



**Projekts “Klimata mērķu ekonomiskās ietekmes modelēšana un analīze”**

**Saskaņā ar 2021. gada 27. augusta līgumu par finansējumu valsts pārvaldes  
uzdevuma izpildes nodrošināšanu Nr.5.2-17.2/2021/4**

### **Nodevums**

**“Latvijas VLA modeļa pilnveides mehānismi, lai Latvijas  
gadījumam nodrošinātu starptautiski konkurētspējīgu  
vispārējā līdzsvara modeli klimata politikas ietekmes uz  
tautsaimniecību novērtēšanai un tās efektīvu sasaisti ar  
FEI TIMES modeli”**

Projekta vadītāja: Inna Šteinbuka

Nodevuma autori: Oļegs Krasnopjorovs, Dāniels Jukna,

Konstantīns Kovaļovs, Rita Freimane

Rīga, 2021. gada 1. decembris

# SATURA RĀDĪTĀJS

SAĪSINĀJUMI .....	3
IEVADS .....	4
1. ZINĀTNISKĀS LITERATŪRAS ANALĪZE (Līguma punkti 4.1.2; 4.1.3; 4.1.6) .....	5
2. ESOŠĀ LATVIJAS VLA MODEĻA AUDITS (Līguma punkti 4.1.3; 4.1.5) .....	14
3. MAKROEKONOMISKO UN SOCIĀLEKONOMISKO RĀDĪTĀJU SARAKSTS (Līguma 4.1.4 punkts) .....	18
4. CEĻA KARTE LATVIJAS VLA MODEĻA PILNVEIDEI (Līguma punkti 4.1.2; 4.1.3; 4.1.5; 4.1.6) .....	20
SECINĀJUMI .....	22
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	23
PIELIKUMS .....	26

## SAĪSINĀJUMI

BU modeļi – tehniski ekonomiskie modeļi “no apakšas uz augšu” (*Bottom-Up* modeļi)

CO<sub>2</sub> – oglekļa dioksīds

GAMS - vispārējās algebriskās modelēšanas sistēmas datorprogramma (*General Algebraic Modelling System*)

GEMPACK - vispārējā līdzsvara modelēšanas programmatūra (*General Equilibrium Modelling Software*)

GTAP - Globālās tirdzniecības analīzes projekts (*Global Trade Analysis Project*)

IKP – iekšzemes kopprodukts

IOI – ievades-izvades matrica (*Input-Output table*)

MARKAL – tirgus izvietojuma (*market allocation*) modelis

ORANI-G: lietišķais (*applied*) vispārējā līdzsvara modeļa prototips

SEG - siltumnīcefekta gāzes

TD modeļi - makroekonomiskās pieejas modeļi “no augšas uz leju” (*Top-Down* modeļi)

TIMES - integrētās MARKAL-EFOM sistēmas (*Integrated MARKAL-EFOM System*) modelis

VLA (CGE) modeļi – vispārējā līdzsvara (*Computable General Equilibrium*) modeļi.

# IEVADS

Šis Nodevums ietver projekta "Klimata mērķu ekonomiskās ietekmes modelēšana un analīze" Latvijas Universitātes Produktivitātes zinātniskā institūta "LU domnīca LV PEAK" modelēšanas komandas rezultātus kopš projekta sākuma 2021. gada septembra vidū līdz 2021. gada decembrim. Nodevuma mērķis un saturs atbilst 2021. gada 15. oktobra Progresā Ziņojumam.

Nodevuma mērķis – definēt Latvijas VLA modeļa pilnveides mehānismus, lai Latvijas gadījumam nodrošinātu starptautiski konkurētspējīgu vispārējā līdzsvara modeli klimata politikas ietekmes uz tautsaimniecību novērtēšanai un tās efektīvu sasaisti ar FEI īpašumā esošo TIMES/MARKAL modeli.

Darba sākumā mūsu pētnieku komanda izvirzīja divas hipotēzes, kas kļuva par pamatu šī Nodevuma saturam (attiecīgi 1. un 2. nodaļai):

**1. VLA modelis un tās mīkstā sasaiste ar TIMES modeli ir efektīvs veids, lai novērtētu klimata politikas ietekmi uz tautsaimniecību.**

**2. Pašreizējais Latvijas VLA modelis ir atbilstošs pamats, lai Latvijas gadījumā novērtētu klimata politikas ietekmi uz tautsaimniecību.**

Pirmajā nodaļā, pamatojoties uz zinātnisko literatūru, tiek veikta dažādu modeļu veidu klasifikācija un raksturojums. Tiek izpētīta ārvalstu pieredze attiecībā uz dažāda veida VLA modeļu (statisko, dinamiski – rekursīvo un pilnībā dinamisko) priekšrocībām un ierobežojumiem. Tiek veikta VLA – TIMES modeļu mīkstās sasaistes ("soft linking") priekšrocības un ierobežojumu izvērtējums, salīdzinot ar citām sasaistes metodēm (cieto sasaisti un hibrīdmodeļa izveidi), ņemot vērā sasaistes iterāciju konverģences un apstāšanās kritērijus. Tiek analizēti labās prakses piemēri attiecībā uz VLA – TIMES modeļu mīksto sasaisti un siltumnīcas efektu izraisīto gāzu emisiju ietveršanu VLA modelī, pamatojoties uz zinātnisko literatūru par līdzīgiem modeļiem Zviedrijā, Dānijā, Norvēģijā, Portugālē un Ķīnā.

Otrajā nodaļā tiek veikts pašreizējā Latvijas VLA modeļa audits (pašreizējo VLA modeli izstrādāja Latvijas Universitātes pētnieki valsts pētījumu programmas projekta "Energētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti" ietvaros), salīdzinot Latvijas VLA modeļa nozaru struktūru un parametru vērtības ar Austrālijas VLA modeļa prototipu ORANI-G. Tiek kritiski analizēts CO<sub>2</sub> nodokļa ieviešanas princips pašreizējā Latvijas VLA modelī, kā arī analizēta Latvijas VLA modelim nepieciešamo datu pieejamība.

Balstoties uz pirmajā nodaļā veikto zinātniskās literatūrās labākās prakses analīzi un otrajā nodaļā veikto pašreizējā Latvijas VLA modeļa auditu, trešajā nodaļā tika izstrādāta ceļa karte Latvijas VLA modeļa pilnveidei.

Visbeidzot, secinājumu nodaļā sniegts atzinums attiecībā uz divu izvirzīto hipotēžu atbilstību realitātei.

# 1. ZINĀTNISKĀS LITERATŪRAS ANALĪZE (Līguma punkti 4.1.2; 4.1.3; 4.1.6)

## Enerģētikas politikas modelēšana

Siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšana ir noteicošais faktors nelabvēlīgu klimata pārmaiņu bremsēšanā. Oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) nodokļa palielināšana un emisiju kvotu tirdzniecības sistēmas ieviešana un uzlabošana ir galvenā pētniecības tēma klimata pārmaiņu mazināšanas politikā. Atjaunojamā enerģija un energoefektivitāte ir identificētas kā galvenie virzītājspēki pārejai uz zemām CO<sub>2</sub> emisijām (Babatunde, et al., 2017).

Lai izvairītos no katastrofāliem klimata riskiem, nepieciešams ieviest stingrus SEG emisiju ierobežojumus, jo, iespējams, ir nenovērtēti labklājības zaudējumi, ko izraisa globālā sasilšana (nāves, kas saistītas ar plūdiem, sausumiem, nepietiekams uzturs, malārijas izplatība un ar karstumu saistītās problēmas) (Weitzman, 2012).

Izvērtējot globālās sasilšanas radīto kaitējumu uz iekšzemes kopproduktu (IKP), salīdzinot ar bāzes gadu (2017. gadu), pamatojoties uz 4 scenārijiem (gaisa temperatūras pieaugums par 1°C, 2°C, 3°C, 4°C), vismazākā negatīvā ietekme ir prognozēta Eiropas reģionam, tajā skaitā arī Latvijai. Tomēr šajā IKP novērtējumā nevarēja iekļaut dabas katastrofu vai ekstrēmāku laika apstākļu radītās sekas un izmaksas, kas var būt ievērojamas. Tāpat tajā nav iekļauta gaisa piesārņojuma ietekme, bioloģiskās daudzveidības samazināšanās, invazīvo sugu izplatība, izmaiņas enerģijas kombinācijā (*energy mix*) un ievērojamas migrācijas izmaksas - tātad faktiskais IKP kritums varētu būt lielāks. Papildus tam zemāks IKP nozīmē zemākus nodokļu ieņēmumus, kas valdībām radītu fiskālo stresu. Turklāt, ja globālā sasilšana ir saistīta ar laikapstākļu un citu dabas katastrofu biežuma palielināšanos, kas izraisa ievērojamus ārkārtas izdevumus, spiediens uz valsts konsolidēto kopbudžetu var būt vēl lielāks (Kompas, et al., 2018).

Kaut arī ir pētījumi, kas koncentrējušies tikai uz vienas nozares analīzi SEG mazināšanai (Giraudet, et al., 2012) (Wong & Alavalapati, 2003), tiek uzskatīts, ka nepieciešams iekļaut visas svarīgākās ar enerģētiku saistītās nozares, piemēram, lauksaimniecību, rūpniecību, mežsaimniecību, ēku uzturēšanu, transportu un atkritumus, ņemot vērā to lielu lomu ekonomikā un nelielo SEG emisiju mazināšanas potenciālu (Babatunde, et al., 2017).

Nodokļu uz vides piesārņojumu ieviešana vai palielināšana sniedz iespēju samazināt citus nodokļus, kas dod sabiedrībai papildu labumu (dubulto dividendu hipotēze). Viena daļa sabiedrības gūst labumu no tā, ka vide kļūst labvēlīgāka, savukārt otra daļa – no izkropļojumu samazināšanās, kas radušies no pastāvošajiem nodokļiem. Tādējādi saskaņā ar dubultās dividendes hipotēzi nodokļi uz vides piesārņojumu var nozīmēt ne tikai tīrāku vidi, bet arī augstāku labklājību (Jaeger, 2013).

Enerģētikas politika tiek izstrādāta, lai sasniegtu trīs galvenos mērķus: (1) energoapgādes drošuma veicināšana (piegādes drošība), (2) pieejamība (ekonomikas izaugsme un darba vietu radīšana) un (3) ilgtspēja (labvēlīgas vides un klimata nodrošināšana) (Jordan, et al., 2012). Kaut arī enerģētikas politikas novērtēšanai tiek ieteikts izmantot modeli, kas risina vairākus jautājumus vienlaikus, nevis savienot vairākus modeļus (tādējādi riskējot ne tikai ar caurspīdīguma un elastības zudumu, bet arī ar kopējās pieejas nekoncekvenci), joprojām nav izveidots tāds "brīnummodelis", kas var atrisināt visus ar enerģētiku saistītos jautājumus (Frei, et al., 2003).

## Enerģētikas nozares modeļu raksturojums

Galvenokārt izšķir divus modeļu pamatveidus enerģētikas nozares un ekonomikas novērtēšanai: (1) Bottom-Up modeļi un (2) Top-Down modeļi. Bottom-Up modeļi ļauj lietotājam salīdzināt dažādu tehnoloģiju ietekmi uz energosistēmu un novērtēt labāko nākotnes SEG emisijas nomenklatūru. Savukārt Top-Down modeļu piemērošanas mērķis ir enerģētikas un klimata politikas ietekmes novērtējums uz sociālekonomiskajiem rādītājiem, piemēram, ekonomikas izaugsmi, sabiedrības labklājību, nodarbinātību (Prina, et al., 2020).

**Bottom-Up** modeļi (BU) (saukti arī par tehniski ekonomiskajiem modeļiem (Herbst, et al., 2012)) modelē vairākas apakšsistēmas, kuras pēc tam tiek apvienotas vienā pamata sistēmā, līdz ar to sistēmas salikšana no apakšas uz augšu ļauj izveidot modeli ar augstu tehnoloģisko detaļu līmeni (Jacobsen, 1998). Augstāka tehnoloģiskā detalizācijas pakāpe pretstatā makroekonomiskajai modelēšanai sniedz lielāku ticamību par nākotnes tehnoloģiju attīstību un to kombināciju (Catenazzi, 2012). Tomēr investīciju un izmaksu aspekti parasti aprobežojas ar modeli iekļautajām

enerģētikas tehnoloģijām, tāpēc ir grūti novērtēt patērētāju pieprasījumu izmaiņas izmaksu palielināšanās vai samazināšanās gadījumā (Vuuren, et al., 2009). Tādi faktori kā saules enerģijas potenciāls, vēja potenciāls, ražošanas izmaksas, ietekme uz vidi un sociālo jomu, infrastruktūras izmaksas un enerģijas uzkrāšanas potenciāls ir atkarīgi no atrašanās vietas un atsevišķos gadījumos tie var ievērojami atšķirties pat ar nelielu dislokāciju, tāpēc šajos modeļos ir nepieciešama laba telpiskā izšķirtspēja, lai novērtētu no atrašanās vietas atkarīgo parametru lomu energosistēmā (Fattahi, et al., 2020).

Tomēr augstā detalizācijas pakāpe rada atkarību no datiem un to uzticamības, kā arī izvirza vairākus pieņēmumus par tehnoloģiju izplatību, ieguldījumiem un to darbības izmaksām (Herbst, et al., 2012). Tāpat enerģijas modeļu uzticamība ir diezgan zema, jo tie ir pārāk jūtīgi attiecībā uz enerģētikas tehnoloģiju izmaksām, kas ir tikai viens no faktiskās cilvēku uzvedības noteicošajiem faktoriem (Sovacool, et al., 2015). Tā kā BU modeļi parasti nosaka mazāko izmaksu tehnoloģiju kopumu, lai apmierinātu konkrētu pieprasījumu pēc energopakalpojuma, lētāka tehnoloģija var aptvert visu tirgu (Andersen, et al., 2019). Šī iemesla dēļ tādām sarežģītām sociāli tehniskajām problēmām tiek ieteikts izmantot *Agent-based modeling* (ABM), kas spēj iekļaut patērētāju un spēlētāju neprognozējamo uzvedību (Bonabeau, 2002). Tie ir piemēroti makroekonomisko rādītāju ietekmes novērtēšanai saistībā ar enerģētikas nozari, nodrošinot realistiskākus attēlojumus, dinamisku un telpisku vidi, kurā var mijiedarboties un attīstīties liels skaits neviendabīgu un sarežģītu aģentu (Ringler, et al., 2016) (Farmer, et al., 2015).

TIMES ir viens no BU modeļiem, kas ir īstenots vairākās ES valstīs. TIMES modeļi ir balstīti uz labklājības maksimizēšanu, samazinot kopējās energosistēmas izmaksas. Modelēšanā izmantotie ievades mainīgo veidi ir (1) pakalpojumu pieprasījuma un piedāvājuma līknes, (2) politika un (3) tehniskie un ekonomiskie parametri katrai tehnoloģijai. Piedāvājuma līknes parāda galveno energoresursu tehnoloģiju vai importēto enerģijas preču daudzumu, kas pieejamas par konkrētu cenu. Politika ietver likumdošanas, piemēram, nodokļu un subsīdiju, ietekmi uz konkrētām tehnoloģijām vai degvielas cenu. Tehniskie parametri ir efektivitātes un pieejamības faktors, savukārt ekonomiskie parametri ir ieguldījumu izmaksas un procentu līkmes (Balyk, et al., 2019).

*Top-Down* modeļi (TD) (saukti arī par makroekonomiskās pieejas modeļiem (Herbst, et al., 2012)) tiek veidoti no augšas uz leju un sākas ar vispārēju sistēmas pārskatu un kļūst detalizētāki, sadalot visu sistēmu apakšsistēmās (Vuuren, et al., 2009). Šie modeļi apraksta ekonomikas sistēmu kopumā valsts un reģionālajā līmenī, lai novērtētu enerģētikas un klimata pārmaiņu politiku ietekmi naudas vienībās. Tiem piemīt neliela specializācija enerģijas nozarēs, tači tie spēj novērtēt enerģijas pieprasījuma līmeņus un energoapgādi, kā arī dažādus ekonomikas rādītājus, piemēram, ekonomisko izaugsmi, nodarbinātības līmeni, strukturālās pārmaiņas (Herbst, et al., 2012). Endogēnie sociālekonomiskie rādītāji veicina visaptverošu izpratni par enerģētikas politikas ietekmi uz valsts vai reģiona ekonomiku. Tomēr šie modeļi nemodelē tehnoloģiskās izmaiņas, bet gan izmanto tikai aizstāšanas elastības, tāpēc tiem trūkst tehnoloģiskās detalizācijas, lai pienācīgi izvērtētu enerģētikas politikas priekšlikumus (Böhringer & Rutherford, 2008). Tehnoloģiskās detaļas ir īpaši svarīgas ilgtermiņā, kad ir sagaidāmas būtiskas tehnoloģiskas izmaiņas, piesātinājums un nozares iekšējās strukturālās izmaiņas. Turklāt, pamatojoties uz pieņēmumu par efektīvu tirgu sadali, TD modelēšanas pieeja mēdz nenovērtēt ekonomikas aģentu zināšanu trūkumu, neracionālus lēmumus vai specifiskās intereses (Hourcade, et al., 2006).

TD modelēšanā var tikt izmantotas vairākas pieejas: (1) ievades – izvades (*Input-Output*) modeļi, (2) ekonometriskie modeļi, (3) vispārējā līdzsvara (VLA jeb CGE) modeļi, (4) sistēmdinamiskie modeļi (Herbst, et al., 2012).

Ievades – izvades modeļi apraksta valsts kopējo preču un pakalpojumu plūsmu pēc nozaru un lietotāju dalījuma. No šīm savstarpējām attiecībām var novērtēt ekonomisko satricinājumu vai ekonomikas strukturālo izmaiņu ietekmi (Helgesen, 2013). Tie ļauj aplūkot pašreizējo ekonomikas struktūru, pamatojoties uz vēsturiskajiem datiem, tāpēc šie modeļi nav piemēroti ilgtermiņa enerģētikas sektora modelēšanai (Catenazzi, 2012).

Ekonometriskie modeļi pamatā balstās uz ekonomikas teoriju un matemātiskajām un statistiskajām metodēm (Greene, 2003), tāpēc to lielākais trūkums ir augstā ļaunāšanās uz datiem. Lai varētu iegūt ticamus rezultātus, ir nepieciešams liels datu apjoms par diezgan ilgu laika periodu, tāpēc mazām datu kopām varētu netikt sasniegta augsta modeļa kvalitāte. Katrai valstij izmantojot atšķirīgus datu avotus, tam var būt izšķiroša ietekme uz rezultātiem, un tas var apgrūtināt EC modeļu rezultātu starpvalstu salīdzinājumu (Herbst, et al., 2012).

Sistēmdinamisko modeļu mērķis ir izskaidrot sociālās sistēmas uzvedību savstarpējo sakarību rezultātā, ņemot vērā dinamiskās izmaiņas laika gaitā starp dažādām komponentēm, kas veido noteikto sistēmu. Modeļiem ir iepriekš definētu noteikumi atšķirīgu modeļa dalībnieku uzvedībai, un tie var veikt sarežģītas nelincēras simulācijas (Helgesen, 2013). SD ļauj novērtēt korelācijas starp enerģētikas nozari un visu ekonomiku, izmantojot matemātiski ar nelineāriem diferenciālvienādojumiem formulētas atgriezeniskās saites (Prina, et al., 2020). Modelēšanas trūkumi ir saistīti ar atgriezeniskās saites cilpu (*feedback loops*) apstiprināšanu un kalibrēšanu, problēmām modelēt energosistēmas ilgtermiņa attīstību, kā arī nespēju veikt detalizētu nozaru analīzi un prognozes (Herbst, et al., 2012).

### VLA (CGE) modeļa raksturojums

VLA modelis ir datorizēta simulācija, kurā tiek izmantota vienādojumu sistēma, kas raksturo visu ekonomiku un to nozaru mijiedarbību. Modeļa simulācija parasti sākas ar bāzes scenāriju ar aprēķinātu vispārēju līdzsvara stāvokli, un pēc šoka ieviešanas, piemēram, CO<sub>2</sub> nodokļa paaugstināšanas, tiek aprēķināts jauns līdzsvara stāvoklis (Babatunde, et al., 2017). Modeļa pieņēmums - tirgus sākotnēji atrodas ideālā līdzsvarā (nav pārmērīga pieprasījuma vai piedāvājuma, nav šķēršļu ienesīgam energoefektivitātes potenciālam). Pēc politikas izmaiņām līdzsvars tiek saglabāts ar cenu korekcijām, kuras nevar ietekmēt iesaistītie aģenti (piemēram, mājsaimniecības, uzņēmumi un valdība), jo tie darbojas kā cenu pieņēmēji (*price takers*) un cenšas maksimāli palielināt attiecīgi savu labklājību, peļņu un nodokļu ieņēmumus. Praksē pētnieki un starptautiskās institūcijas (piemēram, Eiropas Komisija, Pasaules Banka, GTAP) parasti izmanto tieši VLA modeļus ilgtermiņa simulācijām (Herbst, et al., 2012). VLA modeļi parasti neņem vērā tirgus nepilnības un šķēršļus, kā arī tajos nav ņemtas vērā tehnoloģiskās detaļas, kas var būt svarīgas enerģētikas politikas priekšlikumu novērtēšanai (Catenazzi, 2012). Papildus tam VLA modeļi pieņem, ka jebkura politika ietver papildu izmaksas, lai gan ļoti ienesīgi (bet nerealizēti) ieguldījumi energoefektivitātē var samazināt izmaksas un palielināt peļņu un nodokļu ienākumus (Hourcade, et al., 2006).

VLA modeļa unikālā iezīme ir tā spēja novērtēt politikas ietekmi starp enerģētikas un citām nozarēm. Tomēr VLA modeļu nespēja tikt galā ar detalizētu enerģētikas sektora struktūru (tie nevar skaidri attēlot enerģijas piedāvājumu vai tehnoloģijas) bieži tiek minēta kā galvenais TD modeļu trūkums. Papildus tam VLA pieejā trūkst empirisku pierādījumu par elastībām, kuras nosaka saskaņā ar enerģētikas politikas ierobežojumiem un pieņēmumiem. Tomēr to var atrisināt ar jauktu komplementaritātes problēmu (*mixed complementarity problem*), kas ļauj saskaņot svarīgās enerģētikas nozares detaļas un produkcijas līmeņus, kā arī iekļaut enerģētikas un ekonomikas mijiedarbību vienā sistēmā (Frei, et al., 2003).

VLA modeļi bieži vien nevar atrisināt šādus trīs energosistēmas aspektus: (1) izmaiņas enerģijas intensitātē jaunu tehnoloģiju ieviešanas dēļ; (2) izmaiņas enerģijas kombinācijā pēc izmaiņām enerģijas pieprasījumā; un (3) elektroenerģijas un apkures cenu izmaiņas ierobežotu enerģijas preču konkurences dēļ (Krook-Riekkola, et al., 2017).

VLA modelis galvenokārt sastāv no modeļa struktūras (vienādojumu sistēmas, kas ņem vērā savstarpējās ekonomiskās attiecības) un datu bāzes (izdevumu un ienākumu plūsmas ekonomikā un parametru vērtības) (Babatunde, et al., 2017). Parametru vērtības nosaka pats modelētājs modeļa palaišanas laikā. Visas nozares un apakšsektori ir tieši vai netieši saistīti ar preču un pakalpojumu pieprasījumu un piedāvājumu, un tās tiek raksturotas ar izdevumu un ienākumu plūsmām (ievades-izvades tabulu veidā) (Meng & Siriwardana, 2017).

Izšķir trīs VLA modeļa veidus: (1) statiskais modelis, (2) rekursīvi dinamiskais modelis un (3) pilnīgi dinamiskais modelis. Statiskais VLA modelis dod salīdzinājumu starp bāzes scenāriju un līdzsvaru, kas iestājas pēc šoka, un tie sniedz nodrošīgu informāciju, kuri ir šoka galīgie zaudētāji un ieguvēji. Izšķir īstermiņa un ilgtermiņa novērtējumu pēc šoka, un galvenā atšķirība starp tiem ir pieņēmums par kapitālu – īstermiņa gadījumā kapitāls ir fiksēts un eksogēns, savukārt ilgtermiņa gadījumā – kapitālam ir atļauts brīvi pielāgoties un reaģēt uz ārējiem apstākļiem (Kompas, et al., 2018). Tomēr statiskais modelis neietver izmaksas un ieguvumus, kas ir saistīti ar līdzsvara pāreju no bāzes scenārija uz šoka scenāriju, tāpēc nevar novērtēt pārmaiņu radīto ietekmi laika gaitā (Babatunde, et al., 2017).

Tomēr politiķiem un modelētājiem varētu būt svarīgi noskaidrot, cik ilgā laikā ekonomika nonāk līdzsvara stāvoklī, kā arī salīdzināt dažādu makroekonomisko mainīgo uzvedību pēc šoka laika gaitā. Šī iemesla dēļ tiek ieteikts izmantot dinamisko VLA modelēšanu, kas ļauj atbildēt uz šiem jautājumiem (Devarajan & Go, 1998).

Rekursīvi dinamiskajā modeli ekonomikas dalībniekiem ir tuvredzīgas jeb adaptīvas gaidas. Šis modelis veic statiskā modeļa līdzsvara dinamisko sakārtošanu. Risinājums tiek iegūts no bāzes gada līdzsvara, aprēķinot rezultātu katram secīgajam gadam, tāpēc netiek ņemti vērā dalībnieku lēmumi starpposmos - ekonomikas aģenti reaģē tikai uz izmaiņām kārtējā gadā (vai iepriekšējos gados) un ignorē citādi zināmās nākotnes izmaiņas (Kompas, et al., 2018). Savukārt pilnīgi dinamiskajos modeļos katrs dalībnieka lēmums iepriekšējā gadā ietekmē arī secīgo gadu rezultātu, tādējādi padarot modeli daudz sarežģītāku. Pilnīgi dinamiskajos modeļos bieži vien netiek ņemta vērā reģionālā un visu nozaru informācija, jo tas vēl vairāk palielinātu skaitļošanas laiku (Babatunde, et al., 2017). Tāpat pilnīgi dinamiskajiem modeļiem ir grūtības garantēt risinājuma konvergenci (Kompas, et al., 2018).

Dinamiski rekursīvajam modelim ir pievienotā vērtība enerģētikas jautājumu risināšanā, salīdzinot ar statisko modeli. Tomēr pieņēmums, ka nenotiek ekonomisko aģentu uzvedības maiņa laika gaitā, neattiecinot patiesās nākotnes prognozes par šoka radītajiem rezultātiem un tā izrietošajiem tirdzniecības efektiem. Tāpēc sava vērtība ir arī pilnīgi dinamiskajam VLA modelim (Kompas & Ha, 2019). Tomēr jāņem vērā, ka, īstenojot plašas laika (intertemporal) un telpiskās (regional and country-specific) dimensijas, VLA modeļu izmēri pieaug eksponenciāli, radot nopietnu izaicinājumu pašreiz visbiežāk pielietotajām programmatūras pakotnēm GEMPACK vai GAMS (Ha & Kompas, 2016).

Neizprotot enerģētikas un ekonomiskās sistēmas mijiedarbību, nav iespējams formulēt enerģijas attīstības plānus atbilstoši dažādiem enerģijas un emisiju mērķiem. Piemēram, enerģijas tehnoloģijas cenas izmaiņas var mainīt pieprasījumu pēc kapitāla katrā nozarē, mainot kapitāla cenu visā ekonomikā un ietekmējot visas tautsaimniecības nozares. Tāpat ir nepietiekami prognozēt ekonomiskās attīstības virzienus, neiekļaujot izmaiņas enerģētikas sistēmā. VLA modeļi ir piemēroti, lai novērtētu šo mijiedarbību (Fujimori, et al., 2014), un tie tiek plaši izmantoti enerģētikas un klimata politikas analizē (Beckman, et al., 2011) (Babatunde, et al., 2017) (Böhringer & Löschel, 2006) (Allan, et al., 2014).

VLA ietver trīs nodokļu kategorijas – patēriņa nodokļi (maksā patērētāji un ražotāji uz ievadi), ražošanas nodokļi (maksā ražotāji uz izvadi un kapitāls), darbaspēka nodokļi. CO<sub>2</sub> nodokļa ieviešana VLA tiek veikta, palielinot nodokļu apjomu patēriņam (dažiem vai visiem patērētājiem). Sākotnēji nodokļu summa ir precīzi proporcionāla CO<sub>2</sub> emisijām, ko rada konkrētā prece. CO<sub>2</sub> nodokļa ieviešanas gadījumā ievades izmaksas precēm, kas rada daudz CO<sub>2</sub> izmešus, būs lielākas nekā citām precēm, tāpēc VLA mēģinās mainīt enerģijas tehnoloģijas uz dabai draudzīgākām, lai sasniegtu jauno līdzsvaru. TIMES modelis darbojas līdzīgi ar pieprasījumu pēc tehnoloģijām - zemāks pieprasījums ir CO<sub>2</sub> atkarīgām precēm un lielāks – dabai draudzīgākām precēm. Tādējādi tiks atrasts vēl labāks optimālais zemākais izmaksu risinājums (Wiebe, et al., 2017).

## **TD un BU modeļu sasaiste**

TD un BU modeļu sasaiste var būt risinājums, lai mazinātu katra atsevišķā modeļa trūkumus, integrējot TD modeļu konsekvenci, vienlaikus saglabājot BU modeļu augsto tehnoloģisko detalizāciju. TD modeļu galvenā priekšrocība ir spēja visaptveroši izprast enerģētikas politikas ietekmi uz valsts vai reģiona ekonomiku ar labklājības, tirgus, ekonomiskās izaugsmes un citiem makroekonomiskajiem rādītājiem. Savukārt BU modeļi apraksta enerģētikas sistēmu ar detalizētām tehnoloģiskām īpašībām. Modeļu sasaiste palīdzētu aizvērt radīto plaisu starp modeļu atšķirībām un iegūt konsekvētākus modelēšanas rezultātus (Vuuren, et al., 2009) (Dai, et al., 2016).

Pirmais solis ir izpētīt abu modeļu sasaistes iespējas, lai apsvērtu, kā izmaiņas ekonomikā var ietekmēt darbību enerģosistēmā un otrādi. Sākotnēji būtu nepieciešams saprast, kāda veida politikas šokus katrs no šiem modeļiem var visveiksmīgāk risināt un kā šie modeļi var palīdzēt analizēt plašākus politikas mērķus, kas nav saistīti tikai ar enerģētiku, piemēram, ekonomikas izaugsmi un ienākumu sadali (Katris, et al., 2017).

TD un BU modeļu sasaistei var tikt izmantoti: (1) divi neatkarīgi izstrādāti TD un BU modeļi (Krook-Riekkola, et al., 2017); (2) kāda modeļa vienkāršošana jeb "samazinātā forma" (Bosetti, et al., 2006); vai (3) pilnīga abu modeļu integrācija (Böhringer & Rutherford, 2008).

Neatkarīgi izstrādāto TD un BU modeļu sasaistei varētu pietrūkt vispārējā saskaņotība, jo parasti modeļi izmanto dažādus datu formas, datu avotus un pieņēmumus. Savukārt "samazinātās formas" modeļa izmantošana samazinātu svarīgo detalizācijas līmeni, kas attiecīgi mazinātu arī iegūto rezultātu konsekvenci un nozīmīgumu



(Böhringer & Rutherford, 2009). Modeļu integrēšana parasti izmanto vienotu matemātisku pieceju (piemēram, jaukto komplementaritātes problēmu (Rutherford, 1995)) un ietver katra modeļa veida priekšrocības (Böhringer & Rutherford, 2009), tomēr, izstrādājot vienu modeli, kas spētu nosegt visas minētās nepilnības, varētu rasties ierobežojumi, piemēram, sarežģīta matemātiska metodika un ierobežotas skaitļošanas spējas (Fattahi, et al., 2020). Tāpat modeļu integrēšanu sarežģī arī tas, ka standarta populārās programmu pakotnes šādu iespēju nepiedāvā (Rutherford, 1995; Balyk, et al., 2019).

Neatkarīgi izstrādātos TD un BU modeļu sasaisti var veikt trīs veidos: (1) mīkstā sasaiste; (2) cietā sasaiste; (3) hibrīdmodeļa izveide (Böhringer & Rutherford, 2009); (Helgesen, 2013). Pirmajos divos gadījumos modeļi darbojas neatkarīgi. Mīkstās sasaistes gadījumā informācijas apstrādi un pārsūtīšanu starp modeļiem kontrolē lietotājs, savukārt cietās sasaistes gadījumā – tas notiek automātiski un parasti ar datorprogrammu palīdzību (Helgesen, 2013). Mīkstās sasaistes gadījumā lietotājs novērtē modeļu rezultātus un izlemj, vai un kā ir jāmaina katra modeļa ievade, lai abas rezultātu kopas vairāk saskaņotu vienu ar otru, panākot, lai modeļu ievades pieņēmumi un rezultāti atbilstu katram modelim. Cietās sasaistes gadījumā parasti vienam modelim tiek dota kontrole pār noteiktiem rezultātiem, bet otrs modelis ir iestatīts, lai reproducētu tos pašus rezultātus, parasti ar atšķirīgu apkopošanas līmeni (Holz, et al., 2016).

Mīkstās sasaistes priekšrocības ir praktiskums, pārredzamība un mācīšanās, savukārt cietās sasaistes priekšrocības ir efektivitāte, spēja pielāgoties palielinātai darba slodzei (scalability) un kontrole (Holz, et al., 2016). Kaut arī modeļu mīkstā vai cietā sasaiste ir svarīga konsekventa rezultāta iegūšanai, tām arī ir zināmas problēmas, piemēram, ir grūti noteikt savienojuma punktus un vienotu metodiku (īpaši tad, ja noteiktie mainīgie abos modeļos ir eksogēni vai endogēni (Krook-Riekkola, et al., 2017)), sasaiste tik un tā var nesniegt konverģentu risinājumu (Wene, 1996) un automatizētai sasaistei ir nepieciešams papildus matemātiskais formulējums, palielinot skaitļošanas izmaksas (Helgesen & Tomasgard, 2018).

Mīkstās sasaistes gadījumā TD un BU modeļi darbojas kopā iteratīvā procesā, līdz tiek sasniegta galveno parametru, piemēram, cenu un apjomu, konverģence (Kumbaroglu & Madlener, 2013). Iterācijas process nodrošina modeļa ievades mainīgo korekcijas (Helgesen, 2013). Mīkstās sasaistes pieeja izmanto abu modeļu priekšrocības. No otras puses cietajā sasaistē abi modeļi ir automātiski savienoti un atrisināti vienlaicīgā optimizācijā. Cietās sasaistes pieeja bieži vien arī nozīmē kāda modeļa padarīšanu par vienkāršāku (samazinātā versija) (Böhringer & Rutherford, 2008). Cietā sasaiste var būt noderīga, risinot globālos enerģētikas jautājumus, savukārt mīkstā sasaiste parasti ir noderīgāka valsts līmenī, jo parasti ir nepieciešams saglabāt esošo modeļu pilnīgās, detalizētās versijas.

Mīkstā sasaiste varētu būt sākumpunkts modeļu saistīšanai, jo sākotnējie ieguldījumi datorprogrammēšanā parasti ir zemi un modelētāji var diezgan ātri iegūt rezultātus novērtēšanai un mācībām. Tomēr produktivitātes un efektivitātes apsvērumu dēļ vēlamois gala produkts ir cietā sasaiste. Modeļu sasaistes izpildes apjoma palielināšanās gadījumā ir jāiegulda vairāk resursu, lai nodrošinātu mīkstās sasaistes kvalitāti (Helgesen, 2013).

Arī modeļu integrācija varētu būt vēlamois gala produkts, jo tā nodrošina līdzīgas priekšrocības kā cietā sasaiste, tomēr tas nav tik acīmredzami pareizais solis. Pastāv būtiski ieguvumi, saglabājot BU un TD modeļus atsevišķi un neatkarīgi vienam no otra, piemēram, attiecībā uz izstrādi, uzturēšanu, dažādu modeļu fokusu un relatīvo stipro pušu nodrošināšanu, kā arī dažāda līmeņa telpisko un laika sadalīšanu (Holz, et al., 2016). Galvenie aspekti, kāpēc modeļu integrēšana nav labākais gala produkts, ir šādi: (1) integrētam modelim, iespējams, būs ievērojami jāvienkāršo viens vai abi standarta modeļi, (2) BU un TD modeļi darbojas dažādās laika skalās, ar dažādiem detalizācijas līmeņiem un, iespējams, ar dažādiem reģioniem, (3) modeļiem ir dažādi datu avoti, kas būtiski sarežģī modeļa integrāciju (Helgesen, 2013). Kopumā integrācijas pieeja ar kāda modeļa detalizācijas pakāpes sašaurināšanu ir noderīga, skatoties globālo ainu, kurai reģionālās detaļas ir mazāk svarīgas. Tomēr valsts politikas ietvaros samazināta forma ir mazāk noderīga, jo tajā var netikt iekļautas nozaru vai tehnoloģiskas detaļas (Andersen, et al., 2019).

Vēl viena pieeja veiksmīgai enerģētikas nozares un ekonomikas modeļu sasaistei, ko zinātniskajā literatūrā dažreiz izdala kā atsevišķu pieceju, ir hibrīdmodeļu izveide (Helgesen, 2013). Tomēr tā pamatā ietver vai nu modeļa "samazinātās formas" izmantošanu, vai arī modeļu integrāciju. Viens no piemēriem ir ekonomiski inženiertehniskie modeļi, apvienojot tehnoloģiskās detaļas ar makroekonomikas principiem (Prina, et al., 2020). Daži no ekonomiski inženiertehnisko modeļu īstenošanas piemēriem ir NEMS, kas aprēķina līdzsvaru starp degvielas apjomu un cenām ASV energosistēmā (Gabriel, et al., 2001), vai Eiropas Komisijas izstrādātais POIES-JRC modelis SEG samazināšanas

politikas un enerģijas tirgu attīstības globālai un ilgtermiņa analīzei, kas dod arī iespēju novērtēt makroekonomiskos rādītājus (Keramidas, et al., 2017). Tomēr ir vērojams, ka šādi hibrīdmodeļi parasti risina šaurāku nozaru problēmu skaitu, nevis visas ekonomikas vai energosistēmas jautājumus, jo šis risinājums nozīmē vienādojumu skaita divkāršošanu, kas palielina kļūdu iespējas modeļa specifikācijās (Andersen, et al., 2019).

Galvenais ierobežojums modeļu sasaistē ir milzīgais datu apjoms, kas rada trīs problēmas: (1) datu saderību, (2) regulāru datu pieejamību un (3) datu konfidencialitāti. Abu modeļu atšķirīgā rakstura dēļ tie izmanto dažādas datu kopas gan informācijas apkopošanas, gan informācijas ziņošanas līdzekļu ziņā, un tas var attālināt no modeļu atrisinājuma konverģences sasniegšanas. IO tabulu apkopošanai un publicēšanai ir nepieciešams ievērojams laiks, un parasti tas notiek ar dažu gadu nobīdi. Tas var ietekmēt abu modeļu atjaunināšanas biežumu. Arī datu konfidencialitātes jautājums ir aktuāls, jo dažādas institūcijas var nelabprātīgi pārsūtīt datus, jo saskata augstu konfidencialitātes pārkāpuma risku (Katrīs, et al., 2017).

Vairāki pētījumi koncentrējas tikai uz vienas nozares sasaisti BU un TD modeļos (Martinsen, 2011) (Schafer & Jacoby, 2005), tomēr gala produktam vajadzētu balstīties uz pilnās sasaistes un pilnās formas pieejām. Pilnā sasaiste koncentrējas uz vairāk nekā vienu ekonomikas nozari, savukārt pilnā forma apvieno BU modeļu tehnoloģiskās detaļas un TD modeļu makroekonomisko struktūru (Andersen, et al., 2019). Pilnās sasaistes un pilnās formas pieeja ir īstenota Ķīnā (Dai, et al., 2016), Portugālē (Fortes, et al., 2014), Zviedrijā (Krook-Riekkola, et al., 2017), Dānijā (Andersen, et al., 2019) un Polijā (Antosiewicz, et al., 2020).

Dānijā TD (VLA) un BU (TIMES) modeļi tikuši izstrādāti vienlaicīgi, pielāgojot abu modeļu struktūru. Piemēram, TIMES modeļi ir definētas 12 gala enerģiju prasošās rūpniecības nozares, pamatojoties uz tām pašām nozarēm, kas pieejamas VLA modeļi (no nacionālo kontu statistikas). Tas būtiski atvieglo sasaistes iespējas, lai izpētītu enerģētikas sistēmas un ekonomikas mijiedarbību. Modeļu integrācija ļāvusī izvairīties arī no Portugāles un Zviedrijas modeļi konstatētajām problēmām par pilnīgas konverģences nodrošināšanu un no mikstās sasaistes tulkošanas modeļiem (Andersen, et al., 2019) (Krook-Riekkola, et al., 2017). Tomēr šāda pieeja apgrūtina datu iesniegšanu ES kompetentajām iestādēm, jo to struktūra ir izmainīta (Balyk, et al., 2019).

Modeļu savienojuma punktu un scenāriju izvēle ir atkarīga no energosistēmas modelēšanas mērķiem, pieejamām zināšanām un resursiem, kā arī datu kopām, kuras izmanto abi modeļi (Fattahi, et al., 2020). Portugālē par pieejamajiem TD un BU modeļiem ir sniegts ieskats, kā izmainīt VLA modeļi, lai veiksmīgāk savienotu to ar enerģētikas modeļi. Tomēr šajā rakstā trūkst detalizētas informācijas savienojuma punktu atrašanu (Fortes, et al., 2014). Savukārt citā rakstā, kurš ir koncentrējies uz Zviedrijas TD un BU modeļu miksto sasaisti, ir atrodama diezgan detalizēta informācija, kā noteikt savienojuma punktus un kādā veidā savienot modeļus (Krook-Riekkola, et al., 2017). Arī Dānijas gadījumā ir aprakstīta detalizēta TD un BU modeļu struktūras pielāgošana, kā arī tehniskās detaļas par savienojuma punktiem un miksto sasaisti (Andersen, et al., 2019).

Lai veiktu veiksmīgu modeļu sasaisti, sākotnēji ir nepieciešams izprast galvenās TD un BU atšķirības un līdzības, lai nākamajā soli varētu identificēt, ko savienot. Parasti savienojuma punkts rodas, kad viena modeļa endogēnais mainīgais tiek ievadīts otrā modeļi kā eksogēnais mainīgais. Tomēr sasaiste arī var notikt, ja attiecīgais mainīgais abos modeļos ir eksogēns vai endogēns (modeļu pārklāšanās) (Wene, 1996). Savukārt pēdējais posms ir identificēt, kādā veidā savienot modeļus (Krook-Riekkola, et al., 2017). Vairāki VLA un TIMES sasaistītie modeļu piemēri, kā arī sasaistes veids un savienojuma punkti ir apkopoti 1. tabulā.

VLA un TIMES modeļu sasaistes piemēri

Informācijas avots	Dati, kas nosūtīti no VLA uz TIMES	Dati, kas nosūtīti no TIMES uz VLA	Sasaiste
(Böhringer & Rutherford, 2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerģijas pieprasījums</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Neto enerģijas izvades dati</li> <li>Ar enerģētiku nesaistītu preču ievades dati (enerģētikas sistēmā)</li> </ul>	Cietā sasaiste
(Fortes, et al., 2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerģijas pieprasījums</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fiziskā enerģijas patēriņa un sistēmu izmaksas</li> <li>Enerģijas cenas</li> <li>Enerģijas patēriņš</li> </ul>	Integrācija
(Dai, et al., 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nozaru energopakalpojumu relatīvās pieprasījuma izmaiņas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerģijas patēriņš</li> </ul>	Mīkstā sasaiste
(Holz, et al., 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerģijas pieprasījums</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerģijas kombinācija</li> </ul>	Mīkstā sasaiste
(Abrell & Rausch, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrības pieprasījums un cena</li> <li>Ievades cenas degvielai, kapitālam, darbaspēkam, precēm un pakalpojumiem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrības novadišana (dispatch)</li> <li>Ievades pieprasījums degvielai, kapitālam, darbaspēkam, precēm un pakalpojumiem</li> </ul>	Cietā sasaiste
(Krook-Riekkola, et al., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ilgadējās enerģijas pieprasījuma izmaiņas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerģijas intensitātes parametrs</li> <li>Enerģijas kombinācija</li> <li>Enerģijas cenas</li> </ul>	Mīkstā sasaiste
(Wiebe, et al., 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerģijas pieprasījums</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerģijas kombinācija</li> </ul>	Hibridmodeļi
(Andersen, et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nozaru energopakalpojumu pieprasījums</li> <li>Degvielas cenas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vidējas cenas izmaiņas par katru nozares energopakalpojumu</li> <li>Enerģijas kombinācija</li> </ul>	Mīksta sasaiste

Avots: autoru izstrāde, pamatojoties uz zinātnisko literatūru.

Lai identificētu savienojuma punktus, ir nepieciešams koncentrēties uz to, kā viena modeļa radītie rezultāti var uzlabot otrā modeļa izvirzītos pieņēmumus, kuriem ir liela ietekme uz rezultātiem. Piemēram, ja modeļos abi mainīgie ir eksogēni, ir svarīgi, lai tie būtu saskaņoti savā starpā un vēlams izmantot vienu un to pašu datu avotu. Modeļu pārklāšanās gadījumā ir jāidentificē, kurš no modeļiem sniedz precīzāku vai detalizētāku rezultātu. Piemēram, Zviedrijā gan TD, gan BU modelis simulē enerģijas kombināciju, tomēr enerģētikas modelī detalizācijas pakāpe ir augstāka, tāpēc tiek noteikts, ka BU modelis pārvaldīs šos mainīgus un nodos rezultātus TD modelim (Krook-Riekkola, et al., 2017).

Katrā virzienā vispirms ir nepieciešams identificēt saņēmēja modeļa nepilnības, lai noteiktu, kāda veida informāciju otrs modelis varētu sniegt, lai uzlabotu enerģētikas politikas analīzi un rezultātus. Var tikt izstrādāti atsevišķi tulkošanas modeļi, kas nodrošinātu datu nodošanu un simulācijas rezultātu pārveidi no viena modeļa uz otru (TD un BU modeļiem ir raksturīgi dažādas mainīgo vienības – TD modeļu mainīgie ir naudas vērtībās, savukārt BU – fiziskajās vērtībās (Krook-Riekkola, et al., 2017)).

Viens no pirmajiem soļiem ir identificēt, kādas TD modeļa nozares ir vienādas vai līdzīgas ar BU modeļa nozarēm. Nozaru sasaiste starp TD un BU modeļiem var tikt īstenota šādos veidos: (1) kopīgo nozaru tieša sasaiste (nozaru nosaukumi abos modeļos sakrīt); (2) cieši saistīto nozaru netieša sasaiste (vienā modelī nozarei ir citādāka detalizācijas pakāpe nekā otrā modelī); (3) nozaru sasaiste, izmantojot saskaņotas IKP un iedzīvotāju skaita prognozes (Dai, et al., 2016).

Tāpat jābūt iespējai salīdzināt modeļu rezultātus pārklāšanās vietās, lemjot, vai modeļi apraksta vienas un tās pašas parādības un tos pašus rezultātus. Konverģences kritēriji (rādītāji vai parametri, pēc kuriem nosaka, ka modeļi savā starpā ir saplūduši jeb sniedz vienādus vai vismaz līdzīgus rezultātus) parasti ir balstīti uz rezultātu izmaiņām procentos salīdzinājumā ar iepriekšējo iterāciju, nevis uz modeļu līmeņu atšķirībām (Helgesen, 2013).

Kopējie saskares punkti abos modeļos Zviedrijas gadījumā ir šādi:

- enerģijas intensitātes parametrs - BU ir noteicošais modelis un TD vērtības tiek mainītas endogēni, līdz tiek sasniegts apstāšanās kritērijs (rādītājs vai parametrs, kas nosaka, kad būtu jāapstājas iterācijas procesam jeb kad ir sasniegta abu modeļu vērtību līdzība - konverģence);
- enerģijas kombinācija - BU ir noteicošais modelis, tāpēc, lai atvieglotu rezultātu pārveidošanu, ražošanas funkcija TD modeli tiek mainīta tā, lai aizvietošanas elastība starp dažādām enerģijas ievadēm katrā sektorā būtu vienāda ar nulli. Tiek pieņemts, ka enerģijas nozare tiek attēlota ar Ļcontjeva funkciju;
- enerģijas cenas - BU ir noteicošais modelis, un tā kā BU modeli tiek veidotas ēnas cenas katram periodam, ko nedara TD modelis, tad TD modeli tiek ieviests uzcenojums cenām elektrības un siltuma sektoros katrā iterācijā, līdz tiek sasniegtas vienādas cenu izmaiņas;
- ikgadējās pieprasījuma izmaiņas - TD modelis ir noteicošais, tāpēc BU modeli tiek ieviests konversijas parametrs, kas ir balstīts uz vēsturiskajām korelācijām starp kopējās produkcijas fiziskajām un monetārajām vērtībām, lai varētu vienādot šī mainīgā rezultātus (Krook-Riekkola, et al., 2017).

Savukārt Dānijas mīkstās sasaistes stratēģija balstās uz enerģētikas pakalpojumu cenu, degvielas izmaksu attiecību enerģijas pakalpojumiem un paredzamām degvielas nodokļa likmēm. VLA modelis nosaka enerģijas pakalpojumu pieprasījuma reakciju, kas pēc tam tiek nodota TIMES modelim. Modeļi automatizēti darbojas iteratīvā procesā, līdz abos modeļos enerģijas pakalpojumu saistītās degvielas izmaksas kļūst vienādas. Degvielas izmaksas tiek izmantots kā konverģences kritērijs, jo tās ir līdzīgi labi definētas abos modeļos (Balyk, et al., 2019).

Savienojuma punkti TIMES modeli ir nozaru energopakalpojumu pieprasījums un degvielas cenas, kas tiek iegūtas no VLA modeļa. Savienojuma punkti VLA modeli ir vidējas cenas izmaiņas par katru nozares energopakalpojumu (kopējās izmaksas par energopakalpojuma sniegšanu TIMES modeli, t.i., degvielas izmaksas, degvielas nodokļi, fiksētās, mainīgās un ieguldījumu izmaksas, dalītas ar saražotā energopakalpojuma daudzumu) un enerģijas kombinācija. Šī informācija tiek pārsūtīta VLA modelim no TIMES modeļa, jo tajā ir lielāks tehnoloģiju detalizācijas līmenis (Andersen, et al., 2019).

Portugālē tika izveidota saskaņota datu struktūra ar atbilstību dažādām darbības nozarēm un enerģijas kombinācijai. Modeļu integrācijas gadījumā konverģences panākšanai tika definēti kopīgi scenāriji par fosilā kurināmā importa cenām, procentu likmēm, enerģijas ierobežojumiem un politikas pieņēmumiem. Process darbojas iteratīvā procesā, izmantojot četrus rakstā aprakstītos soļus, kas pamatā balstās uz kopīgajiem definētajiem scenārijiem un tulkošanas modeļu izmantošanu, piemēram, TIMES modeļa fiziskā enerģijas patēriņa un sistēmu izmaksu pārvēršanu naudas vērtībās, lai to būtu iespējams nodot VLA modelim. Process notiek tik ilgi, kamēr tiek apmierināts konverģences kritērijs - iepriekš definētais minimālais enerģijas pakalpojumu pieprasījuma atšķirības sliekšnis. Ja enerģijas pakalpojumu pieprasījums nekonverģē, tika uzskatīts, ka optimālais pieprasījuma līmenis atrodas starp iepriekšējām iterācijas vērtībām (Fortes, et al., 2014).

Ķīnā TIMES modeļa savienošanas punkti ir nozares produkcijas relatīvās izmaiņas, kas tiek nodotas no VLA modeļa un nodrošina relatīvas izmaiņas atbilstošajam nākotnes enerģijas pakalpojumu pieprasījumam TIMES modeli. Mīkstās sasaistes pieceja ir izmantota pēc Zviedrijas parauga - abi modeļi ir izstrādāti neatkarīgi un pastāv dažas atšķirības modeļu struktūrā un nozaru detaļās. Savukārt VLA modeļa savienošanas punkti ir enerģijas patēriņš, kas ir iegūts no TIMES modeļa un pielāgo energoefektivitātes uzlabošanas parametrus (Dai, et al., 2016).

Norvēģijā tikusi īstenota trīs modeļu (TIMES, VLA un EXIOBASE) savienošana. Savienojuma punkti TIMES modeli ir galvenokārt patēriņa rādītāji, piemēram, nozaru un māsaimniecību paredzamais pieprasījums, kas tiek iegūti no VLA, jo tie ņem vērā iedzīvotāju un darbaspēka pieauguma pieņēmumus. Savienojuma punkti VLA modeli ir enerģijas

kombinācija no piecām nozarēm (lauksaimniecība, rūpniecība, pakalpojumi, transports, patērētāju labklājības ražošana), kas tiek iegūts no TIMES. Iterācijas procesā notiek apmaiņa ar rādītājiem un konverģence tiek sasniegta tad, ja rādītāju vērtības būtiski nemainās no iterācijas uz iterāciju (Wiebe, et al., 2017).

Mikstās sasaistes procesā abi modeļi ir atkarīgi no otra modeļa ievades, un Zviedrijas gadījumā ir ieteikts sākt ar VLA modeļa palaišanu, jo, lai palaistu TIMES modeli ir nepieciešami pieņēmumi par enerģijas pieprasījumu, savukārt VLA modelis var uzsākt modelēšanu arī bez TIMES ievades. Vērtību, pie kuras apstājas mikstās sasaistes process, var arī nenoteikt, bet gan rezultātu izmaiņas pārskatīt katrā iterācijā, kas ir īpaši aktuāli lielu savienojuma punktu skaita gadījumā, kā arī savienojuma punkti ne vienmēr atspoguļo vienas un tās pašas vērtības. Manuālā pārskatīšana ļauj ne tikai identificēt nepieciešamus modeļa uzlabojumus, bet arī vairāk uzzināt par pētīto sistēmu. Vislielākās izmaiņas tika konstatētas tieši pirmajā iterācijā, un pārējās iterācijās šis rezultāts tika pielāgots un nedaudz precizēts, tāpēc ir svarīgi nepārspīlēt ar iterāciju skaitu, jo faktiski konverģence varētu arī netikt sasniegta mikstās sasaistes gadījumā (Krook-Riekkola, et al., 2017), jo abu modeļu struktūras un metodoloģijas atšķirības var būt ievērojamas (Böhringer & Rutherford, 2009).

Savukārt Dānijā tiek ieteikts sākt iterāciju ar TIMES modeli, lai informētu VLA modeli par nākotnes energopakalpojumu cenām, energopakalpojumu ražošanas tehnoloģijām un degvielas nodokļiem. Pamatojoties uz šo informāciju, VLA modelis nosaka jauno enerģijas pieprasījumu un cenas. TIMES modelis izmanto šos rezultātus otrajā iterācijā, lai prognozētu atrastos savienojuma punktus. Iteratīvais process turpinās, līdz degvielas izmaksas un degvielas nodokļu ieņēmumi (pa nozarēm, pakalpojumiem un degvielu) modeļos ir saplūduši (Andersen, et al., 2019).

Mikstās sasaistes pieejā ir vērojami arī vairāki izaicinājumi un problēmas. Ekonomikas būtiskas pārstrukturēšanas gadījumā (piemēram, radikāli samazinot fosilā kurināmā izmantošanu) investīciju plūsmas arī varētu ievērojami mainīties, atstājot ietekmi uz vispārējo līdzsvaru. Aprēķinātie ieguldījumi no BU modeļa varētu būt nereāli un neatbilstoši, jo šie modeļi nenovērtē saikni starp investīciju pieprasījumu un pārējo ekonomiku. Tāpat VLA modelim ir grūtības uztvert jauno tehnoloģiju izplatību. Dažas investīciju plūsmu izmaiņas var tikt veiktas, pielāgojot elektroenerģijas un siltumenerģijas cenas. Tāpat mikstās sasaistes pieeja ir laikietilpīga, ja katrā iterācijā tiek veikta manuāla pārbaude un pēc tam arī manuāla kvalitātes kontrole (Krook-Riekkola, et al., 2017).

Neskatoties uz vairākiem izaicinājumiem un problēmām, mikstā sasaiste ir svarīga un nepieciešama, lai mazinātu plaisu starp VLA un TIMES modeļa rezultātiem. Svarīgākais ir paturēt prātā un vajadzības gadījumā izmantot abu modeļu stiprās puses un ierobežojumus, jo var tikt atklātas ievērojamas rezultātu atšķirības, pat ja kritiskie rādītāji ir saskaņoti (Dai, et al., 2016).

## 2. ESOŠĀ LATVIJAS VLA MODEĻA AUDITS (Līguma punkti 4.1.3; 4.1.5)

Valsts pētījumu programmas projekta “Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti” (Nr. VPP-EM-2018/NEK\_0001) (*turpmāk – Ziņojums*) izstrādātais Latvijas Vispārējā līdzsvara aprēķina modelis (*turpmāk – Latvijas VLA*) pamatojas uz Austrālijas VLA “ORANI-G” modeļa 2013. gada versiju “TPMH0110”. Modeļa versija TPMH0110<sup>1</sup> ir izstrādāta ar mērķi, lai pētnieki varētu piemērot savas valsts datubāzes uz jau izstrādāta modeļa struktūras, kuru sniedz TPMH0110 (*turpmāk – ORANI-G modelis*).

Latvijas VLA modeļa audita laikā tika konstatētas sekojošās atšķirības no TPMH0110:

- Latvijas VLA modelim detalizētāka nozaru struktūra (65 nozares Latvijas VLA modelī, salīdzinot ar 37 nozarēm ORANI-G modelī);
- Darbaspēka sadalījums pa kvalifikācijas grupām: Latvijas VLA modelī izmantotas 10 profesiju grupas, savukārt ORANI-G modelī – 8 profesiju grupas.
- Latvijas VLA modelī izņemts reģionālais sadalījums (Latvijas VLA modelī viens nosacīts reģions, ORANI-G modelī 8 reģioni);
- Vairākums modeļa parametru Latvijas VLA modelī atšķiras no ORANI-G modeļa (sk. 2. tabulu).

---

<sup>1</sup> <https://www.copsmodels.com/archivep.htm#tpmh0110>

Latvijas VLA un ORANI-G modeļu parametru un elastību salīdzinājums

Nr.p.k.	Nosaukums	Salīdzinājums
1	Armingtona elastības	<p>Latvijas VLA modeļi Armingtona elastību vērtības ir nedaudz augstākas nekā ORANI-G modeļi (attieciņi 1.55 un 1.07), kas varētu atspoguļot Latvijas tautsaimniecības lielāku atvērtību starptautiskās tirdzniecības plūsmām.</p> <p>Elastību amplitūda nozaru dalījumā Latvijas VLA modeļi ir šaurāka – no 0.10 līdz 3.00 (salīdzinājumam: ORANI-G modeļi no 0.00 līdz 5.02).</p> <p>Latvijas VLA modeļi Armingtona elastību vērtības atšķiras nozaru dalījumā, tomēr trijos modeļa blokos (starppatēriņš, investīcijas, mājsaimniecības) noteiktajai nozarei elastības ir identiskas. Savukārt ORANI-G modeļi Armingtona elastības vērtības atšķiras gan nozaru, gan modeļa bloku dalījumā:</p> <p>SIGMA 1 (Iekšzemes un importēto starpproduktu aizvietojamības elastība): Vidējā vērtība 1.06 (intervāls no 0.00 līdz 4.17)</p> <p>SIGMA 2 (Iekšzemes un importētas preces aizvietojamības elastība investīcijās): Vidējā vērtība 1.08 (intervāls no 0.00 līdz 4.57)</p> <p>SIGMA 3 (Iekšzemes un importētas preces aizvietojamības elastība privātajā patēriņā): Vidējā vērtība 1.06 (intervāls no 0.00 līdz 5.02)</p>
2	Darbaspēka un kapitāla aizvietojamības elastība	ORANI-G modeļi visām nozarēm koeficients ir 0.5. Latvijas VLA modeļi darbaspēka un kapitāla aizvietojamības elastība atšķiras nozaru dalījumā (vidējā vērtība 0.74; intervāls: 0.25 – 1.50); lielāka tā ir lauksaimniecības un pakalpojumu nozarēs, mazāka – elektroenerģijā un ūdens apgādē.
3	Eksporta pieprasījuma elastības	<p>EXP_ELAST: Latvijas VLA modeļi visām nozarēm vienāda elastības vērtība -5.00. ORANI-G modeļi vidējā vērtība ir -9.49 (intervāls no -1.64 līdz -10.00); turklāt lielākai daļai (80%) nozaru tika piešķirts koeficients -10.00.</p> <p>EXP_ELAST_NT: Latvijas VLA modeļi: -5.00, bet ORANI-G modeļi: -10.00.</p> <p>IsIndivExp: Latvijas VLA un ORANI-G modeļos tika novērotas līdzīgas koeficientu tendences starp nozarēm.</p> <p>ORANI-G modeļi vidējā vērtība 0.38; Latvijas VLA modeļi 0.42.</p>
4	Pieprasījuma ienākumu elastība	Elastību vērtības nozaru dalījumā ir līdzīgas: ORANI-G modeļi: vidējā vērtība 0.93 (intervāls 0.40 – 1.59) Latvijas VLA modeļi: vidējā vērtība 1.07 (intervāls 0.42 – 1.68)
5	Ražotāju tieksme eksportēt	Latvijas un ORANI-G modeļi 0.50 pa visām nozarēm.
6	Friša parametrs	Latvijas VLA un ORANI-G modeļi -1.82. Augstāks (pēc moduļa) Friša parametrs ir raksturīgs nabadzīgākām valstīm. Savukārt valstīm ar augstiem ienākumiem Friša parametra vērtība tuvojas nullei.
7	Darbaspēka aizvietojamība pēc prasmju veidiem	Latvijas VLA un ORANI-G modeļi 0.50 visās nozarēs. Atspoguļo dažādu profesiju darbinieku aizvietojamību.

Avots: autoru izstrāde pamatojoties uz ORANI-G modeļa un valsts pētījumu programmas projekta "Ierēģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti" materiāliem.

Latvijas VLA modeļa struktūra (vienādojumi) ir identiska ORANI-G modeļa bāzes komplektācijai. Latvijas VLA modelis ir statisks, un tajā pastāv divu simulāciju iespējas – īstermiņa un ilgtermiņa. Abos simulāciju scenārijos tiek izmantoti standarta pieejamie ORANI-G modeļa eksogēnie un endogēnie mainīgie (sk. 3. tabulu).

Tabula 3

### Galvenie īstermiņa un ilgtermiņa simulāciju pieņēmumi

Nr.p.k.	Īstermiņa simulācija	Ilgtermiņa simulācija
1	Kapitāls un investīcijas dotas ārpus modeļa (eksogēni)	Kapitāls un investīcijas tiek noteiktas modeļa ietvaros (endogēni)
2	Algas ir eksogēnas, nodarbinātība – endogēna.	Algas ir endogēnas, nodarbinātība – eksogēna.
3	Privātais un valdības patēriņš ir eksogēni.	Privātais un valdības patēriņš ir eksogēni.
4	Jaunais līdzsvars atbilst tautsaimniecības stāvoklim pēc 1 – 3 gadiem.	Jaunais līdzsvars atbilst tautsaimniecības stāvoklim pēc 10 – 20 gadiem.

Avots: autoru izstrāde pamatojoties uz ORANI-G modeļa un valsts pētījumu programmas projekta “Energētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti” materiāliem.

Latvijas VLA modeļa statistiskā forma nosaka, ka nav iespējams novērtēt mainīgo dinamiku noteiktajos laika periodos (gados) gan ilgtermiņa, gan īstermiņa simulācijām. Papildus iepriekš minētajam, Ziņojuma 35. lpp autori uzsver, ka CO<sub>2</sub> nodokļa ieviešanas princips modelī nav izstrādāts, lai spētu pilnvērtīgi novērtēt CO<sub>2</sub> izmaksu pieauguma efektu, ko arī apstiprināja ziņojuma izstrādes laikā piesaistītie eksperti.

Latvijas un citu VLA modeļu viena no datubāzes komponentēm ir Absorbcijas matrica. Absorbcijas matricas datus ir iespējams veidot gan no Ievades – Izvades matricas (*angļu val. – Input – Output matrix(IOT)*), gan no piedāvājuma (*angļu val. – Supply*) un patēriņa (*angļu val. – Use*) tabulām. Šobrīd Latvijas VLA modeļa galvenais absorbcijas matricas datu avots ir CSP<sup>2</sup> pieejamie dati, kur

- (1) Latvijas *Supply* un *Use* tabulas pēdējie dati ir par 2017. gadu, bet
- (2) IOT matricas jaunākie dati ir par 2015. gadu.

Ziņojuma aprakstītajā Latvijas VLA modeli 2017. gada *Supply* tabula tiek izmantota kā MAKE matrica, kura sniedz informāciju par saražoto produkta vērtību pa nozarēm (milj. EUR). Ziņojumā tiek uzsvērts, ka visu datu avotu bāzes gadiem ir jābūt vienādiem un tas nozīmē, ka gan IOT, gan *Supply* un *Use* tabulām ir jābūt par vienādiem bāzes gadiem. Tāpēc Ziņojuma autori pieņēma lēmumu, ka:

- (1) ir jāizmanto jaunākie pieejamie dati par 2017. gadu un
- (2) absorbcijas matricu ir jāveido no IOT matricas.

Ņemot vērā, ka IOT matrica bija pieejama tikai par 2015. gadu, tās atjaunošanai tika piesaistīta Dr. Louise Roos no Centre of Policy Studies tehniskās palīdzības. Dr. Louise Roos, izmantojot Latvijas *Supply* un *Use* tabulas par 2017. gadu, IOT matricu par 2015. gadu un GEMPACK programmas paplašinājumu, kurš nav pieejams standarta licences gadījumā, uzkonstruēja IOT par 2017. gadu. Tādejādi secināms, ka Ziņojuma darba grupas darbs pamatojas uz datubāzi, kuru nodrošināja ārējais eksperts, bez iespējas pārbaudīt metodoloģiju, pēc kuras tā tika uzkonstruēta.

Saskaņā ar Evitas Kupčes (LR Centrālās Statistikas pārvaldes Gada nacionālo kontu daļas vadītāja vietniece) atbildi no 2021. gada 15. novembra tika konstatēts, ka IOT matrica par 2017. gadu nebūs pieejama un nākošā matrica tiks izveidota par 2020. gadu, kuru publicēs 2023. gada decembra beigās (sk.1. pielikumu).

Papildus Absorbcijas matricai Latvijas VLA modeļa datubāze sastāv no tādām matricām kā MAKE, GHGE, TARIFF, kā arī parametriem un elastības koeficientiem (to vērtību salīdzinājumu ar ORANI-G modeli sk. 1. tabulā). GHGE matricas ievaddati tiek iegūti no TIMES modeļa Excel faila formātā. GHGE matrica sniedz informāciju par SEG

<sup>2</sup><https://stat.gov.lv/lv/statistikas-temas/valsts-ekonomika/ikp-gada/cits/2408-piedavajuma-izlietojuma-un-ielaides-izlaides>



emisiju apjomu (SEG, t. CO<sub>2</sub> ekv.) pa nozarēm, ieskaitot patērēto elektroenerģijas un siltumenerģijas apjomu. Lai pārveidotu iesūtītās matricas attēloto nozaru struktūru ir nepieciešami manuāli pārrēķini. TIMES modeļa izstrādātāju GHGE iesūtītā matrica ir svarīga sastāvdaļa gan esošajam Ziņojumā aprakstītajam modelim, gan mūsu turpmākajām darbām. GHGE matrica ir viens no sasaistes punktiem starp VLA un TIMES modeļiem. Pašlaik abu modeļu mīkstā sasaiste nav efektīva, jo netika nodrošināta saskaņota GHGE matricas forma un netika vienādota tautsaimniecības nozaru struktūra. Turpmākajā darba gaitā, lai uzlabotu mīkstās sasaistes efektivitāti, šos aprēķinus ieteicams automatizēt ar iepriekš uzrakstītām formulām, kuras tiks izmantotas TIMES modeļa datu saņemšanas brīdī.

Ziņojuma audita laikā tika konstatēts, ka nav izstrādāta pilnvērtīga metodoloģija par to, kādā veidā tiek aprēķināts ražošanas izmaksu pieaugums, palielinoties CO<sub>2</sub> cenai. Piemēram, saņemot informāciju no TIMES modeļa par SEG emisiju apjomu nozaru dalījumā un pieņemot, ka palielinoties CO<sub>2</sub> cenai no 4.5 uz 9 EUR/t, tika aprēķināts, ka ražošanas izmaksas pieaug par 6 %; taču nav skaidrs, kā tieši tika iegūts šis novērtējums. Latvijas VLA modelī tiek pieņemts, ka energointensīvajās nozarēs tehniskais progress ir attīstījies straujāk nekā citās nozarēs, tādējādi pieņemot, ka produktivitāte arī pieaug straujāk nekā citās nozarēs. Tomēr nav skaidrs šī pieņēmuma pamatojums.

Papildus tam secināms, ka Latvijas VLA modelī energointensīvām nozarēm tiek piemērots vienāds izmaksu pieaugums, kuru izraisa CO<sub>2</sub> cenu pieauguma efekts. Vienlīdzīgais izmaksu pieaugums starp nozarēm nav korekts. Metodoloģijas izstrāde, kura noteiktu CO<sub>2</sub> cenu pieauguma efektu uz dažādām tautsaimniecības nozarēm tiek uzskatīta par vienu no attīstības virzieniem turpmākajos Latvijas VLA modeļa uzlabošanas darbos.

Latvijas VLA modeļa audita laikā netika konstatētas citas datu pieejamības problēmas (izņemot tos, kas attiecas uz IOT matricu), kas varētu būtiski traucēt VLA modeļa pilnveidi vai arī radītu nepieciešamību būtiski papildināt statistiku vai izstrādāt alternatīvas datu ieguves metodes.

Latvijas VLA modelim ir statiska forma un, lai uzlabotu rezultātu ticamību un izmaiņu pārskatāmību pa gadiem, tiek uzskatīts, ka galvenais modeļa attīstības virziens ir statistiskā modeļa pārveide par dinamisko modeli. Ziņojumā tika ieskicēta doma, ka esošais Latvijas VLA statistiskais modelis var kalpot turpmākajām dinamiskā VLA modeļa iestrādāšanām. Iegūtā statistiskā modeļa datubāze atvieglo dinamiskā modeļa izstrādi, jo abu modeļu datubāzes struktūras ir līdzīgas. Turpmākajā darbā ar dinamiskā modeļa izveidi ir nepieciešams veikt vienādojuma pārveidi un papildināt datus ar vairāku ekonomisko datu prognozēm.

### 3. MAKROEKONOMISKO UN SOCIĀLEKONOMISKO RĀDĪTĀJU

#### SARAKSTS (Līguma 4.1.4 punkts)

Enerģētikas politikas iniciatīvas rada lielas strukturālas pārmaiņas, kam ir nozīmīga ekonomiskā un sociālā ietekme. Ekonomikas dekarbonizācija ietekmēs kā kopējo ekonomisko stāvokli, tā arī veicinās tautsaimniecība strukturālo transformāciju. To raksturo gan makroekonomiskie rādītāji, gan arī rādītāji tautsaimniecības sektoru (tai skaitā nozaru) un atsevišķu tirgus (tai skaitā darba) līmenī.

Provizorisks makroekonomisko un sociāli ekonomisko rādītāju saraksts, kurus var ietekmēt enerģētikas politikas iniciatīvas, ir šāds.

Makroekonomiskie rādītāji:

- Izlaide (faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Starppatēriņš (faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Iekšzemes kopprodukts (faktiskajās un salīdzināmās cenās):
  - o no ražošanas aspekta
  - o no icnākumu puses
  - o no izlietojuma aspekta
- Inflācijas rādītāji:
  - o Patēriņa cenu indekss
  - o Ražotāju cenu indekss
  - o Eksporta cenu indekss
  - o Importa cenu indekss
  - o IKP deflators
- Produktivitāte un tā izmaiņas (faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Darbspēka vienības izmaksu izmaiņas (nominālās un reālās)
- Izdevumi kopējā pamatkapitāla veidošanai (investīcijas) (faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Tekošā konta bilance (faktiskajā cenās un % pret IKP)
- Vispārējās valdības sektora izdevumi (tai skaitā izdevumi kopējā pamatkapitāla veidošanai) (faktiskajās cenās un % no kopējiem izdevumiem)
- Budžeta deficīts (pārpalikums) (% no IKP)
- u.c.

Darba tirgus rādītāji:

- Nodarbinātība (nodarbināto skaits un nodarbinātības līmenis)
- Bezdarbs (bezdarbnieku skaits un bezdarba līmenis)
- Alga (faktiskajās cenās)

- u.c.

Rādītāji tautsaimniecības sektoru (nozaru) griezumā:

- Izlaide (faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Starppatēriņš (faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Pievienotā vērtība (faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Nodarbināto skaits (cilvēki)
- Investīcijas (bruto pamatkapitāla veidošana, faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Produktivitāte (pievienotā vērtība uz vienu nodarbināto, faktiskajās un salīdzināmās cenās)
- Bruto ienesa un bruto jauktais ienākums (faktiskajās cenās)
- Ražotāju cenu indekss
- Darbaspēka izmaksas
- Darbaspēka vienības izmaksas (nominālās un reālās)
- Energoietilpība un energoefektivitāte
- u.c.

Sociāli ekonomiskie un labklājības rādītāji:

- Mājsaimniecību patēriņa izdevumi (faktiskajās cenās)
- Mājsaimniecību izdevumu struktūra (procentos)
- Mājsaimniecību rīcībā esošie ienākumi (faktiskajās cenās)
- Ienākumu nevienlīdzība (Džini koeficients, procentos)
- u.c.

Modeļa iespējas ir ierobežotas, tāpēc ne visi sarakstā iekļautie rādītāji būs iegūti, kā tiešais modelēšanas rezultāts. Daži sociāli ekonomiskās ietekmes rādītāji var būt aprēķināti, no modelēšanas rezultātā iegūtiem datiem, atbilstoši starptautiski pieņemtai metodoloģijai, vai arī novērtēti piesaistot ekspertus.

Datu avoti – CSP, Eurostat, OECD un citu starptautisko organizāciju oficiālā statistika, kas atbilst nacionālo kontu metodoloģijai.

## 4. CEĻA KARTE LATVIJAS VLA MODEĻA PILNVEIDEI (Līguma punkti

### 4.1.2; 4.1.3; 4.1.5; 4.1.6)

Šī ceļa karte izstrādāta, pamatojoties uz zinātniskajā literatūrā atspoguļoto klimata politikas modelēšanas pasaules labāko praksi un pašreizējā VLA modeļa auditu. Tiek definēti sekojošie Latvijas VLA modeļa attīstības virzieni, kas nepieciešami, lai Latvijas gadījumam nodrošinātu starptautiski konkurētspējīgu VLA modeli klimata politikas ietekmes uz tautsaimniecību novērtēšanai un tās efektīvu sasaisti ar FEI TIMES modeli:

1. Jāizveido **dinamiskais Latvijas VLA modelis**. Pašreizējais Latvijas VLA modelis ir statisks – uzbūvēts uz ORANI-G Austrālijas modeļa pamata. Tajā pastāv divu simulāciju iespējas – īstermiņa un ilgtermiņa (abos gadījumos tiek izmantoti standarta pieejamie ORANI-G modeļa eksogēnie un endogēnie mainīgie), kas salīdzina ekonomikas sākotnējo un galīgo līdzsvaru, bet neietver ar pāreju saistītas ekonomikas aģentu izmaksas un ieguvumus un nevērtē, cik ilgs laiks (gados) nepieciešams, lai sasniegtu jauno līdzsvara stāvokli.

Nepieciešamība mainīt modeļa struktūru ir pamatota, jo ar esošo struktūru nav iespējams pilnvērtīgi iekļaut CO<sub>2</sub> izmaksu pieauguma efektu un novērtēt tās ietekmi uz tautsaimniecību. Zinātniskajā literatūrā visbiežāk izmantotas datorprogrammas dinamiskā VLA modeļa izveidei ir GAMS un GEMPACK. Pašreizējais Latvijas VLA modelis tika izstrādāts ar GEMPACK. Taču ņemot vērā to, ka šī projekta nepieciešamās licences vēl nav nopirkas, E3 Modelling eksperts Leonidas Paroussos (2021. gada 8. novembra sanāksmē) pamatoti ieteica GAMS programmas izmantošanu. Nepieciešamais GAMS licences veids tiks precizēts tālākajās konsultācijās ar E3 Modelling. Konkrēts dinamiskā VLA modeļa paveids (rekursīvi-dinamiskais vai pilnīgi dinamiskais; katram paveidam ir savas priekšrocības un trūkumi, kas uzsvērti Nodevuma 1. daļā) tiks izvēlēts 2022. gada sākumā, ņemot vērā E3 Modelling ekspertu konsultācijas un GAMS datorprogrammas specifiku.

2. Nepieciešams **izstrādāt CO<sub>2</sub> nodokļa ieviešanas principu Latvijas VLA modeli, lai spētu pilnvērtīgi novērtēt CO<sub>2</sub> izmaksu pieauguma efektu**. Ziņojuma audita laikā tika konstatēts, ka nav izstrādāta pilnvērtīga metodoloģija par to, kādā veidā tiek aprēķināts ražošanas izmaksu pieaugums, palielinoties CO<sub>2</sub> cenai. Piemēram, saņemot informāciju no TIMES modeļa par SEG emisiju apjomu nozaru dalījumā un pieņemot, ka CO<sub>2</sub> cena palielinās no 4.5 uz 9 EUR/t, tika aprēķināts, ka ražošanas izmaksas pieaug par 6%; taču nav skaidrs, kā tieši tika iegūts šis novērtējums. Pašlaik CO<sub>2</sub> cenu pieauguma ietekmi ievieš, mainot atsevišķu nozaru tehniskā progresa parametru, kas nav ne ticams, ne pilnvērtīgs klimata politikas rīku atspoguļojums. Pamatojoties uz zinātnisko literatūru, Nodevumā analizēti citu valstu labākās prakses piemēri. Latvijas gadījumam optimālā CO<sub>2</sub> nodokļa ieviešanas principa izvēle tiks veikta 2022. gada sākumā, ņemot vērā E3 Modelling ekspertu konsultācijas un GAMS datorprogrammas specifiku.

3. Jātūrpina darbs attiecībā uz **modeļa parametru vērtību kalibrāciju Latvijas gadījumam**. Piemēram, šobrīd Latvijas VLA modeli Friša parametra vērtība (-1.82) ir identiska Austrālijas ORANI-G modelim, lai gan valstu ienākumu līmeņi būtiski atšķiras. Tāpat arī Ražotāju tieksme eksportēt un Darbaspēka aizvietojamības elastība pēc prasmju veidiem Latvijas un Austrālijas modeļos pašlaik ir identiski. Arī tajos gadījumos, kad Latvijas VLA modeļa parametru vērtības atšķiras no ORANI-G Austrālijas prototipa (kā tas ir, piemēram, Armingtona elastību gadījumā), var būt nepieciešams to precizējums un ekonomiskais pamatojums. Piemēram, Latvijas VLA modeli visos trijos modeļa blokos (starpattēriņš, investīcijas, māsaimniecības) Armingtona elastības vērtība ir identiska, lai gan Austrālijas modeli tā ir atšķirīga.

4. Ņemot vērā to, ka IOT matricas jaunākie dati ir par 2015. gadu un nākamo IOT matricu par 2020. gadu CSP publicēs tikai 2023. gada beigās, **jāizvēlas, uz kuru IOT matricu pamatot VLA modeli** (trīs alternatīvas):

1) IOT par 2015. gadu, kas ir jaunākā oficiāli publicētā IOT matrica;

2) IOT par 2017. gadu, kuru Ziņojuma ietvaros uzkonstruēja Dr. Louise Roos no Centre of Policy Studies tehniskās palīdzības, izmantojot Latvijas Supply un Use tabulas par 2017. gadu, IOT matricu par 2015. gadu un GEMPACK programmas paplašinājumu (kurš nav pieejams standarta licences gadījumā), un kuras uzkonstruēšanas metodoloģiju nav iespējams pārbaudīt;

3) IOT par 2018. gadu, kas nav pieejams, bet kuru teorētiski var uzkonstruēt no Supply un Use 2018. gada tabulas (kuru CSP publicēs 2021. gada beigās).

Šī izvēle tiks veikta 2022. gada sākumā, ņemot vērā E3 Modelling ekspertu konsultācijas un GAMS datorprogrammas specifiku.

5. Jānodrošina **efektīva mīkstā sasaiste starp Latvijas VLA un TIMES modeļiem** (sadarbībā ar FEI). Viens no sasaistes punktiem starp VLA un TIMES modeļiem ir GHGE matrica. Pašlaik abu modeļu mīkstā sasaiste nav efektīva, jo netika nodrošināta saskaņota GHGE matricas forma un netika vienādota tautsaimniecības nozaru struktūra. Turpmāk, lai uzlabotu mīkstās sasaistes efektivitāti, šos aprēķinus ieteicams automatizēt ar iepriekš uzrakstītām formulām, kuras tiks izmantotas TIMES modeļa datu saņemšanas brīdī.

# SECINĀJUMI

Secinājumu nodaļā sniegts atzinums attiecībā uz divu izvirzīto hipotēžu atbilstību realitātei:

## **1. VLA modelis un tās mīkstā sasaiste ar TIMES modeli ir efektīvs veids, lai novērtētu klimata politikas ietekmi uz tautsaimniecību.**

Pirmā hipotēze tiek apstiprināta, pamatojoties uz zinātniskās literatūras analīzi par līdzīgiem modeļiem citās valstīs (sk. Nodevuma 1. nodaļu). VLA un TIMES modeļu integrācija var nebūt vēlama, jo saglabājot šos modeļus atsevišķi var plašāk izmantot to stiprās puses. Mīkstās sasaistes priekšrocības ir praktiskums, pārredzamība un mācīšanās. Pat gadījumā, kad vēlamais gala produkts ir cietā sasaiste, mīkstā sasaiste varētu būt sākumpunkts modeļu saistīšanai, jo modelētāji var salīdzinoši ātrāk iegūt novērtēšanas rezultātus. VLA-TIMES modeļu mīkstā sasaiste tika veiksmīgi realizēta, piemēram, Zviedrijā, Dānijā un Ķīnā.

## **2. Pašreizējais Latvijas VLA modelis ir atbilstošs pamats, lai Latvijas gadījumā novērtētu klimata politikas ietekmi uz tautsaimniecību.**

Otrā hipotēze tiek noraidīta, pamatojoties uz pašreizējā Latvijas VLA modeļa audita rezultātiem (sk. Nodevuma 2. nodaļu). Pašreizējais Latvijas VLA modelis ir statisks, CO<sub>2</sub> nodokļa ieviešanas princips modelī nav pilnvērtīgi izstrādāts, modeļa datubāze pamatojas uz IOT 2017. gada matricu, kuru uzkonstruēja ārējais eksperts, bez iespējas pārbaudīt metodoloģiju, pēc kuras tā tika uzkonstruēta, parametru vērtību izvēlei dažreiz nav pamatojuma (un, cik mums ir zināms, netika veikta rezultātu stabilitātes pārbaude atkarībā no parametru vērtībām).

Tādējādi, lai (sasaistē ar TIMES modeli) Latvijas VLA modelis varētu tikt izmantots, lai novērtētu klimata politikas ietekmi uz tautsaimniecību, to ir būtiski jāattīsta. Nodevuma 3. nodaļā definēti pieci svarīgākie Latvijas VLA modeļa attīstības virzieni – dinamiskā VLA modeļa izveide, CO<sub>2</sub> cenas pieauguma ietveršana, turpmākā modeļa parametru vērtību kalibrācija Latvijas gadījumam, IOT matricas atjaunošana, efektīvās mīkstās sasaistes nodrošināšana ar TIMES modeli.

### **Papildus secinājumi:**

- Latvijas VLA modeļa audita laikā netika konstatētas būtiskās datu pieejamības problēmas, kas varētu traucēt VLA modeļa pilnveidi vai arī radītu nepieciešamību pilnveidot statistiku un/vai izstrādāt alternatīvas datu ieguves metodes.
- Koncepta izstrādei par siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisiju ietveršanu CGE modeli tika veikta zinātniskās literatūras analīze un analizēti citu valstu labākās prakses piemēri. Tika secināts, ka Latvijas gadījumā koncepta izstrādei nepieciešama turpmāka paziļināta izpēte. Paredzēts, ka optimālā CO<sub>2</sub> nodokļa ieviešanas principa izvēle tiks veikta 2022. gada sākumā, ņemot vērā ES tehniskās palīdzības ekspertu konsultācijas un GAMS datorprogrammas specifiku.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Abrell, J. & Rausch, S., 2016. Cross-country electricity trade, renewable energy and European transmission infrastructure policy. *Journal of Environmental Economics and Management*, Sējums 79, pp 87–113.
- Abrell, J. & Rausch, S., 2016. Cross-country electricity trade, renewable energy and European transmission infrastructure policy. *Journal of Environmental Economics and Management*, Sējums 79, p. 87–113.
- Allan, G., Lecca, P., McGregor, P. & Swales, K., 2014. The economic and environmental impact of a carbon tax for Scotland: A computable general equilibrium analysis. *Ecological Economics*, Sējums 100, pp. 40-50.
- Andersen, K. S., Termansen, L. B., Gargiulo, M. & Gallachoir, B. P., 2019. Bridging the gap using energy services: Demonstrating a novel framework for soft linking top-down and bottom-up models. *Energy*, Sējums 169, pp. 277-293.
- Antosiewicz, M. u.c., 2020. Pathways for the transition of the Polish power sector and associated risks. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Sējums 35, pp. 271-291.
- Babatunde, K. A., Begum, R. A. & Said, F. F., 2017. Application of computable general equilibrium (CGE) to climate change mitigation policy: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Sējums 78, pp. 61-71.
- Balyk, O. u.c., 2019. TIMES-DK: Technology-rich multi-sectoral optimisation model of the Danish energy system. *Energy Strategy Reviews*, Sējums 23, pp. 13-22.
- Beckman, J., Hertel, T. & Tyner, W., 2011. Validating energy-oriented CGE models. *Energy Economics*, Sējums 33, pp. 799-806.
- Böhringer, C. & Löschel, A., 2006. Computable general equilibrium models for sustainability impact assessment: Status quo and prospects. *Ecological Economics*, Sējums 60, pp. 49-64.
- Böhringer, C. & Rutherford, T. F., 2008. Combining bottom-up and top-down. *Energy Economics*, 30(2), pp. 574-596.
- Böhringer, C. & Rutherford, T. F., 2009. Integrated assessment of energy policies: decomposing top-down and bottom-up. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 33(9), pp. 1648-1661.
- Bonabeau, E., 2002. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(3), pp. 7280-7287.
- Bosetti, V. u.c., 2006. WITCH: a world induced technical change hybrid model. *Energy Journal*, Sējums Special issue, p. 13–38.
- Catenazzi, G., 2012. *Advances in Techno-Economic Energy Modeling: Costs, Dynamics and Hybrid Aspects. Dissertation*. Zürich, Swiss Federal Institute of Technology (ETH).
- Dai, H. u.c., 2016. Closing the gap? Top-down versus bottom-up projections of China's regional energy use and CO2 emissions. *Applied Energy*, Sējums 162, pp. 1355-1373.
- Devarajan, S. & Go, D. S., 1998. The Simplest Dynamic General-Equilibrium Model of an Open Economy. *Journal of Policy Modeling*, 20(6), pp. 677-714.
- Farmer, J. D., Hepburn, C., Mealy, P. & Teytelboym, A., 2015. A Third Wave in the Economics of Climate Change. *Environmental and Resource Economics*, Sējums 62, p. pages329–357.
- Fattahi, A., Sijm, J. & Faaij, A., 2020. A systemic approach to analyze integrated energy system modeling tools: A review of national models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Sējums 133.

- Fortes, P., Pereira, R., Pereira, A. & Seixas, J., 2014. Integrated technological-economic modeling platform for energy and climate policy analysis. *Energy*, Sējums 73, pp. 716-730.
- Frei, C. W., Haldi, P. A. & Sarlos, G., 2003. Dynamic formulation of a top-down and bottom-up merging energy policy model. *Energy Policy*, 31(10), pp. 1017-1031.
- Fujimori, S., Masui, T. & Matsuoka, Y., 2014. Development of a global computable general equilibrium model coupled with detailed energy end-use technology. *Applied Energy*, Sējums 128, pp. 296-306.
- Gabriel, S. A., Kydes, A. S. & Whitman, P., 2001. The national energy modeling system: a large-scale energy-economic equilibrium model. *Operations Research*, 49(1), pp. 14-25.
- Giraudet, L. G., Guivarch, C. & Quirion, P., 2012. Exploring the potential for energy conservation in French households through hybrid modeling. *Energy Economics*, 34(2), pp. 426-445.
- Greene, W. H., 2003. *Econometric Analysis*. 5th red. New Jersey: Pearson Education, Inc., Upper Saddle River.
- Ha, P. V. & Kompas, T., 2016. Solving intertemporal CGE models in parallel using a singly bordered block diagonal ordering technique. *Economic Modelling*, Sējums 52, pp. 3-12.
- Helgesen, P. I., 2013. *Top-down and Bottom-up: Combining energy system models and macroeconomic general equilibrium models. CenSES working paper 1/2013.* [Ticšsaiste]  
Available at: <https://www.ntnu.no/censes/working-papers>
- Helgesen, P. I. & Tomasgard, A., 2018. From linking to integration of energy system models and computational general equilibrium models – effects on equilibria and convergence. *Energy*, Sējums 159, pp. 1218-1233.
- Herbst, A., Toro, F., Reitze, F. & Jochem, E., 2012. Introduction to Energy Systems Modelling. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, Sējums 148, p. 111-135.
- Holz, F., Ansari, D., Egging, R. & Helgesen, P. I., 2016. *Hybrid modelling: linking and integrating top-down and bottom-up models.* bez viet., the H2020 project. SET-Nav.
- Hourcade, J. C., Jaccard, M., Bataille, C. & Ghersi, F., 2006. Hybrid Modeling: New Answers to Old Challenges Introduction to the Special Issue of The Energy Journal. *The Energy Journal*, Hybrid Modeling(2), pp. 1-12.
- Jacobsen, H. K., 1998. Integrating the bottom-up and top-down approach of energy-economy modelling: the case of Denmark. *Energy Economics*, 20(4), pp. 443-461.
- Jaeger, W. K., 2013. Double dividend. %1J. F. Shogren, red. *Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics.* bez viet.:Elsevier Science.
- Jordan, M., Manley, D., Peters, V. & Stoltz, R., 2012. *The goals of energy policy: professional perspectives on energy security, economics, and the environment.* [Ticšsaiste]  
Available at: [ourenergypolicy.org](http://ourenergypolicy.org)
- Katris, A. u.c., 2017. *Workshop on linking CGE and TIMES models: lessons learned and next steps*, Glasgow: International Public Policy Institute.
- Keramidas, K., Kitous, A., Despres, J. & Schmitz, A., 2017. *POLES-JRC model documentation.* [Ticšsaiste]  
Available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2a03544b-f1f6-11e8-9982-01aa75cd71a1/language-cn>
- Kompas, T. & Ha, P. V., 2019. The 'curse of dimensionality' resolved: The effects of climate change and trade barriers in large dimensional modelling. *Economic Modelling*, Sējums 80, pp. 103-110.
- Kompas, T., Ha, P. V. & Che, N., 2018. The Effects of Climate Change on GDP by Country and the Global Economic Gains From Complying With the Paris Climate Accord. *Earth's Future*, 6(8).
- Krook-Riekkola, A., Berg, C., Ahlgren, E. O. & Söderholm, P., 2017. Challenges in top-down and bottom-up soft-linking: lessons from linking a Swedish energy system model with a CGE model. *Energy*, Sējums 141, pp. 803-817.



- Kumbaroğlu, G. & Madlener, R., 2013. Energy and climate policy analysis with the hybrid bottom-up computable general equilibrium model SCREEN: the case of the Swiss CO2 act. *Annals of Operations Research*, Sējums 121, pp. 181-203.
- Martinsen, T., 2011. Introducing technology learning for energy technologies in a national CGE model through soft links to global and national energy models. *Energy Policy*, Sējums 39, pp. 3327-3336.
- Meng, S. & Siriwardana, M., 2017. *Assessing the economic impact of tourism: A computable general equilibrium modelling approach*. 1st red. London: Palgrave Macmillan.
- Prina, M. G. u.c., 2020. Classification and challenges of bottom-up energy system models - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Sējums 129.
- Ringler, P., Keles, D. & Fichtner, W., 2016. Agent-based modelling and simulation of smart electricity grids and markets – A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Sējums 57, p. 205–215.
- Rutherford, T. F., 1995. Extension of GAMS for complementarity problems arising in applied economic analysis. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 19(8), pp. 1299-1324.
- Schafer, A. & Jacoby, H. D., 2005. Technology detail in a multisector CGE model: transport Technology detail in a multisector CGE model: transport. *Energy economics*, Sējums 27, pp. 1-24.
- Sovacool, B. K. u.c., 2015. Integrating social science in energy research. *Energy Research & Social Science*, Sējums 6, pp. 95-99.
- Vuuren, D. P. u.c., 2009. Comparison of top-down and bottom-up estimates of sectoral and regional greenhouse gas emission reduction potentials. *Energy Policy*, 37(12), pp. 5125-5139.
- Weitzman, M. L., 2012. GHG targets as insurance against catastrophic climate damages. *Journal of Public Economic Theory*, Sējums 14, pp. 221-244.
- Wene, C. O., 1996. Energy-economy analysis: linking the macroeconomic and systems engineering approaches. *Energy*, 21(9), pp. 809-824.
- Wiebe, K. S., Egging, R. G., Helgesen, P. I. & Perez-Valdes, G. A., 2017. *A three-model linkage for energy-economics-environmental analysis TIMES, REMES, and EXIOBASE*. [Tiešsaiste].
- Wong, G. Y. & Alavalapati, J. R., 2003. The land-use effects of a forest carbon policy in the US. *Forest Policy and Economics*, 5(3), pp. 249-263.

# PIELIKUMS

## 1. pielikums

From: **Evita Kupce** <[Evita.Kupce@csp.gov.lv](mailto:Evita.Kupce@csp.gov.lv)>  
Date: Mon, Nov 15, 2021, 10:09  
Subject: RE: Jautājums par datu pieejamību  
To: Konstantīns Kovalovs <[kovalovskonstantins@gmail.com](mailto:kovalovskonstantins@gmail.com)>

Labdien, Konstantīn!

Ielaides-izlaides tabulas (IOT) tiek gatavotas reizi piecos gados (par gadiem kas beidzas ar "0" vai "5") un tiek publicētas termiņā T+3 gadi. Tas nozīmē, ka nākošās IOT tabulas būs par 2020.gadu un tās tiek plānotas sagatavot un publicēt uz 2023.gada decembra beigām. IOT tabulas par 2017.gadu netiks ne gatavotas, ne publicētas.

Piedāvājuma-izlietojuma tabulas (SUT) tiek gatavotas katru gadu un un tiek publicētas termiņā T+3 gadi. Tas nozīmē, ka nākošās SUT tabulas būs par 2018.gadu un tās tiek plānotas sagatavot un publicēt uz šī gada decembra beigām.

Papildus tam vēlos informēt, ka Jūsu norādītā saite uz IOT un SUT tabulām kādā brīdī var arī pārstāt darboties, jo statistikas datubāzes un cita formāta datu tabulu publicēšana ir pārcelta uz jauno Oficiālās statistikas portālu. IOT un SUT tabulas atrodas šeit <https://stat.gov.lv/lv/statistikas-temas/valsts-ekonomika/ikp-gada/cits/2408-piedavajuma-izlietojuma-un-ielaides-izlaides?themeCode=IK>

Saite uz Oficiālo statistikas portālu ir atrodama arī CSP mājaslapas <https://www.csp.gov.lv/lv> galvenajā atvērumā.

Ar cieņu

Evita Kupče  
Gada nacionālo kontu daļas  
vadītāja vietniece  
tālr. 67366760

LR Centrālā statistikas pārvalde  
Makroekonomiskās statistikas departaments