anaerobnih reaktorjih. Razvoj senzorjev za analiziranje biomase je v zadnjem času odprl nove možnosti tudi za izboljšanje vodenja teh reaktorjev. Z uporabo teh senzorjev, bi bilo mogoče delovanje anaerobnega reaktorja prilagajati glede na različno vrsto biomase, s čimer bi lahko precej izboljšali učinkovitost pridobivanja bioplina.

Pri uplinjanju lesne biomase in bioloških odpadkov se odpira vrsta priložnosti za napredne tehnologije modeliranja, simulacij, vodenja in optimizacij, saj področje še ni komercialno zrelo in predstavlja velik tehnološki in tržni potencial. Nekatera slovenska podjetja (INEA) že sodelujejo s tujimi raziskovalno razvojnimi institucijami in industrijo na tem področju.

#### Sistemi z gorivnimi celicami

Dejstvo je, da so današnje aplikacije sistemov gorivnih celic še pol prototipne in da bo potrebno še veliko razvojnega dela za industrializacijo tovrstnih sistemov. Glede na že obstoječe znanje, izkušnje in povezave slovenskih institucij znanja in industrije s svetovnimi proizvajalci tovrstnih sistemov (Ballard, Hydrogenics, PlugPower, Vaillant) v okviru različnih projektov in pogodb se kaže priložnost s stališča uporabe informacijskih tehnologij predvsem v razvoju vgrajenih sistemov za vodenje posameznih podsklopov ali celotnih sistemov gorivnih celic.

Glavni izziv je postati kompetenten partner/dobavitelj rešitev vodenja sistemov z gorivnimi celicami in z ustreznimi rešitvami prispevati k industrializaciji teh sistemov.

### **Priporočila za AR in razvoj**

Za vsa področja v energetiki so pomembne naslednje raziskave in razvoj

- Vodenje na osnovi modelov
- Sprotno optimiranje
- Razvoj vgrajenih sistemov za energetske naprave
- Porazdeljeni sistemi vodenja
- Tehnologija spletnega in daljinskega vodenja

### Biomasa

Aplikativne raziskave in razvoj na tem področju vidimo v uporabi matematičnih modelov anaerobnih in uplinjalnih naprav, s katerimi bi lahko enostavno simulacijsko preizkušali različne napredne strategije vodenja in šele tiste, ki bi se izkazale kot perspektivne, kasneje tudi preizkusili na realnem anaerobnem in uplinjalnem reaktorju.

### Sistemi z gorivnimi celicami

V kontekstu uporabe tehnologije vodenja in drugih informacijskih tehnologij na področju razvoja gorivnih celic predlagamo predvsem sledeča razvojna področja:

- Razvoj namenskih elektronskih sklopov za sisteme vodenja gorivnih celic
- Razvoj postopkov za učinkovitejše vodenje gorivnih celic z uporabo sodobnih regulacijskih metod (prediktivno vodenje, adaptivno vodenje, vodenje z vgrajenimi modeli, itd)
- Analiza zanesljivosti in varnosti obratovanja uporabe sistemov z gorivnimi celicami v različnih aplikacijah
- Razvoj postopkov za sprotno ocenjevanje učinkovitosti in varnosti obratovanja sistemov z gorivnimi celicami
- Razvoj postopkov za sprotno diagnosticiranje napak v delovanju sistemov z gorivnimi celicami
- Modeliranje in simulacija podsklopov in sistemov z gorivnimi celicami
- Razvoj namenskih aplikacij uporabe gorivnih celic
- Obvladovanje življenjskega cikla implementacije različnih sistemov z gorivnimi celicami v industrijski praksi.

## ***IV. POSLOVNE PRILOŽNOSTI IN IZZIVI***

Smiselnost vlaganj v razvoj novih tehnologij, izdelkov, sistemov ali poslovnih modelov se vedno pokaže šele na trgu, pa najsi bo na kratki ali dolgi rok. Tako država, kot njeno gospodarstvo pa imata omejene vire za financiranje razvoja in s tem še toliko odgovornejšo nalogo, da te vire pravilno usmerita v področja, kjer lahko izgradimo kompetenčne pozicije, ki bodo zagotavljale uveljavljanje slovenske znanosti in gospodarstva na globalnem trgu.

Pri tem je ključno vprašanje razporejanja sredstev. Slediti moramo namreč vsaj dvema ciljema: razvijati izdelke, ki na kratki rok prinesejo rezultate, kompetenčne tudi na globalnem trgu in razvijati znanja in tehnologije, s katerimi bomo konkurenčni čez 10, 20 let. Poeg tega je ta vlaganja potrebno uravnovesiti tako, da podpremo področja, kjer imamo najboljšo kombinacijo lastnega znanja in gospodarske infrastrukture. Le tako bodo načrtovana vlaganja prinesla optimalne rezultate. Podpora znanja, ki nima zaledja v slovenski industriji namreč pomeni, da bo na koncu služil nekdo drug, podpora industriji, ki nima zaledja v domači znanosti pomeni, da je znanje potrebno plačati, ali pa izdelki niso vrhunski.

Prikazani primeri poslovnih priložnosti poskušajo v luči omenjenega prikazati, da imamo na področju energetike in trajnostnih virov v Sloveniji velik potencial da se pozicioniramo v nišnih aplikacijah kot globalni igralec.

**V okviru razvojne skupine smo identificirali štiri večje projekte, ki pa nikakor ne predstavljajo vseh potencialnih velikih projektov na tem področju. Pokrivajo pa:**

- **poslovne priložnosti na področju električnih vozil,**
- **poslovne priložnosti na področju energetske varčnih stavb**
- **poslovne priložnosti na področju soproizvodnje električne in toplotne energije iz uplinjene lesne biomase**
- **poslovne priložnosti na področju vodika in vodikovih tehnologij**

## **Poslovne priložnosti na področju električnih vozil**

Gorazd Lampič

### **Uvod**

Energetika in transport postajata s prodorom novih tehnologij električnih pogonskih sistemov še bolj povezana kot v preteklem obdobju kjer so povezovalno vlogo igrala v veliki meri le tekoča fosilna goriva. Temeljni namen razvoja, proizvodnje in uporabe električnih vozil je znižanje porabe energije za vožnjo, znižanje emisij in hrupa med vožnjo, znižanje porabe materiala za izgradnjo vozil in zagotavljanje boljših vozni lastnosti, varnosti ter zanesljivosti delovanja. Še nadalje so električna vozila fleksibilnejša pri izboru primarnih virov energije, saj so kompatibilna z vsemi načini pridobivanja električne energije in vodika ter tako kot taka omogočajo večjo neodvisnost okolja, ki zagotavlja polnilno infrastrukturo, posledično pa tudi samih končnih uporabnikov.

Med novimi tehnologijami električnih vozil, ki so v fazi uvajanja na trg ali razvoja prototipov, spadajo hibridna vozila, akumulatorska električna vozila in električna vozila na vodik. Hibridi predstavljajo v že visoki meri ekonomsko opravičljivo in na trg plasirano rešitev za prehodno obdobje na področju osebnih avtomobilov in večjih vozil, v prihodnjih letih lahko pričakujemo njihov nadaljnji vzpon. Akumulatorska električna vozila so trenutno prisotna predvsem na področju lahkih dvokolesnih vozil kot so električna kolesa in skuterji, delno pa se uveljavljajo tudi na področju majhnih mestnih avtomobilov. Vozila na vodik prehajajo iz prototipnih izvedb na trg, pri čemer prednjači japonski proizvajalec Honda, ki ima na trgu že vozilo na vodik Honda FCX za končne kupce. Skladno z razvojem vozil na vodik se po svetu in tudi v Sloveniji postavlja tudi že mreža polnilnih mest za vodik.

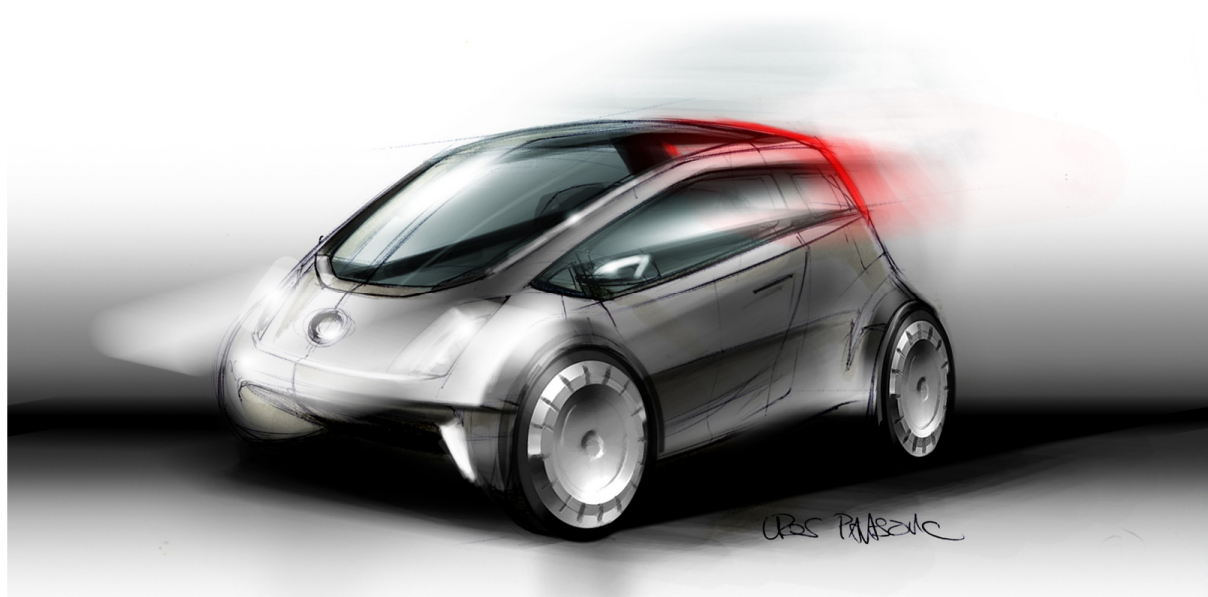
Tržne priložnosti na tem področju so praktično neomejene, saj povpraševanje precej presega ponudbo, z zaostrovanjem dostopnosti fosilnih goriv in izganjanjem motornega prometa iz mestnih središč pa se bo po pričakovanjih povpraševanje še povečevalo. Vprašanje je le, kdo ima dovolj znanja in sposobnosti, da se lahko novih projektov učinkovito loti. Največje težave pri želji po zagotavljanju ponudbe izhajajo na eni strani iz nezadovoljivih razvojnih rezultatov v smislu tehničnih karakteristik vozil in na drugi strani iz previsokih stroškov posameznih komponent. Največja trenutna ponudba na področju lahkih vozil je v Aziji, predvsem na Kitajskem za dvokolesnike in na Japonskem za osebne avtomobile. Razloga za to sta zelo poučna. Tehnologija električnih pogonov je na dovolj visoki ravni, da je na primeru dvokolesnikov v vseh pogledih presegla klasične fosilne tehnologije, Kitajci pa so to sposobni cenovno učinkovito implementirati. Na drugi strani so japonski proizvajalci trenutno v svetu najnaprednejši tako v tehnološkem kot tržnem smislu in diktirajo smer razvoja v za njih najustreznejše področje. Tudi pristop k delu je v obeh državah primernejši za ambiciozno, hitro in učinkovito delo, kar vodi do izrazito prevladujočega položaja na trgu.

Kje je na tem področju priložnost Slovenije? Vsekakor je priložnost vezana na realizacijo kompetenc, ki jih imamo kot dediščino preteklih in stranski produkt tekočih aktivnosti v razvoju in proizvodnji elektro ter avtomobilske industrije, ki predstavljata poleg farmacije tudi največji del domačega izvoza. Te kompetence so prepoznavne ali pa tudi še skrite v posameznih večjih podjetjih (primeri: Iskra Avtoelektrika, Hidria, Domel...), manjših podjetjih (primer: Piktronik, Atech, Elaphe) in institucijah (IJS, KI, TECES, Univerza v MB, Univerza v LJ...), kjer proizvajajo posamezne komponente za katere so specializirana. Gre za

tradicionalna znanja, ki močno presegajo izdelke na katerih so aplicirana, saj posamezni izdelki, večinoma podsklopi ali le posamezne komponente ne nudijo dovolj velikega prostora za aplikacijo vsega znanja. Zagotavljanje visoke dodane vrednosti je seveda v veliki meri vezano tudi na samo blagovno znamko in celovitost izdelka. Posamezne komponente so na voljo na konkurenčnem globalnem trgu, kjer igra eno izmed največjih vlog končna cena izdelka. Trendi v avtomobilski industriji so usmerjeni na povečevanje pomena komponentašev, ki so sposobni integrirati podkomponente v cel sklop, npr. pogonski sistem ali v nekaterih primerih kar cel avtomobil. Na drugi strani priložnost Slovenije izhaja tudi iz obvladovanja dizajna, predvsem industrijskega dizajna, ki igra vidno vlogo v naših večjih podjetjih (primer: Gorenje). Združitev vsega domačega znanja in integracija industrijskih kapacitet bi lahko zagotovila celovit izdelek – električno vozilo z visoko dodano vrednostjo in primernim položajem na trgu. Glede na trenutno stanje tehnike bi bila najbolj smiselna izdelava štirikolesnega vozila, ki spada po homologaciji v kategorijo L6e ali L8e in je neke vrste zadnja stopnja vozila, ki ponuja lastnosti mestnega avtomobila, po tehnični in pravni zahtevnosti pa je bolj enostaven. In kot zadnji, a seveda ključni dejavnik so sposobnosti promocije in prodaje izdelkov, kjer so nekatera naša podjetja izjemno uspešna tudi na tujih trgih (primer: Studio Moderna).

Vzporedno z najambicioznejšim in celovitim pristopom k izdelavi celega vozila so aktualne tudi mnoge aplikativne raziskave in spodbujanje projektov tržne implementacije na področjih virov električne energije, polnilnih mest za električna vozila, sistemov obojestranskega pretoka informacij in energije med vozili in omrežjem, sami podsklopi električnih vozil ter ostala področja sodobnih tehnologij v energetiki, ki bodo nudila trdno zaledje in konkurenčnost posameznim akterjem na globalnem trgu.

Slika 1: Primer vizualizacije majhnega mestnega avtomobila [Uroš Pavasovič]



Majhen gibčen električni avto bo najbolj uporaben v mestnih vožnjah. Njegova poraba primarne energije bo nekajkrat manjša od porabe primarne energije klasičnih bencinskih avtomobilov. S tem bo povzročal bistveno manj emisij kot jih povzročajo obstoječi avtomobili. Ta aplikacija po našem mnenju predstavlja največjo poslovno priložnost za Slovenijo.

Glede posameznih tipov tehnologij se ocenjuje, da bodo v avtomobilski industriji do leta 2015 prevladovali hibridi, od tam naprej pa bo intenzivna tudi rast vozil na vodik. Glede pogonskih sklopov dr. Peter Harrop napoveduje znatno rast prevoznih sredstev, ki bodo imele »in-wheel« tehnologijo električnega pogona. Tako naj bi leta 2020 kar 20% vseh proizvedenih avtomobilov imelo pogon na električni motor v kolesu. V nekaterih primerih (Avtobusi, viličarji) naj bi bil ta odstotek še višji (90%, 100%), električni skuterji in kolesa pa so taki že sedaj v celoti.

Na področju razvoja električnih vozil imamo Slovenci bogato zgodovino. Dve zgodbi segata v pozna osemdeseta leta prejšnjega stoletja. Na eni strani je bil v tistem času razvit popolnoma delujoč električni pogonski sistem za vozilo Renault 5, za katerega so bili potrjeni tudi že dogovori o polni industrializaciji v Renaultovi proizvodnji liniji s proizvodno kapaciteto nekaj deset tisoč vozil. Projekt se žal ni realiziral. Na drugi strani pa se je takrat začel tudi razvoj elektromotorjev za direktni pogon, ki se je v začetku tega stoletja realiziral žal ne v vozilih, ampak v japonski tovarni robotov, ki je odkupila intelektualno lastnino projekta. Dediščina obeh projektov je bogato znanje in nova podjetja ter skupine, ki nadaljujejo raziskovalno in praktično delo na tem področju. Poleg teh dveh projektov je tudi večja industrija pripravila nekaj prototipov električnih vozil, ki pa so žal tudi ostala na nivoju prototipov.

Za razvoj, izdelavo in prodajo takega vozila in pogonskega sistema vlada v Sloveniji že zelo velik interes strokovno kompetentnih partnerjev. Vmesni rezultati osnovne študije, ki jo podjetje Elaphe d.o.o. izvaja v okviru projekta »Analiza optimalnega uvajanja električnega prometa v slovenska mesta« so prinesli preko dvajset potencialnih partnerjev:

AiP d.o.o., Atech d.o.o., Berton d.o.o., ELEKTRONA d.o.o., Geodetski inštitut Slovenije, HIDRIA d.o.o., Impol R in R d.o.o. in Alureg-PIN d.o.o., Magneti d.d., MI ELEKTRONIKA d.o.o., Orkom d.o.o., Piktronik d.o.o., Prevent Global d.d., RLS d.o.o., RTC zavod za avtomobilsko ind., Simuteh, Sinteza d.o.o., Sistemi IN ES d.o.o., SM – Strojoplast, Smarteh d.o.o., Strojna tovarna Trbovlje d.d., STT, TECOS, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Terming termografija d.o.o., Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, ZE-EN d.o.o

Izdelava slovenskega električnega mestnega avtomobila pa bi seveda v veliki meri vplivala na večji del našega gospodarstva v zelo različnih sektorjih.

## **Poslovne priložnosti na področju energetske varčnih stavb**

Tanja Mohorič

### **Uvod**

Vključevanje novih konceptov v načrtovanje, in gradnjo novih ter obnovo obstoječih stavb je ključno na področju učinkovite rabe energije.

Prav tako je pomemna izvedba celovitih rešitev za upravljanje z energijo v javnih stavbah, tako pri uporabi v novogradnjah ko tudi in predvsem pri integraciji koncepta v obstoječe stavbe. Stavbe so največji potrošnik primarne energije, saj za njihovo delovanje v svetovnem merilu porabimo več kot 40 % primarne energije. S tem so tudi eden izmed ključnih temeljnih kamnov za doseganje ciljev 8% zmanjšanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012, (v primerjavi z letom 1986), za kar nas zavezuje sprejeti Kyotski protokol. Celo več, okoljski cilji so že postavljeni tudi za obdobje do leta 2020 in sicer gre za 20% znižanje emisije toplogrednih plinov in 20% zagotavljanje energije iz obnovljivih virov, vse to do leta 2020. Največji del energije, ki jo rabimo za delovanje stavbe uporabimo za ogrevanje oziroma hlajenje, nezanemarljiv delež pa predstavlja tudi razsvetljava. Gre za sisteme, ki so v stavbo umeščeni že arhitektonsko. Drugi segment rabe energije v stavbi je raba za delovanje strojev in naprav, vendar gre v teh primerih za premične porabnike energije, ki so zaradi svoje premičnosti avtonomni in imajo sebi lasten režim upravljanja z energijo. Učinkovita raba energije v že obstoječih stavbah temelji na t.i. energetskega trikotniku (Trias energetica) in sicer je osnova in največji učinek v minimizaciji potrebne energije za delovanje stavbe, druga stranica trikotnika je raba obnovljivih virov energije, tretja stranica pa predstavlja maksimizacija učinkovitosti rabe energije. Tako izraženim ciljem sledijo tudi tehnološke rešitve in sicer cilj znižanja potrebe po energiji rešujemo na dva načina: s klasično toplotno izolacijo stavb in z vgradnjo t.i. odzivnih gradbenih elementov (npr. sistemi za hranjenje toplote, ovoj z integriranimi funkcijami ali s krmiljenimi lastnostmi). Cilj integracije obnovljivih virov, kjer prednjači raba sončne energije deloma sovpada z opisanimi odzivnimi gradbenimi elementi (npr. integracija fazno spremenljivih materialov – PCM v gradbene elemente), deloma pa ga dosegamo z integracijo sistemov za zajem sončne energije ali drugih nizko eksergijskih sistemov v samo stavbo. Tretji cilj je učinkovita raba energije, ki jo dosegamo z inteligentnim upravljanjem.

Osnovno izhodišče novih projektov mora biti obstoječa stavba ali novogradnja, ki jo želimo energijsko rešiti. Nameščanje toplotne izolacije na ovoj stavbe kot celoto ni del systemske rešitve v smislu izvedbe, saj je za ta segment na voljo množica obstoječih rešitev, kot so nameščanje toplotne izolacije na ravno streho, nameščanje toplotne izolacije na fasado itd.

V okviru omenjene problematike ima Slovenija odlične kompetence za razvoj:

- interaktivnega panela
- visokoučinkovitega hibridnega solarnega panela
- ploščatega sprejemnika sončne energije
- absorpcijske hladilne naprave na solarno energijo
- kimatske naprave na hlapilno/sorpcijsko hlajenje

- naprave za hlajenje in ogrevanje z integracijo EC motorjev
- ineligentni elektronsko komutirani ventilatorjev
- kompaktnega zalogovnika

Vse skupaj mora biti seveda povezano s centralnim sistemom za upravljanje.

Ključ do optimalne energetske rešitve leži v smiselni povezavi posameznih parcialnih rešitev z uravnoteženostjo le teh. To pomeni da glede na danosti (obstoječe) stavbe presodimo oziroma izračunamo potrebne vire energije za ogrevanje in za hlajenje. Obdelamo tudi potrebo po osvetlitvi na različnih mestih v stavbi. Na tej osnovi določimo potrebne moči za ogrevanje, hlajenje in razsvetjavo. Na drugi strani ocenimo potencial za izkoriščanje sončne energije za ogrevanje in za hlajenje z uporabo različnih modularnih komponent sistema ter izračunamo karakteristike več možnih konfiguracij sistema. Na tej osnovi pravilno dimenzioniramo posamezne elemente oziroma ovrednotimo njihov prispevek k optimalnemu delovanju sistema.

Centralni nadzorni sistem je jedro inteligentnega upravljanja posameznih komponent. Z vgrajenimi krmilnimi protokoli se odziva na množico zunanjih signalov. Posebnost sistema je modularni nabor rutin na nivoju CNS-a za odločanje o optimalnem trenutnem viru energije s prednostjo rabe alternativnih virov ( solarna energija, aktivni ovoj, zalogovnik ), optimizacijo porabe posameznih sistemov na osnovi zunanjih podatkov ( podatki iz meteorološke postaje objekta ) in časovno optimiziranje porabe z integracijo zalogovnika in uporabo zgodovine podatkov .

Nov koncept gradnje stavb ima zaradi svoje narave potencialno velik vpliv na doseganje cilja 20% zmanjšanja potreb po energiji in implementacije 20% obnovljivih virov energije v stavbe do leta 2020. Temelji na tehnološko naprednih rešitvah in omogoča aplikacijo v raznih primerih. Potencial sistema je zelo odvisen od vake konkretne stavbe, zato ga ni preprosto napovedovati. Če za izhodišče vzamemo stavbo, ki ima npr. letne potrebe po toploti za ogrevanje 100 kWh/m<sup>2</sup>, potem lahko s kalitnim, kompleksnim sistemom zmanjšamo količino potrebne toplote tudi za več kot 70% (velja za primer s sanacijo na nizkoenergijski standard). V nekaterih primerih je potencial še večji, saj je gradbeni fond javnih stavb, predvsem tistih, grajenih pred letom 1980 energetska zelo potraten. Na drugi strani je to gradbeni fond, ki bo v kratkem predmet sancije tudi zardi splošne dotrajanosti stavbe in ovoja.

## **Poslovne priložnosti na področju sproizvodnje električne in toplotne energije iz uplinjene lesne biomase**

dr. Zoran Marinšek, mag. Peter Nemček

### **Uvod**

Tehnologije za energetska izrabo lesne biomase spadajo med trajnostne in okolju prijazne metode za proizvodnjo energije. Razvoj novih generacij omenjenih tehnologij bo bistveno prispeval k zmanjševanju toplogrednih plinov, zmanjševanju lokalnih okoljevarstvenih problemov, omogočal bo še učinkovitejšo izrabo domačih in obnovljivih energetskih virov. V primeru množičnih implementacij se bodo odpirala tudi nova delovna mesta. Kot najobetavnejša tehnologija pri doseganju vseh naštetih izzivov se kaže tehnologija uplinjanja lesne biomase za sproizvodnjo toplote in elektrike (SPTE).

Potrebno se je usmeriti v razvoj uplinjalnikov nove (tretje) generacije sistemov uplinjanja lesne biomase za proizvodnjo čistega lesnega plina. Tako pridobljen plin je primeren za uporabo v postrojenjih za sočasno proizvodnjo električne in toplotne energije (SPTE) s plinskimi motorji. Možne so nadgradnje kogeneracije v trigeneracijo – proizvodnjo hladu iz odvečne toplote v absorpcijskih hladilnih agregatih. Zaradi velike vsebnosti vodika v lesnem plinu ima tehnologija velik potencial tudi v povezavi z gorivnimi celicami in vodikovimi tehnologijami.

Uplinjanje lesne biomase v kombinaciji z visoko učinkovito tehnologijo SPTE predstavlja rabo primarnega energenta, ki je CO<sub>2</sub> nevtralen in obnovljiv vir domačega izvora.

Tehnologija uplinjanja lesne biomase je v svetovnem merilu trenutno še vedno v fazi razvoja, kar predstavlja velik razvojni potencial tudi za slovensko industrijo in raziskovalne inštitucije. Implementacije so možne povsod tam, kjer je na voljo dovolj lesne biomase in tam kjer obstaja potreba po toplotni in električni energiji.

### **Tehnologija uplinjanja lesne biomase**

Kot kažejo do sedaj pridobljene izkušnje, povezane z implementacijami tehnologij kogeneracij in izvedenimi študijami izvedljivosti, so ključne zahteve pri izbiri (in implementaciji) postrojenj visoki električni izkoristki ob predpostavki dovolj velikih razpoložljivih potreb po toplotni energiji. Prav zaradi vseh teh faktorjev tehnologija uplinjanja lesne biomase predstavlja visok potencial predvsem za aplikacije, kapacitet velikostnega reda manj od 1 MW električne energije ob relativno ugodnem razmerju med proizvedeno električno (1/3) in toplotno energijo (2/3).

Do sedaj so bili glavni poudarki pri razvoju tehnologije uplinjanja lesne biomase v glavnem na aplikacijah večjih kapacitet. Eden od pomembne sestavine nove Evropske razvojne strategije (SET načrt) pa je povečanje razpršenosti proizvodnje energije v manjših in majhnih enotah. S tem v sozvočju se v zadnjem obdobju trendi povpraševanja po sistemih za uplinjanje lesne biomase kažejo tudi na področju manjših postrojenj, kar kliče po razvoju prav takšne generacije postrojenj, ki ustrezajo standardom zanesljivosti, robustnosti in nenazadnje ekonomske upravičenosti delovanja teh postrojenj.

Uplinjanje je proces pretvorbe kemične energije lesne biomase (trdno gorivo, nizko kakovostna energija) v uporabno obliko energije (plinasta goriva, visoko kakovostna energija). Proces pretvorbe je zahteven proces sestavljen iz različnih biokemičnih, kemičnih in termokemičnih procesov.

Proces poteka z delno oksidacijo pri temperaturah med 500 °C in 1500 °C. Rezultirajoči plin se sestoji iz ogljikovega dioksida, ogljikovega monoksida, vodika, metana, sledov višjih vodikoo ogljikov, vode, dušika in številnih primesi, kot so npr. manjši delci oglja, pepela, katrani in olja. Na ta način proizvajamo lesni plin, ki po predhodnem hlajenju in ustreznem čiščenju ustreza zahtevam SPTE s plinskim motorjem z notranjim izgorevanjem.

Dejstvo je, da z vidika uporabe goriva (lesne biomase) ne obstaja univerzalni uplinjalnik in je zato za razumevanje prednosti in pomanjkljivosti potrebno poznavanje različnih razpoložljivih tehnoloških pristopov za uplinjanje lesne biomase.

### **Tehnologija uplinjanja (lesne) biomase nove generacije**

Konstrukcija uplinjalnika nove generacije omogoča, da je faza pirolize, kjer gre za kemično pretvorbo lesne biomase zaradi delovanja toplote, ločena od ostalih dveh faz. Piroliza poteka v poševnem valju, v katerega se na spodnji strani z dozirnimi polžem potiskajo lesni sekanci. Poševni valj, v katerem poteka piroliza, je na vrhu spojen s pokončnim valjem, kjer potekata fazi oksidacije in redukcije.

Ker gre ves razvoj nove generacije uplinjalnikov predvsem v smer zmanjševanja onesnaženosti izstopnega plina, se kaže priložnost v razvoju koncepta tristopenjskega uplinjalnika. Na tem področju je več slovenskih podjetij (INEA d.o.o., Elektro Ljubljana d.d., ISKRA Invest d.d., Stubelj d.o.o. WVterm d.o.o.) že izkazalo interes in pričelo s povezovanjem z uveljavljenimi slovenskimi razvojno raziskovalnimi inštitucijami (IJS, Fakulteta za strojništvo, Fakulteta za elektrotehniko, Kemijska fakulteta) ter z izvajanjem nekaterih aktivnosti.

Za slovensko industrijo in raziskovalne inštitucije se kaže priložnost v razvoju nove generacije postrojenja za soproizvodnjo toplote in elektrike na uplinjanje lesne biomase, ki bo nastal kot kombinacija razvoja povsem novih tehnologij (optimizacijski algoritmi računalniškega vodenja, sistem za selekcijo lesne biomase, tretja stopnja uplinjanja, sistem za termično razgradnjo vodne pare, in sistem za prilagoditev motorja na lesni plin) ter z uporabo in integracijo že obstoječih tehnologij (sušilnik, uplinjalnik, filter in motor).

### **Odpri izzivi**

Nova generacija uplinjalnikov lesne biomase manjših moči obeta velik napredek v tehnologiji uplinjanja. Odpravila bo problem katrana v plinu ter visoke vzdrževalne stroške. Poleg tega pa obeta tudi višji električni in skupni izkoristek ter boljšo ekonomiko investicije.

Kot vsak tehnološki preskok, potrebuje tudi nova generacija uplinjalnika za tehnološko dozorelost in resen preboj v komercialne vode dober pilotni projekt ter demonstracijski projekt z dolgotrajnim obratovanjem v realnih razmerah. Le tako se bodo pokazali vsi novi izzivi, rešitve pa potrdile vse prednosti, ki jih tehnologija nove generacije uplinjanja prinaša.

Tehnologija uplinjanja lesne biomase za soproizvodnjo električne in toplotne energije je zelo perspektivna saj se možne nadgradnje kažejo v povezavi s tehnologijo trigeneracije (dodatne

proizvodnje hladu iz odvečne toplote) ter v povezavi z vodikovimi tehnologijami in gorivnimi celicami, kjer je še posebej pomembna čistost lesnega plina in visoka vsebnost vodika.

Razvoj in proizvodnja nove tehnologije zahteva različna znanja in kompetence, ki jih v slovenskem prostoru zberemo le s povezovanjem; izziv je skupni razvoj te tehnologije in ustanovitev skupnega podjetja, z ambiciozno vizijo množične uveljavitve in implementacije nove tehnologije uplinjanja lesne biomase za SPTe na svetovnem energetske tržišču.

## **Poslovne priložnosti na področju vodika in vodikovih tehnologij**

Mag. Matjaž Čemažar, dr. Vladimir Jovan,

### **Uvod**

Gorivne celice predstavljajo danes eno najbolj propulzivnih razvojno-raziskovalnih področij (prioritetna tema v 6. in 7. Okvirnem programu Evropske Unije, program NATO Science for Peace, ameriška Nacionalna Znanstvena Agencija, NSF in druge nacionalne agencije). Potrebe za raziskave in razvoj področja gorivnih celic izhajajo iz projekcije energetskih virov, ki so postavili v prvi plan vprašanja alternativnih virov električne energije, boljšega izkoristka, zmanjšanje emisije, npr. skozi rabo električnih vozil in prednosti, ki jih uvedba tovrstne tehnologije omogoča. Prve raziskave so se začele z ameriškim programom Apollo in v sedemdesetih letih po prvi t.i. naftni krizi, ko so se razvojne institucije začele ukvarjati z raziskavami na področju alternativnih virov energije. Na področju gorivnih celic so trenutno v znatni prednosti ZDA in Japonska, medtem ko se Evropa pospešeno vključuje v raziskovalne in razvojne aktivnosti na tem področju.

Danes v svetu velja prepričanje, da je tehnologija gorivnih celic nedvomno tehnologija, ki v bodočnosti predstavlja enega najpomembnejših in najbolj perspektivnih načinov pridobivanja električne energije. Zato se sredstva, namenjena razvoju tehnologije gorivnih celic, eksponentno povečujejo. Če so v letu 2003 znašala proračunska sredstva vložena v raziskave in razvoj na področju vodika in gorivnih celic na ravni EU (5. OP) 143 mln €, na Japonskem 204 mln € in v ZDA 245 mln €, so napovedi vseh treh območij, da bodo podvojila vlaganja na letni ravni v naslednjih petih do sedmih letih od leta 2006 naprej.

Tudi Slovenija se zaveda pomembnosti tega tehnološkega področja, zato po svojih možnosti že vlaga v razvoj (po grobih podatkih smo v letih 2003 in 2004 v Republiki Sloveniji iz proračunskih sredstev namenili približno 230.000 € letno za raziskave in razvoj na področju vodika in gorivnih celic, in še to večinoma kot paritetna sredstva iz obstoječega programskega in projektnega financiranja za udeležbo v evropskih projektih s to tematiko). V Sloveniji je več raziskovalnih skupin, ki razpolagajo s potrebnimi generičnimi in infrastrukturnimi znanji na področju gorivnih celic oz. njihovih vitalnih sklopov. Skupine so do leta 2006 delovale bolj ali manj nepovezano, vsaka na svojem strokovnem segmentu, od 2006 pa je opazno delno interesno povezovanje. Leta 2006 je bila ustanovljena Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice (SIHFC). Drug pomemben dejavnik povezovanja je več tekočih projektov (projekt CRP "Sistem gorivnih celic kot pomožni vir energije za zagotavljanje avtonomnosti vojaških vozil", projekt »Mobilni testni laboratorij z napajalnim modulom za gorivne celice -TESTLAB«, projekt »Razvoj demonstracijskega prototipa sistema kogeneracije mobilne izvedbe za vojaške namene na osnovi gorivnih celic«), kjer že sodeluje več slovenskih razvojnih skupin. Pomembno pri tem je, da je v Sloveniji tudi del industrije, ki je že dejavna na tem segmentu (Domel d.d., Magneti d.o.o.). Druga industrijska podjetja zaenkrat še čakajo na priložnosti za izdelavo namenskih podsklopov za sisteme gorivnih celic. V splošnem velja, da sodelovanje med razvojnimi skupinami in povezava z industrijo v Sloveniji še šepa. Za premostitev tega dejstva je bil v letu 2008 ustanovljen Center za vodikove tehnologije.

## **Tehnologija**

Pridobivanje električne energije z gorivnimi celicami postaja zaradi uspešnega tehnološkega razvoja na tem področju in ekoloških prednosti zanimivo že tudi za različne industrijske in druge aplikacije (stacionarni sistemi, mobilni sistemi, prenosni sistemi). Ocena je, da danes navkljub uporabi gorivnih celic v najrazličnejše aplikacije, tehnologija še ni dodelana do te stopnje, da bi zagotavljala rutinsko uporabo in ekonomiko obratovanja v najrazličnejših aplikacijah. Osnovni problem vseh tipov gorivnih celic je danes v dragih materialih, še razvijajoči tehnologiji, dragih potrebnih podsklopih, prekratki življenjski dobi celic, premajhni robustnosti in prenizkem izkoristku.

V prihodnjih letih pričakujemo pomemben napredek v industrializaciji in komercializaciji teh sistemov kot alternativnega sistema za generiranje električne in toplotne energije v energetiki, industriji, transportu, v gospodinjstvih in drugih področjih našega življenja.

## **Odpri izzivi**

Večina potrebnih nadaljnjih raziskav in razvoja se bo nanašala na reševanje problemov zanesljivosti, varnosti, upravljanja s pretvorjeno energijo, kombiniranja z drugimi viri energije, nadzorom delovanja oz. diagnostiko ter cenovno sprejemljivostjo različnih aplikacij. Predvsem pa bo poudarek na zasnovi in izvedbi sistemov, ki bodo kot vir energije uporabljali gorivne celice. Potreben je razvoj specifičnih sistemov vodenja in namenskih elektronskih sklopov, ki bodo zagotovili predvsem razpoložljivost, zanesljivost in cenovno sprejemljivost teh naprav. Potrebno je zagotoviti zanesljivo delovanje pri pričakovanih temperaturnih ekstremih (npr. zmrzovanje, hlajenje), izvesti dinamično prilagajanje sprememb bremena in optimirati kombiniranje z drugimi obnovljivimi viri energije (sonce, veter, itd). Le z uspešnimi rezultati takih raziskav in z uporabo sodobne implementacijske tehnologije bo mogoče povečati množičnost uporabe sistemov na osnovi gorivnih celic. Glavni izziv na področju gorivnih celic je z ustreznimi rešitvami prispevati k njihovi industrializaciji in komercialni uporabi v najrazličnejših aplikacijah.

Pomembno pri tem je, da je v Sloveniji več raziskovalnih skupin in tudi del industrije že dejavnih na poročjih raziskav, razvoja in izvedbe na gorivnih celicah zasnovanih energetske sistemov. V teku je že več projektov s svetovnimi proizvajalci sistemov gorivnih celic (Ballard, Hydrogenics, PlugPower, Vaillant), kjer naša podjetja skupaj z slovenskimi raziskovalnimi institucijami razvijajo posamezne namenske podsklope, utečeno pa je tudi sodelovanje pri evropskih projektih na področju gorivnih celic. Priložnosti slovenskega gospodarstva na področju gorivnih celic vidimo zato predvsem na področjih:

- razvoja namenskih elektronskih sklopov in računalniških sistemov vodenja za sisteme gorivnih celic
- razvoj namenskih aplikacij uporabe gorivnih celic (industrijski kogeneracijski sistemi, hišni kogeneracijski sistemi, sistemi pomožnega brezprekinitvenega napajanja, prenosni generatorji električne energije)
- razvoju metod in postopkov za povečanje zanesljivosti in varnosti obratovanja sistemov z gorivnimi celicami v različnih aplikacijah

- obvladovanje življenjskega cikla implementacije različnih sistemov z gorivnimi celicami v industrijski praksi.

Prepoznane prednosti in priložnosti Slovenije za uvajanje tehnologije vodika, na katerih je potrebno graditi strategijo nadaljnjega razvoja so torej v znanju in dosežkih RR dejavnosti, kompetencah slovenskega gospodarstva – storitvenega sektorja in industrije (avtomobilska industrija) - in prvih aplikacijah na področju razvoja perifernih tehnologij in v energetiki ter že vzpostavljeni organiziranosti in povezanosti nosilcev znanja v tehnološki platformi.

Predlogi za oblikovanje nacionalne politike izhajajo iz rezultatov dosedanjih študij in iniciativ kot tudi iz ocene potencialov in možnosti za bolj sistematičen pristop k uvajanju ekonomike vodika, v skladu z globalnimi trendi razvoja na tem področju. Temeljijo na treh ključnih tezah, ki jih potrjujejo tudi izkušnje drugih držav:

Dolgoročni cilj je razvoj znanja in ustvarjanje okolja za prehod v ekonomijo vodika. Strategija mora biti usmerjena v oblikovanje politik, ki bodo podpirale razvoj na vseh ključnih področjih razvoja tehnologij, oskrbe z vodikom in razvoja infrastrukture, to pa so **razvojno raziskovalna, tehnološka, izobraževalna politika in politike za trajnostni razvoj**

## **V. SKLEP**

*Globalni trendi povečevanja vlaganj v čistejše energetske tehnologije so dodatna spodbuda za domača vlaganja v raziskave, razvoj in iskanje celovitih poslovnih priložnosti na področjih, kjer je slovenska industrija že močna, obenem pa imamo zaledje bazične znanosti, ki omogoča višjo dodano vrednost.*

*Vprašanja in usmeritve v zvezi z nuklearno energijo, pridobivanjem in koriščenjem premoga ter plina pa so v večji meri vezana na strateške odločitve glede oskrbe Slovenije z zadostno količino energije, vlaganja v izgradnjo novih kapacitet pa načeloma niso predmet skupnih razvojno raziskovalnih projektov, podprtih s sredstvi sofinanciranja ampak odločitve politike.*

*Najpomembnejša na področju proizvodnje, oskrbe in rabe energije pa je podpora politike v smislu sprejemanja zakonodaje, ki intenzivno podpira uvajanje novih energetske učinkovitih konceptov na vseh področjih delovanja. Enostaven način je t.im. **zeleno naročanje**, pri čemer naj bi vsa javna naročila obvezno temeljila na zahtevi po energetske učinkovitih izdelkih, storitvah in sistemih, temelječih, kjer je možno, predvsem na obnovljivih virih energije. Ker gre za nova področja in tehnologije ter nove pristope je namreč doseganje zastavljenih ciljev na področju zmanjševanja emisij škodljivih toplogrednih plinov nemogoče, če k temu aktivno ne pristopi tudi politika.*