

Energetinio saugumo tyrimų raida Lietuvoje

Juozas Augutis^{1,2},

Ričardas Krikštolaitis^{1,2},

Linas Martišauskas¹,

Eugenijus Ušpuras¹,

Inga Žutautaitė^{1,2}

¹ Lietuvos energetikos institutas,
Branduolinių įrenginių saugos laboratorija,
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas

² Vytauto Didžiojo universitetas,
Matematikos ir statistikos katedra,
Vileikos g. 8, LT-44404 Kaunas
El. paštas Juozas.Augutis@vdu.lt

Straipsnyje apžvelgiama energetinio saugumo tyrimų raida Lietuvoje 2006–2016 m. ir pristatomi pagrindiniai rezultatai, pasiekti atliktų energetinio saugumo tyrimų srityje. Konceptualiai apibrėžiama energetinio saugumo sąvoka, pateikiami pagrindiniai atliktų tyrimų metodiniai principai, interpretuojami pasiekti pagrindiniai rezultatai. Pristatomos dvejų tipų metodikos: viena, grįsta indikatorių sistema, taikoma vertinant integralų energetinio saugumo praėjusio laikotarpio lygį iš statistikos duomenų; kita, grįsta modeliavimo principais, taikoma siekiant nustatyti energetinio saugumo rodiklį įvairiems energetikos sektoriaus plėtros scenarijams perspektyvoje. Gauti energetinio saugumo lygio rezultatai lyginami su Latvijos ir Estijos atitinkamu lygiu. Taip pat pateikiama įvairių plėtros projektų įtaka šalies energetiniam saugumui bei jo užtikrinimo priemonės perspektyvoje.

Raktažodžiai: energetinio saugumo lygis, indikatorių sistema, grėsmės, trikdžiai, energetikos sistemos modeliavimas

ĮVADAS

Energetinį saugumą 1913 m. pirmasis apibrėžė Jungtinės Karalystės karinio jūrų laivyno ministras V. Čerčilis teigdamas, kad „Naftos tiekimo saugumo užtikrinimas glūdi tik tiekimo įvairovėje“ [1]. Pirmieji bandymai vertinti energijos išteklių tiekimo saugumą kiekybiškai gali būti siejami su D. F. Hewetu, kuris 1926 m. apšvietė ir surinko duomenis iš 28 Europos kuro gavybos regionų. 1929 m. D. F. Hewetas atliko surinktų duomenų statistinę analizę ir paskelbė gautus analizės rezultatus. Jis teisingai nuspėjo, kada JAV naftos gavyba pasieks didžiausias apimtis. Ši statistinė analizė ir jos metu parengta naftos gavybos prognozė gali būti laikoma pirmuoju statistiniu energetikos sistemos modeliu.

Energetinio saugumo problematika pasaulyje tapo ypač aktuali po 1973 m. naftos embargo, kai didelių energijos išteklių tiekimo sutrikimų iki tol nepatyrusios JAV, Vakarų Europos ir Azijos valstybės suprato, kad priklausomumas nuo

naftos tiekimo iš užsienio valstybių gali smarkiai pakenkti nacionalinės ekonomikos funkcionavimui ir nacionaliniam saugumui. Suvokta, kad energijos ištekliai, jų tiekimo bei perdirstimo infrastruktūros objektai daro didelę įtaką valstybių ekonominei galiai, jie tapo ekonominių, politinių ir net karinių konfliktų priežastimi ar bent papildoma įtakos priemone valstybių santykiuose. Pirmuosius žinomus energetinio saugumo mokslinius tyrimus atliko JAV mokslininkai 1975 m. [2]. Šių tyrimų pradžia siejama su JAV rūpesčiu dėl padidėjusių energijos sąnaudų ir su tuo susijusiu dideliu naftos importu. Siekiant sumažinti naftos importo poreikį, federalinė valdžia nusprendė įvertinti energijos tiekimo saugumą ir iširti galimus būdus jam pagerinti. Viena pagrindinių svarstytų alternatyvų buvo sintetinio kuro naudojimas. Pagrindinės energetinio saugumo tyrimų pajėgos buvo sutelktos Stanfordo tyrimų institute (JAV). 1974 m. šiame centre sukurta pirmoji programinė įranga, skirta energetiniam saugumui vertinti. Ji (SRI-Gulf modelis) vadovavosi

tikimybinio sprendimų medžiu. Šio metodo taikymas leido išanalizuoti ir palyginti įvairius scenarijus, vadovaujantis jų tikėtinumu ir galimomis pasėkmėmis energetikos sistemai. Būtent pagal šios sistemos tyrimų rezultatus nuspręsta, kad sintetinio kuro naudojimas vietoj naftos produktų nėra efektyvus energetinio saugumo gerinimo būdas.

Nuo pirmųjų Lietuvos nepriklausomybės dienų vieni pagrindinių ir kasdienių klausimų yra Lietuvos energetinis saugumas ir energetinis nepriklausomumas. Jie buvo ir tebėra aktualūs kiekvienam Lietuvos gyventojui. Lietuva energetinio saugumo problemas patyrė vos paskelbusi nepriklausomybę 1990 m., kai Maskva sustabdė naftos tiekimą Lietuvai ir darė jai spaudimą ekonominiame, socialiniame ir politiniame sektoriuose, siekdama išlaikyti Sovietų Sąjungos integralumą. Vėliau, 2006 m., buvo sustabdytas naftos tiekimas vamzdynu „Družba II“, neva dėl techninių gedimų.

Europos Sąjunga, priimdama Lietuvą į savo gretas, įpareigojo uždaryti Ignalinos atominę elektrinę. Dėl griežtėjančių aplinkosaugos reikalavimų daugumą Lietuvos šiluminių elektrinių būtina modernizuoti, kitaip jos bus sustabdytos dėl per didelės taršos. 2012–2013 m. dujų kainos Lietuvoje buvo pasiekusios rekordines aukštumas, labai išaugo elektros importas iš Rusijos ir kitų šalių, didelę socialinę įtampą, gyventojų nepasitenkinimą ir nusivylimą kėlė milžiniškos sąskaitos gyventojams už nerenovuotų ir netaupių daugiabučių namų šildymą.

Iš pirmo žvilgsnio atrodytų, kad šių problemų sprendimas yra techninis ir ekonominis. Tereikia parengti energetikos sistemos plėtros projektų techninius planus, surasti finansavimo šaltinius ir problemos bus išspręstos. Pirmoji Nacionalinė energetikos strategija (Strategija) patvirtinta dar 1994 m., po to Strategija buvo atnaujinta keturis kartus, parengta daugybė jų korekcijų, įgyvendinimo planų ir kitų dokumentų. Visose energetikos strategijose ir jų įgyvendinimo planuose buvo numatyti techniniai sprendimai, reikalingi įrenginiai, organizacinės priemonės ir pan. Ekonominiais skaičiavimais grįsti vertinimai leido tvirtinti, kad siūlomi energetikos plėtros scenarijai yra naudingi, juos įdiegus sumažėtų energijos kainos ir suvartojimas, bent iš dalies susilpnėtų priklausomumas nuo importuojamo kuro ir energijos. Nors Lietuva per du su puse dešimtmečio ir pasiekė tam tikrą energetinio saugumo lygį, tačiau

tai vyko ne tik pagal energetikos strategijas, bet ir dėl politinių sprendimų.

Jau nuo pat pradžių, pagrindžiant energetikos plėtros projektus, buvo pasitelkiamas energetinio saugumo užtikrinimo argumentas. Projektai buvo vadinami energetinio saugumo ir energetinio nepriklausomumo garantais. Šiuo metu galiojanti, priimta 2012 m., Nacionalinė energetikos strategija netgi buvo pavadinta Energetinės nepriklausomybės strategija. Vis dėlto energetinio saugumo sąvoka daugumoje dokumentų buvo traktuojama gana siaurai, susitelkiant į energijos šaltinių ir kuro tiekimo diversifikavimą, importą ir nuosavų generavimo pajėgumų didinimą. Įgyvendinant energetikos plėtros planus ir vertinant energetinį saugumą, būtina atsižvelgti ir į geopolitinius bei sociopolitinius veiksnius. Pagrindinė energetinio saugumo analizės užduotis yra įvertinti esamų arba planuojamų energetikos sistemų atsparumą įvairioms grėsmėms – ne tik technologinėms, gamtinėms ir ekonominėms, bet ir geopolitinėms bei sociopolitinėms. Jei šios grėsmės pasitvirtintų, atsiradę trikdžiai gali nutraukti arba apriboti energijos ir kuro tiekimą vartotojams, taip pat labai padidinti kainas. Sociopolitinės ir geopolitinės grėsmės gali apriboti arba visai sužlugdyti energetikos projektų įgyvendinimą, nors techniškai ir ekonomiškai jie labai patrauklūs. Jeigu savo planuose neatsižvelgsime į šiuos veiksnius, jie gali būti pasmerkti likti tik planais ir nesuteikti visuomenei nei energetinio nepriklausomumo, nei mažesnių energijos kainų, nei harmoningos energetikos plėtros Lietuvoje. Tik 2015 m. pradėtoje naujai rengti Nacionalinėje energetikos strategijoje buvo skirta daugiau dėmesio energetiniam saugumui, įvertinti anksčiau paminėti ne tik techniniai ir ekonominiai, bet ir sociopolitiniai bei geopolitiniai veiksniai, atlikta grėsmių analizė.

Pirmuosius moksliniais principais grindžiamus energetinio saugumo tyrimus Lietuvos energetikos institute pradėjo J. Augučio ir E. Ušpuro vadovaujama mokslininkų grupė, kuri 2006 m. ėmė kurti energetinio saugumo vertinimo metodiką, grįstą energetinio saugumo indikatorių sistema. Joje indikatoriai suskirstyti į blokus, o blokuose išskirtos atskiros indikatorių grupės. Energetinio saugumo indikatoriai, atliekant daugelio kriterijų analizę, yra sujungiami į vieną

integralią charakteristiką, vadinamąją energetinio saugumo lygiu.

2008–2010 m. Lietuvos energetikos instituto mokslininkai kartu su užsienio partneriais vykdė 7 Bendrosios programos (7 BP) projektą SECURE (angl. *Security of Energy Considering Its Uncertainty, Risk and Economic Implications*), kuriame buvo įvertintas Europos šalių atskirų energetikos sistemų energetinis saugumas. 2008 m. pabaigoje įkurtas bendras Vytauto Didžiojo universiteto (VDU) ir Lietuvos energetikos instituto (LEI) Energetinio saugumo tyrimų centras (ESTC) sujungė šių dviejų institucijų padalinių mokslininkų grupes, kurių tiriamojo darbo tematika yra susijusi su energetinio saugumo tyrimais. ESTC vykdė Lietuvos nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ projektus [3, 4], susijusius su energetinio saugumo tyrimais, nuo 2012 m. kiekvienais metais leidžia metinę apžvalgą [5], kurioje apibūdinama Lietuvos energetinio saugumo situacija.

Proveržį energetinio saugumo tyrimo metodikoje leido padaryti gilesnis energetinio saugumo apibrėžimas. Dauguma ankstesnių apibrėžimų akcentavo energetikos sistemų gebėjimą tiekti energiją vartotojams mažiausiomis kainomis. Pavyzdžiui, vieno žinomiausių Kembridžo universiteto Energetinių tyrimų analitinio centro CERA (*Cambridge Energy Research Associates, Inc.*, JK) prezidento D. Yergino energetinio saugumo apibrėžimas teigia, kad „energetinio saugumo tikslas yra užtikrinti patikimą energijos išteklių tiekimą prieinamomis kainomis, nekenkiant svarbiausioms nacionalinėms vertybėms ir tikslams“ [6]. Šis ir kiti apibrėžimai [7] neleidžia energetinio saugumo įvertinti kiekybiškai, naudojant integralias charakteristikas. Išsami visame pasaulyje atliktų energetinio saugumo apibrėžimų, tyrimų, mokslinių publikacijų, studijų ir energetinį saugumą reguliuojančių dokumentų analizė leidžia suformuluoti naują energetinio saugumo apibrėžimą: „Energetinis saugumas yra ne tik energetikos sistemų gebėjimas tiekti kokybišką energiją vartotojams normaliomis sąlygomis ir priimtinais kainomis, bet ir gebėjimas pasipriešinti galimiems trikdžiams, kylantiems dėl technologinių, gamtinių, ekonominių, sociopolitinių ir geopolitinių priežasčių“. Šis apibrėžimas, skirtingai nuo ankstesnių, parodo, kokiais matais galima kiekybiškai vertinti energetinį saugumą ir jo lygį.

ENERGETINIO SAUGUMO ANALIZĖS METODINIAI PRINCIPAI

Energetiniam saugumui vertinti naudojamos skirtingos metodikos, atsižvelgiant į tai, kuriam laikotarpiui yra atliekamas vertinimas. Jeigu analizuojamas praėjusio laikotarpio energetinis saugumas, kai žinomi visi duomenys apie energetikos sistemas (energijos sunaudojimas, kainos, kuro sąnaudos ir t. t.), taikoma indikatorių sistema. Integrali indikatorių charakteristika, gaunama taikant daugiakriterinę analizę, vadinama energetinio saugumo lygiu.

Siekiant nustatyti energetinį saugumą įvairiems plėtros scenarijams ateityje, t. y. įvertinti šalies energetikos sektoriaus raidos scenarijus energetinio saugumo aspektu, taikoma kita metodika, kuri pagrįsta įvairių galimų grėsmių ir iš jų pasireiškiančių trikdžių bei jų pasekmių energetikos sistemoms analize. Modeliavimo būdu nustatoma energetikos sistemų galimybės pasipriešinti kylantiems trikdžiams. Suminė trikdžių pasekmių (nepateikta energija ir padidėjusios išlaidos energijai) charakteristika laikoma nagrinėjamo energetikos plėtros scenarijaus energetinio saugumo koeficientu. Skirtingiems scenarijams energetinio saugumo koeficientas nustatomas tiek atskiriems laiko momentams, tiek ir visam modeliavimo periodui. Tai leidžia palyginti įvairių plėtros scenarijų energetinį saugumą, įvertinti atskirų projektų įtaką energetiniam saugumui.

ENERGETINIO SAUGUMO LYGIO VERTINIMAS

Saugumo indikatorius – tai specialus rodiklis, kurį pritaikius galima skaitiškai įvertinti svarbius energetikos sektoriaus energetinio saugumo rodiklius. Siekiant nustatyti energetikos sektoriaus energetinio saugumo lygį, indikatoriai turi būti normalizuojami, kadangi skirtingi indikatoriai matuojami skirtingais vienetais. Duomenys indikatorių sistemai yra gaunami iš statistinių duomenų, techninio-ekonominio modeliavimo, patikimumo analizės ar ekspertinio vertinimo.

Energetinio saugumo įvertinimo, panaudojant indikatorius, algoritmas trumpai gali būti aprašomas taip: indikatorių sistemos suformavimas; indikatorių reikšmių surinkimas; indikatorių slenkstinių reikšmių apskaičiavimas;

normalizuotų indikatorių reikšmių apskaičiuojamas; indikatorių būsenos įvertinimo skalės sukūrimas; indikatorių dinamikos tiriamuoju laikotarpiu įvertinimas; viso energetikos sektoriaus saugumo įvertinimas balais; rekomendacijų, atsižvelgiant į gautą saugumo lygį, pateikimas.

Siekiant įvertinti Lietuvos energetikos sektoriaus energetinį saugumą, būtina nustatyti kiekvieno indikatorius svorį grupėje s_{ijk} , grupės svorį bloke s_{ij} ir bloko svorį s_i , čia $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$, $k = 1, \dots, l$. Blokų ir grupių svoriai apskaičiuojami naudojant statistinius duomenis arba nustatomi ekspertinio vertinimo metodu.

Energetinio saugumo būseną įvertinama atsižvelgiant į blokų, grupių ir indikatorių svorius, taip pat į indikatorių įvertinimą balais pagal formulę:

$$B = \sum_{i=1}^n \left(s_i \sum_{j=1}^m \left(s_j \sum_{k=1}^l s_{ijk} I_{ijk} \right) \right); \quad (1)$$

čia I_{ijk} – indikatorius reikšmė balais.

Vertinant Lietuvos energetinio saugumo lygį, iš pradžių sudaromos indikatorių grupės ir nustatomi grupių svoriai. Dviejuose iš trijų indikatorių blokų (techniniame ir ekonominiame) indikatorių grupės buvo išskiriamos daugiausia pagal naudojamą kuro rūšį energetikos sektoriuje. Taip pat papildomai į indikatorių bloko sudėtį buvo įtraukta elektra ir šiluma, kaip atskiros indikatorių grupės. Visiems blokams buvo suteikiami vienodi svoriai, nes manome, kad jie vienodai lemia energetinio saugumo lygį. Techniniame ir ekonominiame blokuose indikatorių grupių svoriai nustatomi pagal kiekvienos kuro rūšies bei elektros ir šilumos sunaudojimo, skaičiuojamo tūkstančiais tonų kuro naftos ekvivalentu, dalį iš bendro sunaudojimo.

Sudarinėjant sociopolitinio bloko indikatorius yra išskiriamos dvi grupės: geopolitiniai ir sociopolitiniai indikatoriai. Geopolitinių indikatorių tikslas yra įvertinti tarptautiniu mastu paskelbtus politinius reitingus (*International Country Risk Guide, The PRS group*) tiek pačios šalies, tiek užsienio valstybių, iš kurių tiekiami energijos ištekliai; per kurias tranzitu tiekiami energijos ištekliai; kurios turi nuosavybės energetikos įmonėse vertinamoje valstybėje. Sociopolitinių indikatorių tikslas – pateikti vertinamosios šalies prisiimtą tarptautinių įsipareigojimų, Europos Sąjungos

(ES) direktyvų vykdymą, energijos naudojimo santykį su bendruoju vidaus produktu (BVP). Plačiau energetinio saugumo lygio vertinimas pateikiamas [8].

Energetinio saugumo vertinimo metodika skirtingiems energetikos sektoriaus plėtros scenarijams

Energetikos sektoriaus plėtros scenarijų analizei taikoma energetinio saugumo vertinimo metodika, kuri leidžia energetinį saugumą įvertinti tiek konkrečiu laiko momentu, tiek ir visu nagrinėjamoju laikotarpiu. Ši metodika apjungia kelis skirtingus modelius:

- tikimybinį modelį, skirtą energetikos sistemų grėsmių ir trikdžių susiformavimui analizuoti;
- ekonominį-optimizacinį modelį, skirtą energetikos sektoriaus plėtrai optimizuoti skirtingais stochastinių trikdžių scenarijais;
- energetinio saugumo metriką, skirtą išmatuoti ir įvertinti energetinį saugumą skaičiuojant energetinio saugumo koeficientą, kuris parodo energetikos sistemų atsparumo trikdžiams lygį.

Bendra šios energetinio saugumo tyrimo metodikos schema pavaizduota 1 pav. Pirmasis analizės etapas skirtas grėsmėms, kylantioms energetikos sistemoms tiek iš išorės, tiek jos viduje, identifikuoti ir analizuoti. Kiekviena grėsmė gali realizuotis į vienokį ar kitokį energetikos sistemų trikdį, galintį padaryti potencialios žalos energetikos sektoriui. Trikdžiai čia apima tiek fizinį energijos ar kuro tiekimo nutraukimą bei apribojimą, tiek ir jų kainos pasikeitimą. Kadangi grėsmių ir trikdžių pobūdis yra stochastinis, tai grėsmių realizavimosi į trikdžius analizei sukurtas tikimybinis modelis, pagrįstas trikdžių parametrų bei jų tikimybinį charakteristikų vertinimu. Siekiant ištirti, kaip atsitiktiniai trikdžiai veikia energetikos sistemų veiklą ir kokias pasekmes sukelia, reikalingas tų sistemų perspektyvinės raidos modeliavimas bėgant laikui. Todėl antrajame etape modeliuojamas energetikos sektorius bei jo plėtros scenarijai naudojant ekonominį-optimizacinį energetikos sektoriaus perspektyvinės raidos modelį. Energetikos sektorius paveikiamas stochastinių trikdžių scenarijų rinkiniu, kurių parametrai ir tikimybės nustatytos naudojant minėtą trikdžių parametrų tikimybinį modelį. Siekiant pagal trikdžių pasekmes kiekybiškai nustatyti energetikos sistemų energetinį saugumą, reikia

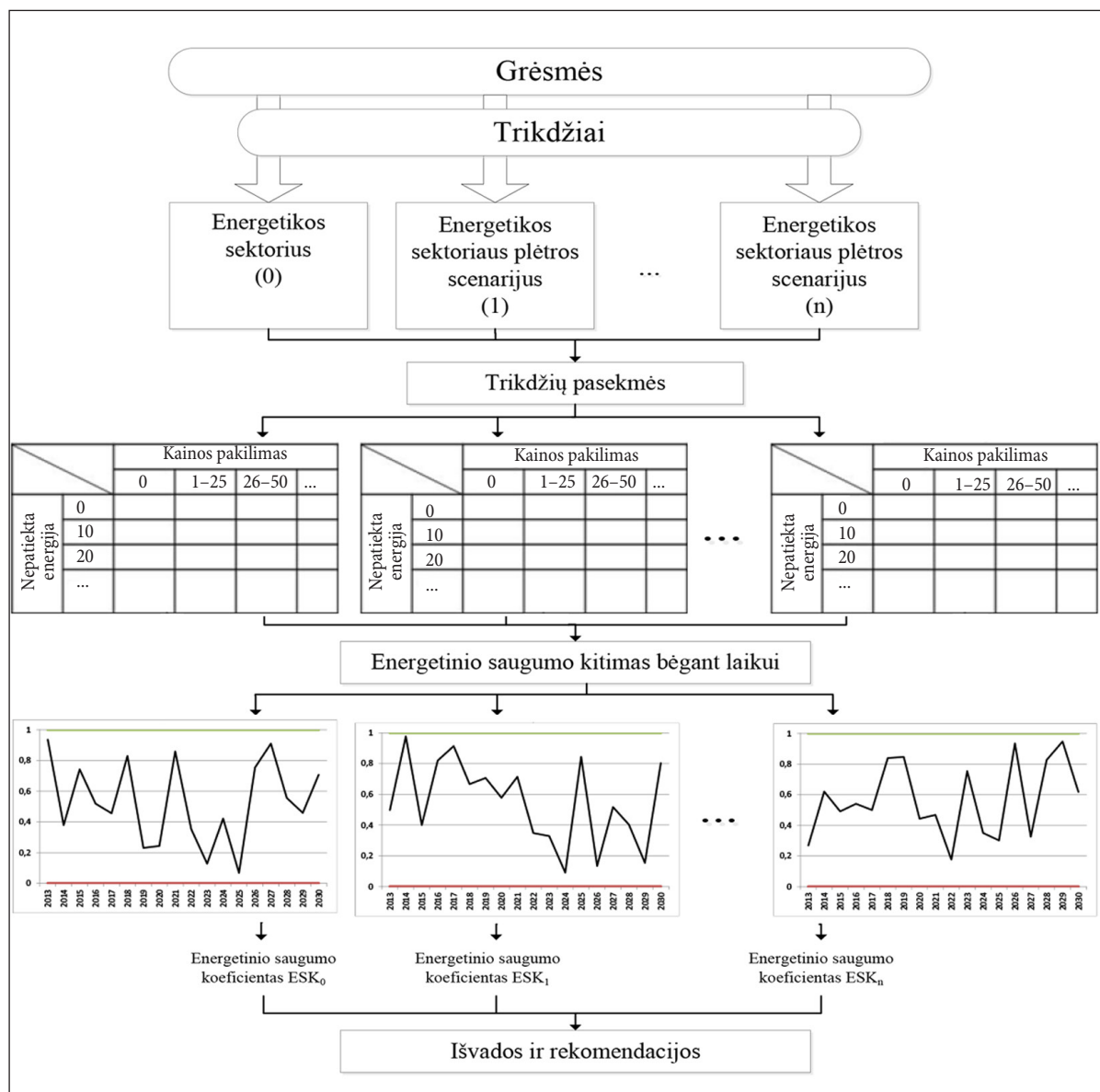
įvertinti sistemų atsparumo trikdžiams lygį. Todėl trečiajame etape įvertinamas visų trikdžių pasekmių integralus rodiklis – energetinio saugumo koeficientas. Jį sudaro dėl trikdžių vartotojams nepateikta energija ir energijos kaštų pokytis, palyginti su scenarijumi, kuriame trikdžių nėra. Taigi, šiuo koeficientu įvertinamas energetikos sistemų atsparumo trikdžiams lygis.

Pagrindinis šios metodikos skirtumas, palyginti su kitais energetinio saugumo vertinimo būdais, yra tas, kad įprastai optimizaciniai ekonominiai energetikos sektoriaus plėtros modeliai atsižvelgia tik į vieną kriterijų – energijos kaš-

tus. Ši metodika įvertina ne tik kaštų įtaką, bet ir energijos tiekimo patikimumą bei sistemos gebėjimą pasipriešinti įvairiems trikdžiams. Pagal šią metodiką scenarijus su mažiausiomis išlaidomis nebūtinai bus „geriausias“ energetinio saugumo prasme.

Grėsmės energetiniam saugumui

Grėsmėmis laikomos realios galimybės sukelti žalą konkrečiai energetikos sistemai arba sumažinti bendrą saugumo lygį (t. y. pakeisti aplinką iš tenkinančios nustatytas saugumo sąlygas į aplinką, netenkinančią šių sąlygų). Grėsmės energetiniam



1 pav. Energetikos sektoriaus ir jo plėtros scenarijų energetinio saugumo tyrimo metodikos schema

saugumui dažniausiai klasifikuojamos pagal jų atsiradimo šaltinius. Grėsmių šaltiniai gali būti trijų tipų: socialinio ir geopolitinio, gamtinio (klimatinio) ar technogeninio. Grėsmių energetiniam saugumui yra itin daug, o kai kalbame apie konkrečią valstybę, grėsmių sąrašas yra išskirtinis ir nuolat kintantis.

Technogeninės grėsmės

Šių grėsmių grupę sudaro techninės avarijos energijos gamybos, išteklių transporto ir energijos perdavimo infrastruktūroje. Tokio tipo grėsmės Lietuvoje dažniausiai pasireiškia elektros energijos perdavimo tinkluose. Elektros tiekimo oro linijų nutrūkimų dėl techninio pobūdžio sutrikimų atvejai sudaro 15 % visų tiekimo pertrūkių [4], o Lietuvos dujotiekiuose per 20 metų užregistruoti tik 7 incidentai [4]. Tokios grėsmės ir jų pasireiškimo dažnis vertinami pagal infrastruktūros patikimumo rodiklius, statistinę gedimų analizę, techninę dokumentaciją ir pan.

Gamtinės (klimato) grėsmės

Iš gamtinių (klimato) grėsmių Lietuvoje dažniausiai pasitaiko ekstremalūs vėjai, liūtys, sauros. Šie gamtos reiškiniai būdingi Baltijos regionui, kai kurie jų ypač suintensyvėjo pastaraisiais dešimtmečiais. Ekstremalūs vėjai ir viesulai Lietuvoje tapo įprastu reiškiniu, su kuriuo susiduriama kone kasmet. Didelis snygis arba ilgalaikės liūtys ne tik kelia grėsmę elektros linijoms, bet ir trukdo jas pataisyti atokiose Lietuvos vietovėse, todėl energijos tiekimo pertrūkiai atskiriems vartotojams gali trukti ir keletą parų. Ekstremalios temperatūros irgi dažnas reiškinys Lietuvos klimato zonoje. Nors temperatūrų pokyčiai nebūna labai dideli ir ilgalaikiai, dažnai juos lydi šalutiniai reiškiniai, pavyzdžiui, šerkšno ar ledo susiformavimas ant elektros tiekimo linijų, žemės judėjimas dėl išalo ir pan. Šios grėsmės Lietuvoje pasireiškia periodiškai. Pavyzdžiui, 2006 m. žiemos viduryje dėl ypač žemos temperatūros ir prastos vamzdyno būklės Telšiuose sutriko centralizuotas šilumos tiekimas daugumai miesto vartotojų.

Sociopolitinės grėsmės

Sociopolitinėmis vadinamos grėsmės, susijusios su valstybių ar žmonių grupių sprendimais, kurie netiesiogiai ar tiesiogiai daro įtaką įpras-

tam energetikos sektoriaus funkcionavimui. Pavyzdžiui, agresyvi valstybių tiekėjų energetikos politika Lietuvos atžvilgiu – manipuliavimas energijos išteklių tiekimo apimtimis ir jų kainomis, siekiant paveikti Lietuvos vidaus ir užsienio politiką valstybei tiekėjai naudinga linkme. Atsinaujančių energijos išteklių vieningos ir nusistovėjusios rėmimo sistemos nebuvimas gali riboti energijos išteklių gavybą ar gamybą ir taip sumažinti energijos išteklių rūšinę diversifikaciją. Tokio pobūdžio grėsmė kaip politinis nestabilumas ir išoriniai konfliktai, kurių pasireiškimo tikimybė yra maža, tačiau energetikos infrastruktūra grėsmės realizacijos atveju yra vienas pagrindinių konfliktuojančių pusių taikinių, o tai gali sukelti itin sunkias pasekmes, pavyzdžiui, rimtus trikdžius elektros tiekimo tinkluose. Taip pat valstybių tiekėjų ir tranzito valstybių ginčai – nesutarimai dėl kainodaros, strateginių energetikos bendrovių kontrolės ir tranzito apimčių gali lemti energijos išteklių tiekimo Lietuvai sutrikimus. Dar viena grėsmė gali kilti dėl nekontroliuojamos korupcijos, galinčios sukelti energijos kainų svyravimus ir trukdyti vykdyti strateginius energetikos infrastruktūros projektus. Teisėtvarokos kokybė kelia grėsmę valstybės gebėjimui vykdyti įsipareigojimus, laikytis teisės normų ir išlaikyti patikimą energijos išteklių tiekimą bei vartotojams priimtinas kainas. Galimas valstybinių ar privačių monopolinių energetikos sektoriaus bendrovių susiformavimas – energijos išteklių gavybos, gamybos, tiekimo, skirstymo ir prekybos veiklų galimas sukoncentravimas vienoje bendrovėje bei rinkos iškraipymas. Net interesų grupių suformuota neigiamą nuomonę apie strateginius energetikos projektus kelia riziką jų įgyvendinimui. Galiausiai, negalima visai atmesti ir teroristinių išpuolių, kurie gali pasireikšti teroristinių grupuočių veiksmais, nukreiptais prieš strateginę energetikos infrastruktūrą, taip pat tiekėjų, vartotojų ir tranzito valstybių teritorijose.

Trikdžių parametų tikimybinis modelis

Trikdžių parametrams aprašyti ir jų tikimybinėms charakteristikoms įvertinti taikomas nukrypimų nuo bazinio scenarijaus metodas. Bazinis scenarijus – tai scenarijus, parodantis esamą energetikos sektoriaus situaciją ir jo normalią raidą, kai energijos išteklių tiekimo nutraukimu

ar trikdžių nėra iki 2030 m. Pagal šį scenarijų energijos išteklių tiekiami atitinkamai pagal prognozuojamus poreikius elektros energijos ir centralizuotai tiekiamos šilumos gamybai.

Išoriniai ir vidiniai trikdžiai charakterizuojami įvairiais parametrais, pavyzdžiui, trikdžio pradžia, trukmė, energijos išteklių tiekimo apribojimu ar nutraukimu bei jų kainos padidėjimu, energijos ištekliu ar technologija, kai buvo sutrikdytas ar sumažintas jo prieinamumas, pradinį investicijų pokyčių naujiems energetikos projektams ir pan.

Kadangi trikdžių parametrai pasižymi tikimybinėmis charakteristikomis, tai jiems būtina nustatyti tikimybinis skirstinius, kad sudarytų visą trikdžių scenarijų rinkinį, kuriuo būtų galima modeliuoti energetikos sistemų funkcionavimą. Pažymėtina, kad kai kurie trikdžiai yra priklausomi, todėl jų skirstinių parametrai susiję su kitų trikdžių parametrais. Be to, bėgant laikui keičiasi ir trikdžių parametrų vertės bei jų tikimybinis skirstinių parametrai, kurie taip pat priklauso nuo laiko. Trikdžių parametrų tikimybinis skirstinys pagrįsti ir jų parametrus įvertinti naudojama prieinama statistikos informacija apie buvusius trikdžius praeityje ir jų prigimtį, mokslo darbai bei įvairios studijos, kuriose vertinamos energetinio saugumo grėsmės ir galimybės pasireikšti trikdžiams.

Su skirtingomis trikdžių parametrų reikšmėmis Monte Karlo metodu sudaroma trikdžių aibė, atsižvelgiant į tikimybinis skirstinių parametrus. Kiekvienas trikdžio parametrų rinkinys atitinka skirtingą trikdžio vystymosi scenarijų, iš kurių ir sudaroma trikdžių scenarijų aibė. Šia aibe toliau modeliuojamas energetikos sektorius ir jo plėtra. Modeliavimo įrankiu šioje metodikoje buvo pasirinkta atvirojo kodo energetikos sistemų modeliavimo sistema OSeMOSYS [9]. Atvirojo kodo energetikos sistemų modeliavimo įrankis OSeMOSYS yra visavertis sistemų optimizacinis modelis, skirtas energetikos sistemoms planuoti ilgalaikėje perspektyvoje.

Atlikus modeliavimą taikant aprašytą metodiką, gaunamos trikdžių pasekmės energetikos sistemoms: (galimas) išlaidų energijai padidėjimas ir (galimi) nepateiktos energijos kiekiai dėl įvykusių trikdžių sistemose. Jiems įvertinti naudojamas energetinio saugumo koeficiento įvertis.

Energetinio saugumo koeficientas

Dėl pasireiškusių trikdžių energetikos sistemose analizuojamos dviejų rūšių pasekmės:

- išlaidų energijai padidėjimas (dėl trikdžių) nuo 0 iki 100 % ir daugiau;
- galimai nepateikta energija (dėl trikdžių) nuo 0 iki 100 %.

Energetinio saugumo analizės metodikoje naudojama energetinio saugumo metrika, skirta nustatyti ir įvertinti energetinį saugumą pagal trikdžių sukeltas pasekmes – energetinio saugumo koeficientą (ESK).

Šia integralia charakteristika galima nustatyti energetikos sistemų energetinio saugumo koeficiento vertę tiek esamu laiko momentu, tiek jo kitimą bėgant laikui. ESK leidžia įvertinti trikdžių scenarijų energetikos sistemose pasekmes energetinio saugumo aspektu. Energetinio saugumo koeficientas priklauso nuo nepateiktos energijos kiekių, išlaidų energijai padidėjimo bei kiek laiko tai tęsiasi kiekviename trikdžių scenarijuje. Energetinio saugumo koeficientas gali būti skaičiuojamas kiekvienam trikdžių scenarijui s kiekviename laiko segmente l pagal formulę:

$$ESK_{y,l,s}^{TS} = \exp(-w_1 \cdot FCC_{y,l,s}^{TS} \cdot \exp(w_2 \cdot YS_{y,l})) - w_3 \cdot UE_{y,l,s}^{TS} \cdot \exp(w_4 \cdot YS_{y,l}) \quad \forall y, l, s; \quad (2)$$

čia: $ESK_{y,l,s}^{TS}$ – energetinio saugumo koeficientas trikdžių scenarijuje s kiekviename laiko segmente l , $\exp(\cdot)$ – eksponentinė funkcija e^x , w_j – svoriniai koeficientai, kuriais įvertinama nepateiktos energijos svarba prieš išlaidų energijai pakilimą ($j = 1, 2, 3, 4$), $FCC_{y,l,s}^{TS}$ – išlaidų energijai padidėjimas trikdžių scenarijuje s kiekviename laiko segmente l , $UE_{y,l,s}^{TS}$ – galimai nepateikta energija trikdžių scenarijuje s kiekviename laiko segmente l , $YS_{y,l}$ – metus į laiko segmentus dalijantis koeficientas.

2 formule įvertinamas energetikos sistemų energetinio saugumo koeficientas konkrečiam vienam trikdžio scenarijui s įvairiais laiko momentais. Tačiau paprastai energetikos sistemos modeliuojamos ne su vienu trikdžių scenarijumi, o su jų aibe, todėl būtina nustatyti bendrą visų trikdžių scenarijų ESK įvairiais laiko momentais. Tam skaičiuojamas vidutinis ESK. Todėl norint įvertinti visų trikdžių scenarijų aibės įtaką energetikos sektoriaus energetiniam saugumui visu

modeliavimo laikotarpiu, skaičiuojamas tų scenarijų ESK vidurkis visuose trikdžių scenarijuose. Taip gaunamas bendras viso modeliuojamojo laikotarpio energetinio saugumo koeficientas, įvertinantis visą trikdžių scenarijų aibę, pagal formulę:

$$ESK^{MP} = \frac{1}{nsc} \sum_s \frac{1}{b-a+1} \sum_y \frac{1}{ntc} \sum_t ESK_{y,t,s}^{TS}; \quad (3)$$

čia: ESK^{MP} – vidutinis visų trikdžių scenarijų energetinio saugumo koeficientas visu modeliavimo laikotarpiu, nsc – trikdžių scenarijų skaičius trikdžių scenarijų aibėje, ntc – laiko segmentų skaičius per metus.

Energetinio saugumo koeficientas parodo energetikos sistemų atsparumo joms kylantiems trikdžiams lygį. ESK skaičiuojamas iš trikdžių pasekmių (energijos nepatiekimo ir išlaidų energijai padidėjimo), kurios tiesiogiai atskleidžia sistemų pažeidžiamumą. Ši sistemų savybė yra priešinga sistemų atsparumo trikdžiams savybei, kurią įvertina energetinio saugumo koeficientas. ESK reikšmė kinta nuo 0 iki 1. Energetinio saugumo koeficientas lygus vienetui (maksimalus ESK), kai energetikos sistemos yra atsparios trikdžiams ir nėra nei energijos išlaidų padidėjimų, nei nepatiktos energijos kiekių. Energetinio saugumo koeficientas lygus nuliui (minimalus ESK), kai energetikos sistemos visiškai neatsparios trikdžiams, o energijos išlaidos padidėja daugiau nei 100 % arba 100 % netiekiamą energija.

Metodika pristatyta poskyryje „Energetinio saugumo vertinimo metodika skirtingiems energetikos sektoriaus plėtros scenarijams“, o jos taikymai plačiau pateikti [10].

LIETUVOS ENERGETINIO SAUGUMO LYGIS 2008–2014 M.

Integralųjį Lietuvos energetinio saugumo lygį galima įvertinti tik atsižvelgus į visus veiksnius, darančius įtaką energetiniam saugumui. Tokių veiksnių (indikatorių) yra 68. Nuo 2010 m. naudojama 60, nes nuo 2010 m. nebeskaičiuojami indikatoriai, susiję su branduoline energetika ir branduolinio kuro tiekimu. Visi indikatoriai suskirstyti į tris blokus – techninį, ekonominį ir sociopolitinį. Kiekvienas blokas ir indikatorius turi savo svorį bendrame įvertyje, kuris

integruoja visų veiksnių įtaką energetiniam saugumui. Šis bendras įvertis vadinamasis energetinio saugumo lygis, matuojamas pagal skalę nuo 0 (blogiausia reikšmė) iki 100 (geriausia reikšmė).

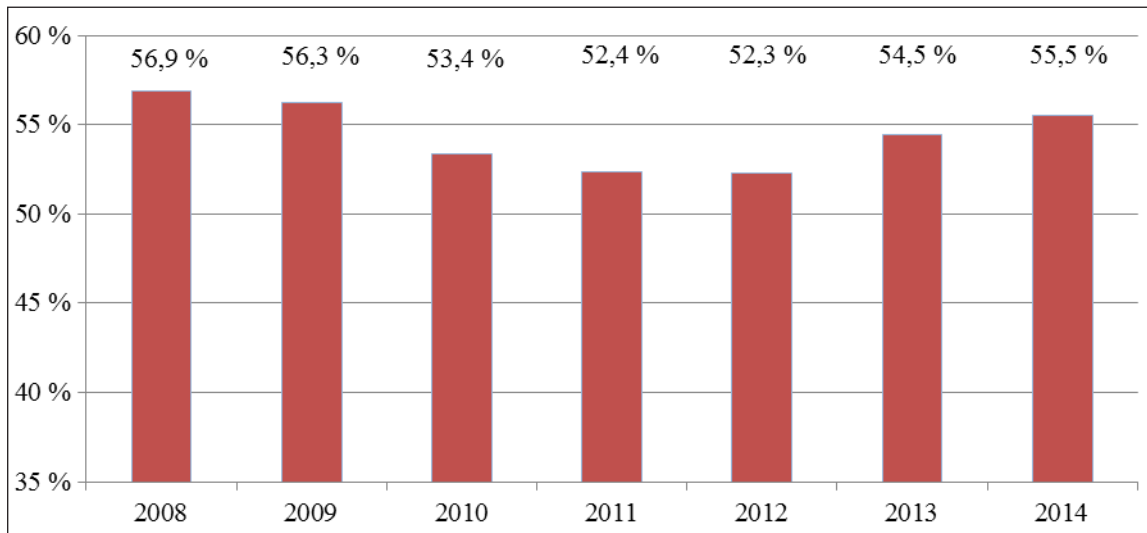
Lietuvos bendrasis energetinio saugumo lygis

Lietuvos energetinio saugumo lygis vertinamas nuo 2008 m. (šie metai pasirinkti kaip baziniai). Nagrinėjant integruotąjį Lietuvos energetinio saugumo lygį, analizuojamojo laikotarpio pradžioje buvo stebimas lygio mažėjimas – nuo 56,9 % (2008) iki 52,3 % (2012). Didžiausios įtakos tam turėjo sociopolitinio bloko indikatoriai, susiję su tranzitinių šalių ir šalių, iš kurių importuojami energijos ištekliai, rizikos reitingų mažėjimu. Taip pat šiuo laikotarpiu didėjo dujų sąnaudos bendrame kuro ir energijos balanse. Nuo 2013 m. jau pastebimas energetinio saugumo lygio didėjimas, kuris 2014 m. siekė 55,5 %. Šalies energetinio saugumo situaciją blogino veiksniai, susiję su gamtinių dujų tiekimo sistema, rinkų suvaržymais, priklausomumu nuo energijos išteklių importo iš vienos šalies tiekijos ir neproporcingai didelėmis gyventojų išlaidomis energetinėms paslaugoms. Didžiausios įtakos energetinio saugumo lygio didėjimui turėjo mažėjantis gamtinių dujų ir didėjantis biokuro dedamosios svoris šalies kuro ir energijos balanse, mažėjantis energijos naudojimo intensyvumas. Energetinio saugumo lygio dinamika iliustruota 2 pav.

Uždarius Ignalinos AE, nuo 2010 m. situacija energetikos sektoriuje pakito, nes pasikeitė vyraujantis elektros energijos gamybos šaltinis – bazinę elektros energijos gamybą užtikrino dujomis kūrenamos jėgainės. Dujų tiekimasis yra silpniausia grandis ekonominėje ir geopolitinėje plotmėje, vienintelės kuro rūšies vyravimas energijai gaminti mažina energetinį saugumą. Dėl to 2010 m. ir buvo stebimas žymesnis energetinio saugumo sumažėjimas.

Vertinant bendrą energetinio saugumo lygį, sudedami visų indikatorių rezultatai, todėl blogesnę vieno sektoriaus energetinio saugumo situaciją iš dalies kompensuoja geresni kito sektoriaus rodikliai.

Vis dėlto kritinę būseną žymintys indikatoriai rodo, kad energetikos sektoriuje yra esminių problemų, kurias būtina spręsti. 1 lentelėje



2 pav. Energetinio saugumo lygio dinamika 2008–2014 m.

1 lentelė. Indikatorių pasiskirstymas pagal būsenas

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Kritinė būsena	20	21	17	16	18	17	17
Prieškritinė būsena	23	21	24	26	24	25	25
Normali būsena	26	19	18	18	18	18	18

pateiktas indikatorių pasiskirstymas pagal tris būsenas skirtingais metais.

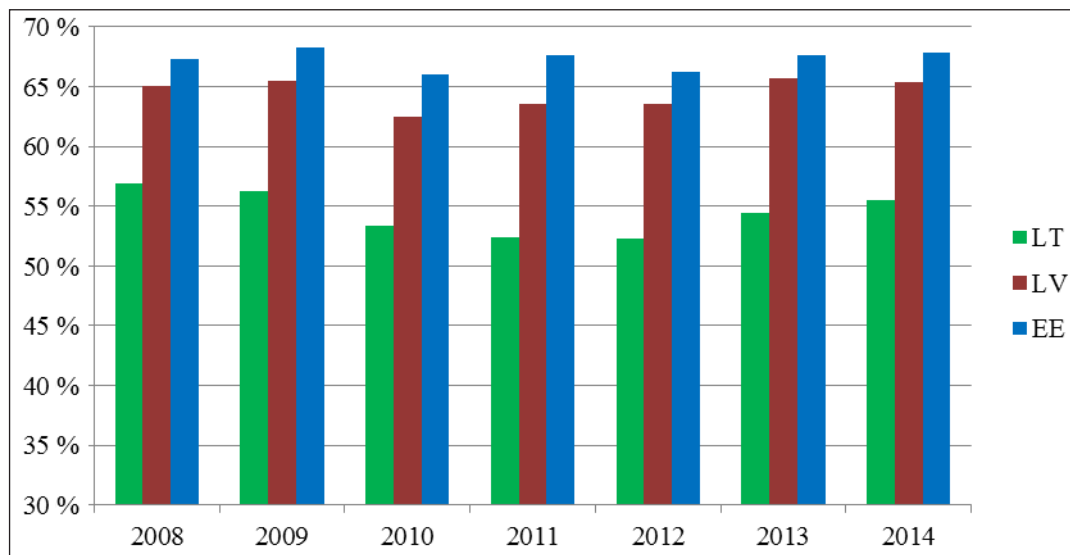
Nuo 2008 m. didesnė indikatorių dalis patenka į prieškritinę būseną, o normalios būsenos yra mažiau nei trečdalis. Toks indikatorių pasiskirstymas rodo didelę neigiamą įtaką bendram energetinio saugumo lygiui.

Dauguma indikatorių, patenkančių į kritinės būsenos zoną, susiję su dujų sistema: dujų pirkimo kainos santykis su ES šalių vidutine pirkimo kaina, dujų dalis perkama iš didžiausio tiekėjo, didelis elektros ir šiluminės energijos gamybos priklausomumas nuo dujų. Nemažai indikatorių į kritinę zoną patenka dėl rinkos sąlygų trūkumo, ypač šilumos gamybos sektoriuje. Sociopolitinis indikatorių blokas rodo, kad didžiausią neigiamą įtaką energetiniam saugumui daro didelis Lietuvos priklausomumas nuo importo iš vienos šalies ir neproporcingai didelės gyventojų išlaidos energetinėms paslaugoms, palyginti su vidutinėmis pajamomis, taip pat neigiamas gyventojų požiūris į naujus energetikos projektus ir žemi valstybių, patenkančių į tyrimą, politinio stabilumo reitingai.

Lietuvos energetinio saugumo lygio palyginimas su Latvijos ir Estijos energetinio saugumo lygiu

Naudojant tą pačią metodiką, 2008–2014 m. Lietuvos energetinio saugumo lygis buvo palygintas su Latvijos ir Estijos energetinio saugumo lygiu. Gauti rezultatai pateikti 3 pav. ir 2 lentelėje. Iš jų matyti, kad Latvijos ir Estijos energetinio saugumo lygis šiuo laikotarpiu buvo aukštesnis nei Lietuvos. Estijos energetinio saugumo lygis patenka į normalią būseną, Latvijos – artimas normaliai būsenai.

Visos trys šalys yra panašioje grėsmių ir rizikų aplinkoje. Iš esmės didelius energetinio saugumo lygio skirtumus lemia techninis ir ekonominis blokai. Jau minėta, kad Lietuvos ekonominiame bloke didžiąją dalį kritinės būsenos esančių indikatorių sudaro indikatoriai, susiję su dujų sektoriu. Panaši situacija ir Estijoje bei Latvijoje. Tačiau, vertinant trijų Baltijos valstybių energetinio saugumo lygį, atsiranda skirtumų dėl dujų sektoriaus dalies šalių energijos balanse. 2010–2014 m. dujų sektorius vidutiniškai užima apie 30 % Lietuvos energetinio saugumo lygio, Latvijoje jis



3 pav. Energetinio saugumo lygio dinamika Baltijos valstybėse

2 lentelė. Energetinio saugumo lygio dinamika 2008–2014 m.

Metai	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Lietuva	56,9 %	56,3 %	53,4 %	52,4 %	52,3 %	54,5 %	55,5 %
Latvija	65,1 %	65,5 %	62,5 %	63,6 %	63,6 %	65,7 %	65,4 %
Estija	67,3 %	68,3 %	66,0 %	67,7 %	66,3 %	67,7 %	67,8 %

sudaro vidutiniškai apie 15 %, o Estijoje – apie 7 %. Visose trijose valstybėse geriausiai vertintinas biokuro sektorius, kuris Lietuvos atveju sudaro apie 22 % bendro energetinio saugumo lygio, Estijoje – apie 21,8 %, Latvijoje – 39,4 % (3 lentelė).

3 lentelė. Vidutiniai Baltijos valstybių grupių svoriai techniniame ir ekonominiame blokuose

	Lietuva	Latvija	Estija
Elektra	19,63 %	21,75 %	33,68 %
Dujos	29,56 %	15,28 %	7,09 %
Nafta	3,81 %	0,15 %	0,52 %
Anglys	3,76 %	2,92 %	4,71 %
Biokuras	22,13 %	39,40 %	21,81 %
Šiluma	21,11 %	20,49 %	32,18 %

Energetinio saugumo lygį Latvijoje didino du rekonstruoti Rygos elektrinės blokai ir šalyje esanti dujų saugykla. Estijos energetiniam saugumui itin palanku tai, kad šalis yra elektros ener-

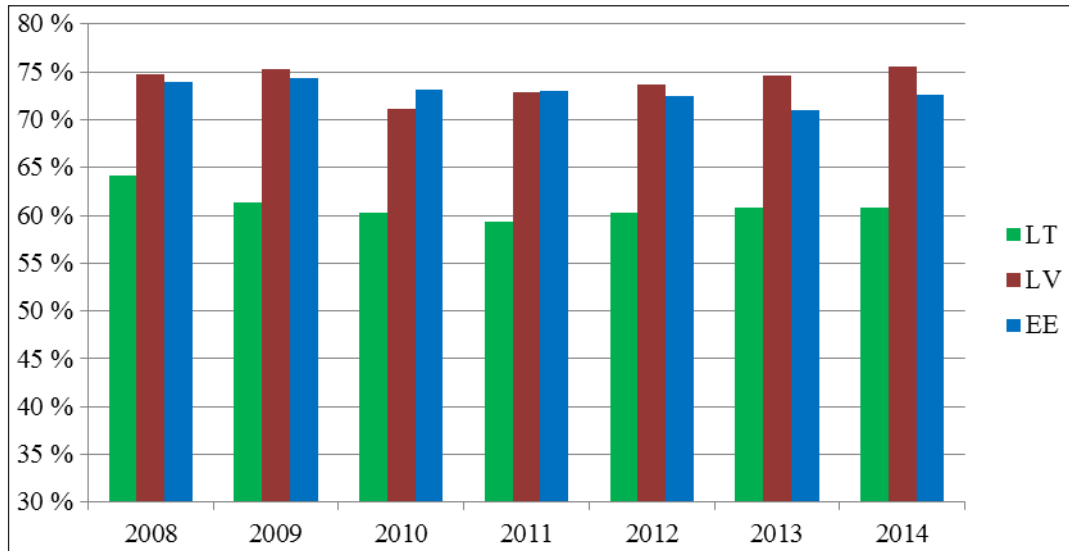
gijos eksportuotoja ir elektrą gamina naudodama nuosavus išteklius. 4–6 pav. pateikta Baltijos valstybių techninio, ekonominio ir sociopolitinio blokų energetinio saugumo lygio dinamika. Kaip matyti, didžiausias Lietuvos atsilikimas yra ekonominiame bloke. Minėta, kad tam daugiausia įtakos turi dujų sektorius, taip pat priklausomumas nuo energijos išteklių importo.

Atlikus integruoto Lietuvos energetinio saugumo lygio vertinimą ir jo palyginimą su Latvijos ir Estijos energetinio saugumo lygiu 2008–2014 m., nustatyta, kad nuo 2010 m. analizuotų šalių energetinio saugumo lygis turi tendenciją didėti, tačiau Lietuvoje jis nesiekė 66 %, kuri būtų galima laikyti priimtiniu energetinio saugumo lygiu.

Lietuvos energetikos sektoriaus plėtros

scenarijų analizė energetinio saugumo aspektu

Vienas svarbiausių energetinio saugumo užtikrinimo reikalavimų – Lietuvos energetikos sektoriaus gebėjimas atsispirti galimoms išorės ir vidaus grėsmėms. Tuo tikslu atliktas tyrimas siekiant nustatyti Lietuvos energetinio saugumo

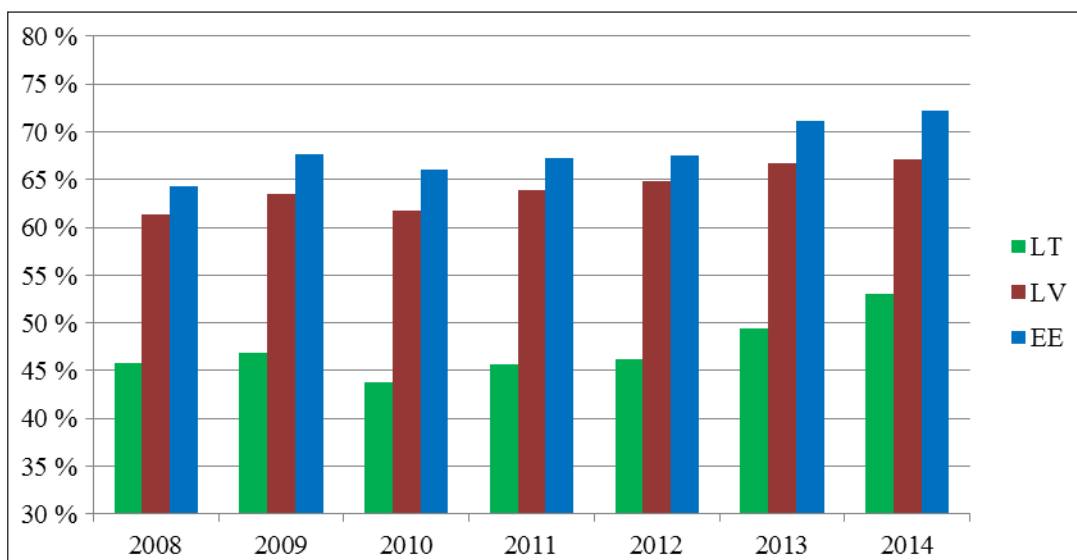


4 pav. Techninio bloko energetinio saugumo lygio dinamika Baltijos valstybėse

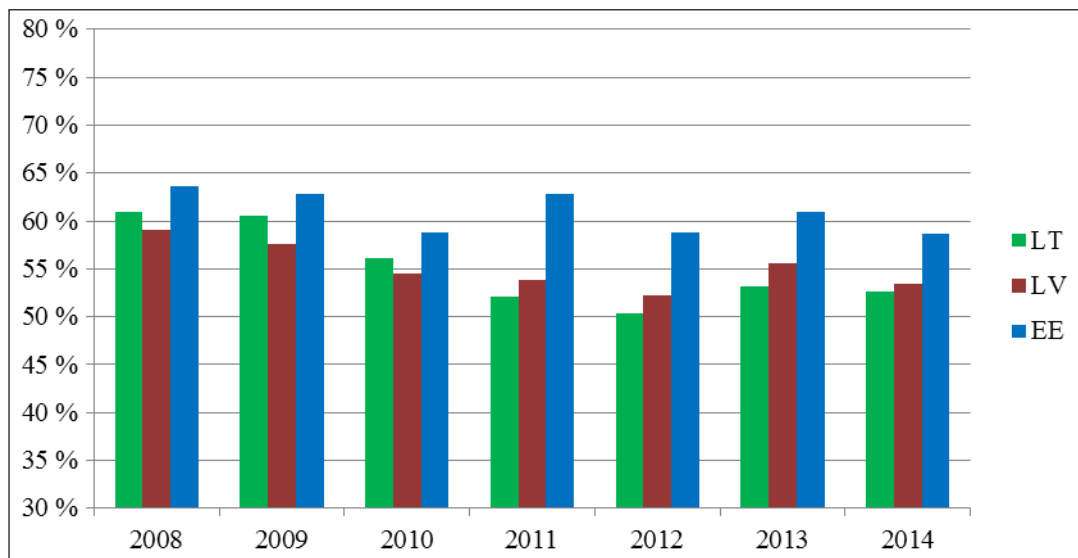
tendencijas skirtingiems Lietuvos energetikos sektoriaus plėtros scenarijams, taikant poskyryje „Energetinio saugumo vertinimo metodika skirtingiems energetikos sektoriaus plėtros scenarijams“ pristatytą metodiką.

Atliekant tyrimą analizuoti trys plėtros scenarijai (SC1, SC2 ir SC3), kuriais siekiama pavaizduoti tas Lietuvos energetikos sektoriaus perspektyvinę raidą charakterizuojančias sąlygas, kurios gerai koreliuoja su dabartine ES energetikos politika ir šalies energetiką orientuoja į kuo platesnę integraciją, tarptautinės energijos

rinkas ir kuo geresnę atskirų šalių energetikos infrastruktūros panaudojimą. Šių scenarijų atveju siekiama susidariusių vidaus ir išorės situaciją kuo geriau išnaudoti tenkinant šalies interesus. Be to, scenarijuose analizuojamuoju laikotarpiu (2015–2035) įtraukiami ir pagrindiniai plėtros projektai, kurie jau pradėti eksploatuoti, pavyzdžiui, suskystintųjų gamtinių dujų (SGD) terminalas, elektros jungtys su Švedija ir Lenkija; planuojami įgyvendinti artimiausiu metu, pavyzdžiui, elektros jungties su Lenkija antrasis etapas, dujotiekių jungtis tarp Lenkijos



5 pav. Ekonominio bloko energetinio saugumo lygio dinamika Baltijos valstybėse



6 pav. Sociopolitinio bloko energetinio saugumo lygio dinamika Baltijos valstybėse

ir Lietuvos (GIPL), Lietuvos elektros energetikos sistemos sinchronizacija su kontinentinės Europos tinklais (KET) ir pan. Tačiau scenarijai skiriasi kai kuriomis prielaidomis ir įvykiais, atspindėtais kiekvieno scenarijaus perspektyvoje (žr. 4 lentelę).

Pagrindinės prielaidos, skiriančios analizuojamuosius scenarijus, kad plėtros scenarijai skirtingai vertina Visagino AE. Pagal SC1 scenarijų VAE yra paleidžiama 2025 m., o pagal SC2 ir SC3 scenarijus ji apskritai nestatoma. SC2 ir SC3 scenarijai skirtingai vertina šalyje būtiną elektrinių

4 lentelė*. Svarbiausių energetikos sektoriaus įvykių ir projektų chronologija analizuotuose scenarijuose charakteringais metais

Scenarijai \ Metai	2015	2016	2020	2025
SC1	+ SGDT	+ NB + LPL 1 - LEL 5-8 blokai - VTE-3 - KTE	+ GIPL	+ SINCHRO + LPL 2 + VAE
SC2	+ SGDT	+ NB + LPL 1 - LEL 5-8 blokai - VTE-3 - KTE	+ GIPL	+ SINCHRO + LPL 2
SC3	+ SGDT	+ NB + LPL 1 - LEL 5-6 blokai - KTE + KCDT 455 MW	+ GIPL	+ SINCHRO + LPL 2

* Žymėjimai: '+' – pradėdant eksploataciją, '-' – baigiant eksploatuoti, GIPL – dujotiekių jungtis tarp Lenkijos ir Lietuvos, KCDT – kombinuotojo ciklo dujų turbina, KTE – Kauno termofikacinė elektrinė, LEL – Lietuvos elektrinė, LPL – elektros jungtis su Lenkija „LitPol Link“, NB – elektros jungtis su Švedija „NordBalt“, SC1 – pirmasis scenarijus, SC2 – antrasis scenarijus, SC3 – trečiasis scenarijus, SGDT – suskystintų gamtinių dujų terminalas, SINCHRO – sinchronizacija su kontinentinės Europos tinklais, VAE – Visagino atominė elektrinė, VTE – Vilniaus termofikacinė elektrinė.

instaliuotą galią, turinčią įtakos šalies energetiniam saugumui. SC2 scenarijaus atveju, pradedant 2025 m., šalyje reikalaujama palaikyti tokią instaliuotą elektrinių galią, kuri bet kuriuo metu galėtų patikimai pagaminti ne mažiau nei 50 % šaliai reikalingos elektros energijos. SC3 scenarijaus atveju šalyje reikalaujama palaikyti tokią instaliuotą, patikimai dirbančių elektrinių galią, kurios nuo 2025 m. bet kuriuo metu užtektų pagaminti ne mažiau nei 100 % šaliai reikalingos elektros energijos. Patikimai elektros energijos negalinčių tiekti elektrinių, tokių kaip vėjo, saulės ar akumuliacinių, galia čia nevertinama. Nuo šių scenarijaus prielaidų priklauso ir šalyje esančių elektros bei šilumos gamybos technologijų instaliuotų pajėgumų pasiskirstymas kiekviename iš scenarijų.

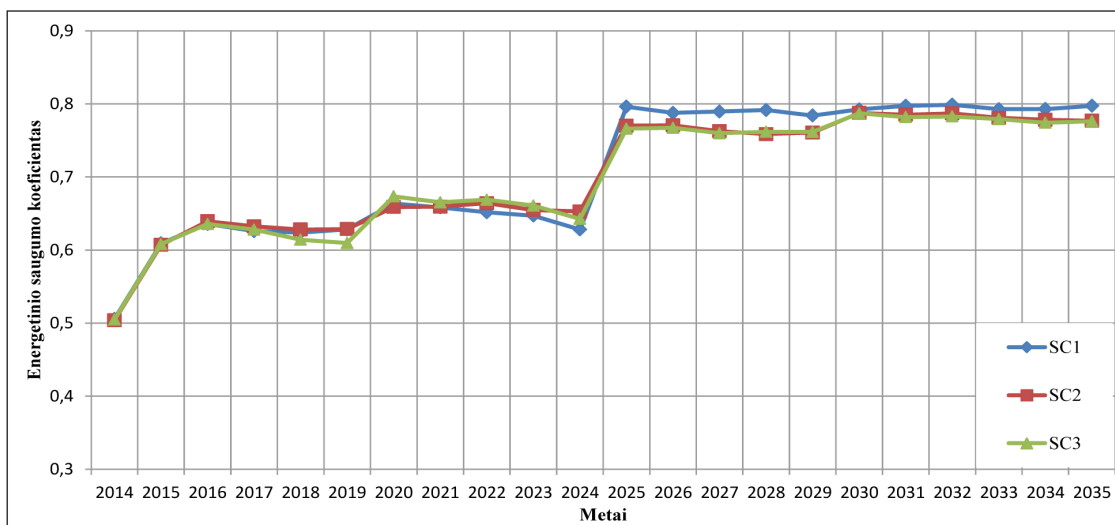
Atlikus energetikos sektoriaus plėtros scenarijų energetinio saugumo tyrimą gauti rezultatai, atspindintys skirtingų plėtros scenarijų Lietuvos energetinio saugumo tendencijas (7 pav.).

Vertinant svarbiausius energetikos objektus ir jų įtaką Lietuvos energetiniam saugumui reikia pažymėti, kad SGD terminalas turi labai reikšmingos įtakos Lietuvos energetiniam saugumui, nes jis diversifikavo gamtinių dujų tiekimą ir panaikino grėsmę dėl Lietuvos visiško priklausomumo nuo iš Rusijos tiekiamų gamtinių dujų, už kurias šalis mokėdavo monopolininkų nustatytą kainą. Su SGD terminalu buvo iš esmės pašalinta ir politinio spaudimo grėsmė. Kadangi šiuo metu gamtinių dujų naudojimas Lietuvoje mažėja, reikia ieškoti papildomų galimybių SGD terminalo veiklai, siekiant

kuo labiau jį išnaudoti, pavyzdžiui, pasitelkiant gamtinių dujų reeksportą ar tranzitą, kad neatsiras-tų nauja grėsmė, jei terminalas būtų neprieinamas ar ne visiškai parengtas reikiamu momentu.

Elektros jungčių su Švedija ir Lenkija įtaka energetiniam saugumui yra teigiama dėl elektros importo ir rinkų diversifikacijos, todėl šių plėtros projektų įgyvendinimas ir jungties su Lenkija plėtojimas ateityje („LitPol link“ antrasis etapas) turės papildomos teigiamos įtakos Lietuvos energetiniam saugumui. Šių jungčių paleidimas taip pat atvėrė galimybes elektrą pirkti konkurencingoje rinkoje ir ją importuoti priimtinomis kainomis, o tai yra viena iš energetinio saugumo dedamųjų. Šių projektų įgyvendinimas panaikina grėsmę, kylančią dėl didelės elektros importo dalies iš Rytų šalių.

Dujotiekių jungtis tarp Lenkijos ir Lietuvos (GIPL) yra vienas projektų, galinčių prisidėti prie šalies energetinio saugumo užtikrinimo. Tačiau energetinio saugumo požiūriu, esant normaliai SGD terminalo eksploatacijai, GIPL nėra kritiškai būtinas plėtros projektas. Dujotiekių jungtis tarp Lenkijos ir Lietuvos padidintų Lietuvos energetinį saugumą dėl gamtinių dujų tiekimo šaltinių ir maršrutų diversifikacijos bei integruotų izoliuotas Baltijos šalių dujų rinkas į bendrą ES dujų rinką, sukurdamą pagrindą konkurencingai regioninei dujų rinkai. Ši dujotiekį galima panaudoti ne tik dujų importui iš kitų šalių, bet ir dujų reeksportui į kitas šalis iš SGD terminalo, o tai leistų atpiginti SGD terminalo kaštus ir taip užtikrinti gamtinių dujų tiekimo saugumą bei patikimumą Lietuvoje.



7 pav. Energetinio saugumo koeficiento kitimas plėtros scenarijuose bėgant laikui

Lietuvos elektros energetikos sistemos atjungimas nuo sinchroninio darbo su IPS/UPS ir sinchronizacija su kontinentinės Europos tinklais arba kitų techninių priemonių, užtikrinančių patikimą ir stabilų elektros energetikos sistemos darbą, diegimas yra būtinas šalies energetiniam saugumui užtikrinti ir palaikyti. Tai užkirstų kelią galimam visiškam ar daliniam Baltijos šalių elektros energijos tiekimo praradimui ar nepatikimam tinklo darbui, panaikintų galimas geopolitines Rytų šalių grėsmes, galinčias pasireikšti per elektros energetikos sistemos trikdžius.

Po 2025 m. viena iš galimų alternatyvų palaikyti Lietuvos energetinį saugumą yra Visagino AE, tačiau jos poreikis nėra kritinis, nes dėl įvairių jau įvykdytų ar planuojamų energetikos plėtros projektų (SGD terminalo, elektros jungčių su Lenkija ir Švedija, dujotiekių jungties tarp Lenkijos ir Lietuvos, sinchronizacijos su KET ar atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) plėtros ir pan.) Lietuvos energetinis saugumas pasiekia gana aukštą lygį. Dėl šios priežasties Visagino AE įtaka nebėra tokia didelė, kokia galėjo būti pastačius branduolinę elektrinę gerokai anksčiau ir neįgyvendinus paminėtų projektų. Visagino AE poveikis energetiniam saugumui pasireiškia dėl didesnės kuro rūšių, naudojamų elektros gamyboje, diversifikacijos bei padidėjusio energetikos sektoriaus atsparumo elektros importo trikdžiams ir kainų pokyčiams. Kita vertus, didelės VAE projekto pradinės investicijos, neigiamas visuomenės požiūris į branduolinę energetiką, neužbaigtos derybos su kaimyninėmis šalimis dėl projekto ir kiti neapibrėžtumai mažina galimybes apskritai įgyvendinti šį projektą. Kad Visagino AE turėtų didesnės įtakos šalies energetiniam saugumui, projektui įgyvendinti reikėtų siekti palankesnių jo realizavimo sąlygų ir politinio susitarimo su kaimyninėmis šalimis. Jeigu susiformuotų papildomos grėsmės Lietuvos energetiniam saugumui, pavyzdžiui, dėl žymaus energijos išteklių kainų padidėjimo, Visagino AE galėtų turėti svaresnę teigiamą įtaką energetiniam saugumui.

Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas energijos gamybai ir jų didinimas teigiamai veikia energetinį saugumą, tačiau tik iki tam tikro lygio – kol neįsivyrąja vienos iš energijos rūšių (AEI, iškastinio kuro ir pan.) dominavimas energijos gamyboje. Itin sparčiai didinant atsinaujinančių energijos išteklių dalį bendroje energijos sąnaudoje gali kilti grėsmė energetiniam saugumui

dėl pernelyg padidėjusių išlaidų energijai, didelio rezervinės galios poreikio vėjo ir saulės elektrinių balansavimui, biokuro, kaip vieno energijos išteklių, dominavimo šilumos energijos gamyboje ir pan. Tačiau AEI, ypač bekurių technologijų skatinimas, įskaitant decentralizuotą sektorių, taip pat galėtų prisidėti prie šalies energetinio saugumo didinimo. Pingant AEI technologijoms didesnė nei numatyta Europos energetinio saugumo strategijoje atsinaujinančių energijos išteklių plėtra galima nevalstybiniame sektoriuje.

Vienas iš pagrindinių energetinio saugumo užtikrinimo būdų šilumos tiekimo sektoriuje – nesutelkti šilumos gamybos tik į vieną kuro rūšį naudojant technologijas, t. y. būtina išlaikyti pirminės energijos išteklių diversifikaciją. Svarbu panaikinti vienos kuro rūšies vyravimą šilumos tiekimo sektoriuje. Patrauklus būdas – didinti biomasę deginančių įrenginių dalį, didelio šilumos poreikio taškuose diegiant biokuro ir (arba) atliekų deginimo įrenginius. Biokuras ir komunalinės atliekos yra patraukli alternatyva, tačiau čia kyla grėsmė nuo gamtinių dujų dominavimo pereiti prie biomasės dominavimo ir ekonomiškai nepagrįsto biomasės kainų kilimo. Dėl šios priežasties centralizuoto šilumos tiekimo sistemose reikia turėti kitą kurą naudojančių šilumos gamybos šaltinių ir nesudaryti sąlygų dominuoti kuriam nors vienam energijos ištekliui.

Strateginių šalies energetinio saugumo užtikrinimo priemonių būtinumas pagrįstas esant labiausiai tikėtinioms išorinėms ir vidinėms grėsmėms šalies energetiniam saugumui. Keičiantis grėsmių aplinkai ir grėsmių tikėtinumui, energetinio saugumo užtikrinimo priemonės taip pat gali keistis ir būti griežtinamos ar švelninamos. Pavyzdžiui, mažėjant elektros importo galimybėms, auga vietinės elektros energijos gamybos poreikis. Tokiu atveju gali tekti didinti instaliuotų ir darbui parengtų elektrinių galių, jas intensyviau išnaudoti. Siekiant didinti šalyje gaminamos elektros energijos apimtį, reikėtų plėsti vietinių ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą. Itin sumažėjus elektros energijos importo galimybėms ar sparčiau plečiantis kitoms technologijoms, gali būti kitaip vertinamas ir naujos branduolinės jėgainės projektas, o įvykus tam tikriems grėsmių pokyčiams dujų tiekimo sistemoje, gali pakisti ir GIPL jungties būtinybė. Taigi, saugumo sumetamais labai svarbu Lietuvos energetikos sektoriuje užtikrinti galimybę

laiku pastebėti situacijos pokyčių tendencijas ir įvertinti mastą, o pačiam sektoriui suteikti maksimalų, ekonomiškai pagrįstą lankstumą, kad būtų galima adekvačiai reaguoti į besikeičiančias aplinkybes.

IŠVADOS

Straipsnyje aptariama energetinio saugumo tyrimų raida Lietuvoje 2006–2016 m., pristatomi pagrindiniai rezultatai, pasiekti atliktų energetinio saugumo tyrimų srityje. Nagrinėjamoju laikotarpiu buvo išplėta energetinio saugumo vertinimo metodika, apimanti du energetinio saugumo vertinimo etapus: pirmasis – energetinio saugumo lygis praityje, antrasis – grįstas modeliavimo principais, siekiant nustatyti energetinio saugumo rodiklį įvairiems energetikos sektoriaus plėtros scenarijams tiek trumpalaikėje, tiek ir ilgalaikėje perspektyvoje.

Apibendrinant apžvalgą galima teigti, kad Lietuvoje yra pakankamai kompetencijos įvertinti šalies energetinį saugumą, nustatyti, kokie energetikos projektai ir organizacinės priemonės užtikrina pakankamai aukštą energetinio saugumo lygį.

Gauta 2016 06 30
Priimta 2016 09 15

Literatūra

1. Yergin D. Ensuring energy security. *Foreign Affairs*. 2006. Vol. 85. No. 2. P. 69–82.
2. Cazalet E. G. *Generalized Equilibrium Modeling: The Methodology of the SRI-GULF Energy Model*. Decision Focus, Inc. and Stanford Research Institute, 1977, 50 p.
3. *Energetinio saugumo analizės ir integruoto saugumo lygio vertinimo metodikos sukūrimas ir tyrimas*: galutinė ataskaita. Nacionalinė mokslo programa „Ateities energetika“. 2012 m. sausis. Kaunas.
4. *Lietuvos energetinio saugumo tyrimas ir energetinio saugumo lygio įvertinimas*: galutinė ataskaita. Nacionalinė mokslo programa „Ateities energetika“. 2015 m. sausis. Kaunas.
5. *Lietuvos energetinis saugumas*: metinės apžvalgos. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas. 2012–2016.
6. Yergin D. Energy security in the 1990s. *Foreign Affairs*. 1988. Vol. 67. No. 1.
7. Winzer Ch. Conceptualizing energy security. *Energy Policy*. 2012. Vol. 46. P. 36–48.
8. Augutis J., Krikštolaitis R., Pečiulytė S., Konstantinavičiūtė I. Sustainable development and energy security level after Ignalina NPP shutdown. *Technological and Economic Development of Economy*. 2011. Vol. 17. No. 1. P. 5–21.
9. Howells M. et al. OSeMOSYS: The Open Source Energy Modeling System: An introduction to its ethos, structure and development. *Energy Policy*. 2011. Vol. 39(10). P. 5850–5870.
10. Augutis J., Martišauskas L., Krikštolaitis R. Energy mix optimization from an energy security perspective. *Energy Conversion and Management*. 2015. Vol. 90. P. 300–314.

**Juozas Augutis, Ričardas Krikštolaitis,
Linas Martišauskas, Eugenijus Ušpuras,
Inga Žutautaitė**

DEVELOPMENT OF ENERGY SECURITY RESEARCH IN LITHUANIA

Summary

The article focuses on an overview of the development of energy security research in Lithuania during the period 2006–2016 and presents the main results achieved by performing energy security studies. The concept of energy security is conceptually defined, methodological principles of the main studies are presented, key results achieved are interpreted. Two types of techniques used are characterized: one is based on the indicator system and applied to evaluate the integral energy security level for the past period using statistical data; the other is based on the modelling and applied to determine energy security index for various development scenarios of the energy sector for the future perspective. Results of the energy security level are compared with the appropriate level of Latvia and Estonia. The influence of various energy development projects on the country's energy security is evaluated; also, the measures to ensure energy security in the perspective development are provided.

Keywords: energy security level, indicator system, threats, disturbances, energy system modelling