

---

# Atmosferos taršos energetikos sektoriuje imitacinis modeliavimas

---

**Inga Konstantinavičiūtė,  
Vaclovas Miškinis**

*Lietuvos energetikos institutas,  
Kompleksinių energetinių tyrimų  
laboratorija,  
Breslaujos g. 3,  
LT-3035 Kaunas*

Straipsnyje pateikta atmosferos taršos dinamikos analizė, atsižvelgiant į Tarptautinių konvencijų bei jų protokolų įsipareigojimų įvykdymo galimybes. Remiantis imitacinio BALANCE modelio metodologija, sudarytas Lietuvos energetikos sektoriaus tinklas, leidžiantis analizuoti tolesnės energetikos plėtros scenarijus ir įvertinti galimus šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) pokyčius, atsižvelgiant į Kioto protokolo reikalavimų įvykdymo galimybes. Be to, pateikta ŠESD mažinimo priemonių elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje įtakos analizė.

**Raktažodžiai:** klimato kaita, Kioto protokolas, energetika, šiltnamio efektą sukeliančios dujos, imitacinis modeliavimas

---

## 1. ĮVADAS

Daugėjant mokslinių įrodymų apie galimą globalinį klimato pokytį ir kylant pasauliniam visuomenės susirūpinimui, tarptautinėse konferencijose buvo priimamos deklaracijos, kurios ragino sudaryti šią problemą nagrinėjančią tarptautinę sutartį. 1992 m. birželio mėn. Rio de Žaneiro konferencijoje Jungtinių Tautų klimato kaitos konvenciją (JTKKK) pasirašė 154 šalys, tarp jų ir Lietuva. 1995 m. ši Jungtinių Tautų klimato kaitos konvencija ratifikuota. 1998 m. Lietuva pasirašė šios konvencijos Kioto protokolą ir įsipareigojo 2008–2012 m. sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas 8%, palyginti su 1990 m. tarša. Šis dokumentas dar neratifikuotas, nes būtina, kad jį ratifikuotų bent 55 dalyvaujančios šalys, kurios atsakingos už šiltnamio dujų kiekio sumažinimą 55% [1].

Lietuva taip pat dar neratifikavo šio dokumento. Tačiau, besiruošiant stoti į Europos Sąjungą, tikėtina, kad Lietuva turės laikytis Kioto protokole numatyto reikalavimo – sumažinti šiltnamio dujų emisijas 8%.

Pagrindiniai Lietuvos įsipareigojimai aplinkos apsaugos srityje, kurie tiesiogiai siejasi su energetika, yra Tarptautinių konvencijų atmosferos taršos srityje bei jų protokolų įsipareigojimų vykdymas, nes svarbiausias emisijų į atmosferą šaltinis yra organinio kuro deginimas. Svarbiausios šiltnamio efektą sukeliančios dujos – tai anglies dvideginis (CO<sub>2</sub>). Jis išsiskiria visuose degimo procesuose, kitaip tariant, jo negalima išvengti deginant organinį kurą. Energeti-

kos sektorius yra didžiausias CO<sub>2</sub> emisijos į atmosferą šaltinis.

Dėl ekonomikos nuosmukio atmosferos teršimas iš stacionarių taršos šaltinių nuo 1990 m. Lietuvoje sumažėjo beveik perpus. Todėl šiuo metu pasirašytų tarptautinių aplinkosaugos konvencijų įsipareigojimams atmosferos taršos srityje yra tenkinami. Tačiau būtina ir ateityje laikytis tarptautinių konvencijų reikalavimų, atsižvelgiant į įsipareigojimus.

Todėl aktualu atlikti Lietuvos energetikos sektoriaus tolesnės plėtros analizę, siekiant nustatyti galimus šiltnamio efektą sukeliančių dujų pokyčius ir įvertinti JTKKK bei Kioto protokolo reikalavimų įvykdymo galimybes.

## 2. IMITACINIS BALANCE MODELIS

Imitacinis BALANCE modelis skirtas įvairių energijos rūšių rinkos analizei ilgalaikiam laikotarpiui, nustatant energijos tiekimo ir poreikio balansą. Šiame modelyje naudojamas grafinis viso energetikos sektoriaus tinklas, kuris sudaromas taip, kad įvertintų visus energijos šaltinių ir suvartojimo ryšius bei sąveikas. Energijos tinklas aprėpia visas šalies energetikos grandis: energijos gamybą, perdirbimą, transportavimą, paskirstymą ir suvartojimą, įvertinant atitinkamus energijos ir kuro srautus. BALANCE modelyje taip pat įvertintas aplinkosauginis aspektas, kuris sudaro galimybę apskaičiuoti įvairių teršalų emisijas. Todėl šis modelis analitikui suteikia galimybę atlikti įvairių energijos ir aplinkosaugos aspektų analizę.

Energijos tiekimo ir poreikio balansas šiame modelyje nustatomas, remiantis netiesinės pusiausvyros principu [2]. Balansui modeliuoti naudojamas grafinis tinklas, kuris apima energijos srautus nuo pirminių energijos išteklių (žalia nafta, gamtinės dujos, anglis ir kt.) iki galutinės energijos poreikio (elektros energija, centralizuota šiluma, įvairūs naftos produktai ir pan.) arba iki naudingos energijos poreikio (šiluma patalpoms šildyti, karštam vandeniui ruošti, maistui gaminti ir pan.). BALANCE modelio pusiausvyros principas pagrįstas tiekimo ir poreikio kreivių susikirtimo taško nustatymu. Kadangi poreikis jautrus įvairių alternatyvų kainoms, o tiekimo kaina priklauso nuo poreikio kiekio, BALANCE modelyje ieškomas visų energijos rūšių, įtrauktų į tinklą, tiekimo ir poreikių kreivių susikirtimo taškas tuo pačiu metu. Pusiausvyra pasiekiamą, kai randama kainų ir kiekių, tenkinančių visas modelyje aprašytas lygtis ir nelygybes, seka. Šis modelis dažniausiai naudojamas 20–30 metų perspektyvos analizei, nors modeliavimo trukmė galėtų būti nuo vienerių iki 75 metų.

Grafinis energetikos sektoriaus tinklas turi atspindėti visus šalies ar regiono energijos srautus. Į tinklą įtraukiami visi energijos tiekimo ir vartojimo sektoriai analizuojami šalies energijos balanse. Apibendrinta struktūrinė nagrinėjamo energetikos sektoriaus schema parodyta 1 paveiksle.

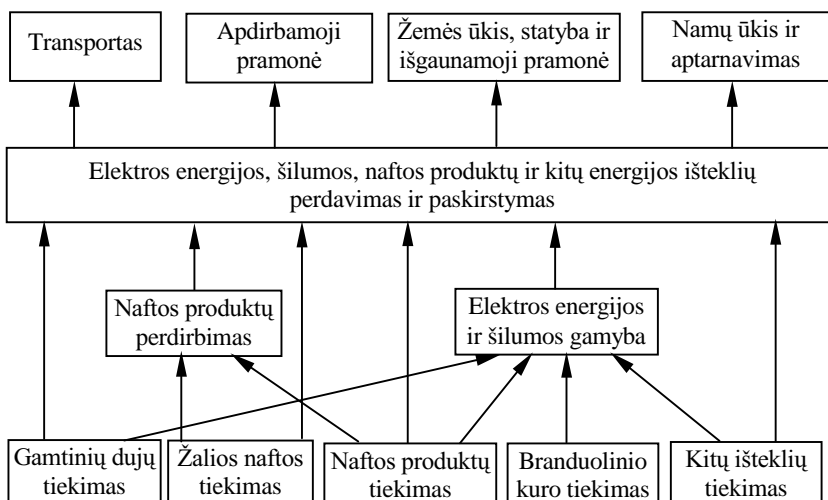
Kiekvienas šios struktūrinės schemos sektorius aprašomas išsamiu energijos tinklu, kuris sudaromas iš mazgų, sujungiant juos atitinkamomis ryšio linijomis. Tinklo mazgai rodo visus energetikos procesus, pavyzdžiui, naftos perdirbimą, elektros bei šilumos gamybą ir kt., o ryšio linijos – energijos ir kuro srautus bei kainas tarp mazgų. Ryšio linijomis perduodama informacija (t. y. kiekis ir kaina) iš vieno mazgo į kitą. Kiekvienas mazgas atitinka skirtingą modulį, kuris atitinkamai aprašo mazgo įėjimo ir išėjimo

mo kainas bei energijos srautus. Modelyje naudojami dešimties rūšių mazgai:

- tradicinių energijos išteklių mazgas naudojamas tradicinių energijos išteklių gamybai modeliuoti, įvertinant tiek vietinę gamybą, tiek importuojamus išteklius, t. y. žalia nafta, gamtinės dujos, anglis ir kt.;
- atsinaujinančių energijos išteklių mazgas modeliuoja atsinaujinančių energijos išteklių, t. y. saulės energijos, biomasės ir kt., gamybą;
- perdirbimo ar technologinių procesų mazgas aprašo įvairių išteklių, kuro ar kitų produktų perdirbimą į kitą formą, pvz., katilas, kuris mazutą pakeičia garu, ar automobilis, kuris naudodamas benzina veža keleivius ir krovinius;
- keleto išėjimų mazgas naudojamas procesams su dviem ir daugiau produktų modeliuoti. Šis mazgas paprastai naudojamas naftos produktų perdirbimui modeliuoti;
- keleto įėjimų mazgas naudojamas procesams, kurių metu gali būti vartojama daugiau negu vienas kuras, modeliuoti;
- sprendimų priėmimo mazgas modeliuoja energijos rūšies pasirinkimą iš keleto alternatyvių tiekimo šaltinių;
- transportavimo mazgas modeliuoja įvairių energijos ar kuro rūšių transportavimą;
- poreikių mazgas modeliuoja galutinės arba naudingos energijos poreikius;
- atsargų mazgas modeliuoja energijos išteklių atsargų kaupimą;
- kainų mazgas modeliuoja vyriausybines kainų reguliavimo ir kainų politiką, t. y. mokesčius, subsidijas, tarifų struktūrą;
- elektros energijos valdymo mazgas modeliuoja atskirų elektrinių elektros energijos gamybą.

Naudojant atitinkamus mazgus ir ryšio linijas, galima sudaryti atskiros šalies ar regiono energetikos sektoriaus išsamų tinklą, remiantis bazinių metų energijos ir kuro balansu. Sudarius išsamų tinklą ir nustačius bazinių metų srautus tarp skirtingų mazgų, modeliuojama įvairių energijos ir kuro rūšių rinka, atsižvelgiant į esamus energijos išteklius, technologijas, energijos poreikių bei kainos kitimo tendencijas ir kt. veiksniai.

Tarpusavyje konkuruojančių energijos rūšių rinka modeliuojama sprendimų priėmimo mazgu. Rinkos modeliavimas remiasi prielaida, kad  $i$ -osios energijos rūšies rinkos dalis  $S_i$  yra atvirkščiai proporcinga konkuruojančių energijos rūšių kainai:



1 pav. Struktūrinė energetikos sektoriaus schema

$$S_{i,T^*} = \frac{\left( \frac{1}{P_{i,T} \cdot PM_{i,T}} \right)^{\gamma_i}}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{P_{i,T} \cdot PM_{i,T}} \right)^{\gamma_i}}; \quad (1)$$

čia  $P_{i,T}$  –  $i$ -osios energijos ar kuro rūšies ( $i = 1, \dots, n$ ) kaina laiko momentu  $T$ ,  $PM_{i,T}$  –  $i$ -osios energijos ar kuro rūšies prioriteto koeficientas,  $\gamma_i$  –  $i$ -osios energijos ar kuro rūšies kainos elastingumas,  $n$  – konkuruojančių energijos rūšių kiekis.

Kainos elastingumas parodo rinkos reakciją į kainos pokyčius. Vartotojo energijos rūšies pasirinkimą sąlygoja ne tikta kaina, todėl vartojamas papildomas prioriteto koeficientas, kuris įvertina vartotojo teikiamą pirmenybę atitinkamai energijos ar kuro rūšiai. Šis papildomas koeficientas vartojamas, kai konkuruoja skirtingos kokybės arba skirtingų privalumų energijos rūšys. Modelyje taip pat vartojamas vėlinimosi kriterijus, kuris įvertina, kaip greitai viena energijos ar kuro rūšis gali būti pakeista kita. Vėlinimosi kriterijus sąlygoja, kokia rinkos dalis gali prisitaikyti prie kainų pasikeitimo. Konkuruojančių energijos rūšių rinkos dalis, įvertinus vėlinimosi kriterijų:

$$S_{i,T} = S_{i,T-1} + (S_{i,T^*} - S_{i,T-1})\lambda; \quad (2)$$

čia  $S_{i,T-1}$  –  $i$ -osios energijos rūšies rinkos dalis laiko momentu ( $T-1$ );  $\lambda$  – vėlinimosi kriterijus.

BALANCE modelis priskiriamas imitacinių modelių grupei. Šio modelio pusiausvyros principas remiasi koncepcija, kad energetikos sektorius sudarytas iš autonominių energijos gamintojų ir vartotojų, kurių kiekvienas optimizuoja savo individualius tikslus. Tuo šis modelis skiriasi nuo kitų optimizacinių modelių, kurie optimizuoja viso energetikos sektoriaus tinklo energijos srautus ir kainas. Todėl imitacinio BALANCE modelio sprendinys turi būti interpretuojamas, kaip atsakymas į klausimą „Kas bus, jeigu...?“.

BALANCE modelis leidžia analizuoti nagrinėjamo energetikos sektoriaus įvairių energijos rūšių rinką, įvertinant kiekvienos esamo tinklo ryšio linijos metinių energijos srautų, kainų ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų dinamiką.

### 3. ŠILTNAMIO EFEKTĄ SUKELIANČIŲ DUJŲ ENERGETIKOS SEKTORIJE POKYČIŲ TYRIMAS

Lietuvos energetikos sektoriaus tinklas sudarytas, remiantis BALANCE modelio metodologija, siekiant išanalizuoti tolesnės plėtros scenarijus ir įvertinti galimus šiltnamio efektą sukeliančių dujų pokyčius, atsižvelgiant į Kioto protokolo reikalavimų įvykdymo

galimybes. Tuo tikslu sudarytas pagrindinis ŠESD emisijų scenarijus, remiantis atitinkamomis prielaidomis.

Sudarant Lietuvos energetikos sektoriaus tinklą, pasirinktas toks energijos tiekimo ir poreikių sektorių detalizavimo lygis, kuris leistų analizuoti pagrindinius energetikos sektoriaus aspektus. Sudarant energetikos sektoriaus tinklą, atitinkantį realią jo struktūrą, remtasi 1999 m. energijos ir kuro balansu [3] bei atsižvelgiant į galimus jo pokyčius 1999–2020 m.

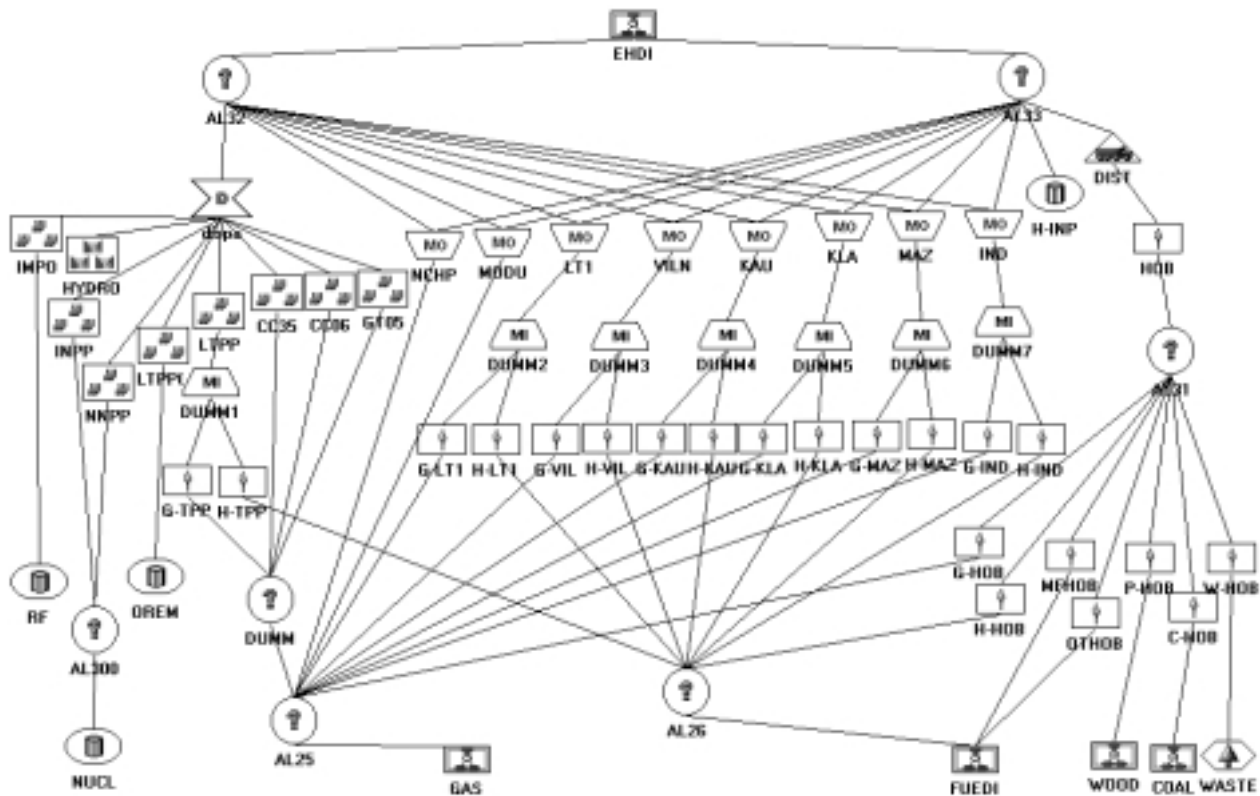
Pirminės energijos tiekimo lygyje išskirti trys sektoriai: anglių, gamtinių dujų ir vietinių išteklių (medienos, durpių ir kt.). Naftos produktų tiekimas reprezentuojamas naftos perdirbimo sektoriuje, o branduolinis kuras – elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje. Perdirbimo lygyje išskirti du sektoriai: elektros energijos ir šilumos gamybos bei naftos produktų perdirbimo. Perdavimo ir paskirstymo lygyje sudaryti du sektoriai: vienas – reprezentuoja kuro paskirstymą, o kitas – elektros energijos ir šilumos paskirstymą tarp galutinių vartotojų.

Galutinės energijos vartotojų struktūra sudaryta tokia, kad būtų galima panaudoti imitacinio energijos poreikių analizės MAED modelio skaičiavimo rezultatus, siekiant įvertinti perspektyvinių energijos poreikių prognozes. Pagal MAED modelio metodologiją, išskiriamos trys pagrindinės ūkio sektorių grupės: pramonės, transporto ir namų ūkio bei aptarnavimo. Šiuo atveju pramonės sektorius aprėpia žemės ūkį, statybą, išgaunamąją ir apdirbamąją pramonę. Todėl pasirinktas toks pat galutinės energijos vartotojų detalizavimo lygis, namų ūkį bei aptarnavimą ir žemės ūkį, statybą bei išgaunamąją pramonę sujungiant į du galutinių vartotojų sektorius bei išskiriant transporto ir apdirbamosios pramonės sektorius.

Sudarant pagrindinį šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų scenarijų remtasi pagrindiniu ekonomikos augimo scenarijumi, pagal kurį tikimasi, kad prognozuojamu laikotarpiu vidutiniai metiniai ekonomikos plėtros tempai bus 4%.

Elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriaus tinklo struktūra, naudota BALANCE modelyje, paivaizduota 2 paveiksle.

Pagrindinis elektros energijos gamintojas Lietuvoje yra Ignalinos AE. Per pastaruosius penkerius metus joje pagaminta 75–85% elektros energijos. Toleesnė viso energetikos sektoriaus plėtra priklausys nuo Ignalinos AE eksploatacijos trukmės. 1999 m. patvirtintoje Nacionalinėje energetikos strategijoje numatyta, kad pirmasis Ignalinos AE blokas bus sustabdytas iki 2005 m., o antrojo bloko eksploatacijos trukmė turėtų būti apibrėžta 2004 m. atnaujintoje Nacionalinėje energetikos strategijoje. Tačiau politiniai veiksniai, susiję su Lietuvos stajimu į Europos Sąjungą, skatina priimti ankstesnį sprendimą dėl Ig-



2 pav. Elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriaus tinklo struktūra

nalinos AE antrojo bloko uždarymo. Labiausiai tikėtina, kad antrojo bloko eksploatacija bus nutraukta 2010 m.

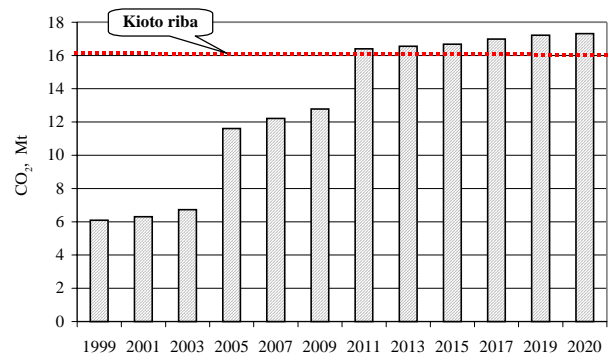
Kioto protokolo pagrindinio reikalavimo – sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas 2008–2012 m. 8% nuo 1990 m. lygio – įgyvendinimas priklauso nuo Ignalinos AE likimo. Todėl aktualu įvertinti Ignalinos AE uždarymo įtaką atmosferos teršimui. Pagrindiniame šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų scenarijuje priimta prielaida, kad Ignalinos AE pirmojo bloko darbas nutraukiamas 2005 m., antrojo bloko – 2010 m.

Remiantis šiomis pagrindinėmis prielaidomis ir naudojant BALANCE modelį, apskaičiuotos šios ŠESD emisijos: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ir NO<sub>x</sub>. Visos šios emisijos apskaičiuotos pagal globalinį atšilimo potencialą. CO<sub>2</sub> emisijų dalis bendrame globalinio atšilimo potencialu sudaro 80%. Šiuo metu CO<sub>2</sub> emisijų lygis Lietuvoje palyginti žemas dėl didelės atominės energijos dalies šalies energijos balanse.

Pagrindinis atmosferos taršos šaltinis Lietuvos elektros energijos bei šilumos gamybos sektoriuje yra atvežtinio kuro deginimas. Svarbiausias teršalų ingredientas šiame sektoriuje yra CO<sub>2</sub>. 1990 m. pagrindinių CO<sub>2</sub> teršalų emisijų veiksnys – kuro deginimas – sudarė per 88% visų emisijų. CO<sub>2</sub> emisijos elektros energijos bei šilumos gamybos sektoriuje dėl kuro deginimo 1990 m. buvo 17,4 Mt. Taigi šio sek-

toriaus CO<sub>2</sub> emisijų riba, pagal Kioto protokolą, yra 16 Mt. Atlikti skaičiavimai parodė, kad CO<sub>2</sub> emisijos 2020 m. pasieks Kioto protokolo reikalavimų ribą ir jo reikalavimų įgyvendinimas be papildomų priemonių pagal pagrindinį scenarijų bus problemiškas.

CO<sub>2</sub> emisijų dinamika elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje parodyta 3 paveiksle. Atliktus skaičiavimus būtina patikslinti, remiantis pakoreguotomis energijos poreikių prognozėmis. Išanalizavus pirminius skaičiavimų rezultatus, nustatyta, kad CO<sub>2</sub> emisijos staigiai išaugs, uždarius pirmąjį Ignalinos AE bloką 2005 m. ir antrąjį – 2010 m. CO<sub>2</sub>



3 pav. CO<sub>2</sub> emisijų prognozė elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje pagal pagrindinį scenarijų

emisijos 2010 m. pasieks Kioto protokolo reikalavimų ribą. Prognozuojama, kad uždarius Ignalinos AE, CO<sub>2</sub> emisijos 2010 m. sudarys 16,3, 2012 m. – 16,5 ir 2020 m. – 17,3 Mt.

Iš rezultatų matyti, kad Kioto protokolo reikalavimams įgyvendinti, pagal pagrindinį scenarijų, būtinos papildomos atmosferos teršalų mažinimo priemonės. Kadangi pagrindinis teršalų šaltinis yra elektros energijos bei šilumos gamybos sektorius, tai ŠESD emisijų mažinimo priemonės turėtų būti diegiamos pirmiausia šiame sektoriuje.

#### 4. ŠESD MAŽINIMO PRIEMONIŲ ELEKTROS ENERGIJOS IR ŠILUMOS GAMYBOS SEKTORIUJE ĮTAKOS ANALIZĖ

Elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje ŠESD emisijų mažinimo priemonės gali būti: efektyvesnis kuro deginimas, deginamo kuro rūšies pakeitimas, perdavimo bei paskirstymo nuostolių sumažinimas ir kt. Bendruoju atveju ŠESD emisijoms mažinti galimos dvi priemonės: kuro deginimo efektyvumo didinimas ir kuro rūšių pakeitimas į mažiau aplinką teršiantį kurą.

ŠESD emisijas taip pat galima mažinti naudojant elektros energetikos sistemoje naujas technologijas: pažangias organinį kurą naudojančias sistemas (kombinuoto ciklo) bei neorganinio kuro sistemas (hidro-, atsinaujinančių, atominės energijos šaltinių panaudojimas) [4].

Modeliuota ŠESD emisijų mažinimo priemonių įtaka, naudojant BALANCE modelį ir analizuojant tokias priemones:

- elektrinėse deginamas kuras pakeičiamas mažiau aplinką teršiančiu kuru;
- modernizuojamos elektrinės, pastatant papildomas dujų turbinas;
- naudojamos naujos pažangios technologijos: kombinuoto ciklo dujų turbininės elektrinės, modulinės šiluminės elektrinės;
- naudojamos mažos galios modulinės atominės elektrinės.

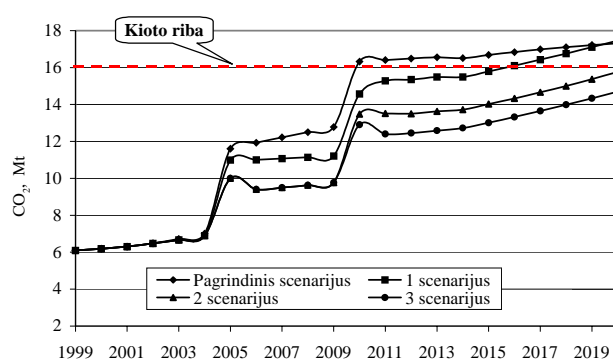
ŠESD emisijų mažinimo priemonių įtakai nustatyti analizuoti trys scenarijai:

*1 scenarijaus* pagrindinės prielaidos numato: Lietuvos elektrinės modernizaciją, pastatant papildomas dujų turbinas; taip pat Vilniaus TE, Kauno TE, Mažeikių TE modernizaciją; naujų technologijų naudojimą: kombinuoto ciklo dujų turbininių elektrinių (60 MW blokai), dujų turbininių elektrinių (50 MW blokai), modulinės šiluminės elektrinės (100 MW), kombinuoto ciklo dujų turbininės šiluminės elektrinės (80 MW).

*2 scenarijaus* pagrindinės prielaidos tokios pačios kaip ir 1 scenarijaus, papildomai statant naujas kombinuoto ciklo dujų turbinines elektrines (350 MW blokai).

*3 scenarijaus* pagrindinės prielaidos tokios pačios kaip ir 2 scenarijaus, papildomai statant naujas mažos galios atominės elektrines (95 MW).

CO<sub>2</sub> emisijų elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje prognozė pagal visus nagrinėtus ŠESD mažinimo scenarijus pateikta 4 paveiksle. Staigų CO<sub>2</sub> emisijų kiekio padidėjimą 2005 ir 2010 m. sąlygoja Ignalinos AE abiejų blokų uždarymas. Pagal 1 scenarijų, CO<sub>2</sub> emisijos 2016 m. bus 16,1 Mt ir Kioto protokolo reikalavimai nebus įgyvendinti. Pagal 2 scenarijų, CO<sub>2</sub> emisijos prognozuojamo periodo pabaigoje bus 15,7 Mt. Pagal 3 scenarijų, 2020 m. CO<sub>2</sub> emisijos bus 14,7 Mt. Kaip matyti 4 paveiksle, Kioto protokolo reikalavimai bus įgyvendinami, diegiant 2 ir 3 scenarijuose numatytas atmosferos teršalų mažinimo priemones.



4 pav. CO<sub>2</sub> emisijų elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje prognozė pagal tris atmosferos teršalų mažinimo scenarijus

CO<sub>2</sub> emisijas galima sumažinti elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje diegiant naujas efektyvias technologijas – deginant mažiau aplinką teršiantį kurą ir įtraukiant mažos galios modulines atominės elektrines.

#### 5. IŠVADOS

1. Lietuvoje šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijos 1998 m. sudarė tik 45,3% 1990 m. lygio, todėl šiuo metu pasirašytų tarptautinių aplinkosaugos konvencijų įsipareigojimai atmosferos taršos srityje yra tenkinami. Tačiau uždarius Ignalinos AE abu blokus ŠESD emisijos labai padidės.

2. Imitacinis BALANCE modelis ne tik leidžia analizuoti įvairių energijos rūšių rinką ilgalaikės trukmės laikotarpiu, atsižvelgiant į šalies energijos bei kuro gamybą, perdirbimą, transportavimą, paskirstymą ir suvartojimą, bet ir įvertina aplinkosauginį aspektą, kuris sudaro galimybę apskaičiuoti įvairių teršalų emisijas.

3. CO<sub>2</sub> emisijos Lietuvos elektros energijos ir šilumos gamybos sektoriuje neturi būti didesnės kaip

16 Mt, pagal Kioto protokolo reikalavimus. Uždarus antrąjį Ignalinos AE bloką 2010 m., CO<sub>2</sub> emisijos šiame sektoriuje bus 16,3 Mt, ir Kioto protokolo reikalavimų įgyvendinimas be papildomų atmosferos teršalų mažinimo priemonių bus problemiškas.

4. Elektros energijos bei šilumos gamybos sektorius yra pagrindinis teršalų šaltinis. Todėl ŠESD emisijų mažinimo priemonės pirmiausia turėtų būti diegiamos šiame sektoriuje. Bendruoju atveju ŠESD emisijas galima mažinti dviem priemonėmis: efektyvesnis kuro deginimas ir kuro rūšies pakeitimas į mažiau aplinką teršiantį kurą.

5. Kioto protokolo reikalavimai bus įgyvendinami, elektros energijos bei šilumos gamybai naudojant naujas efektyvias technologijas – deginant mažiau aplinką teršiantį kurą ir statant mažos galios modulines atominės elektrines. Uždarytos Ignalinos AE blokus pakeitus naujomis kombinuoto ciklo dujų turbinėmis elektrinėmis ir modulinėmis atominėmis elektrinėmis, CO<sub>2</sub> emisijos prognozuojamojo laikotarpio pabaigoje būtų 14,7 Mt.

Gauta  
2002 02 05

#### Literatūra

1. Rogner H. Kyoto's flexible mechanisms & nuclear power rethinking the options // IAEA Bulletin 42/2/2000. P. 25–30.
2. ENPEP for Windows. Version 2.1. User's Guide for the BALANCE Model // USA, Argonne national laboratory, Decision and Information Sciences Division, June 2001. 34 p.
3. Kuro ir energijos balansas 1999 // Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos vyriausybės. Vilnius, 2000. 54 p.
4. Majumdar D., Kupitz J., Rogner H. et al. Development of nuclear reactors & fuel cycles the need for innovation // IAEA Bulletin 42/2/2000. P. 51–59.

Inga Konstantinavičiūtė, Vaclovas Miškinis

#### SIMULATION MODELLING OF ATMOSPHERE POLLUTION IN ENERGY SECTOR

#### S u m m a r y

An analysis of atmosphere pollution dynamics was done considering the possibilities to implement the international convention and protocol commitments. The network of the Lithuanian energy sector is grounded on the methodology of BALANCE model in allowing to analyze the scenarios of its future development and to estimate changes of greenhouse gas emissions considering the possibilities of Lithuania to comply with Kyoto requirements. Analysis of the GHG mitigation options in the electricity and heat production sector was carried out.

**Key words:** climate change, Kyoto Protocol, energy, greenhouse gas, simulation model

Инга Константиновичюте, Вацловас Мишкинис

#### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В СЕКТОРЕ ЭНЕРГЕТИКИ

#### Р е з ю м е

Проведен анализ загрязнения атмосферы с учетом возможностей выполнения обязательств по международным конвенциям и их протоколам. На основе методологии имитационной модели создана сеть Литовского энергетического сектора, позволяющая анализировать сценарии дальнейшего развития и оценивать возможные изменения газа, вызывающего тепличный эффект (ГВТЭ), с учетом возможностей выполнения требований протокола Киото. Проведен анализ влияния мероприятий, ослабляющих действие ГВТЭ в секторе производства электроэнергии и тепла.

**Ключевые слова:** изменения климата; протокол Киото; энергетика; газ, вызывающий тепличный эффект; имитационное моделирование