

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Ilze DZENE

**LATVIJAS REĢIONU ENERGOSISTĒMU
ILGTSPĒJĪGAS ATTĪSTĪBAS MODELĒŠANA
UN OPTIMIZĀCIJA**

Promocijas darba kopsavilkums

Rīga 2011

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Ilze DZENE

Doktora studiju programmas „Vides zinātne” doktorante

**LATVIJAS REĢIONU ENERGOSISTĒMU
ILGTSPĒJĪGAS ATTĪSTĪBAS MODELĒŠANA
UN OPTIMIZĀCIJA**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskie vadītāji

Dr.sc.ing., asociētā profesore
M.ROŠĀ

Dr.habil.sc.ing., profesors
I.VEIDENBERGS

Rīga 2011

UDK 620.9(474.3) (043.2)
Dz 250 l

Dzene I. Latvijas reģionu energosistēmu
ilgtspējīgas attīstības modelēšana un
optimizācija. Promocijas darba
kopsavilkums.-R.:RTU, 2011.- 27 lpp.

Iespiests saskaņā ar RTU Vides aizsardzības
un siltuma sistēmu institūta 2011.gada
23.marta lēmumu, protokols Nr.23/03/2011

ISBN 978-9934-10-159-5

Promocijas darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā
„Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”

**PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU
DOKTORA ZINĀTNISKĀ GRĀDA VIDES ZINĀTNES NOZARES
APAKŠNOZARĒ „VIDES INŽENIERZINĀTNE” IEGŪŠANAI
RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda Vides zinātnes nozares apakšnozarē „Vides inženierzinātne” iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2011.g. 18.jūlijā Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātē, Kronvalda bulvārī 1, 21.auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Inženierzinātņu doktors Mārtiņš Gedrovičs
Rīgas Tehniskā universitāte

Profesors, Ģeogrāfijas doktors Oļģerts Nikodemus
Latvijas Universitāte

Profesors, Inženierzinātņu doktors Georg Wagner-Lohse
Brandenburgas Tehnoloģiju universitāte, Vācija

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora zinātniskā grāda Vides zinātnes nozares apakšnozarē „Vides inženierzinātne” iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Ilze Dzene(Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, četras nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu, divus pielikumus, 85 zīmējumus un ilustrācijas, 13 tabulas, kopā 130 lapas. Literatūras sarakstā ir 72 nosaukumi.

SATURA RĀDĪTĀJS

Tēmas aktualitāte	5
Darba mērķis.....	6
Pētījumu metodika	7
Zinātniskā novitāte un galvenie rezultāti	7
Darba praktiskais pielietojums.....	7
Publikācijas.....	8
Darba struktūra un apjoms.....	11
1. Atjaunojamo energoresursu izmantošanas īpatsvara pieauguma iespējas centralizētajā siltumapgādē.....	11
2. Reģionālā energoplānošanas modeļa izstrāde.....	17
3. Modeļa aprobācija uz divu Latvijas rajonu piemēra	22
3.1. Modeļa aprobācija uz Limbažu rajona piemēra	22
3.2. Modeļa aprobācija uz Ogres rajona piemēra.....	24
Secinājumi	26

TĒMAS AKTUALITĀTE

Kā liecina zinātnieku pētījumi, globālā klimata sasilšana ir nepārprotama, un tam par pierādījumu kalpo novērojumu dati par globālo vidējo gaisa un okeāna ūdens temperatūru pieaugumu, plaša sniega un ledāju kušana zemes aukstajos apgabalos un ūdens līmeņa paaugstināšanās pasaules jūrās un okeānos. Lielākā daļa novēroto globālo vidējo temperatūras pieaugumu kopš 20.gadsimta vidus tiek saistīta ar novēroto antropogēno siltumnīcefekta gāzu emisiju koncentrāciju pieaugumu atmosfērā. Viens no galvenajiem antropogēno siltumnīcefekta gāzu emisiju avotiem ir enerģētikas sektors. Tādēļ pēdējo desmit gadu laikā enerģētika ir kļuvusi par vienu no vissvarīgākajiem Eiropas Savienības valstu attīstības jautājumiem.

Enerģētikas jautājumu aktualitāte ir saistīta ne tikai ar to, ka pēdējo gadu laikā intensīvi tiek risināta virkne izaicinājumu saistībā ar klimata pārmaiņām, bet šī jautājuma aktualitāti veicina arī bažas par pieaugošo atkarību no enerģijas importa, iespējamais energoresursu trūkums un drošas enerģijas ražošanas nepieciešamība par pieejamu cenu. Eiropas Savienība realizē ambiciozu enerģētikas politiku, aptverot visa veida energoresursus un radot priekšnoteikumus jaunai industriālajai revolūcijai, lai veidotu zema enerģijas patēriņa ekonomiku, vienlaicīgi sasniedzot daudz drošāku, konkurētspējīgāku un ilgtspējīgāku enerģijas patēriņu.

Attīstoties Latvijas ekonomikai un tautsaimniecībai, tiek prognozēts enerģijas patēriņa pieaugums, un līdz ar to aizvien aktuālāks kļūst jautājums par enerģētiskās neatkarības nodrošināšanu un resursu pietiekamību nākotnē, kas ir viena no galvenajām Eiropas Savienības prioritātēm.

Lai veicinātu atjaunojamo energoresursu izmantošanas mērķa sasniegšanu, sekojot Eiropas Savienības direktīvas prasībām, ir izstrādāts Latvijas atjaunojamo energoresursu rīcības plāns, kā arī Ekonomikas ministrija sadarbībā ar nozares speciālistiem ir izstrādājusi Atjaunojamās enerģijas likumprojektu.

Latvijas atjaunojamo energoresursu rīcības plānā Latvija apņemas īstenot izvirzīto mērķi 2020.gadā sasniegt 40% atjaunojamo energoresursu īpatsvaru enerģijas galapatēriņā. Saskaņā ar Ekonomikas ministrijas rīcībā esošajiem statistikas datiem 2009.gadā Latvijā atjaunojamās enerģijas īpatsvars kopējā enerģijas bruto galapatēriņā bija 35,5%, kas ir otrs augstākais rādītājs Eiropas Savienībā pēc Zviedrijas. Lai Latvija arī turpmāk saglabātu līderpozīcijas Eiropas Savienībā atjaunojamo energoresursu izmantošanas jomā, ir jāizstrādā ilgtermiņā sekmīga AER plašākas izmantošanas politika, ietverot gan enerģētikas, vides, transporta un

lauksaimniecības sektoru, gan reģionālo un teritoriālo plānošanu, apsverot visus ar enerģētikas sektora attīstību saistītos plānošanas procesus (t.i., veicot integrētu energoplānošanu).

Energoplānošanu var veikt dažādos līmeņos – valstiskajā, reģionālajā un lokālajā līmenī. Katram plānošanas līmenim ir sava specifika, bet atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanai un līdz ar to enerģētiskās neatkarības palielināšanai un ietekmes uz vidi samazināšanai kā vispiemērotākā tiek atzīta energoplānošana reģionālajā līmenī.

Līdz šim Latvijā energoplāni vai tiem līdzīgi plānošanas dokumenti plašāk ir veidoti valsts vai lokālajā līmenī. Reģionālajā līmenī ir bijuši tikai daži mēģinājumi noteikt un prognozēt enerģētikas attīstību. Tomēr šie mēģinājumi nav guvuši redzamus rezultātus un nav rosinājuši citus Latvijas reģionus veikt līdzīgu izpēti un aizdomāties par sava reģiona ilgtspējīgu attīstību nākotnē.

DARBA MĒRĶIS

Promocijas darba vispārējais mērķis ir ar reģionālās plānošanas politikas instrumentu palīdzību radīt priekšnoteikumus „zaļa” reģiona izveidei, kurš īstenotu Latvijas enerģētikas politikas mērķus Eiropas Savienības politikas kontekstā. Lai sasniegtu darba mērķi, ir izvirzīti vairāki darba ietvaros veicamie uzdevumi:

1. Izpētīt politikas instrumentu ietekmi atjaunojamo energoresursu īpatsvara palielināšanai valsts un reģionu līmenī.
2. Izveidot sistēmdinamikas modeli primāro energoresursu izmantošanas prognožu analīzei.
3. Pārbaudīt izveidoto sistēmdinamikas modeli Latvijas centralizētās siltumapgādes sistēmas primāro energoresursu struktūras izmaiņām.
4. Formulēt un risināt reģionu CO₂ emisiju samazināšanas optimizācijas uzdevumu, lai atrastu tādu pieļaujamo CO₂ emisiju līmeni reģionā, kuru iespējams sasniegt ar minimālām summārām izmaksām un vislielākajiem ieņēmumiem.
5. Izmantot datu bāzi ar teorētiskām sadedzināšanas iekārtām, kuru uzstādītā jauda ir no 100 kW līdz 100 MW, lai atrastu empīrisku vienādojumu, kas matemātiski apraksta sakarību starp CO₂ emisiju līmeņiem un neatkarīgajiem mainīgajiem.

PĒTĪJUMU METODIKA

Atjaunojamo energoresursu īpatsvara palielināšanas modeļa veidošana ir veikta saskaņā ar sistēmu dinamikas teorijā noteiktiem modelēšanas posmiem – problēmas formulēšana, dinamiskās hipotēzes izstrādāšana, modeļa veidošana datorprogrammā, modeļa testēšana un rezultātu analīze.

Teorētiskais reģionālo energosistēmu optimizācijas modelis ir izstrādāts 1000 teorētiskām sadedzināšanas iekārtām jaudu diapazonā no 100 kW līdz 100 MW. Pēc tam tas tiek aprobēts, balstoties uz promocijas darba izstrādes laikā savāktiem datiem par divu reģionu sadedzināšanas iekārtām un to reālām uzstādītām jaudām, izmantojot matemātiskās statistikas metodi – regresijas analīzi.

ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE UN GALVENIE REZULTĀTI

Atjaunojamo energoresursu īpatsvara palielināšanai valstiskā un reģionu līmenī izstrādāti divi modeļi:

- Oriģināls sistēmdinamikas analīzes modelis politikas instrumentu izvērtēšanai fosilā kurināmā aizvietošanai ar atjaunojamiem energoresursiem.
- Optimizācijas modelis CO₂ nodokļu ietekmes un reģiona kurināmā CO₂ emisiju līmeņatzīmes samazināšanās izvērtēšanai.

Modeļi aprobēti uz diviem Latvijas reģioniem – bijušajiem Limbažu un Ogres rajoniem.

DARBA PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS

Darbā izveidotie modeļi un to rezultāti ir svarīgi plašai auditorijai:

- Valsts līmenī – valdība ir saņēmusi signālu, ka fosilo kurināmo vietā vairāk ir iespējams izmantot enerģētisko koksni un tādēļ rīcības plānā ir jāiekļauj darbā atrastie politiskie instrumenti.
- Pašvaldību līmenī – novadu energoplānos ir iespējams izmantot optimizācijas modeli, lai iekļautu pasākumus, kurus ir iespējams pamatot ne tikai ekonomiski, bet arī no ietekmes uz klimata pārmaiņām viedokļa.
- Energoapgādes uzņēmumu un investoru līmenī – ar darbā izstrādāto optimizācijas modeli energoapgādes uzņēmumiem ir iespēja izvērtēt energoavotu attīstību īstermiņā un ilgtermiņā.
- Zinātnieku līmenī – iespējams pārliecināties un attīstīt tālāk ne tikai sistēmdinamikas analīzi līdzīgu problēmu risināšanai, bet arī

optimizācijas modeli, kas veicina ietekmes uz klimata pārmaiņām samazinājumu.

PUBLIKĀCIJAS

Par darba rezultātiem ir ziņots un tie ir apspriesti:

1. Blumberga D., Dzene I., Rošā M. Latvijas enerģētikas sektora attīstības modelēšana. Energoresursu reģionālā pieejamība // Starptautiskā zinātniskā konference „Telpiskā stratēģija ilgtspējīgai attīstībai: Veidojam Latvijas nākotni”, 2009.gada 16.oktobrī, Rīgā;
2. Dzene I., Bodescu F. Evaluation of Biomass Availability for Biogas Production at Regional Level // RTU 50th International Scientific Conference, Riga, 14 October 2009;
3. Dzene I., Rošā M., Blumberga D. Demand Side Management at Regional Level // The 5th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Dubrovnik, Horvātija, 2009.gada 3.oktobrī;
4. Dzene I. State of the art of biomass for bioenergy assessment - an EU-project for the Baltic region: EUBIONET III // International workshop „Current and future woody biomass for energy – Monitoring use and understanding technology”, Rīga, 2009.gada 16.septembrī;
5. Dzene I. Energoplānošanas piemēri no Latvijas pašvaldībām // seminārs „Ergosertificēšana. Energoefektivitāte pašvaldību energoplānos. Energoefektivitātes projektu finansēšanas iespējas”, 2009.gada 28.maijā, Rīgā;
6. Dzene I. Implementation of energy action plan in Madona and Lubāna municipalities // Prezentācija Enerģi Cites konferencē Briselē,Beļģijā, 2009.gada 20.aprīlī;
7. Dzene I. Evaluation of Possibilities for Using Renewable Energy Sources in Latvia in 2020 // Poster and Oral presentation Young Scientists Lounge of International Conference on Climate Solutions, Copenhagen, Denmark, November, 2008;
8. Dzene I., Energoplānošana reģionos // Vides un Energozinību institūts, 2008.gada 16.jūnijā, Rīgā;
9. Dzene I., Energy Plan for Limbaži region in Latvia // Evening Dinner Debate “Implementation of Decentrized Energy Actions in Rural Areas”, 2008.gada 10.aprīlī, Brisele;

10. Dzene I., Limbažu rajona energoplāns. Piedāvāto projektu prezentācija // Seminārs “ES struktūrfondu un Kohēzijas fonda finansējums energoefektivitātes un atjaunojamo energoresursu projektiem. Limbažu rajona Energoplāns “Energy 4 Cohesion” projekta ietvaros”, 2008.gada 3.aprīlī, Gētes Institūts, Rīga;
11. Epp Ch., Dzene I., Bioenergy Deployment in Rural Regions of Europe - Investment and Financing Opportunities Adressed by the Energy4Cohesion-Project // 2nd International Bioenergy Investment & Finance Conference, Stuttgart, Germany, 7 March 2008;

Autores publikācijas:

1. Romagnoli F., Dzene I., Barisa A., Blumberga D., Blumberga A., Davidsen P., Moxnes E. The Use of System Dynamics Approach for Assessing the Impacts of Policy Measures and Strategies on Wood Energy Market Development in Latvia // Proceedings of the 3rd International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Itālija, Venēcija, 8.-11. novembris, 2010. - 14.-26. lpp.;
2. Dzene I., Romagnoli F., Barisa A., Blumberga D., Blumberga A., Davidsen P., Moxnes E. Building-Up a System Dynamics Model for Transforming the Latvian Energy Market in Environmentally Sound Direction // Proceedings of the 3rd International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Itālija, Venēcija, 8.-11. novembris, 2010. - 1.-13.lpp.;
3. Sistēmiskas domāšanas integrēšana vides politikā. A.Blumbergas red., ISBN 978-9934-8196-0-5 – Rīga: RTU Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts, 2010. - 159-177.lpp.;
4. Sistēmdinamika vides inženierzinātņu studentiem. A.Blumbergas red., ISBN 978-9934-8196-1-2 – Rīga: RTU Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts, 2010. - 96-156.lpp.;
5. System Dynamics for Environmental Engineering Students. Edited bt A.Blumberga, ISBN 978-9934-8196-2-9 – Rīga: RTU Institute of Energy Systems and Environment, 2011. – p.94-157;
6. Dzene I., Rošā M., Blumberga D. How to Select Appropriate Measures for Reductions in Negative Environmental Impact? Testing a Screening Method on Regional Energy System // Energy (2010), doi:10.1016/j.energy.2010.05.001;

7. Blumberga D., Dzene I., Rošā M., Blumberga A. Latvijas enerģētikas sektora attīstības modelēšana. Energoresursu reģionālā pieejamība // Starptautiskā zinātniskā konference „Telpiskā stratēģija ilgtspējīgai attīstībai: Veidojam Latvijas nākotni” materiāli, 15.-17.oktobris 2009;
8. Dzene I., Bodescu F. Evaluation of Biomass Availability for Biogas Production at Regional Level // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Vides un klimata tehnoloģijas”, 13.sēr., 3. sēj., R.: RTU izdevniecība, 2009, 54-62.lpp;
9. Dzene I., Rošā M., Blumberga D. Demand Side Management at Regional Level // Book of Abstracts of the 5th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Dubrovnik, Horvātija, 2009.gada 29.septembris – 3.oktobris, R: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb, 2009, 388 lpp.;
10. Dzene I., Rochas C., Blumberga A., Blumberga D., Rošā M.. Ilgtspējīga energoplānošana // Rīga, 2009;
11. Al Saedi T., Blumberga D., Dzene I. Biogāze. Rokasgrāmata // Rīga, 2009;
12. Dzene I. Using Renewable Energy Sources in Latvia 2020 // List of Abstracts of Young Scientists Lounge of International Conference on Climate Solutions, Copenhagen, Denmark, November, 2008;
13. Rošā M., Blumberga D., Dzene I., Rochas C. Benchmark Methodology for Reduction of Greenhouse Gas Emissions // List of Abstracts of Young Scientists Lounge of International Conference on Climate Solutions, Copenhagen, Denmark, November, 2008;
14. Dzene I., Rošā M., Rochas C. Benchmark Methodology for Elimination of Greenhouse Gas Emissions // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Vides un klimata tehnoloģijas”, 13.sēr., 1. sēj., R.: RTU izdevniecība, 2008.,10-17. lpp;
15. Dzene I., Bioenergy use in Latvia // Forum.New Power Magazine for Renewable Resources and Energy speciālizlaidums 2008, 24-26 lpp;
16. Dzene I., Veidenbergs I., Rošā M., Investigation of existing energy situation in Limbaži region // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Enerģētika un elektrotehnika” 4.sēr., 21.sēj., R: RTU izdevniecība, 2007, 177-182 lpp.

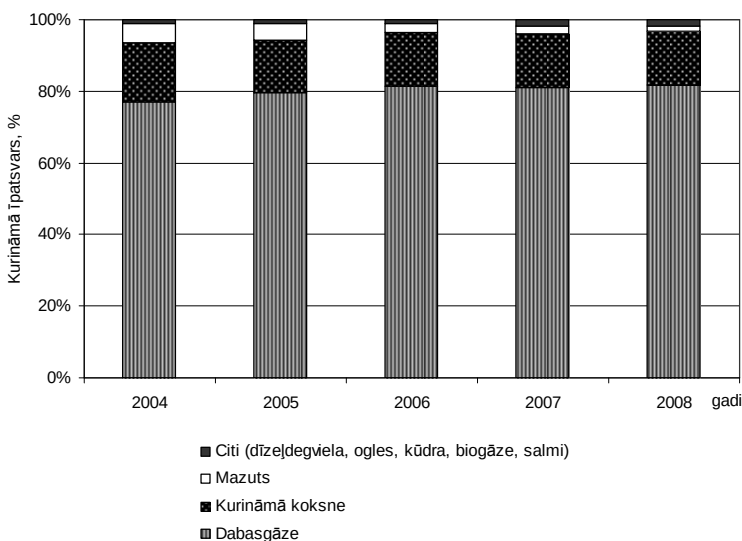
DARBA STRUKTŪRA UN APJOMS

Darbs sastāv no ievada, 4 nodaļām un secinājumiem. Tajā ir 130 lapas, t.sk., 85 attēli, 13 tabulas un literatūras saraksts ar 72 literatūras avotiem. Literatūras saraksts šajā kopsavilkumā nav iekļauts.

1. ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU IZMANTOŠANAS ĪPATSVARA PIEAUGUMA IESPĒJAS CENTRALIZĒTajā SILTUMAPGĀDĒ

Dažādi iepriekš Latvijā veiktie pētījumi parādījuši, ka ar esošo Latvijas enerģētikas politiku un plānotajiem pasākumiem nebūs iespējams 2020.gadā sasniegt Eiropas Savienības klimata paketē izvirzītos atjaunojamo energoresursu un energoefektivitātes mērķus.

Centralizētās siltumapgādes sektors ir viens no būtiskākajiem primāro energoresursu patērētājiem Latvijā. Centralizētās siltumapgādes sistēmās kā dominējošie energoresursi tiek izmantota dabasgāze un kurināmā koksne. Abu primāro energoresursu savstarpējais sadalījums gadu gaitā mainās maz. No 2004. līdz 2008.gadam centralizētās siltumenerģijas ražošanā dabasgāzes izmantošanas īpatsvars piecas reizes pārsniedza enerģētiskās koksnes izmantošanas īpatsvaru. Primāro energoresursu izlietojums centralizētajā siltumapgādē ilustrēts 1.1.attēlā.



1.1.att. Kurināmā struktūra centralizētajā siltumapgādē

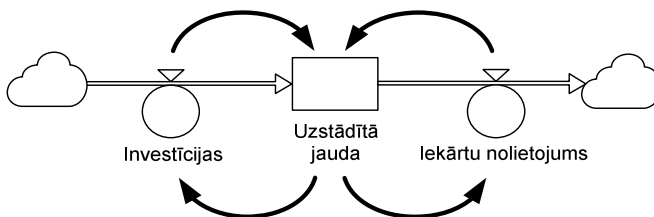
Laika posmā no 2004.gada gan dabasgāzes, gan enerģētiskās koksnes resursu kopējam īpatsvaram centralizētās siltumapgādes kurināmā struktūrā ir tendence palielināties, aizstājot galvenokārt naftas produktu un degakmens eļļas izmantošanu.

Izejot no šīs situācijas, tika formulēta problēma – neskatoties uz lielo enerģētiskās koksnes potenciālu, ir neatbilstoši lēns koksnes kurināmā izmantošanas pieaugums centralizētās siltumapgādes sektorā. Lai risinātu šo problēmu ir izveidots sistēmu dinamikas modelis. Problemātiskās uzvedības dinamiskai raksturošanai tiek izmantoti vēsturiskie statistikas dati.

Modelēšanas mērķis ir ar sistēmu dinamikas palīdzību pēc iespējas precīzāk attēlot Latvijas centralizētās siltumapgādes sistēmas struktūru, meklēt alternatīvas, kā Latvijai sasniegt noteiktos mērķus atjaunojamo energoresursu īpatsvara palielināšanā un analizēt, vai tas ir iespējams, koncentrējoties uz energoefektivitātes paaugstināšanu un atjaunojamo energoresursu izmantošanu, pašlaik izmantoto dabasgāzi aizvietojot ar koksnes kurināmo. Modelis ir skaidrojošs un prognozējošs. Modelis skaidro kurināmā struktūru ietekmējošo faktoru nozīmi un prognozē iespējamo kurināmā struktūras sadalījumu un ekonomisko faktoru (siltumenerģijas tarifa) izmaiņas politikas atbalsta instrumentu iedarbības rezultātā.

Noteicošais faktors, kas ietekmē kurināmā struktūras sadalījumu, ir katra kurināmā veida uzstādītās enerģijas jauda. Tādēļ divi centrālie modeļa elementi (krājumi) ir uzstādītā jauda siltumenerģijai, kas ražota, izmantojot enerģētisko koksni, un siltumenerģijai, kas ražota, izmantojot dabasgāzi.

Krājumus ietekmē ieejošās un izejošās plūsmas. Modelis ir veidots kā enerģētikas un ekonomikas modelis, tādēļ galvenās plūsmas, kas ietekmē abus uzstādītos jaudas krājumus, ir investīcijas katra kurināmā veida uzstādītās jaudas palielināšanai un iekārtu nolietojums. 1.2.attēlā redzams uzstādītās enerģijas jaudas krājuma un to ietekmējošo plūsmu attēlojums, izmantojot sistēmu dinamikas modelēšanas elementus.



1.2.att. Uzstādītā siltumenerģijas ražošanas jauda – krājums un plūsmas

Kā redzams 1.2.attēlā, investīcijas uzstādītās kurināmā enerģijas jaudas palielināšanai ir ieejošā plūsma, kas palielina krājuma vērtību, savukārt iekārtu nolietojums ir izejošā plūsma, kas samazina krājuma vērtību. No uzstādītās kurināmā enerģijas jaudas ir atkarīgs konkrētā kurināmā veida īpatsvars kurināmā struktūrā.

Gan enerģētiskās koksnes, gan dabasgāzes uzstādītās siltumenerģijas jaudas dinamiskās attīstības modelēšanai tiek izmantota šāda krājuma un plūsmu struktūra. Tā kā tiek modelēts līdzsvara modelis, kur kopējā abu kurināmā veidu uzstādītās enerģijas jaudas vērtība modelēšanas laikā ir konstanta, palielinoties viena kurināmā veida uzstādītajai enerģētiskajai jaudai, samazinās otra kurināmā veida uzstādītā siltumenerģijas jauda.

Kurināmā struktūras modelis piedāvā iespēju analizēt ne tikai kurināmā sadalījuma, bet arī siltumenerģijas vienības ražošanas izmaksas jeb siltumenerģijas ražošanas tarifa izmaiņas pētāmajā sistēmā laika gaitā. Modelī pieņemts, ka enerģētiskās koksnes siltumenerģijas tarifu ietekmē koksnes kurināmā cena, koksnes tehnoloģiju kapitālizmaksas un ekspluatācijas izmaksas, lietderības koeficients, atsaucē kalpošanas laiks, enerģētiskās koksnes sadegšanas siltums, investīciju ikgadējā procentu likme un riska faktors. Koksnes tarifu aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

$$T_K = \frac{C_K^K \cdot \eta_K}{Q_{zK}^d} + C_K^O + \frac{C_K^I \cdot 10^3}{Q_{izl}} \cdot \left(i + \frac{1}{\tau_K^{ref}}\right) + R,$$

kur

T_K – koksnes siltumenerģijas tarifs, *LVL/MWh*;

C_K^K – koksnes kurināmā cena, *LVL/t*;

C_K^I – koksnes tehnoloģiju kapitālizmaksas, *LVL/MW*;

C_K^O – koksnes tehnoloģiju ekspluatācijas izmaksas, *LVL/MWh*;

Q_{izl} – izlīdzinātās siltuma slodzes ilgums, *h/gadā*;

η_K – koksnes lietderības koeficients;

τ_K^{ref} – kalpošanas laiks, *gadi*;

Q_{zK}^d – koksnes sadegšanas siltums, *MWh/t*;

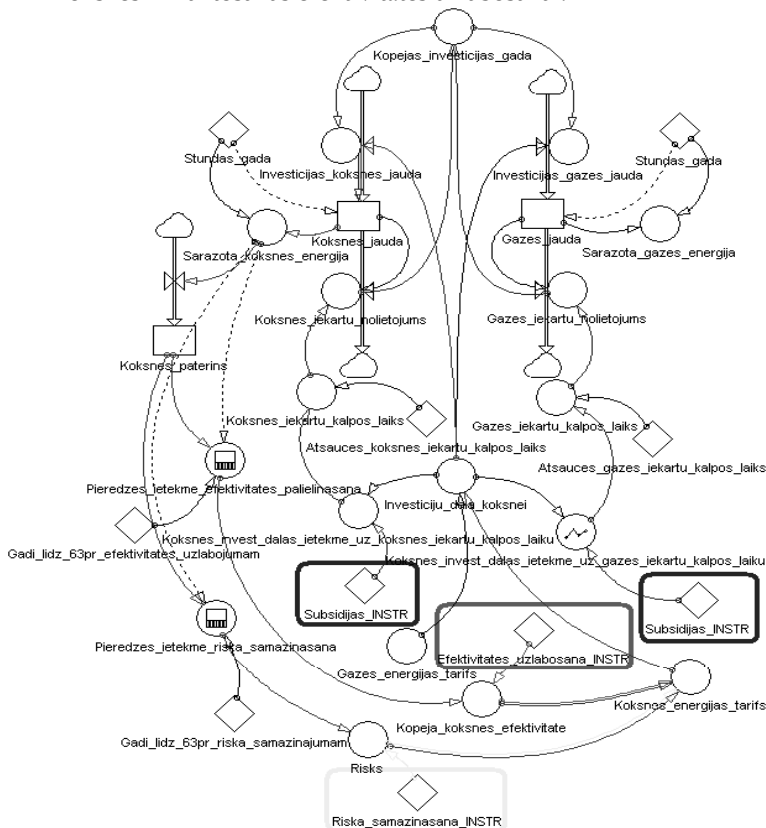
i – investīciju ikgadējā procentu likme, *%/gadā*;

R – riska faktors.

Koksnes kurināmā cena, tehnoloģiju kapitālizmaksas, ekspluatācijas izmaksas, efektivitāte un sadegšanas siltuma vērtības tiek aprēķinātas kā vidējā svērtā vērtība starp trīs Latvijā izmantotajiem enerģētiskās koksnes veidiem: malku, šķeldu un granulām.

Izveidotajā kurināmā struktūras sistēmu dinamikas modelī, kura daļa (galvenās plūsmas un krājumi) ir redzama 1.3.attēlā, ir integrēti trīs politikas instrumenti energoefektivitātes paaugstināšanai un atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanai:

- 1) P_S – politikas instruments, kas raksturo subsīdijas centralizētās siltumenerģijas lietotājiem dabasgāzes apkures katlu nomaiņai pret enerģētiskās koksnes katliem (tas nozīmē, ka dabasgāzes katli var tikt aizstāti ar koksnes katliem pirms to normālā kalpošanas laika beigām);
- 2) P_R – politikas instruments, kas raksturo sākotnēju īslaicīgu kampaņu ar enerģētiskās koksnes lietošanu saistīto risku kompensēšanai, kuras mērķis ir mudināt sabiedrību izvēlēties koksnes tehnoloģijas;
- 3) P_η – politikas instruments, kas raksturo pasākumus enerģētiskās koksnes izmantošanas efektivitātes uzlabošanai.



1.3.att. Kurināmā struktūras sistēmas dinamikas modeļa galvenā daļa

Pilns modeļa attēlojums, tā matemātiskais modelis un apraksts ir dots promocijas darbā un tā pielikumā.

Trīs politikas instrumenti ir savstarpēji kombinēti, izveidojot astoņus dažādus scenārijus. Pārskats par modelētajiem scenārijiem ir dots 1.1.tabulā.

1.1.tabula

Scenārijos lietoto politikas instrumentu kombinācijas

Scenārijs	Politikas instrumenti		
	P_S	P_R	P_η
1. Nevienu politikas instrumentu neizmanto	0	0	0
2. Subsīdiju pakete	1	0	0
3. Informācijas pakete	0	1	0
4. Tehnoloģiju energoefektivitātes (EE) pakete	0	0	1
5. Subsīdiju un informācijas pakete	1	1	0
6. Subsīdiju un tehnoloģiju EE paketes	1	0	1
7. Informācijas un tehnoloģiju EE paketes	0	1	1
8. Visi trīs politikas instrumenti tiek lietoti	1	1	1

Gadījums $P_S = 0$ nozīmē, ka netiek piešķirtas subsīdijas dabasgāzes apkures iekārtu nomaiņai ar enerģētiskās koksnes apkures iekārtām. Savukārt, ja $P_S = 1$, tas nozīmē, ka valsts sniedz subsīdijas tūlītējai dabasgāzes apkures iekārtu nomaiņai ar koksnes apkures iekārtām. Līdz ar to izmantoto dabasgāzes tehnoloģiju kalpošanas laiks vairs nav 20 gadi, bet mazāks, jo dabasgāzes iekārtas tiek aizstātas ar koksnes apkures iekārtām.

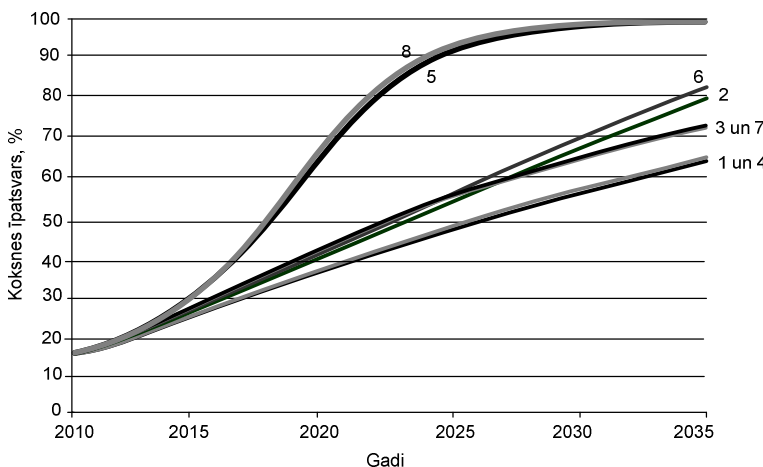
Vērtība $P_R = 0$ nozīmē, ka sabiedrībā nav sākotnējā impulsa ar koksnes izmantošanu saistīto negatīvo aspektu novēršanai, līdz ar to neizplatās informācija par koksnes apkures iekārtu izmantošanas pozitīvo pieredzi un netiek veicināta jaunu potenciālo lietotāju piesaistīšana. Sabiedrībā pastāv uzskats, ka koksnes izmantošana ir neērta un dārga. Šī vērtība raksturo negatīvos aspektus, kas saistās ar koksnes izmantošanu. Savukārt, ja $P_R = 1$, tas nozīmē, ka sabiedrībā sākotnēji tiek dots impulss (tirgvedības vai atbalsta pasākumi), lai kompensētu ar koksnes izmantošanu saistītos negatīvos aspektus, tādēļ izplatās pozitīvā pieredze koksnes tehnoloģiju izmantošanā, kas veicina arvien jaunu patērētāju piesaisti. Tādējādi samazinās risks, kas sabiedrībā saistās ar koksnes izmantošanas negatīvajiem aspektiem.

Vērtība $P_\eta = 0$ nozīmē, ka netiek īstenoti pasākumi koksnes apkures iekārtu izmantošanas efektivitātes uzlabošanai. Ja $P_\eta = 1$, tas

nozīmē, ka tiek īstenoti pasākumi koksnes apkures iekārtu izmantošanas efektivitātes uzlabošanai.

Imitācijas modelis ļauj mainīt konkrēto politikas instrumentu vērtības no 0 uz 1, un, veidojot dažādas šo parametru kombinācijas, tiek iegūti grafiki, kas raksturo kurināmā sadalījumu siltumenerģijas ražošanā (skat.1.4.attēlu), kā arī siltumenerģijas tarifa izmaiņas 25 gadu periodā.

Šāda modelēšana ir nozīmīga, jo parametru savstarpējās attiecības nav lineāras un modelēšana ļauj imitēt sistēmas uzvedību atkarībā no atsevišķu parametru vai dažādu parametru kombināciju ietekmes.



1.4.att. Koksnes kurināmā īpatsvara izmaiņu salīdzinājums modelētajos scenārijos

Salīdzinot enerģētiskās koksnes un dabasgāzes izmantošanas īpatsvara izmaiņas visos scenārijos (skat. 1.4.attēlu), ir redzamas divas izmaiņu attīstības tendences. Pirmā – pakāpenisks un mērens enerģētiskās koksnes izmantošanas īpatsvara pieaugums un dabasgāzes izmantošanas īpatsvara kritums ar nedaudz atšķirīgu izmaiņu ātrumu (1., 2., 3., 4., 6. un 7.scenārija gadījumā). Otra tendence – straujš enerģētiskās koksnes izmantošanas īpatsvara pieaugums un dabasgāzes izmantošanas īpatsvara samazinājums (5. un 8.scenārija gadījumā). 5. un 8.scenārija modelēšanas rezultāti rāda, ka 2035.gadā ir iespējams sasniegt 100% enerģētiskās koksnes īpatsvaru centralizētajā siltumapgādē ar divu vai trīs politikas instrumentu kombināciju.

Modelēšanas rezultāti parāda, ka vislielāko ietekmi uz koksnes īpatsvara palielināšanos kurināmā struktūrā dod pirmā un otrā politikas instrumenta (P_S un P_R) kombinācija.

2. REĢIONĀLĀ ENERGOPLĀNOŠANAS MODEĻA IZSTRĀDE

Ņemot vērā iepriekš veiktos valsts līmeņa enerģētikas politikas izpētes rezultātus un promocijas darbā apskatīto Dānijas pieredzi, kas pierāda, ka ar visaptverošas energoplānošanas palīdzību ir iespējams atteikties no fosilo energoresursu lietošanas, šajā promocijas darba nodaļā tiek veikta reģionālās energosistēmas optimizācija, vērtējot klimata komponenti, t.i., optimizējot emisiju samazinājumu. Vides aizsardzības jautājumu raksturs un īpatnības ir tādas, ka bieži tikai optimālu risinājumu gadījumā ir iespējama to praktiska realizācija. Tā, piemēram, samazinot reģiona emisiju līmeni par 50–60%, tiek risinātas daudzas ar piesārņojumu saistītas problēmas. Taču vides aizsardzības pasākumi ir dārgi, un to realizācija par katru cenu var kļūt par iemeslu jaunām sabiedrības problēmām, šoreiz – finansiālām. Ir rūpīgi jāizvērtē emisiju samazinājuma nepieciešamība, kur un cik daudz jāsamazina un cik tas maksās.

Šajā darba nodaļā ir meklētas atbildes uz to, kā praktiski ieviest atjaunojamo energoresursu izmantošanas politikas atbalsta instrumentus reģionālajā līmenī, tos izsakot kā CO₂ emisijas kurināmā līmeņatzīmes vērtību un CO₂ nodokli, ar kuru tiek apliktas CO₂ emisijas no fosilo kurināmo lietošanas. Lai noteiktu šo mainīgo mijiedarbības raksturu, ir formulēts un risināts reģionu CO₂ emisiju samazināšanas optimizācijas uzdevums. Optimizācijas uzdevums ir atrast tādu pieļaujamo CO₂ emisiju līmeni reģionā, kuru iespējams sasniegt ar minimālām summārām izmaksām vai vislielākajiem ieņēmumiem. Optimizācijas problēmas formulējums – atrast tādu uzņēmumu emisiju līmeni E_i , lai

$$I_{ien} = \int_{i=1}^n (\xi_{nod,i} - \xi_{ef,i}) \cdot (\overline{E_i} - E_i) \rightarrow \max ,$$

kur

I_{ien} – kopējie ieņēmumi;

$i = 1, \dots, n$ – avotu (uzņēmumu) skaits reģionā;

$\xi_{nod,i}$ – uzņēmuma nodoklis par piesārņojošo darbību;

$\xi_{ef,i}$ – CO₂ emisiju samazināšanas izmaksu efektivitāte;

$\overline{E_i}$ – uzņēmuma sākotnējais emisiju apjoms;

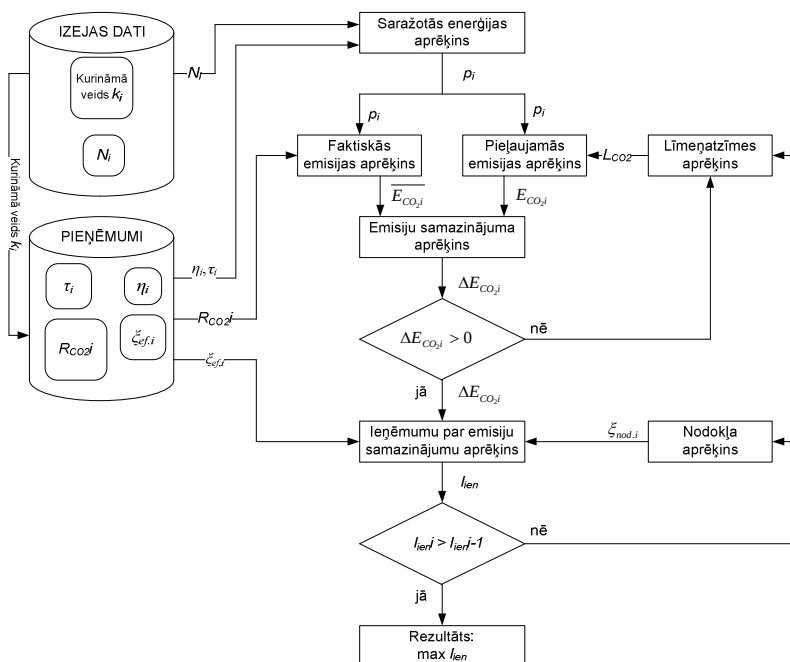
E_i – uzņēmuma emisiju apjoms pēc samazināšanas.

Izveidotais reģionālās energosistēmas optimizācijas modelis sastāv no šādām piecām aprēķina daļām:

- izejas dati,
- pieņēmumi,
- tehnoloģiskie aprēķini,
- klimata aprēķini,
- ekonomiskie aprēķini.

Kā izejas dati modelī tiek ievadīti katras iekārtas uzstādītā jauda un izmantotais kurināmā veids. Modeļa verifikācijai šie izejas dati par reālām iekārtām reģionālajā līmenī ņemti no Valsts statistikas datu bāzes par piesārņojošo emisiju gaisā „2-Gaiss”. Lai unificētu un vienkāršotu aprēķina procesu, tika izdarīti vairāki pieņēmumi:

- izvēlēts vienots iekārtu darba stundu skaits gadā;
- noteikti lietderības koeficienti iekārtām atkarībā no izmantotā kurināmā veida;
- noteikti CO₂ emisijas faktori atkarībā no kurināmā veida;
- veikts CO₂ ietaupījuma izmaksu efektivitātes novērtējums saskaņā ar empīriski iegūtu vienādojumu.



2.1.att. Optimizācijas modeļa algoritms

Bez izejas datu un pieņēmumu komponentēm optimizācijas modelī ir iekļauti trīs aprēķinu bloki: tehnoloģiskais, klimata un ekonomiskais aprēķins. Optimizācijas modeļa algoritms ir redzams 2.1.attēlā.

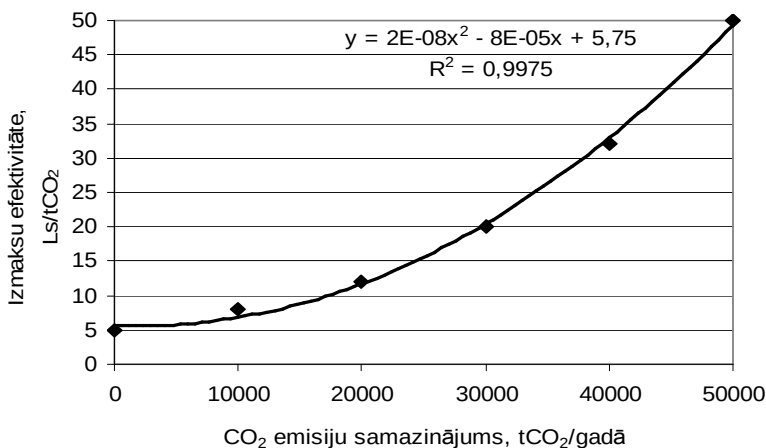
Darbā veiktās optimizācijas mērķis ir atrast tādu reģiona uzņēmumu līmeņatzīmi, līdz kurai samazinot uzņēmuma CO₂ emisijas, tā ieņēmumi, pateicoties nodokļu samazinājumam (vai kvotu tirdzniecībai), būtu maksimāli.

Teorētiskajā optimizācijas modelī izdarīti šādi pieņēmumi:

- CO₂ emisijas faktors uz saražoto enerģiju dabasgāzei $R_{CO_2} = 0,229$ tCO₂/MWh;
- darba stundu skaits $\tau = 5000$ h/gadā;
- CO₂ samazinājuma izmaksu efektivitāte $\xi_{ef.i}$ tiek izteikta ar šādu sakarību:

$$\xi_{ef.i} = 2 \cdot 10^{-8} \cdot (\Delta E_{CO_2})^2 - 8 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta E_{CO_2} + 5.75$$

Šī sakarība ir iegūta empīriski un tās grafiskā ilustrācija parādīta 2.2.attēlā:



2.2.att. CO₂ emisiju samazinājuma izmaksu atkarība no iegūtā CO₂ emisiju samazinājuma

Tehnoloģiskie aprēķini veikti visām 1000 iekārtām, aprēķinot saražoto enerģijas daudzumu un faktisko CO₂ gada emisiju no katras iekārtas.

Klimata aprēķinu blokā optimizācijas modelēšana tiek veikta pie dažādām līmeņatzīmes vērtībām, kas balstītas uz pieņēmumu. Modelēšanā izmantotās līmeņatzīmju vērtības: $L_{CO_2} = 0,1 \div 0,225 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$ ar soli 0,025.

Ekonomisko aprēķinu blokā ieņēmumi par emisiju samazinājumu rēķināti pie dažādām nodokļu likmēm $\xi_{nod.i}$. Modelēšana tiek veikta četriem scenārijiem, kuri atšķiras ar CO_2 nodokļa likmēm:

- 1.scenārijs: CO_2 nodokļa likme 7 Ls/t CO_2
- 2.scenārijs: CO_2 nodokļa likme 10 Ls/t CO_2
- 3.scenārijs: CO_2 nodokļa likme 15 Ls/t CO_2
- 4.scenārijs: CO_2 nodokļa likme 20 Ls/t CO_2

Katra scenārija analīzei izmantoti divu veidu relatīvi lielumi. Relatīvo vērtību ieviešana ir nepieciešama, lai būtu iespējams savstarpēji salīdzināt dažāda izmēra reģionus, kuri atšķiras ar uzstādītām jaudām, emisiju apjomiem un ieguldījumiem.

CO_2 samazinājuma relatīvās vērtības iegūtas, atbilstošās faktiskās CO_2 emisiju samazinājuma ΔtCO_2 vērtības dalot ar maksimāli iespējamo CO_2 emisiju samazinājumu:

$$r_{CO_2} = \frac{\Delta\text{CO}_2^{fakt}}{\Delta\text{CO}_2^{\max}},$$

kur

r_{CO_2} – relatīvais CO_2 emisijas samazinājums;

ΔCO_2^{fakt} – faktiskais CO_2 emisijas samazinājums, t CO_2/MWh ;

$\Delta\text{CO}_2^{\max}$ – maksimālais CO_2 emisijas samazinājums, t CO_2/MWh .

Scenāriju salīdzināšanai ir ieviesti arī relatīvie izdevumi, kas tiek noteikti ar sekojošu vienādojumu:

$$i_{izd} = \frac{I_{izd}^{fakt}}{I_{izd}^{\max}},$$

kur

i_{izd} – relatīvie izdevumi;

I_{izd}^{fakt} – faktiskie izdevumi, Ls/gadā;

$I_{izd}^{\max}$ – maksimālie iespējamie izdevumi, Ls/gadā.

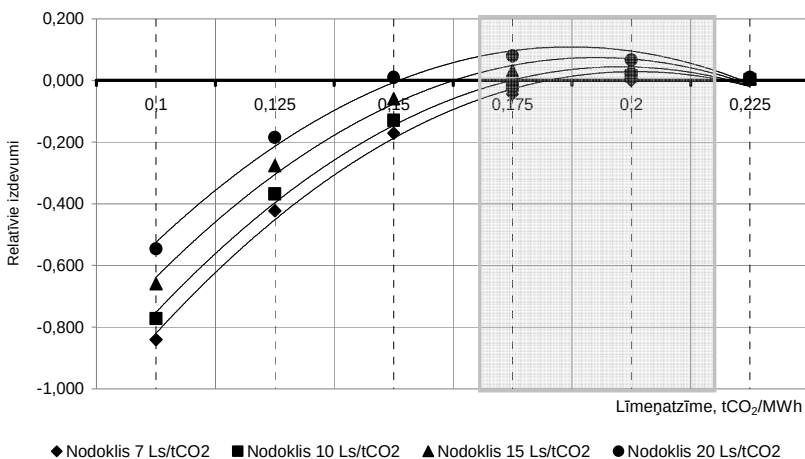
CO_2 emisijas samazinājuma gadījumā izdevumi var būt ar atšķirīgām zīmēm, jo kopējie izdevumi summējas no šādām komponentēm:

- kapitālieguldījumi CO₂ emisijas samazinājuma pasākumu veikšanai (ar „+” zīmi);
- ienākumi no emisiju tirdzniecības par CO₂ emisiju samazinājumu (ar „-” zīmi);
- novērstie izdevumi, kas veidojas no CO₂ nodokļa summas samazinājuma, jo samazinās CO₂ emisiju apjomi (ar „-” zīmi).

Izmaksu relatīvās vērtības aprēķinātas, izmaksu komponentes dalot ar maksimālo izmaksu par CO₂ samazinājumu vērtību. Samazinājuma izmaksu maksimums tiek sasniegts pie zemākām līmeņatzīmju vērtībām. Teorētiskā optimizācijas modeļa visu četru scenāriju modelēšanas rezultāti (summārās izmaksas pie dažādām nodokļa likmēm atkarībā no līmeņatzīmes vērtības) doti 2.3.attēlā.

Scenāriju grafiku analīze rāda, ka, pieaugot nodokļa likmei, pieaug maksimālā relatīvo summāro izmaksu vērtība un samazinās optimālās iekārtu līmeņatzīmes vērtības.

2.3.attēlā redzams, ka summāro izmaksu grafiki divreiz šķērso līmeņatzīmju asi, iezīmējot stāvokļus ar 0 relatīvo summāro izmaksu vērtībām. Apgabals starp atzīmētajiem stāvokļiem iezīmē tās robežvērtības, kuru diapazonā summārās izmaksas ir pozitīvas vai 0. Tas nozīmē, ka CO₂ samazinājumi iekārtu grupai ir ar pozitīvu vai 0 ekonomisko efektu.



2.2.att. Teorētiskā optimizācijas modeļa rezultāti

Zem minimālās līmeņatzīmes vērtības iekārtu grupas summārās izmaksas ir negatīvas un CO₂ samazinājums ir saistīts ar papildu līdzekļu

ieguldījumu. Samazinoties nodokļa likmei, samazinās līmeņatzīmju diapazons, kurā panākams pozitīvs vai 0 CO₂ samazinājuma ekonomiskais efekts. Piemēram, ja nodokļa likme ir 20 Ls/tCO₂, tad līmeņatzīmju diapazons ir robežās no 0,15 līdz 0,225 tCO₂/MWh un, pazeminoties nodokļa likmei līdz 7 Ls/tCO₂, diapazons ir no 0,175 līdz 0,225 tCO₂/MWh.

3. MODEĻA APROBĀCIJA UZ DIVU LATVIJAS RAJONU PIEMĒRA

Optimizācijas modelis ir aprobēts uz divu reālu Latvijas reģionu – bijušo Limbažu un Ogres rajonu datiem. Šie reģioni ir izvēlēti modeļa aprobācijai, jo ir tipiski Latvijas energosistēmu raksturojoši divi atšķirīgi reģioni. Limbažu reģions pārstāv tā saucamo „koksnes rajonu”, jo tajā nav pieejama dabasgāze un galvenais izmantotais kurināmā veids ir koksne, bet Ogres reģions pārstāv „dabasgāzes rajonu”, kurā galvenokārt kā kurināmais tiek lietota dabasgāze.

3.1. Modeļa aprobācija uz Limbažu rajona piemēra

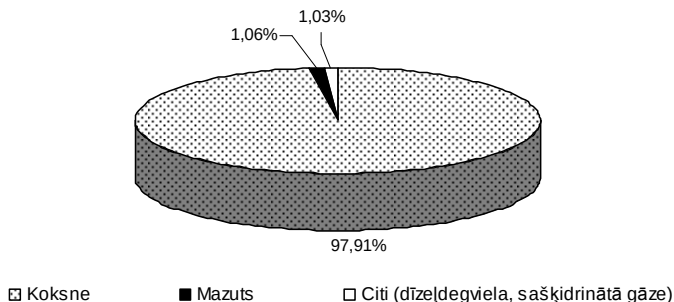
Sākot ar 2009.gada 1.jūliju, Limbažu rajons ir iedalīts trīs novados: Alojās novads, Limbažu novads, Salacgrīvas novads. Bijušais Limbažu rajons atrodas Latvijas ziemeļu daļā, Rīgas jūras līča krastā un robežojas ar Rīgas rajonu D, Cēsu rajonu DA, Valmieras rajonu A un ar Igauniju Z. Rajona ģeogrāfiskais novietojums lielā mērā ir noteicis esošo enerģētikas infrastruktūru. Tā kā Limbažu rajonam ir izeja uz jūru, rajonā atrodas vairākas eksporta ostas (Skultes, Salacgrīvas), uz kurām tiek transportētas eksporta preces, tajā skaitā arī kurināmais, tādējādi nodrošinot regulāru energoresursu (pamatā koksnes) plūsmu caur reģionu.

Limbažu rajonā izmanto dažādus enerģijas avotus. Siltumenerģija tiek ražota gan centralizētās sistēmās, gan lokālos siltuma avotos, kā arī individuālās apkures sistēmās. Centralizēta siltumapgādes sistēma Limbažu rajonā eksistē septiņās pašvaldībās: Limbažos, Alojā, Salacgrīvā, Umurgā, Pociemā (Katvaru pagastā), Liepupē un Ozolmuižā (Brīvzemnieku pagastā).

Limbažu rajonā ir uzstādīti 42 avoti jaudu diapazonā no 0,2 līdz 17MW. Bez kurināmās koksnes tiek izmantoti arī tādi fosilie energoresursi kā mazuts, dīzeļdegviela un ogles. Fosilos kurināmos izmantojošo iekārtu jaudu diapazons ir no 0,2 līdz 5MW. Limbažu rajona kurināmā izmantošanas struktūra redzama 3.1.attēlā.

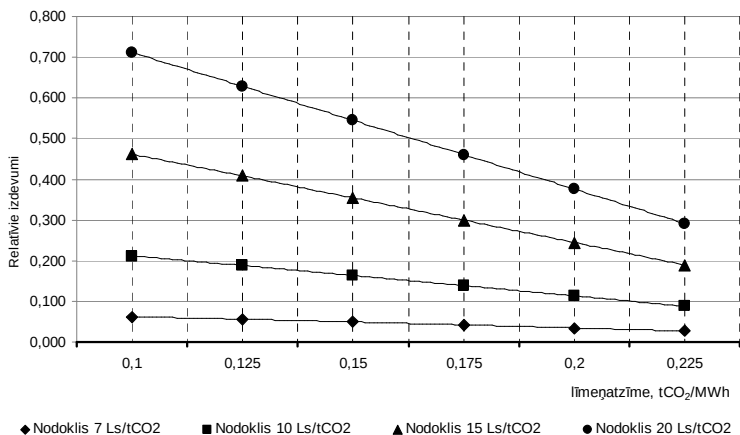
Ir svarīgi minēt, ka CO₂ emisiju samazinājuma izmaksu efektivitātes izmaiņas apskatītajā jaudu diapazonā ir praktiski ar lineāru raksturu (skat.2.2.attēlā). Izmaksu efektivitāte ir galvenais mainīgais, kas

nosaka optimālas izmaksu vai ietaupījumu vērtības (optimuma) esamību vai neesamību un atrašanās vietu.



3.1.att. Kurināmā struktūra Limbažu rajonā 2009.gadā

Līdzīgi kā teorētiskajā aprēķinu modelī, optimizācija Limbažu rajona iekārtām veikta četriem scenārijiem, t.i., pie četrām dažādām nodokļa likmēm. Visu četru scenāriju aprēķina rezultāts Limbažu reģiona enerģosistēmas optimizācijai ir redzams 3.2.attēlā.



3.2.att. Limbažu rajona optimizācijas modeļa rezultāti

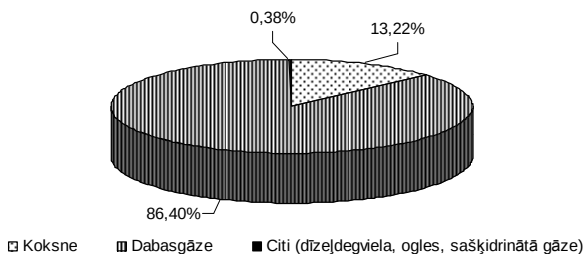
Aprēķinu rezultātu analīze Limbažu rajonam rāda, ka:

- nav ieņēmumu optimuma, jo izmaiņas ir lineāras. Ieņēmumi samazinās, palielinoties rajonam piemērotās līmeņatzīmes vērtībai vai samazinoties CO₂ emisiju sadārdzinājuma vērtībai. Ieņēmumu izmaiņu lineārais raksturs skaidrojams ar izmaksu efektivitātes izmaiņu lineāro raksturu;
- visos aplūkotajos scenārijos rajona siltuma avotu kopējie ieņēmumi ir pozitīvi. Pieaugot nodokļa likmei, pieaug rajona ieņēmumi, kas saistīti ar CO₂ emisiju samazinājumu. Pat zemākās aplūkotās nodokļa likmes 7 Ls/tCO₂ gadījumā ir vērojams pozitīvs ekonomiskais efekts. Tas ir tāpēc, ka izmaksu efektivitāte Limbažu rajona gadījumā ir zemāka par minimālo aplūkoto nodokļa likmi;
- Limbažu rajona avotiem var ekonomiski pamatoti piemērot zemas CO₂ emisiju līmeņatzīmes. Viszemākā analīzē aplūkotā līmeņatzīmes vērtība ir 0,1 tCO₂/MWh.

3.2. Modeļa aprobācija uz Ogres rajona piemēra

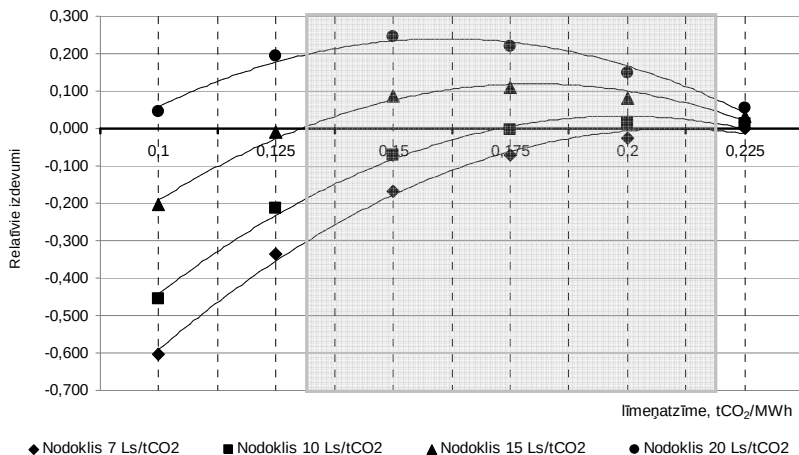
Sākot ar 2009.gada 1.jūliju, Ogres rajons ir iedalīts četros novados: Ogres novads, Ikšķiles novads, Ķeguma novads, Lielvārdes novads. Bijušais Ogres rajons atrodas Latvijas centrālajā daļā un robežojas ar Rīgas rajonu ZR, Cēsu rajonu Z, Madonas rajonu A, Aizkraukles rajonu D un Bauskas rajonu DR. Ogres rajona administratīvais centrs ir Ogres pilsēta.

Ogres rajonā izmanto dažādus enerģijas avotus. Siltumenerģija tiek ražota gan centralizētās sistēmās, gan lokālos siltuma avotos, kā arī individuālās apkures sistēmās. Ogres rajonā uzstādīti 57 avoti jaudu diapazonā no 0,02 līdz 47MW. Kā kurināmo pamatā izmanto dabasgāzi. Plašais dabasgāzes lietojums skaidrojams ar maģistrālo dabasgāzes vadu novietojumu, kas nodrošina šī resursa pieejamību. Fosilos kurināmos izmantojošo iekārtu jaudu diapazons Ogres rajonā ir no 0,02 līdz 47MW. Kurināmā struktūra Ogres rajonā ir redzama 3.3.attēlā.



3.3.att. Kurināmā struktūra Ogres rajonā 2009.gadā

CO₂ emisiju samazinājuma izmaksu efektivitātes izmaiņas apskatītajā jaudu diapazonā ir nelineāras. Ogres reģiona energosistēmas optimizācijas rezultāts ir redzams 3.4.attēlā.



3.4.att. Ogres rajona optimizācijas modeļa rezultāti

Ogres rajona siltuma avoti atšķiras no Limbažu rajona siltuma avotiem ar to, ka tajos:

- vairāk izmanto fosilo kurināmo – dabasgāzi, dīzeļdegvielu un ogles;
- ir lielākas uzstādīto iekārtu jaudas (līdz 46,7 MW Ogres PA „Mālkalne” katlu mājā).

Tas nozīmē, ka, veicot CO₂ emisiju samazinājuma pasākumus rajonā, ir lielāks emisiju samazinājuma apjoms. Pieaugot emisiju samazinājumam, pieaug arī izmaksu efektivitāte.

Analizējot apkopojošā grafika līknes 3.4.attēlā, redzams, ka Ogres rajona uzņēmumos kopumā realizētie pasākumi var būt ar zaudējumiem, ekonomiski neitrāli vai nodrošināt ienākumus. Tas nozīmē, ka eksistē noteikta robežvērtība, kuras gadījumā rajons kopumā necieš zaudējumus, lai arī negūst ienākumus, samazinot CO₂ emisijas. Šīs vērtības darbā identificētas ar Ieņematzīmju palīdzību.

Aplūkoto Ogres rajona scenāriju ekonomisko aprēķinu salīdzinājums un analīze ļauj secināt, ka:

- viszemākās nodokļa likmes gadījumā (7 Ls/tCO₂), samazinot CO₂ emisijas, nevar gūt ienākumus. Tikai augstu Ieņematzīmju (mazu

samazinājumu) gadījumā var izvairīties no zaudējumiem. Ekonomiski neitrāla situācija vērojama, ja līmeņatzīmju vērtība ir 0,21 tCO₂/MWh un augstāka;

- pieaugot nodokļa likmei, rajona avotos samazinot emisijas, var gūt ienākumus. Emisiju samazinājuma apjomi, kuros panāk pozitīvu ekonomisko efektu, pieaugot nodokļa likmei, pieaug. Piemēram, ja nodokļa likme ir 10 Ls/tCO₂, pozitīvs ekonomiskais efekts ir vērojams līmeņatzīmju robežās no 0,175 tCO₂/MWh līdz 0,225 tCO₂/MWh. Nodokļa likmes 20 Ls/tCO₂ gadījumā visā aplūkotā emisiju samazinājuma diapazonā ir vērojami rajona ieņēmumi;
- rajona ieņēmumu izmaiņām atkarībā no izvēlētas līmeņatzīmes vērtības ir nelineārs raksturs ar izteiktu maksimumu (optimālo vērtību). Salīdzinot aplūkotos scenārijus, ir redzams, ka, pieaugot nodokļa likmei, ieņēmumu maksimālās vērtības pārvietojas zemāku līmeņatzīmju vērtību (lielāku emisiju samazinājuma) virzienā. Piemēram, nodokļa likmes 10 Ls/tCO₂ gadījumā optimums atbilst 0,2 tCO₂/MWh līmeņatzīmei, bet, ja nodokļa likme ir 20 Ls/tCO₂, tad ieņēmumu optimums ir 0,15 tCO₂/MWh. Ir vērojams, ka lielākas nodokļa likmes gadījumā ekonomiski pamatoti kļūst lielāka apjoma CO₂ emisiju samazinājumi;
- piedāvātās optimizācijas metodikas lietojums Ogres rajona uzņēmumu CO₂ samazinājuma ekonomiskam novērtējumam liecina, ka ar tās palīdzību var noteikt samazinājuma optimālos scenārijus.

SECINĀJUMI

1. Ir izveidots centralizētās siltumapgādes kurināmā struktūras sistēmdinamikas analīzes modelis, ar kura palīdzību ir iespējams izvērtēt nacionālo un reģionālo politikas instrumentu ietekmi uz energoresursu īpatsvara izmaiņām. Modelis aprobēts Latvijas centralizētās siltumapgādes sistēmai, paredzot 100% fosilā kurināmā nomaīņu ar enerģētisko koksnī līdz 2035.gadam.
2. Izvērtējot politikas instrumentu lomu uzstādītā mērķa sasniegšanai, kurināmā struktūras dinamikas modelēšanas rezultāti rāda, ka galvenā loma ir diviem valdības realizētiem pasākumiem. Izpētes rezultāti liecina, ka nacionālajā un reģionālajos atjaunojamo energoresursu rīcības plānos iekļaujami politikas instrumenti: valsts subsīdijas un riska kompensēšanas mehānisms.
3. Reģionālajos energoplānos ir nepieciešams analizēt ietekmes uz klimata pārmaiņām ilgtermiņā. Piedāvātā CO₂ emisiju samazināšanas koncepcija balstās uz līmeņatzīmes metodi, ar kuru iespējams reģionus

salīdzināt ne tikai savā starpā, bet arī izvērtēt katra pasākuma iespējamo ietekmi uz reģiona CO₂ emisiju līmeņatzīmi.

4. Izstrādātais optimizācijas modelis, kas pamatojas uz optimālo izdevumu noteikšanu CO₂ emisiju samazināšanas pasākumiem, ļauj izvērtēt CO₂ nodokļu ietekmi un reģiona kurināmā CO₂ emisiju līmeņatzīmes samazināšanos.
5. Optimizācijas rezultāti rāda, ka, palielinoties nodokļu likmei, mērķa funkcijas optimums pārvietojas zemākas līmeņatzīmes vērtības (lielāku CO₂ samazinājumu) virzienā. Tas nozīmē, ka ekonomiski izdevīgi kļūst pasākumi, kas saistīti ar lielāku CO₂ samazinājumu un notiek virzība uz „zaļāka” reģiona izveidi.
6. Optimizācijas modelis, kas aprobēts uz divu reģionu piemēra, rāda, ka optimizācijas rezultāti ir atkarīgi no atjaunojamo energoresursu īpatsvara sākotnējā bilancē.
7. Limbažu rajona aprēķinu rezultātu analīze rāda, ka nav ieņēmumu optimuma, jo izmaiņas ir lineāras. Ieņēmumu izmaiņu lineārais raksturs skaidrojams ar lineārām izmaksu efektivitātes izmaiņām, kas raksturīgas rajoniem ar nelielas jaudas (līdz 30 MW) enerģijas ražošanas iekārtām. Limbažu rajona avotiem var ekonomiski pamatoti piemērot zemas CO₂ emisiju līmeņatzīmes.
8. Ogres rajona scenāriju ekonomisko aprēķinu salīdzinājums un analīze ļauj secināt, ka rajona ieņēmumu izmaiņām atkarībā no izvēlētās līmeņatzīmes vērtības ir nelineārs raksturs ar izteiktu maksimumu (optimālo vērtību). Šādas izmaiņas vērojamas rajonos ar enerģijas ražošanas iekārtām ar uzstādīto jaudu virs 30 MW.