



APLINKOSAUGINIŲ IR ENERGETINIŲ ENERGIJOS GAMYBOS RODIKLIŲ ĮVERTINIMAI

Jonas Algirdas Kugelevičius, Algirdas Kuprys, Jonas Kugelevičius

*Lietuvos energetikos institutas, Energetikos kompleksinių tyrimų laboratorija,
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas-35, Lietuva. El. paštas: kuprys@mail.lei.lt*

Iteikta 2005 05 26; priimta 2005 09 28

Santrauka. Pateikti Lietuvos elektrinių perspektyviniai techniniai, ekonominiai ir ekologiniai parametrai. Analizuojamos perspektyvoje numatomų deginti naujų kuro rūšių – orimulsijos, asfalteno cheminės struktūros ir ekologinės charakteristikos. Apibendrintos jėgainėse deginamų tradicinių (gamtinių dujų, mazuto) ir naujų kuro rūšių techninės, ekonominės ir ekologinės charakteristikos. Analizuojama ekologinių mokesčių ir išorinių sąnaudų įtaka elektros gamybos savikainai. Pateiktos energijos savikainos prognozės, atsižvelgiant į ekologinius mokesčius.

Raktažodžiai: energijos gamybos charakteristikos, kuro deginimo ekologinės charakteristikos, energijos gamybos savikaina, išorinės sąnaudos.

EVALUATION OF ECOLOGICAL AND ENERGETIC INDICATORS IN POWER PRODUCTION

Jonas Algirdas Kugelevičius, Algirdas Kuprys, Jonas Kugelevičius

*Laboratory of Energy Systems Research, Lithuanian Energy Institute,
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas-35, Lithuania. E-mail: kuprys@mail.lei.lt*

Received 26 May 2005; accepted 28 Sept 2005

Abstract. The technical, economic and ecological perspective parameters of power plants in Lithuania are presented. The chemical structure and ecological characteristics of future types of fuel – orimulsion and asfalten – are analysed. The technical, economic and ecological characteristics of traditional (natural gas, heavy fuel oil) and new kinds of fuel are summarized. The influence of ecological taxes and external costs on power production cost is analysed. The predictions of power cost are presented considering ecological taxes.

Keywords: power production characteristics, fuel burning ecological characteristics, power production cost, external costs.

1. Įvadas

Optimizuojant energijos ir kuro balansus, elektros jėgainių teritorinį paskirstymą, būtina konkrečiai, moksliniais tyrimais apibendrinta bei apčiuopta informacinė bazė. Šioje bazėje teikiamos energetiniuose įrenginiuose deginamo kuro techninės, ekonominės bei ekologinės charakteristikos.

Elektros jėgainėse deginamas skirtingos cheminės sudėties kuras: naftos produktai – sieringasis bei mažai sieringas mazutas, orimulsija, asfaltenas; gamtinės bei suskystintos naftos dujos; kietasis kuras – akmens anglis, durpės, malkos. Kuro deginimo procese priklausomai nuo kuro cheminės sudėties išmetami skirtingi teršalai – anglies, sieros, azoto junginių, sunkiųjų kancerogeninių metalų –

kiekiai. Teršalai kenkia biosferai, visuomenės sveikatai. Todėl kenksmingųjų kuro deginimo išlakų kiekiai ribojami – tarša apmokestinama. Visa tai turi įtakos energijos gamybos savikainai, visuomenės socialinei raidai.

2. Energetiniuose įrenginiuose deginamo kuro charakteristikos

Energijos generavimo savikaina priklauso nuo naudojamo kuro (naftos produktai, dujos, branduolinis ir kietasis kuras) struktūros, jo pirkimo, perdavimo/transportavimo, saugojimo kainos ir kt. rodiklių. Lietuvoje energetinėms reikmėms daugiausia suvartojama gamtinių dujų. Dujos Lietuvoje labiausiai konkurentabilus, ekologiškai švariausias – prioritetas kuras, ypač naudojant kombinuotojo ciklo elektrinėse. Tamsiųjų naftos produktų – sieringojo mazuto, orimulsijos, asfalteno naudojimą šiuo metu riboja sugriežtinti ekologiniai reikalavimai, papildomos transportavimo bei saugojimo išlaidos. Nedideliais kiekiais naudojami ir mažai sieringas mazutas bei šviesieji naftos produktai – gazolis.

Akmens anglis, ypač mažai sieringos, yra ir tikriausiai liks ekonomiškai patrauklus kuras tose šalyse, kur gausūs ir lengvai prieinami vietiniai išteklių. Šiuo atžvilgiu akmens anglis Lietuvoje naudojamos ribotai – iš Rusijos importuojamos labai sieringos anglis iš dalies gali būti naudojamos tik komunaliniame-buitiniame bei komerciniame sektoriuose. Todėl akmens anglių ir kito kietojo kuro (durpės, malkos) dabar Lietuvoje naudojama nedaug – apie 9 % visų bendrųjų vidaus sąnaudų.

Techniniu, ekonominiu bei ekologiniu aspektu tamsieji naftos produktai (sieringasis mazutas, orimulsija, asfaltenas) perspektyvesni deginant juos tiesiog gamybos vietoje, esant palankiai transportavimo logistikai ir efektyviai, nors reikalaujančiai didelių investicijų kenksmingųjų išlakų valymui, infrastruktūrai. Lietuvoje gaminami antriniai naftos perdirbimo produktai (sieringasis mazutas, asfaltenas) iš esmės efektyviausiai galėtų būti naudojami Mažeikių elektrinėje, nes ji tiesiogiai priklauso AB „Mažeikių nafta“ įmonei. Tai iki minimumo sumažintų papildomas tamsiųjų naftos produktų transportavimo, saugojimo, deginimo, kenksmingųjų išlakų valymo išlaidas. Asfaltenas ypač patrauklus, palyginti su ekologiškai nešvariausio kuro – orimulsijos importu iš Venesuelos, kai būtinos nemažos papildomos logistikos išlaidos – gabenti dideliais jūriniais laivais iš Pietų Amerikos iki Europos, perkrauti iš laivų į geležinkelio cisternas Klaipėdos terminale, transportuoti geležinkeliu Lietuvos teritorija ir iškrauti iš vagonų į elektrinės talpyklas.

Energetinėms reikmėms dabar naudojamo kuro [1–3] apibendrintosios charakteristikos pateiktos 1 lentelėje. Duomenys rodo, kad tarp dabar energetinėms reikmėms naudojamų kuro rūšių orimulsija yra ekologiškai nešvariausias kuras [4], Anglijos ekologų pramintas „pragaro kuru“ [5], ir dabar daugumoje Europos šalių pereinama prie alternatyviųjų kuro rūšių – dujų, mažai sieringų ($S < 1\%$) mazuto, akmens anglių [6]. Deginti orimulsiją atsisakė trys iš keturių Europos Sąjungos (ES15) šalys: Anglija (3 katili-

1 lentelė. Apibendrintosios energetinio kuro charakteristikos

Table 1. Generalization of fossil fuel characteristics

Kuras	Degioji kuro masė, %			Darbinė kuro masė		
	H	C	S	W, %	KD, %	Q_d , kcal/kg
Gamtinės dujos*	24	74	0	0	0	8000
Sieringasis mazutas	11	86	2,5	2	0,1	9600
Mažai sieringas mazutas	11	87	iki 1,0	0	0,1	10350
Gazolis	13	86	0	0	0	10350
Orimulsija	8	60	2,7–2,9	30	0,2	6595
Asfaltenas	11	85	2	0	0,13	9500
Akmens anglis	5	80–90	1–4	5–10	10–15	5000–6000
Malkos, durpės	7	51	0	40	0,6	2500–3000

* – gamtinėms dujoms – kcal/nm³

nės), Vokietija, Danija. Kol kas orimulsija iš dalies deginama tik Italijoje. Deginti orimulsiją atsisakoma ir naujose projektuojamose elektrinėse [7].

Deginant kurą teršama aplinka. Teršalai, generuojami šiluminėse elektrinėse, daugiausiai priklauso nuo deginamo kuro charakteristikų (vandenilio – H, anglies – C, sieros – S). Deginant akmens anglis, orimulsiją, asfalteną arba mazutą (priklausomai nuo drėgmės – W) išsiskiria anglies, azoto bei sieros oksidai (CO_x , NO_x ir SO_x), pelenai – kietosios dalelės (KD). Šių teršalų kiekiai degimo produktuose yra deginimo būdo, degimo valdymo kokybės ir kuro sudėties išdava. Dujomis kūrenamos elektrinės iš esmės neteršia aplinkos pelenais ir sieros oksidais, išmeta mažiau anglies dioksido, azoto oksidų. Deginant sieringąjį mazutą, orimulsiją, asfalteną, su dūmais išmetamos kietosios dalelės turi kancerogeninių sunkiųjų metalų ir organinių junginių priemaišų.

Jeigu kure sieros yra daugiau kaip 1 %, ES direktyvų [8] reikalavimu būtina įrengti išlakų valymo įrenginius. Sieringojo kuro (akmens anglių, mazuto, orimulsijos, asfalteno) degimo produktams valyti naudojami specialūs įrenginiai bei sistemos:

- elektrostatiniai filtrai dulkėms valyti,
- išmetamų dūmų nusierinimo įrenginiai SO_2 kontrolei,
- selektyviosios katalizės redukcijos (deoksidacijos) įrenginiai bei modifikuotieji kuro degikliai NO_x kontrolei,
- šlapiojo nuosėdų valymo įrenginiai dūmų nusierinimo sistemos struktūroje SO_3 kontrolei.

Sudėtingos šiuolaikinės kenksmingųjų išlakų valymo sistemos teoriškai (įrenginių ir sistemų gamintojų duomenimis) leidžia išlakas sumažinti 70–77 % [9]. Tačiau realiai teršalų išvaloma žymiai mažiau, nes įrenginius užteršia kalkės ir kitos nuosėdos [1, 10, 11] (2 lentelė).

Azoto junginių kiekius degimo produktuose vien iš kuro cheminės sudėties įvertinti sunku, nes tai priklauso

nuo katilo tipo ir deginimo parametrų. Eksploatuojant katilus nustatyta, kad NO_x išlakas galima sumažinti iki 60 %. Iš esmės išlakos deginant orimulsiją yra panašios kaip deginant akmens anglis. Kadangi fakelo temperatūra mažesnė (dėl vandens), deginant orimulsiją, NO_x išlakų sumažėja, tačiau ši sumažėjimą kompensuoja kure esantis azoto kiekis.

Be 2 lentelėje nurodytų kenksmingųjų išlakų ingredientų, tamsieji naftos produktai (mazutas, asfaltenas, orimulsija) turi ir kancerogeninių ingredientų – nikelio, vanadžio. Mazuto, asfalteno pelenuose esti iki 80 mg/kg va-

2 lentelė. Išlakų ingredientų kontrolė

Table 2. Control of emissions

Valymo įrenginiai	Ingredientai, %		
	SO_2	NO_x	KD
Teorinis maksimalus įrenginių pajėgumas gamintojų duomenimis	90–95	60–70	70–94
Realusis praktinis pajėgumas	77–90	Iki 60	50–70

3 lentelė. Apibendrintieji elektrinių išlakų kiekiai

Table 3. Generalization of emissions at power plants

Kuras	Išlakos, gne/kWh			
	SO_2	NO_x	CO_2	KD
Akmens anglis	2–15	2–5	800–1000	0,2–6
Sieringasis mazutas	4–14	2–4,3	750–850	0,12–1,0
Orimulsija	3–20	3–6	800–1000	0,2–1,0
Gamtinės dujos (kombinuotasis ciklas)	0	0,3–0,8	400–425	0

gne – gramas sutartinio kuro (naftos ekvivalento)

4 lentelė. Lietuvos elektrinių teršalų struktūra

Table 4. Structure of emissions at Lithuanian power plants

Elektrinės tipas	Efektyvumas	Kuras	Teršalų emisijos, gne/kWh				
			SO_2	NO_x	CO	CO_2	KD
Kondensacinė	0,38	mazutas	11,8	1,45	0,09	733	0,38
	TE		0,62	7,2	0,89	0,06	449
Kondensacinė	0,38	orimulsija	18,6	1,45	0,09	764	0,86
	TE		0,62	11,4	0,89	0,06	468
TE	0,62	gamtinės dujos	0	0,33	0,15	326	0
Modulinė TE	0,85		0	0,24	0,11	237	0
Dujų turbina	0,35		0	0,59	0,27	577	0
Kondensacinė	0,38		0	0,54	0,25	531	0
Kondensacinė	0,38	asfaltenas	10,9	1,45	0,09	733	0,57

nažio. Orimulsijos pelenuose vanadžio ir nikelio dar daugiau: vanadžio – 300, nikelio – 65 mg/kg.

Priklausomai nuo kuro cheminės sudėties, valymo įrenginių efektyvumo elektrinėse kuro degimo produktuose kenksmingųjų išlakų ingredientai labai varijuoja (3 lentelė) [3, 10]. Teršalų kiekiai Lietuvoje 1 kWh pagamintos elektros energijos (4 lentelė) maždaug atitinka apibendrintuosius duomenis.

3. Mokesčiai už teršalų emisijas į atmosferą Lietuvoje ir kitose ES šalyse

Mokesčiai už aplinkos teršimą reguliuojami Lietuvos ir ES teisės aktų [8, 12]. Įstatymu [12] mokesčiai už teršalų SO_2 , NO_x , KD ir vanadžio pentoksido išlakas Lietuvoje nustatyti 2003–2009 m. perspektyvai. Palyginti su kai kuriomis kaimyninėmis šalimis, Lietuvoje taikomi mokesčių už taršą 2000 m. tarifai [13, 14] šiek tiek didesni (5 lentelė). Lietuvoje 2004–2009 m. taikomi mokesčiai išaugo, tačiau kol kas yra pastovūs. Todėl *a priori* galima tarti, kad šie tarifai išliks ir toliau 2010–2025 metais.

5 lentelė. ES šalių taršos tarifai, €/t

Table 5. Tariffs for emissions in EU countries, €/t

Šalis	Teršalai			
	SO_2	NO_x	CO_2	KD
Lenkija	85	98	0,05	
Estija	4,2	8	0,48	4,2
Latvija	17,9	18		8
Slovakija	46,1	35		115,3
Čekija	29,4	24		88,1
Lietuva, 2000	59,7	112		53,3
Lietuva, 2004–2009	90,1	170		53,3

Igyvendinant ES direktyvą [15] dėl į orą išmetamų teršalų kiekio apribojimo Lietuvos teisės aktais [16] taip pat nustatytos iš didelių (galia ≥ 50 MW) kurą deginančių įrenginių išmetamų teršalų normos. Artimesnės ir tolesnės perspektyvos (iki ir po 2015 12 31) normos nustatytos esamiems ir naujai statomiems įrenginiams, kurių statybos leidimai išduoti iki arba po 1998 07 01. Iš esamų kurą deginančių įrenginių išmetamų teršalų perspektyvinės ribinės normos [16] išreikštos mg/Nm^3 . Šios normos, atsižvelgiant į konkrečius pavienių jėgainių parametrus, perskaičiuotos eksploatuojamoms bei numatomoms naujai statyti Lietuvos elektrinėms (6 lentelė).

4. Išorinės energijos gamybos sąnaudos

Išorinės energijai gaminti deginamo kuro sąnaudos apima socialines ir aplinkosaugines išlaidas, kurios neįskaičiuotos į energijos rinkos kainą. Į šias išlaidas įskaitomi nuostoliai dėl atmosferinių išlakų SO_2 , NO_x , CO_2 ir KD įtakos visuomenės sveikatai ir globaliam atšilimui, veikiant energijos generavimo jėgainėms.

6 lentelė. Lietuvos elektrinių išmetamų teršalų ribinės vertės, g/kWh

Table 6. Limits of emissions at Lithuanian power plants, g/lWh

Elektrinės	Kuras	Kuro suvar-tojimas, gne/kWh	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	KD
„Lietu- vos elekt- rinė“	gamtinės dujos	215	505	–	1,61	1,38	0,09
	sierin- gasis mazutas	226	732	5,04	1,34	0,89	0,30
	ori- mulsija	226	763	5,48	1,45	0,97	0,32
Vil- niaus TE	gamtinės dujos	140	329	–	1,05	0,90	0,06
	sierin- gasis ma- zutas	140	453	3,13	0,83	0,55	0,18
Kauno TE	gamtinės dujos	140	329	–	1,05	0,90	0,06
Mažeikių TE	asfal- tenas	215	696	4,89	1,29	0,86	0,29
Naujos TE	gamtinės dujos	102	239	–	0,76	0,65	0,04

Yra daugybė metodų, kuriuos taikant galima įvertinti išorinių sąnaudų monetarinę išraišką [17,18]. Pagal pasirinktąjį metodą ir numatytas prielaidas vertinant išorines sąnaudas gaunamos skirtingos monetarinės išraiškos.

Pirmasis bandymas nustatyti mokslškai apibendrin- tas energijos gamybos išorines sąnaudas buvo 1999 m. Anglijoje atliktas ES finansuojamas *ExternE* projektas [19]. Šio mokslinio Europos Komisijos projekto tikslas buvo parengti nuoseklią išorinių sąnaudų nustatymo metodologi- ją, pritaikytą įvairiems energijos gamybos ciklams (7 len- telė). Šioje metodikoje sieringojo mazuto ir orimulsijos iš- orinės sąnaudos apskaičiuotos esant šiuolaikinėms valomų dūmų nusierinimo ir NO_x sumažinimo technologijoms.

7 lentelėje pateiktos išorinės įvairių energijos gamy- bos ciklų sąnaudos skiriasi dėl deginamo kuro ekologinių charakteristikų ir jėginių darbo efektyvumo: kūrenant ma- zutą – 47,5 %, orimulsiją – 37 %, gamtines dujas – 51,6 %,

7 lentelė. Energijos gamybos išorinės sąnaudos Anglijoje, € €/kWh

Table 7. External costs in UK

YoLL (VSL)*	Energijos gamybos ciklai				
	sieringasis mazutas	orimulsija	gamtinės dujos	biomasė	vėjas
Maži	2,0 (6,4)	2,1 (7,4)	0,5 (1,7)	0,5 (2,1)	0,12
Vidutiniai	3,8 (8,3)	4,2 (9,4)	1,6 (2,85)	0,55 (2,15)	0,14
Dideli	10,8 (15,3)	12,0 (17,3)	6,0 (7,3)	0,7 (2,3)	0,24

*YoLL (VSL) – socialiniai nuostoliai dėl prarastų gyvenimo metų (YoLL) ir mažesnės statistinės gyvenimo trukmės (VSL)

biomasę – 30,5 %. Gamtinių dujų išorinės sąnaudos, pa- lyginti su sieringojo mazuto, orimulsijos išorinėmis sąnau- domis, yra daug mažesnės ne tik dėl didesnio elektrinių naudingumo koeficiento, bet ir mažesnio išmetamų išlakų SO₂, NO_x kiekio. Jeigu šios išlaidos ES iš tikrųjų būtų įtrau- kiamos į elektros kainą, tai elektros energijos savikaina, deginant sieringąjį mazutą, orimulsiją, palyginti su gamti- nėmis dujomis, būtų 3–3,5 karto didesnė.

Vėlesniais etapais, remiantis minėta metodologija, iš- orinės energijos gamybos sąnaudos buvo įvertintos visose ES15 šalyse [20]. Apibendrintosios išorinės energijos ga- mybos sąnaudos šiose šalyse 2003 m., taikant esamą tech- nologiją, pateiktos 8 lentelėje.

8 lentelė. Vidutinės energijos gamybos išorinės sąnaudos ES šalyse, € €/kWh

Table 8. External costs in EU countries, € €/kWh

Įverčiai	Anglis, lignitas, durpės	Naftos pro- duktai	Gamti- nės dujos	Bran- duolinis kuras	Bio- masė	Hidro- ener- gija	Vėjo ener- gija
min	3,0	3,0	1,0	0,2	0,2	0,03	0,05
vid	4,0–7,2	4,4–7,0	1,3–2,3	0,4	1,4	0,43	0,15
max	15,0	11,0	4,0	0,7	4,0	1,0	0,25

Pateikti duomenys rodo, kad vėlesniais etapais, pa- lyginti su atliktais pradiniais vertinimais, nustatytos ES vi- dutinės įvairių energijos gamybos ciklų išorinės sąnaudos skiriasi nedaug. Į energijos gamybos savikainą įtraukus ir išorines sąnaudas bei laikant, kad elektros gamybos kaina siekia 3,5–4 € €/kWh, termofikacinių elektrinių, deginan- čių gamtines dujas, savikaina vidutiniškai padidėtų apie 30–70 %. Tačiau deginant naftos produktus – sieringąjį mazutą, orimulsiją, šis pokytis būtų daug didesnis – vidu- tiniškai padidėtų net 2–3 kartus.

ES15 šalyse pateiktos vidutinės išorinės sąnaudos gali būti modifikuotos ir Lietuvai, taikant D. Štreimikienės pa- siūlytą metodologiją [18], įvertinant BVP skirtumus bei gyventojų tankį Lietuvos teritorijoje (9 lentelė). Vienam gyventojui tenkantis BVP vidurkis 2003 m. ES buvo apie 2,4 karto didesnis negu Lietuvoje, o vidutinis gyventojų tankumas – 150 gyv./km² – 2,6 karto didesnis negu Lietu- voje – 56,7 gyv./km².

9 lentelė. Energijos gamybos išorinės sąnaudos ES ir Lietuvoje

Table 9. External costs in EU and Lithuania

Šalis	BVP/gyv. EU25 = 100 % (2003 m.)	Išorinės sąnaudos tonai teršalų (1000 € 1995)		
		SO ₂	NO _x	KD
Belgija	117,8	11,4–12,1	11,5–12,3	24,5–24,5
Danija	122,7	3,0–4,2	3,3–4,7	3,4–6,7
Suomija	113,0	1,0–1,5	0,9–1,4	1,3–2,6
Prancūzija	111,0	7,5–15,3	10,8–18,0	6,1–57,0
Vokietija	108,1	1,8–13,7	10,9–15,1	19,5–23,4
Graikija	80,9	2,0–7,8	1,2–7,8	2,0–8,3

9 lentelės tęsinys

Airija	132,5	2,8–5,3	2,8–3,0	2,8–5,4
Italija	106,9	5,7–12,0	4,6–13,6	5,7–20,7
Nyderlandai	121,0	6,2–7,6	5,5–6,1	15,0–16,8
Portugalija	74,4	5,0–5,2	6,0–6,6	5,6–7,0
Ispanija	97,8	4,2–9,6	4,7–12,1	4,4–20,3
Švedija	115,2	2,4–2,8	2,0–2,3	2,7–3,8
J. Karalystė	118,6	6,0–10,0	5,7–9,6	8,0–22,9
ES vidurkis	109,2	4,5–8,2	5,4–8,7	7,8–16,9
Lietuva	45,8	1,9–3,5	2,3–3,6	3,3–7,1
Lietuva, pakoregavus pagal gyventojų tankumą		0,7–1,3	0,9–1,4	1,3–2,7

Kaip rodo lentelėje pateikti duomenys, atsižvelgiant į Lietuvos ekonominę socialinę raidą, išorinės sąnaudos Lietuvoje artimiausiais metais turėtų būti apie 6 kartus mažesnės negu ES15 šalių vidurkis. Tačiau tolesnėje 2010–2025 m. perspektyvoje, atsižvelgiant į Lietuvos tikslą pasiekti nūdienos ES15 BVP vidurkį, elektros savikaina prie jo priartėtų.

5. Lietuvos elektrinių techninių ir ekonominių parametrų įvertinimai bei prognozės

Lietuvos elektrinių techniniai parametrai priklausomai nuo pajėgumų struktūros, jų eksploatacijos sąlygų kinta labai skirtingai.

2004 m. uždarytas Ignalinos AE pirmasis blokas. Atsižvelgiant į tai, Lietuvos elektrinių maksimalūs techniniai parametrai analizuoti pagal tam tikrus scenarijus:

- Ignalinos AE antrasis blokas uždaromas 2009 metais. Trūkstama galia būtų kompensuojama rekonstruotos „Lietuvos elektrinės“, TE esamais bei naujais pajėgumais;
- Ignalinos AE antrojo bloko darbas pratęsiamas iki 2014 m. Trūkstama galia būtų kompensuojama rekonstruotais „Lietuvos elektrinės“, esamų ir naujų TE pajėgumais;
- 2015–2020 m. Ignalinos AE būtų įvedami nauji 1250 MW blokai.

Dirbant Ignalinos AE, elektros gamyba Lietuvos kondensacinėje elektrinėje bei Vilniaus, Kauno Mažeikių, Klaipėdos termofikacinėse elektrinėse ribojama. Uždarius Ignalinos AE pirmąjį bloką 2004 m., o antrąjį – 2009 m., didesnis elektros kiekis perspektyvoje turėtų būti gaminamas šiluminėse elektrinėse, pirmiausiai – efektyviausiose kombinuotojo ciklo termofikacinėse elektrinėse, gaminančiose elektrą ir šilumą. Todėl perspektyvoje šiluminių elektrinių darbo trukmė pailgės, gerės jų techniniai parametrai. Be to, uždarius Ignalinos AE, keisis ir šiluminių elektrinių galia – pirmiausia TE. Nauji pajėgumai gali būti įvesti rekonstruojant Kauno, Mažeikių TE bei statant naujas termofikacines elektrines Klaipėdos, Šiaulių, Panevėžio, Alytaus, Utenos regionuose.

Atsižvelgiant į šiuos scenarijus ir nustatyti galimi maksimalūs Lietuvos elektrinių perspektyviniai parametrai. Galutinės Lietuvos elektrinių perspektyvinių parametrų ribi-

nės reikšmės nustatomos atliekant kompleksinius optimizacinius energijos ir kuro balansų bei elektros gamybos pajėgumų teritorinio išdėstymo skaičiavimus, naudojant kompleksinius integruotuosius matematinius tiesinio bei netiesinio programavimo modelius.

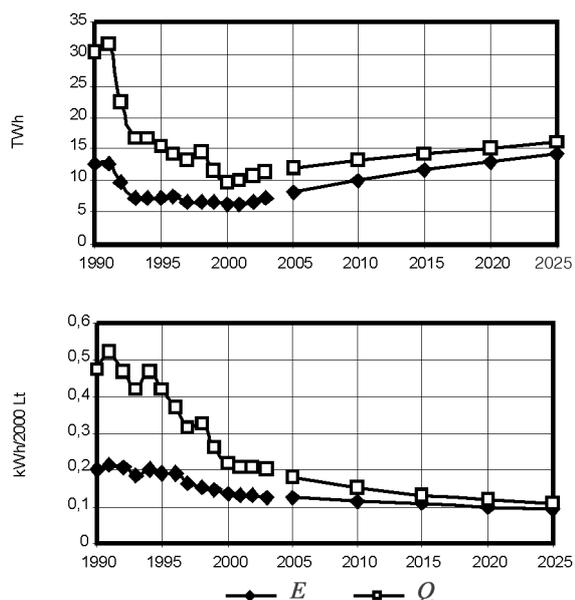
Įvertinant eksploatuojamų ir naujai statomų energijos pajėgumų techninius, ekonominius bei ekologinius parametrus svarbu nustatyti gamybos ir kuro sąnaudų apimtis. Elektros, šilumos perspektyvinio suvartojimo Lietuvoje grafikai pateikti 1 pav. [21]. Prognozės rodo, kad šilumos poreikiai perspektyvoje, palyginti su elektros, didės daug lėčiau, ir tolesnėje perspektyvoje, išliekant dabartinėms tendencijoms, elektros poreikis priartės prie šilumos poreikio. Tuomet, nustatant naujų TE maksimalius parametrus, pakaktų vertinti šilumos ar elektros gamybos apimtis atsižvelgiant į šilumos/elektros gamybos santykį.

Įvertinant šį santykį bei atsižvelgiant į agregatų eksploatacijos specifiką (remontai ir kt.), galima laikyti, kad maksimalus metinis naujų TE darbo valandų skaičius gali siekti 4500 val.

Naujos jėgainės turėtų būti statomos atsižvelgiant į centralizuotai tiekiamos šilumos kiekį pagrindiniuose Lietuvos regionuose [22]. Įvertinant tam tikrų zonų centralizuotos šilumos sąnaudų teoriškai labiausiai galimus perspektyvinius scenarijus ir elektros bei šilumos gamybos santykį naujose TE apytikriai vienetai, nustatyti tokie maksimaliai galimi naujų pajėgumų statybos scenarijai:

- Klaipėdos TE – 150 MW,
- Panevėžio TE – 80 MW,
- Šiaulių TE – 60 MW,
- Alytaus TE – 60 MW,
- Utenos TE – 25 MW.

Nustatant energijos gamybos ekonomines charakteristikas pirmiausiai būtina įvertinti kuro kainas. Tam tikrų



1 pav. Elektros (E) ir šilumos (Q) sąnaudų kaitos dinamika

Fig. 1. Change dynamics of electricity (E) and heat (Q) consumption

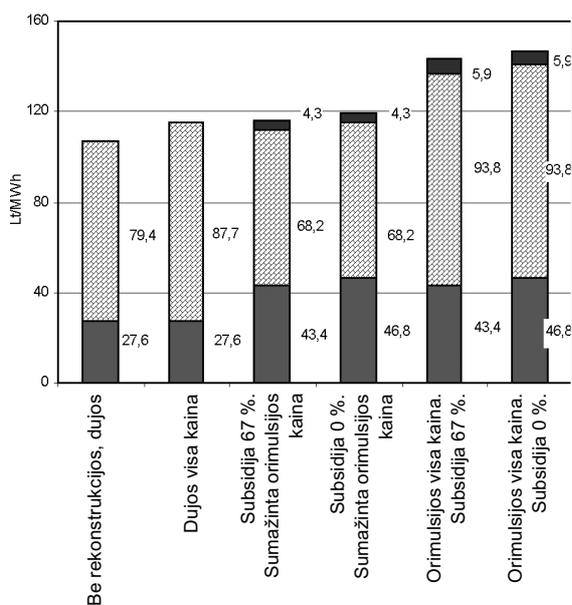
organinio kuro rūšių kainos tarpusavyje yra labai susiję – sudaro vadinamąjį kainų krepšelį. Todėl iš esmės galima prognozuoti tik naftos kainą. Kitų kuro rūšių (naftos produktų, gamtinių dujų, anglies) kainos perskaičiuojamos dauginant iš jų kainų santykio su naftos kaina rodiklio.

Nafta daug brangesnė už sieringąjį mazutą ir gamtinės dujas. Šiaurės Vakarų Europos rinkoje kainų santykis nafta/mazutas = 1,38, nafta/gamtinės dujos = 1,31.

Dažniausiai taikomos Tarptautinės energetikos agentūros (TEA) naftos kainų prognozės [23]. Pagal jas nenumatomas didelis kainų šuolis. Tačiau dėl Irako krizės dabar naftos kaina pakilo ir žymiai viršija 2004 m. TEA parengtas prognozes. Įskaitant transportavimo iki elektrinių bei sandėliavimo-pašildymo išlaidas, Lietuvos elektrinėse mazuto kaina, įskaitant akciją, šiuo laikotarpiu siekė 490–520 Lt/tne (tne – tona sutartinio kuro, naftos ekvivalentas) – „Lietuvos elektrinės“ Valstybinei kainų ir energetikos kontrolės komisijai deklaruota mazuto kaina – 495 Lt/tne, orimulsijos – 417 Lt/tne, gamtinių dujų – 390 Lt/tne. Šios kainos ir priimtos kaip 2004 m. pirminiai duomenys. Kainų prognozės sudarytos įvertinant TEA priimtą metinį kainų augimo koeficientą – 0,75 %.

Gamtinių dujų kaina priimta su prielaida, kad dujos perkamos iš AB „Lietuvos dujos“ įmonės laisviesiems gamtinių dujų vartotojams (vartotojas, turintis teisę laisvai pasirinkti tiekėją) teikiamų paslaugų įkainiais. Analogiškai gamtinių dujų kaina ir kainų prognozės priimtos ir kt. esamoms bei naujoms TE.

Kuro kainos, kainų prognozės pagrindiniai lemia energijos gamybos savikainą [24]. Skirtingo tipo elektrinėse, įskaitant AE, energijos gamybos savikaina labai svyruoja (2 pav.).



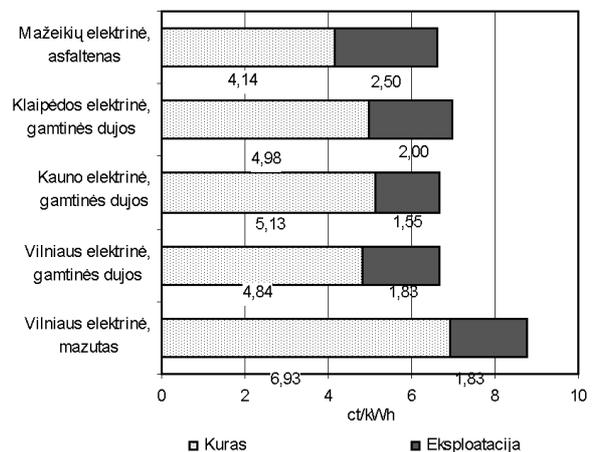
2 pav. Elektros gamybos „Lietuvos elektrinėje“ savikaina (2010 m. prognozės)

Fig 2. Power production cost at Lithuanian power plant (predictions for 2010)

$$TGC = (I \times CRF + FIXO \& M + VARO \& M + F + E) / Q,$$

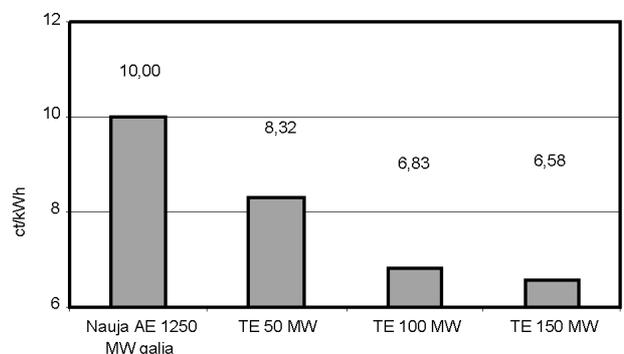
čia I – kapitalas/investicijos, CRF – amortizacija, $CRF = df \times (1 + df)^n / ((1 + df)^n - 1)$, $FIXO \& M$ – nuolatinės eksploatacinės išlaidos, $VARO \& M$ – kintamosios eksploatacinės išlaidos, F – kuro kaina, E – ekologinės ir išorinės išlaidos, Q – parduotos energijos kiekis, MWh, df – diskonto norma, n – jėgainės darbo laikas metais.

Esamų pajėgumų rekonstravimas, naujų – statybos ekonominiai parametrai Lietuvoje nagrinėjami [22, 25 – 27]. Elektros gamybos perspektyvinė kaina esamose Lietuvos elektrinėse (be aplinkosauginių mokesčių) nustatyta pagal parengtus rekonstrukcijos projektus. Elektros generavimo kaina Lietuvos elektrinėje (2 pav.) [25] pakoreguota įvertinant orimulsijos tiekimo į elektrinę išlaidas (visas transportavimo, logistikos bei sandėliavimo, kuro šildymo, dūmų valymo ir kt. pridėtines išlaidas). Elektros generavimo savikaina kitose esamose Lietuvos elektrinėse, įvertinant išlaidas ir logistikai, pateikta 3 pav., naujose TE – 4 pav.



3 pav. Elektros generavimo savikaina esamose jėgainėse 2010 m.

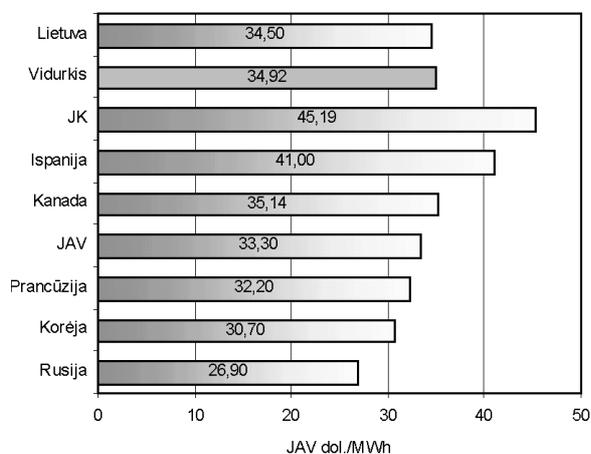
Fig 3. Power production cost for existing power plants in 2010



4 pav. Elektros gamybos savikaina naujose AE ir TE

Fig 4. Power production cost for new NP and TP plants

Naujos AE statybos kaina pasiūlyta studijoje [26]. Šioje studijoje Lietuvai naujai statomos AE siūloma elektros gamybos kaina yra artima 2005–2010 m. įvairių šalių projektuose taikomų kainų vidurkiui (5 pav.) [27].



5 pav. Elektros generavimo naujose AE savikainos prognozės 2005–2010 m.

Fig 5. Cost predictions for power production at new NP plants in 2005–2010

6. Elektros gamybos ekologinės charakteristikos ir jų prognozės

Atliekant energijos ir kuro balansų bei energijos gamybos pajėgumų teritorinio išdėstymo optimalius skaičiavimus, elektros savikainos įvertinimus būtina papildyti ekologiniais mokesčiais ir išorinėmis sąnaudomis. Remiantis pateiktais duomenimis atlikti skaičiavimai rodo, kad dėl ekologinių mokesčių elektros gamybos savikaina Lietuvoje apytikriai artimiausiais metais padidėtų nežymiai.

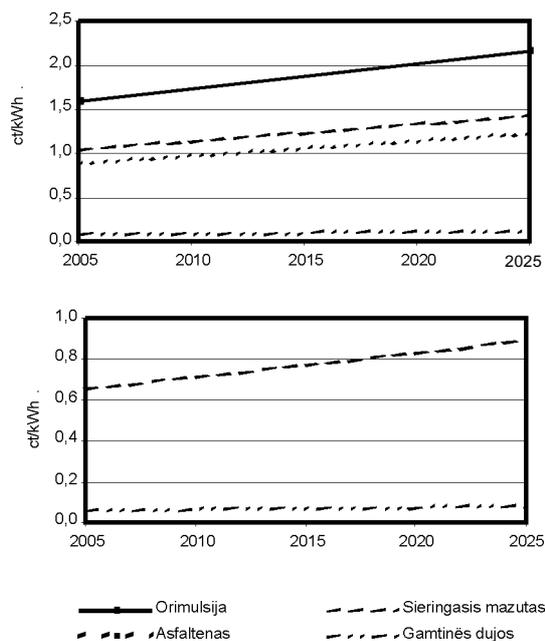
- deginant gamtines dujas – 0,01 ct/kWh,
- deginant sieringąjį mazutą „Lietuvos elektrinėje“ ir TE – 0,12±0,07 ct/kWh,
- deginant orimulsiją, atitinkamai – 0,18±0,09 ct/kWh.

Tačiau įvertinant išorines sąnaudas (6 pav.) elektros savikaina artimiausiais metais padidėtų daugiau:

- deginant gamtines dujas Lietuvos elektrinėje ir TE, – atitinkamai 0,11–0,07 ct/kWh,
- deginant sieringąjį mazutą Lietuvos elektrinėje ir TE – atitinkamai 0,96–0,59 ct/kWh,
- deginant orimulsiją Lietuvos elektrinėje ir TE – atitinkamai 1,43–0,79 ct/kWh.

Tolesnėje 2025 m. perspektyvoje šie pokyčiai būtų dar didesni:

- deginant gamtines dujas Lietuvos elektrinėje ir TE – atitinkamai 0,20–0,12 ct/kWh,
- deginant sieringąjį mazutą Lietuvos elektrinėje ir TE – atitinkamai 1,79–1,10 ct/kWh,
- deginant orimulsiją Lietuvos elektrinėje ir TE – atitinkamai 2,68–1,47 ct/kWh.



6 pav. Išorinių sąnaudų kondensacinėse elektrinėse ir TE prognozės

Fig 6. External costs predictions for Lithuanian condensing and cogeneration power plants

Prognozuojant laikytasi prielaidos, kad Lietuva 2025 m. pasieks ES15 šalių 2000 m. BVP vidurkį.

7. Išvados

1. Pateiktos apibendrintosios energetiniuose įrenginiuose deginamų tradicinių (akmens anglis, mazutas, gamtinės dujos) ir naujų (orimulsija, asfaltenas) kuro rūšių cheminės struktūros, išlakų į atmosferą charakteristikos. Atsižvelgta į energijos generavimui naudojamo kuro ekologines charakteristikas, įvertinant pagrindinių ingredientų (sieros, azoto ir anglies oksidų bei kancerogeninių sunkiųjų metalų) kiekį pagamintos energijos vienetai.

2. Analizuojami ekologiniai mokesčiai už teršalų emisijas į atmosferą Lietuvoje ir kai kuriuose kt. Europos Sąjungos šalyse. Apibendrintos analizuojamų šalių energijos gamybos išorinės sąnaudos.

3. Pateiktos esamų ir naujai statomų energijos gamybos įrenginių Lietuvoje pagrindinių energijos gamybos techninių-ekonominių rodiklių (galingumų, įrenginių darbo valandų skaičiaus, santykinų kuro sąnaudų, energijos gamybos savikainos) prognozės. Įvertinant šiuos rodiklius nustatytas ekologinių mokesčių dėmuo energijos gamybos savikainoje.

Literatūra

1. Fact sheet. Orimulsion. Air Emissions Overview. <http://www.orimulsionfuel.com/facte.-c.ission.-odf>.
2. Orimulsion at Dalhousie. <http://www.babcock.com/pgg/tt/pdf/BR-1630.pdf>

3. Revoldas, V. Degimo procesų sąlygojamos taršos vertinimas: daktaro disertacija. Kauno technologijos universitetas, 2003. 203 p.
4. Asia Eyes Venezuelan Orimulsion Fuel. <http://forests.org/archive/samerica/orifuel.htm>
5. Orimulsion. Fails to come to Florida – Energy World. 1996, p 33–37.
6. Danish Power Company Shifts from Venezuelas's Orimulsion to Coal. http://www.poten.com/?url=show_articles.asp?id=316&table=tmarket
7. Point Lapereau Evaluation. Integrate Resource Plan. Energie NB Power. Appendix B-1. February 2002, p 41.
8. Council Directive 1999/32/EC of 26 April 1999 relating to a reduction in the sulphur content of certain liquid fuels and amending directive 93/12/EEC (OJ L 121, 11 05 1999 p 13)
9. Orimulsion – a new fuel in the Bay of Fundy. Orimulsion fuel information session. <http://www.scep.org/orimulsion.html>
10. Orimulsion and power stations. Post note 84. October 1996. <http://www.parliament.uk/post/pn084.pdf>
11. Coleson Coce Refurbishment Project. Registration and Initial Environmental Assessment. NB Power Corporation. July 2001, p 51.
12. Mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas (VIII–1183/1999 05 13/Įsigaliojo nuo 2000 01 01. Nauja redakcija 2003 01 01.
13. The OECD/EU database on Environmentally related taxes, last updated 10 November 2003. <http://www1.oecd.org/scripts/taxbase/queries.htm>
14. Speck, Stefan; McNicholas, Jim and Markovic, Marina. Pollution Charges and Energy Taxes. Energy taxes in central and Eastern Europe. DevTech Systems, Inc., p 1–14.
15. Directive 2001/80/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants. (*Official Journal* L'2001 No 309–1)
16. Dėl Aplinkos ministro 2001 m. rugsėjo 28 d. įsakymo Nr. 486 „Dėl išmetamų teršalų iš didelių kurą deginančių įrenginių normų ir išmetamų teršalų iš kurą deginančių įrenginių normų LAND 43–2001 nustatymo“ pakeitimo (Aplinkos ministerija/Įsakymas/712/2003 12 24/Įsigaliojo nuo 2004 03 10 / *Valstybės žinios*, Nr. 37–1210, 2004).
17. Sundqvist, Thomas. Power generation choice in the presence of environmental externalities. Doctorial thesis. LULEA University of technology, 2002.
18. Štreimikienė, Dalia. Išorės energijos gamybos sąnaudos naudojant tradicinius ir atsinaujinančius energijos šaltinius. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XII, Suppl 1, 2004, p 1a-1f.
19. *ExternE project*. www.externe.info; <http://externe.jrc.es/>
20. *ExternE project*. summary www.externe.info; <http://externe.jrc.es/all-EU+Summary.htm>
21. Kugelevičius, J. A.; Kuprys, A.; Kugelevičius J. Energijos sąnaudų prognozės lyginamosios analizės metodais. *Energetika*, Nr. 2, 2004, p. 28–32.
22. Kugelevičius, J. A.; Kuprys, A.; Kugelevičius J. Energijos-kuro balansų ir elektrą generuojančių pajėgumų teritorinio paskirstymo integruoti optimizaciniai modeliai. Iš: Šilumos energetika ir technologijos. Konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 2005.
23. Annual Energy Outlook 2004. Energy Information Administration – DOE/EIA-0484 (2004). April 2004, p 256.
24. Rafaj, Peter and Kypreos, Socrates. Internalisation of external cost in the power generation sector: Analysis with Global Multi-regional MARKAL Model. Energy Economics Modelling Group, General Energy Department, Paul Scherrer Institute. – CH-5232. Villigen-PSI, Switzerland. http://www.etsap.org/worksh_6_2003/2003P_rafaj.pdf
25. SwedPower. Lithuanian Power Plant. In: Feasibility study report. Financial analysis, p 24.
26. AREVA's presentation to initiative group. Vilnius. May 5th 2004.
27. The Economics of Nuclear Power. Briefing Paper 8. October 2004 – <http://www.uic.com.au/nip08.htm>

Jonas Algirdas KUGELEVIČIUS. Dr Habil, senior research associate, Laboratory of Energy Systems Research, Lithuanian Energy Institute.

Doctor Habil of Science (energy and thermal engineering), Lithuanian Energy Institute. Research interests: models of energy forecasting, methods of energy pricing, models for operational control and perspective management in power, oil and gas systems.

Algirdas KUPRYS. Dr, senior research associate, Laboratory of Energy Systems Research, Lithuanian Energy Institute.

Doctor of Science (energy and thermal engineering), Lithuanian Energy Institute. Research interests: models of energy forecasting, models of rational territory distribution for power production objects in Lithuania.

Jonas KUGELEVIČIUS. Research worker, Laboratory of Energy Systems Research, Lithuanian Energy Institute.

Bachelor of Science (mechanical engineering), Kaunas University of Technology, 2001. Research interests: development of natural gas projects and their impact on commercial decisions.