

Vandenilio energetikos plėtros perspektyvos

Saulė Milėiuviėnė

*AB „Vakarø skirstomieji tinklai“,
Kastuėio g. 36, LT-3000 Kaunas*

*Finansø ir mokesėiø teisės katedra,
Lietuvos teisės universitetas,
Ateities g. 20, LT-2057 Vilnius*

Darius Milėius

*Lietuvos energetikos institutas,
Breslaujos g. 3, LT-3035 Kaunas*

Liudas Praneviėius

*Lietuvos energetikos institutas,
Breslaujos g. 3, LT-3035 Kaunas*

*Vytauto Didžiojo universitetas,
S. Daukanto g. 28, LT-3000 Kaunas*

Algis Vasys

*Cambridge Associates, Ltd.,
11 Harwood Lane,
Clementon, NJ 08021*

Straipsnyje siekiama atskleisti technikos ir socialiniø mokslø integracijos svarbà plėtojant vandenilio energetikà. Aprađyta svarbiausi energijos generavimo panaudojant vandenilio kuro celes aspektai: vandenilio ūaltiniai, pagrindiniai vandenilio kuro celiø tipai. Nuodugniai išanalizuotas kietakūnio oksido vandenilio kuro celiø veikimo principas ir jø panaudojimas. Aptarta palankios teisinės ir ekonominės aplinkos sukūrimo svarba, pritraukiant vandenilio energetikos technologijas á rinkà. Išsamiau atskleidžiama vandenilio energetikos svarba Europos Sąjungos energetikos strategijoje, privalomai taikomø standartø sukūrimo būtinumas bei valstybiniø ir privaėiø investicijø ypatumai.

Raktaþodþiai: vandenilio energetika, vandenilio kuro celės, kietakūnio oksido kuro celės, vandenilio energetikos technologijos

1. ÁVADAS

Điandieniam pasaulyje vandenilio energetika gali būti vienas efektyviausiø būdø išspręsti susidariusias globalines aplinkosaugos problemas. Dabar nustatyta, kad globalinio atšilimo efektas yra susijęs su padidėjusia išmetamøjø dujų emisija (anglies junginiai, daugiausia CO₂) [1]. Praėjusiam dešimtmetyje globalinė paviršiaus temperatūra kilo 0,6°C/ampio [2]. Ši tendencija dramatiškai ryškėjo pastaruosius 25 metus. Remiantis trimis gerai žinomais atmosferos reiškinio tyrimo centrais – Princeton (JAV), Hamburg (Vokietija) ir IPCC (Didžioji Britanija) – temperatūra per pastaruosius 25 metus kilo atitinkamai 2,3, 1,3 ir 1,7°C greičiu. Taip pat buvo nustatyta, kad nuo 1995 m. Atlanto, Ramiojo ir Indijos vandenyno temperatūra pakilo 0,06°C (US National Oceanic and Atmospheric Administration). Remiantis JAV energetikos departamento duomenimis (DOE), 2015 m. pasaulinė anglies junginiø emisija išaugs 54% nuo 1990 m. lygio ir 1990–2100 m. globalinė paviršiaus temperatūra pakils 1,7–4,9°C [3].

Energetikos sektoriaus problemos yra susijusios ne tik su globalinio atšilimo efektu, bet ir su padidėjusiu oro užterštumu, rūgštiejiis krituliais, ozono sluoksnio pokyčiais, miškø naikinimu, radioaktyviøjø dalelių emisija.

Pasaulyje gyventojø padaugėja 1,2–2% per metus ir manoma, kad 2050 m. jø bus 12 mlrd. Ekonominė plėtra didėja proporcingai. Tai yra pagrindinė energijos poreikio didėjimo priežastis. Manoma, kad iki 2050 m. energijos turėtø būti suvartota 1,5–3 kartus daugiau [4]. Taigi naujos energijos gamybos technologijos, kurios ágalins išvengti dabartiniø energetikos problemø, bus ypač aktualios, kylantá energijos poreiká būtø galima patenkinti didinant esamø energijos konversijos sistemø efektyvumą, mažiau vartojant naftos produktø (labiau naudojant hidro-, vėjo ir saulės energijos gamybos technologijas) [5, 6]. Atsižvelgdami á minėtas energetikos sektoriaus problemas, šiame straipsnyje siekėme išnagrinėti energijos gamybos panaudojant vandenilio kuro celes technologinius ypatumus, nustatyti teises ir ekonomines sąlygas, reikalingas vandenilio energetikos technologijoms átraukti á rinkà.

Straipsnyje aptariami pagrindiniai vandenilio kuro celiø tipai, jø efektyvumas bei analizuojamas didžiausia komercinė potencialà turinèios kietakūnio oksido vandenilio kuro celës (SOFC) veikimo principas.

Nustatytas vandenilio energetikos plėtros atitikimas Europos Sąjungos ir Lietuvos energetikos politikoje iðkeltiems tikslams, vandenilio technologijø standartizavimo, moksliniø tyrimø finansavimo bei valstybës paramos veikianèioms technologijoms bûtinumas.

2. VANDENILIO ŠALTINIAI

Dabar vandenilis gaunamas panaudojant labai ávairias technologijas:

1. Vandenilio gamyba ið gamtiniø dujø (*reforming process*).
2. Vandenilis gaunamas kaip ádalutinis produktas dël chloro ir natrio gamybos.
3. Vandens elektrolizë:
 - 3.1. Panaudojant bet kuriø atsinaujinanèiø ádalutiniø (vëjo, saulës, hidro- ir kt.) energijà;
 - 3.2. Panaudojant branduolinæ energijà (aukðtatemperatūriai reaktoriai). Tai – tinkamiausia didelio masto centralizuotos vandenilio gamybos technologija.
4. Eksperimentiniai vandenilio gavimo metodai:
 - 4.1. Panaudojant mikroorganizmus;
 - 4.2. Vandená skaidant aukðtatemperatūrėje plazmoje;
 - 4.3. Fotodializë.

3. ENERGIJÀ GENERUOJANÈIOS VANDENILIO ENERGETIKOS TECHNOLOGIJOS (VANDENILIO KURO CELËS)

Vandenilio kuro celë yra elektrocheminis árenginys, kuris, naudodamas vandenilá ir deguoná, gamina elek-

tros energijà. Kuro celiø struktūra yra artima cheminiø elementø struktūrai. Jos nereikia pakrauti ir ji „nususãda“, dirba tiekiant pakankamà vandenilio ir deguonies kieká. Ðiuose árenginiuose vandenilio konversija á energijà vyksta be degimo proceso, labai efektyvi, neterðia aplinkos, nesukelia triukðmo ir vibracijø.

Vandenilio kuro celës mokslui yra þinomos jau daugiau negu 160 metø. 1838 m. William Grove sukūrë baterijà, kuri buvo pavadinta „Grove cell“. Ðioje celėje vykdavo reversinis vandens elektrolizës procesas [7]. Keraminës kuro celës atsirado 1899 m., Nernstui iðradus kietojo oksido elektrolitus [8]. Nuo 1945 m. trys mokslinës grupës (JAV, Vokietijoje ir buvusioje TSRS) intensyviai dirbo vandenilio kuro celiø srityje. Ðio darbo rezultatas – Siemens ir Pratt & Whitney kuro celiø koncepcijos [9]. Vandenilio kuro celës buvo pritaikytos NASA Apollo programoje 1960 m. Nuo 1980 m. JAV, Kanados ir Japonijos vyriausybës labai padidino vandenilio energetikos programø finansavimà. Dabar intensyviai kuriamos vandenilio energetikos technologijos, kurios ágalintø panaudoti vandenilá kaip energijos áaltiná, stacionariuose elektros energijos gamybos sistemose ir visø rûðiø transporte.

3.1. Vandenilio kuro celiø tipai ir pagrindiniai bruoþai

Vandenilio kuro celës klasifikuojamos pagal elektrolito, naudojamo kaip jonø laidininko, chemines charakteristikas. Pagrindiniai kuro celiø tipai, technoliniai parametrai, naudingumo koeficientai pateikti lentelėje [10].

Dabar daugiausia dëmesio skiriama protonø mainø membranos kuro celëms (PEM) ir kietakūnio oksido vandenilio kuro celëms (SOFC). PEM daugiausia naudojamos transporte. Manoma, kad SOFC naudojamos stacionariuose elektros energijos gamybos

Lentelë. Pagrindiniai kuro celiø tipai					
Celës tipas	Elektrolitas	Darbinë temperatūra	Kuras	Oksidatorius	Naudingumo koeficientas %
1	2	3	4	5	6
Ðarminë (AFC)	KOH	50–200°C	Grynas vandenilis	O ₂	40–50
Tiesioginë metanolio (DMFC)	Polimeras	60–200°C	Metanolis	O ₂ /oras	40–55
Fosforo rûgðties (PAFC)	Fosforo rûgðtis	160–210°C	Natūralios dujos, vandenilis ið alkoholio	O ₂ /oras	37–45
Sieros rûgðties	Sieros rûgðtis	80–90°C	Alkoholis ar negrynas vandenilis	O ₂ /oras	40–50

Lentelė (tąsinys)					
1	2	3	4	5	6
Protonø mainø membranø (PEMFC)	Polimeras, protonø mainø membranø	50–80°C	Negrynas vandenilis iš metanolio	O ₂ /oras	40–50
Išlydyto karbonato (MCFC)	Išlydytos druskos, Li ₂ CO ₃ , K ₂ CO ₃	630–650°C	Vandenilis, anglies monoksidas, natūralios dujos	O ₂ /oras	40–70
Kietakūnio oksido elektrolito (SOFC)	Keramikos; YSZ ir perovskitai	600–1000°C	Gamtinės dujos ar propanas	O ₂ /oras	45–60
Protoninės keramikos (PCFC)	Plonasluoksnė bario cerio oksido membrana	600–700°C	Grynas vandenilis	O ₂ /oras	45–70

ėrenginiuose ir turi didžiausią potencialą pasaulinėje rinkoje [11]. Svarbiausi SOFC privalumai [10, 12, 13]:

1. Turi didžiausią naudingumo koeficientą (tiekiama kuro energijos ir gaunamos elektros energijos santykis);

2. SOFC galima panaudoti švairias kuro rūšis: vandenilio dujas, natūralias dujas, propaną;

3. SOFC darbo metu kaip šalutinis produktas išsiskiria daug šilumos, kuri gali būti naudojama kombinuoto ciklo šrenginiuose (su dujų turbina arba garo katilu);

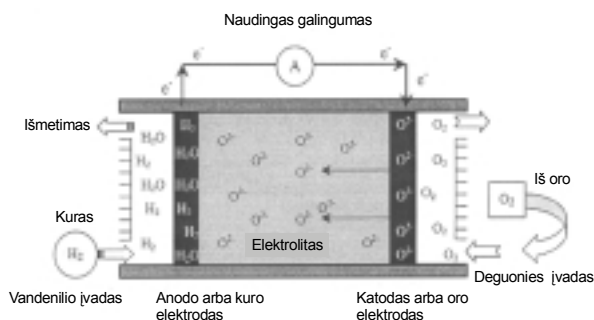
4. Gaminant SOFC nenaudojami taurieji metai, todėl medžiagos nebrangios;

5. SOFC darbo metu sukuria labai mažą anglies junginių emisiją;

6. Pradiniai tyrimai parodė, kad SOFC potencialiai ilgaamžė: 40000–80000 h.

3.2. Kietakūnio oksido vandenilio kuro celės veikimo principas ir panaudojimas

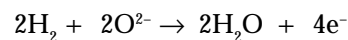
SOFC sudaryta iš trijų aktyviø elementø: anodo arba kuro elektrodo, kietakūnio oksido elektrolito, katodo arba oro elektrodo (1 pav.).



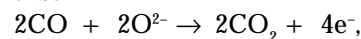
1 pav. SOFC su joniniu deguonies laidumu diagrama

SOFC darbo metu vandenilis tiekiamas á anodà, deguonis (paprastai iš oro) – á katodà [14]. Deguonies molekulės elektrodo srityje redukuojamos ir gaunami deguonies jonai. Šie jonai migruoja per kietà elektrolità prie kuro elektrodo, kur, reaguojant su H₂ ar CO, susidaro H₂O ar CO₂ ir elektronai.

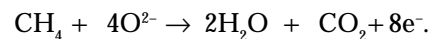
Anodinės reakcijos:



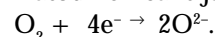
arba



arba



Katodinė reakcija:



Dabar elektros energijos gamybos SOFC efektyvumas yra 70%, ir kaip antrinis produktas gali būti panaudojama išsiskirianti šiluma. SOFC gali naudoti labai švairių rūšiø kurà (saulės energija arba vandenilis, gaunamas iš biomasės arba akmens anglies gaminto vandenilio, metanolio dujos) [10]. Ateityje SOFC gali būti sėkmingai naudojamos [15]:

1. Srityse, kuriose reikia labai patikimai tiekti elektros energiją: kompiuteriø, komunikacijø centrai, aukštøjø technologijø gamybos ámonės;

2. Siekiant sumažinti atskirø regionø aplinkos užterštumą: intensyvaus transporto miesto teritorijos, gamyklø teritorijos, oro uostai, zonos, kuriose taikomi ypatingi emisijos standartai;

3. Zonose, kurios yra nutolusios nuo elektros energijos tiekimo tinklø, ir vietovėse, kuriose elektros energijos tinklai perkrauti;

4. Vietovėse, kuriose metanolà arba vandenilà galima gauti iš biomasės: ūkiø perdėbimo ámonės, ūkiø saugyklos.

4. PALANKIOS TEISINĖS IR EKONOMINĖS APLINKOS SUKŪRIMAS VANDENILIO ENERGETIKOS TECHNOLOGIJŲ PLĖTRAI BEI ĄTRAUKIMUI Ą RINKĀ

Vandenilio energetikos technologijos turi didpiulā potencialā uþtikrinant energijos tiekimo saugumā ir patikimumā bei maþiau iðskiriant õiltnamio efektā sukelianeið dujõ. Ðio technologijõ realus panaudojimas priklauso ne tik nuo moksliniõ atradimõ technologiniame lygmenyje, bet ir nuo valstybõs vykdoma politika siekiamõ tikslõ, palankios teisinõs ir ekonominõs aplinkos sukõrimo Ðio technologijõ plõtrai bei Ątraukimui Ą rinkā.

4.1. Vandenilio energetikos technologijõ svarba Ągyvendinant Europos Sājungos ir Lietuvos energetikos politikos tikslus

Lietuvos energetikos politikos strateginiai tikslai ir Ðio tikslõ siekimo priemonõs nustatytos Lietuvos nacionalinõje energetikos strategijoje [16]. Siekdamā tapti Europos Sājungos nare, Lietuva priderino nacionalinā energetikos politikā prie Europos Sājungos energetikos politikos, todõl nõra pagrindino atskirai nagrinõti Europos Sājungos ir Lietuvos energetikos politikos tikslus.

Energijos tiekimo patikimumo uþtikrinimas yra vienas pagrindiniõ Europos Sājungos energetikos politikos tikslõ. Siekiama, kad energijos tiekimo patikimumo ilgalaikõ strategija uþtikrintõ pilieeið gerovā bei nekliudomā ekonomikos funkcionavimā, nenutrõkstatmā energijos produktõ pasiekiamumā rinkoje kainā, prieinama visiems vartotojams (privatiems bei komerciniams), atsiþvelgiant Ą aplinkos apsaugos reikalavimus ir siekiant tvarios plõtros [17].

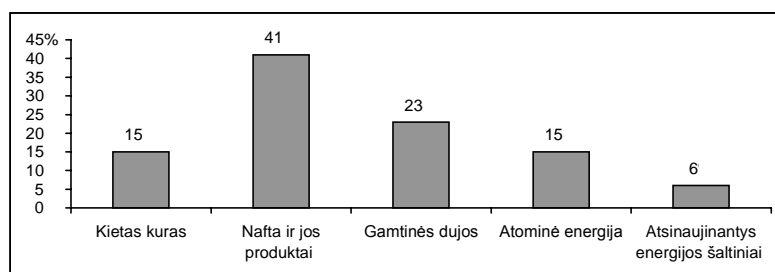
Nenutrõkstatamas energijos produktõ pasiekiamumas rinkoje visiems vartotojams prieinama kainā ir aplinkos apsaugos reikalavimõ laikymasis yra du pagrindiniai energijos tiekimo patikimumo koncepcijos elementai.

Uþtikrinant energijos produktõ pasiekiamumā rinkoje, Europos Sājungos silpnoji pusõ yra jos didelõ priklausomybõ nuo energijos ðaltiniõ importo. Europos Sājunga 50% savo energijos poreikiõ 2000 m. tenkino ið importuojamõ energijos ðaltiniõ, o tai sudarõ 6% viso Europos Sājungos importo. Buvo nustatyta, kad, jei nebus imtasi radikalieõ priemoniõ, po 20–30 metõ Ði priklausomybõ iðaugõ iki 70% [17]. Didelis energijos ðaltiniõ importas yra susijæs ne tik su komercine rizika, bõdinga tarptautinei prekybai, bet ir su ðaliõ, ið kuriõ importuojami energijos ðal-

tiniai, politine rizika, todõl tai nesuderinama su siekiu uþtikrinti nenutrõkstatmā energijos produktõ pasiekiamumā rinkoje prieinama kainā.

Priklausomybõ nuo energijos ðaltiniõ importo gali bõti maþinama juos diversifikuojant, t. y. didinat turimõ energijos ðaltiniõ skaiõ. 2 paveiksle pavaizduota Europos Sājungos energijos ðaltiniõ naudojimas (%) [17]. Rinkoje esant āvairiems energijos ðaltiniams ar technologijoms, galinõioms konkurencinõmis sālygomis gaminti energijā, sumaþõtõ ekonomikos priklausomybõ ne tik nuo energijos ðaltiniõ importo, bet ir nuo atskirõ energijos ðaltiniõ kainos ir kiekio pokyõio.

Naujõ ir atsinaujinanõiõ energijos ðaltiniõ ir su jais susijusiõ technologijõ plõtra labai priklauso nuo Europos Sājungos vykdomos politikos ir iðkeltõ tikslõ aplinkos apsaugos srityje. Europoje 94% þmogaus sukeltos CO₂ emisijos yra susijæs su energetikos sektoriaus veikla [17].



2 pav. Europos Sājungos energijos ðaltiniõ naudojimas (2000 m.)

Europos Sājungos aplinkos apsaugos politika grindpiama Jungtiniõ Tautõ bendrijos klimato kaitos konvencijos [18] bei Kioto protokolo [19], Baltõjõ [20] ir Ðaliojõ puslapiõ [17] nuostatomis, Direktyva, skatinanõia elektros energijos gamybā ið atsinaujinanõiõ energijos ðaltiniõ [21], ir kitais norminiais aktais bei āvairiomis programomis. Ðiuose dokumentuose iðryðkintas siekis sumaþinti õiltnamio efektā sukelianeið dujõ emisijā bei numatyti Ðio tikslo āgyvendinimo bõdai panaudojant naujus ir atsinaujinanõius energijos ðaltinius. Vandenilio energetikos technologijos gali tapti esminõmis sprendþiant iðkeltus tikslus.

4.2. Vandenilio energetikos technologijõ standartizacija

Kuriantis naujoms vandenilio energetikos technologijoms bõtina uþtikrinti saugõ ir sklandõ jõ funkcionavimā bei platõ komercinā taikymā. Ðā tikslā galima pasiekti tik sukurus standartus ir āteisinus privalomā jõ laikymāsi, todõl vandenilio energetikos technologijõ standartizacija Ðiandien yra svarbus uþdaviny.

Galima iðskirti šeðias pagrindines standartizuotinas sritis:

1. Kuro celiø ir vandenilio energijos panaudojimas pastatuose: instaliacijos ir sujungimo standartizavimas, vandenilio saugojimas;

2. Vandeniliu uþpildomi automobiliai: saugumo standartai, vandenilio bakai;

3. Vandeniliu uþpildanti áranga;

4. Remonto paslaugø teikimas: sertifikatai ir apmokymas;

5. Vandenilio gabenimas;

6. Kilnojamieji bakai: vandenilio bakai, standartai bakø uþpildymo sistemoms [22].

Standartizacijos projektai, susijæ su vandeniliu uþpildomais automobiliais, jau paruoði bei pateikti Europos Sjungos institucijoms [23]. Jais siekiama pasauliniu mastu suvienodinti reikalavimus vandenilio energetikos technologijoms.

Patvirtinus standartus, atsirastø aiðkûs reikalavimai, taikomi vandenilio energetikos technologijoms, o tai leistø vandeniliu varomø automobiliø gamintojams bei infrastruktûros plëtotojams sutaupyti daug lëðø. Daugumai ðaliø bûtø pagrindas pirmà kartà patvirtinti teisës aktus, áteisinanèius vandeniliu varomus automobilius ir jø uþpildymà vandeniliu vieðose kuro kolonëlëse. Manoma, kad teisës aktais patvirtintø standartø reikës jau 2005 m. [24].

4.3. Vandenilio energetikos technologijø tyrimo ir plëtros finansavimas

Naujø technologijø plëtrà finansuoja valstybë ir privatûs asmenys. Kuo didesnë komercinë naudà bei kuo greièiau tikimasi átraukti á rinkà naujas technologijas, tuo daugiau á ðiø technologijø plëtrà investuoja privatûs asmenys arba firmos. Valstybës investicijø dydis atspindi naujø technologijø plëtros vietà valstybës politikoje bei vieðà interesà.

Standfordo tyrimo institute 1976 m. atliktas tyrimas „Vandenilio energetikos ekonomika, jos preliminarus ávertinimas“. Padaryta iðvada, kad „...vandenilio energetikos ágyvendinimas yra ilgalaikë opcija, kuri uþims daugiau laiko, nei tenkintø privatø sektoriø, todël vandenilio energetikos vaidmuo...ekonomikoje priklauso nuo valstybës politikos“ [1]. Taigi, kol plëtojamoms vandenilio energetikos technologijoms turëjo tik ilgalaikæ potencialià naudà, bet nepatvirtino komercinio potencialo, jas daugiausia finansavo valstybë.

Ðiandien vandenilio energetikos technologijø pëtrà daugiausia finansuoja automobiliø ir energijos gamintojai, ávertinæ pavojus ir galimybes, kurias jiems siûlo besiplëttojanti vandenilio energetika. Tokià iðvadà leidþia daryti skaièiai, rodantys, kad bendrai per 2001 m. Europos Sjungos valstybës paskyrë 200 mln. eurø, Jungtinës Amerikos Valstijos – 150 mln. eurø, tuo tarpu vien Daimler Chrysler per 4 metus investavo 1600 mln. eurø. Privatus sektorius á vandenilio

energetikos technologijø plëtrà investuoja maþdaug tris kartus daugiau pinigø nei valstybë [24].

Tokios ámonës, kaip Daimler Chrysler, Ballard Power System, General Motors, Shell, Toyota, Suzuki, siekdamos efektyvios technologijø plëtros finansavimo, pradëjo bendradarbiauti pasauliniu mastu, o tai labai svarbu, nes nei viena valstybë ar kompanija neturi pakankamai iðtekliø vandenilio energetikos technologijø konkurencingumui pasiekti.

Didelës privataus sektoriaus investicijos leidþia daryti prielaidà apie vandenilio energetikos technologijø efektyvumà bei greità jø panaudojimà komerciniais tikslais. Manoma, kad pirmosios vandenilio energetikos technologijos bus átrauktos á rinkà 2004–2010 m. Valstybinës investicijos iðlieka labai svarbios, nes leidþia plëtoti technologijas, kuriø atsipirkimo periodas yra ilgesnis bei turi didesnæ komercinë ir technologinë rizikà.

4.4. Vandenilio energetikos technologijø átraukimas á rinkà

Vandenilio energetikos technologijø kaðtai didesni nei tradicinø energetiniø technologijø. Valstybë turi sukurti mechanizmà, skatinantà jø atëjimà á rinkà ir tolesnæ plëtrà. Lanksti mokesiø politika, tiesioginë valstybës parama bei didelio komercinio projektø finansavimo schemas sukûrimas yra kertiniai akmenys, kuriuos ágyvendinus bûtø galima tikëtis greitø vandenilio energetikos atëjimo á rinkà ir ásitvirtinimo joje. Visi ðie elementai yra labai susijæ vienas su kitu, todël turi bûti vertinami kompleksiai.

Vienas ðio mechanizmo elementø yra palanki mokesiø politika. Ðiuo metu Europos Sąjunga nevykdo vieningos mokesiø politikos energetikos sektoriuje, nes jos reguliavimo sferai nepriklauso energijos ðaltiniø ar jø produktø (iðskyrus naftos produktus) apmokestinimas [17]. Tæčiau Europos valstybës, suprasdamos mokesiø reikðmæ kuriant bendrà energijos rinkà, jau pradëjo derybas dėl direktyvos, kuri harmonizuotø nacionalines mokesiø sistemas energetikos sektoriaus srityje. Taip pat jau parengtas direktyvos projektas, kuriame numatytos didelës mokesiø lengvatos energijai, gautai panaudojant vandenilio energetikos technologijas [17]. Prie vandenilio energetikos plëtros prisidëtø tarðos mokesiø ávedimas bei lengvatiniai mokesiø investicijoms á vandenilio energetikos technologijas, palanki investicijø nusidëvëjimo skaièiavimo metodika.

Vandenilio kuro celiø gaminamai energijai gali bûti taikomas skatinimo modelis, naudojamas elektros energijos gamintojams, naudojantiems atsinaujinanèius energijos ðaltinius, t. y. privalomas pagamintos energijos supirkimas ir energijos pardavimo kainos nustatymas.

Kitas svarbus elementas yra palankios aplinkos investicijoms á vandenilio energetikos technologijas sukūrimas. Investicijos á maþai þinomas technologijas yra rizikingos, o tai labai padidina investicijø kainà. Ðalies ekonominės reformos gali sukurti palankià ekonominè aplinkà investicijoms, bet tai nemaþina technologinės rizikos. Jos maþinimo schemas, dideliø investicijø á vandenilio energetikos technologijas projektas turètø bŭti sukurtos tarptautiniame lygmenyje.

Pasaulinės energetikos tarybos ataskaitoje „Pasaulinio energetikos sektoriaus finansavimas“ buvo padaryta iðvada, kad daugumai energetiniø projektø yra adekvatūs tarptautiniai ir vietiniai finansavimo iðtekliai [5]. Svarbu sukurti mechanizmà, kurio pagalba ðios investicijos bŭtø pritraukiamos.

5. IŠVADOS

Sprendþiant globalines energijos tiekimo ir ekologines problemas, artimiausioje ateityje vandenilio energetikos technologijos gali tapti vienomis svarbiausio alternatyvø egzistuojanèioms energijos gamybos technologijoms. Manoma, kad SOFC, naudojamos stacionariuose elektros energijos gamybos árenginiuose, turi didþiausià potencialà pasaulinèje rinkoje. SOFC, panaudojamø gaminant elektros energijà, efektyvumas siekia 70%. Tai duoda galimybæ panaudoti susidaranèià õilumà antriniuose cikluose ir gamybos metu nesusidaro jokiø kenksmingø atmosferos terðalø.

Vandenilis gaminamas vandens elektrolizės pagalba, panaudojant bet kuriuos atsinaujinanèius energijos ðaltinius, branduolinè energijà. Vandenilis taip pat gaunamas panaudojant mikroorganizmus, aukðtatemperatūrà plazmà, fotodializæ ir gamtines dujas.

Vandenilio energetikos technologijø potencialo realus panaudojimas priklauso ne tik nuo moksliniø atradimø technologiniame lygmenyje, bet ir nuo valstybės vykdomos politikos, palankios teisinės ir ekonominės aplinkos sukūrimo ðiø technologijø plètrai bei átraukimui á rinkà.

Vandenilio energetikos technologijø plètra bei átraukimas á rinkà uþtikrins energijos tiekimo saugumà bei patikimumà, nes jø dèka bus sumaþinta Europos Sąjungos priklausomybè nuo energijos ðaltiniø importo bei atskirø energijos ðaltiniø. Naujos technologijos leis pasiekti aplinkos apsaugos srityje iðkeltus tikslus, nes turės esminè átakà sumaþinant CO₂ emisijà.

Kuriantis naujoms vandenilio energetikos technologijoms būtina uþtikrinti saugø ir sklandø jø funkcionavimà bei platø komercinà taikymà, todël vandenilio energetikos technologijø standartizacija šiandien yra prioritetinis uþdaviny.

Didelės privataus sektoriaus investicijos leidþia daryti prielaidà apie vandenilio energetikos technolo-

gijø efektyvumà bei greità jø panaudojimà komerciniais tikslais. Manoma, kad pirmosios vandenilio energetikos technologijos bus átrauktos á rinkà 2004–2010 m. Valstybinės investicijos iðlieka labai svarbios, nes leidþia plètoti technologijas, kuriø atsipirkimo periodas yra ilgesnis bei didesnè komercinè ir technologinè rizika.

Lanksti mokesiø politika, valstybės parama bei dideliø komerciniø projektø finansavimo mechanizmas yra kertiniai akmenys, kuriuos ágyvendinus bŭtø galima tikėtis greito vandenilio energetikos atþjimo á rinkà ir ásitvirtinimo joje.

Padėka

Autoriai dèkoja Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijø fondui uþ finansinè paramà, Dr. George J. Thomas (JAV Energetikos departamento konsultantas) ir Dr. Robert Wichert (JAV Kuro celiø tarybos technikos direktorius) uþ konsultacijas ir vertingas pastabas rengiant ðà straipsnà

Gauta
2003 12 04

Literatūra

1. Worldwatch paper 157. Hydrogen Futures: Toward a Sustainable Energy System, August 2001.
2. National Center for Atmospheric Research. News release, July 2001.
3. Energy Information Agency (EIA), October 2001.
4. World Energy Council (WEC). Survey of Energy Resources, 1998.
5. Energy for Tomorrow's World – Acting Now. WEC Statement 2000. 2000 World Energy Council.
6. Geyer B. A Fuel Cell Primer. IAEI News, November/December 2001.
7. Grove W. R. Philos Mag. 1839. Vol. 14. P. 127–130.
8. Nernst W. Z. Electrochem. 1899. Vol. 6. P. 41–3.
9. Beziau J. J. Report from the Centre d'Énergetique de l'École des Mines de Paris, October 1998. P. 1–44.
10. Stambouli A. B., Traversa E. Solid oxide fuel cells (SOFCs): a review of an environmentally clean and efficient source of energy // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2002. Vol. 6. P. 433–455.
11. O'Sullivan J. B. Consultant. 2001. P. 99–107.
12. US Department of Energy, Office of Fossil Energy, February 2002.
13. Fuel cell materials by Nextech materials, August 2001.
14. Yamamoto O. Solid oxide fuel cells: fundamental aspects and prospects // Electrochimica Acta. 2000. Vol. 45. P. 2423–2435.
15. Hydrogen and Fuel Cell Letter, February 2001.
16. Lietuvos Respublikos Seimo 2002-10-10 nutarimas Dël energetikos strategijos patvirtinimo Nr. IX-1130.
17. Green Paper, Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply, European Commission, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2001 // http://europa.eu.int/comm/energy_transport/en/lpi_en.html.

18. Jungtinių Tautų bendroji klimato kaitos konvencija // <http://www.lrs.lt>.
19. Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos Kioto protokolas // <http://www.lrs.lt>.
20. Baltieji puslapiai, Ateities energija: atsinaujinantys energijos šaltiniai // <http://europa.eu.int>.
21. Directive 2001/77/EC of European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the Promotion of Electricity Produced from Renewable Energy Sources in the Internal Market, OJ L283/33.
22. Fuel Cell Summit, U. S. Department of Energy. Vol. 4. Iss. 1 // www.pnl.gov/fuelcells.
23. Informal document No. 11 (42nd GRPE, 29–30 May 2001, agenda item 12.3.) Hydrogen-fuelled Vehicles // www.eihp.org.
24. Alleau T. Hydrogen and Fuel Cell Activities in Western Europe, Whcc 2002, Montreal Canada // <http://h2euro.org>.

Saulė Milėiuviienė, Darius Milėius, Liudas Pranevičius, Algis Vasys

THE PROSPECTS OF HYDROGEN ENERGETICS DEVELOPMENT

S u m m a r y

The aim of the work was to reveal the importance of the integration of social and technical sciences in order to ensure the development of hydrogen energetics. The main aspects of energy generation using hydrogen fuel cells (the sources of hydrogen, the main types of hydrogen fuel cells) are described in the first part of the paper. The principles of action and appliance of solid oxide fuel cells are analyzed in detail. The importance of developing a favorable economical and legal environment for introducing the techno-

logies of hydrogen energetics into the market is discussed in the second part of the paper. The importance of hydrogen energetics in the energy policy of the European Union, the creation of obligatory applied standards of hydrogen energy technologies and the aspects of private and public investments in the development of hydrogen energetics are revealed.

Key words: hydrogen energetics, hydrogen fuel cells, solid oxide fuel cells, technologies of hydrogen energetics

Сауле Милчювене, Дарюс Милчюс, Людас Пранявичюс, Альгис Васис

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Р е з ю м е

В статье раскрывается важность интеграции техники и социальных наук при обеспечении развития водородной энергетики. Описаны главные аспекты генерации энергии при использовании ячеек водородного топлива: источники водорода, основные типы водородных ячеек. Подробно проанализированы принцип действия твердооксидных водородных топливных ячеек и их применение. Обсуждена возможность создания благоприятной правовой и экономической среды при внедрении в рынок технологий водородной энергетики. Подробнее раскрываются важность водородной энергетики в стратегии энергетики Европейского Союза, необходимость создания обязательно применяемых стандартов, а также особенности государственных и частных инвестиций.

Ключевые слова: водородная энергетика, ячейки водородного топлива, твердооксидные топливные ячейки, технологии водородной энергетики