



Enerģētika

Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti, VPP-EM-2018/NEKP_0001

***TIMES MODEĻA UZTURĒŠANA UN
PARAMETRU AKTUALIZĒŠANA***

**Pētījumu finansē Latvijas Republikas Ekonomikas Ministrija, projekts
“Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti”, projekta
Nr. VPP-EM-2018/NEKP_0001**

TIMES MODEĻA UZTURĒŠANA UN PARAMETRU AKTUALIZĒŠANA, 2020. gads, 45 lpp.

Izstrādāja

**Rīgas Tehniskās universitātes Vides aizsardzības un siltuma sistēmu
institūts**

Autori

Andra Blumberga, Dr.sc.ing., profesore

Gatis Bažbauers, Dr.sc.ing., profesors

Dagnija Blumberga, Dr.habil.sc.ing., profesore

Dzintars Jaunzems, Dr.sc.ing., vadošais pētnieks

Dzintra Slišāne, M.sc.ing., pētnieks

Vivita Priediece, M.sc.ing., pētnieks

Pauls Asaris, zinātniskais asistents

Jurģis Plankājs, zinātniskais asistents

Zane Feodorova, zinātniskais asistents

Toms Melderis Meldriņš, zinātniskais asistents



RTU

VASSI



Saturs

Saturs.....	4
Ievads	6
1. TIMES modelis – aktualizēšana un datu pieejamība	7
1.1. Validācija.....	7
1.2. Funkcionalitāte	8
1.2.1. Modeļa resursu, procesu un rezultātu pārvaldīšana.....	8
1.3. Pētniecības un attīstības, un inovāciju ietekme uz tehniskajiem un ekonomiskajiem modelēšanas parametriem.....	10
1.3.1. Ilgtermiņa AER tehnoloģiju difūzija energoapgādē.....	11
1.4. Enerģijas ģenerācija un enerģijas pieprasījums	12
1.4.1. Nepastāvīga enerģijas ģenerācija	13
1.5. Jauno tehnoloģiju datu bāze	14
1.5.1. Enerģijas pārveides sektors	15
1.5.2. Izvērstā jauno tehnoloģiju datu bāze	16
1.5.3. Izmantotie datu un parametru avoti.....	17
2. CO ₂ nodoklis (likme).....	20
2.1. CO ₂ nodokļu aplēses TIMES modelim	23
3. Enerģijas pārveides sektors TIMES modelī.....	24
4. TIMES SCENĀRIJI UN REZULTĀTI	26
4.1. TIMES scenāriju apraksts enerģijas pārveides sektoram	26
4.1.1. References scenārijs.....	26
4.1.2. Bāzes scenārijs	26
4.1.3. NEKP scenārijs	27
4.1.4. NEKP+ scenārijs	27
4.1.5. Papildus scenāriji - CO ₂ nodokļa izmaiņu trajektorijas	27
4.2. Būtiskākie pieņēmumi un modeļa virzošie spēki	28
4.3. Scenāriju rezultāti enerģijas pārveides sektoram	30
4.3.1. References scenārija rezultāti	30
4.3.2. Bāzes scenārija rezultāti	31
4.3.3. NEKP2030 politiku scenārijs	32
4.3.5. CO ₂ scenāriji	34
4.4. Scenāriju salīdzinājums.....	35
5. Modeļu sasaistes īstenošana	40
5.1. EnergyPLAN un TIMES.....	40
5.1.1. Validācija.....	41
5.2. TIMES un Sistēmdinamikas modelis.....	42

5.2.1. Ēku atjaunošana	42
5.3. “Meža eksperts” sasaiste ar TIMES un Sistēmdinamikas modeļiem	43
Literatūras un avotu saraksts	45

IEVADS

Enerģētikas sistēmā jau šobrīd notiek ievērojamas pārmaiņas, ko vēl vairāk pastiprinās 2019. gada nogalē apstiprinātā Eiropas Savienības (ES) attīstības stratēģija “Eiropas Zaļais kurss” un tajā ietverto visaptverošo pasākumu kopums, ar ilgtermiņa mērķi panākt ES klimata neitralitāti līdz 2050. gadam.

Eiropas Savienība ir pasaules līdere enerģijas un klimata politikas nākotnes izaicinājumu kontekstā – gan ar savu aktīvo dialogu par šiem jautājumiem, gan ar ambicioziem mērķiem (Eiropas Zaļais Kurss un klimatneitralitātes mērķis 2050. gadā), gan ar plānoto visas tautsaimniecības transformāciju ilgtspējības virzienā. Ir skaidrs, ka arī Latviju sagaida šie izaicinājumi un mums jau šobrīd ir jāspēj pārorientēties un atrast mūsu situācijai optimālāko rīcības virzienu un pasākumu kombināciju, kas aptver visus tautsaimniecības sektorus un to savstarpējās ietekmes.

Lai raisītu plašāku diskusiju par modelēšanas iespējām enerģijas un klimata politikas kontekstā, ir jāspēj rast atbildes uz sekojošiem jautājumiem – kur Latvija šobrīd atrodas un ko tas mums dod? Kur mēs vēlamies un varam nokļūt 2030. gadā? Un kur 2050. gadā? Kādi varētu būt šie attīstības scenāriji? Kā transformēties no īstermiņa ieguvumu vilinājuma uz rīcību, kam rezultāti ir ilgtermiņā? Vai vajag inovatīvas politikas, vai tomēr pietiks tikai ar inovatīvām tehnoloģijām?

Šobrīd projekta ietvaros tiek veidota Latvijas enerģētikas ilgtermiņa modelēšanas sistēma, ņemot vērā gan Latvijas Enerģijas un klimata plāna 2030, gan saistošās gan vidēja, gan ilgtermiņa ES stratēģijas un normatīvo aktu prasības.

Šajā atskaitē fokuss ir uz enerģijas pārveides sektoru.

1. TIMES MODELIS – AKTUALIZĒŠANA UN DATU PIEEJAMĪBA

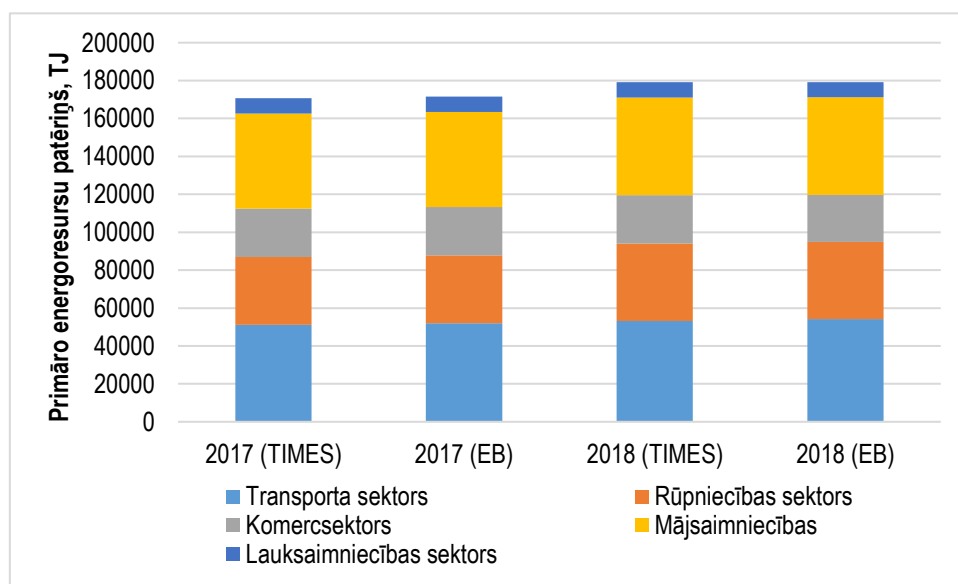
TIMES modelis ir izveidots, lai pēc iespējas korektāk aprakstītu energoapgādes sistēmu esošajos tautsaimniecības sektoros un apakšsektoros, izmantotos resursus un enerģiju, kā arī tur notiekošos procesus un apakšprocesus.

TIMES modeļa struktūra tika pielāgota esošajai situācijai un Latvijas energobalances struktūrai un specifikai. Attiecīgi, izveidotā modeļa struktūra ļauj modelēt visas energoapgādes sistēmas pārkārtošanos, ar mērķi nosegt visu tautsaimniecības enerģijas pieprasījumu ar zemākajām izmaksām.

Šajā posmā TIMES modeļa struktūras attīstīšana un parametru aktualizēšana ir veikta enerģijas pārveides sektoram, jo šis sektors praktiski nodrošina visu tautsaimniecības enerģijas pieprasījumu un ļoti lielā mērā ir atkarīgs no enerģētikas un klimata politikas virzībai uz klimatneitralitāti ilgtermiņā.

1.1. Validācija

Lai notestētu izstrādātā TIMES modeļa struktūru un tā modelēšanas spējas, tika validēti TIMES rezultāti un Latvijas energobalances dati 2017. gadam pa attiecīgajiem sektoriem.

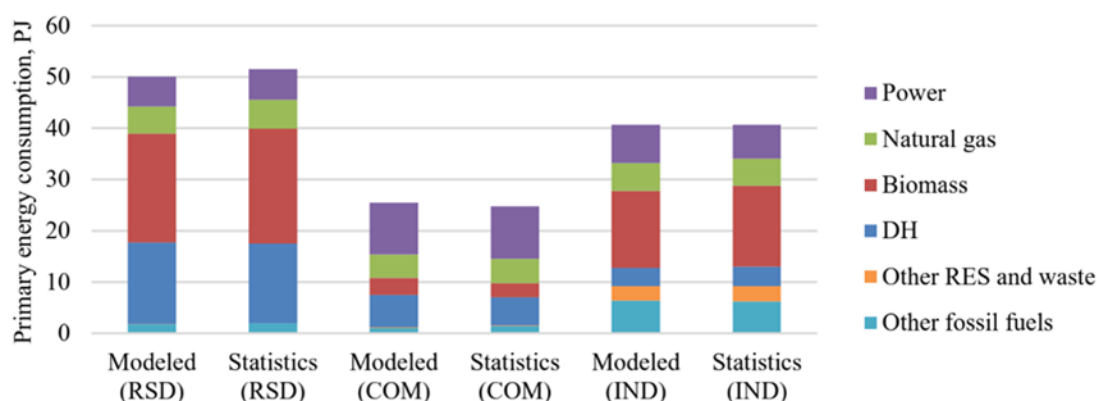


1.1. att. TIMES modeļa rezultātu validācija ar enerģijas bilances datiem 2017. un 2018. gadam pa sektoriem

Validācijas galvenais mērķis bija pārliecināties par esošā TIMES modeļa struktūras atbilstību esošajai tautsaimniecības energoapgādes un enerģijas patēriņa struktūrai, kā arī izveidotās TIMES modeļa modelēšanas spējām. Kā redzams no 1.1. attēla, modeļa rezultāti par 2018. gadu ir pielīdzināmi 2018. gada Latvijas energobalances datiem. Tas nozīmē, ka modelis korekti apraksta šī brīža energoapgādes sistēmu un tautsaimniecības sektoru energoapgādi.

Papildus, lai testētu izstrādātā TIMES modeļa jauno struktūru un pārbaudītu rezultātus, tika veikta modeļa 2018. gada rezultātu validācija mājsaimniecības, komerciālajam un rūpniecības sektoriem (skatīt

1.2. att.) ar pieejamajiem enerģijas bilances datiem par 2018. gadu, kas ir publicēta zinātniskajā rakstā: *Jaunzems et al. Adaptation of TIMES Model Structure to Industrial,*



1.2. att. TIMES modeļa rezultātu un enerģijas bilances datu 2018. gadam validācija rūpniecības, komerciālajam un mājsaimniecību sektoram[1]

1.2. Funkcionalitāte

Modeļa funkcionalitāte šobrīd ir veidota tā, lai modelēšanas procesā modelim būtu vienlaicīgi iespējams pieņemt lēmumus par:

- Investīcijām jaunās tehnoloģijās, iekārtās un ierīcēs, nodrošinot energoapgādes sistēmas energoefektivitātes paaugstināšanos un samazinot fosilo resursu izmantošanu;
- Tehnoloģiju (esošo un jauno) ekspluatāciju, primāro energoresursu un enerģijas importu un eksportu, optimāli izvēloties pieejamās energoapgādes tehnoloģijas un nosedzot visu tautsaimniecības enerģijas pieprasījumu ar zemākajām izmaksām.

Paralēli pieņemtajiem lēmumiem par tehnoloģijām, modelis optimizē visus procesus horizontāli pa visiem sektoriem (kopā 6) un pa visu modelēšanas laika periodu (līdz 2050. gadam).

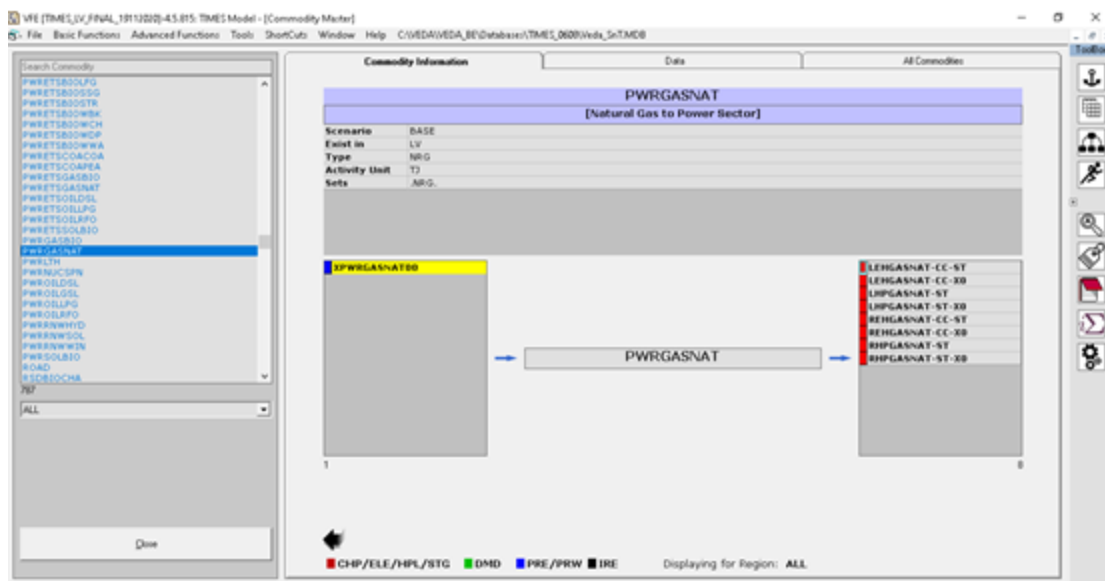
Visa nepieciešamā informācija par jauno tehnoloģiju (gan esošo un uzstādīto tehnoloģiju rekonstrukcijai, gan to aizvietošanai ar citām) tiek ņemta no jauno tehnoloģiju datu bāzes, kas sīkāk aprakstīta 1.5. sadaļā.

1.2.1. Modeļa resursu, procesu un rezultātu pārvaldīšana

Modeļa funkcionalitāte ir saistīta ar esošo datu apstrādi un pārvaldīšanu, izmantojot TIMES modelim pielietotos VEDA-FE un VEDA-BE rīkus. VEDA-FE ir domāts modeļa resursu un procesu pārvaldībai, bet VEDA-BE ir domāts iegūto rezultātu apstrādei.

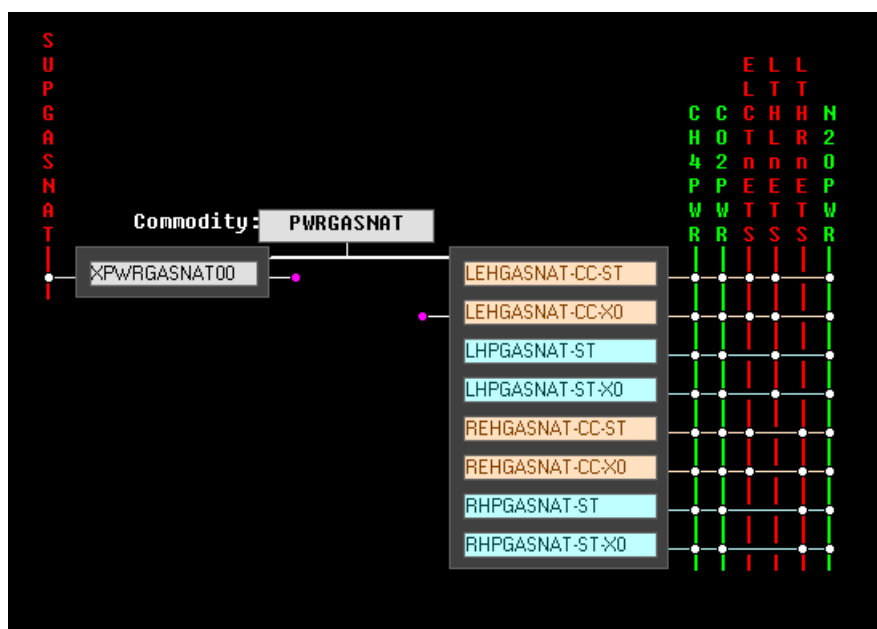
VEDA-FE jeb “front end” ir resursu un procesu pārvaldības rīks. 1.3. attēlā ir parādīts VEDA-FE “commodity master” jeb resursu pārvaldības logs. Ar to var pārskatīt un rediģēt katra modelī izmantotā resursa (piem., primārie energoresursi), resursu plūsmas vai saražotās “preces vai produktus” (no angļu valodas “commodity”, piem., elektrība vai siltums) izmantošanu procesos un ar tiem saistītos datus.

Šāds analogs rīks ir izveidots arī visu modelī notiekošo procesu pārskatīšanai.



1.3. att. VEDA-FE modeļa resursu pārvaldības rīks

Lai paaugstinātu modeļa pārskatāmību un varētu izsekot līdz visiem procesiem, visus procesus un resursu plūsmas var attēlot shematiski, sākot no primārā energoresursa līdz lietderīgās enerģijas iegūšanai un izmantošanai. Piem., 1.4. attēlā ir parādīta dabas gāzes izmantošanas process, sākot no piegādes pa gāzes apgādes sistēmu (SUPGASNAT) līdz dažādām dabas gāzi izmantojošām enerģijas pārveides tehnoloģijām (piem., LEHGASNAT-CC-ST – dabas gāzes koģenerācijas stacija) enerģijas pārveides sektorā, kur tiek iegūta elektroenerģija (ELCTnETS) un siltums (LTHLnETS), kā arī radītas emisijas (CH4PWR, CO2PWR, N2OPWR).



1.4. att. Resursu plūsmas piemērs – dabasgāzes plūsma uz enerģijas pārveides sektora tehnoloģijām

Savukārt, rezultātu pārvaldīšanai jāizmanto VEDA-BE rīks. 1.5. attēlā ir VEDA-BE ar dažādu CO₂ nodokļu (likmes) scenāriju vērtībām. Tajos nodoklis ir uzlikts noteiktam laika periodam, un noteikto laika periodu scenāriju failos nodefinē ar diviem gadiem (sākuma un beigu). To apraksta kolonnas katram gadam (2017., 2018., 2020., 2021. utt.) un kolonna "Year2".

Tabulas šūnās ir CO₂ nodokļa vērtība enerģijas pārveides un rūpniecības sektoram (pwrco2 un indco2).

Attribute	Commodity	Curr	Region	TimeSlice								
		Year										
Scenario	Year2	0	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2030	2040	2050	
CO2TAX	-	5.000	0.003	0.003	0.005	0.009	0.012	0.015			0.015	
CO2TAX_100	-	5.000	0.003	0.003	0.005	0.009	0.012				0.100	
	2029							0.015				
	2039								0.060			
	2049									0.080		
CO2TAX_30	-	5.000	0.003	0.003	0.005	0.009	0.012				0.030	
	2029							0.015				
	2039								0.020			
	2049									0.025		
CO2TAX_50	-	5.000	0.003	0.003	0.005	0.009	0.012				0.050	
	2029							0.015				
	2039								0.025			
	2049									0.035		

1.5. att. VEDA-BE pārvaldības rīks ar CO₂ nodokļa vērtībām (tūkst. EUR/t CO₂) dažādiem laika periodiem un vairākiem CO₂ nodokļu izmaiņas scenārijiem līdz 2050. gadam.

1.3. Pētniecības un attīstības, un inovāciju ietekme uz tehniskajiem un ekonomiskajiem modelēšanas parametriem

Nemot vērā modelēšanas perioda garumu (līdz 2050. g.), ļoti būtiski ir ievērtēt un aprakstīt tehniskos un ekonomiskos parametrus ļoti plašā spektrā. Īpaši tas attiecas uz jaunajām tehnoloģijām, kuru attīstība ilgtermiņā nav lineāra, turklāt to attīstības tempus nosaka dažādi ārējie un iekšējie faktori un/vai apstākļi.

Galvenie tehniskie un ekonomiskie parametri ir apkopti 1. tabulā.

1. tabula

Galveno tehnisko un ekonomisko parametru apkopojums

Tehniskie parametri	Ekonomiskie parametri	Vide	Enerģijas pieprasījums
Esošā uzstādītā jauda	Diskonta likme	Emisiju faktori	Bāzes gada vērtība
Resursu (enerģija, materiāli u.c.) plūsmas starp procesiem	Tehnoloģijai raksturīga diskonta likme	Vides mērķi	Prognozētais (piem., līdz 2050. g.)
Efektivitāte vai patēriņš	Investīcijas jaunās tehnoloģijās		
Energoresursu sadalījums dažādos resursus patērējošām tehnoloģijām	Fiksētās un mainīgās ekspluatācijas izmaksas		
Tehnoloģijas lietošanas ilgums vai nolietošanās profils	Importa / eksporta resursu cena		
Maksimālais tehnoloģijas pieejamības faktors	Ekonomiskais dzīves cikls		
Jauno tehnoloģiju uzstādīšanas gads			
Būvniecības laiks			

Ņemot vērā šo parametrus, visu jauno tehnoloģiju ieviešana un difūzija esošajā energoapgādes sistēmā, kā arī to izraisītā energosistēmas pārkārtošanās dinamika un ātrums, ir noteicošie faktori, kas ietekmē nākotnes energoapgādes sistēmas struktūru.

Īpaši jāpievērš uzmanība AER tehnoloģijām, kuru īpatsvaram gala enerģijas patēriņa nosegšanā ir jāpieaug un to nozīme būs ar vien lielāka.

1.3.1. Ilgtermiņa AER tehnoloģiju difūzija energoapgādē

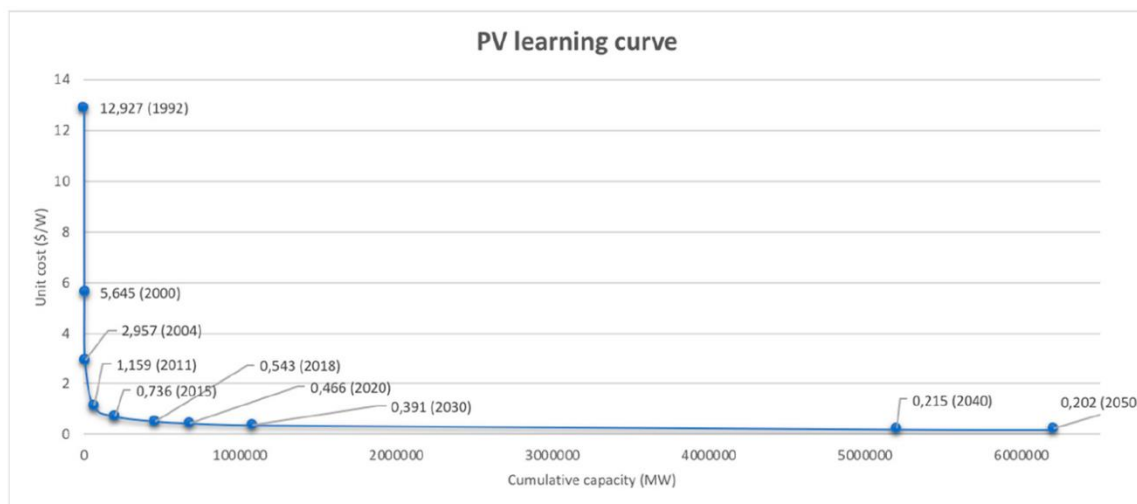
Ņemot vērā tehniskos un ekonomiskos parametrus, tiek aplūkotas divas pieejas, kas ļauj novērtēt kādas noteiktas tehnoloģijas ienākšanu un difūziju energoapgādes sistēmās.

Pirmā pieeja attēlo sagaidāmo jaunās tehnoloģijas izplatīšanās progresu laikā. Šī pieeja analizē tehnoloģiju attīstības ciklus un prognozē, kad inovācijas būs pietiekoši nobriedušas un tirgū būs piesātinājums. Šeit plaši izmanto t.s. S-līknes pieeju.

Savukārt otrā pieeja raksturo no pieredzes iegūtās mācības jeb mācīšanās līknes jēdzienu (dažreiz to sauc arī par pieredzes līkni). Mācīšanās līkne attiecas uz kaut kāda noteikta standartizēta produkta ražošanas izmaksu samazināšanos, bet pieredzes līkne var aprakstīt arī nestandardizētu produktu ražošanas izmaksu samazināšanos globālā, reģionālā vai valsts līmenī [2].

Ja ir iespējams noraksturot noteiktas jaunās tehnoloģijas attīstības tendenci no tehnoloģiju attīstības perspektīvas (tehnoloģiju izplatīšanās progress laikā un mācīšanās līkni), secīgi var aprakstīt tehnoloģijas ekonomiskos parametrus, piem., īpatnējās kapitālizmaksas vai izlīdzinātās enerģijas izmaksas.

Piemēram, uzskatāmi saules paneļu elektroenerģijas ģenerācijai mācīšanās līkne ir parādīta 1.6. attēlā, kur parādīta īpatnējo kapitālizmaksu (\$/W) samazināšanās palielinoties kumulatīvajai uzstādīto saules paneļu jaudai (MW) no 1992. līdz 2050. gadam.

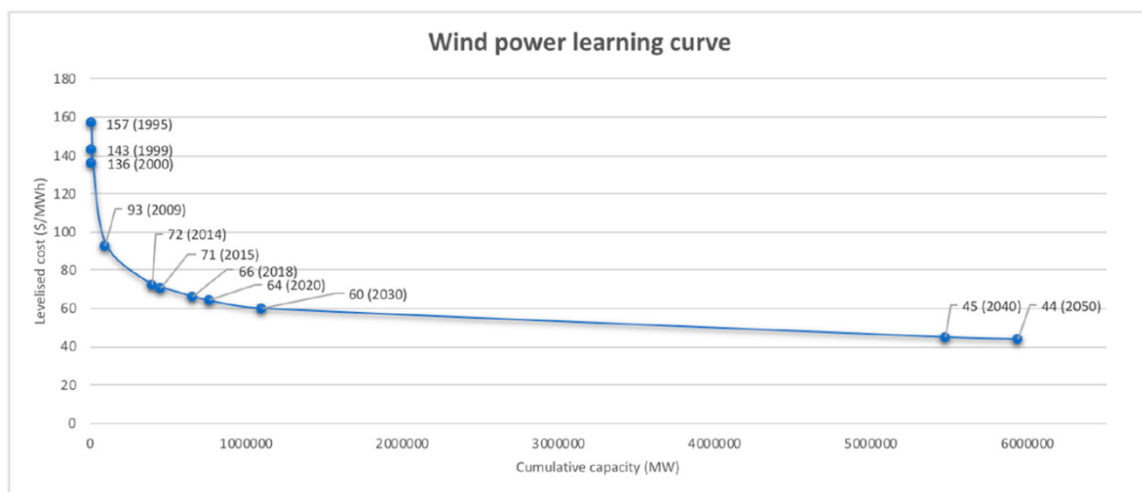


1.6. att. Saules paneļu mācīšanās līkne (īpatnējās kapitālizmaksas (\$/W) un kumulatīvā uzstādītā jauda (MW)) līdz 2050. gadam[2]

Vēja enerģijas mācīšanās līkne uzskatāmi ir parādīta 1.7. attēlā, kur redzama vēja enerģijas izlīdzinātās enerģijas izmaksas (\$/MWh) un kumulatīvās uzstādītās jaudas (MW) izmaiņas no 1995. līdz 2050. gadam.

Tiek prognozēta ilgtermiņa īpatnējo kapitālizmaksu samazināšanās saules paneļiem, kas vēl būtiskāk ietekmēs šīs tehnoloģijas difūziju esošajā energoapgādes sistēmā gan caur lielas jaudas saules elektrostacijām (>20 kW līdz vairākiem MW), kas nodos enerģiju publiskajā

tīklā vai būs paredzētas liela enerģijas lietotāja pašpatēriņam, gan caur mazas jaudas saules elektrosistēmām (<11kW), kas darbosies mikroģenerācijā.



1.7. att. Vēja elektrostaciju mācīšanās līkne (izlīdzinātās enerģijas izmaksas (\$/MWh) un kumulatīvā uzstādītā jauda (MW)) līdz 2050. gadam[2]

Vēja enerģijas izmantošanas energoapgādes sistēmās pieaugs, jo to izlīdzinātās enerģijas izmaksas turpinās ilgtermiņā samazināties. Tas nozīmē, ka ilgtermiņā vēja enerģija tiks attīstīta un galvenais diskusiju avots būs, kāds vēja enerģijas risinājums (piekrastes, atkrastes vai uz sauszemes) vai to kombinācija būs optimālākā noteiktajā valstī un teritorijā.

Jauno tehnoloģiju attīstības tendences un nākotnes prognozes ir svarīgas gan enerģētikas un klimata politikas veidotājiem, gan esošajiem energoapgādes sistēmas dalībniekiem, gan investoriem, energotehnoloģiju ražotājiem un saistīto nozaru pētniecības un attīstības procesam.

1.4. Enerģijas ģenerācija un enerģijas pieprasījums

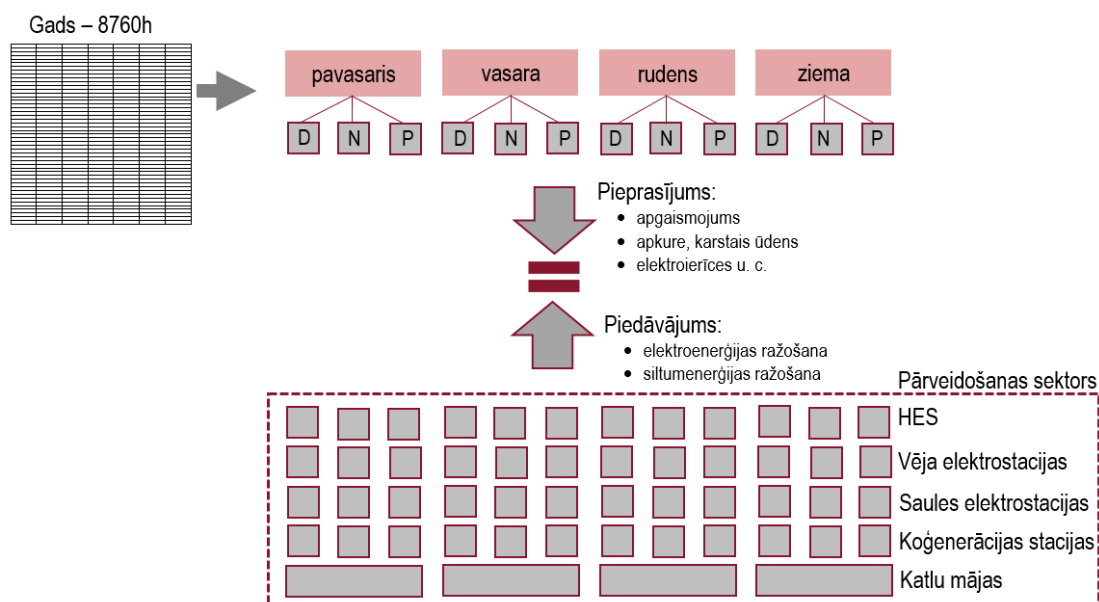
TIMES modeļa uzdevums ir nodrošināt, ka tiek nosegti viss tautsaimniecības enerģijas pieprasījums ar zemākajām izmaksām, ņemot vērā to, ka gan enerģijas ģenerācija, gan enerģijas pieprasījums ir mainīgs laikā. Tāpēc būtiski ir ievērot to, ka energoresursu pieejamība un enerģijas ģenerācijas izmaksas gada laikā ir mainīgas. Arī tautsaimniecības pieprasījums pēc energoresursiem un enerģijas (piem., elektroenerģijas, centralizētās siltumenerģijas, dabas gāzes, u.c.) mainās gada un diennakts laikā, tas ir dinamisks.

Lai modelis varētu balansēt enerģijas ģenerāciju un enerģijas pieprasījumu, energoapgādes sistēmas optimizācija notiek ievērojot modelēšanas laika vienības jeb nogriežņus, kas sevī ietver:

- **Sezonas:** ziema, pavasaris, vasara, rudens;
- **Periods:** darba dienas un nedēļas nogales
- **Stunda:** diennakts daļas (diena, nakts, pīķa stundas).

Enerģijas ģenerācijas jaudai ir jāspēj nosegt mainīgo pieprasījumu (slodzi). Enerģijas ģenerācijai pieejamā jauda un jaudas izmantošanas apjoms nav vienāds visām energotehnoloģijām. Tāpēc ir jāspēj atrast optimāla kombinācija starp visiem enerģijas resursiem un tehnoloģijām, to uzstādītajām un pieejamajām jaudām, kā arī to izmantošanas iespējām.

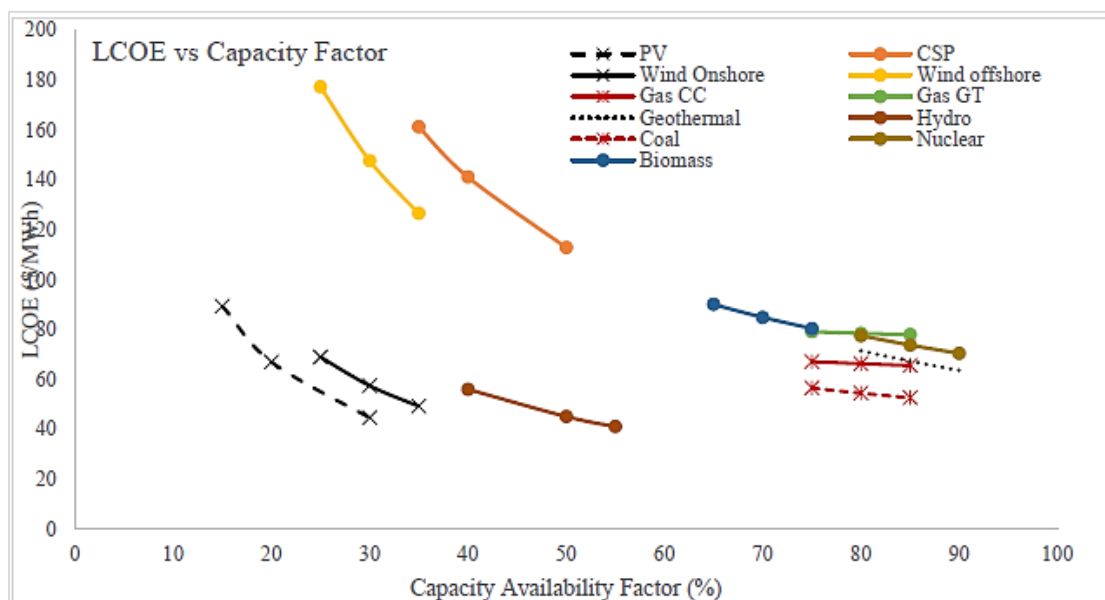
Uzskatāmi enerģijas ģenerācijas un pieprasījuma shēma un struktūra ir parādīta 1.8. att.



1.8. att. Enerģijas ģenerācijas un pieprasījuma shēma

Kā redzams no 1.8. Attēla, enerģijas pieprasījums ir sadalīts pa sezonām un diennakts stundām. Savukārt enerģijas ģenerācijai jāspēj šis pieprasījums pa sezonām un diennakts stundām nosegt, ņemot vērā, ka ir patstāvīgā un nepatstāvīgā enerģijas ģenerācija, turklāt ir jāatrod optimāla noteiktajā brīdī pieejamo enerģijas ģenerācijas jaudu kombinācija ar pēc iespējas zemākajam izmaksām.

1.9. attēlā ir apkopoti dažādu tehnoloģiju izlīdzinātās enerģijas izmaksas un jaudas izmantošanas faktori.

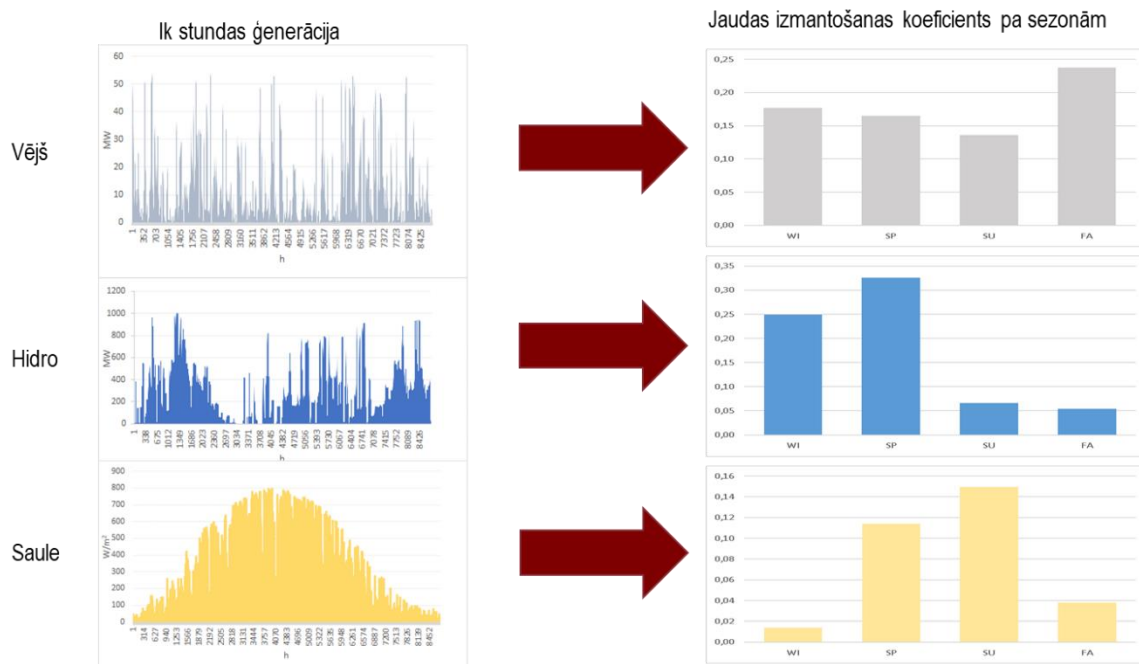


1.9. att. Izlīdzinātās enerģijas izmaksas un jaudas izmantošanas faktors dažādām tehnoloģijām[3]

1.4.1. Nepatstāvīga enerģijas ģenerācija

Enerģijas ģenerācija ir atkarīga no tā, kādu primāro energoresursu izmanto un kāda ir pielietotā tehnoloģija. Nepatstāvīgo energoresursu gadījumā (piem., vējš, saule un hidroenerģija), nav iespējams vienmēr izmantot visu vai lielāko daļu uzstādītās jaudas. Tas

nozīmē, ka saražotās enerģijas apjoms ir mainīgs. Tas nozīmē, ka ir jāmeklē optimāla visas energoapgādes sistēmā pieejamo jaudu kombinācija.



1.10. att. Nepastāvīga enerģijas ģenerācija

Kā redzams no 1.10. att., ik stundas enerģijas ģenerācija nepastāvīgajiem enerģijas resursiem ir ļoti mainīga un to uzstādīto jaudu izmantošana nav ļoti augsta, ja salīdzina ar pastāvīgajām enerģijas ģenerācijas tehnoloģijām. Tomēr arī šajā gadījumā, ir iespēja sezonālajā griezumā atrast optimālu tehnoloģiju kombināciju, lai nepastāvīgo enerģiju izmantotu pēc iespējas vairāk.

1.5. Jauno tehnoloģiju datu bāze

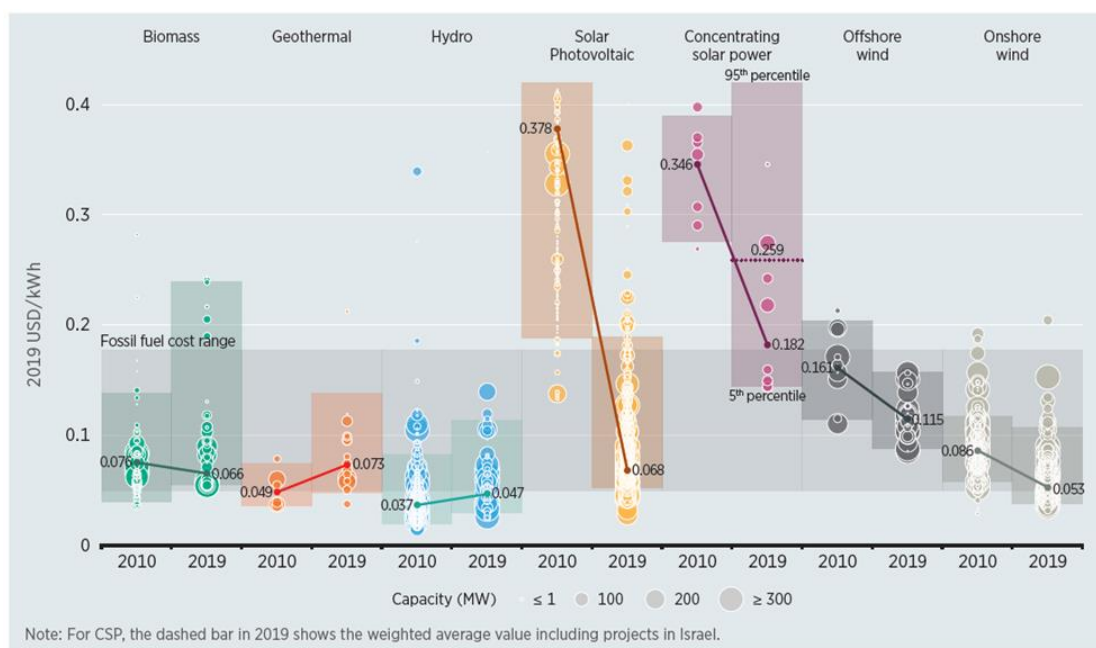
Jauno tehnoloģiju bāzes mērķis ir nodrošināt TIMES modeli ar jaunām un uzlabotām tehnoloģijām, no kurām modelis var izvēlēties no tehniskajiem un ekonomiskajiem parametriem atbilstošākās, vienlaicīgi nodrošinot visu enerģijas pieprasījumu ar zemākajam izmaksām.

Praktiski var izdalīt divus jauno tehnoloģiju virzienus:

- Esošās un jau izmantotās tehnoloģijas, kam ir uzlaboti tehniskie un ekonomiskie parametri, piem., augstāka efektivitāte vai zemākas kapitālizmaksas;
- Jaunas tehnoloģijas, kuras pirms tam ir ļoti minimāli pielietotas vai vispār vēl nav izmantotas.

TIMES modeļa jauno tehnoloģiju datu bāze ir veidota balstoties uz šiem diviem apsvērumiem.

Uzskatāmi izmaiņas izlīdzinātajām enerģijas izmaksām LCOE (USD/kWh) jaunām jaudām 2010. un 2019. gadā var redzēt 1.11. attēlā.



1.11. att. Izlīdzināto enerģijas izmaksu izmaiņas jaunām jaudām 2010. un 2019. gadā[4]

Vidējās svērtās izlīdzinātās enerģijas izmaksas ir apkopotas 2. tabulā.

2. tabula

Vidējās svērtās izlīdzinātās enerģijas izmaksas (2019. g.)[4]

1 USD = 0,85 EUR		
Saules PV	58	EUR/MWh
Atkrastes vējš	98	EUR/MWh
Sauszemes vējš	45	EUR/MWh

Lai varētu korekti vērtēt izlīdzinātās enerģijas izmaksas, nepieciešams ņemt vērā sekojošus lokālos faktorus un to proporciju kopējās investīcijās:

- darbaspēka izmaksas;
- pakalpojumu izmaksas;
- vietējo materiālu un izejvielu izmaksas;
- uzturēšanas darbi.

1.5.1. Enerģijas pārveides sektors

Enerģijas pārveides sektors ir galvenais enerģijas ražotājs un piegādātājs visiem tautsaimniecības sektoriem.

Enerģijas pārveides sektora jauno tehnoloģiju datu bāze (skatīt 1.12. att.) aptver sekojošas tehnoloģiju grupas:

- Tradicionālās tehnoloģijas:
 - Koģenerācija – biomasas, dabas gāzes, biogāzes;
 - TES – dabas gāze;
 - Centralizētās siltumapgādes sistēmas: katlu mājas – biomasas, dabas gāze.
- AER tehnoloģijas:
 - HES;
 - VES – atkrastes, piekrastes un sauszemes;
- Saule:

- Saules PV (mazas un lielas);
- Lielās saules siltuma sistēmas (Rīga un Latvija);

Katram tehnoloģiju veidam vai grupai ir noteikti sekojoši tehniskie un ekonomiskie rādītāji:

- Tehnoloģijas ekspluatācijas ilgums;
- Esošā un nākotnes efektivitāte;
- Kapitālizmaksas jeb īpatnējās investīcijas (2018->2050);
- Fiksētās un mainīgās ekspluatācijas izmaksas (2018->2050);
- Jaudas pieejamības faktors, piem., AER tehnoloģijām (4 sezonas + 3 diennakts zonas).
- Tradicionālajām tehnoloģijām - koģenerācija: siltums/elektrība attiecība (2018->2050).

													~FL_T																				~NCAP_COST												
Tech Description													Unit AccCap	TechName										CommN	CommOUT	START	LIFE	OLIFE	ELFE	CAPACT	PEAK	EFF-2018	EFF	NCAP_COST -2018	NCAP_COST -2020	NCAP_COST -2025	NCAP_COST -2030	NCAP_COST ST-2035	NCAP_COST ST-2040	NCAP_COST ST-2045	NCAP_COST ST-2050				
													+	+ Units													Yr	TJ/MW						2017haEUR MW	2017haEUR MW	2017haEUR MW	2017haEUR MW	2017haEUR MW	2017haEUR MW	2017haEUR MW	2017haEUR MW				
* Renewable Power Plants													* Renewable Power Plants																																
Hydro - Hydro (Run-of-River)													TJ / MW	ERNWIND-HR	PURWINDHYD	ELCT	2018	35	25	8	31.536	0.95	1.000	1.000	2.967																				
Wind - Onshore													TJ / MW	ERNWIND-ON	PURWINDWIN	ELCT	2018	25	25	8	31.536	0.3	1.000	1.000	1.243																				
Wind - Offshore													TJ / MW	ERNWIND-OFF	PURWINDWIN	ELCT	2025	25	25	8	31.536	0.3	1.000	1.000	2.867																				
Wind - Nearshore													TJ / MW	ERNWIND-NR	PURWINDWIN	ELCT	2021	25	25	8	31.536	0.3	1.000	1.000	2.197																				

Vēja enerģijas jaudas izmantošanas faktori

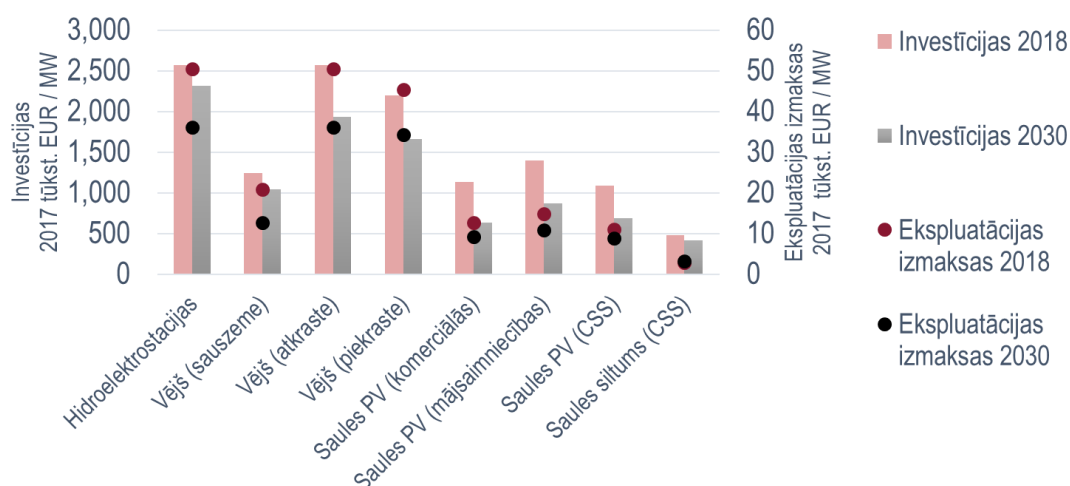
	SPD	SPN	SPP	SUD	SUN	SUP	FAD	FAN	FAP	WID	WIN	WIP
Wind - Onshore	0.24	0.24	0.22	0.16	0.15	0.13	0.23	0.21	0.22	0.27	0.28	0.27
Wind - Offshore	0.29	0.29	0.26	0.20	0.18	0.15	0.27	0.25	0.27	0.32	0.34	0.33
Wind - NearShore	0.28	0.27	0.25	0.19	0.17	0.15	0.26	0.24	0.26	0.31	0.32	0.31
Wind - Domestic turbine	0.24	0.24	0.22	0.16	0.15	0.13	0.23	0.21	0.22	0.27	0.28	0.27

Tabulas skaidrojums:

- SPD – Spring, Day
- SPN – Spring, Night
- SPP – Spring, Peak
- SUD – Summer, Day

Apkopotās jauno un šobrīd vairāk izmantoto AER tehnoloģiju kapitālizmaksu un ekspluatācijas izmaksas ir parādītas 1.13. attēlā.

Investīcijas un ekspluatācijas izmaksas



1.13. att. AER tehnoloģiju kapitālizmaksas un ekspluatācijas izmaksas

1.5.3. Izmantotie datu un parametru avoti

Tehnoloģiju datu bāzes izveidē tika izmantoti dati un informācija no daudziem literatūras avotiem, kas sevī ietver gan zinātniskās publikācijas, gan enerģētikas aģentūru datu bāzes.

Datu bāzei izmantotie avoti:

- JRC Energy Technology Reference Indicator projections for 2010-2050;
- Demystifying the Costs of Electricity Generation Technologies, World bank group, 2020;
- Dānijas enerģētikas aģentūra: katalogs + The Danish Levelized Cost of Energy Calculator;
- IRENA Renewable Cost Database, 2020;
- International Energy Agency (IEA). (2020). World Energy Model Documentation: 2020 Version. International Energy Agency (IEA). [Full-text at <http://j.mp/WEM-2020>]

- ### Publikāciju saraksts:

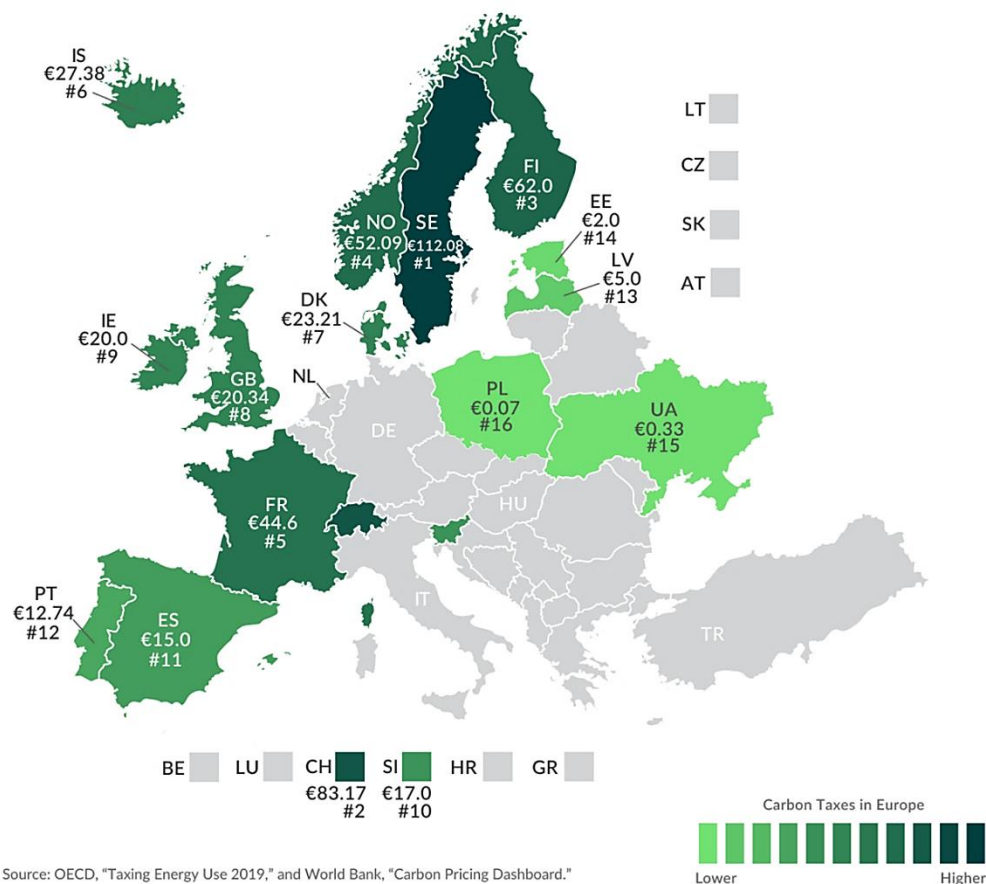
- Tesniere, L. et al. (2017). Mapping the cost of capital for wind and solar energy in South Eastern European Member States. Ecofys. [Full-text at http://j.mp/SE_EU_LCOE]
- Bolinger, M., Seel, J., Robson, D., & Warner, C. (2020). Utility-Scale Solar Data Update: 2020 Edition. (DE-AC02-05CH11231). Lawrence Berkeley National Laboratory. [Full-text at <http://j.mp/US-PV-2020>; Excel spreadsheet at <http://j.mp/US-PV-2020-XLS>]
- Zinaman, O., & Darghouth, N. (2020). Distributed Solar Utility Tariff and Revenue Impact Analysis: A Guidebook for International Practitioners. United States Agency for International Development (USAID) & National Renewable Energy Laboratory (NREL). [Full-text at <https://j.mp/Distributed-Solar>]
- Wiser, R. et al. (2020). Wind Energy Technology Data Update: 2020 Edition. Lawrence Berkeley National Laboratory. [Full-text at <http://j.mp/2020-Wind>; Excel spreadsheet at <http://j.mp/2020-Wind-XLS>]
- Simpson, J., Loth, E., & Dykes, K. (2020). Cost of Valued Energy for design of renewable energy systems. Renewable Energy, 153, 290–300. [Full-text at <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.131>]

2. CO₂ NODOKLIS (LIKME)

Šobrīd plaši tiek diskutēts par nodokļu nozīmi ceļā uz klimatneitralitāti. Tieši nodokļu izmaiņas vai ieviešana ir viens no risinājumiem, lai šo pārkārtošanos īstenotu. Šie nodokļi aptver vides aizsardzības prasības (piem., dabas resursu nodokļi), emisiju tirdzniecības sistēmu un CO₂ nodokļus vai likmes¹.

Carbon Taxes in Europe

Carbon Tax Rates per Ton of CO₂e, as of 2019



2.1. att. CO₂ nodokļi Eiropā (2019. g.)²

Atbilstoši pieejamajai informācijai (skatīt 2.1. att.), 2019. gadā Zviedrijā bija lielākais CO₂ nodoklis – 112.08 EUR (132.17 US\$/tonnu CO₂; tai seko Šveice - 83.17 EUR (98.08 US\$/tCO₂ un Somija 62.00 EUR (73.11 US\$/tCO₂. Zemākās CO₂ likmes bija Polijā: €0.07 EUR (0.08 US\$/tCO₂; Ukrainā - (€0.33, \$0.39)/tCO₂; un Igaunijā 2.00 EUR (2.36 US\$/tCO₂. Latvijā – 5 EUR/tCO₂.

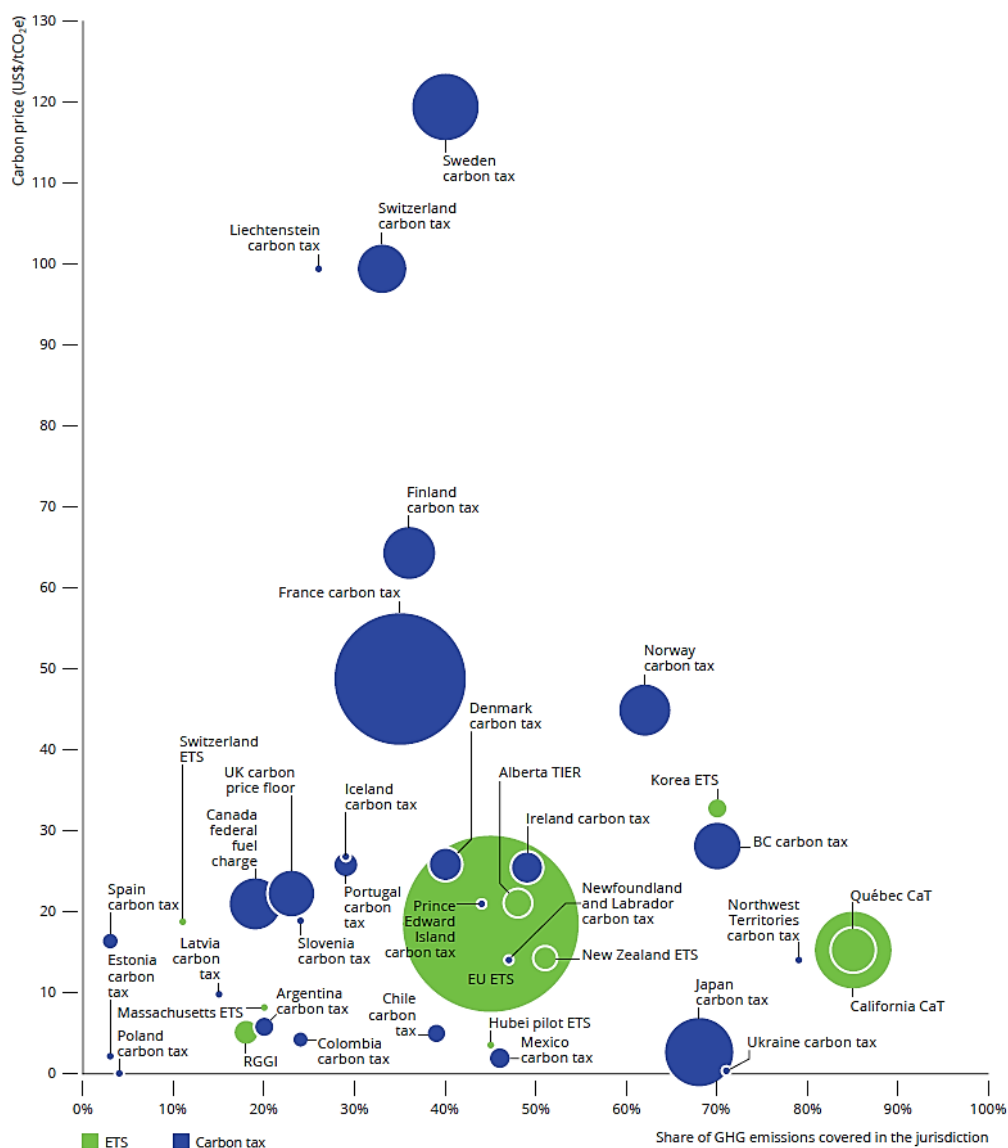
Nodokļi var tikt uzskatīti kā "pātagas" politikas instruments, kas, no vienas puses, veicina energoefektivitāti (meklēt, kā samazināt izdevumus par enerģiju), no otras puses – padara CO₂ ietilpīgus primāros energoresursus mazāk ekonomiski izdevīgus, tādējādi veicinot pāreju uz atjaunojamajiem energoresursiem.

¹ https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2020/html/ecb.ebbox202002_04~a7d137cb35.en.html

² <https://taxfoundation.org/carbon-taxes-in-europe-2019/>

Atbilstoši Pasaules bankas ziņojumam[5], lai izmaksu ziņā efektīvi samazinātu emisijas un sasniegtu Parīzes nolīguma mērķus, CO₂ cenai 2020. gadā būtu jābūt 40-80 USD/tCO₂ un 50-100 USD/tCO₂ 2030. gadā.

Visaptverošs un uzskatāms dažādo CO₂ nodokļu un likmju iniciatīvu apkopojums ir redzams 2.2. attēlā. Kā redzams, tad CO₂ nodokļu un likmju apmēri ir ļoti plašā amplitūdā. Arī ieņēmumi no šī nodokļa ir dažādi un atkarīgi no nodokļa likmes un esošā valsts primāro energoresursu struktūras un enerģijas galapatēriņa.



2.2. att. CO₂ cena, nosegto emisiju daļa un ieņēmumi no CO₂ nodokļu iniciatīvam[5]

Nodokļus un nodokļu politiku Latvijā nosaka un attīsta Finanšu ministrija. Atbilstoši Valsts nodokļu politikas pamatnostādņu 2021.-2025.gadam projektam³, nodokļu mērķis ir mērķtiecīgs atbalsts cilvēku dzīves kvalitātes uzlabošanai, valsts tautsaimniecības izaugsmei un starptautiskai konkurētspējai.

Ir virkne nodokļu, kas šobrīd tiešā vai netiešā veidā ir saistīti ar enerģijas patēriņu, tie ir – akcīzes nodoklis (piem., naftas produktiem un kurināmajam) un dabas resursus nodoklis. Šobrīd

³ <https://www.fm.gov.lv/lv/aktualitates/jaunumi/nodokli/61674-sakta-diskusija-par-iespejamiem-priekslukumiem-valsts-nodoklu-politikas-pamatnostadnem>

nodokļu politikas pamatnostādnes attīstība saistībā ar CO₂ likmēm un to izmaiņām, ņemot vērā esošo situāciju valstī ar COVID-19 vīrusa izplatību, ir atlikta un pēc pieejamās informācijas, to aktualizēšana paredzēta 2021. gada otrajā pusē.

Lai akcīzes nodokli piesaistītu naftas produkta vai kurināmā CO₂ saturam, var izmantot CO₂ nodokli vai CO₂ likmi. Piem., naftas produktiem CO₂ komponenti paredzēts noteikt, ņemot vērā 2019. gadā noteikto vidējo CO₂ emisiju kvotu cenu – 25 EUR/tCO₂.

Balstoties uz pieejamo informatīvo ziņojumu "Par virzieniem Valsts nodokļu politikas pamatnostādņu 2021.-2025.gadam izstrādei" par nodokļu attīstību, iespējamās nodokļu izmaiņas naftas produktu un kurināmā akcīzes nodokļos ir apkopots 5 un 6. tabulā.

5. tabula

Naftas produktu akcīzes nodokļa likmes CO₂ komponentes noteikšana

Naftas produkts	AN likme par 1000 l (kg) (m ³)	CO ₂ likme, euro/tCO ₂	CO ₂ komponente, euro	CO ₂ komponente, %	Enerģijas satura komponente, euro	Enerģijas satura komponente, %	Enerģijas satura likme, euro/GJ
Svina benzīns (1000 l)	594	25	56,79	9,6%	537,21	90,4%	16,39
Bezsvina benzīns (1000 l)	509	25	56,79	11,2%	452,21	88,8%	13,80
Dīzeļdegviela (1000 l)	414	25	65,43	15,8%	348,57	84,2%	9,87
Petroleja (1000 l)	414	25	62,20	15,0%	351,80	85,0%	10,17
LPG (autogāze) (1000 kg)	285	25	72,57	25,5%	212,44	74,5%	4,62
Dabāsgāze (1000 m ³)	101	25	47,70	47,2%	53,27	52,8%	1,57

6. tabula

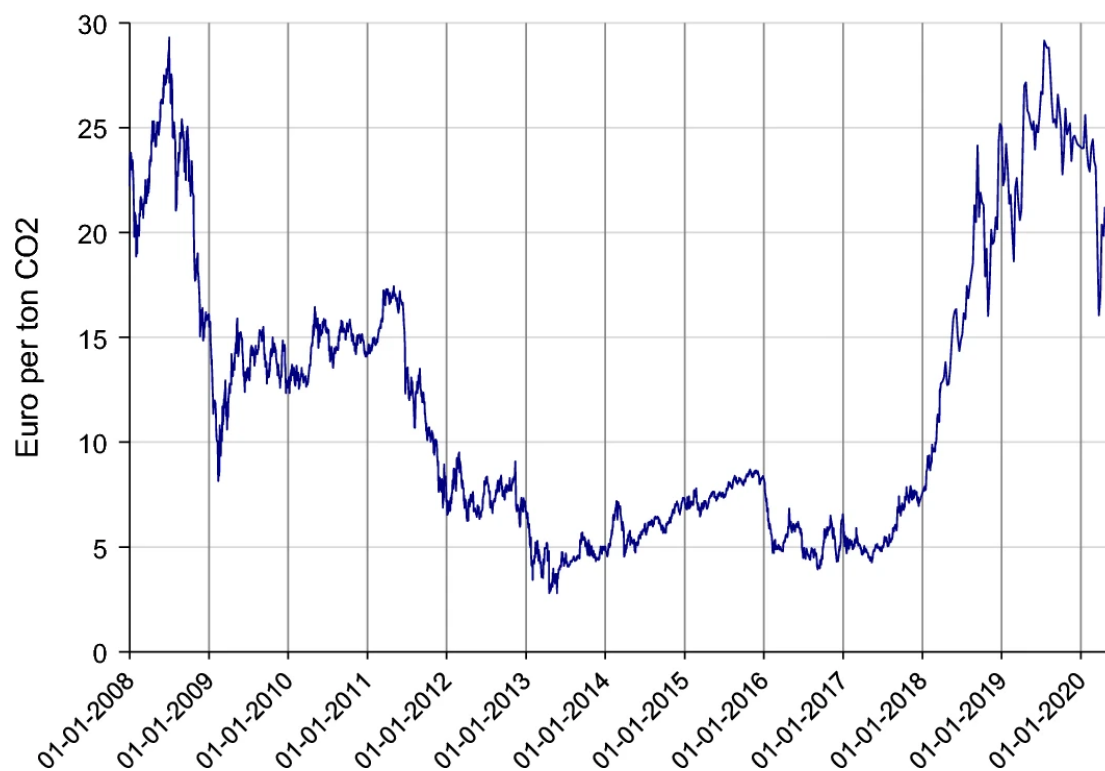
Kurināmo akcīzes nodokļa likmes CO₂ komponentes noteikšana

	AN likme par 1000 l (kg) (m ³)	CO ₂ likme, euro/tCO ₂	CO ₂ komponente, euro	CO ₂ komponente, %	Enerģijas satura komponente, euro	Enerģijas satura komponente, %	Enerģijas satura likme, euro/GJ
Markētā dīzeļdegviela (1000 l)	56,91/60*	10	26,17	43,6%	33,83	56,4%	0,96
LPG kurināmais (1000 kg)	0	10	29,03	-	-72,57	-	
Dabāsgāze (1000 m ³)	17,28	10	19,08	110%	-1,80	-10%	
Mazuts (1000 kg)	15,65	25	77,40	495%	-61,75	-395%	
Akmeņogles** (1000 kg)	21,3	25	56,76	266%	-35,46	-166%	

* AN likme kurināmajai degvielai saskaņā ar Saeimā iesniegto likumprojektu "Grozījumi likumā "Par akcīzes nodokli"" (Nr.383/Lp13) Likumprojekts pieņemts 1.lasījumā 26.09.2019.

Arī Eiropas Savienības Emisiju tirdzniecības sistēma (ETS) ir balstīta uz CO₂ cenu, tādējādi veicinot pāreju uz oglekļa mazāk ietilpīgu darbību.

Šobrīd ir vērojama neliela CO₂ cenas pieauguma tendence (skatīt 2.3. att.), tomēr tā nav pārsniegusi 30 EUR/tCO₂.



2.3. att. ETS CO₂ cenas dinamika laika periodā no 2008. līdz 2020. gadam [6]

2.1. CO₂ nodokļu aplēses TIMES modelim

Lai varētu modelēt Latvijas energoapgādes sistēmas pārkārtošanos un kopējo siltumnīcefekta gāzu emisiju apjomu, tika apskatītas vairākas CO₂ nodokļu attīstības trajektorijas.

Kopumā ir izvērtētas trīs trajektorijas, kas aptver bāzes trajektoriju un trīs dažādas CO₂ nodokļa likmes izmaiņas līdz 2050. gadam, kas apkopotas 7. Tabulā.

7. tabula

CO₂ nodokļa trajektorijas TIMES modelim

CO ₂ nodoklis, EUR/tCO ₂	Gads			
	2022	2030	2040	2050
Bāze trajektorija	15	15	15	15
<u>Trajektorija 1</u>	15	20	25	30
<u>Trajektorija 2</u>	15	25	35	50
<u>Trajektorija 3</u>	15	60	80	100

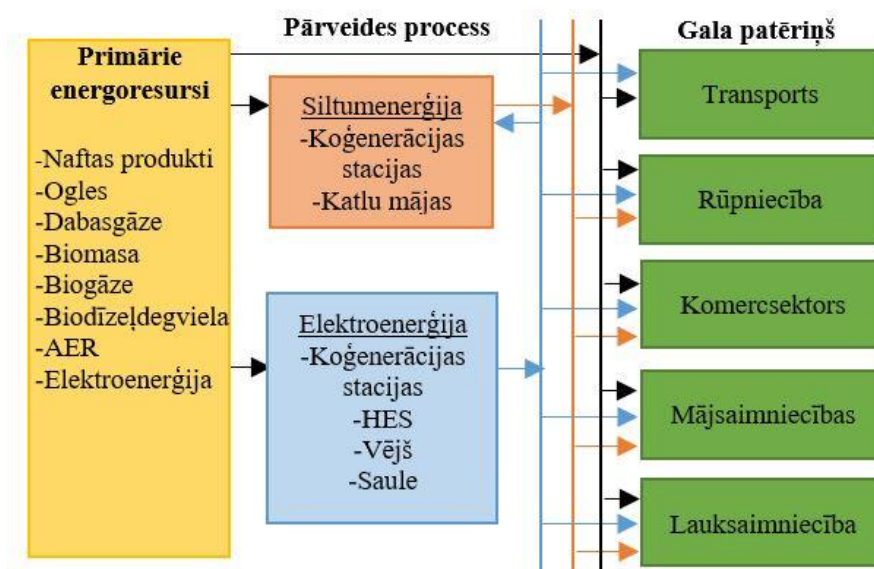
3. ENERĢIJAS PĀRVEIDES SEKTORS TIMES MODELĪ

Enerģijas pārveides (enerģētikas) sektors ietver centralizēto elektrības un siltuma ražošanu (skatīt 3.1. att.).

Lai precīzāk modelētu enerģijas pārveides sektora attīstības tendences, ir ieviests ģeogrāfisks dalījums Rīgā un pārējā Latvijā, kas nosacīti ir divi šī sektora divi apakšsektori.

Lai sadalītu primāro energoresursu patēriņu un saražotās siltumenerģijas daudzumu, izmantota pieejamā no iesniegtajiem pārskatiem par gaisa aizsardzību ("2-Gaiss" datubāze [7]), publiski pieejamie gada pārskati [8], [9].

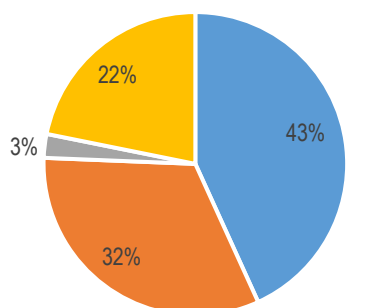
Katlu māju uzstādītās jaudas, hidroelektrostaciju, vēja staciju, koģenerācijas staciju uzstādītās jaudas ņemtas no CSP statistikas un SEG atļaujām[10].



3.1. att. Pārveidošanas sektora procesu shēma

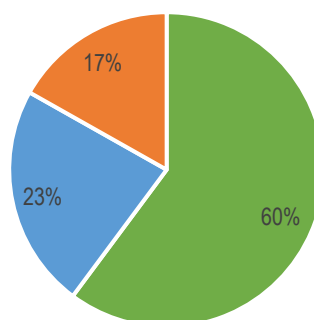
Kopējās saražotās siltumenerģijas un elektroenerģijas daudzuma sadalījums redzams 3.2. attēlā. Papildu dalījumu veido ETS un ne-ETS apakšsektori.

Saražotās siltumenerģijas sadalījums



- Koģenerācijas stacijas, Rīga
- Koģenerācijas stacijas, Latvija
- Katlu mājas, Rīga
- Katlu mājas, Latvija

Saražotās elektroenerģijas sadalījums



- Elektrostacijas
- Koģenerācijas stacijas, Rīga
- Koģenerācijas stacijas, Latvija

3.2.att. Saražotās siltumenerģijas un elektroenerģijas sadalījums

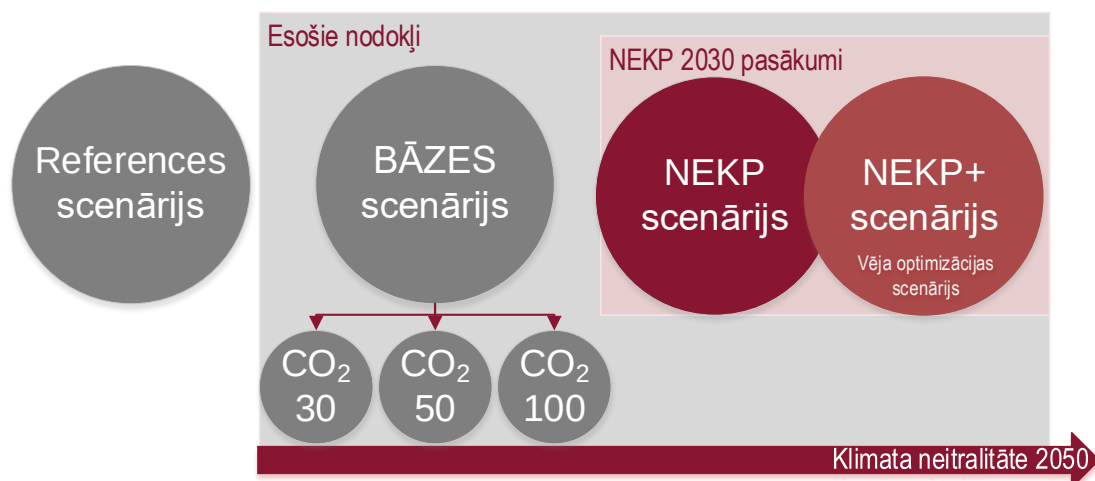
Lai gan 2017.gadā Latvijas energobilancē netiek uzrādīts ar saules enerģiju saražotais elektroenerģijas daudzums, saules elektrostacijas tiek izmantotas gan mājāsaimniecību (mikroģenerācija, neto uzskaitē, saules paneļi ar kopējo jaudu <11kW), gan komercsektorā, gan rūpniecības sektorā galvenokārt pašpatēriņa segšanai.

Līdz ar to, autori TIMES modelī pārveidošanas sektorā iekļāvuši noteiktu saražotās elektroenerģijas daļu, kas tiek ražota ar saules paneļiem. Tā kā nav pieejami dati par saules elektroenerģiju, kas netiek nodota elektrotīklā, autori izmantojuši pieejamo informāciju par Ekonomikas Ministrijas izsniegtajām atļaujām jaunu elektroenerģijas ražošanas iekārtu ieviešanai [11]. Tika noteikts, ka kopējais dažādos sektoros saražotās saules elektroenerģijas daudzums ir aptuveni 5,65 TJ 2017.gadā.

4. TIMES SCENĀRIJI UN REZULTĀTI

4.1. TIMES scenāriju apraksts enerģijas pārveides sektoram

Enerģijas pārveides sektors ir sektors, kas nodrošina lielu daļu siltumenerģijas un gandrīz visu elektroenerģiju, kas nepieciešama pārējiem tautsaimniecības sektoriem.



4.1. att. Enerģijas pārveides sektora attīstības scenāriji

Modelī tiek izveidoti četri pamata scenāriji – references scenārijs, bāzes scenārijs un divi scenāriju varianti, kas ņem vērā NEKP 2030 politikas un finansējumu attiecībā uz enerģijas pārveides sektoru.

Kā papildinājums bāzes scenārijam ir veidoti papildu scenāriji, kas modelē CO₂ nodokļa likmes izmaiņas fosilajiem kurināmajiem (skat.4.1. att.).

4.1.1. References scenārijs

References scenārijā netiek iekļauti esošie nodokļi, kā CO₂ un DRN, kā arī netiek iekļauta prasība no 2020.g. palielināt biodegvielu piejaukumu dīzeļdegvielai un benzīnam. References scenārijā biodegvielu piejaukums tiek piemērots 2017.g. līmenī un tiek saglabāts nemainīgs visu modelēšanas periodu.

References scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas sekojoši faili: SysSettings, BASE, NT-COM, NT-IND, NT-RSD, NT-PWR, NT-AGR, NT-TRN_BASE, M2_BASE, UC-TRN, bound_TRN_BASE, bound_RES_BASE, NoFloShar_TNR_REF, UC-AGR_Share, UC-COM_NT_Share, UC-PWR_Share, UC-TRN_Share, UC-IND_NT_Share, UC-RSD_NT_Share, bound_ELC_LTH_PWR_ADD

4.1.2. Bāzes scenārijs

Bāzes scenārijā iekļauti esoši nodokļi, kā DRN, CO₂ nodoklis, akcīzes nodoklis fosilajiem resursiem un diversificēts akcīzes nodoklis dabasgāzei industrijas sektoram un transporta sektoram, tāpat iestrādāts transportlīdzekļu ekspluatācijas nodoklis. Kā arī sākot ar 2020.gadu iekļauta obligātā piejaukuma daļa biodegvielai – 10% benzīnam un 7% dīzeļdegvielai. Bāzes scenārijā iekļauts arī daudzīvokļu ēku siltināšanas apjoms, kas norisinās ar ES fondu nodrošināto grantu ēku siltināšanai 156 miljonu apmērā. Siltināšanas apjomi m₂ iegūti no Sistēmdinamikas modeļa un iekļauti kā ieejas dati TIMES modelī.

Bāzes scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas sekojoši faili: SysSettings, BASE, NT-COM, NT-IND, NT-RSD, NT-PWR, NT-AGR, NT-TRN_BASE, M2_BASE, UC-TRN, bound_TRN_BASE, bound_RES_BASE, UC-AGR_Share, UC-COM_NT_Share, UC-PWR_Share, UC-TRN_Share, UC-IND_NT_Share, UC-RSD_NT_Share, bound_ELC_LTH_PWR_ADD, CO2TAX_PWR_sektoram_ADD, DRN_BASE_PWR_sektoram_ADD

4.1.3. NEKP scenārijs

NEKP scenārijā ir iekļauti NEKP2030 4.pielikuma īstenošanas pasākumi, kas attiecas uz enerģijas pārveides sektoru. Iestrādātie pasākumi ir:

- AER izmantošanas veicināšana CSA;
- Energoefektivitātes celšana CSA (CSA tīklu zudumu samazināšana);
- Ierobežojumi uzstādīt jaunas tikai cieto vai šķidro fosilo kurināmo sadedzināšanas iekārtas CSA;
- Atkrastes vēja parka izbūve (800MW).

NEKP scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas sekojoši faili: SysSettings, BASE, NT-COM, NT-IND, NT-RSD, NT-PWR, NT-AGR, NT-TRN_BASE, M2_BASE, UC-TRN, bound_TRN_BASE, bound_RES_BASE, UC-AGR_Share, UC-COM_NT_Share, UC-PWR_Share, UC-TRN_Share, UC-IND_NT_Share, UC-RSD_NT_Share, bound_ELC_LTH_PWR_ADD, CO2TAX_PWR_sektoram_ADD, DRN_BASE_PWR_sektoram_ADD, 1NEKP_PWR_171_176_CSA, 1NEKP_PWR_32_Wind, 1NEKP_PWR_36_RD, 1NEKP_PWR174_noFossil

4.1.4. NEKP+ scenārijs

NEKP+ scenārijs iekļauj tos pašus pasākumus, ko NEKP scenārijs, taču 800MW atkrastes vēja parka izbūves vietā, šis scenārijs paredz izbūvēt sauszemes vēja parku 1200MW apjomā.

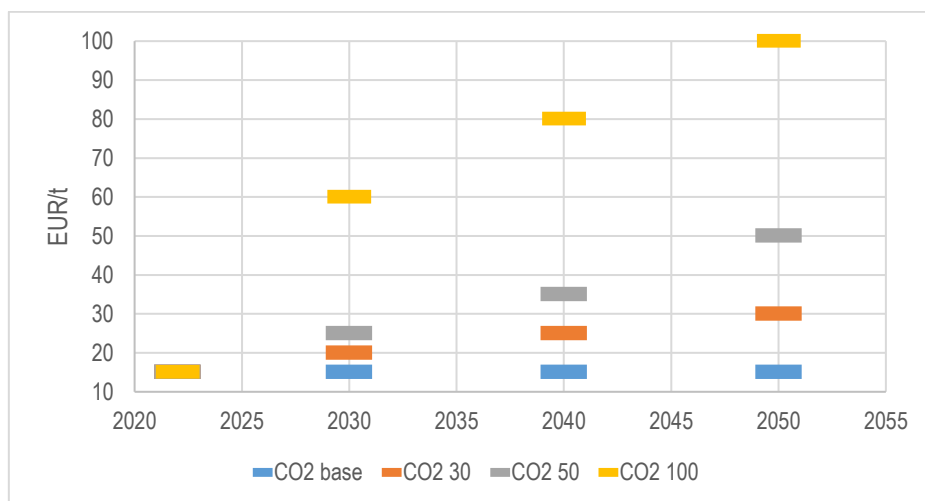
Šāds scenārijs piedāvāts, lai salīdzinātu rezultātus atkrastes un sauszemes parka izbūvē, kas iespējama ar līdzvērtīgu vai mazāku finansējuma apjomu. NEKP+ scenārijs ietver esošos nodokļus un sekojošus NEKP pasākumus:

- AER izmantošanas veicināšana CSA;
- Energoefektivitātes celšana CSA (CSA tīklu zudumu samazināšana);
- Ierobežojumi uzstādīt jaunas tikai cieto vai šķidro fosilo kurināmo sadedzināšanas iekārtas CSA;
- Sauszemes vēja parka izbūve (1200MW).

NEKP+ scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas sekojoši faili: SysSettings, BASE, NT-COM, NT-IND, NT-RSD, NT-PWR, NT-AGR, NT-TRN_BASE, M2_BASE, UC-TRN, bound_TRN_BASE, bound_RES_BASE, UC-AGR_Share, UC-COM_NT_Share, UC-PWR_Share, UC-TRN_Share, UC-IND_NT_Share, UC-RSD_NT_Share, bound_ELC_LTH_PWR_ADD, CO2TAX_PWR_sektoram_ADD, DRN_BASE_PWR_sektoram_ADD, 1NEKP_PWR_171_176_CSA, 1NEKP_PWR_32_Wind_onshore_ADD, 1NEKP_PWR_36_RD, 1NEKP_PWR174_noFossil

4.1.5. Papildus scenāriji - CO₂ nodokļa izmaiņu trajektorijas

Šī scenārija mērķis ir modelēt CO₂ nodokļa ietekmi uz enerģijas pārveidošanas sektora ne-ETS daļas pārkārtošanos.



4.2. att. CO₂ nodokļa likmes enerģijas pārveides sektoram modelētajos scenārijos

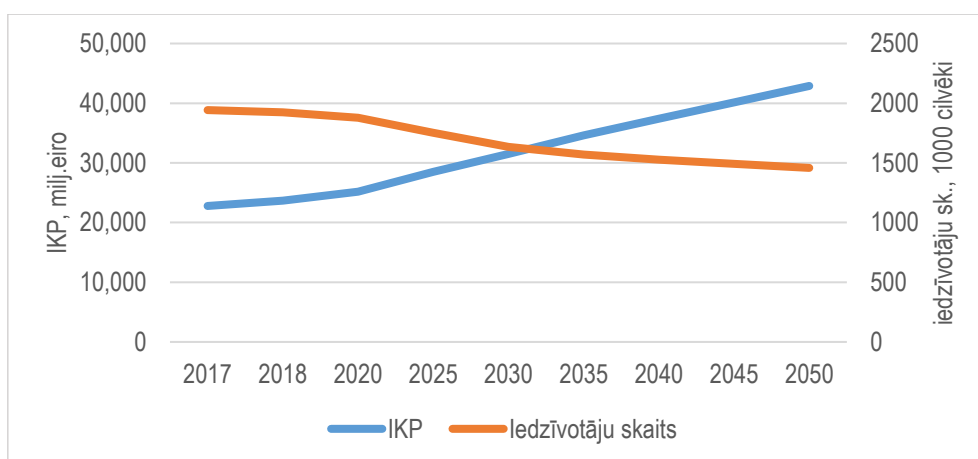
Bāzes CO₂ scenārijā nodokļa likme saglabāta nemainīga visā modelēšanas periodā sākot no 2022. gada, kas noteikta atbilstoši Dabas resursa nodokļa likumam. Papildus bāzes scenārijam ir izstrādāti trīs alternatīvi CO₂ scenāriji ar pakāpenisku nodokļa palielināšanu dažādās trajektorijās (skatīt 4.2. att.).

CO₂ 30 scenārijs paredz CO₂ nodokļa likmes celšanu līdz 30 EUR/tCO₂ līdz 2030.gadam, CO₂ 50 scenārijs līdz 50 EUR/tCO₂, savukārt CO₂ 100 scenārijs paredz nodokļa likmi celt līdz 100 EUR/tCO₂ līdz 2050.gadam.

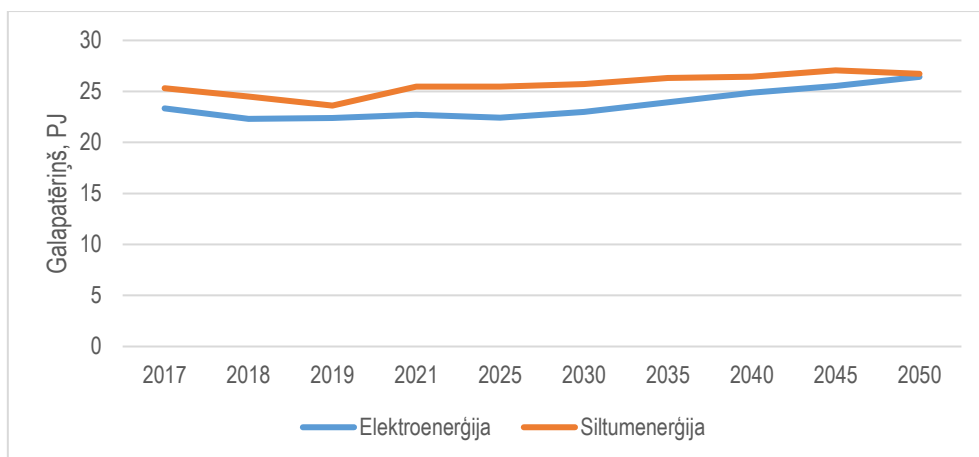
4.2. Būtiskākie pieņēmumi un modeļa virzošie spēki

TIMES modeļa rezultātus būtiski ietekmē dažādi *demand driver* jeb virzošie spēki. Vieni no galvenajiem ietekmējošiem faktoriem ir IKP un iedzīvotāju skaita izmaiņas (skatīt 4.3. att.).

Šobrīd modelī paredzēts IKP palielinājums no aptuveni 23 miljardiem 2017.gadā līdz gandrīz 43 miljardiem 2050.gadā. Savukārt iedzīvotāju skaits turpinās samazināties no 1,9 miljoniem bāzes gadā līdz nepilniem 1,5 miljoniem 2050.gadā.

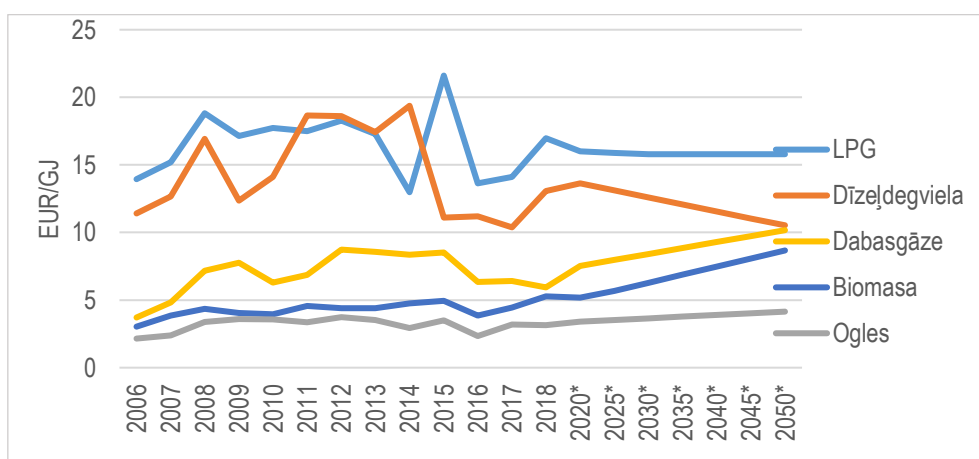


4.3. att. IKP un iedzīvotāju skaita prognoze modelētajos scenārijos



4.4. att. Elektroenerģijas un siltumenerģijas galapatēriņš modelētajos pamata scenārijos

Lai novērtētu NEKP2030 pasākumu ietekmi attiecībā uz enerģijas pārveides sektoru un veiktu objektīvu salīdzinājumu starp scenārijiem, modelēšanas gaitā tiek pieņemts, ka siltumenerģijas un elektroenerģijas apjoms (skatīt 4.4. att.) visos pamata scenārijos – references, bāzes, NEKP2030 un NEKP2030+ ir vienāds, baltoties uz bāzes scenārija rezultātiem.



4.5. att. Galveno energoresursu cenu prognozes enerģijas pārveides sektorā

Gan elektroenerģijas, gan siltumenerģijas galapatēriņš ir stabils ar nelielu pieaugumu līdz 2050. gadam un, ja bāzes gadā siltumenerģijas galapatēriņš ir aptuveni 25 PJ un elektroenerģijas aptuveni 23 PJ, tad 2050. gadā siltumenerģijas galapatēriņš sastāda aptuveni 26 PJ, bet elektroenerģijas aptuveni 27 PJ.

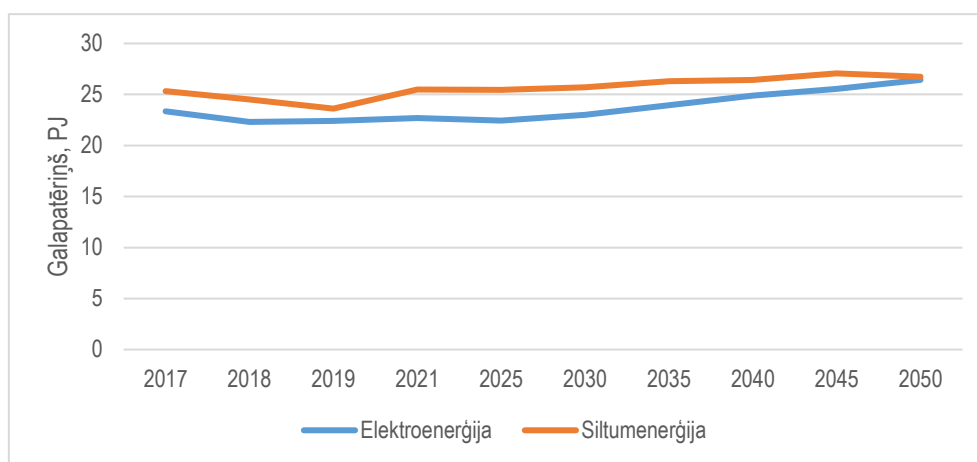
Būtiska loma enerģētikas pārkārtošanā ir izmaksām saistībā ar jaunām tehnoloģijām, kā arī energoresursu cenām (skatīt 4.5. att.). TIMES modelī resursu cenu prognozes balstītas uz pēdējo gadu energoresursu cenu izmaiņām. Tiek prognozēts, ka LPG vidējā cena saglabāsies aptuveni nemainīga, dīzeļdegvielai kritīsies, savukārt dabassgāzei, biomasai un ogleim līdz 2050. gadam palielināsies par aptuveni 60-70% salīdzinājumā ar bāzes gadu.

Bāzes scenārijā un abos NEKP2030 scenārijos tiek izmantotas nodokļu likmes, kas šobrīd ir spēkā esošas vai ar likumu apstiprinātas, piemēram, CO₂ nodokļa izmaiņas no 2022.gada. CO₂ papildu scenārijos tiek modelētas CO₂ nodokļu izmaiņas sākot jau ar 2030.gadu skatīt 8. tabulu).

Galvenās nodokļu likmes enerģijas pārveides sektorā modelētajos pamata scenārijos

Nodoklis	Mērvienība	Resurss	2017	2018	2019	2020	2021	2022-2050
DRN	EUR/t	ogles	10,7	10,7	10,7	21,3	21,3	21,3
Akcīzes	EUR/GJ	dīzeļdegviela	9,6	10,5	10,5	11,7	11,7	11,7
	EUR/GJ	LPG	4,5	5,4	5,4	6,3	6,3	6,3
	EUR/GJ	dabasgāze		5,94	5,94	5,94	5,94	5,94
CO ₂ nodoklis	EUR/t	CO ₂			4,5	9	12	15

Lai novērtētu NEKP2030 pasākumu ietekmi uz enerģijas pārveides sektoru un veiktu objektīvu salīdzinājumu starp scenārijiem, modelēšanas gaitā tiek pieņemts, ka siltumenerģijas un elektroenerģijas apjoms visos pamata scenārijos – references, bāzes, NEKP un NEKP+ ir vienāds, baltoties uz bāzes scenārija rezultātiem.



4.6. att. Elektroenerģijas un siltumenerģijas galapatēriņš modelētajos pamata scenārijos

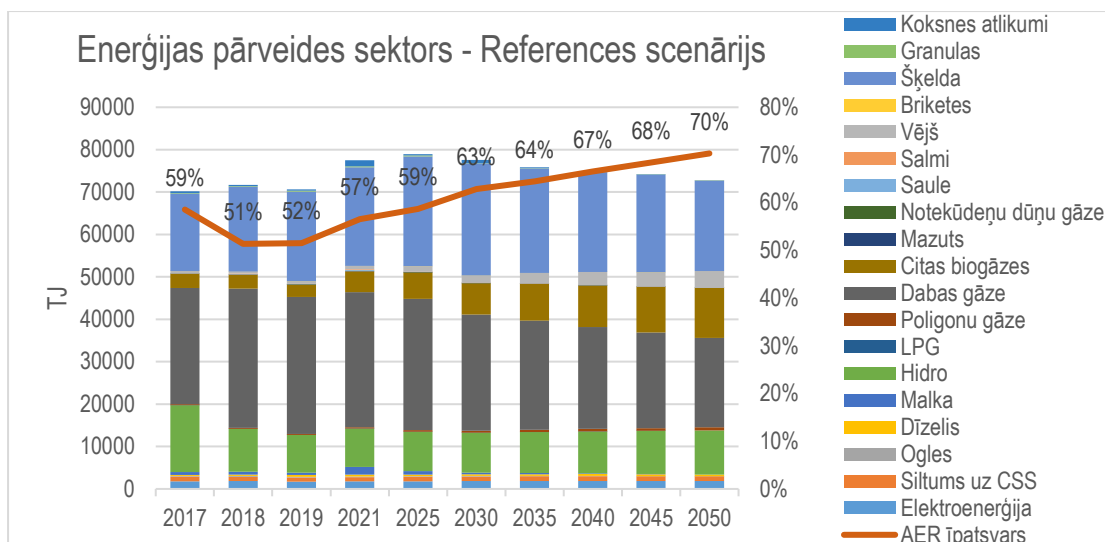
Gan elektroenerģijas, gan siltumenerģijas galapatēriņš ir stabils (skatīt 4.6. att.) ar nelielu pieaugumu līdz 2050. gadam un, ja bāzes gadā siltumenerģijas galapatēriņš sastāda aptuveni 25 PJ un elektroenerģijas aptuveni 23 PJ, tad 2050. gadā siltumenerģijas galapatēriņš sastāda aptuveni 26 PJ, bet elektroenerģijas aptuveni 27 PJ.

4.3. Scenāriju rezultāti enerģijas pārveides sektoram

Iepriekš aprakstīto scenāriju rezultāti ir aprakstīti sekojošajās apakšnodaļās. Scenārijus var iedalīt pamata scenārijos (NEKP2030 un NEKP2030+) un papildus scenārijos – visi CO₂ scenāriji.

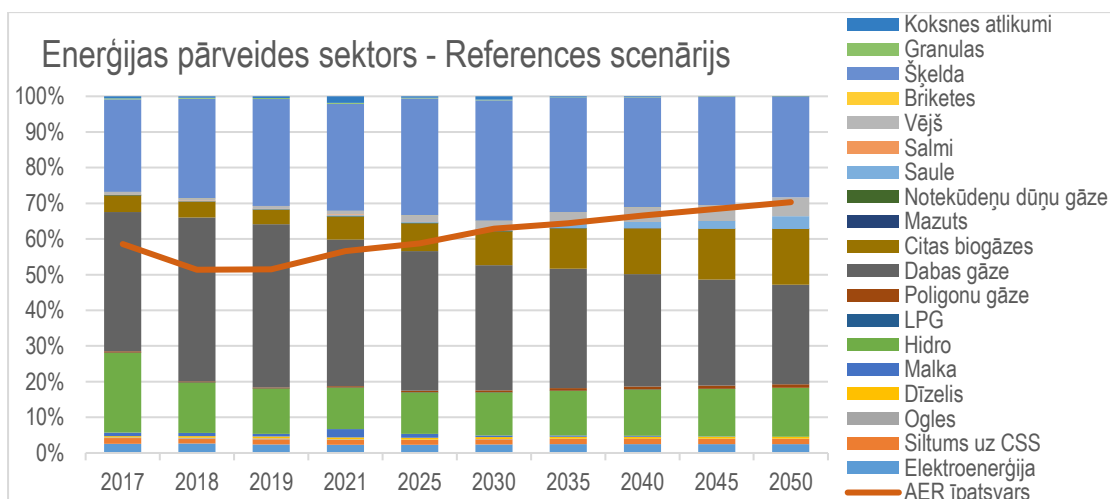
4.3.1. References scenārija rezultāti

Enerģijas pārveides sektora References scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 4.7. attēlā.



4.7. att. Energijas pārveides sektora gala patēriņš pa enerģijas resursiem references scenārijā

Rezultāti rāda, ka kopējais gala patēriņš līdz 2050. gadam ir pietiekoši stabils. Augoša tendence novērojama līdz 2030. gadam, pēc tam tas ļoti lēni samazinās.

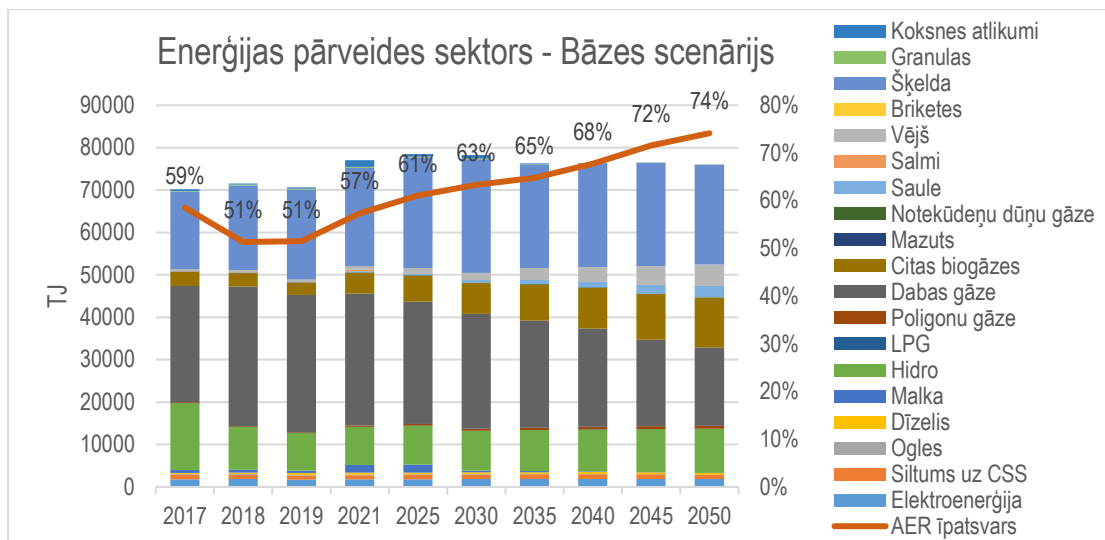


4.8. att. Galveno primāro energoresursu patēriņš references scenārijā

Energijas gala patēriņš pa energoresursu veidiem enerģijas pārveides sektoram references scenārijā 2017.-2050.gadā parādīts 4.8. attēlā.

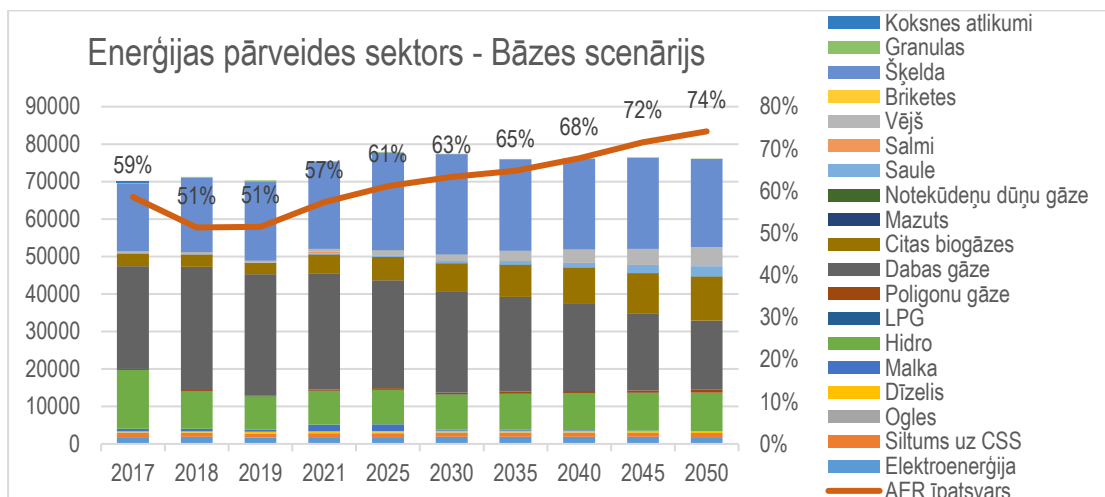
4.3.2. Bāzes scenārija rezultāti

Energijas pārveides sektora gala patēriņš bāzes scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 4.9. attēlā.



4.9. att. Energijas gala patēriņš pa enerģijas resursiem bāzes scenārijā

Rezultāti rāda, ka 2030. gadā kopējais gala patēriņš pieaugs līdz 75300 TJ, bet 2050. gadā tas mazliet samazināsies līdz 73100 TJ.

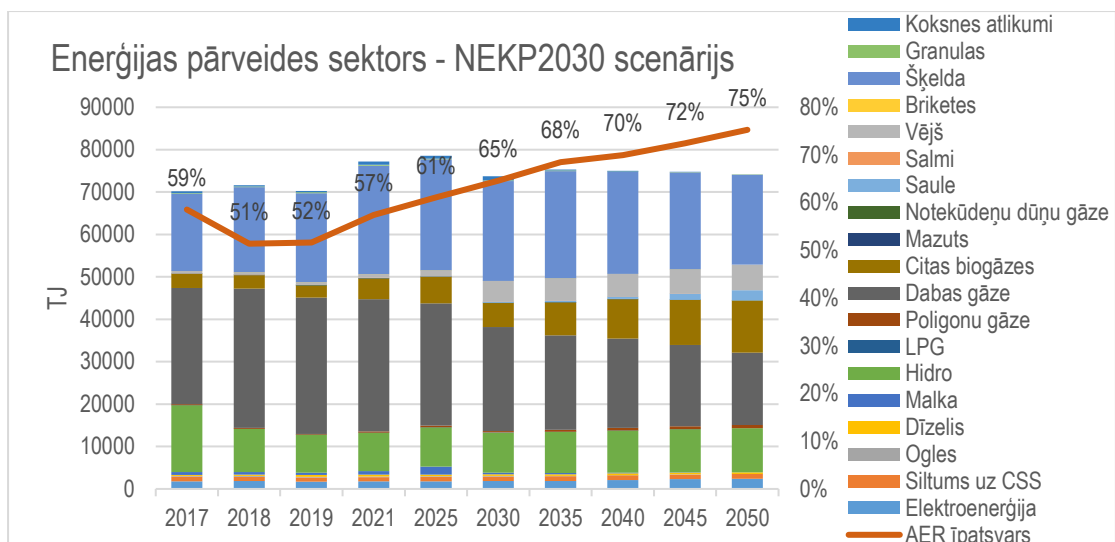


4.10. att. Energijas resursu sadalījums enerģijas pārveides sektorā bāzes scenārijā

Kā redzams no 4.10. attēla, samazināsies dabas gāzes, bet pieaugs biogāzes izmantošana un nedaudz palielināsies vēja enerģijas patēriņš.

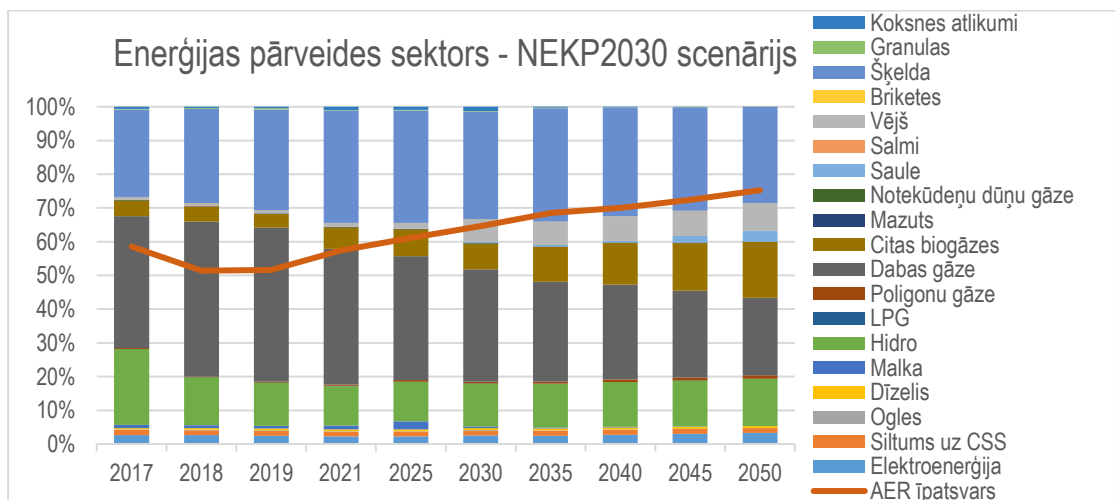
4.3.3. NEKP2030 politiku scenārijs

Energijas gala patēriņš enerģijas pārveides sektorā NEKP2030 scenārijā 2017.-2050. gadam parādīts 4.11. attēlā. Rezultāti rāda, ka uz 2030. gadu tiek ievērojami palielināta biogāzes un vēja enerģijas izmantošana, kas pēc 2030. gada vairs nepieaug. Pēc 2030. gada palielinās saules enerģijas izmantošana un biogāzes izmantošana, turpina samazināties dabas gāzes izmantošanas apjoms.



4.11. att. Energijas gala patēriņš pa enerģijas resursiem enerģijas pārveides sektorā NEKP2030 scenārijā

Energijas gala patēriņš pa energoresursu veidiem NEKP2030 politiku scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 4.11. attēlā. NEKP2030 politiku scenārijā, atšķirībā no bāzes scenārija, vērojams lielāks dabasgāzes izmantošanas samazinājums un AER tehnoloģiju izmantošana. Samazinās šķeldas izmantošanas apjoms.

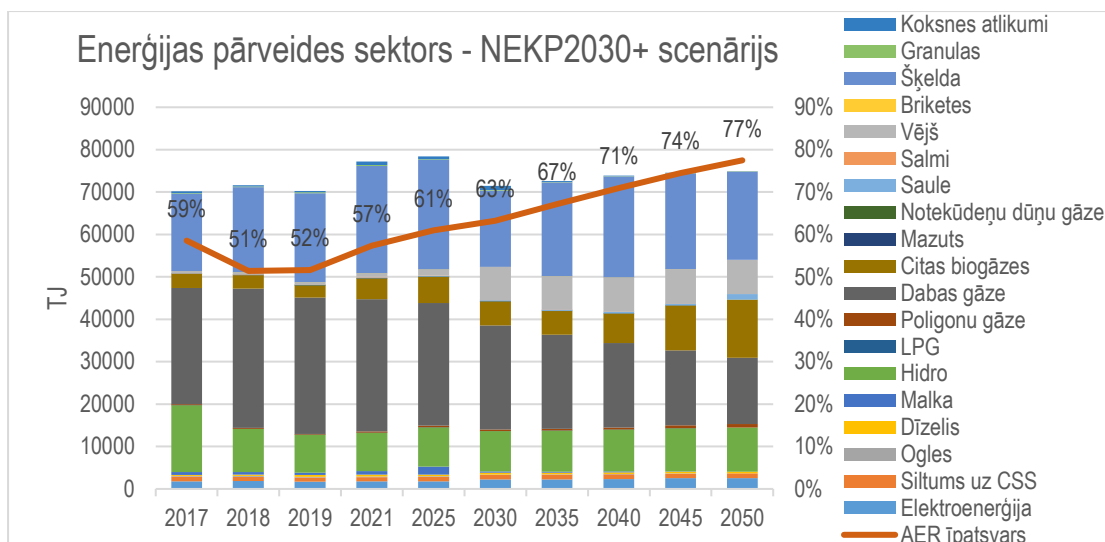


4.12. att. Energijas resursu sadalījums enerģijas pārveides sektorā NEKP2030 scenārijā

Kā redzams 4.12. attēlā, NEKP2030 politiku scenārijā straujāk pieaug AER patēriņš un AER īpatsvars, ko veicina, piem., saules un vēja enerģijas plašāku izmantošanu gan mikroģenerācijas līmenī (piem., saules paneļi un saules kolektori māsaimniecībās), gan lielas jaudas līmenī (piem., saules kolektoru izmantošana centralizētajās siltumapgādes sistēmās, saules paneļi pašpatēriņam un vēja enerģijas parki).

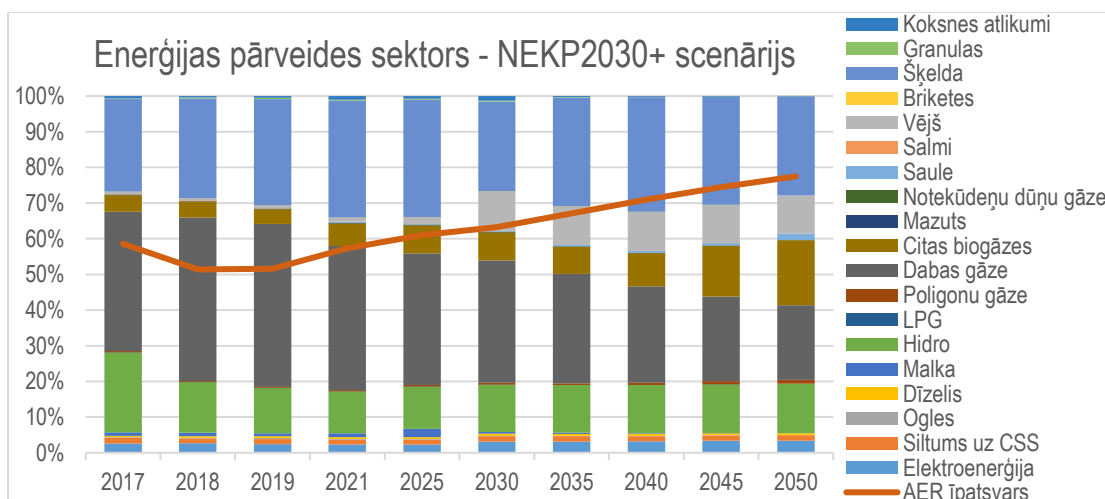
4.3.4. NEKP2030+ scenārijs

Kā redzams no 4.13. attēla, pēc 2030. gada pieaug straujāk vēja un biogāzes pielietošana, savukārt samazinās dabas gāzes izmantošana, kā arī šķeldas izmantošanas apjoms.



4.13. att. Enerģijas patēriņš enerģijas pārveides sektorā NEKP2030+ scenārijā

NEKP2030+ scenārijā fosilie energoresursi tiek aizstāti ar AER, piem., pieaug vēja enerģijas un biogāzes, kā arī saules enerģijas īpatsvars. No fosilajiem resursiem, gandrīz uz pusi samazinās dabas gāzes īpatsvars, ko aizstāj biogāzes, vēja un saules enerģija.



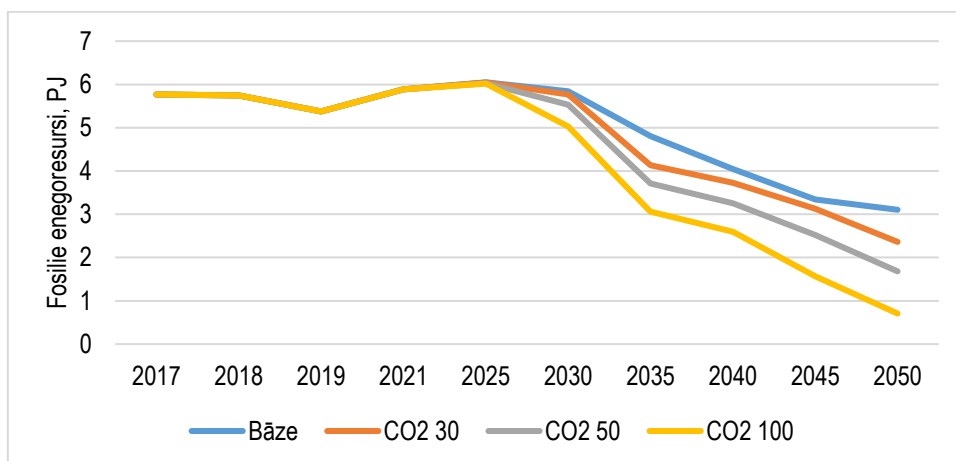
4.14. Enerģijas resursu sadalījums enerģijas pārveides sektorā NEKP2030+ scenārijā

Salīdzinot ar Bāzes scenāriju un NEKP2030 scenāriju, NEKP2030+ scenārijā ir lielākais AER īpatsvars. Tomēr ļoti izteikti var redzēt, ka līdz 2030. gadam visi pasākumi, kas tiek īstenoti NEKP2030 ietvaros, palielina AER īpatsvaru (galvenokārt vēja enerģijas izmantošana), savukārt pēc 2030. gada AER īpatsvars palielinās tikai uz biogāzes izmantošanas rēķina.

4.3.5. CO₂ scenāriji

Bāzes scenārija CO₂ nodokļa likmes par gaisa piesārņošanu piemērotas atbilstoši Dabas resursa nodokļa likuma 4. pielikumam, kurā noteikta CO₂ nodokļa palielināšana līdz 12 EUR/tCO₂ no 2021. gada un 15 EUR/tCO₂ sākot ar 2022. gadu, kas modelēšanas periodā līdz 2050. gadam saglabāta nemainīga.

Pārējos trīs CO₂ scenārijos paredzēta pakāpeniska nodokļa palielināšana sākot ar 2030. gadu līdz 30 EUR/tCO₂ līdz 2050. gadam scenārijā CO₂ 30 līdz pat 100 EUR/tCO₂ scenārijā CO₂ 100.

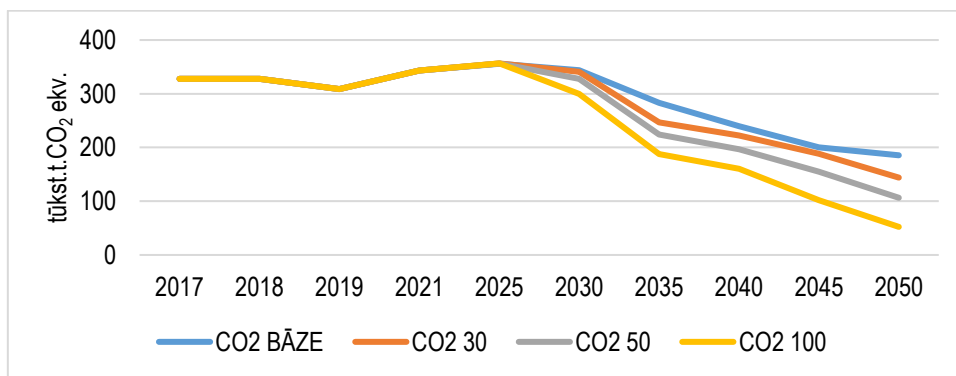


4.15. att. Fosilo energoresursu patēriņš enerģijas pārveides sektora ne-ETS sadaļā modelētajos CO₂ scenārijos

Modelēšanas rezultāti (4.15. attēls) parāda fosilo energoresursu patēriņa samazināšanos enerģijas pārveidošanas sektora ne-ETS daļā, kur no nepilniem 6PJ bāzes gadā līdz 2025. gadam vērojams neliels palielinājums līdz aptuveni 6 PJ savukārt pēc 2025. gada vērojams pakāpenisks samazinājums visos scenārijos.

Līdz 2050. gadam fosilo energoresursu patēriņš bāzes scenārijā pie nemainīgas CO₂ nodokļa likmes samazinās līdz aptuveni 3,1 PJ.

CO₂ 30 scenārijā fosilo energoresursu patēriņš samazinās līdz 2,4 PJ, bet CO₂ 50 scenārija līdz 1,7 PJ. Savukārt CO₂ 100 scenārijā līdz pat 0,7 PJ, kas ir aptuveni par 88% mazāks fosilo energoresursu patēriņš salīdzinājumā ar 2017.gadu.



4.16. att. Enerģijas pārveides sektora ne-ETS daļas radītās SEG modelētajos scenārijos.

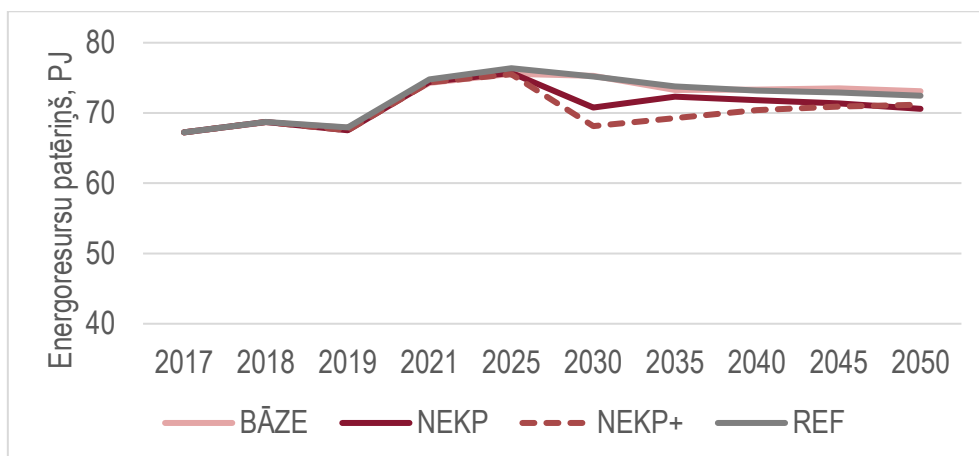
Radītās SEG ir cieši saistītas ar fosilo energoresursu patēriņu. Modelēšanas rezultāti rāda līdzvērtīgu SEG samazinājumu modelētajos scenārijos (skatīt 4.16. attēlu).

Sākot ar 2025. gadu SEG pakāpensiki samazinās visos scenārijos – bāzē no 328 tūkst.tCO₂ ekv. līdz 185 tūkst. tCO₂ ekv, savukārt CO₂ 100 scenārijā līdz pat 52 tūkst.tCO₂ ekv.

4.4. Scenāriju salīdzinājums

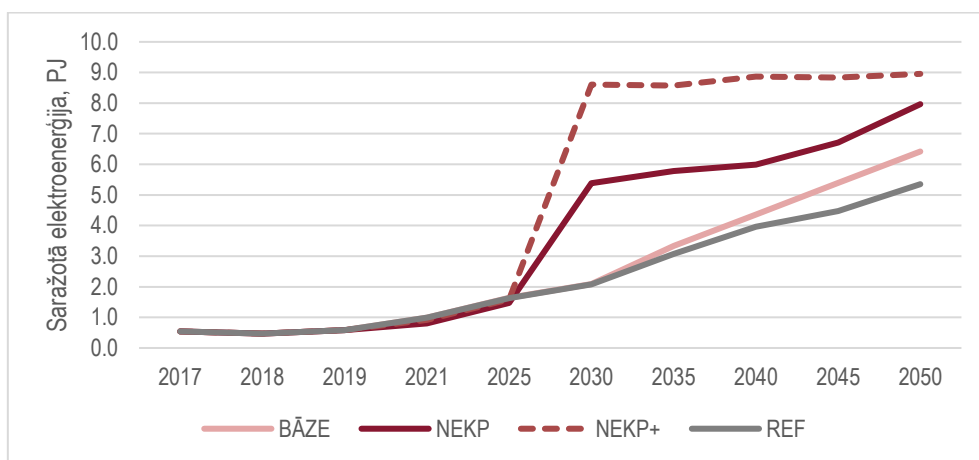
Šajā nodaļā salīdzināti enerģijas pārveides scenāriju rezultāti. Attēlā zemāk redzams kopējais energoresursu patēriņš modelētajos scenārijos. Visos scenārijos redzams kopējais energoresursu patēriņa palielinājums līdz 2025. gadam, savukārt pēc 2025.gada, kad tiek ieviesti

vairāk politikas pasākumi, novērojams kopējais energoresursu patēriņa kritums, īpaši līdz 2030. gadam scenārijos NEKP2030 un NEKP2030+ (skatīt 4.17. attēlu).



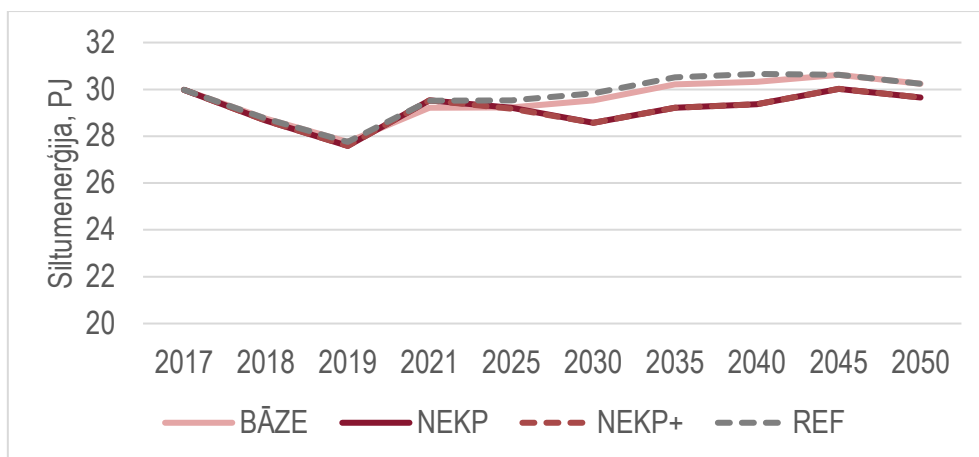
4.17. att. Energoresursu patēriņš enerģijas pārveides sektorā modelētajos scenārijos, PJ

NEKP2030+ pasākumi, kas paredz sauszemes vēja parka izbūvi nodrošina viszemāko kopējo energoresursu patēriņu 2030. gadā, kas sastāda aptuveni 68 PJ, kamēr NEKP2030 scenārijs nodrošina aptuveni 71 PJ patēriņu, bet bāzes un references scenāriji aptuveni 75 PJ. Līdz 2050. gadam patēriņš izlīdzinās visos scenārijos un sastāda aptuveni 71 PJ līdz 73 PJ (skatīt 4.18. attēlu).



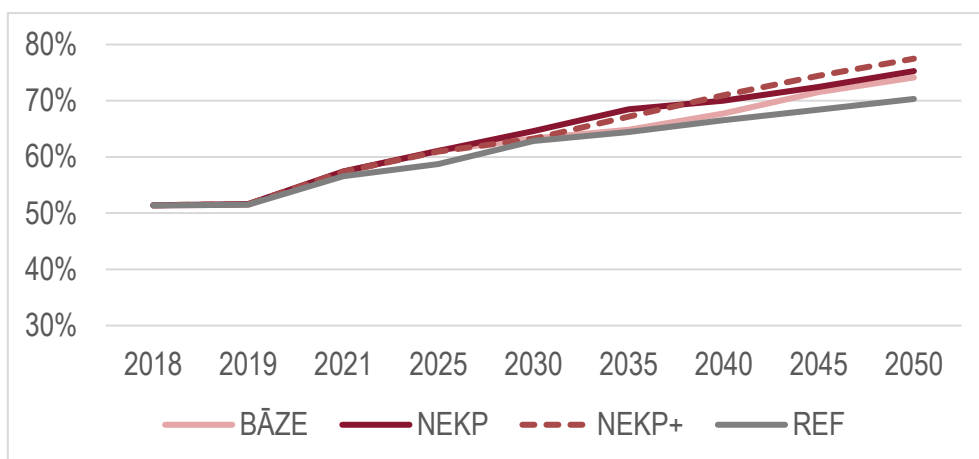
4.18. att. Ar vēja un saules tehnoloģijām saražotā elektroenerģija enerģijas pārveides sektorā modelētajos scenārijos, TJ

Visos scenārijos saražotās elektroenerģijas apjoms, izmantojot vēja un saules enerģiju pieaug un, ja 2017. gadā tas ir 0,5 TJ, tad 2030. gadā saražotās elektroenerģijas apjoms references un bāzes scenārijos palielinājies gandrīz trīs reizes, savukārt NEKP2030 scenārijā tas sasniedz jau aptuveni 5,4 PJ un NEKP2030+ scenārijā – 8,6 PJ. Līdz 2050. gadam bāzes scenārijā no vēja un saules enerģijas saražotais elektroenerģijas apjoms sasniedz 6,4 PJ, NEKP2030 scenārijā 8 PJ, bet NEKP2030+ scenārijā 9 PJ.



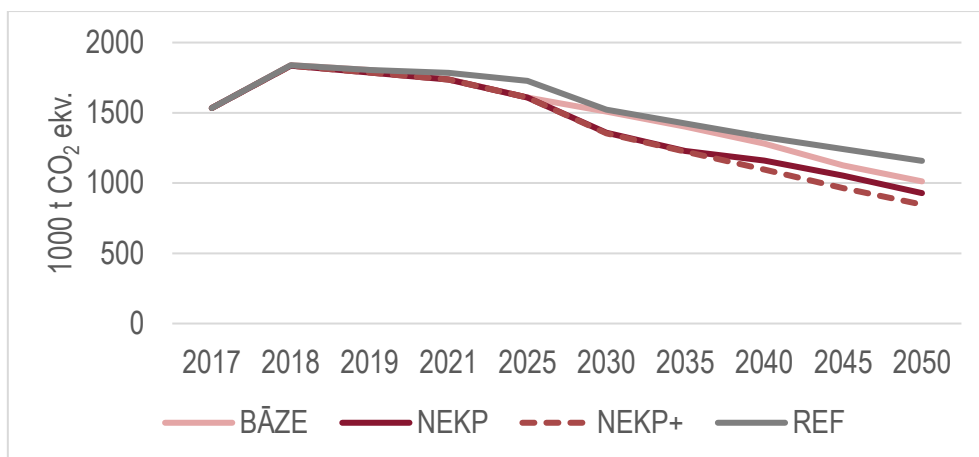
4.19. att. Enerģijas pārveides sektorā saražotās siltumenerģijas apjoms modelētajos scenārijos, PJ

Enerģijas pārveides sektora saražotās siltumenerģijas apjoms parāda, ka NEKP2030 pasākumi attiecībā uz energoefektivitātes celšanu CSA un tīklu zudumu mazināšanu dod vēlamos rezultātus (skatīt 4.19. attēlu), jo to pašu siltumenerģijas apjoma pieprasījumu NEKP2030 scenārijos var nodrošināt ar mazāku saražoto apjomu. Ja bāzes scenārijā nepieciešams saražot aptuveni 30 PJ siltumenerģijas, tad NEKP2030 scenārijos pietiek ar aptuveni 29 PJ jeb par aptuveni 4,3% siltumenerģijas mazāk jau 2030. gadā.



4.20. att. AER īpatsvars enerģijas pārveides sektorā modelētajos scenārijos

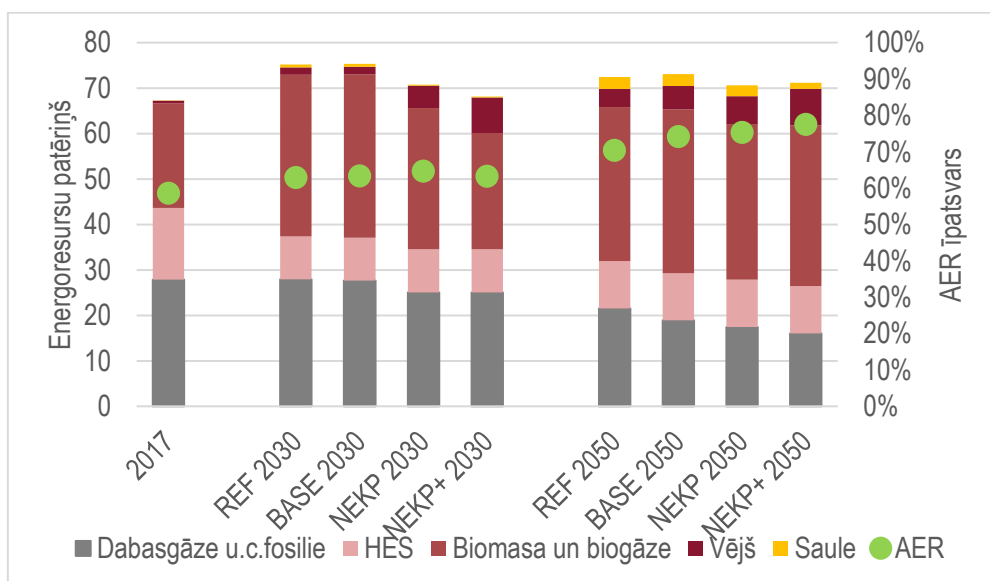
Visos modelētajos scenārijos patērēto energoresursu AER īpatsvars enerģijas pārveides sektorā palielinās (skatīt 4.20. attēlu). Ja pirmajos modelēšanas periodos AER daļa no kopējo primāro energoresursu patēriņa ir aptuveni 51%, tad 2030. gadā AER daļa palielinās līdz 63% bāzes un NEKP2030+ scenārijiem un 65% NEKP2030 scenārijā. Savukārt 2050. gadā šī daļa jau sastāda 74% bāzes scenārijā, 75% NEKP2030 un 77% NEKP2030+ scenārijos. Pieaugumu veicina gan atbalsts vēja tehnoloģijām NEKP2030 scenārijos, gan citu alternatīvo, piemēram, saules tehnoloģiju cenu samazinājums.



4.21. att. Enerģijas pārveides sektora emitētās SEG modelētajos scenārijos, tūkst.t.CO₂ ekv.

TIMES modelī ir iekļautas tādas SEG emisijas kā CO₂, N₂O un CH₄. Visos scenārijos SEG emisiju apjoms samazinās (skatīt 4.21. attēlu). Ja bāzes gadā enerģijas sektora radītais SEG apjoms bija 1,5 milj. tCO₂ ekv., tad 2030. gadā bāzes scenārijā un references scenārijā tas samazinājās pavisam nedaudz, savukārt NEKP2030 scenārijos samazinājās līdz aptuveni 1,3 milj. tCO₂ ekv.

2050. gadā zemāko SEG apjomu nodrošina NEKP2030+ scenārijs ar aptuveni 8,5 milj. tCO₂ ekv, bet NEKP2030 scenārijs sasniedz 9,3 milj. tCO₂ ekv, savukārt bāzes scenārijs 10,1 milj. tCO₂ ekv.



4.22. att. Enerģijas pārveides sektorā patērēto energoresursu sadalījums un AER īpatsvars modelētajos scenārijos, PJ

Salīdzinot visu scenāriju patērēto energoresursu daļas, redzams, ka visos scenārijos biomasas, biogāzes, vēja un saules enerģijas patēriņš palielinās, bet jo īpaši tas vērojams NEKP2030 pasākumu ietekmē, kas nodrošina vēja enerģijas daļas pieaugumu (skatīt 4.22. attēlu).

Savukārt saules enerģijas palielinājums būtiskāks vērojams bāzes scenārijā, kas skaidrojams ar abu tehnoloģiju konkurenci un nepastāvību. NEKP scenārijā vēja enerģijas īpatsvars sastāda 9%, savukārt NEKP2030+ scenārijā 11%, kamēr bāzes scenārijā tas ir aptuveni 7%.

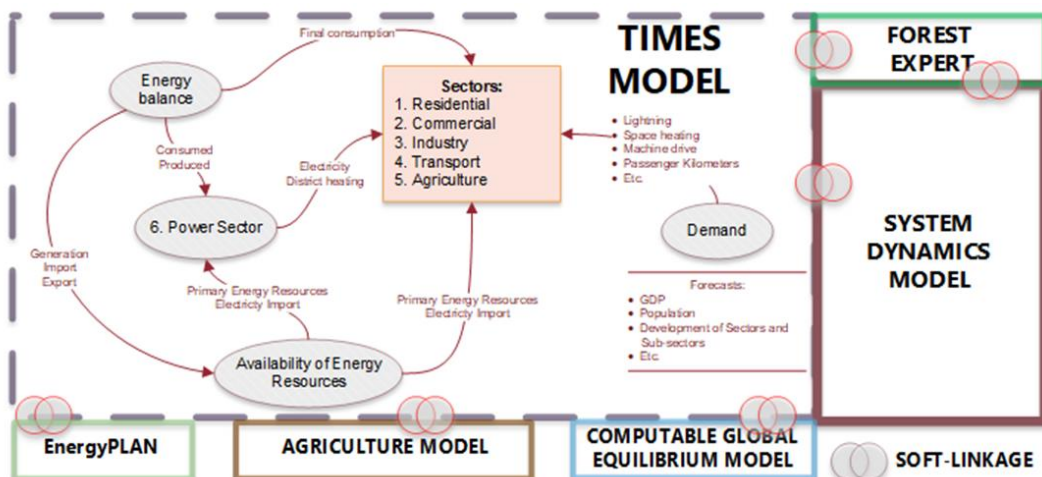
Izmantotās biomasas apjoms bāzes scenārijā saglabājas līdzīgs un sastāda aptuveni 36 PJ, kamēr NEKP scenārijos tas pieaug un, ja 2030. gadā tas sastāda 31 PJ NEKP2030 scenārijā un 26 PJ NEKP2030+ scenārijā, tad 2050. gadā apjoms pieaug līdz 34 PJ NEKP2030 un 35 PJ NEKP2030+ scenārijā. Visos modelēšanas scenārijos ir saglabājusies arī fosilā jeb dabasgāzes bāzes jauda, kas ir šī brīža Rīgas TEC jaudas apmērā.

Iegūtie scenāriju rezultāti liecina, ka NEKP2030 iekļautie politiskie pasākumi ļauj sasniegt resursu patēriņa ietaupījumus un augstāku AER īpatsvaru, taču nepieciešams jau šobrīd ir izvirzīt ilgtermiņa mērķus līdz 2050. gadam, lai veiksmīgāk īstenotu energosistēmas pārkārtošanos un virzītos uz klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu.

5. MODEĻU SASAISTES ĪSTENOŠANA

Lai pilnveidotu izmantoto modeļu sistēmu, ir izveidotas t.s. *soft-linkage* jeb vieglās sasaistes starp dažādiem modeļiem un modelēšanas rīkiem, ar mērķi papildināt esošos modeļus (piem., TIMES vai Sistēmdinamikas) un paaugstināt to precizitāti un pielietojumu.

Kopējā modeļu sasaistes shēma ir parādīta 5.1. attēlā.

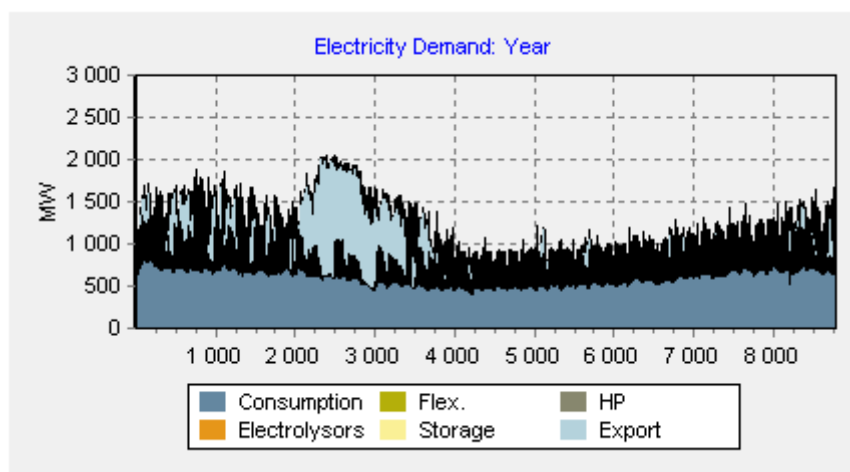


5.1. att. Kopējā modeļu sasaistes shēma

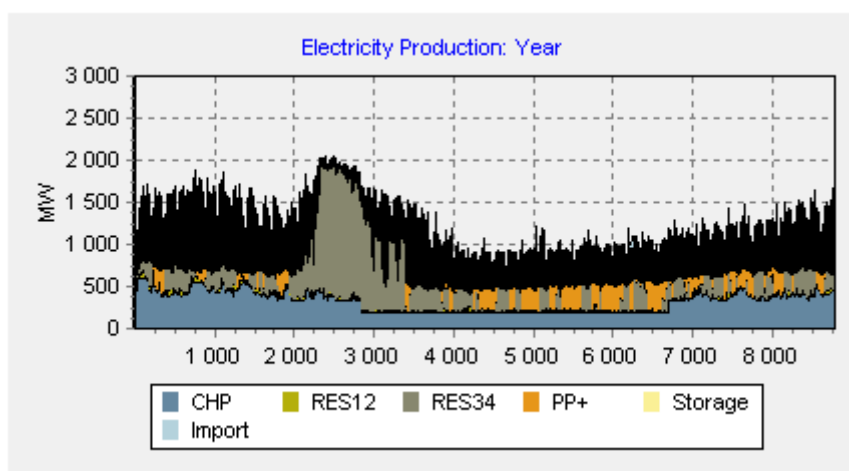
5.1. EnergyPLAN un TIMES

EnergyPLAN ir izmantots modelēšanā ar TIMES, validējot elektrību ģenerējošo jaudu sadalījumu gada griezumā, kas ir ievadīti TIMES modelī. Tas ļauj pārliecināties, ka elektroenerģijas izstrāde ir korekta ne tikai gada griezumā kopumā, bet arī noteiktos laika periodos.

Tā, piemēram, tika validēti hidroelektrostaciju un vēja elektrostaciju jaudu sadalījums gada griezumā 2017. gadā (pieņemts kā bāzes gads). Attēlos zemāk (skatīt 5.2. un 5.2. attēlus) ir redzami ar EnergyPLAN iegūtie rezultāti, kas parāda elektroenerģijas pieprasījuma (slodzes), elektroenerģijas piegādes (ģenerējošo jaudu) sadalījumu stundu griezumā 2017. gadā, ja tiek veikta tehniskā optimizācija (minimizēts primāro energoresursu patēriņš sistēmā).



5.2. att. Elektroenerģijas pieprasījums (slodzes) un eksports stundu griezumā Latvijā 2017.g.
(EnergyPLAN dati)

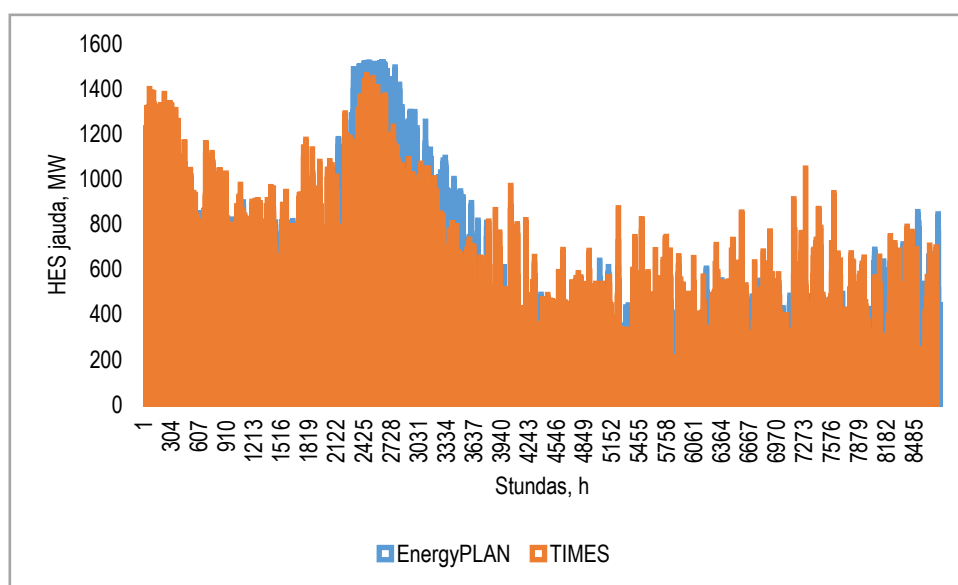


5.3. att. Elektroenerģijas piegāde (ģenerējošās jaudas) stundu griezumā Latvijā 2017.g. (EnergyPLAN dati); RES34 – HES, VES; CHP – koģenerācijas stacijas

5.1.1. Validācija

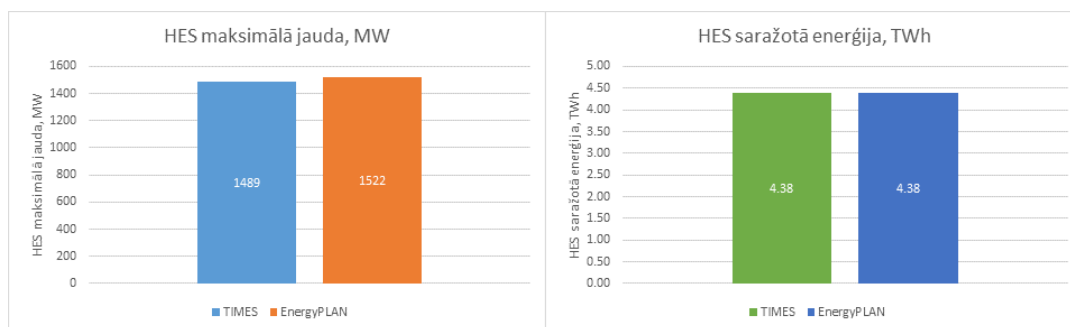
Ņemot vērā to, ka nepatstāvīgie enerģijas avoti ir tie, kuru izmantošana ir saistīta ar nenoteiktību un ierobežotāku izmantošanu, tika veikta hidroelektrostaciju un vēja elektrostaciju jaudu sadalījums gada griezumā 2017. gadā (pieņemts kā bāzes gads) validācija.

Ik stundas hidroenerģijas ģenerācija abos modeļos parādīta 5.4. attēlā. Stundu griezumā ir redzamas atšķirības, bet kopumā tendences sakrīt un maksimālās jaudas ir ļoti līdzīgas (skatīt 5.5. attēlu).



5.4. att. Ik stundas HES ģenerācija EnergyPLAN un TIMES..

No TIMES ikstundas ģenerācijas datiem pēc tam tiek veidotas laika nogriežņi, lai varētu aprakstīt HES izmantošanu.



5.5. att. HES maksimālā jauda un saražotās enerģijas apjoms TIMES un EnergyPLAN modelī

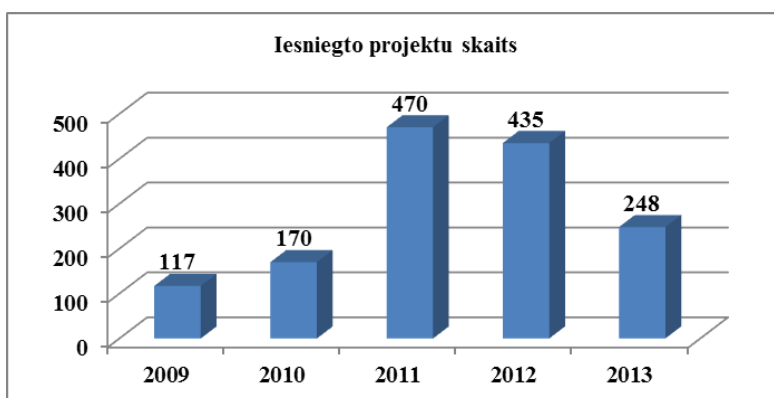
Validācijas rezultāti (skatīt **Error! Reference source not found..** un 5.5. attēlus) ļauj secināt, ka jaudu sadalījums TIMES modelim vēja un hidroelektrostacijām gada griezumā ir adekvāts un korekts.

5.2. TIMES un Sistēmdinamikas modelis

5.2.1. Ēku atjaunošana

Kā parāda pēdējo 20 gadu pieredze, ēku atjaunošanas ietekme uz ēku gala patēriņu ir salīdzinoši maza. Vēsturiskā tendence par ēku atjaunošanas procesu, apjomu un ātrumu apstiprina, ka šis process administratīvu un organizatorisku iemeslu dēļ ir izteikti vilņveida un notiek ar aizkavēšanos (t.i. nobīdi laikā) un gariem pārrāvumiem starp secīgām atbalsta programmām. Laika periods no pirmajām diskusijām līdz MK noteikumu apstiprināšanai, kā arī pirmo reālo ēku atjaunošanas projektu pabeigšanai ir vismaz 3 gadi vai vairāk. Lai novērtētu sasniegto energoefektivitātes līmeni, jāpieskaita klāt vēl vismaz viena pilna apkures sezona.

Iepriekšminētie fakti rada nevēlamu ietekmi arī uz būvniecības sektoru (liels pieprasījums pēc būvniecības pakalpojumiem ļoti īsā laikā, tirgus piesātinājumā ir vērojams darba spēka trūkums būvniecības sektorā, lielais pieprasījums īsā termiņā paaugstina būvniecības pakalpojuma izmaksas un samazina kvalitāti u.c.).



5.6. att. Piemērs par iesniegto ēku atjaunošanas projektu skaits pa gadiem no 2009. līdz 2013.gadam.

Kopējais iesniegto projektu skaits ir 1 440, realizēti un pabeigti 741 projekts.⁴

Informācijai: laika periodā no 2009.gada līdz 2019.gada septembrim atjaunotas 838 ēkas.⁵

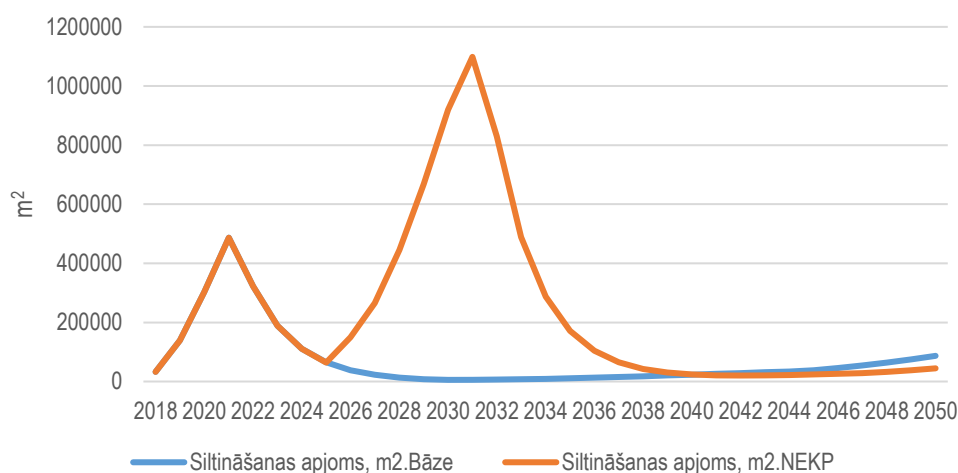
⁴ Informatīvais ziņojums "Ēku atjaunošanas ilgtermiņa stratēģija", 2017. g.

⁵ LATVIJAS NACIONĀLAIS ENERĢĒTIKAS UN KLIMATA PLĀNS 2021. – 2030. GADAM

Piemēram, laika periodā no 2009.gada līdz 2019.gada septembrim ir atjaunotas 838 ēkas (741 ēka atjaunota no 2009. līdz 2014. gadam, skatīt 5.6. att.). Līdz ar to var secināt, ka laika periodā no 2014. līdz 2019. gadam atjaunošana notika ļoti gausi (atjaunotas mazāk kā 100 ēkas). Attiecīgi, iepriekšējā atbalsta programma beidzās 2014. gadā, bet jaunā programma sākās tikai 2016. gadā. Pirmie projekti tika uzsākti tikai 2017. gadā.

Modelējot ar TIMES, ir jāparedz risinājumi, kas novērš situāciju, kurā esošais tirgus ir bez nepilnībām, t.i. realitātē daudzi ar enerģētikas pārkārtošanos saistītie procesi nav lineāri. Piem., ēku atjaunošanas gaita un process nav lineārs – tas būtu, šodien nolēmām atjaunot (politikas mērķis, ir MK noteikumi un pieejams atbalsts, ēkas īpašnieku lēmums par atjaunošanu), šodien izdarījām (tehnoloģijas un ēkas atjaunošana, būvnieku piedāvājums, izmaksas, laiks), šodien ir rezultāti (piem., energoefektivitāte vai samazināts enerģijas patēriņš).

Ņemot vērā to, ka SD modelis spēj šādas nelineārus procesus modelēt, tika veidota sasaiste ar TIMES. SD rezultāti (skatīt 5.7. attēlu.) tika izmantoti TIMES mājsaimniecību un komerciālajam (publiskās ēkas) sektoram, lai aprakstītu esošo ēku atjaunošanas tempu un ātrumu, t.sk. viļņveida ēku atjaunošanas gaitu. Tādējādi tiek iestrādāta ēku atjaunošanas nelineārā gaita TIMES modelī.



5.7. att. Sistēmdinamikas modeļa izejas dati un TIMES ieejas dati par nosiltināto m2 apjomu daudzīvokļu ēkās

Ņemot vērā iepriekšminēto, SD un TIMES sasaiste ļauj iegūt realitātei tuvāku ēku atjaunošanas tendenci un dinamiku.

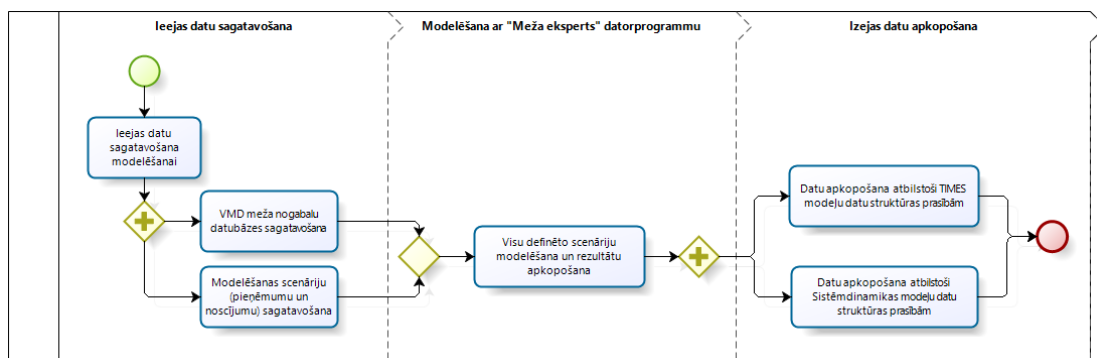
5.3. “Meža eksperts” sasaiste ar TIMES un Sistēmdinamikas modeļiem

“Meža eksperts” modelī ir integrēta lineārā optimizēšana, iekļaujot CO₂ emisiju apjomus, pielāgoti plānošanas normatīvi. Programmā importēta valsts meža reģistra datubāze ar 2825723 nogabaliem. Importētie dati tika pārbaudīti ar loģiskās kontroles algoritmiem, novērstas kļūdas un citas nepilnības datus.

Lai plānošanas un optimizēšanas process būtu izpildāms reālā (pieņemamā) laikā, esošie nogabali pēc līdzības (aizsardzības pazīmēm, sugu sastāva un taksācijas apraksta) apvienoti lielākos, rezultātā iegūstot 263174 unikālas plānošanas vienības. Nākamajā solī no šiem datiem tika izveidotas 6 neatkarīgas datubāzes kopijas un katrai datubāzei pieskaņoti normatīvi atbilstoši izvirzījumiem 6 plānošanas scenārijiem.

Pēc visu plānošanas un optimizēšanas scenāriju izpildes “Meža ekspertā” tika realizētas 2 jaunas eksporta datu struktūras, kas paredzētas Excel failu sagatavošanai atbilstoši

sistēmdinamikas un TIMES prasītajām datu struktūrām, atbilstoši 5.8. attēlā parādītajai procesu shēmai.



5.8. att. «Meža eksperta» sasaiste ar TIMES un Sistēmdinamikas modelēšanas rīkiem

Analizējot TIMES un Sistēmdinamikas un «Meža eksperts» modelēšanas rīku risinājumus – par ērtāko datu apmaiņas formātu tika izvēlēts Microsoft Excel datu formāts. Šajā datnē katram ar Meža ekspertu aprēķinātajam scenārijam tiks atvēlēta viena darba lapa.

Šī uzdevuma izpildei «Meža eksperta» aprēķinu rezultāti tiks apkopoti tabulas datu struktūrās – TIMES modelim (5.9. attēls) un sistēmdinamikas modelim (5.10. attēls).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Meža krāja un tās izmaiņas	Mērvienība	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
3		Meža ieaudzēšanas/stādīšanas apjoms	m3/gadā										
4		Jaunaudžu krāja	ha										
5		Ciršanas vecumu sasniegušā meža krāja	m3										
6		Ciršanas apjoms (galvenās cirtes)	ha										
7		Ciršanas apjoms (galvenās cirtes)	m3/gadā										
8		Krājas kopšanas cirtes apjoms	ha										
9		Krājas kopšanas cirtes apjoms	m3/gadā										
10			ha										
11		Mežsaimniecības produktu sadalījums	Mērvienība	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
12		Zāģmateriālu/finierlietu apjoms	m3/gadā										
13		Papīrmaiņas apjoms	m3/gadā										
14		Maikas apjoms	m3/gadā										
15		Koksnes atlikumu apjoms	m3/gadā										
16													
17													
18		Izmaksas	Mērvienība	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
19		Stādīšanas izmaksas	EUR/ha										
20		Meža audzēšanas/uzturēšanas izmaksas	EUR/ha										
21		Mežsaimniecības izmaksas	EUR/m3										

5.9. att. TIMES datu struktūra

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	periods	regions	regions	p1_m3	p2_m3	p3_m3	p4_m3	p5_m3	p6_m3	at_biomasa	sortiment	meza_per_pallek	mc_co2_pleau	co2_nocies	lenakumi	izmaksas		
2	1 2020-2024	Galvenā cirtē + Ko-	-	23719644	23369872	17959829	10582669	9033081	7552417	84718255	84665094	5.63E+08	4.78E+08	23122892	-3E+07	2.95E+09	1.55E+09	
3	1 2020-2024	Galvenā cirtē	-	0	0	0	0	0	126	181	0	389825	389825	15026	0	0	60528	
4	1 2020-2024	Kalcierte	-	113018	250600	232873	251524	86557	6641	568501	934571	11711165	10770594	305585	-293783	31699336	11796939	
5	1 2020-2024	Sezonāli ierobežota	-	1124251	1154201	519820	326839	209149	203410	2490236	3334261	7983743	4649482	110399	-1254252	1.32E+08	24374011	
6	1 2020-2024	Sezonāli ierobežota	-	425120	404386	181243	152685	74417	82037	1140854	1237962	7399007	6161645	220154	-453129	49068578	21676528	
7	2 2025-2029		-	22226077	24061913	15163748	8454774	7317714	4898858	58927460	77224227	5.41E+08	4.64E+08	26892450	-2.8E+07	2.81E+09	1.35E+09	
8	2 2025-2029	Galvenā cirtē	-	313779	302795	160951	147038	61182	60028	616556	985744	11744949	10792025	324895	-326480	38063556	15897671	
9	2 2025-2029	Kalcierte	-	68063	128969	75902	58317	24068	22181	198337	353959	4760455	4396496	145123	-110899	13229421	3898790	
10	2 2025-2029	Sezonāli ierobežota	-	386767	482442	180961	143702	59634	73877	805957	1253507	6710097	5456590	220857	-404563	51709308	22280877	
11	3 2030-2034		-	22670489	25725992	16109660	9608643	7282476	6017147	62457350	81397260	5.39E+08	4.58E+08	28156004	-3E+07	2.94E+09	1.42E+09	
12	3 2030-2034	Galvenā cirtē + Ko-	-	0	0	0	0	0	86	123	0	476503	476503	14876	0	0	60348	
13	3 2030-2034	Galvenā cirtē	-	118031	176129	97883	91845	36779	34936	309482	540688	11716357	11175689	326885	-166173	20477734	8878546	
14	3 2030-2034	Kalcierte	-	59282	121337	62961	52273	18997	20517	158337	314850	4849247	4534397	142231	-100332	12098014	3492436	
15	3 2030-2034	Sezonāli ierobežota	-	308675	417774	154249	124764	47653	60214	686659	1051116	6021831	4969715	220961	-388046	43224348	18783711	
16	4 2035-2039		-	20895711	24410147	15728242	11444626	6549969	545620	56699684	78578695	5.36E+08	4.57E+08	29796282	-2.7E+07	2.84E+09	1.35E+09	
17	4 2035-2039	Galvenā cirtē	-	110954	166130	85942	104920	34651	32619	270042	512597	12166033	11653436	316118	-145713	19224495	8093599	
18	4 2035-2039	Kalcierte	-	60684	117989	68749	60359	21143	22662	175628	328923	4967993	4639070	129580	-104020	12923902	3708306	
19	4 2035-2039	Sezonāli ierobežota	-	214014	317952	131141	120042	41599	49757	518055	824748	5553528	4728780	227677	-292486	33048625	14365570	
20	5 2040-2044		-	16839887	22998362	17128247	18142607	9041453	5498877	56431391	84150555	5.43E+08	4.59E+08	27970291	-2.5E+07	2.9E+09	1.33E+09	
21	5 2040-2044	Galvenā cirtē + Ko-	-	0	0	0	0	0	154	220	0	555121	555121	12311	0	0	60980	
22	5 2040-2044	Galvenā cirtē	-	109558	181162	108892	134101	40986	36005	269084	576700	12639663	12662963	291134	-154553	21538042	8514453	
23	5 2040-2044	Kalcierte	-	78951	140083	69054	69763	20722	23052	179230	373313	5043859	4670546	115683	-114428	14507092	4232490	
24	5 2040-2044	Sezonāli ierobežota	-	155982	261928	118005	137463	37207	44578	418769	710585	5375602	4665017	245156	-227735	27999204	12052528	
25	6 2045-2049		-	14669938	2232037	18749835	21244945	9109296	5524662	57366974	86106050	5.52E+08	4.66E+08	26686840	-2.6E+07	2.93E+09	1.35E+09	
26	6 2045-2049	Galvenā cirtē	-	126614	189964	102538	131144	39394	36666	289529	584191	13022246	12438053	287230	-162708	22395403	8742428	
27	6 2045-2049	Kalcierte	-	79521	156337	74723	76071	20205	24359	196316	407207	5049436	4642229	98857	-159000	16015178	4985860	
28	6 2045-2049	Sezonāli ierobežota	-	139820	231861	120258	158521	45542	43094	407213	696003	5427793	4731790	256290	-217138	26584911	11197667	
29	7 2050-2054		-	16380110	21642472	17673660	18011447	8664271	5174277	55153681	83713863	5.46E+08	4.71E+08	29817715	-2.6E+07	2.93E+09	1.32E+09	

5.10. att. Sistēmdinamikas datu struktūra

LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS

- [1] D. Jaunzems, I. Pakere, S. Allena-Ozolīna, R. Freimanis, A. Blumberga, and G. Baabauers, "Adaptation of TIMES model structure to industrial, commercial and residential sectors," *Environ. Clim. Technol.*, vol. 24, no. 1, pp. 392–405, 2020, doi: 10.2478/rtuct-2020-0023.
- [2] T. Skoczkowski, S. Bielecki, and J. Wojtyńska, "Long-term projection of renewable energy technology diffusion," *Energies*, vol. 12, no. 22, 2019, doi: 10.3390/en12224261.
- [3] G. R. Timilsina, "Demystifying the Costs of Electricity Generation Technologies," no. June, 2020, [Online]. Available: <http://www.worldbank.org/prwp>.
- [4] I. R. E. Agency, *Renewable Power Generation Costs in 2018*. 2018.
- [5] *State and Trends of Carbon Pricing 2019*, no. May. 2019.
- [6] R. Gerlagh, R. J. R. K. Heijmans, and K. E. Rosendahl, "COVID-19 Tests the Market Stability Reserve," *Environ. Resour. Econ.*, vol. 76, no. 4, pp. 855–865, Aug. 2020, doi: 10.1007/s10640-020-00441-0.
- [7] "Valsts statistisko pārskatu 2-Gaiss datu bāze." .
- [8] AS Rīgas Siltums, "Gada pārskats 2017," 2017.
- [9] AS Latvenergo, "Latvenergo koncerna konsolidētais un AS Latvenergo 2017. gada pārskats."
- [10] Valsts vides dienests, "SEG atļaujas." .
- [11] Ekonomikas Ministrija, "Atļaujas jaunu elektroenerģijas ražošanas iekārtu ieviešanai."