



REPUBLIKA SLOVENIJA
NOSILEC JAVNEGA PODRABASTVA
JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVANJE IN INOVACIJE
REPUBLIKE SLOVENIJE

Št. projekta VI-0297

Projeto:	- 4 - 11 - 2008	01/10
Šifra zadeve:	63113-408/2008	

14

SPEV – Slovenija in prehod na ekonomijo vodik

Zaključno poročilo raziskovalnega projekta
Oktober 2008

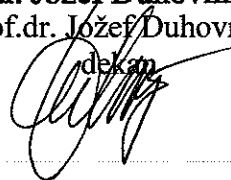
COBISS.SI-ID:10705947

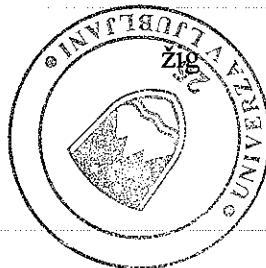
Projekt: CRP »Konkurenčnost Slovenije 2006 – 2013«

IZVAJALEC: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, nosilka projekta
Laboratorij za termoeenergetiko


doc.dr. Mihael Sekavčnik,
vodja projekta

Po pooblastilu
prof.dr. Jožef Duhovnik, dekan
prof.dr. Jožef Duhovnik,
dekan





Ljubljana, 29. 10. 2008



Št. poročila.: 03-16/1-08/MS

SPEV – Slovenija in prehod na ekonomijo vodika

**Zaključno poročilo raziskovalnega projekta
Oktober 2008**

Avtorji: doc.dr. Mihael Sekavčnik, univ.dipl.inž.str.
Mitja Mori, univ.dipl.inž.str.

prof. dr. Viktor Grilc (Kemijski Inštitut Ljubljana)
mag. Gorazd Lampič (Elaphe, d. o. o.)
mag. Matej Gajzer (TECES)
Mateja Mešl
Franc Koplán (Magnet, d. d.)

© Laboratorij za termoeenergetiko
Fakulteta za strojništvo
Aškerčeva 6, Ljubljana

Brez soglasja Laboratorija za termoeenergetiko je prepovedano vsakršno razmnoževanje ali prepis v kakršnikoli obliki.

Fakulteta za strojništvo ne prevzema odgovornosti za kakršnokoli neposredno, posredno ali posledično škodo, ki bi lahko izvirala iz napačne uporabe informacij ali podatkov ali nezmožnosti uporabe informacij ali podatkov, ki izhajajo iz tega dela.



**Slovenska tehnološka platforma
za vodik in gorivne celice**

**Slovenian Hydrogen and Fuel Cell
Technology Platform**

Ciljni raziskovalni program

»Konkurenčnost slovenije 2006 – 2013«

Projekt V1-0297

SPEV – Slovenija in prehod na ekonomijo vodika

ZAKLJUČNO POROČILO PROJEKTA

Datum: September 2008

Namen: Namen projekta SPEV obsega pripravo celovitega interdisciplinarnega pregleda stanja na področju potencialov in razvojnih izzivov ob prehodu na ekonomijo vodika v Sloveniji in sicer na področjih:

- izrabe obstoječih, zlasti obnovljivih virov energije v vodikovih tehnologijah – trendi v svetu in potenciali v Sloveniji;
- mobilnih aplikacij;
- stacionarnih aplikacij;
- proizvodnje in shranjevanja vodika;
- razvoja in komercializacije komponent perifernih sistemov v slovenski industriji;
- potencialov direktnih in multiplikacijskih ekonomskih učinkov na slovensko gospodarstvo.

Pri izdelavi dokumenta sodelovali:

- | | |
|--|--|
| - Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, nosilka projekta | doc.dr. Mihael Sekavčnik, vodja projekta |
| | Mitja Mori |
| - Kemijski inštitut | prof.dr. Viktor Grile |
| - Magneti Ljubljana, d. d. | Franc Koplan |
| - TECES, Tehnološki center za električne stroje | mag. Matej Gajzer |
| | Bojan Stergar |
| - Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta | prof.dr. Marko Jaklič |
| - Domel, d.d. | mag. Matjaž Čemazar |
| - Iskra Avtoelektrika, d. d. | Robert Žerjal |
| - Hidria Rotomatika, d. o. o. | Mirko Petrovčič |
| - | |
| DRUGE: | |
| - Elaphe, d. o. o. | mag. Gorazd Lampič |

Mateja Mešl



Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice
Slovenian Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform

Pobreška cesta 20, SI-2000 Maribor

☎ +386 2 333 13 50

☎ +386 2 333 13 51

✉ info@sihfc.si

<http://www.sihfc.si>

KAZALO

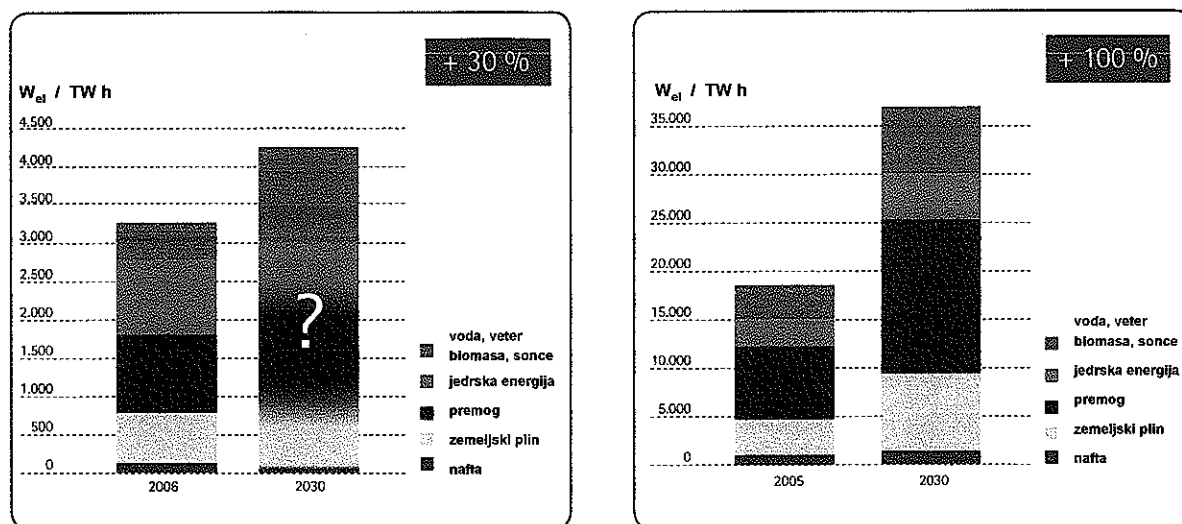
1	<u>UVOD</u>	<u>1</u>
2	<u>MEDNARODNE ŠTUDIJE IN ANALIZE NA PODROČJU VODIKOVIH TEHNOLOGIJ</u>	<u>4</u>
3	<u>VODIKOVE TEHNOLOGIJE</u>	<u>7</u>
3.1	PRIDOBIVANJE VODIKA	9
3.1.1	REFORMIRANJE ZEMELJSKEGA PLINA S PARO	10
3.1.2	UPLINJANJE VELENJSKEGA LIGNITA	11
3.1.3	TERMOKEMIČNO UPLINJANJE LESNE BIOMASE	12
3.1.4	PIROLIZA LESNE BIOMASE	13
3.1.5	KOMBINIRANI PROCES PIROLIZE IN UPLINJANJA LESNE BIOMASE	14
3.1.6	ELEKTROLIZA	15
3.2	TRANSPORT, LOGISTIKA IN SHRANJEVANJE VODIKA	16
3.3	UPORABA VODIKA	20
3.3.1	STACIONARNE APLIKACIJE: FOSFORNOKISLINSKA GORIVNA CELICA (PAFC)	22
3.3.2	MOBILNE APLIKACIJE	22
3.4	ŠTUDIJE ŽIVLJENJSKIH CIKLOV TEHNOLOGIJE »LIFE CYCLE ASSESSMENT«	23
3.4.1	FAZE PROJEKTA LCA	23
3.4.2	ZNAČILNOSTI IN OMEJITVE LCA	27
3.5	PROGRAMSKO OKOLJE GABI 4	28
4	<u>ANALIZA REZULTATOV LCA ŠTUDIJ OBRAVNAVANIH TEHNOLOGIJ</u>	<u>31</u>
4.1	PORABA SUROVINSKIH VIROV	31
4.1.1	PORABA NEOBNOVLJIVIH VIROV	32
4.1.2	PORABA OBNOVLJIVIH VIROV	33
4.2	VPLIVI NA OKOLJE	34
4.2.1	POTENCIAL GLOBALNEGA SEGREVANJA (GWP; METODOLOGIJA - CML2001)	35
4.2.2	POTENCIAL ZAKISLJEVANJA OKOLJA (AP; METODOLOGIJA - CML2001)	37
4.3	ENERGIJSKI IZKORISTEK PRETVORB	38
4.4	ENERGIJA PORABLJENA ZA PROIZVODNJO 1 KG VODIKA	40
4.5	LCC (LIFE CYCLE COSTING) ANALIZA	41
4.5.1	CENA KILOGRAMA PROIZVEDENEGA VODIKA PO RAZLIČNIH TEHNOLOŠKIH POSTOPKIH	41

4.5.2 PRIMERJAVA CEN AKTUALNIH ENERGIJSKIH VIROV S CENO VODIKA PRIDOBLENEGA PO RAZLIČNIH TEHNOLOŠKIH POTEH	43
4.6 UPORABA VODIKA IZ LESNE BIOMASE V TRANSPORTU	45
5 <u>POTENCIAL, INTERES, PROMOCIJA IN IZOBRAŽEVANJE NA PODROČJU TEHNOLOGIJ VODIKA</u>	47
5.1 METODOLOGIJA	47
5.2 POZNAVANJE, INTERES IN POTENCIAL SLOVENSKEGA GOSPODARSTVA	48
5.3 PROMOCIJA IN IZOBRAŽEVANJE	53
5.4 CILJNA PUBLIKA	54
5.5 PRIPRAVLJENO GRADIVO	54
6 <u>POLITIKE ZA USPEŠNO IMPLEMENTACIJO VODIKOVIH TEHNOLOGIJ</u>	55
6.1 IZHODIŠČA	55
6.1.1 STANJE V SLOVENIJI	55
6.1.2 POLITIKE ZA UVAJANJE TEHNOLOGIJ VODIKA	56
6.2 PREDLOGI ZA OBLIKOVANJE RAZVOJNE POLITIKE V PODORO UVAJANJU TEHNOLOGIJE VODIKA V SLOVENIJI	57
6.2.1 PRIPRAVA DOLGOROČNE STRATEGIJE IN PROGRAMA IZVAJANJA RAZVOJNE POLITIKE	58
6.2.2 VZPOSTAVITEV ORGANIZACIJE ZA CELOVITO IN USMERJENO IZVAJANJE POLITIK	59
6.2.3 OPERATIVNI PROGRAM ZA IZVAJANJE STRATEGIJE – PREDLOGI ZA PROGRAME IN UKREPE RAZVOJNE POLITIKE V OBDOBJU TREH DO PETIH LET	60
6.3 POVZETEK K POGlavJU	65
7 <u>LITERATURA</u>	67
8 <u>PRILOGE</u>	74
A. <u>PRILOGA - TEHNOLOŠKE SHEME PROCESOV V OKOLJU GABI4</u>	75
A1: REFORMIRANJE ZEMELJSKEGA PLINA S PARO	75
A2: UPLINJANJE VELENJSKEGA LIGNITA	76
A3: TERMOKEMIČNO UPLINJANJE LESNE BIOMASE	76
A4: PIROLIZA LESNE BIOMASE	77
A5: KOMBINIRANI PROCES PIROLIZE IN UPLINJANJA LESNE BIOMASE	78
A6: ELEKTROLIZA	79

<u>B. PRILOGA – REZULTATI PODPROJEKTA PIPI</u>	81
ANALIZA ANKETNIH VPRAŠANJ	81
IZBOR PODJETIJ NA OSNOVI PRIJAVLJENE PRIMARNE DEJAVNOSTI	85
PRIMERI DEJAVNOSTI NA POSAMEZNIH VSEBINSKIH PODROČJIH	88
GRADIVO ZA IZOBRAŽEVANJE	89

1 UVOD

Današnji industrijski razvoj in gospodarska rast temelji na intenzivni rabi energije, ki jo pretežno dobimo iz neobnovljivih virov, zlasti fosilnih goriv. Na sliki 1.1. je prikazan porast povpraševanja po električni energiji do leta 2030, kjer je razvidno, da bodo tudi v prihodnjih desetletjih fosilna goriva (kljub absolutnemu povečevanju izkoriščanja obnovljivih virov energije) igrala nosilno vlogo pri energijski oskrbi. Nekateri segmenti gospodarstva, kot je transport, je danes skorajda 100 % odvisen od nafte in njenih derivatov.



Slika 1.1. Pričakovan porast povpraševanja in struktura proizvodnje električne energije v EU in svetu, vir Eurostat, IAE

Odvisnost od fosilnih goriv je problematična z več vidikov:

- Zaloge fosilnih goriv so končne. Na primer: od celotnih ocenjenih zalog konvencionalne nafte ($2.013 \cdot 10^{12}$ sodčkov nafte) smo jih več kot polovico porabili do konca leta 2005; presegli smo torej t.i. Hubertov vrh, proizvodnja nafte je dosegla svoj maksimum in bo v prihodnjih desetletjih le še upadala. Povečano povpraševanje po fosilnih gorivih v hitro rastočih gospodarstvih zlasti na Kitajskem in v Indiji bo povzročalo velike cenovne pritiske na trgih energentov.
- Fosilna goriva postajajo strateška surovina in so zaradi neenakomerne razporejenosti po zemeljski obli vir političnih in gospodarskih nestabilnosti.
- Vplivi izrabe fosilnih goriv in gospodarskega razvoja na degradacijo okolja se čedalje bolj odražajo na spoznanju okoljsko nevzdržnega razvoja.

Razvite države se ob zavedanju zatečenega stanja, ki je na dolgi rok nevzdržno, ozirajo po raziskavah novih paradigem energijske oskrbe, ki morajo biti takšne da:

- zmanjšujejo energijsko odvisnost od uvoženih virov energije,
- omogočajo trajnostno oskrbo s primarnimi viri energije z nevtralnimi emisijskimi učinki na okolje,
- spodbujajo racionalno rabo energije,
- temeljijo na energijsko učinkovitih tehnologijah,
- omogočajo tehnološko pozicioniranje domačega gospodarstva z veliko dodano vrednostjo,
- so socio-ekonomsko sprejemljive.

Ekonomija vodika se ponuja kot ena od takšnih paradig, ki ponuja številne rešitve na našete zahteve, pa tudi vrsto vprašanj tako na ravni reševanja problemov pri tehnoloških prebojih, kakor tudi konceptualnih vprašanj celovite energijske oskrbe na nivoju večjih regij.

Najrazvitejše države so se reševanja teh vprašanj lotile ob izdatnih vlaganjih že pred desetletjem in danes razpolagajo z delno razvitimi tehnologijami ter izdelanimi strategijami in izvedbenimi načrti za vsebinsko smiselno in časovno optimalno vpeljavo vodikovih tehnologij. Ob tem se je potrebno zavedati mednarodno sprejetih zavez o učinkovitejši izrabi obnovljivih virov energije, zmanjšanju odvisnosti od uvoza fosilnih goriv in zmanjšanju emisij toplogrednih plinov.

Prehod na ekonomijo vodika je za Slovenijo pomemben tudi s stališča integritete v EU, energetske infrastrukturo in razvojnim ter industrijskim potencialom, ki ga imajo domače raziskovalne institucije ter gospodarstvo.

Študija SPEV podaja odgovore na osnovna vprašanja o optimalnih tehnoloških poteh pridobivanja vodika in lahko služi v oporo pri snovanju najprimernejših politik. Bistvo prehodna v trajnostno energetiko je različnih možnih izbirah primarnih virov energije, glede na njihovo razpoložljivost v posameznih državah ali lokalnem okolju. Tehnologije vodika in gorivnih celic pa skupaj s pametnimi omrežji omogočajo njihovo zanesljivo uporabo.

V pričujoči študiji smo med drugim uporabili metodologijo »analize življenjskih ciklov (angl. Life Cycle Assessment)« s katero smo enotno zaobjeli za Slovenijo najbolj zanimive tehnološke poti pridobivanja vodika iz razpoložljivih primarnih virov energije. Pri tem smo

zasledovali podatke kot so npr. poraba posameznih surovin za proizvodnjo enote vodika, energijska učinkovitost posameznih tehnoloških poti pridobivanja vodika, emisije toplogrednih plinov itd. Pokazali smo, da lahko že z današnjimi razpoložljivimi primarnimi viri energije (obnovljivimi in neobnovljivimi) zagotovimo proizvodnjo vodika, ki je:

- okoljsko vzdržna (kombinacija pirolize in uplinjanja lesne biomase, elektroliza iz HE in JE),
- energijsko učinkovita (reformiranje zemeljskega plina, uplinjanje lignita)
- ekonomsko zanimiva (reformiranje zemeljskega plina, uplinjanja lignita in elektroliza iz JE).

Raziskovalne in gospodarske aktivnosti, ki omogočajo implementacijo tehnologij vodika potekajo tudi v Sloveniji. Interes in potencial podjetij in institucij je velik, manjkajo pa konkretni, celoviti projekti (npr. demonstracijski), kjer bi se znanje lahko združilo v celovit izdelek.

Sodelovanje države je ključno za dvig aktivnosti v industriji na nivo, ki bo omogočal prehod od razpršenih prizadevanj posameznih institucij do integriranih izdelkov, s katerimi bomo lahko pokrili domač in tuji trg. Ker gre za ključne tehnologije v energijski oskrbi, je krepljenje domačega znanja nujno. Med ključne aktivnosti v naslednjem obdobju spadajo izdelava nacionalne strategije, organizacija centra odličnosti, izvedba demonstracijskega projekta električnega vozila na vodik, sodelovanje v skupni evropski pobudi, vključitev področja vodika v obstoječe projekte na področju energetike, telekomunikacij in turizma ter modeli spodbujanje razvoja novih trgov.

2 MEDNARODNE ŠTUDIJE IN ANALIZE NA PODROČJU VODIKOVIH TEHNOLOGIJ

Čeprav prve študije na področju vodikovih tehnologij segajo nazaj več kot desetletje, pa pravo veljavo dobivajo v zadnjih nekaj letih zaradi vedno pogostejšega opozarjanja na omejenost zalog z energenti na Zemlji. Kot ene izmed energetsko učinkovitih in okoljsko zelo spremenljivih tehnologij se pojavljajo vodikove tehnologije. Vodilni na področju razvoja so ZDA, Japonka, EU, Kanada.

Na področju *Evropske Unije* je večina raziskovalnih sredstev za tehnologije vodika in gorivnih celic investiranih preko *Okvirnih programov*. Podpora tehnologijam vodika in gorivnim celicam v zadnjih desetletjih vztrajno raste. Tehnologije vodika in gorivnih celic predstavljajo enega izmed šestih področij, kjer bo Evropska komisija spodbujala javno-zasebna (Joint Technology Initiative, JTI) partnerstva za optimalno spodbuditev tehnološkega preboja, ki ga predlaga Evropska platforma za vodik in gorivne celice, [53]. Predlagani neposredni vložek preko mehanizma Skupne tehnološke pobude (JTI) v ekonomijo vodika v letih 2007 do 2020 je v vrednosti 4 milijarde EUR. Načrt energijske učinkovitosti (Energy Efficiency Action Plan) se na področju spodbud razvoja, ozaveščanja in povečani energijski učinkovitosti povsem sklada s tehnologijami vodika in gorivnih celic. Evropska komisija je zaradi spoznanj o vplivu uporabe fosilnih goriv na pojav globalnega segrevanja, potrebi po vzpostavitvi energijske oskrbe ob pomanjkanju fosilnih goriv in zagotovitvi energijske neodvisnosti sprejela pisno deklaracijo o zeleni ekonomiji vodika.

Projekt *Hyways* je del 6. okvirnega projekta in je financiran s strani Evropske komisije in partnerjev iz industrije, [51]. V njem je obravnavana vizija 10 članic EU o vpeljavi vodikovih tehnologij kratko- (l. 2020), srednje- (l. 2030) in dolgoročno (l. 2050). Študija temelji na iterativnem "bottom up" modelu, ki bazira na specifikah posamezne države (potencial obnovljivih virov energije, CCS tehnologije, profil investorjev). Rezultati kažejo, da ni ene same poti za vpeljavo vodikovih tehnologij in izbira je zelo odvisna od specifik posamezne države. Kratkoročno se predvideva proizvodnja vodika "on-site" na bazi fosilnih goriv (reformiranje ZP, elektroliza), do 2030 bo proizvodnja vodika že deloma decentralizirana (elektroliza z energijo iz vetra, uplinjanje lesne biomase), dolgoročno pa bo dosežena trajnostna proizvodnja vodika na podlagi izkoriščanja obnovljivih virov energije (veter, sonce), fosilnih goriv (reformiranje ZP, uplinjanje

premoga) in uplinjanja lesne biomase. Hyways obravnava tudi projekt zajema tudi vzvode, ki jih je potrebno narediti v politiki za čim učinkovitejšo implementacijo tehnologij.

V ZDA imajo gorivne celice dolgo zgodovino, saj so se uporabljale že v vesoljskem programu kot tudi v vojaški tehnologiji druge polovice dvajsetega stoletja. ZDA letno v tehnologije vodika od leta 2005 naprej vlagajo vsaj 500 milijonov EUR, vodilna zvezna država pa je Kalifornija. V ZDA predvidevajo vpeljavo ekonomije vodika v štirih fazah, [54]. V prvi fazi so investicije potrebne predvsem za razvoj do faze zadovoljitve potreb kupcev in prvih primerov komercializacije. V drugi fazi so javne investicije potrebne predvsem za postavitve infrastrukture. V tretji fazi morajo biti komercialno dostopni pretvorniki energije na vodik in vozila v najprodornejših okoljih. Četrta faza pomeni razširitev tehnologije po celem območju. Ameriški temeljni motiv za spodbujanje uporabe vodika je zmanjševanje energijske odvisnosti. Priporočila Timmothy E. Lipmana iz University of California, Davis [52] na področju vpeljevanja trajnostne energije obsegajo:

- Izdatno financiranje razvoja in raziskav, ki vodi do ekonomsko realnih projektov komercializacije tehnologij vodike, OVE in URE.
- Demonstracije uporabnosti tehnologij vodika in gorivnih celic v kritičnih aplikacijah kot so telekomunikacije in zasilni sistemi energijske oskrbe.
- Spodbuda jasnih povezav med OVE in tehnologijami vodika.
- Vlaganja v nišne aplikacije, kjer bodo tehnologije vodika in gorivnih celic zaradi tehnoloških ali ekonomskih prednosti brez nadaljnjih vlaganj izpodrinile klasične tehnologije. To vodi do samostojnega učenja ob uporabi in širšega sprejemanja javnosti.
- Vnaprej sprejeta zakonodaja, ki omogoča enostavno vpeljavo novih tehnologij.
- Pospešiti privatna vlaganja s primernimi davčnimi olajšavami.
- Promocija prednosti tehnologij v najširši javnosti.

Kanada je med vodilnimi državami v razvoju tehnologij vodika in gorivnih celic. Naravni resursi in visoka podpora javnosti za čiste tehnologije omogočajo igranje vodilne vloge pri preboju v ekonomijo vodika. Kanada pričakuje resno vpeljavo ekonomije vodika na svetovnem nivoju do leta 2050, vendar le če začnemo danes. Njihova strategija temelji na štirih korakih, [55]:

- Postavitev nacionalne strategije uvajanja ekonomije vodika.
- »Ustvariti« vlagatelje v ekonomijo vodika.
- Vzpostaviti program ekonomije vodika kot dolgoročni strateški cilj.
- Kratkoročni plan komercializacije.

V Sloveniji se je raziskovalno delo na področju tehnologij vodika in gorivnih celic s financiranjem prvih raziskovalnih projektov začelo v letu 1996. Nadaljevalo se je v 4. Okvirnem programu, velik napredek pa je bil dosežen po letu 2000. Za koordinacijo projektov tehnologij vodika in gorivnih celic so zainteresirane raziskovalne institucije in podjetja ustanovila *tehnološko platformo za vodik in gorivne celice* (SIHFC) s sedežem v Mariboru, [46]. Platforma ima funkcijo koordinacije priprav na projekte, preprečevanja podvajanja raziskav, informiranje, izobraževanje in podporo razvojnemu delu. SIHFC ima tudi vizijo kompetenčnega centra za udejanjanje javno-zasebnega partnerstva pri demonstracijskih projektih. V okviru Platforme za vodik in gorivne celice je bil v letu 2006 pripravljen opomnik predsedniku vlade za področje tehnologij vodika, prijavljenih in izpeljanih pa je bilo tudi nekaj raziskovalnih in demonstracijskih projektov, [45]. V izhodiščnih dokumentih SIHFC so predstavljene vrednost projektov, ki jih je financirala Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) ter projekte, ki so jih slovenske raziskovalno-razvojne ustanove in podjetja pridobila v 6. Okvirnem programu, [42].

V okviru projekta trajnostne energije je bila v letu 2007 ustanovljena vladna skupina za vodik, ki deluje pod okriljem Ministrstva za okolje in prostor. Skupino sestavljajo predstavniki ministrstev, raziskovalnih institucij in industrije. Nekateri delujejo tudi v okviru SIHFC. Skupina za vodik ima nalogo priprave in izvajanja strategij za vpeljavo ekonomije vodika v Slovenijo. Prve aktivnosti so povezane s postavitvijo infrastrukture in demonstracijskimi projekti. Že v letu 2007 je predvidena postavitvev treh črpalnih mest za vodik, ki ga v obliki javno-zasebnega partnerstva izvajajo podjetja in država. Skupina za vodik tudi pripravlja promocijsko gradivo za informiranje in izobraževanje širše javnosti, [77].

3 VODIKOVE TEHNOLOGIJE

S skupnim pojmom »vodikove tehnologije« označujemo zelo raznolike tehnologije na področjih:

- pridobivanja in čiščenja vodika iz razpoložljivih naravnih virov energije (elektroliza, reformiranje zemeljskega plina,...),
- logistike vodika (shranjevanja in transporta),
- uporabe vodika kot energijskega vektorja (elektrokemični pretvorniki energije – gorivne celice; toplotni stroji – motorji z notranjim zgorevanjem,...) in
- spremljajočih tehnologij (varnost, zanesljivost, periferni sistemi in komponente v prenosnih, mobilnih in stacionarnih aplikacijah,...)

Mnoge našteje 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:

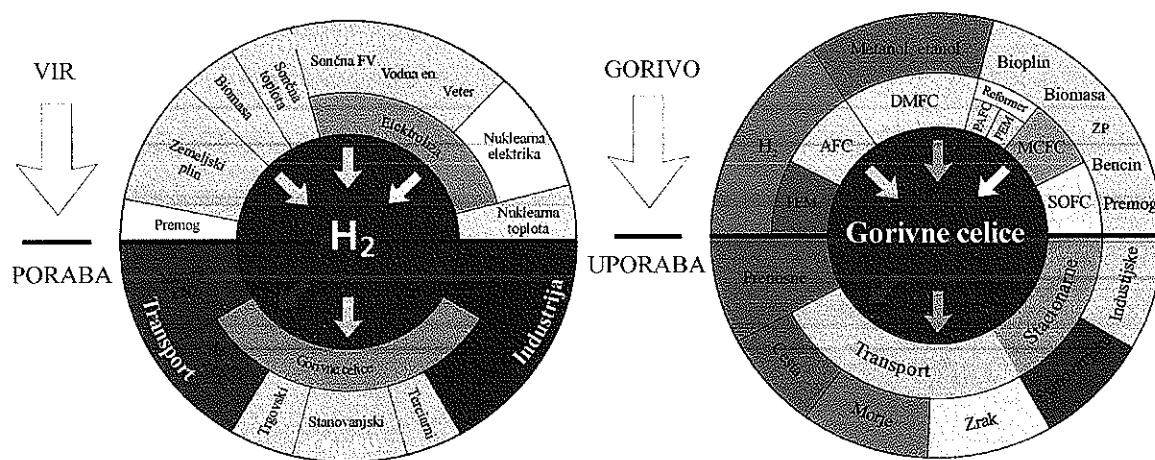
- energijski učinkovitosti rabe primarnih virov energije (v celotni verigi energijskih pretvorb) na vseh področjih uporabe (stacionarne, mobilne in prenosne aplikacije),
- zmanjševanju vplivov rabe energije na okolje (optimalna izbira tehnoloških poti pridobivanja vodika in tehnologij za končne pretvorbe 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 energetske 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 izčrpavanja okolja, k novi ekocentrični umestitvi človeka v družbo in okolje.

Slika 3.1 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 3.1: Vodikove tehnologije: uporaba primarnih virov energije, pretvorniki energije in uporaba vodika, [50].

Vodik je plin brez barve, okusa in vonja. Je najenostavnejši in najlažji element v vesolju, ki ga sestavljata proton in elektron. Je najpogostejše zastopan element, saj več kot 80 % vesolja sestavlja vodik. Na Zemlji vodik najdemo v zemeljski skorji (0,88 %). V majhnih deležih nahaja v vulkanskih plinih, zemeljskem plinu, mineralih, kameninah. Veliko več je vezanega vodika, saj predstavlja 11 % vode na Zemlji. Je sestavni del fosilnih goriv in živih bitij.

3.1 PRIDOBIVANJE VODIKA

Večino vodika (več kot 80 %), ki se ga proizvaja kot surovino za tehnološke potrebe (npr. proizvodnja amoniaka, kemična in petrokemična industrija), se pridobi z reformiranjem zemeljskega plina ali drugih ogljikovodikov fosilnega izvora. Pri najstrožjih zahtevah po čistoči vodika, ga že sedaj pridobivamo tudi z elektrolizo vode. V obeh primerih je za proizvodnjo potrebna energija. V prvem primeru energijo črpamo v obliki toplote, ki jo pridobimo z oksidacijo (zgorevanjem) dela primarnega nosilca energije samega, ki je hkrati tudi vir vodika. V drugem pa porabljamo električno energijo za razcep vode na vodik in kisik, ki sta osnovna gradnika. Poznamo tudi še tretji način razcepa vode in sicer termokemični razpad pri visokih temperaturah, kar je posebej zanimivo za uporabo tehnologij kot je npr. jedrska tehnika ali koncentriranje sončne svetlobe.

Od vrste tehnoloških poti pridobivanja vodika se študija posebej ukvarja s tistimi načini pridobivanja vodika, ki so zanimivi za Slovenijo z vidika primarnih virov energije in razvoja energetske infrastrukture. Kot potencialni viri vodika so na voljo lesna biomasa, zemeljski plin, lignit, vodni potencial ter jedrska energija.

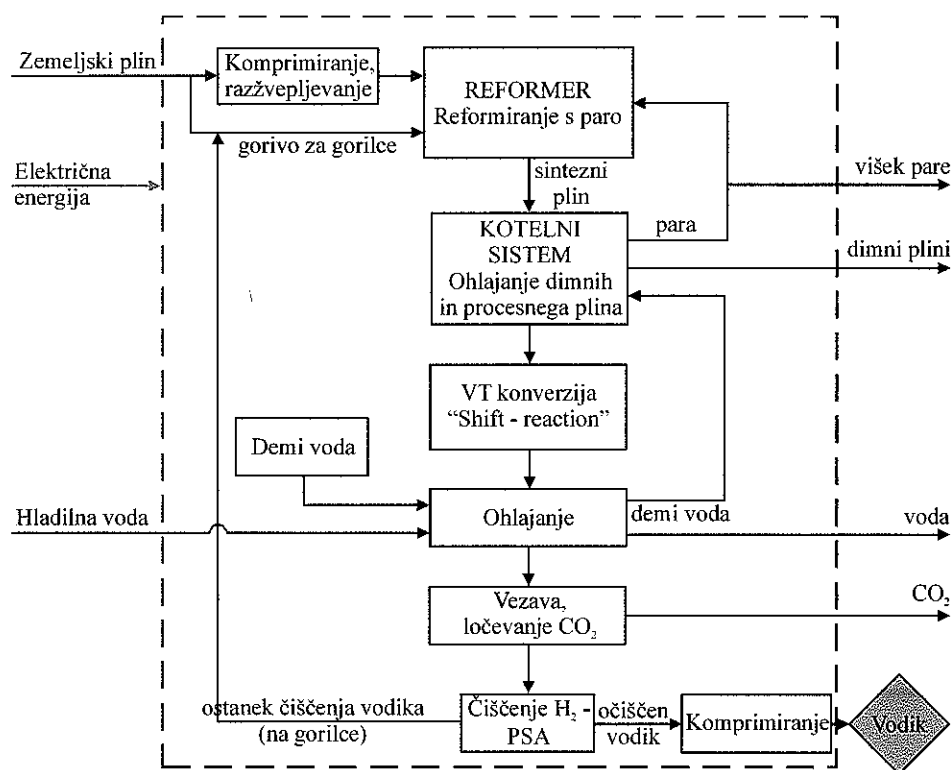
V primerjalno študijo so bile zajete tehnologije pridobivanja vodika:

- s pretvorbo kemično vezane energije:
 - reformiranje zemeljskega plina,
 - uplinjanje velenjskega lignita,
 - piroliza lesne biomase,
 - uplinjanje lesne biomase,
 - kombinacija pirolize in uplinjanja lesne biomase;
- z elektrolizo vode z električno energijo iz:
 - elektroenergetskega omrežja – slovenska energijska mešanica električne energije (SI-MIX),
 - jedrske elektrarne v Krškem (NEK)
 - malih in velikih hidroelektrarn,
 - iz termoelektrarn na premog.

Za vsako tehnologijo je bila v sodelovanju s Kemijskim inštitutom Ljubljana pripravljena blokovna tehnološka shema, ki služi kot podlaga za postavitev bilančne sheme. Pri vsaki tehnologiji pridobivanja vodika smo na koncu želeli imeti vodik enake čistosti in tlaka. Z ustreznimi tehnološkimi postopki smo dosegli čistost vodika 99,99 %, ki je bil stisnjen do tlaka 440 bar.

3.1.1 REFORMIRANJE ZEMELJSKEGA PLINA S PARO

Metode pridobivanja vodika iz zemeljskega plina so dobro poznane, saj se z reformiranjem s paro ogljikovodikov v zemeljskem plinu v svetu trenutno proizvede več kot 50 % vsega vodika. Reformiranje zemeljskega plina s paro ponuja učinkovito in ekonomično rešitev energetske preskrbe v bližnji prihodnosti tudi zaradi ustrezno razvite infrastrukture distribucije zemeljskega plina. Izkoristek procesov reformiranja s paro je med 65 % in 75 % in spada med učinkovitejše med trenutno komercialno razpoložljivimi tehnologijami. Zemeljski plin, ki ga v glavne sestavlja metan, ima zelo ugodno razmerje med številom atomov vodika in ogljika in sicer 4:1 (CH_4). Sestava zemeljskega plina, ki je trenutno na voljo v Sloveniji je: metan 98,44 %, etan 0,43 %, drugi ogljikovodiki 0,13 %, dušik 0,9 % in ogljikov dioksid 0,1 %.



Slika 3.2: Tehnološka shema pridobivanja vodika z reformiranjem zemeljskega plina s paro, [75]

Reformiranje zemeljskega plina s paro sestavljata dva osnovna koraka. V prvem koraku metan in ostali ogljikovodiki v zemeljskem plinu reagirajo s paro pri $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ in tvorijo *sintezni plin* (mešanica vodika - H_2 in ogljikovega monoksida CO). Ker je CO škodljiv, je potreben še drugi korak in sicer *vodno-plinska pretvorba* (water gas shift

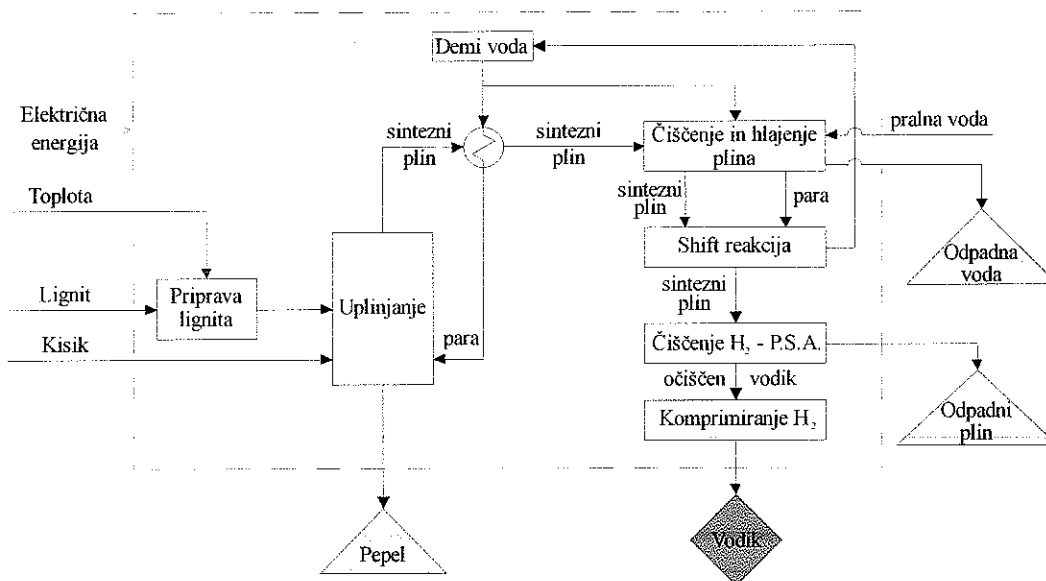
reaction), kjer se ogljikov monoksid z uporabo vodne pare v prisotnosti katalizatorja pretvori v vodik in ogljikov dioksid. Če želimo zagotoviti čistost vodika 99,99 %, moramo v nadaljevanju uporabiti še procese čiščenja: izločiti CO_2 in dokončno očistiti vodik v PSA-ju (Pressure Swing Absorption).

3.1.2 UPLINJANJE VELENJSKEGA LIGNITA

Proizvodnja vodika z uplinjanjem premoga poteka z uporabo kisika pri temperaturi okoli 1300 °C in tlaku 3 bar. Visoko temperaturo dosežemo z dovajanjem pare, ki reagira z ogljikom v gorivu. Pri uplinjanju nastane plin, ki ga v večini sestavljata vodik in ogljikov monoksid. Nastali plin je potrebno očistiti, da dobimo vodik primerne čistosti. V Sloveniji so največje zaloge lignita v Šaleški dolini, kjer ocenjujejo, da je v velenjskem rudniku mogoče izkoristiti še 80 mio ton lignita. Pri dosedanjem povprečnem letnem izkopu 4 mio ton ima velenjski rudnik zalog lignita še za vsaj 20 let, [74]. Sestava velenjskega lignita, ki ima kurilno vrednost približno 10 MJ/kg, je 24 % ogljika, 37 % vlage, 18 % pepela, 3 % vodika, 15 % kisika, 2 % žvepla in 1 % dušika.

Tehnologija pridobivanja vodika iz lignita je *sistem visokotemperaturnega uplinjanja Winkler* (HTW, [3]), ki uporablja t.i. vodno posteljo, ki zaseda spodnjo tretjino uplinjevalne naprave, kjer predhodno zmlet (< 9 mm) in osušen lignit reagira skupaj s kisikom in vodno paro. Za sušenje in mletje potrebujemo toploto in električno energijo, ki jo je potrebno dovajati v sistem. Ker na porabo mehanskega dela pri mletju premoga bistveno vpliva vsebnost vlage v lignitu, sta porabljena toplota za sušenje in električna energija za mletje medsebojno povezani. Premog vsebuje 40 % kemično vezane vlage, ob padavinah pa še dodatno vlaži (deponija). Nad vodno posteljo se v uplinjevalno napravo še enkrat vbrizgata para in kisik, da se lahko uplini še preostali ogljik, ki v vodni postelji ni reagiral. V zgornjem delu uplinjevalne naprave ima plin prostor za dokončno reakcijo. Ostanek reakcije se izloči v obliki pepela. Sintezni plin, ki zapušča uplinjevalno napravo, ima temperaturo okoli 900 °C, zato lahko to toploto v prenosniku toplote izkoristimo za proizvodnjo pare, ki jo potrebujemo za proces uplinjanja. Na tehnološki blokovni shemi (Slika 3.3) vidimo, da je potrebno sintezni plin v nadaljevanju še dodatno ohladiti in očistiti. Sintezni plin, ki zapušča uplinjevalno napravo, je sestavljen iz ogljikovega monoksida (31,7 %), ogljikovega dioksida (24,9 %), vode (36,5 %) ter vodika (2,3 %), ostalo predstavljajo dušik, žveplov dioksid, katran ter prašni delci. Z mokrim in suhim čiščenjem lahko iz sinteznega plina odstranimo prašne delce, katran in žveplov dioksid. Ogljikov monoksid pa lahko z vodno-parno pretvorbo pretvorimo v vodik in ogljikov dioksid. Količina vodika se v tem koraku podvoji. Z uporabo PSA-ja se lahko iz preostalega sinteznega plina dokončno izloči čisti vodik. Ostanek je CO_2 , ki ga lahko z

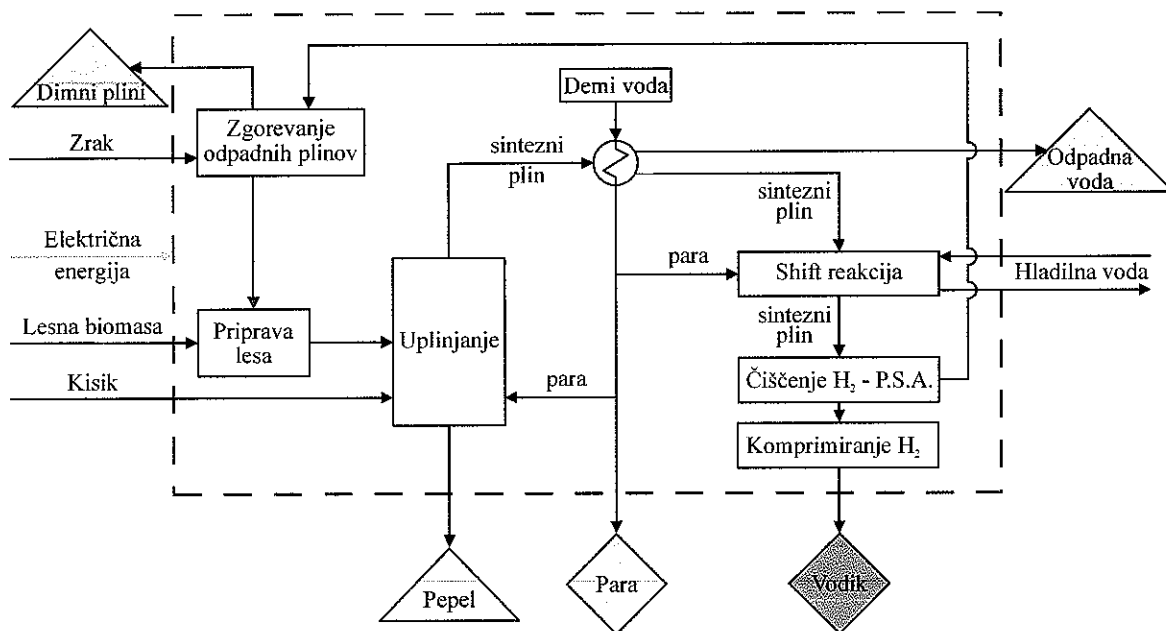
nadaljnjimi postopki še dodatno očistimo in shranimo. V analizi obravnavanega sistema nas zanima le odstranitev CO₂ emisij iz produkta in jih kot take tudi obravnavamo.



Slika 3.3: Tehnološka shema pridobivanja vodika z uplinjanjem lignita, [75]

3.1.3 TERMOKEMIČNO UPLINJANJE LESNE BIOMASE

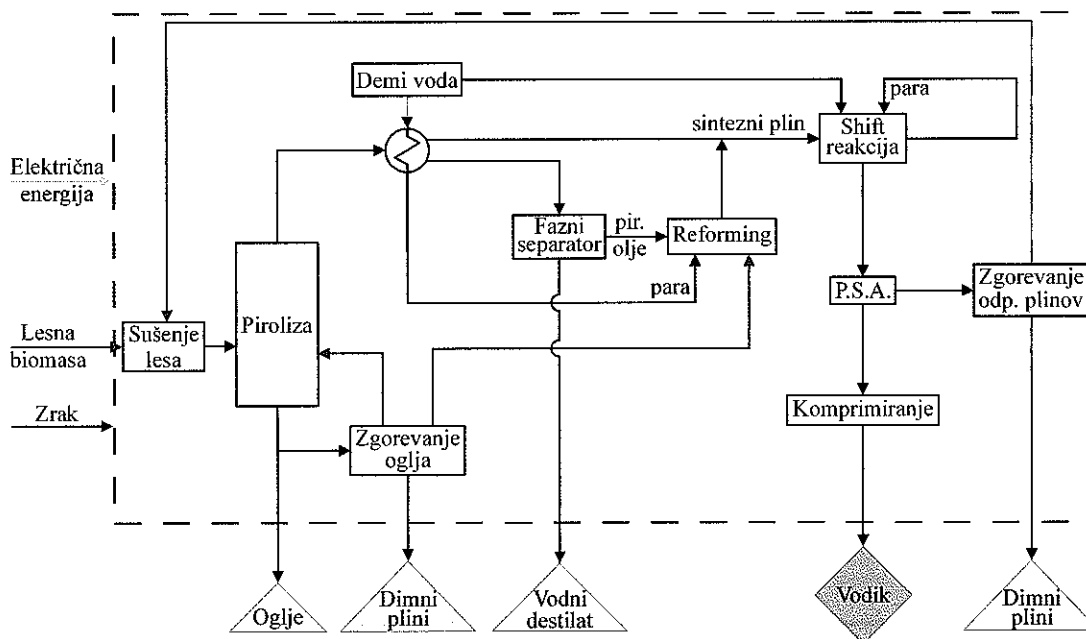
Kar 57,7% površine Slovenije pokriva gozd. S tem namenom je v primerjavo vključeno tudi pridobivanje vodika z reformiranjem lesne biomase. Proces je zelo podoben procesu uplinjanju lignita. Na blokovni shemi (Slika 3.4) vidimo, da pri termokemičnem uplinjanju lesne biomase ne potrebujemo mokrega in suhega čiščenja sinteznega plina kot pri reformiranju lignita. V prenosniku toplote namreč vodna para kondenzira in s seboj hkrati odnese vse prašne delce in ostale frakcije, ki niso v plinastem agregatnem stanju. Les namreč vsebuje mnogo več hlapnih organskih snovi, ki bodisi oksidirajo v CO₂ ali pa razpadejo v H₂. Poleg tega je v sinteznem plinu prisotno nekaj presežne vodne pare kot posledica njenega dodajanja na vstopu v uplinjevalno napravo in vlage v lesu [3]. Toploto za proizvodnjo pare črpamo iz kalorične notranje energije sinteznega plina na izstopu uplinjevalnika (800 °C). Pri tem moramo na strani vode upoštevati kemično pripravo vode (demineralizacija). Proizvedena para presega potrebe sistema, zato lahko del te pare obravnavamo kot stranski produkt (za potrebe tehnološke pare, ogrevne ali tehnološke toplote).



Slika 3.4: Tehnološka shema pridobivanja vodika z uplinjanjem lesne biomase, [75]

3.1.4 PIROLIZA LESNE BIOMASE

Piroliza lesne biomase poteka brez prisotnosti kisika ob dovajanju toplote pri povišani temperaturi in tlaku. Pirolizne procese delimo glede na časovno trajanje in glede na temperaturo v piroliznem reaktorju.

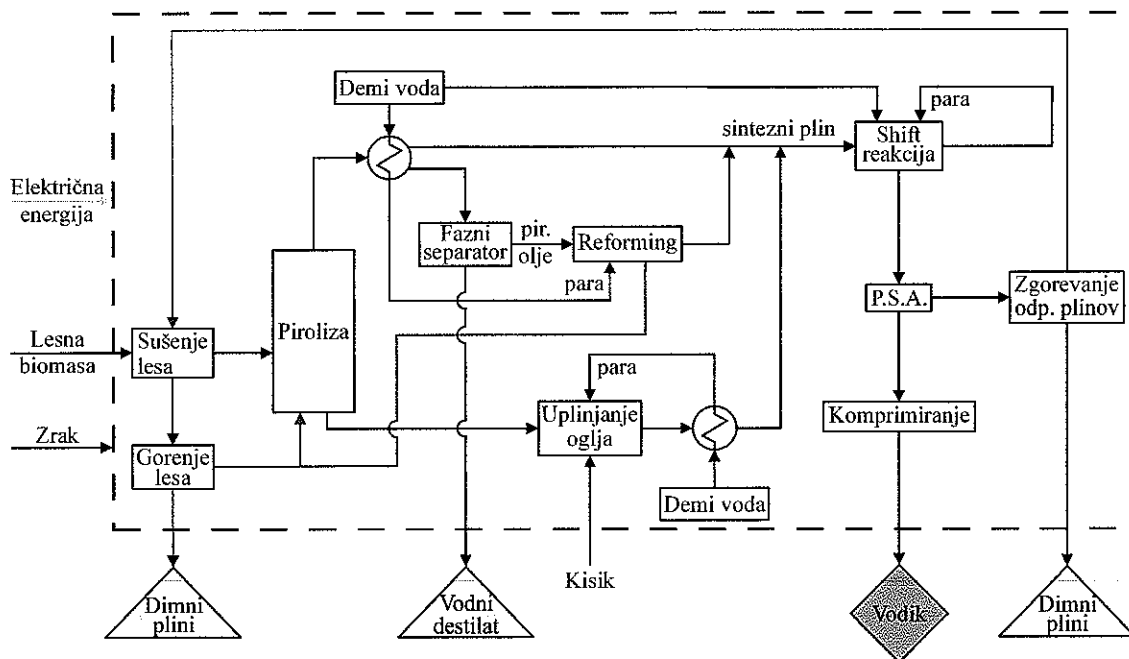


Slika 3.5: Tehnološka shema pirolize lesne biomase za pridobivanje vodika, [75]

Razvoj je usmerjen v procese, kjer je temperatura pirolize od 400 °C do 420 °C. Produkti so sintezni plin in pirolizno olje (katrani) ter trdni ostanek oglja. Pirolizno olje z reformiranjem z vodno paro pretvorimo v sintezni plin in ga mešamo z nastalim pri pirolizi. Sintezni plin vodimo v vodno-plinsko „shift” reakcijo, kjer ogljikov monoksid reagira z vodno paro in nastane zmes bogata z vodikom. Vodik ločimo iz zmesi s PSA (Pressure Swing Adsorption) postopkom. Za potek pirolize, ki je endotermna reakcija, moramo zagotoviti dodatno toploto, ki jo zagotovimo z zgorevanjem dela nastalega oglja. Ostanek oglja lahko uporabimo v druge namene.

3.1.5 KOMBINIRANI PROCES PIROLIZE IN UPLINJANJA LESNE BIOMASE

Pri kombiniranem procesu pirolize in uplinjanja nastalo oglje po pirolizi uplinjamo. Potrebe po toploti za pirolizo in reformiranje piroliznega olja zagotovimo z zgorevanjem lesne biomase. Količino vodika na enoto lesne biomase povečamo z uplinjanjem nastalega oglja, ki poteka ob dovodu kisika in vodne pare. Približno tretjina oglja pri tem zgori, iz preostalih dveh tretjin pa se tvori sintezni plin, pretežno ogljikov monoksid. Sintezni plin iz pirolize, reformiranja piroliznega olja in uplinjanja olja mešamo in vodimo v vodno-plinsko „shift” reakcijo, kjer ob reakciji ogljikovega monoksida in vodne pare nastane ogljikov dioksid in vodik. Vodik čistosti 99,99 % ločimo iz zmesi s PSA postopkom.

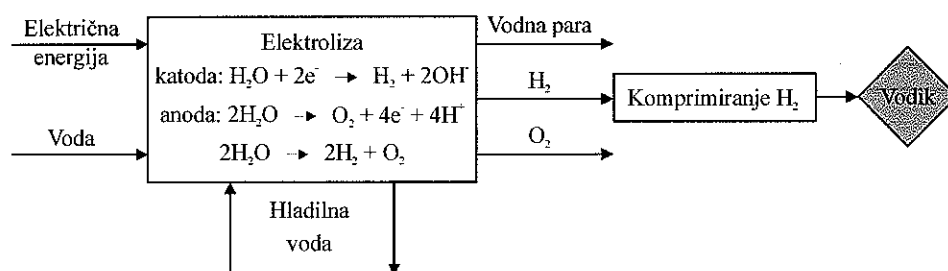


Slika 3.6: Tehnološka shema kombinacije pirolize in uplinjanja lesne biomase za pridobivanje vodika, [75]

3.1.6 ELEKTROLIZA

Pri elektrolizi vode pride do elektrokemičnega razpada vode na vodik in kisik pod vplivom enosmernega električnega toka, s katerim dovajamo električno energijo. Energija električnega toka se pri tem pretvori v kemično vezano energijo vodika. Razvidno je, da niti vodik niti električna energija nista primarna vira energije. Pri elektrolizi je učinkovitost verige pretvorb in posledično ekološka sled pridobivanja vodika zelo odvisna od načina, kako do električne energije pridemo. V tej študiji smo upoštevali tehnologije, ki so pomembne pri oskrbi z električno energijo v Sloveniji:

- energijska mešanica elektroenergetskega sistema Slovenije (SI-mix); dobljena iz strukture proizvodnje električne energije;
- jedrska elektrarna (JE);
- hidroelektrarna (HE) in
- termoelektrarna (TE).



Slika 3.7: Tehnološka shema proizvodnje vodika z elektrolizo vode, [3]

Slika 3.7 prikazuje osnovno tehnološko blokovno shemo elektrolize. Pri elektrolizi vode za 1 kg vodika potrebujemo 8,05 kg vode in 162 MJ električne energije, [3]. Pri razcepu vode dobimo še 7 kg kisika O_2 in 0,05 kg vodne pare.

3.1.6.1 ELEKTROLIZA Z ELEKTRIKO IZ OMREŽJA – SLOVENSKA ENERGIJSKA MEŠANICA V ELEKTROENERGETSKEM SISTEMU SI-MIX

Slovensko elektroenergetsko mešanico poleg že omenjenih hidroelektrarn in jedrske elektrarne (zagotavljanje pasovne energije) dopolnjujejo še termoelektrarne (trapezna energija – sekundarna regulacija). Poleg tega so v sistem vključene tudi plinska termoelektrarna (pokrivanje konične energije) in različni manjši kogeneracijski sistemi. Pri upoštevanju proizvodnje vodika iz energijske mešanice slovenskega elektroenergetskega sistema se torej vplivi na okolje porazdelijo sorazmerno z deležem v celotni proizvedeni energiji za določeno opazovano obdobje.

3.1.6.2 ELEKTROLIZA Z ELEKTRIKO IZ JEDRSKE TERMoeLEKTRARNE JE

Jedrska energija pokriva približno 16 % svetovnih potreb po električni energiji [1]. Eden ključnih razlogov za podaljševanje življenjske dobe jedrskih elektrarn in načrtovanje novih je tudi spoznanje, da je problematiko izpustov toplogrednih plinov v ozračje mogoče reševati s povečano uporabo nuklearne energije. Seveda pa je potrebno za celovito vrednotenje tovrstne proizvodnje vodika upoštevati vse emisije, ki nastanejo pri izgradnji objektov ter razgradnji po končani življenjski dobi elektrarne in emisijah pri pridobivanju goriva od pridobivanja uranove rude pa vse do izdelave gorivnih elementov.

3.1.6.3 ELEKTROLIZA Z ELEKTRIKO IZ HIDROELEKTRARN – HE

Vodna ali hidro energija (velike in male HE) pokriva v grobem tretjino potreb po električni energiji v Sloveniji; obstaja pa še določen neizkoriščen energijski potencial. Hidroelektrarne v Sloveniji v glavnem proizvajajo električno energijo glede na pretok vode in velikost posameznega akumulacijskega zbiralnika nadvodno od hidroelektrarne. Na ta način se lahko deloma izravna razlika med potrebo po električni energiji in proizvodnjo. Na dlani je ideja, da bi ob nižjem povpraševanju po energiji, npr. ponoči, izkoriščali vodne vire za proizvodnjo vodika, ki bi ga lahko v času večjega povpraševanja izkoriščali za proizvodnjo elektrike, ali pa bi vodik kot energent uporabljali v transportnem sektorju.

3.1.6.4 ELEKTROLIZA Z ELEKTRIKO IZ TERMoeLEKTRARNE NA LIGNIT – TE

V Sloveniji kar okoli 40% električne energije proizvedemo v termoelektarnah [1]. Glavni predstavnik te skupine je Termoelektrarna Šoštanj, ki za svojo proizvodnjo pridobiva lignit iz bližnjega rudnika Velenje. V študiji smo preučili učinke proizvodnje vodika z elektrolizo, pridobljeno iz TE na lignit, kjer smo se že vnaprej zavedali slabih rezultatov zaradi slabega skupnega izkoristka celotne verige energijskih pretvorb in okoljsko problematičnega goriva.

3.2 TRANSPORT, LOGISTIKA IN SHRANJEVANJE VODIKA

3.2.1.1 TRANSPORT, LOGISTIKA

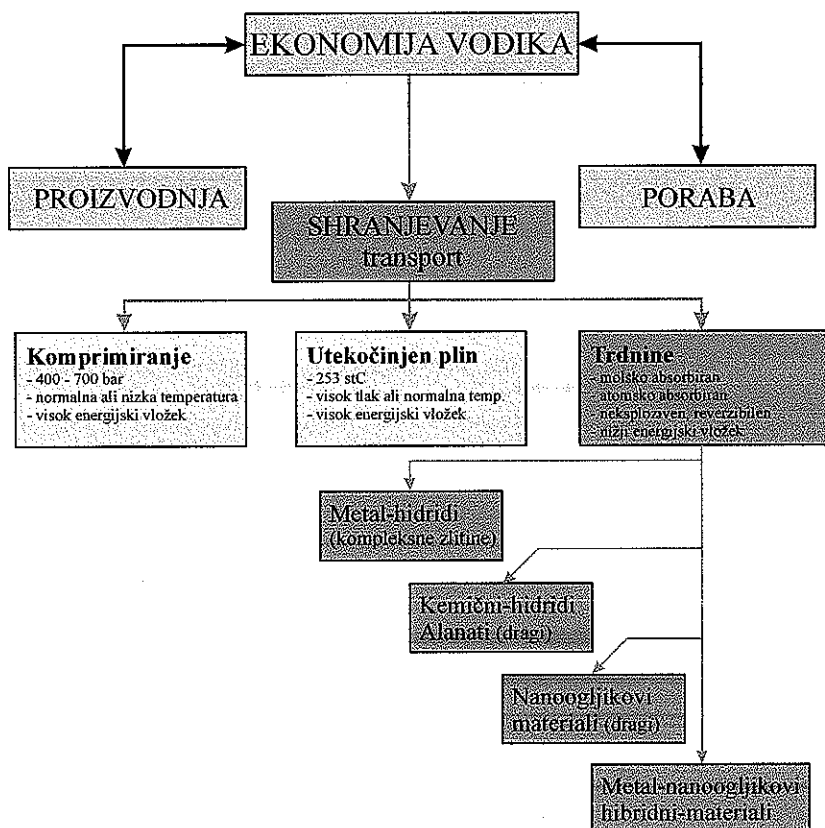
Pri prehodu na ekonomijo vodika ni pomembna le proizvodnja vodika, ampak tudi vprašanje logistike oz. transporta vodika do končnega uporabnika. Samo pridobivanje vodika bo sprva najverjetneje temeljilo na učinkovitejšem izkoriščanju fosilnih goriv, kjer se ponuja možnost centralizirane ali decentralizirane proizvodnje (rafinerije, kemične tovarne) in lokalno proizvodnjo z elektrolizo v kombinaciji z obnovljivimi viri energije. Možnosti za logistiko vodika so naslednje:

- za kratkoročne/trenutne potrebe po vodiku: pridobivanje vodika iz obstoječih vodikovodov, rafinerij in kemičnih postrojenj z ustreznim čiščenjem razpoložljivega vodika in pripravo za uporabo na črpalkah;
- pridobivanje vodika direktno na črpalkah s pomočjo elektrolize v manjših elektrolitskih reaktorjih in priprava plina do ustrezne/uporabne oblike;
- pridobivanje vodika direktno na črpalkah iz zemeljskega plina v manjših postrojenjih in priprava plina do ustrezne/uporabne oblike;
- proizvodnja in kondicioniranje vodika ob plinovodih v večjih postrojenjih z nadaljnjim transportom do črpalk (srednje ročno transport po cestah, dolgoročno transport po cevovodih);
- pridobivanje in kondicioniranje vodika na samem črpališču zemeljskega plina (utekočinjenje ali komprimiranje) in nadaljnji transport v Evropo do črpalk;

Seveda morajo biti opisani postopki pridobivanja in transporta vodika ovrednoteni z upoštevanjem energijske učinkovitosti pretvorb, sproščenih emisij v okolico in cene na enoto goriva.

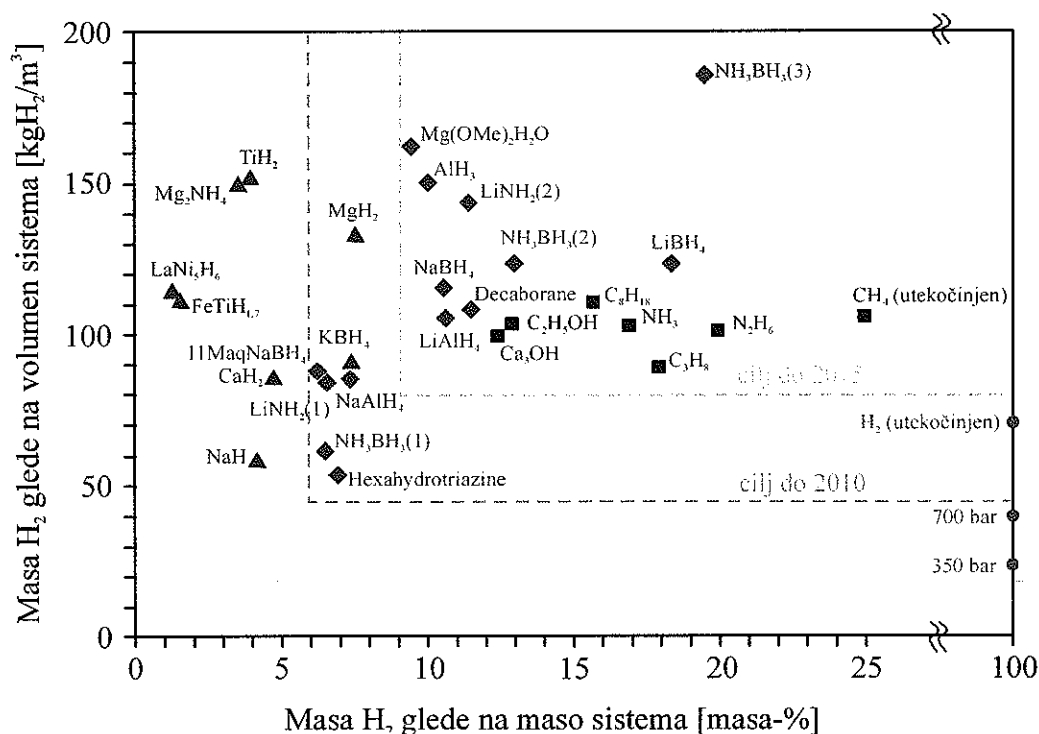
3.2.1.2 SHRANJEVANJE

Medtem, ko je področje proizvodnje in uporabe vodika že dodobra raziskano, pa predstavlja učinkovito shranjevanje vodika večji izziv. Tehnično gledano ločimo tri glavne tehnologije shranjevanja vodika (Slika 3.8). Pri visoko tlačnih rezervoarjih oz. rezervoarjih za utekočinjen plin gre predvsem za vprašanje energijske gostote shranjenega vodika ter znižanja stroškov in porabe energije na enoto shranjenega vodika. Pri rezervoarjih, v katere se vodik veže v trdno snov s pomočjo površinske in volumenske absorpcije, pa je kljub številnim raziskavam še vedno dosti neraziskanega in trenutno sistemi še niso zreli za serijsko proizvodnjo. Gre predvsem za področje nano-fizike in nano-tehnologije, kjer lahko aplikativne preboje pričakujemo v naslednjem desetletju.



Slika 3.8: Trije stebri ekonomije vodika v prihodnosti, [19]

Najvišje zahteve pri tehnologiji shranjevanja vodika ima avtomobilska industrija. Ameriška agencija za energijo DOE (Department for Energy) je postavila cilje/zahteve za trdnine, ki se uporabljajo za shranjevanje vodika za naslednje desetletje iz 40 na 80 kg vodika na m³ rezervoarja in iz 6 na 9 % teže rezervoarja. Pri teži in volumnu je upoštevan celoten sistem za shranjevanje vodika (Slika 3.9).



Slika 3.9: Masna in volumenska razmerja za trdnine za vezavo vodika, [19]

Na sliki 3.9 je so z s krogci zelene barve prikazane tehnike komprimiranja in ukapljevanja vodika. Trikotniki rdeče barve predstavljajo metal-hidride, ki so za uporabo v avtomobilski industriji manj uporabni zaradi njihove teže na enoto shranjenega vodika. V nasprotju z njimi pa so zelo aktualne lahke kovine (Li, Mg, Al), polkovine (B, Si), kot tudi kristalen, kovinsko-organski in nekovinski ogljik (na sliki 3.9 so prikazane nekateri v obliki modrih rombov), od katerih pričakujejo dobre lastnosti absorpcije vodika. Tekoči ogljikovodiki (vijoličasti kvadrati) so v splošnem strupeni, za pravilno sproščanje vodika morajo biti predhodno reformirani in v okolico sproščajo škodljive toplogredne pline, kot je to pri zgorevanju bencina.

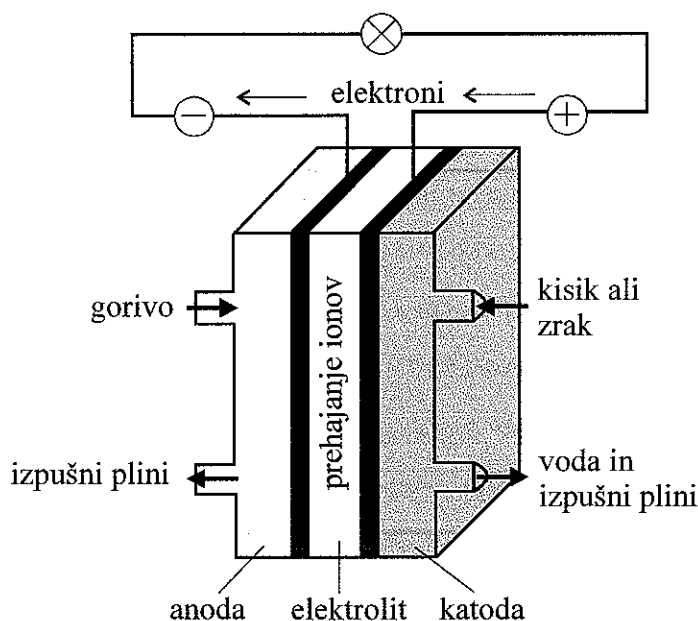
Cilj raziskav je proizvodnja primernih trdnin za shranjevanje vodika v obliki nanoporoznih delcev/kristalov s premerom por 1 do 100 nm in čim večjo notranjo specifično površino. Trenutno je največ raziskav usmerjenih v preverjanje sposobnosti lahkih kovin, kemičnih hidridov, kompleksnih lahkih zlitin in nano-ogljikovih-materialov, ki na sliki 3.9 niso prikazani.

Pomembni parametri za praktično uporabo trdnin za shranjevanje vodika in uporabo v avtomobilski industriji je reverzibilnost absorpcije, neodvisnost kapacitete rezervoarja od tlaka in temperature, hitrost absorpcije in desorpcije (DOE do 2010: manj kot 5 min), število absorpcijskih/desorpcijskih ciklov (več kot 1500), življenjska doba sistema,

enostavnost uporabe, toksičnost in varnost. Odločilno vlogo za upravičenost do množične proizvodne igra tudi problem puščanja in cene (DOE: 3 do 6 \$/kg rezervoarja).

3.3 UPORABA VODIKA

Ena izmed zelo aktualnih tehnologij, ki omogočajo učinkovito uporabo vodika so gorivne celice. Gorivne celice so elektrokemični členi, v katerih poteka neposredna pretvorba kemične energije goriva v električno energijo. Sestavljene so iz treh delov: anode, katode in elektrolita. Vodik dovajamo na anodo, kjer reagira in odda elektrone (oksidacija). Tok elektronov teče po zunanjem tokokrogu, nosilci elektrine v elektrolitu gorivne celice pa so ioni. Na katodi dovedeni kisik reagira z ioni in elektroni, produkt pa je nastane voda. Na elektrode je nanesen katalizator, ki pospešuje elektro-kemično reakcijo.



Slika 3.10: Splošna zgradba gorivne celice

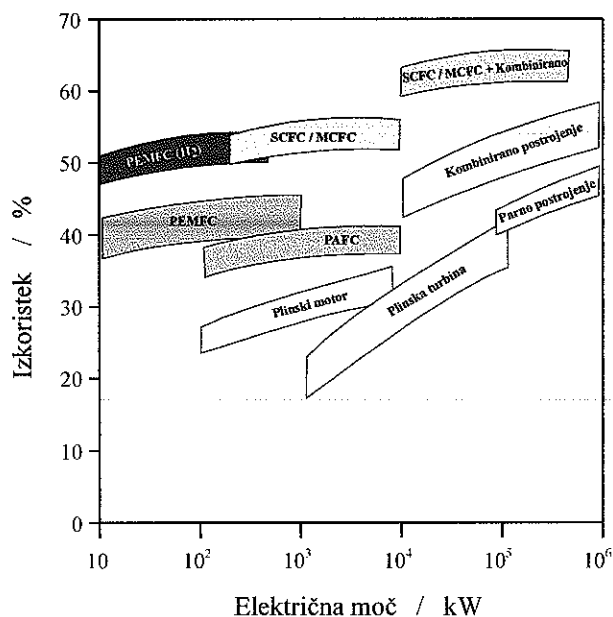
Med anodo in katodo nastane enosmerna električna napetost, ki jo lahko koristno uporabimo. Gorivne celice se razlikujejo po vrsti elektrolita, uporabljenih materialih in delovnih temperaturah. Glede na delovno temperaturo ločimo nizko-temperaturne (od 60 °C do 200 °C) in visoko-temperaturne (od 600 °C do 1000 °C) gorivne celice. Uveljavljenih je pet glavnih tipov gorivnih celic, ki so prikazani v tabeli 3.1.

Tabela 3.1: Glavni tipi uporabljenih gorivnih celic

GORIVNA CELICA	Elektrolit (transportirani ioni)	Gorivo	Delovna temperatura	Uporaba
AFC alkalna gorivna celica	kalijev lug (OH ⁻)	čisti vodik	80 °C	transport, prenosniki
PEMFC, DMFC polimerna gorivna celica	polimerna membrana (H ⁺)	vodik metanol ² zemeljski plin ^{a,b}	80 °C	transport, prenosniki hišna kogeneracija manjše kogeneracije
PAFC fosforno-kislinska gorivna celica	fosforna kislina (H ⁺)	vodik zemeljski plin ^{a,b}	200 °C	manjše kogeneracije
MCFC karbonatna gorivna celica	alkalijev karbonat (Li ₂ CO ₃ , K ₂ CO ₃)	vodik uplinjeni premog ^c zemeljski plin ^{a,b}	650 °C	manjše kogeneracije večje stacionarne enote
SOFC keramična gorivna celica	keramika (Zr(Y)O ₂ , O ²⁻)	vodik uplinjeni premog ^c zemeljski plin ^{a,b,c} bioplín ^{a,c}	1000 °C	transport hišna kogeneracija manjše kogeneracije večje stacionarne enote

^a vodik se pridobiva s pomočjo rafiniranja iz metanol ali zemeljskega plina.^b zemeljski plin mora biti predhodno razžvelen, vrednost morajo biti pod 1ppm.^c možno je rafiniranje znotraj gorivne celice.

Prednosti gorivnih celic so visoki energijski izkoristki, nizka temperatura delovanja (elektro-kemični proces ni omejen s Carnotovim procesom), nizka stopnja hrupa in ekološke prednosti. S povezovanjem več gorivnih celic v blok lahko izdelamo sisteme za različna napetostna območja, ob uporabi čistega vodika pa je emisija le voda para, torej je vodik s stališča emisij čisto gorivo. Električni izkoristki gorivnih celic so prikazani v spodnjem diagramu na sliki 3.11. Ob uporabi nastale toplote pa so celotni izkoristki gorivnih celic okoli 90 %.



Slika 3.11: Primerjava izkoristkov gorivnih celic z ostalimi konvencionalnimi viri, [34]

3.3.1 STACIONARNE APLIKACIJE: FOSFORNOKISLINSKA GORIVNA CELICA (PAFC)

Za stacionarne aplikacije večjih moči (elektrarne) so primerne predvsem keramične (SOFC) in karbonatne (MCFC) gorivne celice. Te gorivne celice niso občutljive na nečistoče v gorivu in zaradi visokih obratovalnih temperatur omogočajo izrabo nastale toplote za kombinirana parna postrojenja. PAFC so primerne za nekoliko manjše moči, kot so večstanovanjske hiše in naselja.

Za primer raziskave smo v analizo vključili stacionarno aplikacijo fosfornokislinske gorivne celice (PAFC) PureCell™, proizvajalca UTC Power z naslednjimi tehničnimi karakteristikami.

Tabela 3.2: Tehnične karakteristike fosforno kislinke celice PureCell

P_E (električna moč)	200 kW
η_E (električni izkoristek)	~ 0,4
življenjska doba	85.000 h

Enota omogoča sočasno uporabo nastale toplotne energije (kogeneracija) na različnih temperaturnih nivojih. Pri temperaturi 60 °C je toplotna moč 271 kW, pri visokotemperaturni izvedbi 121 °C pa 139 kW. Celotni izkoristek pri kogeneraciji tako presega 80% glede na spodnjo kurilnost vodika.

Elektrolit je čista ali visoko koncentrirana kapljevinasta fosforna kislina (H_3PO_4). Ioni v elektrolitu so H^+ in gorivna celica deluje le na čisti vodik. Optimalna obratovalna temperatura je od 180 °C do 210 °C, saj pri teh vrednostih dosega maksimalne izkoristke. Katalizator je platina, ki je občutljiva na CO in žveplo (S).

Tehnološko so enote dobro izpopolnjene, saj so na trgu prisotne od leta 1991. Od takrat so instalirali več kot 275 različnih enot. Osnovna enota ima že prigraden reformer za zemeljski plin, vendar ga v analizi nismo upoštevali, saj smo vodik pridobivali z ločeno proizvodnjo. Pri popisu materialnih tokov za proizvodnjo enote smo upoštevali podatke proizvajalca.

3.3.2 MOBILNE APLIKACIJE

Za mobilne aplikacije (cestna vozila, plovila, zračna vozila, premični stroji, vesoljski poleti, podmornice,) so primerne AFC, SOFC, PEM ter tudi PAFC tipi gorivnih celic.

Zagotoviti je potrebno visoko čistost goriva. PEM so bile razvite tudi za uporabo v mobilnih telefonih, prenosnih računalnikih in kamerah.

3.4 ŠTUDIJE ŽIVLJENJSKIH CIKLOV TEHNOLOGIJE »LIFE CYCLE ASSESSMENT«

Metoda študije življenjskega cikla tehnologije (angl. Life Cycle Assessment – LCA) je znanstvena metoda, ki omogoča izračun in oceno škodljivih vplivov obravnavane tehnologije na okolje skozi njeno življenjsko obdobje. Razvita je bila v 90ih kot posledica večjega poudarjanja zmanjševanja škodljivih vplivov na okolje, danes pa je eno izmed bazičnih orodij na področju vrednotenja tehnologij. V tem obdobju je postala standardizirana metoda, definirana in določena s kopico standardov [9]-[14] s strani treh vodilnih organizacij (SETAC¹, ISO² in UNEP³).

Osnovna ideja analize življenjskega cikla procesa je popis vseh materialnih in energijskih tokov, ki so povezani z življenjskim ciklom določenega procesa ali izdelka, [4], [5]. Tudi po ISO 14040 [9] je metoda LCA definirana kot popis in ocena masnih ter energijskih vhodnih in izhodnih tokov ter vseh potencialnih vplivov na okolje skozi celotno življenjsko obdobje sistema. To pomeni, da se pri obravnavi z LCA analizo upoštevamo vse vplive na okolje skozi celotno življenjsko dobo izdelka, tako pri izkopavanju surovin, proizvodnji materialov in delov izdelka, kot tudi pri njegovi uporabi ter reciklaži. Pri vsaki analizi postavimo meje obravnavanega sistema glede na zastavljen namen in omejitve analize. Pri tem se glede postavitve meje obravnavanega sistema največkrat pojavljajo analize:

- „od zibelke do groba” - od proizvodnje do končne reciklaže
- „od zibelke do vrat” - proizvodnja izdelka, faza uporabe in reciklaže nista upoštevani
- „od zibelke do zibelke” - za izdelke, ki jih v celoti recikliramo
- „od vrtine do kolesa” - izraz se uporablja predvsem v energetiki za proizvodnjo goriv; obstajajo tudi izpeljanke, kot so „od vrtine do rezervoarja”, „od rezervoarja do kolesa”...

3.4.1 FAZE PROJEKTA LCA

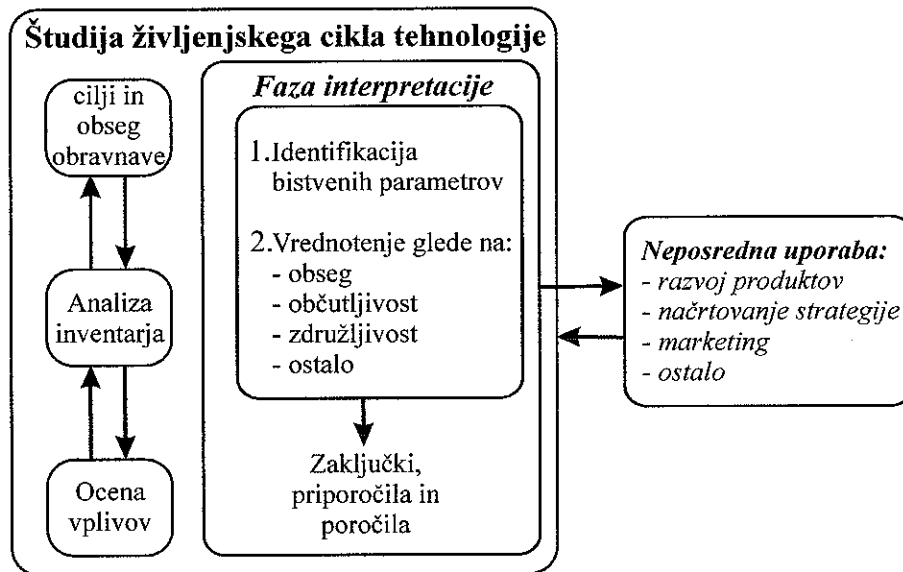
Glede na že prej omenjene ISO standarde in smernice, [9]-[14] so zahteve in struktura LCA študije razdeljene na štiri dele (Slika):

¹ SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry

² ISO: International Organization of Standardization

³ UNEP: United Nations Environmental Programme

- Definicija ciljev in obsega projekta;
- LCI - analiza inventarja;
- LCIA - ocena vplivov;
- Interpretacija;



Slika 3.12: Elementi LCA analize, [9]

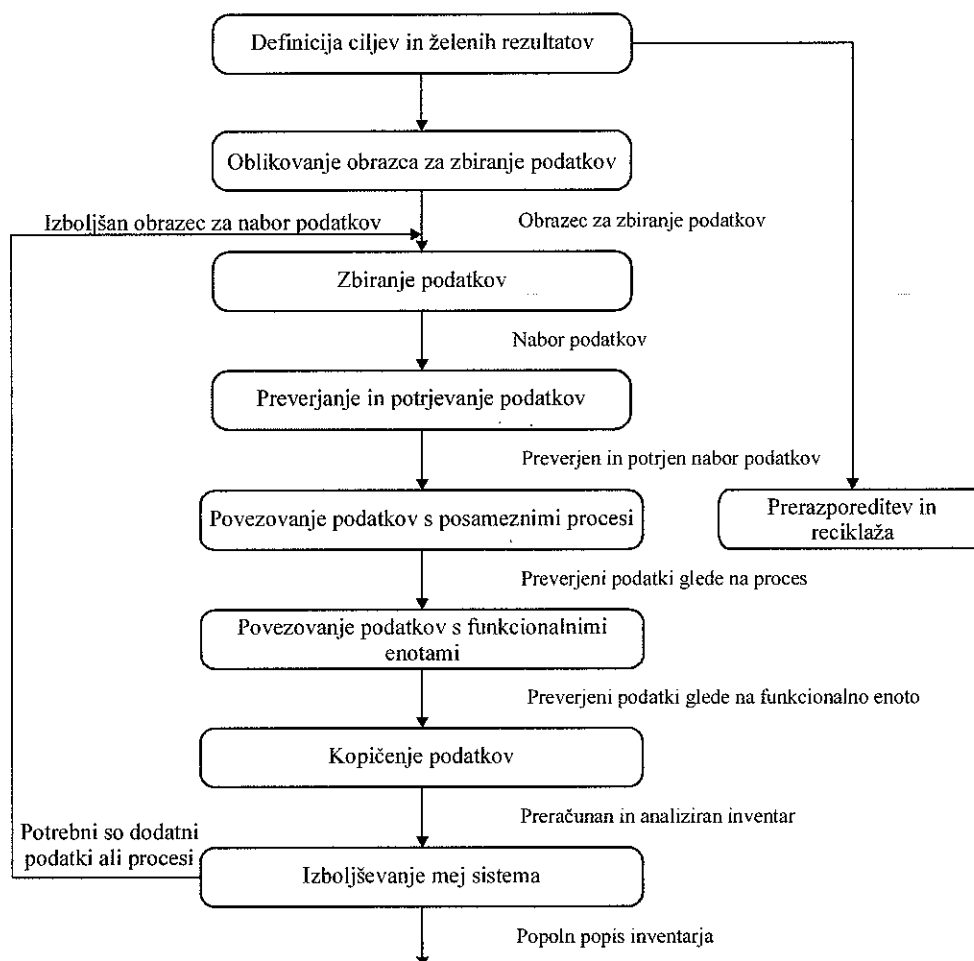
3.4.1.1 DEFINICIJA CILJEV IN OBSEGA PROJEKTA

Prvi in zelo pomemben korak pri LCA analizi je definicija in uskladitev ciljev, obsega in območja projekta znotraj delovne skupine. Definicija cilja mora vsebovati vzrok in namen raziskave, predvidene aplikacije in partnerje, ki bodo sodelovali pri projektu. Nujno je potrebno opredeliti celoten obravnavan sistem v smislu njegovega delovanja in tako postaviti meje obravnavanega sistema. Opis obsega projekta naj vsebuje tudi metodo s katero se bo naredila ocena vplivov na okolje in nadaljnja interpretacija rezultatov. V primeru študije je uporabljena metodologija CML 2001, ki so jo razvili na Inštitutu okoljskih znanosti Univerze v Leidnu (*Institute of Environmental Sciences of the Leiden University*) na osnovi predpisov v ISO standardih, [9] - [14].

3.4.1.2 ANALIZA INVENTARJA – LCI

Analiza inventarja predstavlja ključni korak pri LCA študijah. Količinsko je potrebno definirati vstopne energijske in materialne tokove ter izstopne emisije, odpadke in ostale izhodne tokove v življenjskem ciklu izdelka ali procesa. Slika 3.13 prikazuje korake, ki jih je potrebno upoštevati pri analizi inventarja. Prvi korak predstavlja definiranje ciljev in

želenih rezultatov, na podlagi katerih se lahko začne pridobivanje konkretnih podatkov. Ker so zbirke podatkov pridobljene iz različnih virov, je zelo pomembno zagotoviti enotno in dosledno razumevanje obravnavanega sistema. V ta namen je priporočljivo narediti „flow“ diagrame, podrobne opise posameznih procesov in seznam področij, ki se jih vsak proces dotika.



Slika 3.13: Postopek analize inventarja, [10]

V principu naj bi LCA analiza obravnavala vse tokove od "*od vrtine do kolesa*", vendar v praksi vseh tokov ne moremo opisati s popolno natančnostjo. Nekaj tokov je zato potrebno ali oceniti ali zanemariti, oziroma odpisati (*cut – off* kriterije). Namen "*cut-off*" kriterija v prvi vrsti ni zanemarjanje tokov, temveč dobra ocena manjkajočih podatkov. V kolikor lahko, je potrebno pomanjkanje podatkov čim bolj omejiti in se temu izogniti. Če to ni mogoče, se lahko naredi približke:

- Neznani proces približno ocenimo in prevedemo glede na podoben znan proces;

- Tok, pri katerem so manjkajoči podatki, primerjamo s podobnim že znanim tokom in na podlagi primerjave ocenimo, ali je vseeno potrebno zbrati podatke, oziroma je lahko tok zanemarljiv;
- Če ocena ni mogoča, je naslednji korak ocena kvalitativnega in kvantitativnega pomena toka;
- Če nobena od zgornjih možnosti ni mogoča, se tokove z nepopolnimi podatki vidno označi in zanemari;

3.4.1.3 OCENA VPLIVOV – LCIA

Cilji ocene vplivov sistema (angl. Life Cycle Impact Assessment - LCIA) na okolico so v razumevanju in vrednotenju okoljskih vplivov, na podlagi podatkov iz stopnje pridobivanja in analiziranja inventarja sistema, kot je definirano v projektu. Glavni cilj ocene vplivov sistema (LCIA) je pretvorba kvantitativnih podatkov iz analize inventarja (LCI), na osnovi znanstvenih odkritij, v kvalitativno oceno vplivov. Osnovni koraki LCIA obsegajo, [11]:

1. Izbor in definicija vrste vplivov – določitev ustreznih vplivov na okolje (npr. globalno segrevanje, zastrupljanje okolja...).
2. Razvrščanje podatkov iz LCI v skupine vplivov, ki jih povzročajo.
3. Karakterizacija vplivov – na osnovi znanstvenih spoznanj določimo utežnostne faktorje za pretvorbo posameznih vplivov (npr. določitev faktorjev za vpliv metana in ogljikovega dioksida na globalno segrevanje).
4. Normalizacija – izražanje vplivov na način primerljivosti med posameznimi povzročitelji (npr. vpliv obravnavanega sistema primerjamo z istim vplivom, ki je v enem letu kumulativno povzročen na Zemlji).
5. Razvrščanje indikatorjev (npr. razvrščanje vplivov glede na geografski položaj, ...).
6. Poudarjanje najpomembnejših potencialnih vplivov – to ni znanstveni postopek, zato moramo metodo določanja jasno predstaviti.
7. Vrednotenje in prikaz rezultatov LCIA, [6].

Koraki pod točkami 1., 2., 3. in 7. so obvezni v vsaki analizi, medtem ko se za ostale odločimo na osnovi ciljev analize. Uveljavljenih je več metodologij določanja LCIA vplivov, kot so CML2001, EI99, EDIP 1997, itd. Metodologije so potrjene s strani različnih znanstvenih ustanov, zato je karakterizacija vplivov drugačna. Posledica so odstopanja med rezultati ob uporabi različnih metodologij, vendar na te v postopku raziskave ne moremo vplivati.

Za lažjo interpretacijo so razvili metodologije, ki okoljske vplive predstavijo z eno številko. To je doseženo z utežnostnimi koeficienti za posamezne vplive na okolje, kot so

potencial globalnega segrevanja, potencial zakisljevanja okolja, itd. Ta postopek navadno izvedemo v povezavi z normalizacijo (npr. glede na okoljske vplive povzročene v enem letu na prebivalca).

3.4.1.4 INTERPRETACIJA

Interpretacija je zadnja stopnja LCA analize, kjer je potrebno dognati, določiti, preveriti in oceniti rezultate LCI in LCIA. Pri tem je potrebno rezultate obeh korakov smiselno povezati in tolmačiti. Po ISO standardih [9]-[13] mora interpretacija obsegati analizo rezultatov, sklenjene zaključke, razložene omejitve in podane predloge ter smernice za nadaljnjo raziskavo. Vse navedeno mora biti transparentno predstavljeno z zastavljenimi cilji in izvorom podatkov.

V primerjalnih analizah ni vedno mogoče enoznačno določiti boljšega izdelka ali procesa, vendar to ne pomeni, da z analizo nismo dosegli cilja. Rezultati nam kljub vsemu podajo vplive na okolje in zdravje ljudi posamezne tehnologije. Tako lahko ugotovimo pozitivna in negativna področja obeh.

3.4.2 ZNAČILNOSTI IN OMEJITVE LCA

Glavne značilnosti in prednosti metodologije LCA, ki jih je vedno potrebno upoštevati, so našteje na spodnjem seznamu, [7]:

- LCA študije morajo sistematično in dosledno upoštevati vse vplive na okolje obravnavanega sistema, od izkopa surovin do končnega uničenja.
- Podrobnost študije in časovni okvir je potrebno določiti z definicijo ciljev in obsega projekta.
- Obravnavano področje, predvidevanja, opis kvalitete podatkov, metode in rezultati morajo biti skozi študijo LCA transparentno predstavljeni.
- V nekaterih primerih je potrebno paziti na zaupnost podatkov.
- Rezultati naj bodo predstavljeni na široko, saj je zaradi različnosti sistemov nemogoče rezultat predstaviti v obliki ene številke.
- Metoda LCA dopušča zelo prilagodljiv pristop k vsakem primeru posebej. V standardih so začrtane le glavne smernice metode.

Podobno kot večina metod ima tudi LCA študija nekaj slabosti, ki jih je potrebno omeniti:

- Vsaka študija LCA bo vsebovala določene predpostavke in subjektivne ocene. Vsako predpostavko je potrebno podrobno preučiti, saj se lahko končni rezultati prav zaradi teh predpostavk močno razlikujejo. Zato je potrebno biti zelo previden pri podajanju končnih ocen.

- Velik problem študij LCA je razpoložljivost, dostopnost in kvaliteta podatkov. V pridobivanje podatkov je zato potrebno vložiti veliko znanstvenega in metodološkega dela. V zadnjem času se v ta namen sestavljajo velike baze podatkov, ki jih je potrebno pravilno uporabljati, oziroma pravilno prilagoditi obravnavanemu sistemu.
- Omeniti je potrebno, da je LCA le ena izmed metod gospodarjenja z okoljem in zato je za vsak primer potrebno preveriti, ali je LCA tisti trenutek res najprimernejša metoda.
- Ob hitrem razvoju tehnologij so lahko baze podatkov hitro neprimerne, če niso pogosto posodobljene.

3.5 PROGRAMSKO OKOLJE GABI 4

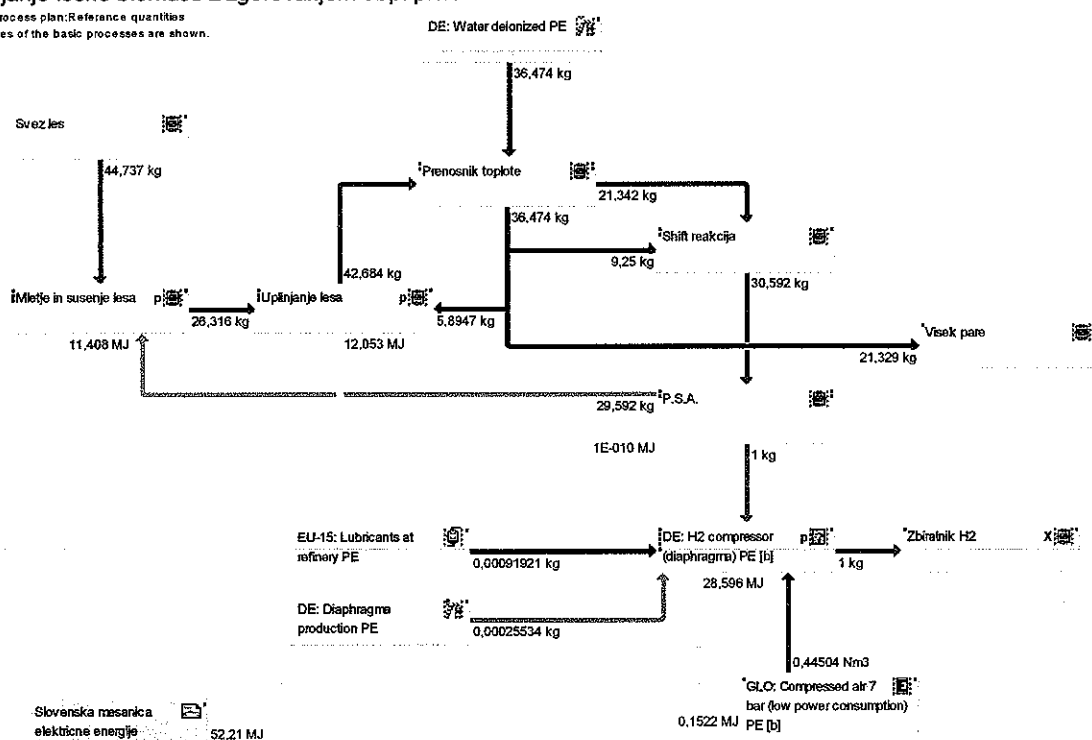
Programski paket GaBi 4, [15], je namenjen izdelavi ekobilanc življenjskih ciklov. S svojo široko bazo podatkov, ki so rezultat večletnih raziskav in zbiranja podatkov na področju tehnoloških procesov, je postal univerzalno orodje za izračun in oceno okoljskih vplivov različnih procesov in izdelkov skozi celotno življenjsko dobo. Poleg okoljskih je mogoče z dodatnimi funkcijami oceniti tudi ekonomske, sociološke in tehnološke vplive sistemov.

Program omogoča natančno razčlenbo sistema na manjše podsisteme, ki so sestavljeni iz osnovnih procesov. Na sliki 3.14 je prikazana shema sistema za termokemično uplinjanje lesne biomase modelirana v programskem okolju GaBi 4. Procesi so definirani z vhodnimi in izhodnimi masnimi in energijskimi tokovi. Celoten sistem dobimo, ko procese, ki predstavljajo posamezen segment le-tega, povežemo med seboj z vhodnimi in izhodnimi tokovi. Dobljeni sistem obsega glavne tokove (produkti), stranske tokove, emisije v okolje in odpadke. Z natančnimi podatki o tokovih in razmerij med njimi dosežemo veliko točnost rezultatov. GaBi 4 vsebuje že veliko število definiranih procesov in tokov v bazi podatkov⁴, ki jih lahko uporabimo pri analizah, če predhodno ocenimo, da ustrezajo našim zahtevam. Osnova za izdelavo bilančnih oz. blokovnih shem so tehnološke sheme procesov. Procese, ki jih v bazi podatkov ni, moramo samostojno definirati in ustvariti.

⁴ Gabi 4 Database: Široka paleta pokriva področja kovin, organskih in anorganskih vmesnih produktov, plastiko, mineralne materiale, oskrbo z energijo, reciklažo, premaze, gradbene materiale, obnovljive materiale, elektroniko ter tekstilne procese. Poleg tega program omogoča uporabniku, da sam kreira nove procese ter masne ali energijske tokove in s tem popiše vsako tehnologijo, sistem ali proces, ki si jih zamisli.

Uplinjanje lesne biomase z zgorevanjem obp. plinov

GaBi 4 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



Slika 3.14: Primer sheme v programskem okolju GaBi 4: shema sistema za termokemično uplinjanje lesne biomase

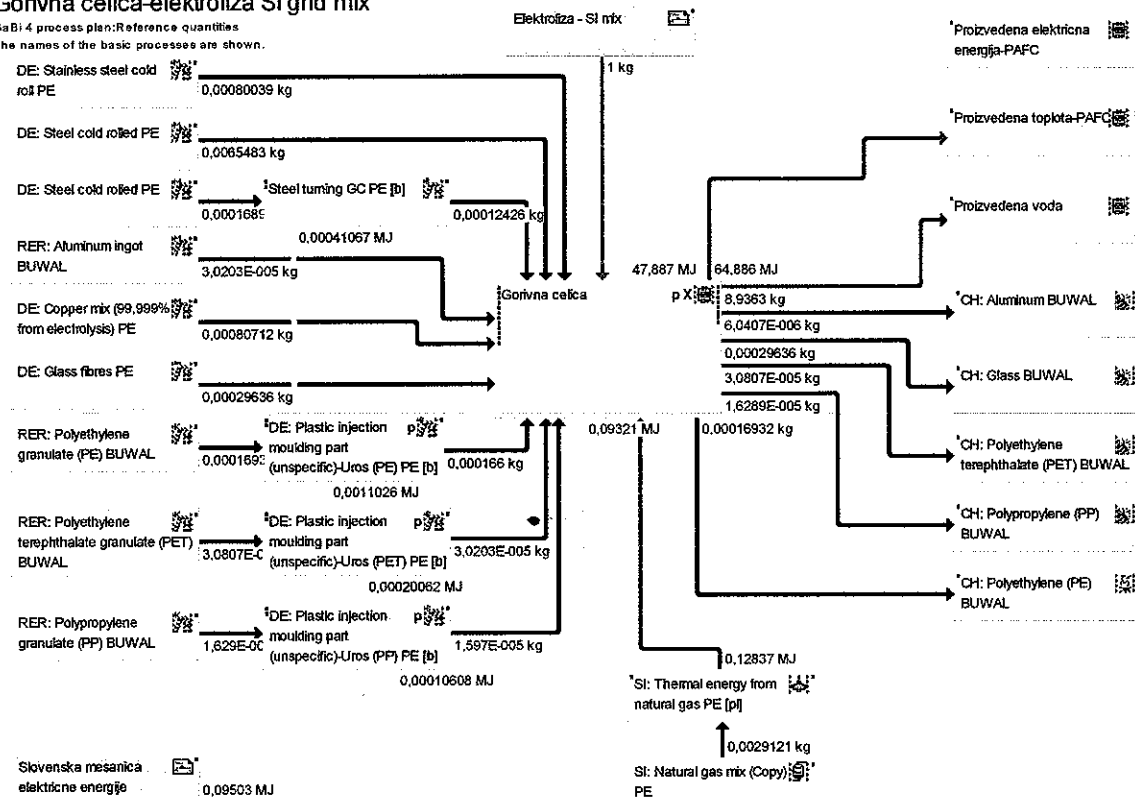
Obsežna podatkovna baza pokriva področja kovin, umetnih materialov, kemikalij, proizvodnje goriv, oskrbe z energijo, gradbenih materialov, ravnanja z odpadki, itd. Z definiranjem in ustvarjanjem novih procesov vsak uporabnik širi lastno bazo podatkov. Pri tem je potrebna natančnost in doslednost ob zbiranju podatkov. Priporočljivo se je opirati na najnovejšo strokovno literaturo in tehnološke podatke iz industrije. Pri tem so nam v pomoč *poizvedbene* tabele, ki jih predpisuje standard ISO, [9]-[14]. Na podlagi izdelanih blokovnih shem, definiranih masnih in energijskih tokov ter razmerij med njimi, program izračuna bilance posameznih sistemov.

Znotraj projekta SPEV je bilo v programskem okolju modeliranih več različnih tehnoloških metod pridobivanja vodika (poglavje 3.1), katerih modeli so prikazani v prilogi A. Pridobivanje vodika predstavlja »well-to-tank« analizo. Da bi naredili »well-to-wheel« analizo, pa potrebujemo še porabnika vodika, ki je v našem primeru fosfornokislinska gorivna celica (poglavje 3.3.1). Pri izdelavi sheme, ki je prikazana na sliki so uporabljeni podobni kompatibilni procesi (skladno s standardom ISO) proizvodnje določenih materialov iz baze podatkov programa GaBi 4. Za podatke, ki jih proizvajalec ni

podal zaradi varovanja tehnoloških podatkov (omenjeno tudi v ISO standardu), je bil uporabljen »cut-off« kriterij in niso bili upoštevani.

Gorivna celica-elektroliza SI grid mix

GaBi 4 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



Slika 3.15: Shema obravnavane gorivne celice v GaBi 4

4 ANALIZA REZULTATOV LCA ŠTUDIJ OBRAVNAVANIH TEHNOLOGIJ

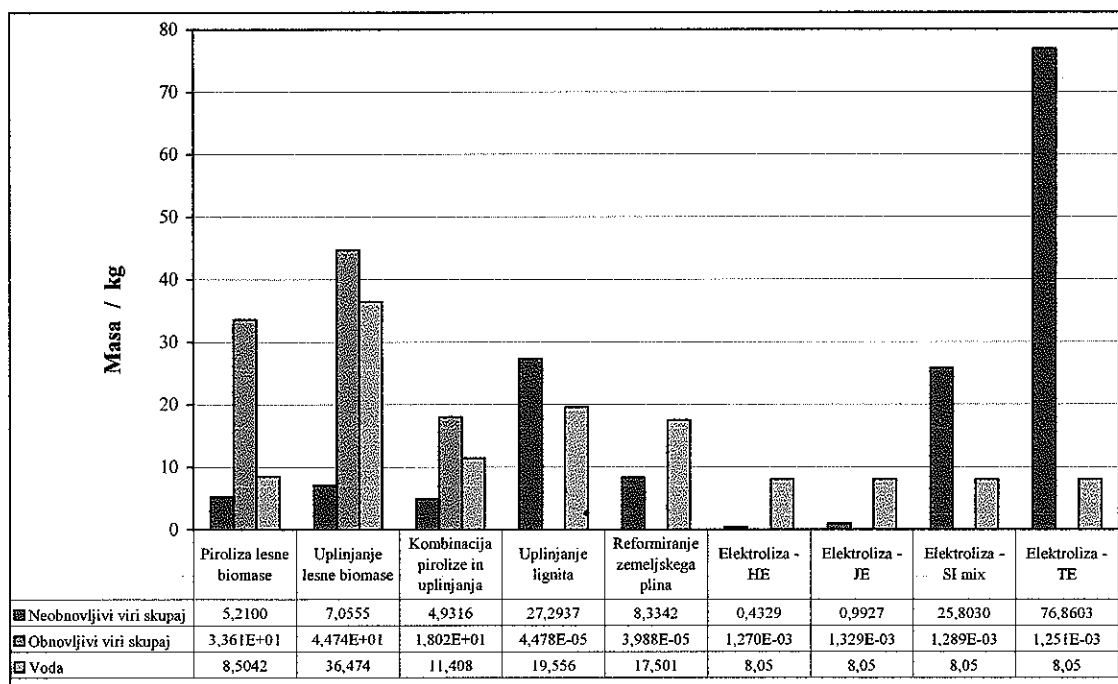
Tehnološke sheme pridobivanja vodika so detajlno predstavljene v poglavju 3.1. Pri pridobivanju vodika so bili zahtevani naslednji robni pogoji:

- Zahteva po čistosti vodika 99,99 %.
- Komprimiranje vodika v primeru vseh tehnoloških postopkov na 440 bar.
- Izračuni so normirani na 1 kg pridobljenega vodika.

4.1 PORABA SUROVINSKIH VIROV

Na sliki 4.1 je prikazana poraba obnovljivih in neobnovljivih surovinskih virov ter vode, ki predstavljajo glavni delež surovin pri proizvodnji 1 kg komprimiranega vodika. Na diagramih na slikah 4.2 in 4.3 je nadalje prikazana poraba neobnovljivih in obnovljivih virov energije pri proizvodnji 1 kg komprimiranega vodika. Na podlagi diagramov lahko zaključimo:

- Poraba obnovljivih virov energije je prisotna v glavnem pri pridobivanju vodika iz biomase (piroliza, uplinjanje, kombinacija). V ostalih primerih je poraba obnovljivih virov energije posledica porabljene električne energije, ki je proizvedena iz obnovljivih virov energije.
- Poraba vode je v vseh primerih upoštevana za potrebe v procesu, le v primeru uplinjanja lesne biomase je poraba upoštevana tudi za ohlajanje sinteznega plina. Nastalo paro lahko vodimo iz sistema in jo uporabimo v druge namene npr. proizvodnje električne energije s parno turbino.
- Poraba neobnovljivih virov energije je najvišja pri tehnologijah pridobivanja vodika iz lignita kot glavnega neobnovljivega vira energije (uplinjanje lignita, elektroliza z el. energijo iz TE). Visoka je tudi pri elektrolizi z električno energijo iz slovenske energijske mešanice.



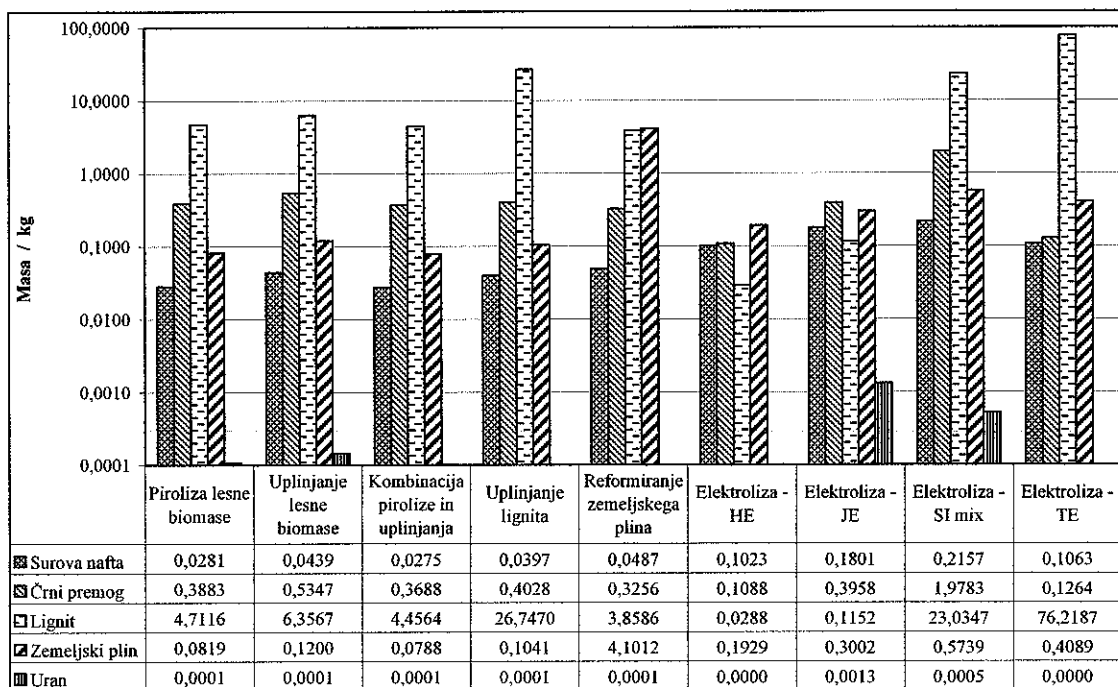
Slika 4.1: Poraba obnovljivih, neobnovljivih virov in vode za proizvodnjo 1kg komprimiranega vodika za vse obravnavane tehnologije (poglavje 3.1)

4.1.1 PORABA NEOBNOVLJIVIH VIROV

Pri porabi neobnovljivih virov (slika 4.2) je potrebno poudariti, da je pri proizvodnji vodika iz pretežno obnovljivih virov, kjer je glavna surovina biomasa, prisotna poraba tudi neobnovljivih virov kot so uran, nafta, črni premog in ostali neobnovljivi viri le zaradi porabljene električne energije iz električnega omrežja, ki pa je mešanica električne energije proizvedene iz različnih virov (JE, TE, HE). Ugotovljeno je bilo naslednje:

- *Poraba neobnovljivih virov je manjša pri uplinjanju lignita kot pri elektrolizi z električno energijo iz TE, saj že sam izkoristek termoelektrarne ob upoštevanju prenosa električne energije v omrežju ne presega 40 %. Nadalje nastanejo še izgube pri elektrolizi.*
- *Pri elektrolizi z električno energijo iz jedrske energije (JE) je poraba urana 0,0013 kg. Večina porabe ostalih neobnovljivih virov (približno 1 kg) nastane pri proizvodnji materialov in pridobivanju urana.*
- *Pri reformiranju zemeljskega plina (ZP) je poraba neobnovljivih virov prisotna zaradi porabe električne energije (slovenska energijska mešanica), dodatno pa*

nastopa tudi poraba zemeljskega plina za samo reformiranje za pridobivanje vodika (približno 3,7 kg).



Slika 4.2: Poraba le neobnovljivih virov energije za proizvodnjo 1kg komprimiranega vodika za vse obravnavane tehnologije pridobivanja vodika (poglavje 3.1)

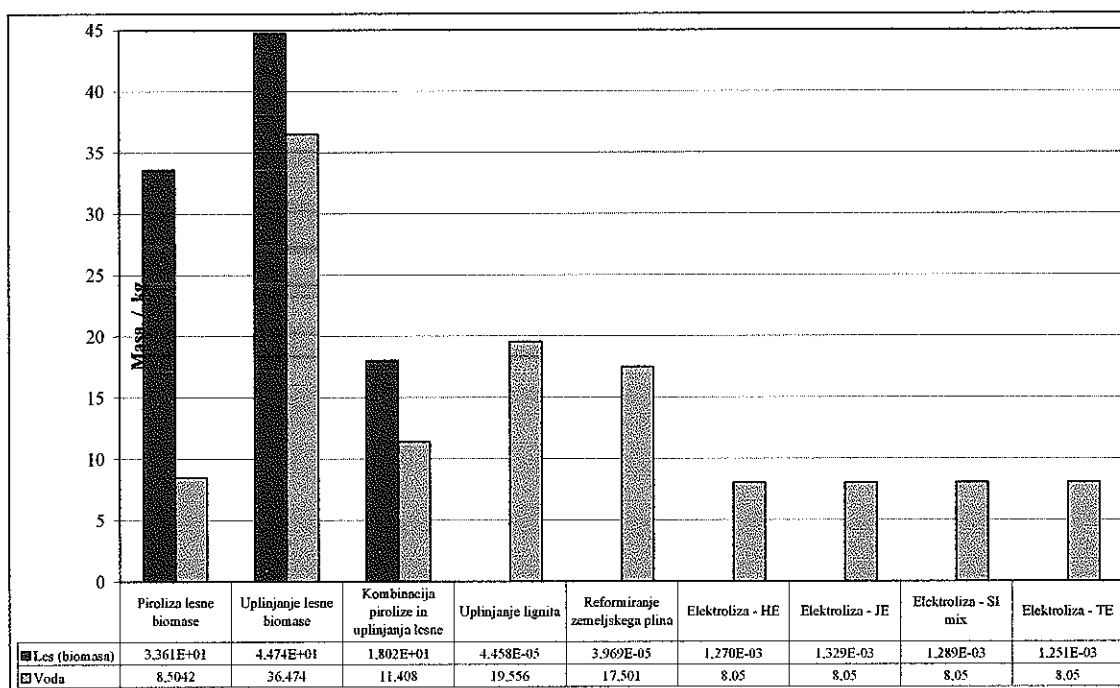
- Pri elektrolizi z električno energijo iz HE je nastala poraba neobnovljivih virov pri izgradnji objekta, saj so pri samem obratovanju te zanemarljive.

4.1.2 PORABA OBNOVLJIVIH VIROV

Pri porabi obnovljivih virov (slika 4.3) v prvi vrsti obravnavamo lesno biomaso kot osnovno surovino pri štirih tehnologijah. Poraba obnovljivih virov v ostalih primerih (elektroliza, reformiranje) je prisotna zaradi porabljene električne energije iz slovenske energijske mešanice (SI-MIX), katere delež predstavljajo tudi obnovljivi viri. Ugotovljeno je bilo:

- Pri uplinjanju lesne biomase je največja poraba lesa: pri zgorevanju lesa se sprošča veliko toplote, ki je ne uporabimo za končni produkt (vodik). Pri ohlajanju sinteznega plina dobimo kot stranski produkt vodno paro, ki jo lahko vodimo ven iz sistema in je uporabna v druge namene - možnost proizvodnje električne energije s parno turbino.

- *Pri pirolizi trden ostanek (oglje) vodimo iz sistema: vhodni les tako ne izrabimo do končne mere in zato je poraba lesa večja. Oglje pa ostane kot dodaten, uporaben stranski produkt.*
- *Pri kombinaciji pirolize in uplinjanja oglja je poraba lesa najmanjša, saj vhodni vir izrabimo do končne mere.*
- Pri vseh primerih je skoraj v celoti poraba obnovljivih virov v obliki lesa.



Slika 4.3: Poraba obnovljivih virov energije pri proizvodnji 1kg komprimiranega vodika za vse obravnavane tehnologije pridobivanja vodika (poglavje 3.1)

4.2 VPLIVI NA OKOLJE

Po standardu ISO 14040, ki opisuje metodo LCA, je v nadaljevanju potrebno obravnavati in oceniti vplive različnih tehnologij za pridobivanje vodika na okolje. Predstavljeni bodo rezultati različnih vplivov na okolje. To so: emisije potencial globalnega segrevanja (GWP) in potencial zakisljevanja okolja (AP). Rezultati predstavljajo emisije in potenciale onesnaževanja okolja, ki se pojavijo pri posameznih procesih normaliziranih na 1 kg proizvedenega vodika.

4.2.1 POTENCIAL GLOBALNEGA SEGREVANJA (GWP; METODOLOGIJA - CML2001)

Potencial globalnega segrevanja (GWP) povzročajo nadnaravno velike koncentracije toplogrednih plinov v ozračju. Ti plini zaradi svoje molekulske zgradbe absorbirajo del infrardečega sevanja, ki ga izseva segreta površina Zemlje. To sevanje ima večjo valovno dolžino od sončnega sevanja, ker je temperatura površine Zemlje veliko nižja od temperature površine Sonca. Absorbirano energijo nato izsevajo nazaj v vse smeri in del jo tako vrnejo nazaj proti površini Zemlje, del pa v Vesolje. Ta pojav je sicer nujen za ohranjanje primerne temperature za življenje na Zemlji, saj bi bila brez njega povprečna temperatura za 33 stopinj nižja kot je sedaj. Z nenaravnim povečevanjem koncentracije toplogrednih plinov pa se povečuje delež toplote, ki ni izsevana nazaj v Vesolje še povečuje. Posledica je porast temperature na površini.

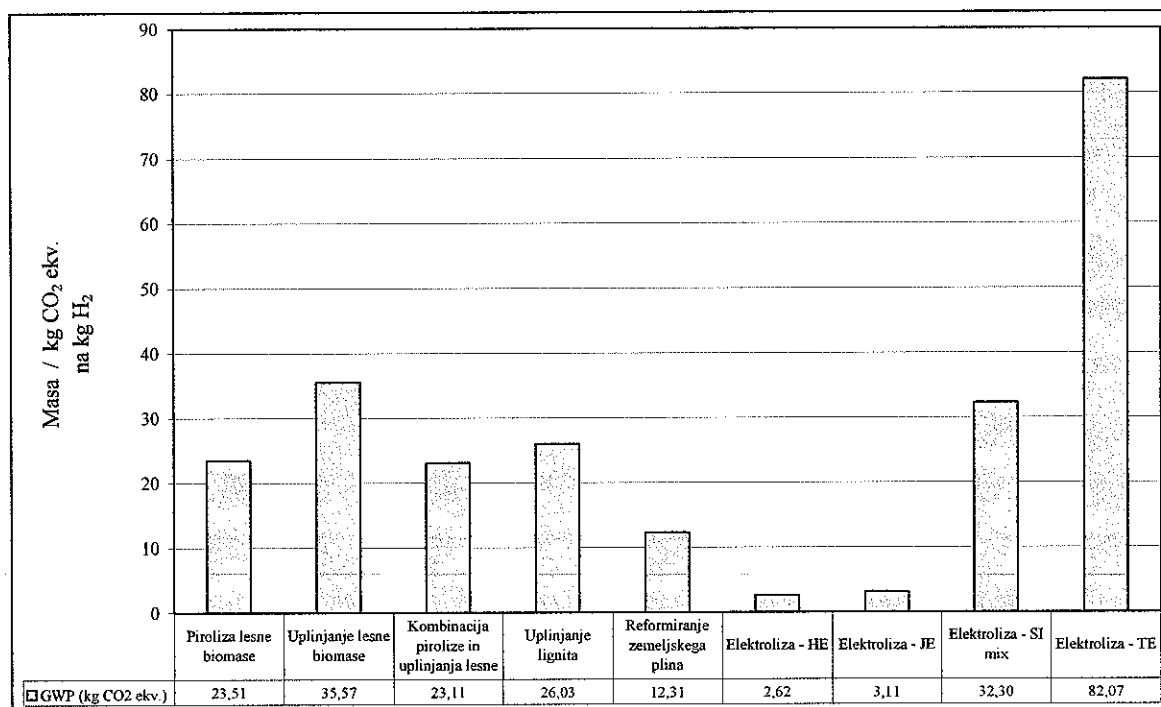
Vpliv plinov na pojav globalnega segrevanja je odvisen od valovne dolžine absorbiranega sevanja, zmožnosti absorpcije in od obstojnosti plina v atmosferi. Ob upoštevanju vseh parametrov so določeni utežni faktorji za posamezni plin. Enota za izražanje je CO₂ ekvivalent, kar pomeni, da so vplivi vseh plinov izraženi relativno glede na vpliv, ki ga povzroči ogljikov dioksid. S stalnimi raziskavami na tem področju se spreminjajo tudi faktorji. Potencial globalnega segrevanja se izraža za obdobje 20, 100 in 500 let, največkrat se uporablja vrednost za obdobje 100 let, ki jo bom uporabil za analize. Na področju raziskovanja klimatskih sprememb ima vodilno vlogo IPCC (*angl.* Intergovernmental Panel on Climate Change).

Tabela 4.1: Vrednosti potenciala globalnega segrevanja 2007 IPCC AR4, [82]

	Časovna obstojnost v letih	GWP za obdobje 100 let
CO ₂		1
CH ₄	12	25
Didušikov oksid (N ₂ O)	114	298
HFC-23	270	14.800
Žveplov heksafluorid (SF ₆)	3.200	22.800

*opomba: Tabela prikazuje vrednosti samo za nekatere toplogredne pline.

Analiza potenciala globalnega segrevanja je narejena po metodologiji CML2001, ki so jo razvili na Inštitutu okoljskih znanosti *Univerze v Leidnu* (Institute of Environmental Sciences of the Leiden University) na osnovi predpisov v ISO standardih.



Slika 4.4: Potencial globalnega segrevanja pri proizvodnji 1kg komprimiranega vodika za vse obravnavane tehnologije pridobivanja vodika (poglavje 3.1)

Na podlagi diagrama na sliki 4.4 je razvidno:

- *Najmanjši potencial globalnega segrevanja (GWP) povzroča elektroliza iz HE, sledi ji elektroliza iz NEK.*
- *Največji GWP povzroča elektroliza iz TE.*
- *Največji povzročitelj (ni pa edini) pri vseh tehnologijah je CO₂. Povzročitelj je tudi metan (pri reformiranju ZP malo nad 11 % celotne vrednosti), ter dušikov oksid (smejalni plin).*
- *Najmanjšo vrednost GWP med postopki pridobivanja vodika z uplinjanjem oz. reformiranjem iz obnovljivih in neobnovljivih virov ima reformiranje ZP. Razlago za to lahko najdemo v tem, da ima ugodno masno razmerje C:H=1:4 (na kg pridobljenega vodika so tako manjše emisije CO₂ v primerjavi z ostalimi viri z večjim deležem C);*
- *Potrebno je poudariti, da ima CO₂ iz lesne biomase v okviru trajnostne rabe nično vrednost glede na potencial globalnega segrevanja (GWP). Tako bi se tudi*

GWP za pirolizo, uplinjanje in kombinacijo obeh za lesno biomaso ob tej predpostavki bistveno zmanjšal.

- *Glede na proizvodnjo električne energije v Sloveniji za leto 2006 je pridobivanje vodika z uplinjanjem lignita manjši povzročitelj GWP kot elektroliza iz slovenske energijske mešanice (SI grid mixa).*
- *Elektroliza iz TE povzroča več kot 3x večji GWP kot ga uplinjanje lignita.*

4.2.2 POTENCIAL ZAKISLJEVANJA OKOLJA (AP; METODOLOGIJA - CML2001)

S potencialom zakisljevanja okolja (AP) skušamo popisati vpliv, ki ga povzroča „kisel“ dež. Izraža se v enotah kg SO₂ ekvivalent, ki služi za določitev utežitev faktorjev. Povzročitelji so kemijske spojine s kislim značajem, ki v ozračju z vodno paro tvorijo kisline.

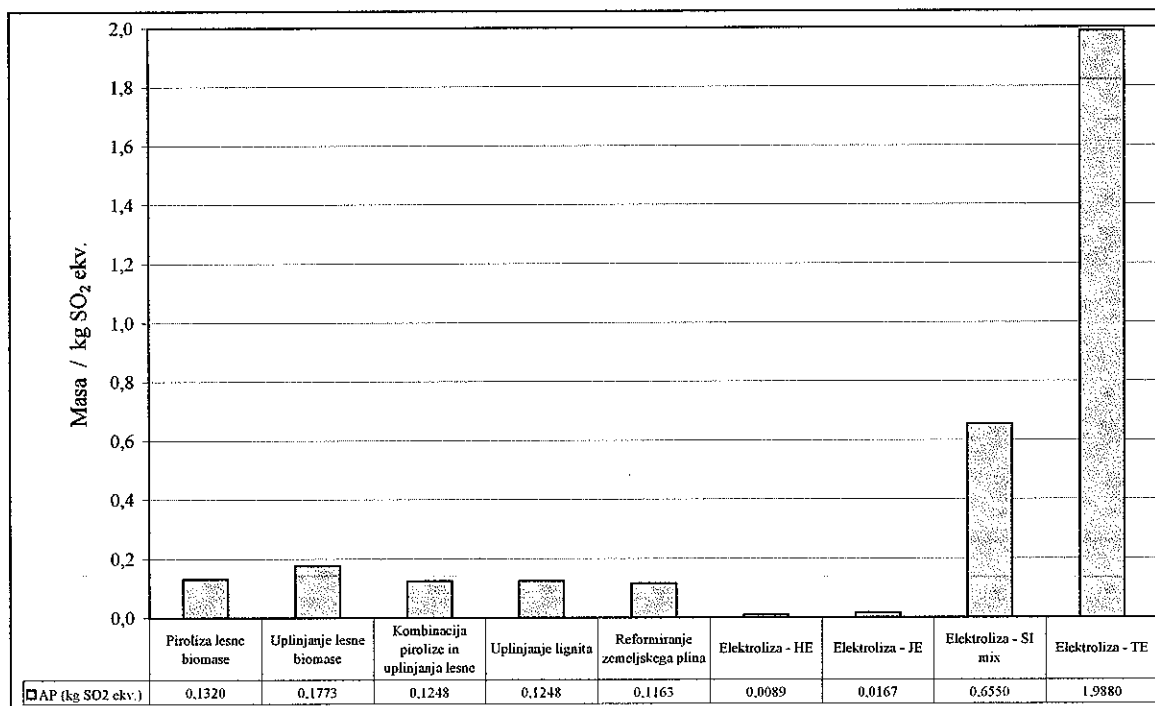
Tabela 4.2: Utežni faktorji potenciala zakisljevanja okolja

	Utežni faktor
Žveplov dioksid (SO ₂)	1
NO _x	0,7
Amonijak (NH ₃)	1,88
Klorovodikova kislina (HCl)	0,88

Celotni AP potencial dobimo z vsoto produktov utežnih faktorjev in masnih deležev posameznih povzročiteljev.

Iz diagrama na sliki 4.5 je razvidno, da:

- *Največji AP povzroča elektroliza iz TE, sledi ji elektroliza iz SI grid mix.*
- *Med postopki uplinjanja biomase in reformiranja največji AP povzroča uplinjanje lesne biomase.*



Slika 4.5: Potencial zakisljevanja pri proizvodnji 1 kg komprimiranega vodika za vse obravnavane tehnologije pridobivanja vodika (poglavje 3.1)

4.3 ENERGIJSKI IZKORISTEK PRETVORB

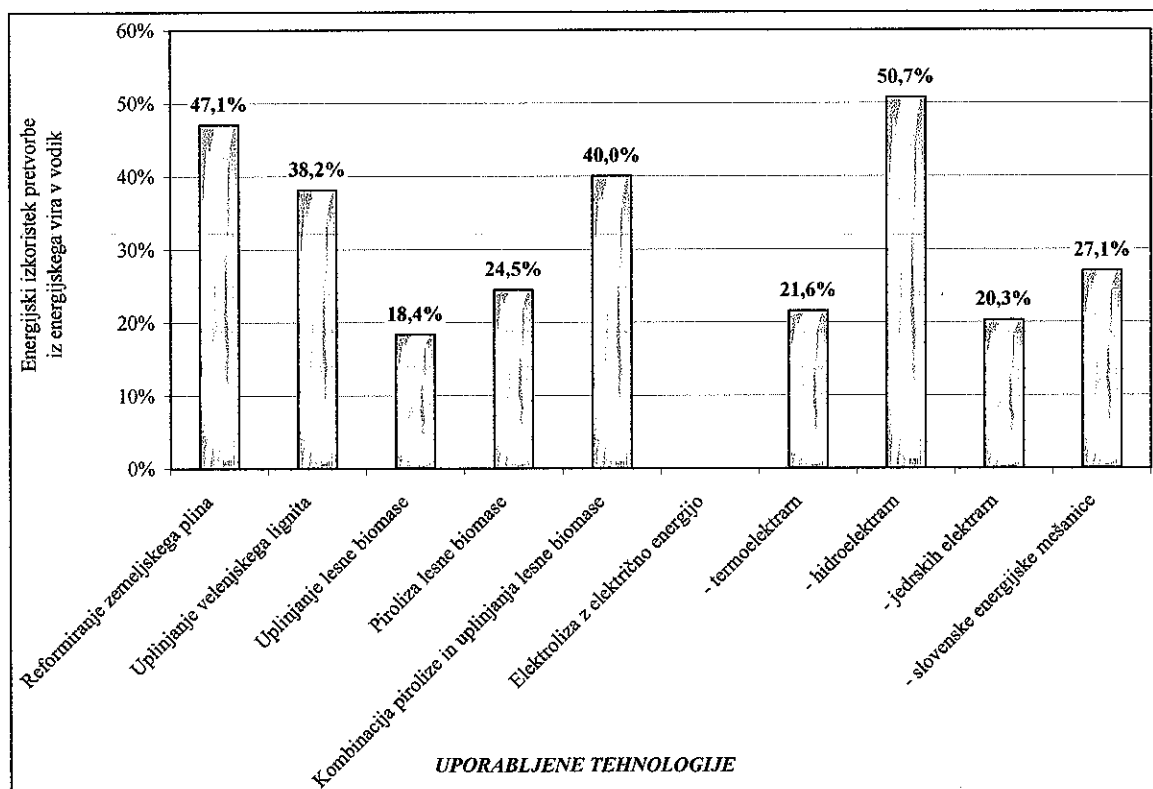
Energijski izkoristek pretvorbe osnovne surovine oz. goriva v 1 kg vodika je definiran glede na kurilno vrednost osnovne surovine (tabela 4.3), porabljene električne energije pri obravnavanem tehnološkem postopku (v MJ) in kurilni vrednosti vodika, ki znaša 121 MJ/kg. Pri izračunu je upoštevan tudi izkoristek pretvorbe energetskih virov (lignit, rjavi premog, uran, vodni padec) v električno energijo, ki jo pri tehnoloških postopkih potrebujemo v različnih količinah. V obliki enačbe lahko energijski izkoristek pretvorbe za tehnološke postopke pridobivanja vodika zapišemo kot:

$$\eta_{\text{pretvorba}} = \frac{1 \text{ kg} \cdot H_{H_2}}{m \cdot H_{\text{vir}} + \frac{W_{el.}}{\eta_{el.}}} \quad (1)$$

V enačbi 1 je H_{H_2} kurilna vrednost vodika, m masa in H_{vir} kurilna vrednost osnovnega energetskega vira za proizvodnjo vodika (lignit, ZP, biomasa), $W_{el.}$ je porabljena električna energija v določenem tehnološkem postopku in $\eta_{el.}$ je celotni izkoristek pretvorbe energetskega vira v električno energijo.

Tabela 4.3: Kurilne vrednosti uporabljenih surovinskih virov

Surovinski vir	Kurilna vrednost / MJ/kg
Zemeljski plin	49,165
Velenjski lignit	10,5
Biomasa (vlažnosti 40-50 %)	12
Nafta (Ekstra lahko kurilno olje)	41,2



Slika 4.6: Energijski izkoristek pretvorbe energijskega vira v vodik

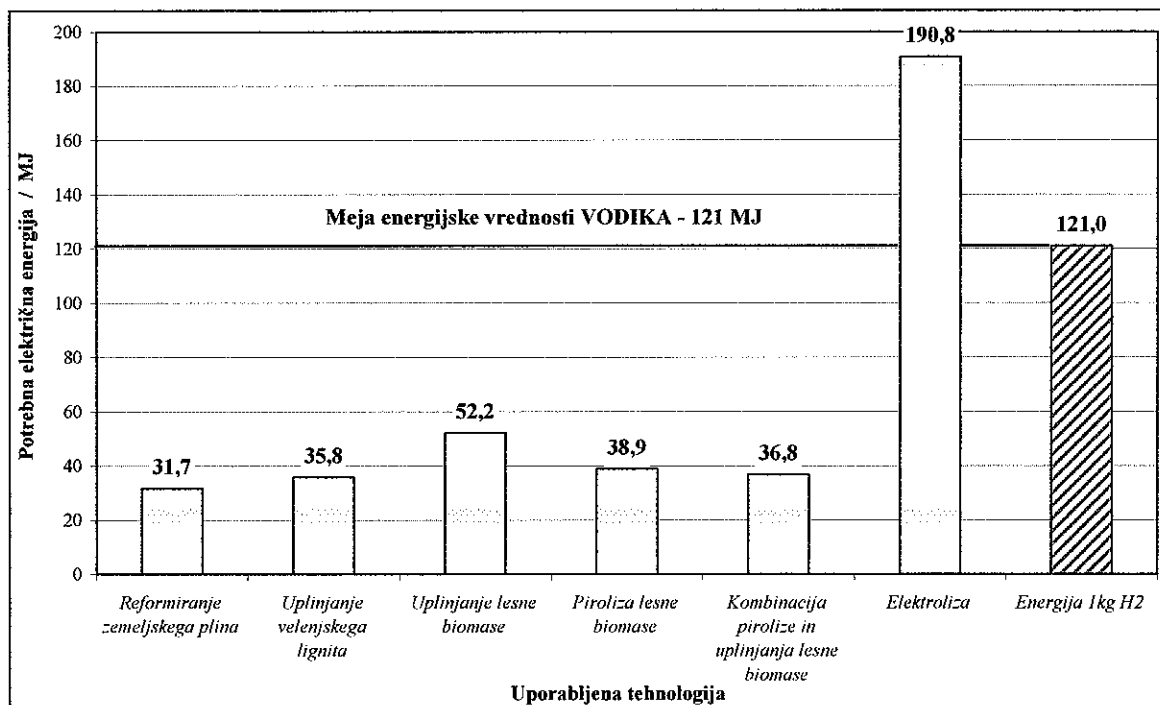
Na podlagi rezultatov, ki so prikazani na diagramu na sliki 4.6 lahko ugotovimo naslednje:

- *Najvišji energijski izkoristek je pri pridobivanju vodika z elektrolizo z električno energijo iz hidroelektrom.*
- *Energijski izkoristki pri elektrolizi se razlikujejo glede na osnovni energetske vir in uspešnost pretvorbe njegove energije najprej v električno energijo. Postopek pridobivanja vodika pa je v vseh štirih primerih enak.*
- *Visok energijski izkoristek je pri reformiranju zemeljskega plina, ki bo v bližnji prihodnosti najaktualnejši postopek pridobivanja vodika.*

- Izmed tehnoloških procesov, ki kot osnovno surovino za pridobivanje vodika uporabljajo biomaso, ima *pričakovano najvišji energijski izkoristek kombinacija pirolize in uplinjanja*.
- Glede na zaloge velenjskega lignita je *pozitivno visok energijski izkoristek pri uplinjanju velenjskega lignita*.

4.4 ENERGIJA PORABLJENA ZA PROIZVODNJO 1 KG VODIKA

Vedno se poraja vprašanje ali je vpeljava določene tehnologije sploh smiselna, saj v nekaterih primerih v proizvodnem procesu porabimo več energije, kot jo na koncu dobimo v obliki nekega energetskega vira. Diagram na sliki 4.7 prikazuje vloženo energijo za proizvodnjo 1 kg vodika, ki ima energijska vrednost 121 MJ.



Slika 4.7: Električna energija porabljena za 1 kg vodika pridobljenega po različnih tehnoloških poteh

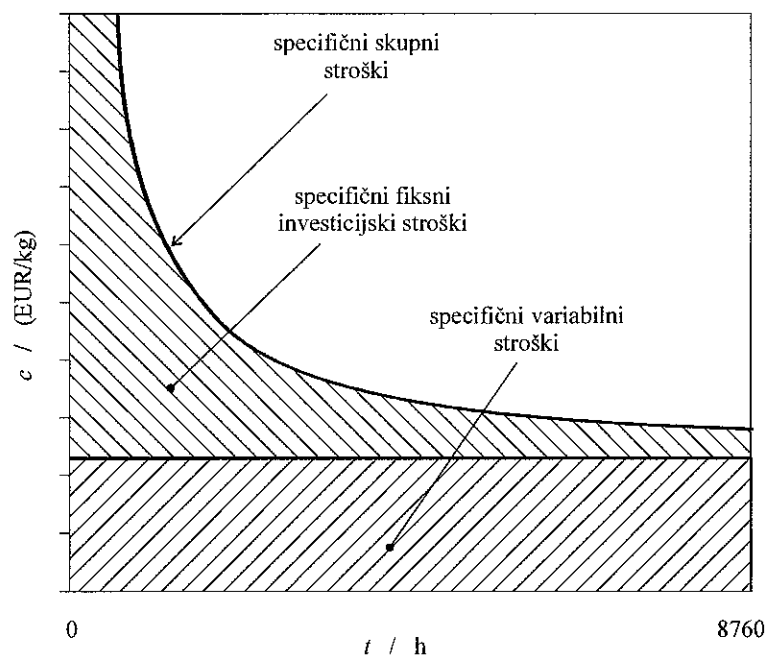
Iz diagrama na sliki 4.7 vidimo, da pri elektrolizi porabimo več energije, kot jo ima pridobljen vodik (121 MJ/kg). To pomeni, da tehnično gledano ta metoda sicer ni sprejemljiva, je pa kljub vsemu potrebna za vmesno tranzicijsko obdobje ekonomije vodika ter dolgoročno za učinkovito uporabo obnovljivih virov energije v sistemih pametnih

omrežij. Med ostalimi zanimivimi tehnološkimi potmi ni bistvene razlike. Pri vseh je poraba med 31 in 40 MJ električne energije za 1 kg pridobljenega vodika. Najmanj električne energije potrebujemo pri reformiranju zemeljskega plina in uplinjanju lignita, ki sta za Slovenijo v bližnji prihodnosti zelo interesantni tehnologiji pridobivanja vodika.

4.5 LCC (LIFE CYCLE COSTING) ANALIZA

4.5.1 CENA KILOGRAMA PROIZVEDENEGA VODIKA PO RAZLIČNIH TEHNOLOŠKIH POSTOPKIH

Analizirali smo specifične stroške proizvodnje 1 kg komprimiranega vodika z uporabo različnih tehnologij, ki so podane v poglavju 3.1. Skupni specifični stroški (slika 4.8) proizvedenega 1 kg vodika so odvisni od fiksnih (strošek investicije) in variabilnih (strošek surovinskih in energijskih virov). Variabilni stroški so ves čas enaki, fiksni pa so odvisni od cene in izkoriščenosti postrojenja. Ker podatkov o cenah postrojenj za vsako tehnologijo posebej in njihovih izkoriščenosti (števila obratovalnih ur na letni ravni) nismo imeli, smo v tej faz študije naredili primerjalno analizo le na podlagi variabilnih stroškov (surovinski in energetski viri).



Slika 4.8: Prikaz porazdelitve skupnih specifičnih stroškov

Cene električne energije in surovinskih virov, ki so zbrane v tabeli 4.4 smo pridobili iz različnih virov: lastne cene električne energije na podlagi podatkov Ministrstva za

gospodarstvo [70], cene biomase, lignita, zemeljskega plina in vode pa na podlagi cenikov ponudnikov in internih virov.

Tabela 4.4: Cene električne energije in energentov uporabljene v LCC analizi

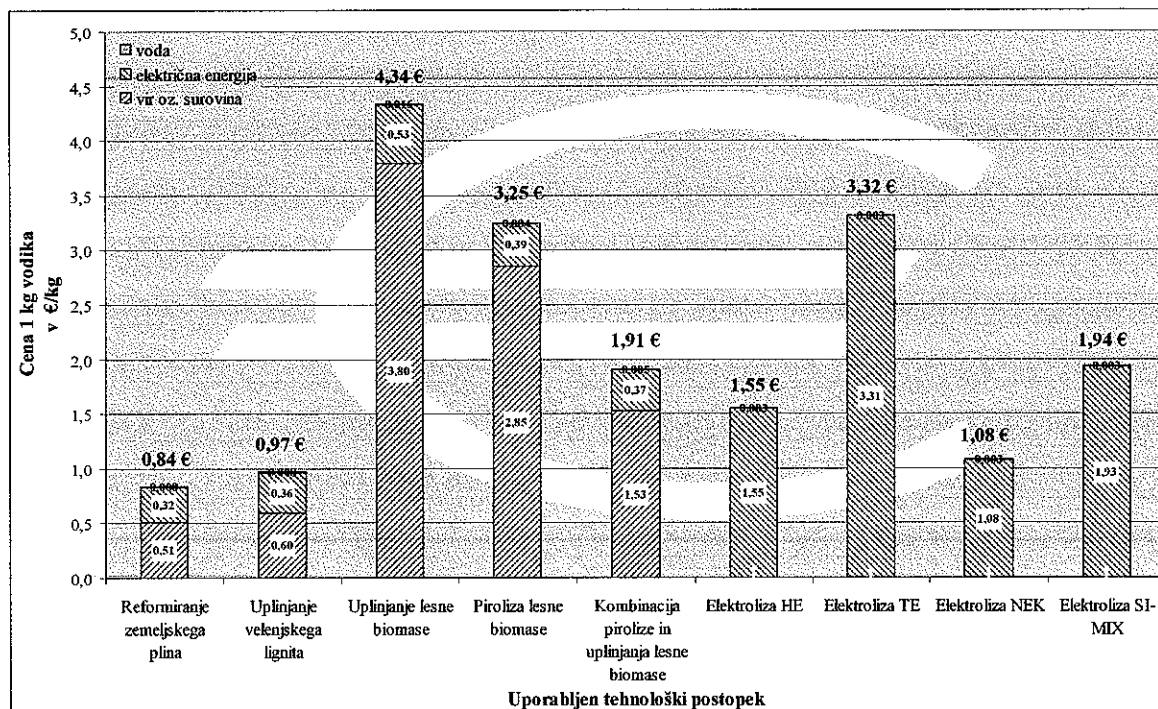
Vir	Cena	
Voda (DEMI, Slana)	0,43	EUR/m ³
Električna energija iz SI-MIX	36,48	EUR/MWh
Električna energija iz HE (Soča, Drava, Sava)	29,248	EUR/MWh
Električna energija iz TE (TET, TEB, TEŠ, TE-TOL)	62,543	EUR/MWh
Električna energija iz NEK	20,3	EUR/MWh
Zemeljski plin	0,0931	EUR/Sm ³
Lignit	2,57	EUR/GJ
Biomasa	28	EUR/nm ³

Na podlagi porabe energijskih virov za proizvodnjo 1 kg vodika, ki smo jo dobili iz LCA analize in cen električne energije ter surovinskih virov (tabela 4.4), smo izračunali lastno ceno pridobljenega 1 kg vodika za različne tehnološke poti. Rezultati so prikazani v tabeli 4.5 in na diagramu na sliki 4.9, kjer je cena 1 kg pridobljenega vodika prikazana v deležih. In sicer kolikšen delež končne lastne cene predstavlja:

- strošek energetskega vira,
- strošek porabljene električne energije in
- strošek vode.

Tabela 4.5: Cena 1 kg proizvedenega in komprimiranega vodika pridobljenega po različnih tehnoloških postopkih

Uporabljena tehnološka pot	Cena / €/kgH ₂
Reformiranje zemeljskega plina	0,84
Uplinjanje velenjskega lignita	0,97
Uplinjanje lesne biomase	4,34
Piroliza lesne biomase	3,25
Kombinacija pirolize in uplinjanja lesne biomase	1,91
<i>Elektroliza</i>	
- HE (hidro)	1,55
- TE (termo)	3,32
- NEK (nuklearna)	1,08
- SI-MIX (slovenska energijska mešanica)	1,94



Slika 4.9: Cena proizvodnje vodika iz različnih primarnih virov

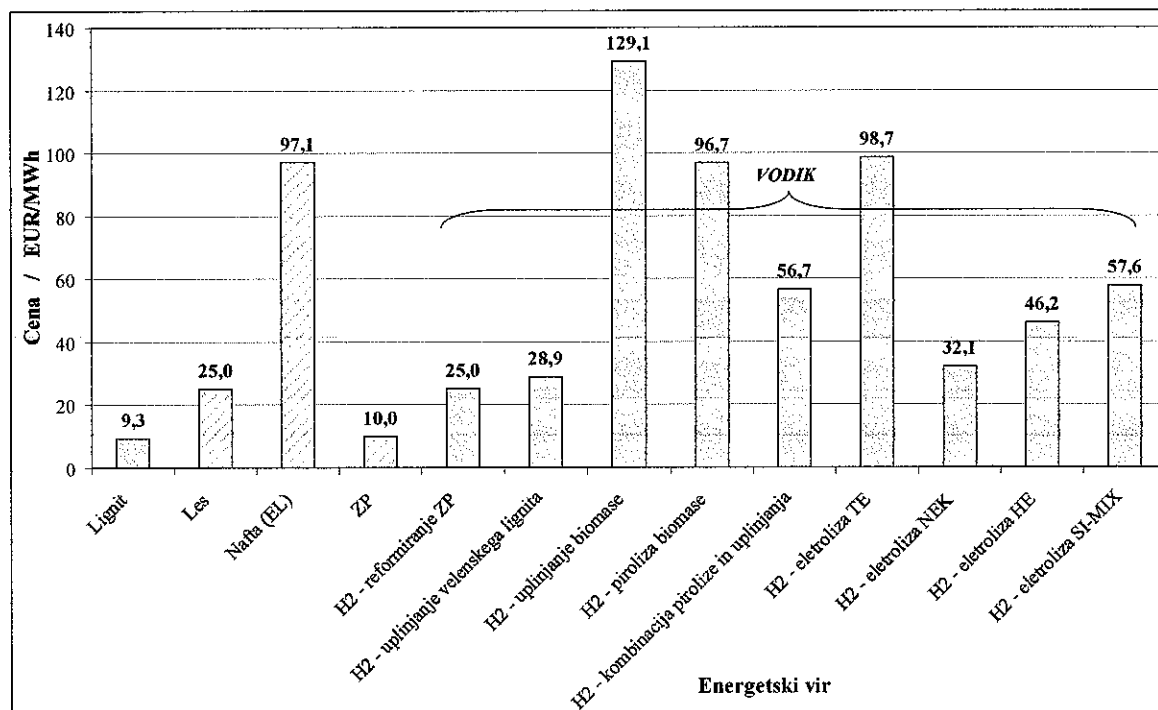
Iz rezultatov (slika 4.9) je razvidno:

- Najnižja lastna cena 1 kg proizvedenega vodika je po metodi reformiranja zemeljskega plina, ki je v bližnji prihodnosti najaktualnejša tehnologija pridobivanja vodika.
- Nizko ceno ima tudi metoda uplinjanja velenjskega lignita, kar je pozitivno glede na zaloge (80 mio ton) v šaleški dolini.
- medtem, ko je cena vodika visoka pri pirolizi in uplinjanju lesne biomase, pa se znatno zniža, če ti dve metodi kombiniramo.
- Pri elektrolizi sta pričakovano konkurenčni metodi elektroliza z električno energijo iz jedrske in hidro energije.

4.5.2 PRIMERJAVA CEN AKTUALNIH ENERGIJSKIH VIROV S CENO VODIKA PRIDOBLENEGA PO RAZLIČNIH TEHNOLOŠKIH POTEH

Če želimo med seboj primerjati cene različnih energetskega virov, moramo narediti primerjavo, ki vključuje tudi energijsko vrednost na kilogram vira. Tako primerjamo ceno

v evrih na 1 MWh energije. Primerjava med ceno vodika pridobljenega po različnih tehnoloških postopkih in ceno ostalih konvencionalnih energetske virov (nafta, zemeljski plin, les, lignit), ki so najpogosteje uporabljeni v energetske namene je prikazana na sliki 4.10.



*OPOMBE:

- Pri ekstra lahkem kurilnem olju je upoštevana maloprodajna cena 1 €/liter.
- Pri lesu je upoštevana maloprodajna cena 25 €/MWh.
- Pri zemeljskem plinu pa maloprodajna cena za velike odjemalce 0,0931 €/Sm³.
- Pri lignitu je upoštevana nabavna cena lignite.

Slika 4.10: Primerjava cene vodika s cenami ostalih konvencionalnih energetske virov

Na podlagi rezultatov lahko ugotovimo naslednje:

- o Vodikove tehnologije so cenovno zelo konkurenčne konvencionalnim energijskim virom kot sta nafta in les in lignit.
- o Odstopanja cen med tehnologijami vodika in zemeljskim plinom in lignitom so majhne. Pri zemeljskem plinu pa lahko pričakujemo tudi povišanja cen na globalnih trgih, pri lignitu pa strožje »penale« zaradi onesnaževanja okolja. To daje vodik konkurenčen potencial tudi v primerjavi s tema viroma.
- o Med vodikovimi tehnologijami izstopata uplinjanje lignita in reformiranje zemeljskega plina zaradi ugodne cene osnovne surovine.

- Cenovno ugodna je tudi *elektroliza iz jedrske energije* zaradi nizke cene električne energije iz jedrskih elektrarn.
- Med tehnologijami, ki kot *osnovni energetski vir uporabljajo lesno biomaso* je pričakovano najugodnejša kombinacija pirolize in uplinjanja.
- Za cenovno zelo *neugoden energetski vir se še enkrat pokaže nafta* oz. ekstra lahko kurilno olje, ki je sicer z upoštevanjem maloprodajne cene cenovno skoraj najmanj ugoden energetski vir.

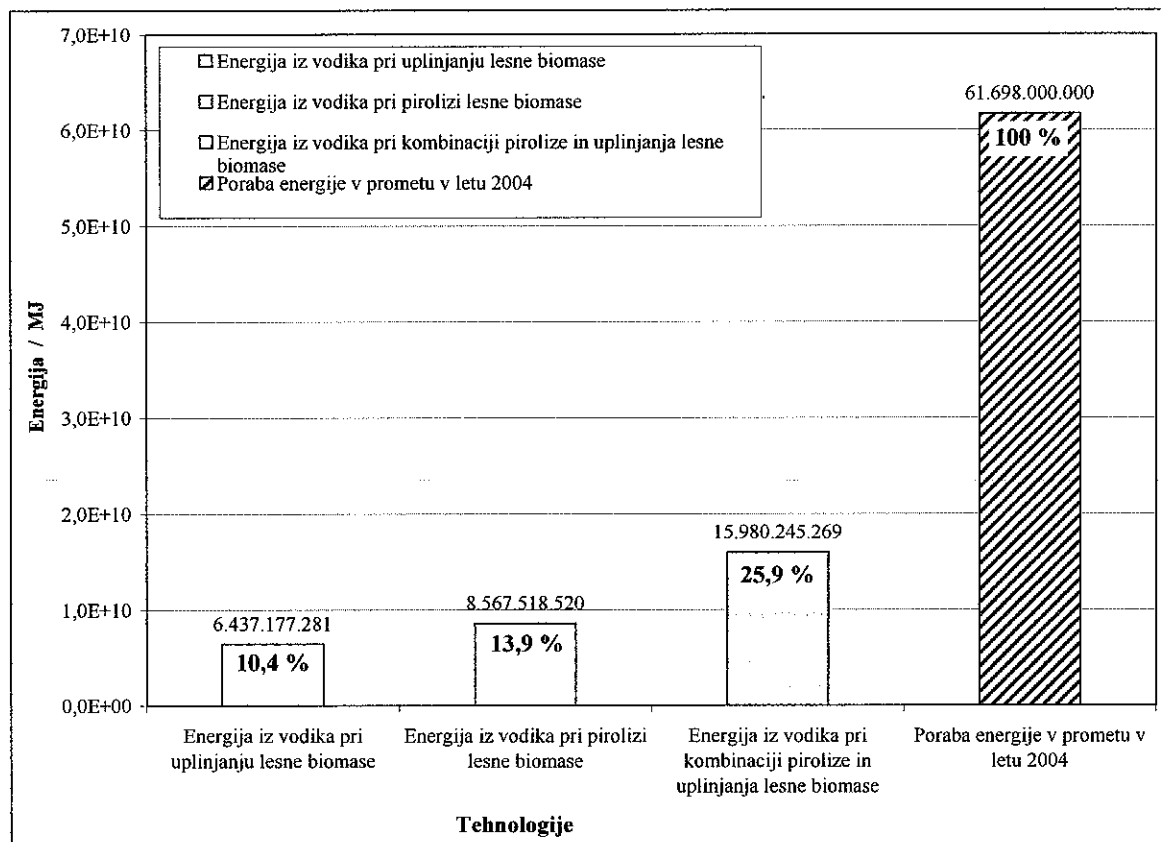
4.6 UPORABA VODIKA IZ LESNE BIOMASE V TRANSPORTU

Vodik je zelo zanimiv za avtomobilsko industrijo, saj ga lahko uporabljamo kot gorivo tako v nekoliko prirejenih motorjih z notranjim zgorevanjem (nižji izkoristek energijske pretvorbe), kot tudi v pogonskih sistemih, katerih energijska pretvorba temelji na gorivnih celicah (višji izkoristek energijske pretvorbe). Poleg tega je vodik zelo primerno gorivo s stališča okolje varstva, zato so se prve aplikacije pogonskih sistemov na vodik pojavile v prav javnem transportu v večjih mestih, ki imajo praviloma resne težave z izpusti škodljivih plinov v ozračje.

Poraba vse energije v prometu za Slovenijo je znašala v letu 2004 **61.698.000.000 MJ** [73]. Trajnostna izraba lesne biomase v Sloveniji znaša **3.023.125 ton / leto**, [72]. Od tega nekaj za lesno predelovalno industrijo, za energetske namene pa ostane 2.380.000 ton [72]. Če biomaso namenjeno v energetske namene izkoristimo za pridobivanje vodika po obravnavanih tehnologijah (poglavje 3.1) vidimo, da lahko nadomestimo od 10 do 26 % vse porabljene energije v prometu v sedanjih sistemih motorjev z notranjem zgorevanjem. Ob implementaciji sistemov z gorivnimi celicami pa se bi ta procent še bistveno zvišal. Poleg tega je treba poudariti, da izkoriščanje lesne biomase v okvirih trajnostne rabe pomeni ničelno emisijo toplogrednih plinov v okolico.

Tabela 4.6: Vodik pridobljen na podlagi trajnostne rabe lesne biomase

Uporabljena tehnologija	Masa vodika / kg	Energetska vrednost / MJ	Procent glede na celotno porabo v 2004 / %
Uplinjanje lesne biomase	53.199.812	6.437.177.281	10,4
Piroliza lesne biomase	70.805.938	8.567.518.520	13,9
Kombinacija pirolize in uplinjanja lesne biomase	132.068.143	15.980.245.269	25,9



Slika 4.11: Primerjava vse porabljene energije v prometu z energijo, ki bi pridobili iz vodika pridobljenega iz lesne biomase in porabljenega v klasičnem sistemu z motorjem z notranjim zgorevanjem

5 POTENCIAL, INTERES, PROMOCIJA IN IZOBRAŽEVANJE NA PODROČJU TEHNOLOGIJ VODIKA

V okviru projekta SPEV smo izvedli tudi podprojekt PIPI (Potencial, Interes, Promocija, Izobraževanje) na področju vodika in gorivnih celic, s katerim smo raziskali možnosti za sprejetje novih tehnologij v Sloveniji ter izboljšanje možnosti za njihovo učinkovito vpeljavo. Analizirali smo interes in potencial domačih podjetij za vsebinsko področje tehnologije vodika in gorivnih celic, obenem pa smo to tematiko tudi predstavili širši javnosti..

5.1 METODOLOGIJA

Projekt je vseboval več povezanih sklopov aktivnosti:

- ***Anketiranje, na osnovi katerega smo izbrali zainteresirana podjetja***

S presekom osnovnih dejavnosti v bazi slovenskih podjetij in naborom dejavnosti, ki so vsebinsko blizu tehnologijam vodika in gorivnih celic (Priloga B) smo evidentirali 6005 podjetij, ki bi jih tematika lahko zanimala. Vrnjenih je bilo preko sto anket s čimer smo prišli do osnovnih ugotovitev o interesu, potencialu, trenutnih aktivnostih in poslovnih ter vsebinskih možnostih za vključitev posameznih podjetij na področje vodika.

- ***Organizacija promocijsko – ozaveščevalno – izobraževalnega dogodka in vabila podjetjem za diskusijo o možnem vključevanju k tehnologijam vodika***

Promocijski dogodek ČEVELJ (Čista Električna Vozila za Ekološko ozaveščene LJudi) je bil organiziran kot promocija in izobraževanje, kjer smo s podjetji vključenimi v projekt iskali optimalne načine vključevanja in seznanjanja s tehnologijami vodika in gorivnih celic.

- ***Pregled stanja in priprava predlogi za konkretne aktivnosti na posameznih vsebinskih področjih in mestih v vrednosti verig***

Na osnovi širšega poznavanja tehnologij, globalnih trendov in dogajanja v Sloveniji smo v matrični obliki kvalitativno opisali tekoče aktivnosti v svetu in doma ter predlagali načine za izboljšanje stanja na posameznih področjih. Področja delovanja so razdeljena po tehnoloških vsebinah od OVE do končnih sistemov aplikacij ter po pozicioniranju v vrednosti verigi od razvoja do prodaje.

5.2 POZNAVANJE, INTERES IN POTENCIAL SLOVENSKEGA GOSPODARSTVA

Rezultati anket kažejo na obstoj pripravljenosti domačega gospodarstva za vključevanje na področje vodikovih tehnologij (priloga B). Več kot 70 % anketirancev je namreč izrazilo interes, 8 % pa jih pa na tem področju že aktivno dela. Vrzeli se pojavljajo predvsem pri pomanjkanju konkretnih projektov in okolja, kjer bi nastajale ideje podjetja lahko vključevala v svoje poslovne dejavnosti. Temelji za nadaljnje korake so tudi mednarodni projekti in sodelovanja.

Poznavanje tehnologij vodika in gorivnih celic je v posameznih primerih podjetij in institucij že na visokem nivoju, kar nam kažejo njihovi podatki o aktivnostih na tem področju. Večinoma gre za inštitucije in podjetja, ki so tudi že vključena v Slovensko platformo za vodik in gorivne celice SIHFC (dva inštituta, 16 podjetij, 4 fakultete, tehnološka mreža in tehnološki center). K povečanju zanimanja podjetij za tehnologije vodika je pripomogla tudi vladna Resolucija o nacionalnih razvojnih projektih za obdobje 2007 – 2023, [78], kjer imata trajnostna energija in ekonomija vodika vidno mesto. Na podlagi dogodka ČEVELJ, [77], ki je potekal kot del podprojekta PIPI, smo ugotovili, da je seznanjenost o tehnologijah vodika in gorivnih celicah na dobrem nivoju. Dejavniki kot so število izpolnjenih anket in v njih izkazan interes, število organizacij vključenih v SIHFC in veliko zanimanje medijev (Priloga B) kažejo, da bo poznavanje tehnologij vodika v Sloveniji v prihodnosti vedno večje. .

Na drugi strani pa obstaja, kljub dobremu poznavanju, pomanjkanje konkretnih projektov znotraj katerih bi se podjetja ukvarjala neposredno s temi tehnologijami. Zdi se, da je poznavanje tehnologij v mnogih podjetjih bolj domena radovednih posameznikov, kot pa celotnega strateškega ali upravnega telesa podjetja. To je lahko tudi osnovni teren za nekatere nove podjetniške ideje, ki posledično pripeljejo do ustanovitve podjetij s področja tehnologij vodika in gorivnih celic. Zaključimo lahko, da so ljudje na osebni nivoju seznanjeni s tehnologijami vodika, tudi v primerih, ko to ni primarno področje delovanja njihovih institucij, za konkretno izvajanje poslovnih aktivnosti pa v večini primerov še ni napočil ustrezen trenutek.

Interes za sodelovanje v razvoju in implementaciji vodikovih tehnologij je med subjekti, ki so odgovorili na anketo zelo velik, nekaj jih pa že tudi aktivno deluje. Vsi zainteresirani skupaj bi približno enakomerno pokrili vsa mesta v vrednostni verigi, tako razvoj in proizvodnjo, kot tudi v prodajo posameznih sklopov ali celih sistemov. Tovrstna razporeditev kaže zdravo naravno osnovo za razvoj tega področja. Glede na vsebinska

področja delovanja pa je največji interes pri obnovljivih virih energije in pri končni integraciji sistemov. Izražena je bilo tudi veliko zanimanja za pridobivanje nadaljnjega znanja o tehnologijah. Podjetja in posamezniki bodo lahko le tako dobro izkoristili svoj potencial. Ljudje bi produkte na osnovi tehnologij vodika in gorivnih celic že kupovali, vendar je med bazično znanostjo in trgom še prevelik razkorak, tako da izdelki pravzaprav še niso naprodaj, razen za zelo posebne aplikacije. Za uporabo manjka tudi infrastruktura kot je npr. polnilna mesta za osebne avtomobile na vodik.

Analiza *potenciala* temelji predvsem na osebnem poznavanju domače industrije in institucij, ki se že ukvarjajo s tehnologijami vodika in tistih, ki bi se lahko priključila v prihodnje. Vsebinsko gledamo naslednjih šest temeljnih področij, ki so ključnega pomena za delovanje ekonomije vodika. Označimo jih s šestimi zaporednimi števkami, pri čemer vrstni red približno odraža zaporedje v vsebinskem smislu »od vrtilne do kolesa«:

1. Obnovljivi viri energije (sončnih celice, vetrne elektrarne, biomasa, itd.)
2. Pridobivanje vodika (različni tehnološki postopki – poglavje 3.1)
3. Shranjevanje in distribucija vodika (komprimiranje, ukapljevanje, shranjevanje v trdnine, distribucija v cisternah, vodikovodi)
4. Gorivne celice (razvoj, izdelava posameznih delov gorivnih celic)
5. Periferni sklopi (razvoj in izdelava perifernih sistemov: električni pogoni, črpalke, itd.)
6. Končne aplikacije (sistemi za električno in toplotno oskrbo stanovanjskih hiš, pogonski sistemi za vozila, itd.)

Pri vsakem vsebinskem področju so aktivnosti lahko pozicionirane v različnem delu vrednostne verige, npr. v razvoj, proizvodnjo, prodajo ali uporabo. To pozicijo povezujemo z aktivnostjo podjetja tako da samo področje delovanja podjetja določajo vsebine in aktivnosti. Dodatni primeri posameznih vsebinsko-aktivnostnih sklopov so napisani v prilogi B.

V naslednjih tabelah podajamo več ocen glede dogajanj v posameznih vsebinsko-aktivnostnih sklopih. Gre za okvirne ocene na podlagi osebnega poznavanja svetovnih in domačih dogodkov in trendov s katerimi želimo pokazati le nekatere poglede razvoja novih tehnologij. S tem si bomo lažje predstavljali, kakšen je trenutni položaj Slovenije, kakšen bi bil lahko v prihodnje in kateri so najprimernejši ukrepi. Vsebinsko-aktivnostne sklope bomo analizirali s stališča naslednjih tematik:

- trenutno dogajanje v svetu
- ocena uspešnosti Slovenije pri sledenju svetovnemu dogajanju
- predlogi za izboljšanje stanja

V naslednjih treh tabelah je pregled intenzitete aktualnega svetovnega dogajanja na področju ekonomije vodika (tabela 7), dogajanja v Sloveniji (tabela 8) in predlogi za izboljšanje (tabela 9). Gre za okvirne opisne ocene na osnovi osebnega poznavanja tehnologij, svetovnih trendov in domačih aktivnosti. Namen teh tabel je vizualizirati okvirno stanje in izpostaviti posamezna potencialno zanimiva področja

Tabela 7: Dogajanje na področju tehnologij vodika v svetovnem merilu

	Razvoj	Proizvodnja	Prodaja	Uporaba
OVE	Intenziven razvoj na vseh področjih (fotovoltaika, vetrna energija, geotermalna energija...)	Proizvodnja na nekaterih področjih ne dohaja potreb trga (npr. vetrne elektrarne)	Prodajne verige so večinoma še kratke.	Široka uporaba cenovno dostopnih izdelkov in uporaba v demonstracijsko izobraževalnih projektih
Pridobivanje vodika	Intenziven razvoj različnih tehnologij za proizvodnje vodika	Proizvodnja enot za pridobivanje vodika je še bolj v prototipnih serijah	Prodaja sistemov za pridobivanje vodika je še omejena na nišne aplikacije in demo projekte	Široka uporaba še ni vzpostavljena, uporaba je večinoma omejena na industrijsko rabo in demonstracijske projekte.
Shranjevanje in distribucije	Intenziven razvoj materialov in sistemov za različne načine shranjevanja vodika (trdno, tekoče, plinasto agregatno stanje)	Proizvodnja enot za prototipe in posebne aplikacije Proizvodnja sistemov za polnilno infrastrukturo	Prodaja za posebne aplikacije in prodaja pri pilotnih infrastrukturnih projektih.	Uporaba v industrijskih procesih in testnih projektih.
Gorivne celice	Intenziven razvoj različnih tipov gorivnih celic, materialov, postopkov za industrializacijo in znižanje cene	Proizvodnja za nišne aplikacije (viličarji, stacionarni sistemi, izobraževalni modeli), testne in pilotne projekte...	Prodaja poteka večinoma preko spleta in v primerih nišnih projektov preko vzpostavljenih distribucijskih mrež.	Uporaba v nišnih aplikacijah in demo projektih..
Periferni sklopi	Intenziven razvoj na vseh področjih. Razvoj poteka tako v smislu inkrementalnih kot radialnih inovacij.	Proizvodnja v zelo velikem obsegu, saj gre v večini primerov za uveljavljene tehnologije, ki so prilagojene za uporabo v sistemih z gorivnimi celicami.	Prodaja med različnimi industrijskimi partnerji. (B2B)	Uporabniki so večinoma sistemski integratorji.
Končne aplikacije	Intenziven razvoj za nišne aplikacije in pilotne projekte.	Masovna in butična proizvodnja v hitrem vzponu. Stroški proizvodnje se nižajo.	Prodaja končnih produktov podjetjem in tudi že končnim uporabnikom.	Uporaba v nišnih aplikacijah, izobraževalnih programih, pilotnih projektih, pri testiranju in razvoju.

Svetovno dogajanje pokriva vse vsebinske in aktivnostne sklope, kar pomeni, da gre za organsko rastočo revolucionarno tehnologijo in ne za kratkotrajno modno muho. Poleg razvojnih aktivnosti so v teku tudi že proizvodnja, prodaja in uporaba, ki se iz nišnih aplikacij širi tudi na najširša industrijska področja.

Tudi druga tabela je nastala na osnovi osebnega poznavanja dogajanja v Sloveniji s strani avtorjev. Namen te tabele je grafično ponazoriti področja, kjer smo že aktivni in kjer obstajajo vrzeli.

Tabela 8: Dogajanje v Sloveniji na področju vodikovih tehnologij in gorivnih celic

	Razvoj	Proizvodnja	Prodaja	Uporaba
OVE	Pokrita je večina področij, a projekti niso povezani in vedno ne segajo do celovitih aplikacij.	Vzpostavljena le na nekaterih področjih OVE	Vzpostavljena tako prodaja na široko kot maloprodaja.	Hitra rast uporabe ekonomsko učinkovitih izdelkov.
Pridobivanje vodika	Čiščenje vodika kot stranskega produkta, teoretične študije LCA.	Izdelani prototipni sistemi.	Še ni povpraševanja po enotah za proizvodnjo.	Predvsem za lastne namene v industriji in priprave za polnilno infrastrukturo za vozila.
Skladiščenje in distribucije	Teoretične študije in razvoj nanomaterialov.	Ni vzpostavljena.	Uvoz in prodaja podjetjem ali državi za postavitve polnilne infrastrukture.	Uporaba za industrijske procese, v pripravi tudi za polnjenje vozil.
Gorivne celice	Dolgoleten razvoj nekaterih jedrnih tehnologij in materialov.	Ni vzpostavljena.	Uvoz in prodaja za izobraževalne namene ali testiranja.	Uporaba v testiranjih in pri izobraževanju.
Periferni sklopi	Intenziven razvoj na širokem področju tehnologij, ki lahko predstavljajo periferne sklope.	Masovna proizvodnja je vzpostavljena.	Večinoma izvoz na tuje trge.	Uporaba v polizdelkih in končnih izdelkih.
Končne aplikacije	Ni konkretnih razvojnih projektov.	Ni masovne proizvodnje.	Prodaja uvoženih izdelkov je vzpostavljena v manjši meri.	Tehnologije počasi prihajajo v uporabo. Trenutno jih je največ v razvojno izobraževalnih projektih. Pojavljajo se prve ponudbe za uporabo v sistemih za zagotavljanje električne energije v primeru izpada omrežja.

Tudi v Sloveniji pokrivamo mnoga vsebinsko področja v različnih delih vrednostne verige. Najmočnejši smo v bazičnem razvoju posameznih podkomponent ali materialov, pri teoretičnih študijah in pri masovni proizvodnji perifernih sklopov. Uvaja se tudi že uvoz in prodaja tujih artiklov za nišne aplikacije.

V naslednji tabeli so zapisani osnovni predlogi, s katerimi bi morda lahko spodbudili dogajanje na posameznih vsebinskih področjih v različnih delih vrednostne verige.

Tabela 9: Predlogi za izboljšanje stanja

	Razvoj	Proizvodnja	Prodaja	Uporaba
OVE	Povezati razpršene razvojne projekte v večje, celovite in industrijsko naravnane projekte.	Spodbujati gospodarstvo k proizvodnji izdelkov z največjo dodano vrednostjo in potencialom uporabe domačega znanja.	S subvencijami ali davčnimi olajšavami omogočiti konkurenčnost cenejšim a okolju bolj škodljivim tehnologijam.	Izobraževati širšo javnost o pomenu uporabe okolju prijaznih tehnologij.
Pridobivanje vodika	Na osnovi LCA analize iz projekta SPEV razviti postopek proizvodnje vodika, ki bo za Slovenijo dolgoročno najprimernejši.	Spodbuditi proizvodnjo enot za pridobivanje vodika na osnovi doma razvitih tehnologij.	Prodaja teh izdelkov na tuje trge.	Prepustiti trgu in učinkovito prilagajati zakonodajo.
Skladiščenje in distribucije	Na osnovi svetovnih trendov spodbujati razvoj teh tehnologij in partnerstev v mednarodnih projektih.	Spodbujati proizvodnjo izdelkov ali polizdelkov.	Prepustiti trgu, poskrbeti za vpeljavo mednarodnih varnostnih standardov.	Prepustiti trgu in skrbeti za varnostne zahteve in učinkovito prilagajanje zakonodaje.
Gorivne celice	Intenzivno spodbujati razvoj jedrnih tehnologij, njihovo pravno zaščito. Vlagati v izobraževanje.	Finančno spodbuditi morebitno proizvodnjo doma razvitih tehnologij že v začetnih fazah.	Prepustiti trgu, subvencionirati v primeru velikih okoljskih prednosti v posameznih aplikacijah.	Spodbujati uporabo z ozaveščanjem širše javnosti.
Periferni sklopi	Intenzivno spodbujati razvojne projekte s potencialno visoko dodano vrednostjo in možnostjo aktivne vključitve k tehnologijam vodika.	Spodbujati proizvodnjo predvsem najzahtevnejših izdelkov.	Pomagati podjetjem osvajati tuje trge.	Prepustiti trgu, ki je že dobro vzpostavljen.
Končne aplikacije	Zasnovati en ali dva skrbno premišljena celovita projekta končnih aplikacij na osnovi mednarodnih trendov in doma obstoječega znanja.	Prepustiti trgu, subvencije za prve izdelovalce.	Integracija izdelkov v javni sektor (če je to mogoče) in pomagati pri osvajanju tujih trgov	Prepustiti trgu, skrbeti za učinkovito prilagajanje zakonodaje, subvencije za prve uporabnike..

Na področju razvoja se kaže nepovezanost posameznih razvojnih projektov, potrebe po večji celovitosti in združitvi bazičnega znanja. Pri prodaji in uporabi pa se vidi potencial, ki ga ponujajo subvencije in spodbude prvim uporabnikom. Prvi primeri in infrastruktura so ključni za hitrejšo, širšo in uspešnejšo implementacijo.

5.3 PROMOCIJA IN IZOBRAŽEVANJE

V okviru projekta SPEV v sodelovanju s Slovensko tehnološko platformo za vodik in gorivne celice je bilo organizirano večje število promocijskih in izobraževalnih dogodkov:

- Konferenca Slovenske tehnološke platforme za vodik in gorivne celice (SIHFC), 28.10.2005, Gospodarska zbornica Slovenije, Dimičeva 13, Ljubljana, 2005
- seminar: Gorivne celice = osebna energetska samostojnost, 10. november 2005, Sintal, d.d., Litostrojska cesta 40, Ljubljana, 2005
- Mednarodni posvet Sustainable Energy and Hydrogen Economy v Ljubljani, 18. in 19.10.2006, GZS in Parlament RS, Ljubljana, 2006
- Predstavitev SIHFC na 8. konferenci slovenskih elektroenergetikov v Čatežu, 28.05. - 01.06.2007, Terme Čatež, 2007
- ČEVELJ - Čista električna vozila za ekološko ozaveščene ljudi, Izobraževalno – promocijski dogodek, Inštitut Jožef Štefan, Ljubljana, november 2007

Projekt ČEVELJ je bil zadnji v nizu promocijsko-izobraževalnih dogodkov, na katerem smo predstavili tehnologije vodika in gorivnih celic, s testnimi vožnjami pa tudi električna in hibridna vozila. Dotaknili smo se globalno tehnoloških in družbenih trendov na področju transporta. Sam dogodek je med mediji zbudil veliko zanimanja, saj je bil omenjen tudi v osrednji televizijski dnevno-informativni oddaji ter v več kot desetih tiskanih medijih. Javnosti in medijem smo želeli predstaviti nove tehnologije in jim omogočiti, da se z njimi spoznajo na čisto praktičnem nivoju (testne vožnje električnih vozil, nazorna demonstracija delovanja tehnologij vodika...). Kot konkreten dokaz, da so te tehnologije prisotne že na cestah je vozilo na vodik, ki ga je predstavilo podjetje *TPJ, Proizvodnja in prodaja tehničnih plinov Jesenice d.o.o.* Prikazali smo delovanje takega vozila, od vožnje do ponovnega polnjenja vodika v rezervoar.

Predstavljeni so bili hibridni pogoni, ki vsebujejo motorje z notranjim izgorevanjem in tako predstavljajo prehodno stopnjo do popolnoma električnih vozil. V naslednjih razvojnih stopnjah hibridov lahko pričakujemo zamenjavo motorja z notranjim izgorevanjem z gorivno celico, sekundarni vire energije pa bodo akumulatorji ali kondenzatorji. Toyota Prius hibrid, Honda Civic hibrid, Espace na elektriko, električni skuterji in kolesa so še ostala vozila, ki so jih obiskovalci lahko testirali in si jih dobro ogledali. Gospod Andrej Pečjak pa je bil s svojim E-Espacom, kot edinim v Sloveniji na elektriko predelanim avtomobilom, deležen velikega občudovanja vseh prisotnih.

Vse te nove oblike naprednih tehnologij in vozil so med seboj povezane in vodijo do ekološko sprejemljivejšega transporta. Vsekakor pa je vzporedno z razvojem novih tehnologij pomembna postavitev ustrezne infrastrukture, ki pa obenem zahteva visoka finančna vlaganja in pripravljenost ljudi do sprememb ter seveda visoko družbeno odgovornost ljudi do okolja.

5.4 CILJNA PUBLIKA

V prvem delu (analiza interesa in potenciala) smo predvidevali, da so podjetja najprimernejša ciljna publika za uveljavljanje tehnologij vodika in gorivnih celic. Kasneje ugotavljamo, da so posamezniki morda bolj primerni, saj gre za novosti, ki jih večina podjetij še ni sposobna integrirati v svoj delovni program.

Na dogodku ČEVELJ je bilo veliko vprašanj o možnostih za konkretno vključevanje, vendar na voljo še ni dovolj konkretnih tematik, kjer bi posamezniki lahko na organiziran in finančno pokrit način prispevali svoj delež k uveljavitvi tehnologij vodika.

Na osnovi ankete in dogodka ČEVELJ torej lahko sklepamo, da se mnoga podjetja k vpeljavi tehnologij vodika, kljub velikemu interesu, še niso sposobna vključiti. Na drugi strani je velik interes tudi s strani posameznikov, ki lahko nastopajo kot potencialni uporabniki tehnologij ali pa sodelujejo pri razvoju. Na tem mestu se skriva velik še neizkoriščen potencial.

5.5 PRIPRAVLJENO GRADIVO

V sklopu promocije in izobraževanj smo zbrali in pripravili gradivo, ki je zajemalo področja:

1. Pregled globalnih trendov v energetiki;
2. Opis delovanja gorivnih celic;
3. Pregled aplikacij za tehnologije vodika in gorivnih celic;
4. Promocijski materiali;

Gradivo je namenjeno samoizobraževanju podjetij, ki imajo interes, da si znotraj posameznih vsebin poiščejo svoje poslovne priložnosti. Opis pripravljenega gradiva je zbran v prilogi B. Gradivo je postavljeno tudi na strežniku slovenske tehnološke platforme za vodik in gorivne celice (SIHFC) in dostopno preko povezave:

<http://www.sihfc.si/prikazi.asp?vsebina=gradivo%2Fgradivo.asp>.

6 POLITIKE ZA USPEŠNO IMPLEMENTACIJO VODIKOVIH TEHNOLOGIJ

6.1 IZHODIŠČA

Izhodišča za pripravo predloga programov in ukrepov razvojne politike za implementacijo vodikovih tehnologij predstavljajo izdelane analize stanja, potenciala in organiziranosti na tem področju v Sloveniji ter politike EU in izkušnje nekaterih drugih držav.

6.1.1 STANJE V SLOVENIJI

Ocena trga, možnosti in interesa gospodarstva ter potenciala znanja v Sloveniji je bila izdelana v posebnem podprojektu in je predstavljena v poglavju 6.2.3. Ključne ugotovitve in zaključki so:

- **Vlaganja v R&D naraščajo.** Obseg vlaganj v RR na področju vodika in gorivnih celic se po letu 2000 hitro povečuje (34% rast letno). Dosega približno 0,5 €/prebivalca, kar je polovico manj kot v povprečju EU (1€) ter nekajkrat manj od Japonske (2€) ali Kanade 4€). Prepoznan je pomemben potencial v znanju posameznikov in raziskovalnih skupin, tako v gospodarstvu kot v RR sektorju.
- **Prepoznana je potreba po vključevanju v razvoj znanja na tem področju.** Ustanovljena in delujoča je *Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice* (SIHFC). Preko platforme podjetja in raziskovalne inštitucije koordinirajo pripravo projektov, raziskav, informiranje ter izobraževanje. Ustanovljena je *Vladna skupina za vodik*, ki v okviru strateškega programa trajnostne energije pripravlja nacionalni razvojni projekt. Vlada RS je za pripravo osnov v okviru programa Ciljnih raziskovalnih programov naročila tudi izdelavo projekta SPEV.
- **Interes gospodarstva po učenju in vključevanju v razvoj ter aplikacijo znanja je izražen.** Izdelana analiza interesa in potenciala v gospodarstvu v okviru projekta SPEV je pokazala, da je v industriji izkazan velik interes po učenju, zlasti na področju energetike in avtomobilske industrije. Širša skupina podjetij ima motivacijo in tudi potencial za vključitev v razvojne projekte, vendar dejanskih iniciativ ni, ker na širšem trgu še ni povpraševanja, saj integracija sistemov v fazi razvoja in prvih implementacij. Znane so prve zasebne iniciative za vlaganje v razvoj perifernih tehnologij, podjetniške aktivnosti na področju aplikativnega razvoja jedrnih komponent in postavitve demonstracijskih sistemov.

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 slovenske industrije (avtomobilska industrija, elektroindustrija...) in prvih aplikacijah na področju razvoja perifernih tehnologij ter že vzpostavljeni organiziranosti in povezanosti nosilcev znanja v tehnološki platformi.

6.1.2 POLITIKE ZA UVAJANJE TEHNOLOGIJ VODIKA

V predhodnem poglavju so povzete tudi informacije o pristopih, usmeritvah in programih politik Evropske skupnosti ter nekaterih držav, ki na področju uvajanja tehnologij vodika izstopajo (ZDA, Kanada, Japonska).

Skupna izhodišča politik, pomembna tudi za oblikovanje Slovenske nacionalne politike so:

- **Dolgoročna usmerjenost in sistematičen pristop.** Sprejete so nacionalne strategije, ki so usmerjene v izpolnjevanje dolgoročnih okoljskih ciljev ter vključujejo strateško usmerjene programe in ukrepe, ki se medsebojno dopolnjujejo.
- **Celovitost in procesna usmerjenost.** Strategije in politike zajemajo enakovredno ukrepe in vlaganja tako v razvoj tehnologij, oskrbo z vodikom kot tudi v izgradnjo infrastrukture. Vlaganja držav v razvoj sistematično in enakovredno pokrivajo celoten proces razvoja in uvajanja tehnologij prihodnosti tako temeljna raziskovanja, aplikativne raziskave, demonstracijske projekte in nišne aplikacije, postavitve infrastrukture kot tudi promocijo, izobraževanje in prilagajanje zakonodaje.
- **Povezovanje.** Programi in ukrepi za spodbujanje razvoja tehnologij temeljijo na instrumentu javno-zasebnega partnerstva, ki s povezovanjem javnega in zasebnega interesa ter vlaganj zagotavlja usmerjenost v tržne aplikacije z najhitrejšim doseganjem konkurenčnosti ter najširšim učinkom na uvajanje vodikovih tehnologij.
- **Prilagojenost nacionalnim potencialom in kompetencam.** Države pospešeno vlagajo v razvoj znanja in nišne aplikacije na področjih, kjer imajo potenciale za vključitev v mednarodni razvoj znanja in hkrati za hitre tržne aplikacije.

Cilji, ki jim politike teh držav sledijo so vključevanje v razvoj temeljnega znanja (jedrne tehnologije), vlaganja v razvoj perifernih tehnologij glede na kompetence industrije (demonstracijske možnosti za učenje) ter podpora hitri industrializaciji z izgradnjo ustreznega okolja, infrastrukture in prilagajanjem standardov.

Nacionalni programi so zastavljeni na dolgi rok, v več fazah in so prilagojene globalnim trendom in pričakovanjem glede razširjanja ekonomije vodika.

Izvajanje politik poteka s kombinacijo različnih instrumentov, ki zagotavljajo optimalni razvojni in spodbujevalni učinek; od financiranja raziskav in razvoja (direktno financiranje znanosti in državne spodbude za projekte zasebnega sektorja), davčnih olajšav (za vlaganja v RR, za investicije v okoljske tehnologije, za izobraževanje, ...), skupnih investicij po načelu javno zasebnega partnerstva (izgradnja javne infrastrukture, demonstracijski projekti) do prilagajanja izobraževanja, zakonodaje in standardov.

6.2 PREDLOGI ZA OBLIKOVANJE RAZVOJNE POLITIKE V PODPORO UVAJANJU TEHNOLOGIJE VODIKA V SLOVENIJI

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:

- Za uspešno vključevanje v razvoj vodikovih tehnologij potrebujemo **celovito strategijo države**. Sedanja vlaganja v raziskave in razvoj so parcialna in iniciative nepovezane. Osnove in elementi strategije so že izdelani v okviru razvojnih iniciativ, tehnološke platforme in vladne skupine za pripravo strategije trajnostnega razvoja.
- Implementacija strategije zahteva **ustrezno organizacijo in vzpostavitev struktur**, ki bodo zagotavljale skladno in sistematično izvajanje programov na vseh različnih področjih, od razvoja tehnologij do aplikacij in izgradnje infrastrukture. Tehnološka platforma in v njej povezane razvojne skupine že predstavljajo osnovo za vzpostavitev izvajalske strukture po načelu javno zasebnega partnerstva.
- Strategija mora zajemati **operativni program za začetna vlaganja na ključnih področjih** s kombinacijo različnih instrumentov razvojne politike. Vlaganja v raziskave in razvoj, spodbude na področju energetike, spodbude za tehnološke projekte podjetij in druge razpoložljive instrumente države je potrebno povezati in usmeriti v skladu s sprejeto strategijo.

6.2.1 PRIPRAVA DOLGOROČNE STRATEGIJE IN PROGRAMA IZVAJANJA RAZVOJNE POLITIKE

Namen strategije je zastaviti dolgoročno usmerjen in sistematičen pristop k razvoju znanja in uvajanja novih tehnologij. Predstavljati mora odločitev države na najvišjem nivoju, kar zagotavlja edino celovito in koordinirano izvajanje ukrepov vseh različnih politik, ki se na tem področju srečujejo.

Dolgoročni cilj je razvoj znanja in ustvarjanje okolja za prehod v ekonomijo vodika. Strategija mora biti usmerjene 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.**

Usmeritve za področje razvojno raziskovalne politike in vlaganja v razvoj znanja morajo biti usmerjene v:

- Pospešeno vlaganje v raziskave in razvoj na za Slovenijo prepoznanih perspektivnih področij kot so pridobivanje vodika, razvoj komponent gorivnih celic in sodobnih pogonskih sistemov
- Stalno spremljanje trendov in razvoja najnaprednejšega znanja v svetu z vključevanjem v mednarodne projekte in strateška partnerstva.

Podlaga za oblikovanje razvojno raziskovane politike je že v strateškem načrtu tehnološke platforme, ki opredeljujejo prioriteta področja raziskav skladno s potencialom znanja in možnostmi aplikacije v Sloveniji.

Tehnološka razvojna politika kot naslednji pomembni element celovite strategije mora biti usmerjena v podporo aplikacijam z demonstracijskim učinkom za razvoj trga in osvajanje tehnologij, saj prehod na ekonomijo vodika pomeni sočasno razvoj znanja in trga. Prioritetna usmeritev mora biti razvoj končne aplikacije ki:

- temelji na definiranih sposobnostih in potencialih Slovenije,
- predstavlja celovit sistem za učenje in razvoj tehnologij,
- ima najširši demonstracijski učinek na razvoj trga, spodbujanje povpraševanja in nadaljnje učenje ter
- povezuje največ industrijskih in raziskovalnih partnerjev v Sloveniji za razvoj komponent in tehnologij glede na strukturo slovenske industrije.

Razvoj in aplikacije znanja zahtevajo sočasno izgrajevanje okolja za uveljavljanje novih tehnologij, učenje in prenos znanja, uvajanje novih standardov in izgrajevanje

infrastrukture. Vlaganja v izgrajevanje okolja so predmet različnih **državnih politik za trajnostni razvoj, od izobraževalne, energetske, okoljske politike**, ki morajo biti usmerjene v:

- Organizacijo izobraževanja in promocije, razširjanja znanja – izobraževalni programi za razvoj strokovnega kadra, široko javno ozaveščanje o prihajajočih tehnologijah.
- Postavitev infrastrukture na področju energetike, telekomunikacij in transporta.
- Prilagoditev zakonodaje in standardov, stimuliranje in omogočanje uporabe novih tehnologij ter uveljavljanje novih standardov.

Skupna strategija države za prehod na *ekonomijo vodika*, ki povezuje vse te različne politike, mora biti usmerjena na dolgo rok. Hkrati pa mora vključevati tudi operativne programe in ukrepe za pričetek izvajanja, vključno z vzpostavljanjem primerne izvedbene organizacije. Predlogi za način organiziranosti in operativne programe so predstavljeni v nadaljevanju.

6.2.2 VZPOSTAVITEV ORGANIZACIJE ZA CELOVITO IN USMERJENO IZVAJANJE POLITIK

Uspešna realizacija strategije in skladno izvajanje različnih politik zahteva vzpostavitev primerne organizacije za usmerjanje, implementacijo in spremljanje uresničevanja strateških ciljev.

Strategija mora biti sprejeta in vodena centralno, na nivoju Vlade RS. Pri vladi že deluje Svet za trajnostni razvoj, ki obravnava strateške teme na tem področju. Prav tako že deluje vladna skupina za prehod v ekonomijo vodika za pripravo strateškega razvojne projekta (v okviru Resolucije o nacionalnih razvojnih projektih do 2025).

Tehnološka platforma SIHFC že predstavlja institucionalen okvir za usmerjanje in izvajanje strategije po načelu javno zasebnega partnerstva. Povezuje ključne nosilce znanja in zainteresirane partnerje tako s področja gospodarstva kot znanosti.

Za celovito in uspešno izvajanje politik pa **ni primerno organizirane izvajalske strukture**. Razvojno raziskovalni programi in projekti se izvajajo nepovezano v različnih skupinah, prav tako parcialni ukrepi na področju osveščanja in izobraževanje, spodbujanja razvoja in uporabe alternativnih energetskih virov. Vzpostaviti je potrebno osrednjo organizacijo za usmerjano izvajanje raziskav in razvoja, mednarodno povezovanje ter razširjanje znanja in koordinacijo demonstracijskih projektov ter projektov izgradnje

okolja, infrastrukture. Predlagana je ustanovitev Centra odličnosti za tehnologije vodika, ki je predstavljen v nadaljevanju.

6.2.3 OPERATIVNI PROGRAM ZA IZVAJANJE STRATEGIJE – PREDLOGI ZA PROGRAME IN UKREPE RAZVOJNE POLITIKE V OBDOBJU TREH DO PETIH LET

Predlagani so programi in ukrepi razvojne politike, ki lahko predstavljajo prve korake k operacionalizaciji strategije oz. strateških usmeritev. Zastavljeni so na štirih prioritetnih področjih aktivnosti, kot izhajajo iz ocene stanja in potencialov v Sloveniji.

1. Raziskave in razvoj

- Oblikovanje strateškega raziskovalnega programa.
- Vzpostavitev Centra odličnosti za tehnologije vodika in gorivnih celic.

2. Tehnološki razvoj in razvoj produktov

- Oblikovanje demonstracijskega projekta za razvoj vozila kot končne aplikacije.
- Podpora podjetjem pri izgradnji skupne infrastrukture za razvoj specifičnih znanj in tehnologij (tehnološki centri, specializirani inkubatorji).

3. Vključevanje v mednarodne iniciative in strateška partnerstva

- Vključitev v skupno evropsko tehnološko iniciativo in strateške projekte nosilcev razvoja.

4. Pospeševanje razvoja trga

- oblikovanje programa "*Lead Market*" za stimuliranje povpraševanja in učenja ter prilagajanje zakonodaje in standardov, po vzoru EU

5. Izgradnja javne infrastrukture

- postavitve stacionarnih sistemov (energetika) in mobilnih sistemov (javni transport, obramba) za namene učenja in razvoja trga, v povezavi z demonstracijskimi projekti.

Predlogi so pripravljene na osnovi analize obstoječih programov, ukrepov in instrumentov razvojne politike Slovenije, ki so realno izvedljivi tako z vidika organizacije kot tudi virov financiranja. Predstavljajo kombinacijo naslednjih obstoječih vladnih programov in instrumentov:

- *Raziskave in razvoj* – programsko financiranje znanosti, sofinanciranje usmerjenih raziskovalnih projektov, program razvoja tehnoloških centrov in centrov odličnosti, program mladi raziskovalci, program za spodbujanje vključevanja v mednarodne projekte, programi za promocijo znanosti in izobraževanja, itd.

- *Spodbujanje tehnološkega razvoja in vlaganj gospodarstva* – ciljni raziskovalni projekti, sofinanciranje raziskovalnih in investicijskih projektov gospodarstva, program spodbujanja tehnoloških investicij, program razvoja gospodarske razvojne infrastrukture.
- *Izgradnja energetske in okoljske infrastrukture* - javna naročila za izgradnjo javne infrastrukture, javno-zasebno partnerstvo v izgradnji infrastrukture in izvajanje dejavnosti v javnem interesu.

Ključni nosilci programov in politik so Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, Ministrstvo za gospodarstvo, Ministrstvo za okolje in prostor ter Ministrstvo za obrambo, v posameznih programih pa so vključena tudi druga ministrstva.

Viri sredstev za izvajanje programov so proračun RS za izvajanje naštetih programov, sredstva EU za izvajanje kohezijske politike v Sloveniji za obdobje 2007-2013 ter razvojni programi in iniciative Evropske skupnosti.

6.2.3.1 PODROČJE: RAZISKAVE IN RAZVOJ

Ukrep 1: Oblikovanje strateškega raziskovalnega in razvojnega programa

V skladu s sprejetim Nacionalnim raziskovalnim in razvojnim programom RS za obdobje 2006-2015 država oblikuje določena prioriteta področja in skupine za izvajanje znanstvene in raziskovalne dejavnosti in zagotavlja financiranje iz javnih sredstev za obdobje petih let (instrument MVZT - Programsko financiranje znanosti).

Predlog je, da se oblikuje samostojno programsko področje za tehnologije vodika za obdobje 2008-2013, v okviru strateške teme trajnostni razvoj. To zagotavlja povezovanje vseh znanstvenih in raziskovalnih skupin, ki izvajajo raziskave na različnih področjih, povezanih s tehnologijo vodika, koncentracijo znanja in bolj usmerjeno izvajanje projektov.

Raziskovalne skupine, ki so že pomembno prisotne na tem področju delujejo v okviru večjih RR institucij kot so Kemijski institut, Fakulteta za elektrotehniko, Inštitut Jožef Štefan in Fakulteta za strojništvo ter v prodornih manjših podjetjih, ki se ukvarjajo s tehnološkim prebojem na posameznih nišnih aplikacijah.

Ukrep 2: Ustanovitev Centra odličnosti za tehnologijo vodika in gorivnih celic

Državni razvojni program za koriščenje sredstev Evropske kohezijske politike v Sloveniji za obdobje 2007-2013 kot eno izmed razvojnih prioritet izpostavlja konkurenčnost

gospodarstva in raziskovalno odličnost. V okviru te prioritete je zastavljen program razvoja t.i. centrov odličnosti, za katere namenja preko 80 M € v tem obdobju (Instrument MVZT: Razvoj centrov odličnosti). Program centrov odličnosti se je pričel že v prejšnjem finančnem obdobju, v Sloveniji je bilo v tem okviru že postavljenih enajst centrov na različnih tehnoloških področjih.

Predlog: Vzpostavitev Centra odličnosti za tehnologije vodika na eni izmed nosilnih institucij, ki bo predstavljal osrednjo razvojno institucijo za to področje in bo koordiniral izvajanje različnih ukrepov.

Program centrov odličnosti omogoča povezovanje znanja in kompetenc različnih inštitucij in podjetij, nabavo potrebne raziskovalne opreme in usmerjeno izvajanje skupnih strateških projektov. Vzpostavitev centra odličnosti poteka po naslednjih korakih:

- Oblikovanje skupine RR institucij in podjetij.
- Priprava programa za oblikovanje centra, nabavo opreme in postavitev infrastrukture.
- Priprava večletnega programa temeljnih in aplikativnih raziskav s potencialom industrializacije.
- Vzpostavitev organizacije za izvajanje programa, koordinacijo in usmerjanje celotne strategije ter izobraževanja in razširjanja znanja.
- Priprava in izvajanje ciljnega raziskovalnega programa za spremljanje trendov, razvoja znanja in tehnologij v svetu ter vzpostavljene mednarodnih povezav.

6.2.3.2 PODROČJE: TEHNOLOŠKI RAZVOJ IN RAZVOJ PRODUKTOV

Ukrep 1: Oblikovanje strateškega demonstracijskega projekta za razvoj vozila kot končne aplikacije

Sredstva Evropske kohezijske politike v Sloveniji za obdobje 2007-2013 so namenjena tudi ukrepom za podporo povezovanju podjetij in RR institucij za razvoj novih produktov (Instrument MG; Spodbujanje skupnih raziskovalnih projektov in tehnoloških investicij).

Predlog je priprava strateškega projekta razvoja vozila kot končne aplikacije, ki bo povezoval inštitucije znanja ter podjetja, ki razvijajo komponente pogonskega sistema.

Obstoječi instrument MG se izvaja preko javnih razpisov. Program EU omogoča tudi izbor in pripravo strateških razvojnih projektov. Za realizacijo tega ukrepa je potrebno prilagoditi obstoječi instrument MG tako, da bo omogočal predhodni dogovor in skupno pripravo strateškega projekta kot demonstracijskega projekta za raziskave in

industrializacijo novih produktov z najširšim učinkom na razvoj znanja in uvajanje tehnologij vodika v Sloveniji.

Ukrep 2: Podpora podjetjem pri izgradnji skupne infrastrukture za razvoj specifičnih znanj in tehnologij

Državni razvojni program za obdobje 2007-2013 zajema tudi ukrepe za podporo razvoju gospodarske razvojne in inovacijske infrastrukture, kot so tehnološki centri, parki, inkubatorji (Instrument MG: Razvoj gospodarskih razvojnih središč).

Predlog: Priprava projektov razvoja tehnoloških centrov v podjetjih, ki so (potencialni) nosilci razvoja novih produktov in končnih aplikacij v celotnem sistemu. Iniciative gospodarstva so že izražene, potekajo prva vlaganja v razvoj perifernih sistemov za uporabo v transportu in energetiki. (primer: Domel Železniki).

Obstoječi instrument MG za izgradnjo gospodarskih razvojnih središč ne ustreza v celoti temu namenu. Potrebne so prilagoditve instrumenta in celotnega sistema izvajanja programa tako, da bodo vlaganja države v izgradnjo razvojne infrastrukture strateško določena glede na prioriteta tehnološka področja in potencialni dolgoročni gospodarski učinek ter da bodo pri izboru projektov upoštevane kompetence in interesi podjetij kot tudi dolgoročen širši učinek na uvajanje tehnologij prihodnosti.

Predhodno je v sklopu strategije potrebno definiranje potencialov in potreb za razvoj inovacijske infrastrukture v povezavi z zastavljenimi projekti za periferne sisteme in končne aplikacije v gospodarstvu.

6.2.3.3 VKLJUČEVANJE V MEDNARODNE INICIATIVE IN STRATEŠKA PARTNERSTVA

MVZT že izvaja instrument sofinanciranja priprav za vključevanje v mednarodne projekte in strateške programe EU. Sedaj je instrument prioriteto usmerjen v podporo pripravi projektov za EU programe Eureka in 7OP.

Predlog: Vzpostavitev novega instrumenta za podporo vključevanju skupin v strateške mednarodne iniciative in razvojna partnerstva na prioritarnih tehnoloških področjih.

Aktivnosti zajemajo pripravo predloga za prilagoditev obstoječega instrumenta sofinanciranja priprave projektov aktivnemu vključevanju Slovenije v strateške povezave EU kot so skupne tehnološke pobude (Joint Technology Initiatives) ter razvoj skupne raziskovalne infrastrukture (ESFRI in EIT). Konkretno to pomeni oblikovanje konzorcija

podjetij in institucij za vključitev v Skupno evropsko tehnološko pobudo za vodik in gorivne celice (JTI) ter konzorcija za vključitev v izgradnjo evropske infrastrukture za razvoj tehnologij vodika.

6.2.3.4 POSPEŠEVANJE RAZVOJA TRGA

Evropska skupnost je vzpostavila nov instrument za pospeševanje razvoja trga, *Lead Markets*, ki je usmerjen v stimuliranje povpraševanja in učenja za uvajanje novih tehnologij na trgu. Instrument zajema sofinanciranje skupnih dolgoročnih projektov za razvoj tehnologij in hkrati prilagajanje zakonodaje ter standardov, ki zagotavljajo ustvarjanje stimulativnega okolja za tržno uveljavljanje le-teh.

Predlog: Oblikovanje programa in novega instrumenta za spodbujanje razvoja novih trgov na področju energetskega sistema (kogeneracije, rezervni sistemi,...) in transporta (javni prevoz, posebni sistemi,...) z uporabo vodika in gorivnih celic.

Nov instrument mora biti horizontalne narave in povezovati ukrepe različnih politik, zlasti še:

- Prilagoditev obstoječih programov za spodbujanje uvajanja novih rešitev na področju trajnostne energije (programi URE in OVE)
- Usmeritev javnih nabav na področju javnega transporta v uporabo novih tehnologij
- Prilagoditev programov in razpisov za razvojne projekte na področju turizma, obrambe in energetike, ki bodo stimulirali uvajanje novih tehnologij
- Priprava *Ciljnega raziskovalnega programa* za izdelavo načrta potrebnega prilagajanja zakonodaje ter standardov, ki bodo omogočali in dodatno stimulirali uvajanje novih tehnologij.

6.2.3.5 IZGRADNJA JAVNE INFRASTRUKTURE

V pripravi so že projekti za postavitev potrebne infrastrukture za pričetek demonstracijskega uvajanja tehnologij vodika v transportu in energetiki. Projekti niso del celovite strategije, ki bi zagotavljala sistematičen pristop na tem področju in postopno izgrajevanje ustrezne mreže.

Predlog: Izdelava načrta za izgradnjo javne infrastrukture v podporo demonstracijskim projektom za nišne aplikacije na področju stacionarnih in mobilnih sistemov, skladno s sprejeto strategijo.

Program izgradnje infrastrukture se tesno navezuje na predhodne programe, zlasti program za razvoj novih trgov in program spodbujanja demonstracijskih projektov za nišne aplikacije. Infrastruktura v tej fazi je zlasti podpora demonstracijskim projektom, učenju in uvajanju tehnologij prihodnosti. Zato mora izgradnja potekati povezano z aplikacijami, po načelu javno zasebnega partnerstva.

Znane so izkušnje in dobre prakse drugih držav pri povezovanju projektov tehnoloških aplikacij in izgradnje infrastrukture kot na primer:

- Pilotno uvajanje stacionarnih in mobilnih sistemov na področju obrambe (javne nabave in sistem protidobav).
- Povezovanje gospodarstva in lokalnih skupnosti na področju javnega transporta in sistemov daljinskega ogrevanja.
- Povezovanje projektov razvoja turističnih destinacij in pilotnih postavitvev alternativnih energetskega sistemov.

6.3 POVZETEK K POGLAVJU

Predlog nadaljnjih korakov pri oblikovanju politik za uspešno uvajanje tehnologij vodika na osnovi dosedanjih študij in ocen v letih 2008-2010:

1. Izdelava nacionalne strategije in programa za ekonomijo vodika (2008-2009)

Osnova: Rezultati projekta SPEV, izdelana strategija tehnološke platforme SIHFC, začeti projekti in raziskave.

Nosilci: Vladna skupina za ekonomijo vodika in Tehnološka platforma SIHFC.

Nosilna institucija: Služba Vlade RS za razvoj.

Obravnavna: Svet Vlade RS za trajnostni razvoj.

2. Ustanovitev Centra odličnosti (razpis MVZT 2008)

Osnova: Izdelana strategija in prioritete za raziskave in razvoj v okviru Tehnološke platforme SIHFC.

Nosilci: Tehnološka platforma SIHFC in sodelujoče RR inštitucije

Aktivnosti:

- Priprava predloga za prilagoditev razpisa in povezovanje s programom SPEV.
- Oblikovanje skupine in določitev nosilca.
- Oblikovanje programa in definiranje področij delovanja centra.
- Oblikovanje strateškega raziskovalnega in razvojnega programa.

3. Oblikovanje strateškega demonstracijskega projekta za razvoj vozila kot končne aplikacije (razpis MG 2009)

Aktivnosti:

- Preverjanje interesa in oblikovanje skupine partnerjev
- Priprava projekta
- Priprava predlogov za prilagoditev instrumentov razvojne politike
- Ustanovitev konzorcija partnerjev za izvedbo projekta

4. Vključitev v Skupno evropsko tehnološko pobudo (2009)

Aktivnosti:

- Potrditev interesa podjetij, priprava načrta projekta za vključevanje slovenskih partnerjev na nižnjih aplikacijah.

Prilagoditev instrumenta MVZT za sofinanciranje vključevanja v strateške evropske projekte.

5. Vključitev v projekte na področju energetike, telekomunikacij in turizma (razpisi različnih ministrstev 2009-2010)

Aktivnosti:

- Priprava predloga dodatnih kriterijev za razpise in javna naročila različnih ministrstev, ki bodo stimulirali uvajanje tehnologij.

6. Priprava programa za spodbujanje razvoja novih trgov po vzoru EU (2009- 2010)

7 LITERATURA

KNJIGE

- [1] Tuma, M.; Sekavčnik, M.: Energetski Sistemi, Ljubljana, 2004
- [2] O'Hayre, R.; Cha. Suk-Won; Colella W.; Prinz F. B.: Fuel Cell Fundamentals, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2006, ISBN-13 978-0-471-74148-0
- [3] Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th edition, elektronski vir; Weinheim: J. Wiley, Release 2005
- [4] P. Frankl, F. Rubik; Life cycle assessment in industry and Business - Adoption patterns, applications and implications, Springer, 2000, ISBN 3-540-66469-6
- [5] M. Pehnt; Life-cycle analysis of fuel cell system components; Handbook of Fuel Cells — Fundamentals, Technology and Applications, Volume 4, Part 13, pp 1293-1317, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2003
- [6] Curran, M. A: Life Cycle Assessment – Principles and Practice; National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, Ohio, May 2006
- [7] Frankl, P; Rubik, F: Life cycle assesment in industry and Business – Adoption patterns, applications and implications, Springer, 2000, ISBN 3-540-66469-6
- [8] Barday, J. F.: Fuel Cells, Engines and Hydrogen (an exergy approach), John Wiley&sons, 2006

STANDARDI IN SMERINICE - LCA

- [9] International standard ISO 14040, Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework, International Organization of Standardization, Geneva, 1997
- [10] International standard ISO 14041, Environmental management – Life cycle assessment – Goal and Scope Definition and Inventory analysis, International Organization of Standardization, Geneva, 1998
- [11] International standard ISO 14042, Environmental management – Life cycle assessment – Life Cycle impact assessment, International Organization of Standardization, Geneva, 2000
- [12] International standard ISO 14043, Environmental management – Life cycle assessment – Life Cycle interpretation, International Organization of Standardization, Geneva, 2000
- [13] International standard ISO 14044, Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines, International Organization of Standardization, Geneva, 2006

- [14] Life Cycle Assessment – An Operational guide to ISO standards, parts 1 – 3, Ministry of Housing, Spatial planning and the Environment (VROM) and Centre of Environmental Science, Leiden University, Netherlands, Final report, maj 2001
- [15] GaBi 4 Manual – The Software system for Life Cycle Engineering, Leinfelden – Echterdingen, Germany, March 2006

ČLANKI

- [16] Kessler, A.; Berger, P.: Brennstoffzellen im industriellen Einsatz, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 6
- [17] Höhle, B.; Fischedick, M.: Warum, wann, wie und wie viel? – Integration von Wasserstoff in die Energiewirtschaft, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [18] Reijerkerk, J.: Wasserstofflogistik – Von der Produktion bis zur Betankung, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [19] Marquardt, N.: Neue Materialkonzepte für H₂ - Feststoffspeicher – Wasserstoffspeicherung, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [20] Winter, C.J.: Energiepolitik ist Technologiepolitik, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [21] Specht, M.; Marquard-Möllenstedt, T.; Sicher, P.: Wasserstoff aus Biomasse – Der AER Process: Ein innovatives Vergasungsverfahren, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [22] Pawlik, J.; Klaschinsky, H.; Dippel, R.: Simulation von Energiekosten und CO₂-Emissionbilanzen, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [23] Radtke, P.; Düsterwald, H.G.; Herberg, D.: Der Ottomotor wird längerfristig Marktanteile einbüßen – Die Zukunft des automobilen Antriebs, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [24] Grube, T.; Menzer, R.; Peters, R.: Pkw – Bordstromversorgung mit Brennstoffzellen-APU: Eine Bewertung mit Blick auf den Wirkungsgrad, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [25] Dauensteiner, A.: Erkenntnisse aus den europaweiten Feldtests: Brennstoffzellen-Heizgeräte für Mikro-KWK-Einsätze, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [26] Dokupil, M.; Heinzl, A.; Mathiak, J.; Spitta, C.: Kompakte Wasserstofferzeugung – Mini-Reformer für PEM-Brennstoffzellensysteme, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2
- [27] Lehmann, J.; Miede, A.; Sandlaß, H.; Linnemann, J.; Steinberger, R.: Mittler zwischen Wind und Netzen – Wasserstoff als Windstrom-Zwischenspeicher, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 1/2

- [28] Heinzel, A.; Roes, J.: Brennstoffzellen für die Hausenergieversorgung, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 59 (2007), Nr. 12
- [29] Dinter, F.; Bergmann, H.: CHP with Fuel Cells – Models for the Future Supply of Private and Industrial Customers, VGB PowerTech 12/2001
- [30] Kölsch, Ch.; Heyder, B.: Stand und Perspektiven der Energiespeichersysteme, VGB PowerTech 9/2004
- [31] Nussbaumer, T.: Holzgas- und Holzgas/Erdgas-Kombikraftwerke, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 58 (2006), Nr. 5
- [32] Sterner, M.; Schmidt, J.; Wickert, M.: Effizienzgewinn durch erneuerbare Energien, BWK – Das Energie Fachmagazin, Bd. 60 (2008), Nr. 6
- [33] Chandramouli, D.; Frota, O.; Pratola, F.; Burch, I.: Fuel Cell Technology – A Joint European Effort, 2007

KONFERENCE

- [34] Sekavčnik, M.: Vodikove tehnologije utopija ali resničnost, Prispevek na konferenci Dnevi energetikov 2007, Portorož, april 2007
- [35] Oštir, T.; Sekavčnik, M.; Mori, M.: Modeliranje kogeneracijskega sistema na osnovi gorivnih celic. V: VORŠIČ, Jože (ur.). 16. Mednarodno posvetovanje Komunalna energetika, 15. do 17. maj 2007, Maribor, Slovenija. Komunalna energetika. V Mariboru: Univerza, 2007, 11 str.
- [36] Mori, M.; Antičević, G.; Sekavčnik, M.: Vrednotenje tehnologij za pridobivanje vodika z metodo analize življenjskih ciklov, 17. Mednarodno posvetovanje Komunalna energetika, 13. do 15. maj 2008, Maribor, Slovenija. Komunalna energetika. V Mariboru: Univerza, 2008
- [37] Sekavčnik, M.; Mori, M.; Glavina, U.: Vrednotenje pridobivanja vodika iz lesne biomase z metodo vrednotenja življenjskih ciklov – LCA (Life Cycle Assessment), 17. Mednarodno posvetovanje Komunalna energetika, 13. do 15. maj 2008, Maribor, Slovenija. Komunalna energetika. V Mariboru: Univerza, 2008
- [38] Sekavčnik, M.; Mori, M.: Challenges and constraints of fuel cell integration into cogeneration systems. V: IONEL, Ioana (ur.). Nachhaltigkeit für Mensch und Umwelt im Spannungsfeld Wissenschaft - Wirtschaft - Politik : Fachtagung der Alexander von Humboldt-Stiftung in Rahmen des Sonderprogramms zum wissenschaftlichen Wiederaufbau in Süd-Osteuropa [24-25 Febr. 2005, Timișoara] = scientific reunion of the special program of the Alexander von Humboldt Foundation concerning the reconstruction of the South Eastern Europe, (Conferințe). Timișoara: Editura Politecnica, 2005, str. 260-263
- [39] Sekavčnik, M.: Vodikove tehnologije - utopija ali resničnost?. V: FATUR, Tomaž (ur.). Dnevi energetikov 2007, 9. konferenca energetskega menedžerjev Slovenije,

- Portorož, 2. in 3. april 2007. [Zbornik predavanj]. Ljubljana: Časnik Finance, 2007, 14 str
- [40] Sekavčnik, M.: Integracija gorivnih celic v kogeneracijske sisteme = Fuel cell integration into cogeneration systems. V: BIBIČ, Boštjan (ur.). VIII. strokovno posvetovanje Slovenskega društva za daljinsko energetiko, Portorož, 30. marec-1. april 2005. Proizvodnja in distribucija v daljinski energetiki : zbornik prispevkov. Ljubljana: Slovensko društvo za daljinsko energetiko, 2005, str. 69-76
- [41] Auer, T.; Sekavčnik, M.: Hišna kogeneracija z gorivnimi celicami = Residential fuel cell CHP system. V: BIBIČ, Boštjan (ur.). Mednarodno srečanje daljinske energetike in IX. strokovno posvetovanje, Portorož, 10.-12. april 2006. Zbornik prispevkov. Ljubljana: Slovensko društvo za daljinsko energetiko, 2006, str. 105-113

IZHODIŠČA, PODPROJEKTI

- [42] Izhodišča za strateške usmeritve republike Slovenije na področju tehnologij vodika in gorivnih celic, Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice - SIHFC, 14. september 2007
- [43] Projekt PIPI: Potencial, interes, promocija izobraževanje, Podprojekt projekta SPEV (Slovenija in priprava na ekonomijo vodika), Elaphe d.o.o., Ljubljana februar 2008
- [44] Lampič, G.: Delovanje gorivnih celic in njihova uporaba v industriji električnih vozil, seminar, november 2003
- [45] Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice: Izhodišča za strateške usmeritve Republike Slovenije na področju tehnologij vodika in gorivnih celic, 14. september 2007
- [46] Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice: Strateški razvojni program, 15. november 2005

DIPLOME

- [47] Antičević, G.: Vrednotenje tehnologij za pridobivanje vodika z metodo analize življenjskih ciklov, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, diplomska naloga univerzitetnega študija, Ljubljana, 2007
- [48] Oštir, T.: Gorivne celice v kogeneracijskih sistemih, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, diplomska naloga univerzitetnega študija, december 2006
- [49] Glavina, U.:

MEDNARODNE ŠTUDIJE

- [50] Hydrogen Energy and Fuel Cells – A vision for the future, Final report of the high level group, EUR 20719 EN, European Commission, Belgium, 2003

- [51] HyWays – The European Hydrogen Roadmap, Member States' Report, Vision on the Introduction of Hydrogen in European Energy System, Belgium, 2008
- [52] Lipman, T.; Edwards, J.; Brooks, C.: Renewable Hydrogen: Technology Review and Policy Recommendations for State – Level Sustainable Energy Futures, Institute of Transportation Studies, University of California, 2006
- [53] European Hydrogen & Fuel Cell Technology Platform: Implementation Plan – Status 2006, marec 2007
- [54] Paster, M.: U.S. Department of Energy Hydrogen, Fuel Cells and Infrastructure Program, januar 2005
- [55] Government of Canada: Canada's Hydrogen and Fuel Cell Sector Expectations for the IPHE, 26. – 27. maj 2004, Peking, Kitajska
- [56] Schindler, J.: Life Cycle Analysis of Hydrogen Fuel, L-B- Systemtechnik GmbH, Ottobrunn, September 2003
- [57] Department of Energy: Life Cycle Analysis of Greenhouse Gas Emissions for Hydrogen Fuel Production in the US from LNG and Coal, November 2005
- [58] Spath, P. L.; Mann, M. K.: Life Cycle Assessment of Renewable Hydrogen Production via Wind/Electrolysis, Milestone Completion Report, National Renewable Energy Laboratory, Februar 2004
- [59] Spath, P. L.; Mann, M. K.: Life Cycle Assessment of Hydrogen Production via Natural Gas Steam Reforming, National Renewable Energy Laboratory, Februar 2001
- [60] Tillemans, F. W. A.; Groot, A.: Evaluation of Benefits and Barriers of Hydrogen in Residential Districts, Final report, February 2002
- [61] Well to Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, A joint study by EUCAR/JRC/CONCAWE, 2006
- [62] European Commission: Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future, 2006

PODATKI PORAB

- [63] Dolenšek, M; Golob, A.; Medved, M; Pogačnik, N.; Šumenjak, M.: Energija iz lesne biomase (kmetovalčev priročnik), Kmetijska založba, Slovenj Gradec, 1999
- [64] CO₂ Capture and Storage, VGB Report on the State of the Art, VGB PowerTech e.V., Essen, 2004
- [65] Senegačnik, A.; Oman, J.: Lastnosti zraka, goriv in dimnih plinov, Univerza v Ljubljani, 2004
- [66] Kuštrin, I.; Oman, J.: Preizkus in analiza ustreznosti različnih vrst premoga za trajno kurjenje v kotlu 125 MW bloka Termoelektrarne Trbovlje. Ljubljana: Fakulteta za

- strojništvo, Laboratorij za termoeenergetiko, 2006. 152 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 9772571]
- [67] Kuštrin, I.; Oman, J.; Mori, M.: Preizkus in analiza ustreznosti premoga Arutmin za trajno kurjenje v visokotlačnih parnih kotlih Termoelektrarne Toplane Ljubljana. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za termoeenergetiko, 2008. 39 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 10426651]
- [68] Kuštrin, I.; Senegačnik, A.; Oman, J.; Mori, M.; Ogorevc, T.; Čefarin, M.: Specifične porabe bloka 4 v Termoelektrarni Šoštanj : marec 2006 : rezultati meritev in analiza obratovanja. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, LTE, 2006. 51 str., graf. prikazi, tabele. [COBISS.SI-ID 9158427]
- [69] Kuštrin, I.; Oman, J.; Mori, M.: Preizkusi in analiza obratovanja bloka 5 po uvedbi primarnih ukrepov za zmanjšanje emisije dušikovih oksidov : termoelektrarna Šoštanj. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za termoeenergetiko, 2008. 81 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 10510875]
- [70] Ministrstvo za gospodarstvo RS: Informacija o poslovanju elektrogospodarstva in premogovništva v obdobju 1-6, Maribor, september 2007
- [71] Priročnik za načrtovanje – Kotlarne na les, Ministrstvo za okolje in prostor RS, GEF, UNDP, 2005
- [72] http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=potenciali_viri
- [73] Eurostat: Final energy consumption by transport, Slovenia, 2004
- [74] www.rlv.si; Premogovnik Velenje, maj 2007
- [75] Grilc Viktor, Kemijski inštitut, interna gradiva za popis procesov s področja kemijskega inženirstva in osebne konzultacije, Ljubljana 2006
- [76] J. Mravljak, Hidroenergetski potencial, Elektrogospodarstvo Slovenije, d.d., Maribor, februar 2000

PROMOCIJSKI PROJEKTI

- [77] ČEVELJ: Vozila na električni pogon za ekološko ozaveščene uporabnike:
1. del: *Andrej Pečjak* - Primer v Sloveniji izdelanega električnega vozila
http://www.s12.si/component/option,com_seyret/Itemid,61/task,videodirectlink/id,148/, **2. del:** *Dr. Miha Sekavčnik*, Fakulteta za strojništvo, UL - Tehnologija vodika in gorivnih celic: tehnologija, aplikacije
http://www.s12.si/component/option,com_seyret/Itemid,61/task,videodirectlink/id,149/, **3. del:** *Jure Leben*, vodja Vladne skupine za vodik - Svetovne usmeritve in domača politika vpeljave ekonomije vodika: dogajanja v svetu in doma
http://www.s12.si/component/option,com_seyret/Itemid,61/task,videodirectlink/id,150/, **4. del:** *Dr. Andrej Detela* z Inštituta Jožef Štefan: Narava prometa danes in v prihodnosti

http://www.s12.si/component/option,com_seyret/Itemid,120/task,videodirectlink/id,188/

MEDNARODNE IN DOMAČE OBVEZE

- [78] Resolucija o nacionalnih razvojnih projektih za obdobje 2007 – 2023, Služba vlade republike Slovenije za razvoj, Republika Slovenija, Ljubljana, oktober 2006
- [79] Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential, COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, Brussels, 19.10.2006
- [80] Zelena knjiga o trajnostni konkurenčni in varni energiji
- [81] Pisna deklaracija o ekonomiji vodika
- [82] <http://www.ipcc.ch/> - Intergovernmental Panel on Climate Change
- [83] Potočnik, J.: New ways to drive demand for new technologies, Dunaj, 4. maj 2006

8 PRILOGE

<u>A. PRILOGA - TEHNOLOŠKE SHEME PROCESOV V OKOLJU GABI4</u>	<u>75</u>
A1: REFORMIRANJE ZEMELJSKEGA PLINA S PARO	75
A2: UPLINJANJE VELENJSKEGA LIGNITA.....	76
A3: TERMOKEMIČNO UPLINJANJE LESNE BIOMASE.....	76
A4: PIROLIZA LESNE BIOMASE	77
A5: KOMBINIRANI PROCES PIROLIZE IN UPLINJANJA LESNE BIOMASE	78
A6: ELEKTROLIZA	79
 <u>B. PRILOGA – REZULTATI PODPROJEKTA PIPI.....</u>	<u>81</u>
ANALIZA ANKETNIH VPRAŠANJ.....	81
IZBOR PODJETIJ NA OSNOVI PRIJAVLJENE PRIMARNE DEJAVNOSTI.....	85
PRIMERI DEJAVNOSTI NA POSAMEZNIH VSEBINSKIH PODROČJIH	88
GRADIVO ZA IZOBRAŽEVANJE	89

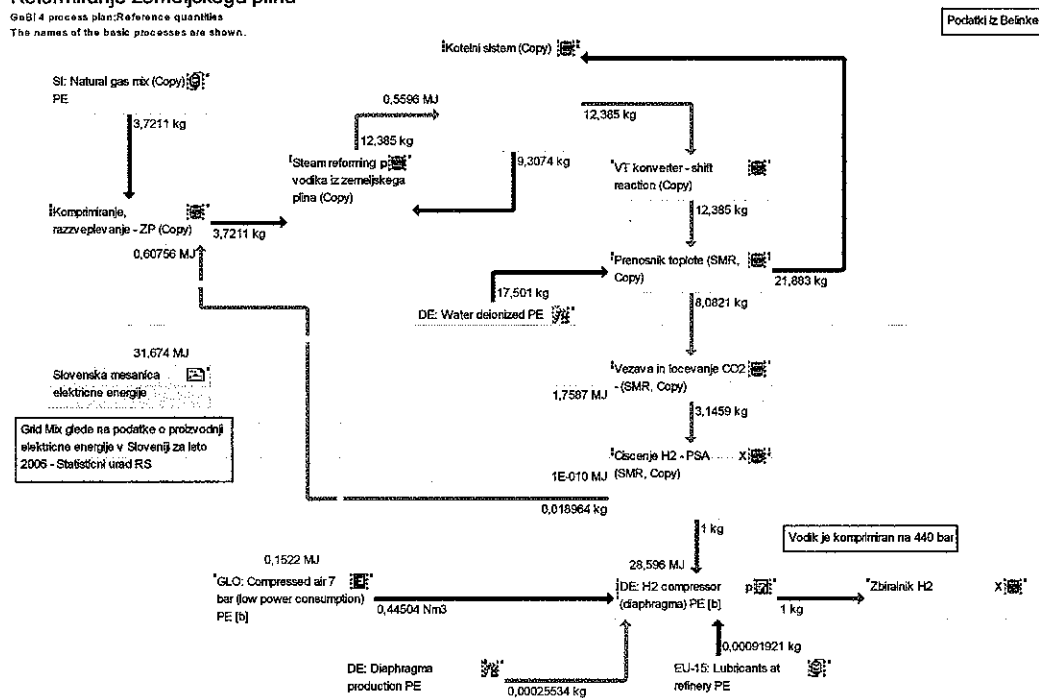
A. PRILOGA - TEHNOLOŠKE SHEME PROCESOV V OKOLJU GABI4

A1: REFORMIRANJE ZEMELJSKEGA PLINA S PARO

Reformiranje zemeljskega plina

GeBI 4 process plan/Reference quantities

The names of the basic processes are shown.

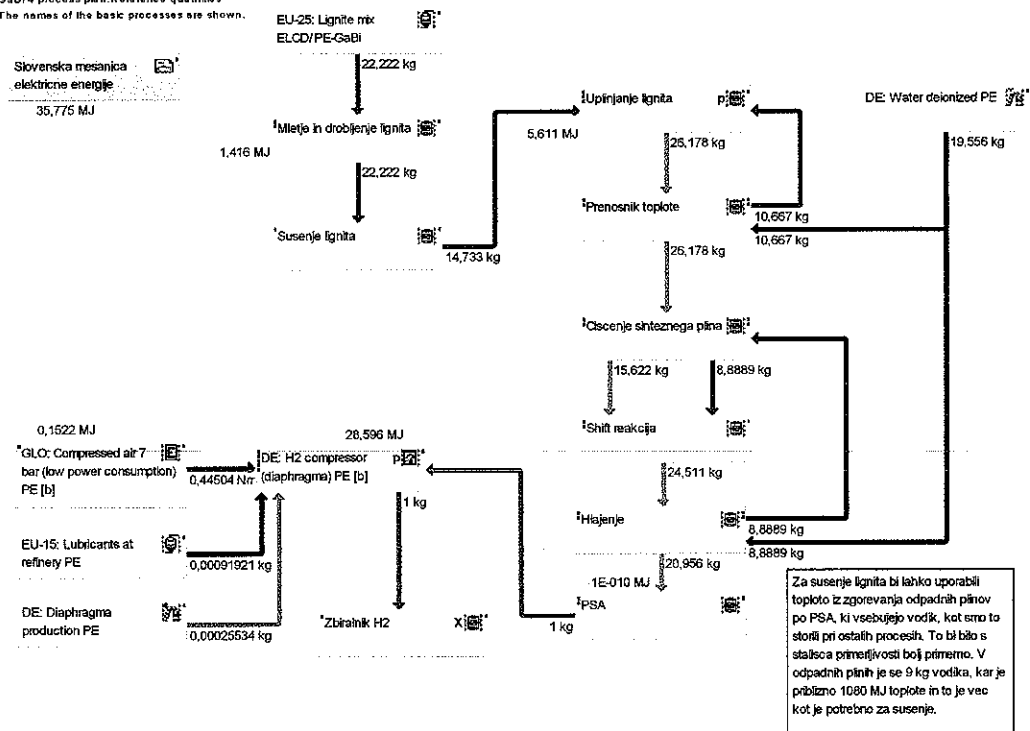


A2: UPLINJANJE VELENJSKEGA LIGNITA

Uplinjanje lignita SPEV

GaBi 4 process plan: Reference quantities

The names of the basic processes are shown.

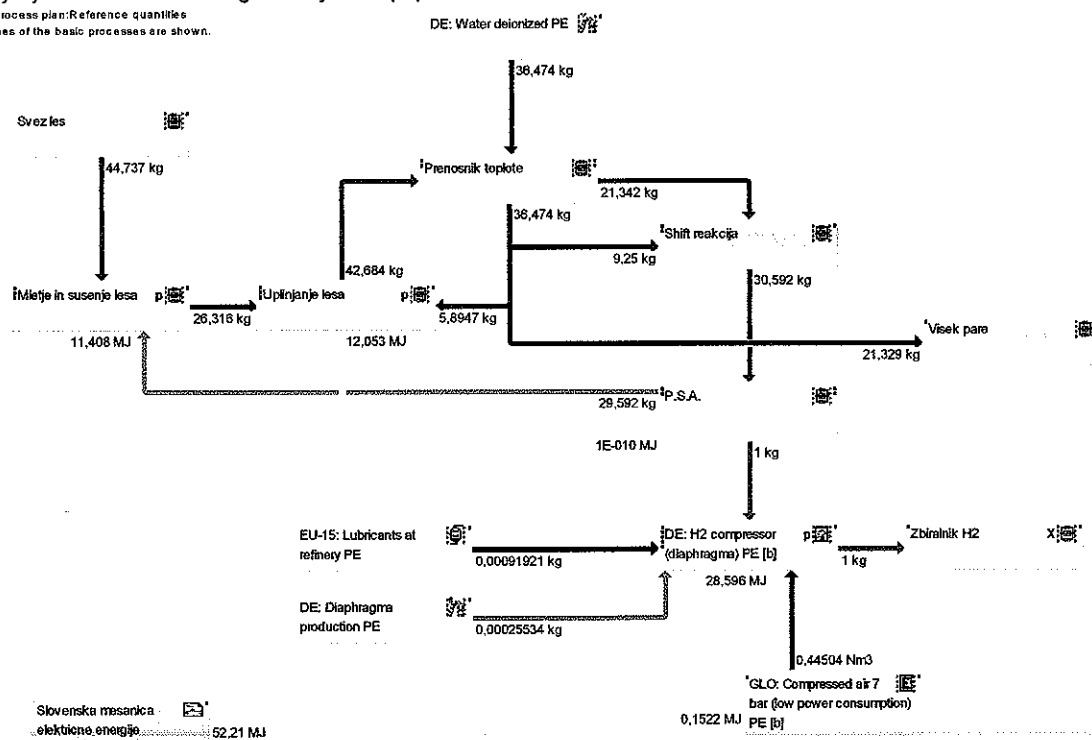


A3: TERMOKEMIČNO UPLINJANJE LESNE BIOMASE

Uplinjanje lesne biomase z zgorevanjem obp. plinov

GaBi 4 process plan: Reference quantities

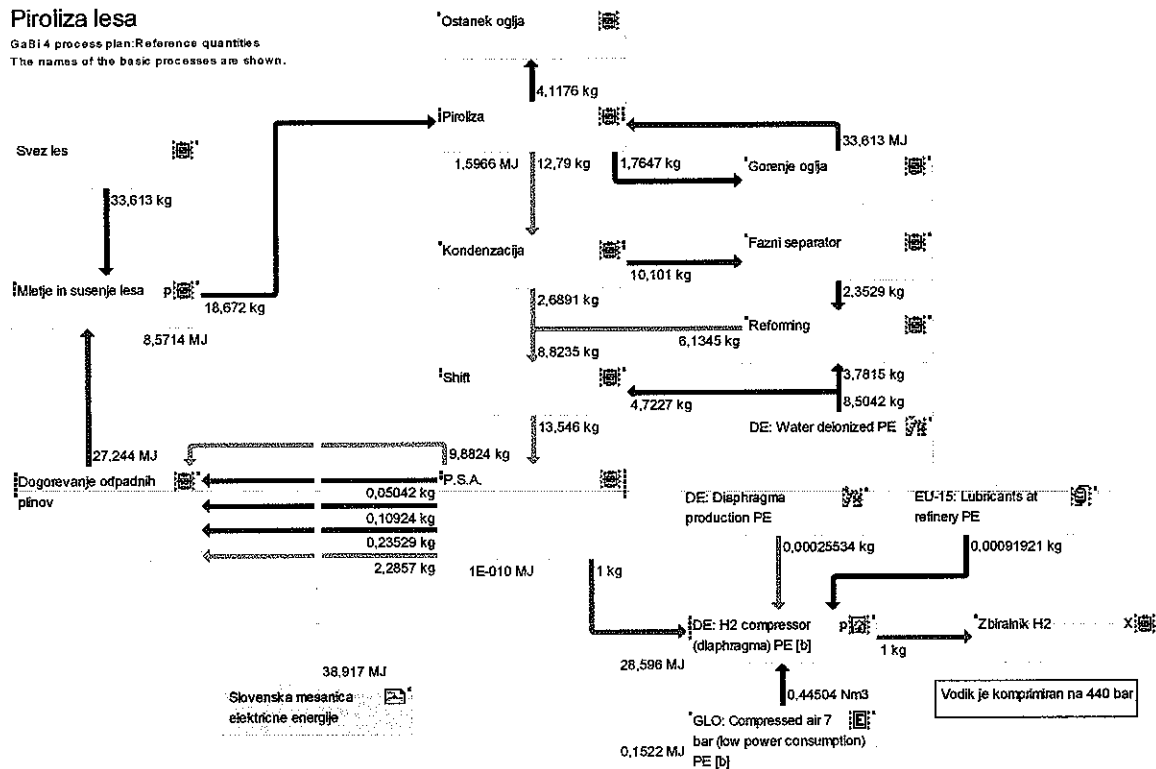
The names of the basic processes are shown.



A4: PIROLIZA LESNE BIOMASE

Piroliza lesa

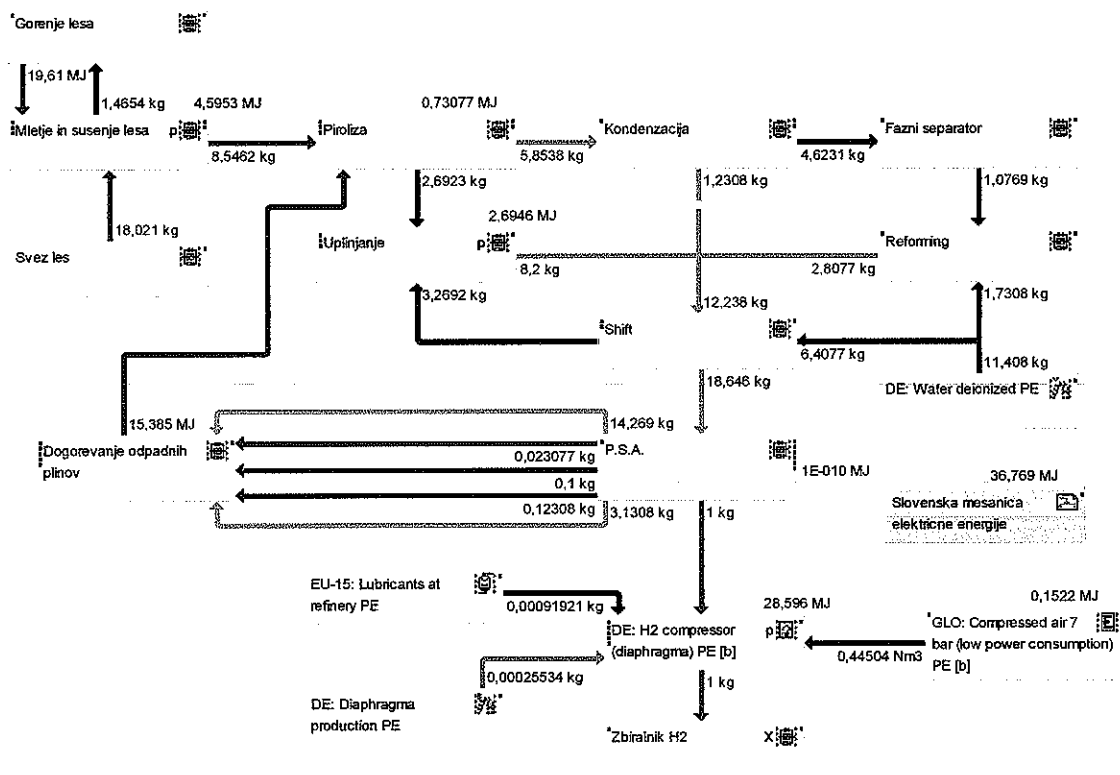
GaBi4 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



A5: KOMBINIRANI PROCES PIROLIZE IN UPLINJANJA LESNE BIOMASE

Kombinacija Pirolize in Uplinjanja lesne biomase

GaBi 4 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.

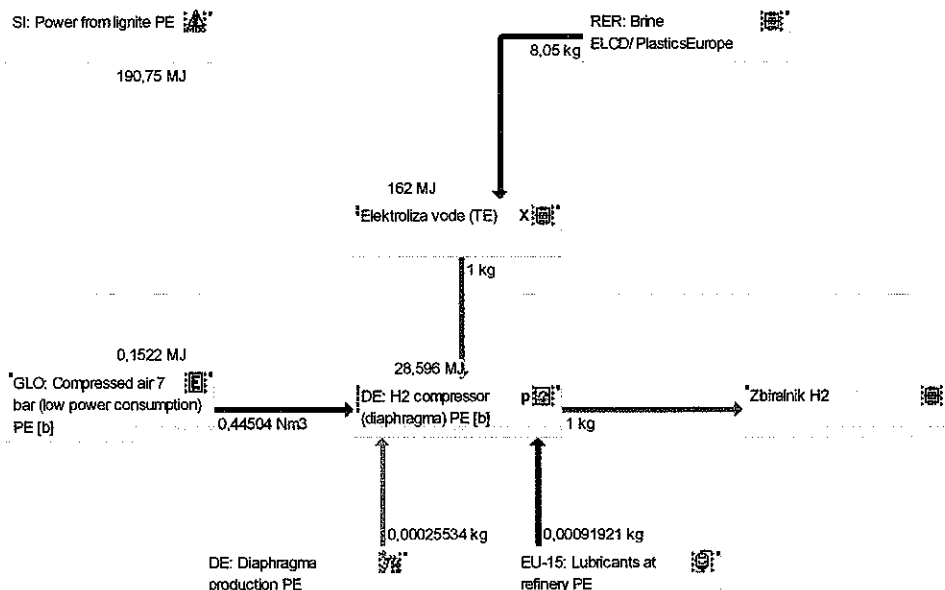


A6: ELEKTROLIZA

Elektroliza z električno energijo iz termoelektrarn

Elektroliza - TE

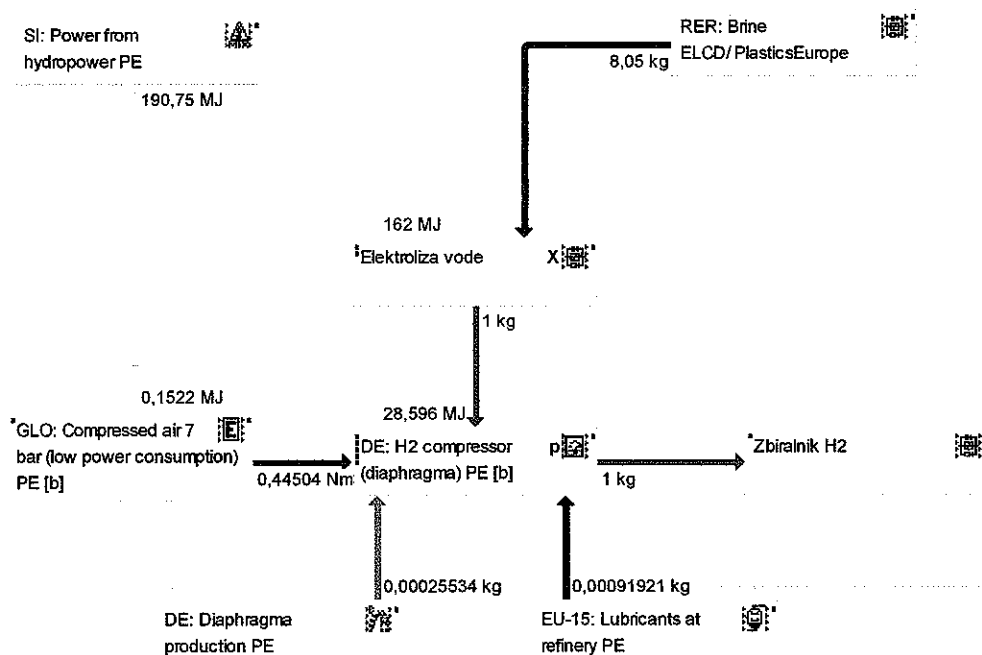
GaBi 4 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



Elektroliza z električno energijo iz hidroelektrarn

Elektroliza - HE

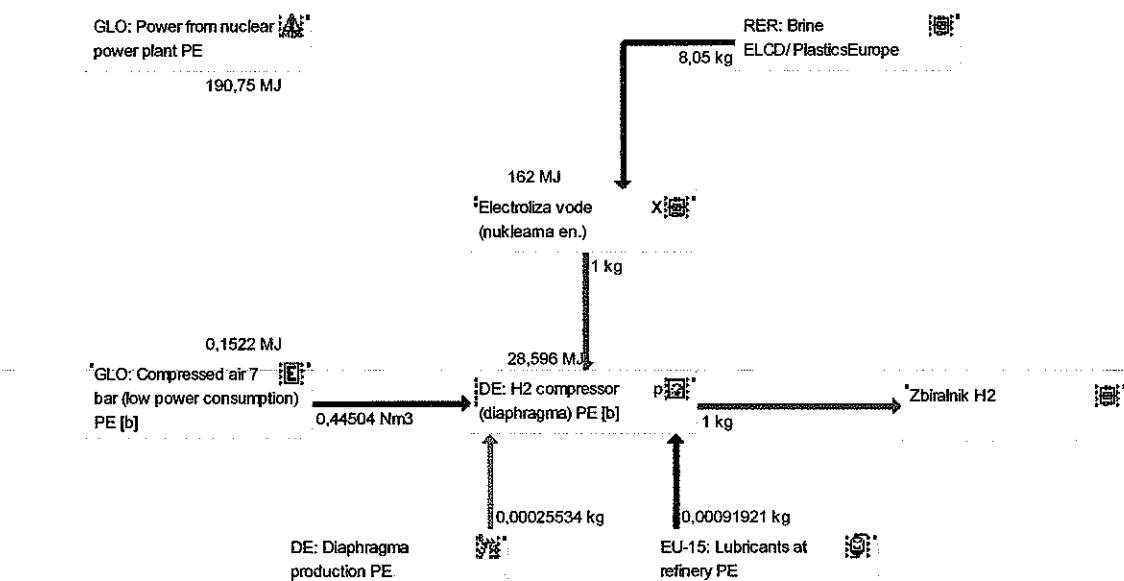
GaBi 4 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



Elektroliza z električno energijo iz NEK

Elektroliza - NEK

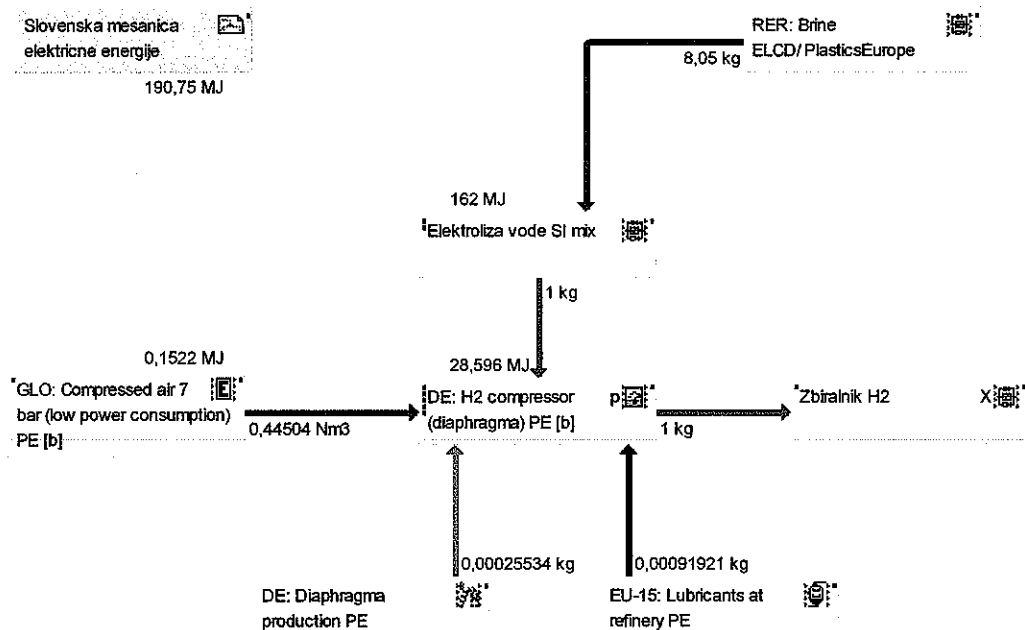
GaBi 4 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



Elektroliza z električno energijo iz slovenske energijske mešanice

Elektroliza - SI mix

GaBi 4 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



B. PRILOGA – REZULTATI PODPROJEKTA PIPI

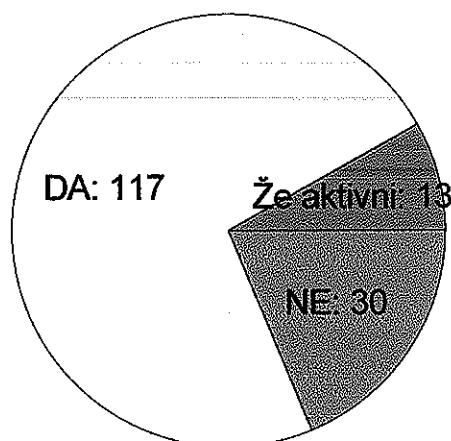
ANALIZA ANKETNIH VPRAŠANJ

1. Vprašanje

Na uvodno vprašanje, če so že slišali za tehnologije vodika in gorivnih celic so vsi anketiranci razen enega odgovorili pritrdilno.

2. Vprašanje

Na vprašanje o interesu za aktivnost na področju tehnologij vodika je večji del odgovoril pritrdilno.

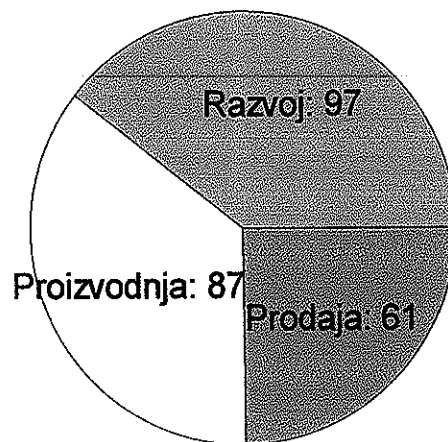


Slika 8.1: Interes za tehnologije vodika

Odgovori so predvideni, saj smo pričakovali, da se bodo odzvala predvsem podjetja, ki imajo interes za sodelovanje.

3. Vprašanje

V tretjem vprašanju smo anketirance spraševali, na katerem koraku razvojno-proizvodno-prodajne verige bi se vključilo njihovo podjetje.

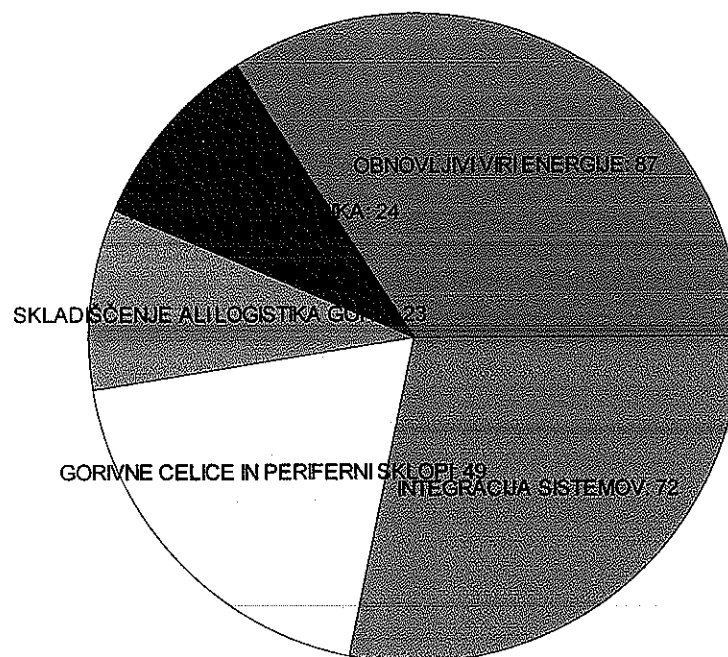


Slika 8.2: Poslovni vidik vključitve

Glede interesa za poslovno področje delovanja so razvoj, proizvodnja in prodaja zastopano približno enakomerno, približno polovica podjetij se je opredelila za več kot le en segment.

4. Vprašanje

Pri tem vprašanju nas je zanimalo na katero vsebinsko področje trajnostne rabe energije bi se vključevalo podjetje.

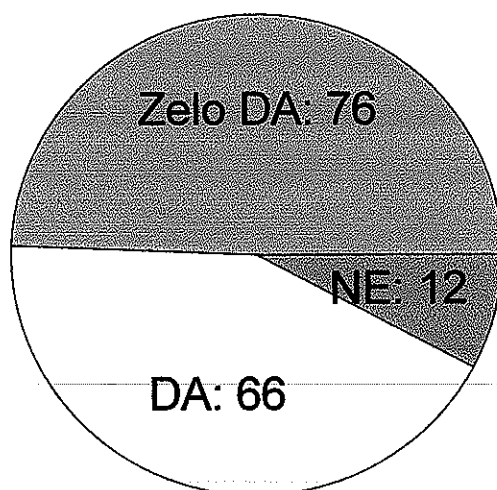


Slika 8.3: Vsebinski interes za sodelovanje

Zanimirana podjetja pokrivajo vsa vsebinska področja, v večji meri so zastopani OVE in integracija sistemov, kar je glede na širok obseg področij razumljivo.

5. Vprašanje

Pri tem vprašanju smo spraševali ali želijo anketiranci izvedeti še kaj več o tehnologijah vodika in gorivnih celic in če želijo dobiti gradivo na to temo.

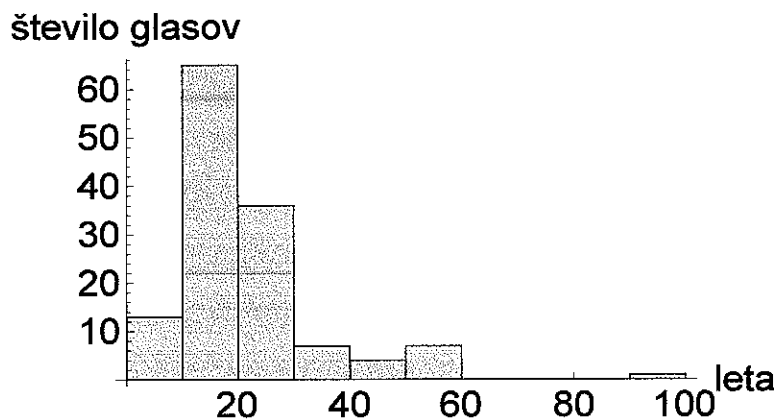


Slika 8.4: Interes za nadaljnje informiranje

Večina podjetij je izkazala interes za nadaljnje obveščanje o dogajanju na področju vodika v Sloveniji.

6. Vprašanje

Eno izmed najpogostejših vprašanj glede vpeljave tehnologij vodika in gorivnih celic je časovni vidik komercializacije. O tem smo povprašali tudi naše anketirance. Vprašanje je bilo strukturirano kot čas v katerem lahko tehnologije vodika, po globalnem tržnem deležu, postanejo konkurenčne naftni industriji? Npr. da dosežejo 20% tržni delež...

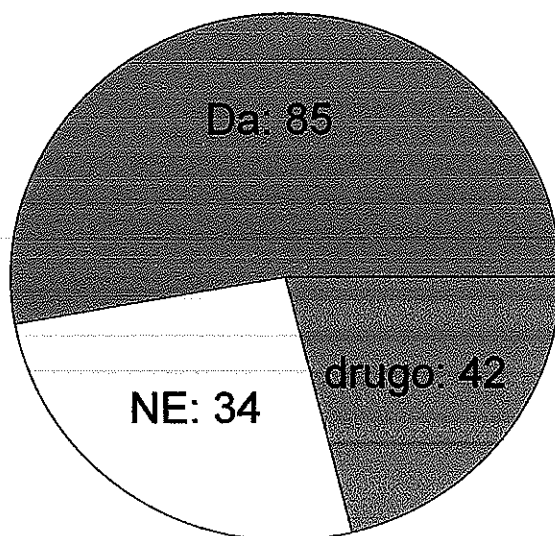


Slika 8.5: Časovni vidik vpeljevanja tehnologij vodika v svetovno energetiko

Večina vprašanih meni, da bodo tehnologije vodika v 10 do 30 letih zajele vsaj 20% tržni delež na področju svetovne energetike.

7. Vprašanje

Pri sedmem vprašanju smo spraševali ali ima Slovenija potencial, da postane pomemben igralec na tem področju.



Večina vprašanih (85) je odgovorila precej optimistično in Sloveniji pripisala velik potencial na področju ekonomije vodika in gorivnih celic. Po mnenju večine anketiranih, torej lahko v prihodnosti postanemo pomembna država na tem področju. Nekateri (34) menijo, da Slovenija ne bo igrala pomembne vloge na tem področju. Kar nekaj anketiranih (42), pa na to vprašanje ni odgovorilo z da oz. ne, ampak je napisalo odgovor z razlago in smo jih zato uvrstili v segment drugo. Nekaj primerov odgovorov:...1. Lahko bi postala pomemben igralec, samo ali imamo možnosti za to (denar, kadre, opremo)... 2. To bo življenjska nuja....3. V kolikor se sestavi ustrezna ekipa strokovnjakov in pripravi ustrezna finančna konstrukcija se, da marsikaj narediti....4. Odvisno od kadra, davčnega sistema, naftnih lobijev itd.

IZBOR PODJETIJ NA OSNOVI PRIJAVLJENE PRIMARNE DEJAVNOSTI

Baza podatkov iz katere iščemo potencialno zanimiva podjetja za tehnologije vodika vsebuje 33277 v Sloveniji registriranih pravnih oseb. Med vsemi različnimi primarnimi dejavnostmi smo jih izbrali 75, ki so vsebinsko blizu tehnologijam vodika in gorivnih celic. V ta izbor spada 6003 podjetij. Nadalje smo 75 dejavnosti po prioritetah razdelili na dva dela in sicer na 45 dejavnosti oz. 5321 podjetij v širšem izboru in 30 dejavnosti oziroma 682 podjetij v ožji izbor, ki je vsebinsko še bližje tehnologijam vodika in gorivnih celic.

Širši izbor dejavnosti (A)

- 02.010 Gozdarstvo
- 02.020 Gozdarske storitve
- 10.200 Pridobivanje rjavega premoga in lignita
- 11.100 Pridobivanje surove nafte in zemeljskega plina
- 11.200 Storitve v zvezi s pridobivanjem surove nafte in zemeljskega plina, brez iskanja nahajališč
- 23.200 Proizvodnja naftnih derivatov
- 24.130 Proizvodnja drugih anorganskih osnovnih kemikalij
- 24.140 Proizvodnja drugih organskih osnovnih kemikalij
- 25.240 Proizvodnja drugih izdelkov iz plastičnih mas
- 26.230 Proizvodnja izolatorjev in izolacijskih elementov iz keramike
- 27.100 Proizvodnja železa, jekla, ferozlitin
- 27.420 Proizvodnja aluminija
- 27.440 Proizvodnja bakra
- 28.750 Proizvodnja kovinskih izdelkov
- 31.300 Proizvodnja izoliranih električnih kablov in žic
- 31.620 Proizvodnja druge električne opreme
- 33.300 Proizvodnja opreme za industrijsko procesno krmiljenje
- 34.300 Proizvodnja delov in dodatne opreme za motorna vozila in njihove motorje
- 40.120 Prenos električne energije
- 40.131 Distribucija električne energije
- 40.132 Trgovanje z električno energijo
- 45.230 Gradnja cest, železniških prog, letališč in športnih objektov
- 45.310 Električne inštalacije
- 50.102 Trgovina na drobno z motornimi vozili
- 50.200 Vzdrževanje in popravila motornih vozil
- 50.401 Trgovina na debelo z motornimi kolesi, deli in opremo

- 50.404 Vzdrževanje in popravila motornih koles
- 50.502 Posredništvo pri trgovini na drobno z motornimi gorivi
- 51.860 Trgovina na debelo z elektronskimi deli in opremo
- 51.870 Trgovina na debelo z drugimi stroji in napravami za industrijo, trgovino, navigacijo
- 60.100 Železniški promet
- 60.300 Cevovodni transport
- 60.230 Drug kopenski potniški promet
- 60.240 Cestni tovorni promet
- 63.120 Skladiščenje
- 64.200 Telekomunikacije
- 71.100 Dajanje avtomobilov v najem
- 73.103 Raziskovanje in eksperimentalni razvoj na področju kmetijstva in sorodnih dejavnosti
- 73.104 Raziskovanje in eksperimentalni razvoj na področju medicine
- 74.201 Geodetsko, geološko, geofizikalno, geokemično in drugo opazovanje, meritve, kartiranje
- 74.203 Arhitekturno in gradbeno projektiranje in z njim povezano tehnično svetovanje
- 74.204 Drugo projektiranje in tehnično svetovanje
- 74.300 Tehnično preizkušanje in analiziranje
- 80.422 Drugo izobraževanje, izpopolnjevanje in usposabljanje, d. n.
- 90.021 Zbiranje in odvoz odpadkov

Ožji izbor dejavnosti (B)

- 24.110 Proizvodnja tehničnih plinov
- 24.660 Proizvodnja drugih kemičnih izdelkov
- 24.700 Proizvodnja umetnih vlaken
- 27.530 Livarstvo – litje lahkih kovin
- 28.622 Proizvodnja orodja za stroje
- 29.230 Proizvodnja hladilnih in prezračevalnih naprav, razen za gospodinjstvo
- 31.100 Proizvodnja elektromotorjev, generatorjev in transformatorjev
- 31.200 Proizvodnja naprav za distribucijo in krmiljenje elektrike
- 31.400 Proizvodnja akumulatorjev, primarnih členov in baterij
- 31.610 Proizvodnja električne opreme za stroje in vozila
- 35.300 Proizvodnja zračnih in vesoljskih plovil
- 35.410 Proizvodnja motornih koles
- 35.420 Proizvodnja koles
- 35.430 Proizvodnja vozil za invalide
- 35.500 Proizvodnja drugih vozil
- 40.111 Proizvodnja električne energije v HE
- 40.112 Proizvodnja električne energije v TE in JE
- 40.113 Druga proizvodnja električne energije
- 40.210 Proizvodnja plina
- 40.221 Distribucija plinastih goriv po plinovodni mreži
- 40.222 Trgovanje s plinastimi gorivi po plinovodni mreži
- 51.120 Posredništvo pri prodaji goriv, rud, kovin, tehničnih kemikalij
- 60.211 Mestni in primestni potniški promet na rednih linijah
- 60.212 Medkrajevni potniški cestni promet na rednih linijah
- 73.101 Raziskovanje in eksperimentalni razvoj na področju naravoslovja
- 73.102 Raziskovanje in eksperimentalni razvoj na področju tehnologije
- 80.301 Višje strokovno izobraževanje
- 80.302 Visoko strokovno izobraževanje
- 80.303 Univerzitetno izobraževanje
- 90.022 Deponije sežiganje in drugi načini odstranjevanja trdnih odpadkov

PRIMERI DEJAVNOSTI NA POSAMEZNIH VSEBINSKIH PODROČJIH

Tabela: Primeri konkretnih projektov po posameznih aktivnostih in vsebinskih področjih

Aktivnost Vsebina	Razvoj	Proizvodnja	Prodaja	Uporaba
OVE	Intenziven razvoj novih materialov, postopkov, podsistemov, optimizacij, za različne tehnologije OVE (npr. izkoriščanje sončne, vetrne, geotermalne energije...)	Proizvodnja vetrnih elektrarn in sestavnih delov ne dohaja povpraševanja na trgu. Proizvodnja čistega silicija je največja ovira za visoko ceno sončnih celic. V Aziji že poteka masovna proizvodnja mnogih tehnologij OVE.	Prodaja je pri večjih enotah (npr. elektrarnah) tesno povezana s proizvodnjo in razvojem. Široka prodaja sončnih celic za male sončne elektrarne. Razvejana prodaja in distribucija sončnih celic.	Okolju prijazna proizvodnja električne energije na različne načine v različnih geografskih legah. Vetrne elektrarne v Španiji, Nemčiji... Sončne elektrarne v ZDA, Španiji... Geotermalna energija v Avstriji...
Pridobivanje vodika	Razvoj postopkov in optimizacija pridobivanja vodika : -kot stranskega produkta, -z reformingom, -s mikroorganizmi, -s pirolizo, -z elektrolizo, ...	Proizvodnja elementov in sistemov za pridobivanje vodika še ni v »polnem teku«, ker na trgu še ni dovolj povpraševanja. Proizvodnja reformerjev za stacionarne aplikacije. Proizvodnja sistemov za čiščenje vodika. Proizvodnja sistemov za elektrolizo.	Prodaja sistemov za pridobivanje vodika še ni v »polnem teku«, ker na trgu še ni dovolj povpraševanja. Prodaja reformerjev. Prodaja sistemov za elektrolizo.	Pridobivanje vodika še ni v polnem razmaku, ker ga trg še ne potrebuje.
Skladiščenje in distribucije	Razvoj materialov in tehnologij sistemov za absorpcijo vodika v trdni snovi. Razvoj materialov in sistemov za enote za učinkovito distribucijo.	Proizvodnja polnilnih mest za vodik. Proizvodnja rezervoarjev za visoke tlake (do 900 bar). Proizvodnja premazov za rezervoarje in cevovode.	Prodaja sistemov za skladiščenje in distribucijo. Trenutno je prodajan veriga še zelo kratka.	Veliki projekti postavljanja vodikove infrastrukture (npr. polnilna mesta za avtomobile na vodik).
Gorivne celice	Razvoj materialov in komponent. Inovacije na področju optimalne sestave gorivnih celic. Razvoj postopkov za proizvodnjo.	Proizvodnja posameznih sestavnih delov. Izdelava sistemov za prototipe vozil. Proizvodnja demonstrativnih gorivnih celic za izobraževalne namene. Proizvodnja sistemov za uporabo v hišnih aplikacijah (viličarji, vojaške aplikacije...)	Prodaja gorivnih celic za posebne aplikacije. Prodaja sistemov za izobraževalne namene.	Uporaba gorivnih celic v posebnih aplikacijah. Uporaba v izobraževalne namene. Uporaba za testiranje sistemov.
Periferni sklopi	Razvoj sistemov za dovod goriva in zraka. Razvoj krmilne elektronike za optimalno delovanja gorivne celice. Razvoj integracije sistemov.	Proizvodnja posameznih perifernih elementov.	Prodaja perifernih sklopov sledi potrebam pri integraciji sistemov.	Uporaba pri integraciji sistemov.
Končne aplikacije	Razvoj električnih pogonskih sistemov za vozila na vodik. Razvoj in integracija sistemov pri stacionarnih aplikacijah.	Proizvodnja elektromotorjev za pogon avtomobilov na vodik.	Prodaja	

GRADIVO ZA IZOBRAŽEVANJE

Prvi del gradiv za projekt PIPI

- GORIVNE CELICE - Integracija v obstoječe sisteme za oskrbo z električno energijo in toploto, Doc.dr. Mihael Sekavčnik, UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO, 2004, prezentacija
- VODIKOVE TEHNOLOGIJE UTOPIJA ALI RESNIČNOST, dr. Mihael Sekavčnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Dnevi energetikov 2007, prezentacija
- Ekonomija vodika splošni pregled, Gorazd Lampič, Elaphe d.o.o., september 2007, izvleček študije za SVR
- Dogajanje na področju tehnologij vodika in gorivnih celic v Sloveniji, Gorazd Lampič, Elaphe d.o.o., oktober 2007, dokument za projekt PIPI
- Vodik in gorivne celice, SIHFC (Slovenska tehnološka platforma za vodik in gorivne celice), 15.XI. 2005, Strateški razvojni program
- Delovanje gorivnih celic in njihova uporaba v industriji električnih vozil, Gorazd Lampič, mentor: Prof. dr. Jadran Maček, november 2003, (seminar)
- Električna vozila splošni pregled, Gorazd Lampič, Elaphe d.o.o., September 2007, izvleček študije za SVR
- Potočnik_ETP_Vienna_04MAY2006_SPEECH-06-273_EN SPEECH/06/273 Janez
- Potočnik European Commissioner for Science and Research Vienna, 4 May 2006
- TimLipmanOnRenewableHydrogen: Timothy E. Lipman Jennifer L. Edwards Cameron Brooks, Institute of transportation studies, University of California Davis
- DOEHFC: Mark Paster U.S. Department of Energy Hydrogen, Fuel Cells and Infrastructure Program January, 2005
- CommercializationPlan: Yoshiyuki IWAI Director General Energy Conservation and Renewable Energy Department Agency for Natural Resources and Energy Japan, IPHE Steering Committee, January 2005
- Smartgrid_vision: EC Community research

Drugi del gradiva za projekt PIPI

- Kanadska strategija, dosežki in stanje razvoja in aktivnosti na področju ekonomije vodika C04_Canada IPHEpresentationMay_2004 (Canada's Hydrogen and Fuel Cell Sector Expectations for the IPHE), Member Statements, 26-27 May, Beijing, China
- Znanstvena ocena energijskih tehnologij: Cestni in zračni promet: E02_STOA_RoadAndAirTransport, ETAG, European Technology Assessment Group, Februar 2007
- Predstavitev pomena in potenciala izboljšanja energijske učinkovitosti: E11_energy efficiency slides_en
- Directorate general for Energy and Transport
- Strategija Evropske platforme za vodik in gorivne celice: E15_H2Progress_Report_2005_final, European Hydrogen & Fuel Cell Technology Platform, Deployment Strategy Progress Report 2005, September 2005

- Pregled večjih evropskih projektov na temo vodika in gorivnih celic v letih 2002 do 2006: E17_hydrogen_project EU, European Fuel Cell and Hydrogen Projects 2002-2006, European Commission, Directorate-General for Research
- Promocija tehnologij vodika, dejavnosti na področju zakonodaje in osveščanje glede varnosti: E18_hydrogen_regulatory report, (Introducing Hydrogen as an energy carrier, Safety, Regulatory and public acceptance issues), Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems
- Kratek opis Japonskih projektov uvajanja tehnologij vodika v transport: J01_JHFCproject, Japan Automobile Research Institute FC-EV Center.
- Pregled polnilne infrastrukture za vozila na vodik na Japonskem: J04_H2RefuelingStations, Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project.
- Povzetek japonskega strateškega načrta za uvedbo tehnologij vodika: J11_CommercializationPlan: Yoshiyuki IWAI Director General Energy Conservation and Renewable Energy Department Agency for Natural Resources and Energy Japan, IPHE Steering Committee, January 2005
- Dokument združuje bistvene tehnološke in družbene značilnosti sodobnih električnih vozil ter energijskih tehnologij: S09_CLEVELJ_brosura.pdf, Elaphe d.o.o., Ljubljana 29.november 2007 ob dogodku ČEVELJ
- Ameriška strategija razvoja in uvajanja tehnologij vodika na trg: U02_DOEHFC, Mark Paster, U.S. Department of Energy Hydrogen, Fuel Cells and Infrastructure Program January, 2005
- Trendi in stanje na področju obnovljivih virov energije ter aplikacija tehnologij vodika: U18_LipmanPortugalStatusAndTrends.pdf, Tim Lipman, PhD, Renewable Energy, Status and Trends, Portugal Energy Summit, July 26, 2007
- Vpeljava tehnologij vodika v Kaliforniji: U19_HYEconomyShannon Baxter-Clemmons, An Overview of the Hydrogen Economy: Part 1: The California Viewpoint Shannon Baxter-Clemmons, PhD, Part 2: Technology Status Tim Lipman, PhD
- Poljudnoznanstven članek o obnovljivih virih energije: U20_Rise of Renewable Energy- Kammen, DANIEL M. KAMMEN, Scientific American, Solar cells, wind turbines and biofuels are poised to become major energy sources.
- Vzpostavitev infrastrukture za vozila na vodik: U21_hydrogen_highway, Woodrow Clark II, Senior Fellow, Milken Institute, Glenn Yago, Director, Capital Studies, Milken Institute: Financing the Hydrogen Highway,
- Poljudnoznanstven članek o tehnologijah vodika in o ekonomiji vodika: U22_High Hopes for Hydrogen- Ogden, JOAN OGDEN, Scientific American, September 2006
- Kratka predstavitev tehnologij vodika in ekonomije vodika: U25_hydrogenBriefingNHA, Hydrogen in EPACT 05, Debbi L. Smith, National Hydrogen Association