

**BALTI ELEKTRISÜSTEEMIDE RESERVITURGUDE  
ARENDAMISE TEEKAART JA MÕJU TURGUDELE  
SÜNKRONISEERIMISEL MANDRI-EUROOPA  
ELEKTRISÜSTEEMIDEGA**

**THE ROAD MAP FOR THE DEVELOPMENT OF THE  
RESERVE MARKETS OF THE BALTIC ELECTRICITY  
SYSTEMS AND THE IMPACT ON THE MARKETS WHEN  
SYNCHRONIZING WITH THE CONTINENTAL EUROPEAN  
ELECTRICITY SYSTEMS**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Kerdo Kruberg

Üliõpilaskood: 206834EAAB

Juhendajad: Hannes Agabus, PhD  
energiamajanduse ekspert

Marie Kalmet, MSc  
süsteemiteenuste talitluse juhataja

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 20.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....20..... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Kerdo Kruberg

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Balti elektrisüsteemide reserviturgude arendamise teekaart ja mõju turgudele sünkroniseerimisel Mandri-Euroopa elektrisüsteemiga,

mille juhendajad on Hannes Agabus ja Marie Kalmet,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

18.05.2023

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

# LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

*Autor:* Kerdo Kruberg

*Lõputöö liik:* Bakalaureusetöö

*Tööpealkiri:* Balti elektrisüsteemide reserviturgude arendamise teekaart ja mõju turgudele sünkroniseerimisel Mandri-Euroopa elektrisüsteemiga

*Kuupäev:*

50 (lõputöö lehekülgede arv)

16.05.2023

*Ülikool:* Tallinna Tehnikaülikool

*Teaduskond:* Inseneriteaduskond

*Instituut:* Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

*Töö juhendaja(d):*

Hannes Agabus, PhD – energiamajanduse ekspert, Taltech

Marie Kalmet, MSc - süsteemiteenuste talituse juhataja, Elering AS

*Töö konsultant (konsultandid):* -

*Sisu kirjeldus:*

Lõputöö eesmärgiks on analüüsida ja kirjeldada, miks ja kuidas Baltikumi elektrisüsteemi tasakaalustamine on täna ülesehitatud ning milline saab olema elektrisüsteemide tasakaalustamise visioon, et liituda üleeuroopalise reeglistiku ning platvormidega. Samuti vaadeldakse kuidas Baltikumi elektrisüsteemide liitumine Mandri-Euroopa sagedusalaga toob muutusi elektrisüsteemi tasakaalustamise korraldusele. Lõputöö kokkuvõttena tuuakse välja tegevuskava loetelu, mida süsteemihaldurid ja turuosalisel peavad bilansiturgude tegevuskaardi rakendamisel ellu viima.

Eesmärk teostatakse olemasolevate materjalide analüüsi põhjal.

Lõputöö tulemus annab ülevaate, millised muudatused tekivad iga turuosalise jaoks desünkroniseerimisel Venemaa Ühendsüsteemist ja sünkroniseerimisel Mandri-Euroopaga

*Märksõnad:* Elektriturg, Bilanss, sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga, MARI, PICASSO

## ABSTRACT

*Author:* Kerdo Kruberg

*Type of work:* Bachelor

*Title:* The road map for the development of the reserve markets of the Baltic electricity systems and the impact on the markets when synchronizing with the continental European electricity systems

*Date:* 50 pages (the number of thesis pages)

16.05.2023

*University:* Tallinna University of Technology

*School:* School of Engineering

*Department:* Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

*Supervisor(s):*

Hannes Agabus, PHD – Energy Economics Expert, TalTech

Marie Kalmet, MSc - Head of System Services Department, Elering AS

*Consultant(s):* -

*Abstract:*

The aim of the thesis is to analyze and describe why and how the balancing of the Baltic electricity system is built today and what will be the vision of the balancing of the electricity systems to join the pan-European rules and platforms. It also examines how the connection of the Baltic power systems to the continental European frequency band brings changes to the organization of balancing the power system. As a summary of the thesis, a list of action plans is presented, which system managers and market participants must implement when implementing the action map of the balance sheet markets.

The objective is realized based on the analysis of available materials.

The result of the thesis provides an overview of what changes occur for each market participant when desynchronizing from the Russian Unified Power System and synchronizing with Continental Europe

*Keywords:* Electricity market, Balance, synchronization with continental Europe, MARI, PICASSO

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema: **Balti elektrisüsteemide reserviturgude arendamise teekaart ja mõju turgudele sünkroniseerimisel Mandri-Euroopa elektrisüsteemiga**

Lõputöö teema inglise keeles: **The road map for the development of the reserve markets of the Baltic electricity systems and the impact on the markets when synchronizing with the continental European electricity systems**

Üliõpilane: **Kerdo Kruberg, 206834EAAB**

Eriala: **Elektroenergeetika ja mehhatroonika**

Lõputöö liik: **bakalaureusetöö**

Lõputöö juhendaja: **Spetsialist Hannes Agabus**

Lõputöö kaasjuhendaja: **Marie Kalmet (Elering AS, süsteemiteenuste talituse juhataja)**  
(ettevõtte, amet ja kontakt)

Lõputöö ülesande

kehtivusaeg:

2023/2024

2023/2024 Sügis

Lõputöö esitamise tähtaeg: **18.05.2023**

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Õppekava juht (allkiri)

---

Kaasjuhendaja (allkiri)

## **1. Teema põhjendus**

Täna kuuluvad Baltikumi elektrisüsteemid samasse sünkroonlasse Venemaa ja Valgevene elektrisüsteemidega ning elektrisüsteemi sageduse automaatse reguleerimise tagab Venemaa süsteemihaldur. Järgnevate aastate peamine fookus on sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sagedusalaga, et maandada Venemaa sünkroonlasse kuulumisest tulenevaid riske, nende poolsest sageduse hoidmisest, mis hoiab Balti elektrisüsteeme üsna haavatavas olukorras juhuks kui Venemaa Balti elektrisüsteemid eraldab oma ühendsüsteemist. Eesti, Läti ja Leedu elektrisüsteem on planeeritud sünkroniseerida Mandri-Euroopa sünkroonlaga läbi Leedu ja Poola vaheliste ühenduste 2025. aasta lõpuks. Sünkroniseerimisel Mandri-Euroopaga muutub elektrisüsteemide tasakaalustamine korraldus. Seetõttu on süsteemihaldurid alustanud erinevaid elektrisüsteemi tasakaalustamisega seotud protsesse eesmärgiga rakendada üleeuroopalised reeglistikud ning liituda reservide aktiveerimise platvormidega.

## **2. Töö eesmärk**

Käesoleva töö eesmärgiks on analüüsida ja kirjeldada, miks ja kuidas Baltikumi elektrisüsteemi tasakaalustamine on täna ülesehitatud ning milline saab olema elektrisüsteemide tasakaalustamise visioon, et liituda üleeuroopalise reeglistiku ning platvormidega. Samuti vaadeldakse kuidas Baltikumi elektrisüsteemide liitumine Mandri-Euroopa sagedusalaga toob muutusi elektrisüsteemi tasakaalustamise korraldusele. Lõputöö kokkuvõtteks tuuakse välja tegevuskava loetelu, mida süsteemihaldurid ja turuosalisel peavad bilansiturgude tegevuskaardi rakendamisel ellu viima.

## **3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:**

Kuidas on Baltikumi elektrisüsteemi tasakaalustamine täna ülesehitatud?

Milline saab olema elektrisüsteemide tasakaalustamise visioon, et liituda üleeuroopalise reeglistiku ja platvormidega?

Kuidas Baltikumi elektrisüsteemide liitumine Mandri-Euroopa sagedusalaga toob muutusi elektrisüsteemi tasakaalustamise korraldusele?

Mida peavad süsteemihaldurid ja turuosalisel peavad bilansiturgude tegevuskaardi rakendamisel ellu viima?

#### **4. Lähteandmed**

Püstitatud eesmärkide lahendamiseks kasutatakse andmeid teadusartiklitest, uudiste artiklitest, raamatutest ja internetist.

#### **5. Uurimismeetodid**

Töö tulemusteni jõudmiseks kasutatakse kirjanduse analüüsi.

#### **6. Graafiline osa**

Graafiline osa esitatakse töö põhiosas.

#### **7. Töö struktuur**

- Lõputöö ülesanne
- Eessõna
- Lühendite ja Tähiste loetelu
- Sissejuhatus
- Lühiülevaade Balti elektrisüsteemide võtmenäitajatest
- Elektrisüsteemi bilansihalduse etapid ja seosed energiaturgudel
- Ülevaade regionaalsest bilansiturgude korraldusest
- Sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sünkroonalaga
- Balti elektrisüsteemide reserviturgude aredamise teekaart
- Bilansihalduse arendamise mõju turgudele
- Järeldused
- Kokkuvõte
- Summary
- Kasutatud kirjandus

#### **8. Kasutatud kirjanduse allikad**

- Elektrituru käsiraamat. <https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat>.
- Sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga. <https://elering.ee/sunkroniseerimine>
- Baltic balancing roadmap [https://elering.ee/sites/default/files/2022-10/Baltic\\_Balancing\\_Roadmap\\_update\\_19102022\\_0.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/2022-10/Baltic_Balancing_Roadmap_update_19102022_0.pdf)
- Baltic Load-Frequency Control block concept Document <https://elering.ee/sites/default/files/2021-01/Baltic%20Load->



## **9. Töö etapid ja ajakava**

Lähteandmete kogumine (01.01.2023)

Teoreetilise osa koostamine (20.02.2023)

Töö esimene versioon valmis (03.03.2023)

Juhendajale esimeseks läbilugemiseks saatmine (03.03.2023)

Juhendajale teiseks läbilugemiseks saatmine (17.04.2023)

Juhendajale kolmandaks läbilugemiseks saatmine (17.05.2023)

Töö lõplik versioon valmis (17.05.2023)

# SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE .....	4
ABSTRACT .....	5
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE .....	6
EESSÕNA .....	12
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	13
SISSEJUHATUS .....	14
1. LÜHIÜLEVAADE BALTI ELEKTRISÜSTEEMIDE VÕTMENÄITAJETEST .....	16
1.1 Baltielektrisüsteemide bilansid .....	17
1.2 Sageduse reguleerimine ja reservitooted Euroopa elektri ülekandesüsteemi juhtimise eeskirja alusel Mandri-Euroopa näitel .....	18
2 . ELEKTRISÜSTEEMI BILANSIHALDUSE ETAPID JA SEOSSED	
ENERGIATURGUDEL .....	21
2.1 Katkematu avatud tarne ahela tagamine .....	21
2.2 Elektriturg ja bilansihalduse etapid .....	23
2.2.1 Finantsturg .....	23
2.2.2 Päev ette turg.....	23
2.2.3 Päevasisene turg .....	24
2.2.4 Reguleerimisturg .....	24
2.2.5 Reguleerimisreservide pakkumiste tingimused .....	26
2.2.6 Avariireservvõimsuste varud ja nende kasutamine bilansi tagamisel.....	27
2.2.7 Eabilansi selgitus ja hind.....	27
2.2.8 Reguleerimisreservide pakkumiste selgitamine.....	28
2.3 Baltikumi koordineeritud bilansipiirkond .....	29
2.3.1 Koordineeritud bilansi juhtimine .....	29
2.3.2 Koordineeritud bilansi selgitamine .....	29
2.3.3 Baltikumi reguleerimisturg .....	29
3 ÜLEVAADE REGIONAALSEST BILANSITURGUDE KORRALDUSEST .....	30
3.1 Elektrisüsteemi tasakaalustamise eeskiri EBGL .....	30
3.2 Elektri ülekandesüsteemi juhtimise eeskiri SOGL .....	30
4 SÜNKRONISEERIMINE MANDRI-EUROOPA SÜNKROONALAGA.....	32
4.1 Milleks on vaja sünkroniseerida Mandri-Euroopa sagedusalaga?.....	32

4.2 Tehnilised muudatused .....	32
4.2.1 Sünkroonkompensaatorid.....	32
4.2.2 Kõrgepingeliinide rekonstrueerimine .....	33
4.2.3 Estlinkidele juhtimissüsteemide uuendused.....	33
4.2.4 It-, andmeside- ja juhtimissüsteemide uuendused.....	33
4.3 Mõju turgudele .....	34
4.4 Sünkroniseerimise lepingu nõuded.....	34
<b>5 BALTI ELEKTRISÜSTEEMIDE RESERVITURGUDE ARENDAMISE TEEKAART</b>	
.....	36
5.1 Lähtepunkt Baltikumi koordineeritud bilansipiirkond .....	36
5.2 Reguleerimisreservide eelkvalifitseerimine .....	37
5.3 Üleeuroopalise mFRR reguleerimisturuga MARI platvormiga liitumine .....	37
5.4 Üleeuroopalise aFRR reguleerimisturuga PICASSO liitumine.....	38
5.5 15 minutit kaubandusperiood ja selgitusperiood .....	38
5.6 Balti LFC bloki loomine ja reservvõimsuste hankimine .....	39
5.7 Reguleerimisreservide energiapõhised standardtooted .....	41
<b>6 BILANSIHALDUSE ARENDAMISE MÕJU TURGUDELE.....</b>	<b>42</b>
<b>7 JÄRELDUSED .....</b>	<b>43</b>
<b>KOKKUVÕTE .....</b>	<b>45</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>47</b>
<b>KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....</b>	<b>49</b>

## **EESSÕNA**

Käesoleva lõputöö teema on valitud minu juhendaja Hannes Agabuse soovitusel ning täiendava eksperdina kaasati Eleringi süsteemiteenuste osakonna juhataja Marie Kalmet, kes on Eleringis bilansihalduse korralduse eesti vastutanud viimased 13 aastat. Baltikumi desünkroniseerimine Venemaa ühendelektrisüsteemist on praegu väga aktuaalne teema. Töötades Eleringis ise dispetšerina, siis olen huvitatud sünkroniseerimisest Mandri-Euroopaga ning mis selle tagajärjel muutub süsteemihalduri jaoks. Töö koostati olemasolevate andmete analüüsil.

## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

aFRR - automaatselt aktiveeritav sageduse taastamise reserv (ingl k *automatic Frequency Restoration Reserve*)

AREJ - Avariielektrijaam

BRELL - Valgevene, Venemaa, Eesti, Läti ja Leedu süsteemihaldurite koostööorganisatsioon

CESA - Mandri-Euroopa sünkroonala (ingl k *Continental Europe Synchronous Area*)

CoBA - Baltikumi ühine koordineeritud bilansipiirkond, sh juhtimine, reguleerimisturg ja selgitus (ingl k *Baltic coordinated balancing area*)

EBGL - Elektrisüsteemi tasakaalustamise võrgueeskiri (ingl k *Electricity Balancing Guideline*)

ENTSO-E - Euroopa ülekandevõrkude operaatorite organisatsioon (ingl k *European Network of Transmission System Operators for Electricity*)

EstLink 1 - Eesti-Soome vaheline alalisvoolu merekaabel

EstLink 2 - Eesti-Soome vaheline alalisvoolu merekaabel

FCR - sageduse hoidmise reserv (ingl k *Frequency Containment Reserves*)

IPS/UPS - Venemaa ühendelektrisüsteem (ingl k *Integrated Power System/Unified Power System of Russia*)

ISP - eabilansi selgitusperiood (ingl k *Imbalance Settlement Period*)

LFC - sageduse juhtimine (ingl k *load-frequency control*)

LitPol - Poola ja Leedu vaheline alalisvoolu merekaabel

MARI - käsitsi aktiveeritavate sageduse taastamise reservi platform (ingl k *Manually Activated Reserves Initiative*)

mFRR - käsitsi aktiveeritavate sageduse taastamise reserv (ingl k *manual Frequency Restoration Reserve*)

MTU - Energiaturgude kauplemisperiood (ingl k *Market Time Unit*)

NordBalt - Leedu ja Rootsi vaheline alalisvoolu merekaabel

PICASSO - üleeuroopaline automaatsete sageduse taastamise reservide platform (ingl k *Platform for the International Coordination of Automated Frequency Restoration and Stable System Operation*)

RR - asendusreserv (ingl k *Replacement Reserve*)

SAFA - Sünkroonala raamleping (ingl k *Synchronous Area Framework Agreement*)

SCADA - süsteemihaldurite elektrivõrgu juhtimissüsteem (ingl k *Supervisory Control and Data Acquisition*)

SOGL - Elektrisüsteemi juhtimise võrgueeskiri (ingl k *Electricity System Operation Guideline*)

TSO - Riigi ülekandesüsteemi haldur (ingl k *Transmission system operator*)

## SISSEJUHATUS

Täna kuuluvad Baltikumi elektrisüsteemid samasse sünkroonalasse Venemaa ja Valgevene elektrisüsteemidega ning elektrisüsteemi sageduse automaatse reguleerimise tagab Venemaa süsteemihaldur. Järgnevate aastate peamine fookus on sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sagedusalaga, et maandada Venemaa sünkroonalasse kuulumisest tulenevaid riske nende poolsest sageduse hoidmisest, mis hoiab Balti elektrisüsteeme üsna haavatavas olukorras juhaks kui Venemaa Balti elektrisüsteemid eraldab oma ühendsüsteemist. Planeerituna 2025. aasta lõpuks sünkroniseeritakse Eesti, Läti ja Leedu elektrisüsteem Mandri-Euroopa sünkroonalaga läbi Leedu ja Poola vaheliste ühenduste, mis toob kaasa, et iga Balti elektrisüsteem hakkab ise oma süsteemi sageduse hoidmise eest vastutama. [1]

Baltimaade elektrisüsteemi desünkroniseerimine Venemaa ühendalektrisüsteemist (IPS/UPS - ingl k *Integrated Power System/Unified Power System of Russia*) ja sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sagedusalaga on taristu ja kompetentside arendamise seisukohalt ning selle ühiskondlikku mõju arvestades märkimisväärne väljakutse. Projekti edukas teostus tagab Baltimaade pikaajalise varustuskindluse, sõltumatuse kolmandatest riikidest, võimekuse vajadusel iseseisva sünkroonalana talitleda ning Eesti energiamajanduse konkurentsivõime. [1]

Hetkel kasutatakse Baltikumi elektrisüsteemide tasakaalustamiseks loodud reguleerimisturgu (CoBA – ingl k *Baltic coordinated balancing area*). [2]

CoBA-s on tegemist ainult käsitsi aktiveeritavate sageduse taastamise reservide reguleerimisega (mFRR – ingl k *manual Frequency Restoration Reserve*). Baltikumi elektrisüsteemi normaaltalitluse tagamiseks ei osteta ega aktiveerita sageduse hoidmise reserve (FCR - ingl k *Frequency Containment Reserves*) ega automaatselt aktiveeritavaid sageduse taastamise reserve (aFRR - ingl k *automatic Frequency Restoration Reserve*). [1]

Balti süsteemihalduritel on sõlmitud reguleerimisreservide vahetamise kokkulepped ka Soome, Rootsi ja Poola süsteemihalduritega, mis võimaldab Baltikumi bilansi tasakaalustamiseks lisaks Baltikumi pakkumistele kasutada reguleerimisreserve ka Põhjamaadest ja Poolast. Andmeid Baltikumi reguleerimisturgudel aktiveeritud kogustest ja Baltikumi vahelduvvoolu saldo tasakaalust leiab *Baltic Transparency Dashboard* veebilehelt [3].

Sünkroniseerimisel Mandri-Euroopa sagedusalaga on Balti riikide süsteemihalduritel on kohustus Mandri-Euroopa sünkroonalaga liitudes hakata juhtima Baltikumi vahelduvvoolu saldot reaalajas võimsuse põhiselt, mis võtaks arvesse ka erinevate elektrisüsteemide bilansside tasakaalustavat mõju. Mandri-Euroopa sagedusalaga liitumisel reaalajas süsteemi juhtimine ja sageduse hoidmine toob kaasa mahukama kontseptuaalse muudatuse FCR ja aFRR reguleerimiste lisandumisega ning samuti reguleerimisvõimsuste ette hankimisega. [1]

Balti põhivõrguettevõtjad – Elering AS, AS Augstsprieguma tīkls ja Litgrid AB (edaspidi: Balti süsteemihaldurid) on avaldanud Balti elektrisüsteemide tasakaalustamise ehk bilansiturgude arendamise teekaardi [4]. Teekaart näeb ette 2025. aastaks rakendada Balti elektrisüsteemide tasakaalustamiseks järgmised uued turud ja tegevused [4]:

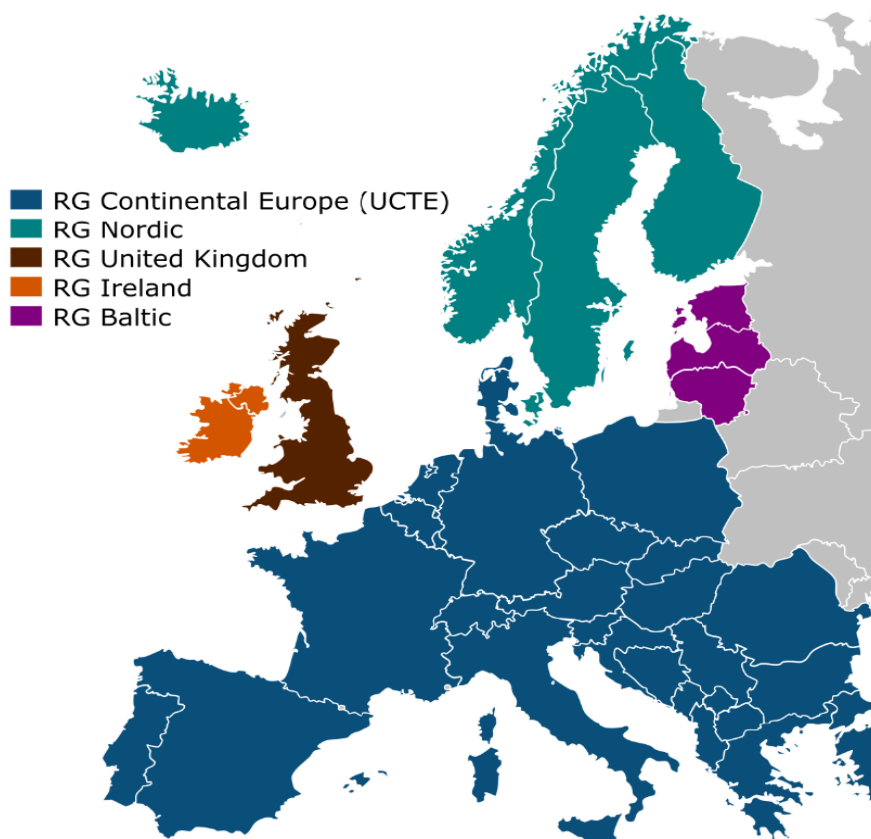
- Reguleerimisreservide eelkvalifitseerimine;
- Üleeuroopalise mFRR reguleerimisturuga (MARI - ingl k *Manually Activated Reserves Initiative*) liitumine;
- Üleeuroopalise aFRR reguleerimisturuga (PICASSO - ingl k *Platform for the International Coordination of Automated Frequency Restoration and Stable System Operation*) liitumine;
- 15 minutit turutoodete ja selgitusperioodi rakendamine;
- Reguleerimisvõimsuste hankimise turu rakendamine
- Balti sageduse juhtimise (LFC - ingl k *load-frequency control*) bloki rakendamine sünkroniseerimiseks Mandri-Euroopa segedusalaga.

Teekaardi koostamisel on lähtutud Euroopa Elektrisüsteemi tasakaalustamise võrgueeskirjast (EBGL ingl k *Electricity Balancing Guideline*) nõuetest [5]. Võrgueeskirjas välja toodud nõuded käsitlevad Euroopa ühtseid bilansihalduse põhimõtteid eesmärgiga suurendada piirkondadevahelist integratsiooni, tegevuste ja toodete koordineerimise ja harmoniseerimise kaudu. [5]

Lõputöö eesmärgiks on analüüsida ja kirjeldada, miks ja kuidas Baltikumi elektrisüsteemi tasakaalustamine on täna ülesehitatud ning milline saab olema elektrisüsteemide tasakaalustamise visioon, et liituda üleeuroopalise reeglistiku ning platvormidega. Samuti vaadeldakse kuidas Baltikumi elektrisüsteemide liitumine Mandri-Euroopa sagedusalaga toob muutusi elektrisüsteemi tasakaalustamise korraldusele. Lõputöö kokkuvõtteks tuuakse välja tegevuskava loetelu, mida süsteemihaldurid ja turuosalised peavad bilansiturgude tegevuskaardi rakendamisel ellu viima.

# 1. LÜHIÜLEVAADE BALTI ELEKTRISÜSTEEMIDE VÕTMENÄITAJETEST

Euroopa elektrisüsteem koosneb järgmistest ühendelektrisüsteemidest: Mandri-Euroopa ühendelektrisüsteem, Põhjamaade ühendelektrisüsteem, Suurbritannia elektrisüsteem, Iirimaa elektrisüsteem ja Baltimaade elektrisüsteem. Baltimaade elektrisüsteem töötab sünkroonühenduses Venemaa ühendelektrisüsteemiga. [1]



Joonis 1.1 Elektrisüsteemide sagedusalad Euroopas [6]

Eesti elektrisüsteem ning Baltikum tervikuna on naaberriikidega elektriliselt hästi ühendatud. Euroopa elektrituruga ühendavad Baltikumi Eesti ja Soome vahelised alalisvoolu merekaablid EstLink 1 ja EstLink 2, Leedu ja Rootsi vaheline alalisvoolu merekaabel NordBalt, ning Leedut ja Poolat ühendav alalisvoolu merekaabel LitPol. Ühendused Soomega on kokku 1016 MW, Poolaga 500 MW ja Rootsiiga 700 MW. Kuni Balti elektrisüsteemide desünkroniseerimiseni on Balti riikidel vahelduvvoolu ühendused ka Venemaa (sh Kaliningrad) ning Valgevene süsteemidega, kuid kaubanduslikud tarded puuduvad. [1]



## 1.1 Baltielektrisüsteemide bilansid

Baltikumi elektrisüsteemide bilansid viimaste aastate lõikes (Vt. Tabel 1.1)

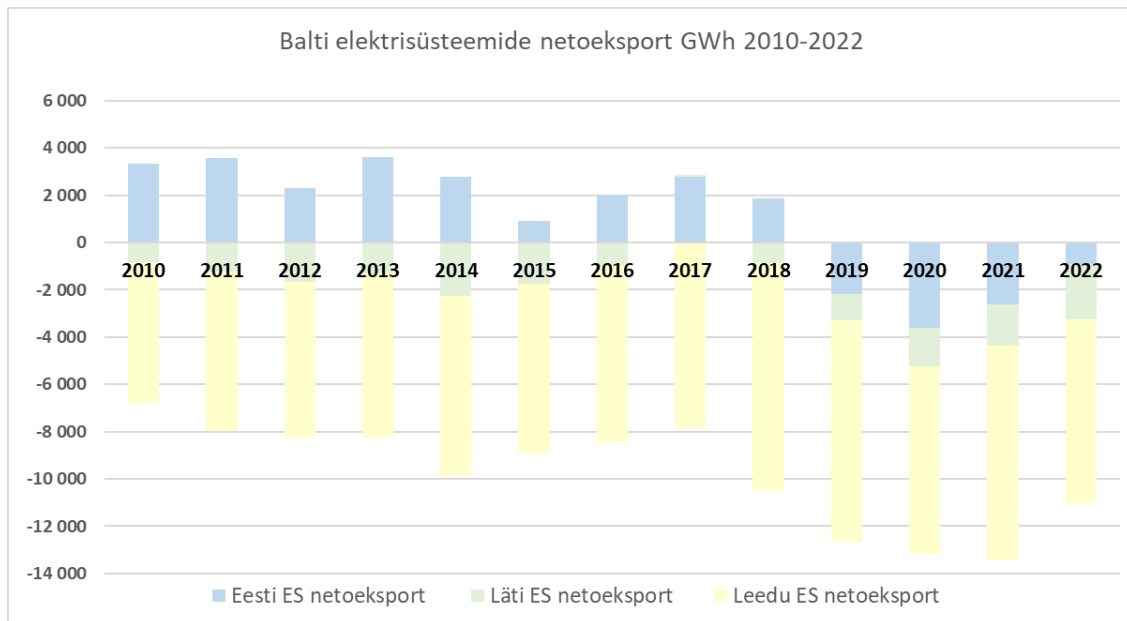
Tabel 1.1 Baltikumi elektrisüsteemide eelmiste aastate bilansid [3]

	2022			2021			2020		
	Eesti ES	Läti ES	Leedu ES	Eesti ES	Läti ES	Leedu ES	Eesti ES	Läti ES	Leedu ES
<b>Tarbimine GWh</b>	8 463	6 813	12 170	8 966	7 282	13 337	8 440	7 059	12 908
<b>Tootmine GWh</b>	7 533	4 498	4 389	6 334	5 530	4 316	4 810	5 439	4 997
<b>Netoeksport GWh</b>	-931	-2 316	-7 781	-2 632	-1 752	-9 021	-3 630	-1 620	-7 910
<b>Tiputarbimine GW</b>	1 464	1 208	2 233	1 565	1 237	2 220	1 409	1 169	1 935

Tabel 1.2 Balti riikide prognoositavad tootmisvõimsused 2024. aastaks [7]

	Eesti	Leedu	Läti
<b>Elektrijaamad</b>	1652 MW	1290 MW	1297 MW
<b>Biomass</b>	144 MW	177 MW	163 MW
<b>Hüdroelektrijaamad</b>	8 MW	955 MW	1609 MW
<b>Tuuleelektrijaamad</b>	341 MW	1462 MW	151 MW
<b>Päikeseelektrijaamad</b>	1010 MW	1035 MW	250 MW
<b>Muu</b>	140 MW	313 MW	-
<b>Kokku</b>	3297 MW	5232 MW	3470 MW

Vaadates Balti elektrisüsteemide elektritootmise osakaalu oma tarbimisest (Vt. Joonis 1.2), on Leedu elektrisüsteem olnud 2010. aastast Baltikumi negatiivse ehk impordi bilansi suurim mõjutaja. Põhjuseks on konkurentsivõimelise elektritootmise puudumine, mistõttu on Leedu elektrisüsteem Ignalina tuumaelektrijaama sulgemisest alates väga suure elektrienergia impordivajadusega süsteem [9].

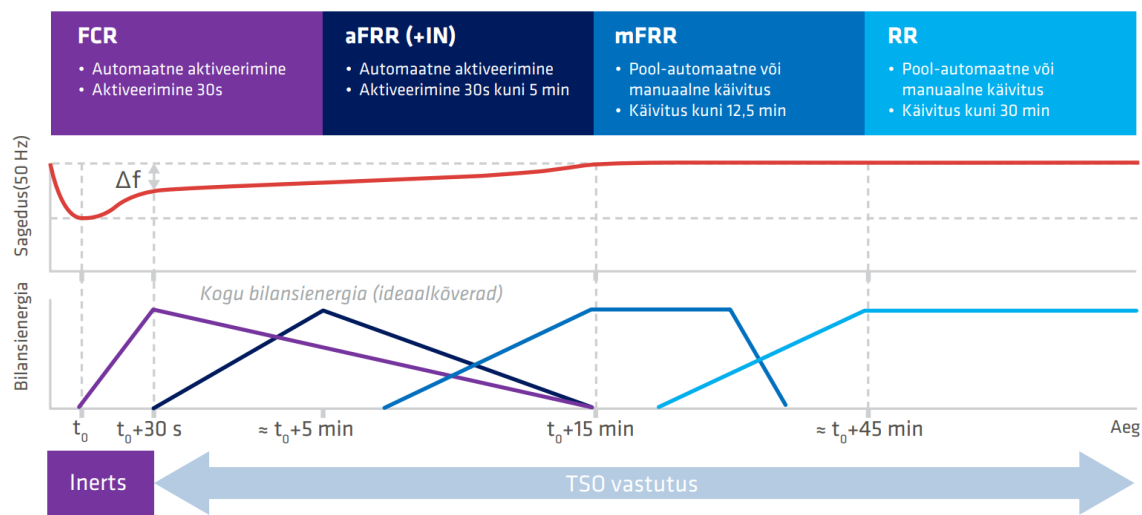


Joonis 1.2 Baltielektrisüsteemide netoeksport 2010-2022 [3]

Elering avaldab igal aastal varustuskindluse aruande, kus vaadeldakse nii tootmisvõimsuste piisavust kui varustuskindluse olukorda hetkeolukorras ja pikemas perspektiivis [8].

## 1.2 Sageduse reguleerimine ja reservitooted Euroopa elektri ülekandesüsteemi juhtimise eeskirja alusel Mandri-Euroopa näitel

Elektrisüsteemis on vajalik hoida tootmine ja tarbimine igal ajahetkel tasakaalus, vastasel juhul hakkab sagedus elektrisüsteemis muutuma võrreldes nimisagedusega, nimisagedus Balti elektrisüsteemis on 50 Hz. Kui elektrienergia tootmine ületab elektrienergia tarbimist, siis hakkab sagedus tõusma süsteemis, ning kui tarbimine ületab tootmist, siis hakkab süsteemisagedus langema. Sageduse muutuse korral on ajakriitiline taastada süsteemi nimisagedus, sest suurema sageduse muutumise korral lõpetavad elektriseadmed toimimise, sagedusautomaatika hakkab tarbimist piirama ning kõige kehvemal juhul toimub süsteemi kustumine. [1]



Joonis 5.6.1 Euroopa-ülesed sagedusejuhtimise reservide põhimõtted [6]

### FCR

FCR-i eesmärk on hoida süsteemi sagedust sünkroonalas aktiivvõimsuse tasakaalu häiringu ajal süsteemis. Kuna sagedushälve võib mõjutada kogu sünkroonala, siis on FCR-id jagatud vastavalt ülekandesüsteemi haldurite (TSO - ingl k *Transmission system operator*) vahel. Reservi pakkuv üksus peab FCR-i täielikult aktiveerima 30 sekundi jooksul pärast seda, kui elektrisüsteemis on ilmnenud sagedushälve. [6]

Reservüksuse poolt pakutav FCR peab vastama järgmistele FCR-i aktiveerimise reeglitele [6]:

- 1) FCR-i aktiveerimist ei tohi kunstlikult edasi lükata ja see peaks algama võimalikult kiiresti pärast sageduse hälvet;
- 2) sagedushälbe korral, mis on võrdne või suurem kui 200 mHz, tuleb vähemalt 50% FCR täisvõimsusest aktiveerida hiljemalt 15 sekundi jooksul;
- 3) sagedushälbe korral, mis on võrdne või suurem kui 200 mHz, edastatakse 100% FCR-i täisvõimsusest hiljemalt 30 sekundi pärast;
- 4) sagedushälbe korral, mis on võrdne või suurem kui 200 mHz, peab FCR täisvõimsuse aktiveerimine tõusma vähemalt lineaarselt 15 sekundilt 30 sekundini;
- 5) sagedushälbe puhul alla 200 mHz peab sellega seotud aktiveeritud FCR võimsus olema vähemalt proportsionaalne punktides 1–4 nimetatud sama ajakäitumisega.

### aFRR

Sekundaarreserv aFRR asendab FCR-i kui FCR ei ole suutnud sagedusehälvet likvideerida 30 sekundi jooksul, aFRR-i eesmärk on sagedusehälvet likvideerida ning reguleerida sagedus taas nimisageduse väärtuse juurde. aFRR on automaatselt

aktiveeritav reserv, mis reageerib TSO poolt saadud signaalile, aktiveerimispäring aFRR-le tehakse iga kindla ajavahemiku tagant. [11]

aFRR peab olema täielikult aktiveeritud viis minutit peale aktiveerimissignaali saamist. Peamised sekundaarse reservi aFRR pakkujad on hästi juhitavad ja täisautomaatselt lülitatavad elektrijaamad, näiteks pumpelektrijaamad või gaasiturbiinid [11].

### **mFRR**

Peale seda kui FCR ja aFRR ei ole suutnud sünkroonala nimisagedust taastada, siis saab kasutada TSO mFRR-i [13]. mFRR-i aktiveerib TSO manuaalselt ning aktiveerimiseks kasutatakse reguleerimisturgu, hetkel on Balti TSO-de ühiseks reguleerimisturuks CoBA [2]. mFRR-i saab kasutada alla- ja ülesreguleerimiseks, väikseim aktiveeritav kogus on 1 MW, ning mFRR reguleerimine peab täisvõimsuse saavutama 12,5 minuti pärast peale aktiveerimist [6].

### **RR**

Asendusreserv (RR – ingl k *replacement reserve*) hõlmab tootmisüksusi, mis on saadaval pikema tarneajaga kui muud reservid, tavaliselt 30 minutit pärast teatamist. Asendusreservi kasutatakse muude ressursside asendamiseks, asendusüksuste ülesanne on võimaldada teistel üksustel naasta oma algsele rollile pöörleva või mittepöörleva reservina, et olla saadaval täiendava hädaolukorra korral. [13]

## **2 . ELEKTRISÜSTEEMI BILANSIHALDUSE ETAPID JA SEOS ED ENERGIATURGUDEL**

Elektrisüsteemi tasakaalustamise põhimõtted võivad riigiti erineda sõltuvalt sünkroonala kokkulepetest, energiaturgude korraldusest, välisühendustest jms. Üldpõhimõte on, et elektrisüsteemi bilansihaldus koosneb alati planeeritud, reaalaaja ning tegelikust bilansist, mis on mõõteandmete alusel kindlaks tehtud. See tähendab, et elektrisüsteemiga ühendatud tootmine ja tarbimine tuleb ette prognoosida, finantsvastutusega teostada ning arveldada. Ka piiriülesed energiavood peavad olema kaubanduslikult ette planeeritud ning hiljem tegelike mõõteandmetega selgitatud. [1]

Eesti elektrisüsteem kuulub samasse sünkroonlasse Valgevene, Venemaa, Läti ja Leedu elektrisüsteemidega ehk nn. Ühendsüsteemi BRELL. Eesti elektrisüsteemi sageduse automaatse reguleerimise tagab tavaolukorras Venemaa süsteemihaldur. Juhul, kui Eesti elektrisüsteem töötab isoleeritult teistest elektrisüsteemidest, tagab sageduse automaatse reguleerimise Eesti süsteemihaldur. Sünkroontöö korraldamiseks Ühendsüsteemis s.h sageduse nõutud piirides hoidmiseks on BRELL. [1]

Eesti elektrisüsteemi bilansi tagamine toimub koordineeritult teiste BRELL-i koostööorganisatsiooni kuuluvate süsteemihaldurite juhtimiskeskustega ning samuti seoses Eesti ja Soome vaheliste alalisvooluühenduste opereerimisega ka Soome süsteemihalduri juhtimiskeskusega. Eesti süsteemihaldur Elering kasutab reaalaajas Eesti elektrisüsteemi bilansi tasakaalustamiseks reguleerimisreservide ja avariireervõimsuste aktiveerimist. [1]

Bilansihalduse üldpõhimõte on, et elektrisüsteemiga ühendatud energiavood, nii tarbimise kui tootmise suunalised, kuid samuti piiriülesed energiavood, peavad olema ette planeeritud ja hiljem mõõteandmete alusel arveldatud. Allolevalt on selgitatud, kuidas on Eesti elektrisüsteemis ja turgudel bilansihaldus korraldatud. [1]

### **2.1 Katkematu avatud tarne ahela tagamine**

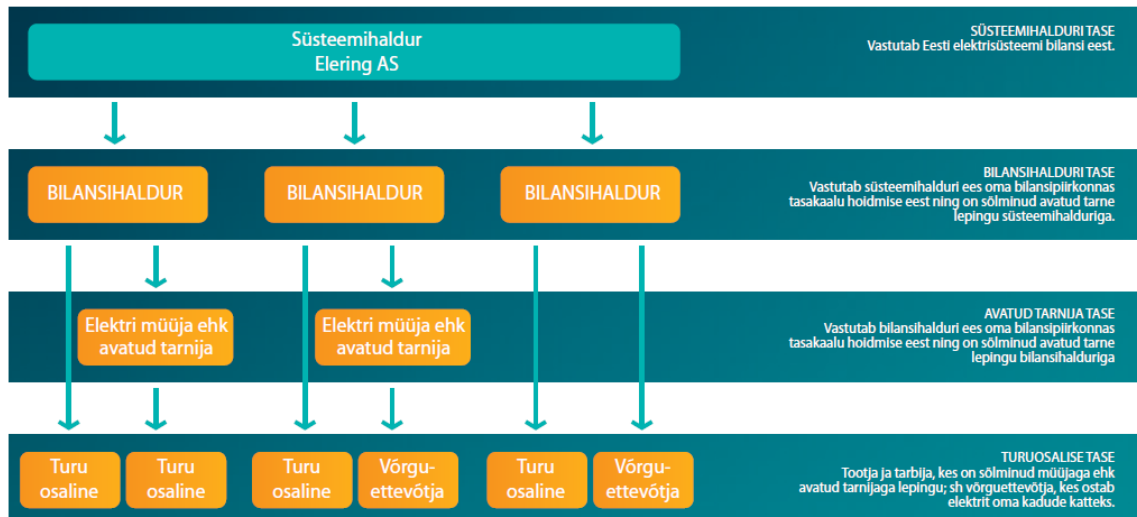
Elektrituruseadusega sätestatakse, et turuosaline peab tagama, et tema poolt võrku antud ja/või ostetud elektrienergia kogus oleks igal kauplemisperioodil võrdne tema poolt võrgust võetud ja/või müüdud elektrienergia kogusega. Selline turuosalise põhine bilansivastutus ei ole praktikas võimalik, mistõttu on regulatsiooniga loodud katkematu avatud tarne ahel [15]. Avatud tarne tähendab kas [14]:

- a) turuosalisele mõõteandmete alusel kogu temale vajaliku elektrienergia müümist või tema elektrienergia toodangu ostmist või
- b) turuosalisele tema eabilansi koguse müümist või ostmist bilansiperioodide lõikes ja mõõteandmeid arvestades.

Iga turuosaline peab sõlmima ühe avatud tarnijaga lepingu, mis tagab turuosalisele avatud tarne, ehk tasakaalustab tema bilansi. [15]

Eesti elektrisüsteemis on avatud tarne reeglid kokkuvõtvalt järgnevad [1]:

1. Iga võrguga ühendatud klient (tarbija, tootja, teine võrguettevõtja jne) peab igas oma liitumispunktis sõlmima võrguettevõtjaga võrgu kasutamise lepingu. Võrgulepingus lepitakse kokku elektrienergia mõõtmise arvestus, mõõtepunkti asukoht ja muu tehniline info.
2. Kõik võrguettevõtjad ja liinivaldajad esitavad kõik võrguga ühendatud mõõtepunktid kodeeritult Eleringi andmelattu.
3. Igal võrguettevõtjal ja müüjal peab olema bilansihaldur, andmeid kontrollib Eleringi andmeladu. Bilansihaldur on avatud tarnija, kes on sõlminud Eleringiga bilansilepingu ning vastutab Eleringi ees bilansiplaanide esitamise ning eabilansi tasumisega.
4. Tarbijale ja toojale on elektrimüügi lepingu aluseks kehtiv võrguleping mõõtepunktis. Avatud tarne lepingut saab sõlmida sama isik, kes on sõlminud võrgulepingu. Avatud tarne lepingu info edastatakse avatud tarnija poolt Eleringi Andmelattu.
5. Võrguettevõtjal on elektri bilansihalduse korralduses kolm olulist rolli:
  - Iga võrguettevõtja on turuosaline oma võrgukadudega.
  - Võrguettevõtja tegutseb ka avatud tarnijana: Kui tarbijal ei ole avatud tarne lepingut, siis on tema avatud tarnijaks automaatselt tema võrguettevõtja.
  - Iga võrguettevõtja vastutab oma võrgupiirkonna mõõteandmete kogumise ja edastamise eest bilansiselgituse jaoks nii süsteemihaldurile, kui ka avatud tarnijale edastades mõõteandmed nõuetekohaselt Eleringi Andmelattu.
6. Eleringi Andmelao kaudu tagatakse katkematu avatud tarne ahela haldus automaatselt kogu elektrisüsteemi kohta, st et igal ajahetkel iga turuosalise mõõtepunkt ja süsteemis tegutsev avatud tarnija ning võrguettevõtja oleks alati ühe bilansipiirkonna ahelaga kaetud (Vt. Joonis 2.1).



Joonis 2.1 Katkematu avatud tarne ahel Elering andmelao kaudu [1]

## 2.2 Elekriturg ja bilansihalduse etapid

Energiakaubanduses on viis elektrituru etappi: Finantsturg, päev ette turg, päevasisene turg, reguleerimisturg ja eabilansi selgitus. [1]

### 2.2.1 Finantsturg

Finantsturu etapp ei ole seotud füüsilise kaubandusega, vaid pakutavad tooted on eelkõige ette nähtud turuosaliste riskide maandamiseks, et vähendada füüsilise elektribörsi hinnakõikumiste ehk volatiilsusriski. Näitena, et kui müüja soovib pakkuda jaeturul fikseeritud hinnapaketti, siis vältimaks elektribörsi hinnariski ja potentsiaalset kahjumit teostavad müüjad mõne elektritootjaga finantsturu tehingu, milles lepivad kokku fikseeritud hinnas ja koguses. Müüja ja tootja teostavad oma füüsilise kaubanduse päev-ette elektribörsil, kuid kui elektribörsi tunnihind ületab kokkulepitud finantstehingu hinda, kompenseerib hinnavahe tootja müüjale, odavama hinna korral vastupidi. [1]

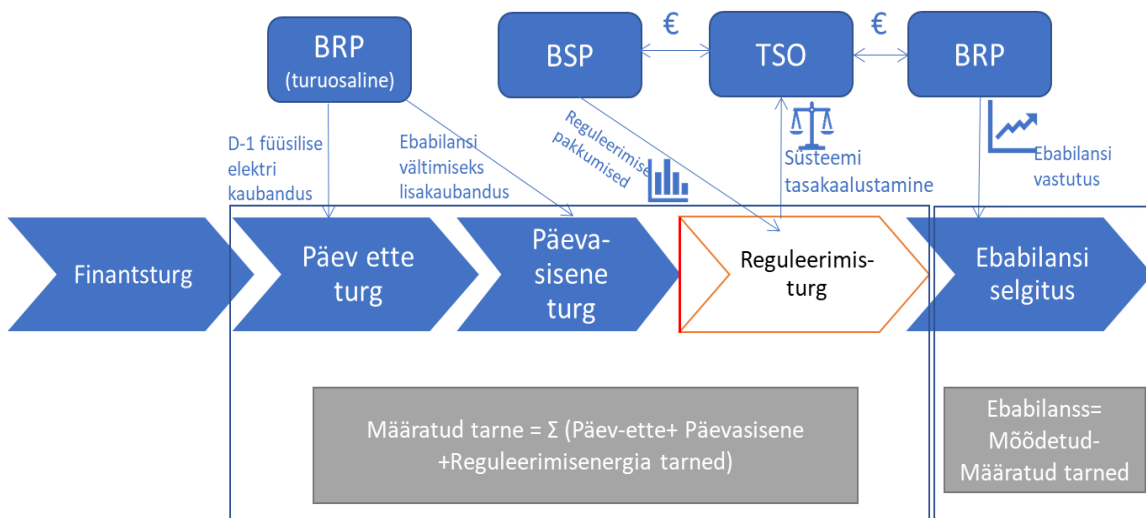
### 2.2.2 Päev ette turg

Päev ette turu börsikorraldajaks on Põhjamaades ja Baltikumis Nord Pool [16]. Päev ette turu etapp on füüsiline kaubandus, kus börsidel kaubeldakse järgmisel päeval tarnitava elektriga igaks tunniks. Hind kujuneb kindlal kokkulepitud perioodil tehtud pakkumiste alusel marginaalse hinnastamise põhimõtte alusel igaks tunniks. Bilansihalduse protsessis tuleb süsteemihalduritel edastada enne turul kauplemise aega

elektribörsile piiriülesed ülekandevõimsused ning iga elektrisüsteemi hinnapiirkonda (Eestis on üks ala) kuuluvatel turuosalistel tuleb edastada oma tootmise pakkumised (kogus ja hind) ning tarbimisnõudlus. Päev ette turu tulemusena selgub hinnapiirkondade lõikes järgmise päeva tunnihinnad, piiriülesed energiavood ning elektrisüsteemis planeeritud tarbimine ja tootmine. Elektribörsikorraldaja edastab koondtulemused bilansihaldurite lõikes süsteemihaldurile. Juhul kui bilansihaldurid on lisaks elektribörsile teostanud ka kahepoolse kaubanduse, esitavad vastavad tarded süsteemihaldurile bilansihaldurid ise. Süsteemihaldur koondab päev ette bilansiplaani tulemuse, mis on sisendiks energiasüsteemi juhtimisele (tootmine, tarbimine ning piiriülesed vood). [1]

### 2.2.3 Päevisisene turg

Päevisisese turu börsikorraldajaks Põhjamaades ja Baltikumis on Nord Pool [16]. Päevisisene turg on võimalus korrigeerida tootmise ja tarbimise tehinguid kuni 30 minutit enne juhtimisperiodi (eesmärk eabilansi vältimine näiteks täpsustunud tootmis/tarbimisprognosidest). Päevisiseste tehingutega kauplemist alustatakse peale järgmise-päeva turutulemuste avalikustamist (Vt. Joonis 2.2.3). [1]



Joonis 2.2.3 Energiaturu etapid ja bilansihalduse seosed [1]

### 2.2.4 Reguleerimisturg

Baltikumi reguleerimisturg toimub Balti ühise koordineeritud bilansipiirkonna raamistikul CoBA [2]. Süsteemihalduri ülesanne on tasakaalustada operatiivtunnil Balti süsteemi



ebabilansid summeerituna. Süsteemi ebabilansi aluseks on enne operatiivtundi koostatud planeeritud bilansiplaan (bilansihaldurite päev-ette ja päevasiseste tehingute alusel tootmise ja tarbimise plaan ning piiriülesed planeeritud energiavood), mille jälgimist võrreldakse elektrisüsteemi reaalajas mõõtmistega. [1]

Kuna Baltikumi elektrisüsteem asub Venemaa sagedusalas, siis toimub Baltikumis elektrisüsteemi tasakaalustamine ebabilansi minimaalsena hoidmisena tunnienergia summas reguleerimisreservide aktiveerimisena. Reguleerimisreserve kasutatakse bilansihaldurite tarbimis- või tootmisprognooside ebatäpsuse tasakaalustamiseks, tootmisvõimsuse või piiriülest ülekandevõimsust mõjutava elektriseadme ootamatu väljalülitamise korral või kui on ohustatud elektrisüsteemi varustuskindlus. [1]

Reguleerimisreservide pakkumistest koostatakse Balti süsteemihaldurite poolt ühine pakkumiste nimekiri. Iga turuosaline saab edastada reguleerimisreservi pakkumise oma piirkonna süsteemihaldurile, kes edastab pakkumise Balti ühisesse pakkumiste nimekirja. Reguleerimisreservide pakkumisi saab teha nii üles- kui ka allareguleerimiseks. Lisaks vahendab Eleringi Balti ühises pakkumiste nimekirjas olevaid reguleerimisreservide pakkumisi Soome elektrisüsteemi süsteemihaldurile ning Soome süsteemihaldur vahendab oma vastutuspiirkonnast tulnud reguleerimisreservide pakkumisi läbi Eleringi Balti süsteemihalduritele. Samamoodi vahendab Rootsi ja Poola süsteemihaldurid oma vastutuspiirkonnast tulnud reguleerimisreservide pakkumisi läbi Leedu süsteemihalduri Balti süsteemihalduritele. [1]

Reguleerimisreservide pakkumiste tegemine on turuosalistele vabatahtlik. Eesti turuosaliste poolsete pakkumiste tegemise eelduseks on Eleringiga kahepoolse lepingu sõlmimine, kus on kindlaks määratud pakkumiste tegemise protseduur ja tingimused. [1]

Turuosalised võivad reguleerimisreservide pakkumisi esitada või juba tehtud pakkumisi muuta kuni 45 minutit enne operatiivtunni algust. Reguleerimisreserv peab olema täies mahus aktiveeritav 15 minuti jooksul alates aktiveerimise korralduse andmisest ning selle katkematu täies mahus realiseerimine peab olema tagatud operatiivtunni lõpuni. [1]

## 2.2.5 Reguleerimisreservide pakkumiste tingimused

Reguleerimisturul pakutav standardtoode ehk mFRR peab vastama tingimustele (Vt. Joonis 2.2.5). MARI platvormiga liitumisel peab mFRR toode vastama uutele nõudmistele (Vt. Joonis 5.7).

Tabel 2.2.5 mFRR tootele esitatavad nõudmised [17]

Parameeter	Tingimus
Kokkulepitud reguleerimise mahu saavutamise aeg	Mitte rohkem kui 15 minutit
Miinum ja maksimum kogus pakkumisel	MIN = 1 MW; MAX = limiit puudub
Pakkumise seiskamisele kuluv aeg	Mitte rohkem kui 15 minutit
Hinnastamise meetoodika	Marginaalhind või vähemalt pakkumise hind sõltuvalt reguleerimistarne otstarbest
Miinum ja maksimum hind pakkumisel	MIN = piirangud puuduvad; MAKS = 5000 EUR/MWh
Pakkumise aktiveerimine väiksemas mahus	Määrab reguleerimisteenuse pakkuja (pakkumises märgitakse, kas pakkumine on osaliselt käivitav)
Minimaalne ja maksimaalne aktiveerimise kestvus	MIN = 1 min; MAX = 60 min (samas mitte kauem kui aktiveerimise ajast kauplemisperioodi lõpuni)
Pakkumise kehtimise aeg	60 minutit
Aktiveerimise viis	Käsitsi
Minimaalne pakkumise tellimise lõpetamise ja uue aktiveerimise vahele jääv aeg	Määramata
Pakkumise esitamise lõpptähtaeg	H-45min (45 minutit enne kauplemisperioodi algust)
Pakkumise esitamise siduvus	Esitatud pakkumine on hinna ja koguse poolest siduv. Turuosalisel on võimalus pakkumist muuta ja tühistada ainult tehnilisest põhjusest tulenevalt informeerides sellest süsteemihaldurit koheselt, sh tuleb vastav teade esitada enne pakkumise tellimist süsteemihalduri poolt.

Lisaks tabelis toodud tingimustele (Vt. Tabel 2.2.5) peavad reguleerimisreservide pakkujad arvestama, et kõik reguleerimisreservide pakkumised tuleb saata Elering vastavasse IT süsteemi ning Eleringil peab olema oma süsteemihaldurite elektrivõrgu

juhtimissüsteemi (SCADA - ingl k *Supervisory Control and Data Acquisition*) kaudu võimalus tuvastada reguleerimisreservi aktiveerimist. [1]

### **2.2.6 Avariireservvõimsuste varud ja nende kasutamine bilansi tagamisel**

Elering hoiab täiendavaid avariireservvõimsusi Eleringile kuuluvates Kiisal asuvates avariireservelektrijaamades – Kiisa AREJ 1 (110 MW) ja Kiisa AREJ 2 (140 MW).

Kiisa AREJ-de käivitamisel bilansi tagamiseks arvestatakse järgnevate asjaoludega [1]:

- Kiisa AREJ-sid kui süsteemihalduri omanduses olevaid elektrijaamasid käivitatakse ka avariireserve nimekirjas vastavalt hinnale;
- Kiisa AREJ-d ei osale Balti reguleerimisturul elektrisüsteemi tasakaalustamisel normaalolukorras, vaid on kasutatud ainult avariiolukorra ja/või naabersüsteemi abistamise otstarbel;
- Juhul kui Kiisa AREJ on aktiveeritud Balti reguleerimisturul bilansi tagamiseks, siis kehtestatakse Balti reguleerimisturu maksimaalselt lubatud hind ehk 5000 EUR/MWh.

### **2.2.7 Eabilansi selgitus ja hind**

Bilansienergia ost ja müük ning tasumise korraldamine toimub õigusaktide ning bilansilepingu tüüptingimustes sätestatud tingimustel ja korras. Reguleerimisenergia ost ja müük toimub reguleerimislepingu tüüptingimustes sätestatud tingimustel ja korras. [1]

Bilansihaldurile eabilansi selgitamine [1]:

- Eabilansi selgitusel võetakse arvesse bilansihalduri määratud tärned (päev ette turu ja päevasisese turu tehingute tärned) bilansiportfelliga seotud reguleerimisenergia tärned ning bilansipiirkonnas turuosaliste tegelikud mõõteandmed. Bilansiplaanide andmed ja reguleerimistärned on hallatud Eleringi bilansihaldustarkvaras, mõõteandmed kalkuleeritakse Eleringi andmelaos.
- Eabilansi kogus selgitatakse täpsusega 1 kWh iga selgitusperioodi kohta.
- Eabilansile on tunnis ainult üks hind (hind sõltub elektrisüsteemi tasakaalustamise tehingust ja suunast)
- Kui bilansihalduri eabilanss tunnis on ülejäägi suunas, müüb bilansihaldur elektrienergia koguse süsteemihaldurile eabilansi hinnaga selles tunnis. Kui

bilansihalduri eabilanss tunnis on puudujäägi suunas, müüb süsteemihaldur elektrienergia koguse süsteemihaldurile eabilansi hinnaga selles tunnis.

Baltikumis on rakendatud sama eabilansi hinnamudel, mis arvutatakse igale süsteemile selgituse koordinaatori ehk Eleringi poolt. Lühikokkuvõttena eabilansi tunnihind katab kalendrikuu lõikes Balti süsteemihaldurite kõik energiapõhised kulud mis tehti Balti elektrisüsteemide tasakaalustamiseks reguleerimistarnete kaudu, süsteemivälised avatud tarne kulud ning bilansihalduritega eabilansi ostu-müügi kulud. [1]

Süsteemihaldurite kalendrikuu põhise finantsneutraalsuse tagamiseks on kasutusel nn neutraalsuskomponent (€/MWh), mis iga tunni reguleerimishinnale kas lisatakse või lahutatakse sõltuvalt süsteemi eabilansi suunast. Neutraalsuskomponendi suurus sõltub süsteemivälisest avatud tarne tariifi erinevusest reguleerimisturu hinnast ning süsteemihaldurite poolt tehtud üle-reguleerimise kuludest (nt aktiveeritakse ülesreguleerimisi suuremas mahus kui oli sisemaine eabilanss, mida bilansihalduritele müüa). [1]

### **2.2.8 Reguleerimisreservide pakkumiste selgitamine**

Reguleerimisreservide pakkumiste selgitamisel lähtutakse järgmistest põhimõtetest [1]:

- Süsteemihaldur selgitab ja arveldab reguleerimistarne koguse reguleerimisteenuse pakkujaga vastavalt aktiveeritud reguleerimisreservi pakkumisele.
- Reguleerimisreservi pakkumise algusajaks loetakse reguleerimisreservi pakkumise tellimuse aega süsteemihalduri poolt ning reguleerimisvõimsus kestab tunni lõpuni.
- Igal reguleerimisteenuse pakkujal peab olema üks bilansihaldur, kelle bilansiaruandes reguleerimisreservi pakkumine kajastub.
- Süsteemihaldur võtab bilansihalduri bilansiaruandes reguleerimistarne arvesse selgitusperioodide lõikes ning reguleerimistarne suunda arvestades.
- Bilansiga seotud rahaliste arvelduste aluseks olev arvestusperiood on kalendrikuu.
- Reguleerimistarne kogus selgitatakse täpsusega 1 kWh iga selgitusperioodi kohta.

## **2.3 Baltikumi koordineeritud bilansipiirkond**

Alates 2018. aasta esimesest jaanuarist on Baltikumis loodud koordineeritud bilansipiirkond, mis hõlmab endas ühist koordineeritud bilansi juhtimist, koordineeritud bilansi selgitamist, reguleerimisturgu, bilansihaldurite selgitusmudelit ja eabilansi hinda andmete avalikustamist. [1]

### **2.3.1 Koordineeritud bilansi juhtimine**

Balti süsteemihaldurid on kokku leppinud, et Balti elektrisüsteemi elektrienergia bilanssi juhitakse ühiselt Venemaa elektrisüsteemi vastu. Selleks on loodud Balti koordineeritud bilansipiirkond. [1]

Balti elektrisüsteemi bilansi juhtimise eest vastutab korraga üks süsteemihaldur, kellel on nomineeritud TSO kohustused. Nomineeritud TSO roll roteerub Balti süsteemihaldurite vahel iga neljanädalase ajaperioodi vältel [1]. Balti elektrisüsteemi bilansi praktiline juhtimine toimub vastavalt Balti süsteemihaldurite vahel sõlmitud lepingu järgi [2].

### **2.3.2 Koordineeritud bilansi selgitamine**

Elering on Baltikumi elektrisüsteemide selgituse koordinaator ja koostab Baltikumi elektrisüsteemide bilansiaruande ning süsteemide vaheliste energiavoogude ja rahaliste arvelduste aruanded. Elering arvutab Baltikumi hinnapiirkondades eabilansi hinnad bilansihalduritele. [1]

### **2.3.3 Baltikumi reguleerimisturg**

Reguleerimisturul standardtoode on mFRR ja reguleerimisturgu hallatakse Balti ühise IT platvormi kaudu, mis sisaldab nii reguleerimisreservide pakkumiste nimekirja kui aktiveerimise funktsionaalsusi. [2]

### **3 ÜLEVAADE REGIONAALSEST BILANSITURGUDE KORRALDUSEST**

Energialiidu üheks eesmärgiks on luua toimiv energia siseturg Euroopas. Konkurentsile avatud elektri siseturg annab Euroopa tarbijatele võimaluse valida erinevate elektritarnijate vahel, kes pakuvad elektrienergiat turupõhise hinnaga. Samuti on eesmärgiks võimaldada rohkematel turuosalistel, nt agregatoritel ja energiateenuste pakkujatel, siseneda turule ning soodustada taastuvenergia lahenduste integreerimist. Nimetatud eesmärkide täitmine viiakse ellu läbi ühtsete võrgueeskirjade väljatöötamise ja rakendamise kõigis liikmesriikides. [1]

Euroopa ülekandevõrkude operaatorite organisatsiooni (ENTSO-E - ingl k *European Network of Transmission System Operators for Electricity*) eestvedamisel on mitmeid aastaid toimunud üleeuroopaliste võrgueeskirjade arendamine ja tänaseks on enamus väljatöötatud võrgueeskirju Euroopa Parlamendi poolt vastu võetud. [1]

Võrgueeskirjad jagunevad oma olemuselt neljaks: elektrituru võrgueeskirjad, ühenduste eeskirjad, elektrisüsteemi talitlust puudutavad võrgueeskirjad ja küberturvalisuse võrgueeskiri. Tulevikus võib võrgueeskirju ka juurde lisanduda. [1]

#### **3.1 Elektrisüsteemi tasakaalustamise eeskiri EBGL**

Elektrisüsteemi tasakaalustamise eeskiri käsitleb Euroopa ühtseid bilansihalduse põhimõtteid eesmärgiga suurendada piirkondadevahelist integratsiooni läbi tegevuste ja toodete koordineerimise ja harmoniseerimise. See võimaldab süsteemihalduritel kasutada olemasolevaid ressursse võimalikult efektiivselt, tagades kulude õiglase jagunemise ning tõstes elektrisüsteemi varustuskindluse taset. Juba on alustatud üleeuroopaliste projektidega ühtse bilansituru loomiseks. [5]

#### **3.2 Elektri ülekandesüsteemi juhtimise eeskiri SOGL**

Elektri ülekandesüsteemi juhtimise eeskiri koosneb kolmest osast:

Esimene osa käsitleb süsteemi töökindla talitluse tagamist, rajab aluse elektrisüsteemi piisaval tasemel töö- ning varustuskindlusega toimimiseks ning tagab selle, et olemasolevat infrastruktuuri ning ressursse kasutatakse ära võimalikult efektiivselt. Neid eesmärke saavutatakse, pöörates tähelepanu elektrisüsteemi töökindla talitluse

üldistele põhimõtetele, elektrisüsteemi üleeuroopaliste töökindla talitluse tagamisele ning tegevuste koordineerimisele süsteemihaldurite vahel. [18]

Teine osa keskendub talitluse operatiivse planeerimise ja kavandamise eeskirjadele peab aitama tagada elektrisüsteemide koordineeritud toimimist üle kogu Euroopa. Nimetatud võrgueeskiri keskendub elektrisüsteemi talitluse operatiivsele planeerimisele, mis eelneb elektrisüsteemi reaalajas juhtimisele. Võrgueeskiri määrab muuhulgas ära süsteemihaldurite ja oluliste võrgu kasutajate rollid ja vastutuse küsimustes, mis puudutavad talitluse operatiivset planeerimist ning kirjeldab infovahetuse nõudeid erinevate osapoolte vahel. [18]

Kolmas osa, sageduse juhtimise ja reservide võrgueeskiri kirjeldab vajalikke koordineeritud tegevusi eesmärgiga saavutada küllaldaselt heal tasemel sageduse kvaliteet. Võrgueeskirja põhiteemad käsitlevad sageduse kvaliteedi kriteeriume, sageduse reguleerimise korraldamise struktuuri, sageduse reguleerimise jaoks vajalikke reserve ja nõudeid nendele reservidele. [18]

## **4 SÜNKRONISEERIMINE MANDRI-EUROOPA SÜNKROONALAGA**

Balti riikide Mandri-Euroopa sünkroonalaga liitumine on plaanitud 2025. aasta lõppu. Selleks ajaks saavad valmis liitumiseks vajalikud investeeringud ja kokku lepitud vajalikud protsessid. Milleks sünkroniseerimine on vajalik ning mida protsess endast hõlmab on kokkuvõtvalt toodud järgmistes peatükkides. [1]

### **4.1 Milleks on vaja sünkroniseerida Mandri-Euroopa sagedusalaga?**

Sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga on vajalik, sest praeguse seisuga on Baltikumi elektrisüsteem sageduse hoidmisena sõltuvuses Venemaast ja sellega on Balti elektrisüsteemid Venemaa poolsetest otsustest lähtuvalt igal ajahetkel haavatavas olukorras. Riski tunnetus ja olulisus kasvas koheselt Venemaa poolt Ukraina vastu alustatud sõjaga, kus nii energiataristu kui süsteemivõimekuse kahjustamine on olnud kasutusel strateegilise rünnakuna. Riskide maandamiseks ja turu konkurentsivõime parandamiseks on alustatud teekonda, mille lõplik eesmärk on Venemaast lahti ühendamine ning liitumine Mandri-Euroopa elektrivõrgu ning sagedusalaga. [19]

### **4.2 Tehnilised muudatused**

Selleks, et Balti riikide sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga oleks edukas, on vajalikud erinevad muudatused, tehniliste parameetrite parandamine ning üldised juhtimissüsteemide uuendused. [19]

#### **4.2.1 Sünkroonkompensaatorid**

Esimene oluline samm sünkroniseerimiseprotsessis on sünkroonkompensaatorite paigaldamine Püssi, Kiisa ja Viru alajaamadesse. Sünkroonkompensaatorite vajadus seisneb selles, et tehtud uuringute ja analüüside põhjal ei ole Baltikumi elektrisüsteemis peale Venemaa sagedusalast lahti ühendamist piisavalt inertsi, et tagada süsteemi sagedusstabiilsus. Sünkroonkompensaatorite eesmärk on lisada elektrisüsteemi inertsi, et aeglustada sageduse muutumiskiirust, eriti oluline on elektrisüsteemis piisava inertsi hulk just suuremate avariide korral, lisaks sellele on sünkroonkompensaatorid kõrge töökindlusega ning võimaldavad võrku toetada lühisvõimsusega ning sünkroonkompensaatoritega on ka võimalik reaktiivenergiat kompenseerida. Kokku



rajatakse Baltikumi üheksa sünkroonkompensaatorit. Püssi sünkroonkompensaatorjaamas on üldised ehitustööd lõppenud ning plaani järgi hakatakse jaama kasutama 2023. aasta Aprillis, Kiisal ja Virus on alanud üldised ettevalmistused ja projekteerimistööd, ning plaani järgi valmib Kiisa sünkroonkompensaatorjaam 2024. aasta Jaanuaris ning Viru sünkroonkompensaatorjaam 2024. aasta Juunis. [19]

#### **4.2.2 Kõrgepingeliinide rekonstrueerimine**

Ennem kui Mandri-Euroopaga sünkroniseerida on vajalik rekonstrueerida kõrgepingeliine, et suurendada liinide läbilaskevõimsust ning töökindlust. Elering otsustas uute liinide ehitamise asemel vanu elektriliine rekonstrueerida, sest uute liinide ehitamine on ajakulukas ning on oluline, et projektid valmiks vastavalt kokkulepitud tähtaegadeks. Liinide rekonstrueerimisel tekib üks oluline kitsendus, nimelt on võimalik korraga ainult ühte liini rekonstrueerida, ilma et tekiks N-1 olukorda süsteemis. Rekonstrueeritavad liinid on Balti-Tartu, Tartu-Valmiera ja Viru-Tsirguliina-Valmiera. Balti-Tartu õhuliiniga alustati hankeprotsessi 2019. aasta Jaanuaris ning eeldatav ehitustööde lõpp on 2023. aasta Juuni, Tartu-Valmiera õhuliini hankeprotsessi alustati 2019. aasta jaanuaris ning eeldatav ehitustööde lõpp on 2023. aasta November, Viru-Tsirguliina-Valmiera õhuliini rekonstrueerimistööd alustati 2020. aasta Augustis ning eeldatav lõpuaeg on 2025. aasta Detsember. [19]

#### **4.2.3 Estlinkidele juhtimissüsteemide uuendused**

EstLink 1 ja EstLink 2 on alalisvoolu merekaablid Eesti ja Soome vahel, Estlinkidega tagatakse Baltiriikide ühendus Põhjamaadega ning tulenevalt sünkroniseerimisega kaasnevatest nõuetest on vaja uuendada mõlema Estlinki mandril asuvates alajaamades juhtimissüsteeme. Vahetatakse välja releed, muundurid ning toitesüsteemid, seda tehakse nii Eesti kui ka Soomes. Estlink 1 juhtimissüsteemide uuenduste algusaeg on 2022. aasta Juuli ning eeldatav lõpuaeg on 2025. aasta Juuni, Estlink 2 hankeprotsessi algusaeg on 2023. aasta Märts ning eeldatav tööde lõpp on 2025. aasta detsember. [19]

#### **4.2.4 It-, andmeside- ja juhtimissüsteemide uuendused**

Selleks, et sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga oleks edukas on vaja arendada juhtimissüsteemi, IT- ja sidevõimekusi. Uuendatakse elektrisüsteemi planeerimis- ja juhtimissüsteeme, mille abil on võimalik jälgida distantiselt elektrisüsteemis toimuvaid

muudatusi, selle tulemusena on võimalik juhtimiskeskusel elektrisüsteemi täpsemalt juhtida reaajas. Tähtis on reaajas olevate andmete täpsus, usaldusväärsus ning kindel andmevahetus, et oleks võimalik elektrisüsteemi stabiilsust hinnata. Uuendused tehakse alajaamades, mille töökindlusest sõltub Mandri-Euroopaga sünkroniseerimise edukus. Lisaks tegeletakse uue bilansihaldustarkvara ja katkestuste planeerimise tarkvara arendamisega ning uuendatakse tarbimise ja tootmise prognoosimudeleid. [19]

### **4.3 Mõju turgudele**

Sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga võimaldab pakkuda uusi energiaturu tooteid ja teenuseid, ning avab elektritootjatele- ja kauplejatele suurema ja paindlikuma turu. Turuosalised ootavad enim kiirete reservide hankimise ja aktiveerimise tooteid, mis on vajalikud elektrisüsteemi sageduse hoidmise tagamiseks. Kuna olemasolev Leedu ja Poola vaheline ühendus saab olema vaid sageduse hoidmise toena, siis kaubanduse jätkamiseks tuleb Leedu ja Poola vahele rajada uus ühendus. Süsteemihaldurid toovad elektriturule, sageduse hoidmise reservi ning automaatse sageduse taastamise reservi. [20]

### **4.4 Sünkroniseerimise lepingu nõuded**

Mandri-Euroopa sünkroonalaga liitumiseks peab Elering koos teiste Balti TSO-dega täitma Mandri-Euroopa sünkroonala leppes toodud põhimõtteid. Balti TSO-d töötavad üheskoos, et ellu viia vajalikud muudatused süsteemide juhtimise põhimõtetes tagamaks sünkroonala raamlepingu SAFA (ingl k *Synchronous Area Framework Agreement*) täitmise [21]. Allpool nimekiri SAFA lepingu põhimõtetest [21]:

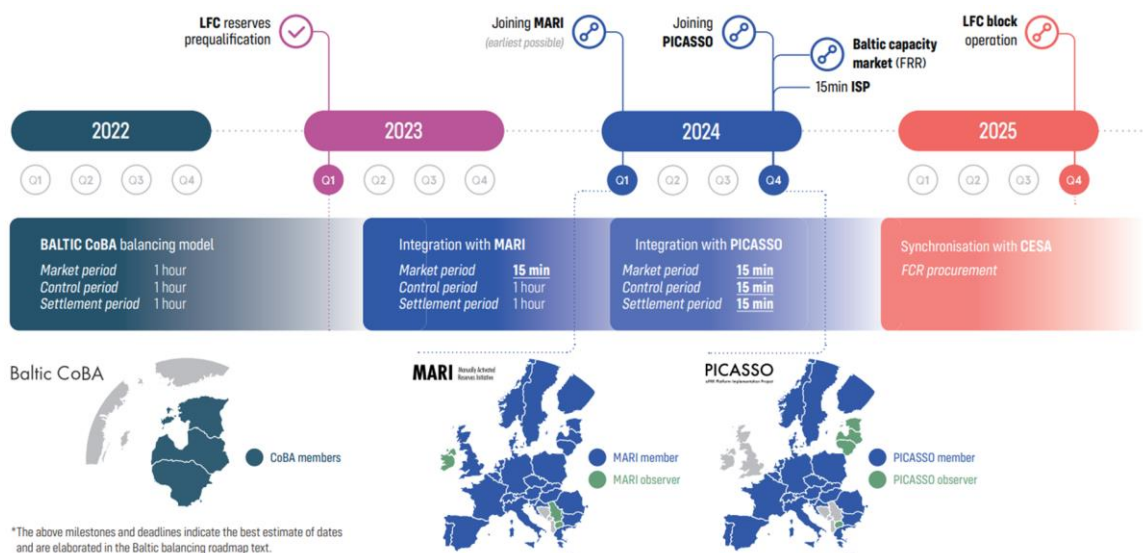
- Riikidevaheliste tarneplaanide kooskõlastamine kirjeldab süsteemihalduritevahelise koostöö põhimõtteid riiklike elektrisüsteemi tarneplaanide koordineerimiseks.
- Arvelduse ja selgituse põhimõtted, mis kehtestavad piirimõõteandmete koordineerimisele kehtivaid reegleid ja põhimõtteid ning sagedusjuhtimise ala sageduse hoidmise protsessi, koormuse muutmise perioodi ja planeerimata energiavahetuse tulemusel tekkinud energiavahetuse hindade ning koguste arvutamise meetodika ja selgituse põhimõtteid.
- Koordineeritud operatiivplaneerimise põhimõtted, mis kirjeldavad süsteemihaldurite vahelise koostöö põhimõtteid riiklike operatiivandmete koordineerimiseks, et teostada regionaalseid talitluskindluse analüüse ning veenduda süsteemi juhtimise võimekuses.

- Hädaolukorra ja süsteemi taastamise põhimõtted, mis kirjeldavad nõudeid süsteemihaldurile, kuidas tagada süsteemi töö hädaolukorra seisundis, ning milliste põhimõtete järgi tuleks süsteem taastada ja mis nõudeid see süsteemile kehtestab.
- Andmevahetuse põhimõtted, mis kirjeldavad süsteemihaldurite andmevahetuse põhimõtteid riiklikult ja süsteemihaldurite vahel. Reserviturgude arengud ja arendused

## 5 BALTI ELEKTRISÜSTEEMIDE RESERVITURGUDE ARENDAMISE TEEKAART

Balti põhivõrguettevõtjad on avaldanud Balti elektrisüsteemide tasakaalustamise ehk bilansiturgu arendamise teekaarti (Vt. Joonis 5.1), mis näeb ette 2025. aastaks rakendada Balti elektrisüsteemide tasakaalustamiseks järgmised uued turud ja tegevused [4]:

- Reguleerimisresrveide eelkvalifitseerimine;
- Üleeuroopalise mFRR reguleerimisturuga "MARI" liitumine;
- Üleeuroopalise aFRR reguleerimisturuga "PICASSO" liitumine;
- 15 minutit turutoodete ja selgitusperioodi rakendamine;'
- Reguleerimisvõimsuste hankimise turu rakendamine
- Balti LFC bloki rakendamine sünkroniseerimiseks Mandri-Euroopa segedusalaga.



Joonis 5.1 Balti elektrisüsteemide bilansiturgu arendamise teekaart [4]

### 5.1 Lähtepunkt Baltikumi koordineeritud bilansipiirkond

Baltikumi elektrisüsteemi tasakaalustamispiirkond on Venemaa sagedusalas. Loodud ühine reguleerimisturg mFRR tootega ning bilansihalduritele eabilansi mudel. Energiaturgu ja reguleerimisturu kauplemisperioodiks on üks tund periood, samuti eabilansi aruannetes ja hinnas on selgitusperioodiks üks tund. [4]

## 5.2 Reguleerimisreservide eelkvalifitseerimine

Täpse ülevaate reservvõimsuste olemasolust saab pärast olemasolevate sagedusjuhtimise reservide reservitüüpide tehnilist eelkvalifitseerimist. Tehniline eelkvalifitseerimine on eelduseks osalemaks tuleviku Euroopa energiaplatvormide MARI ja PICASSO turgudel kui ka annab õiguse osaleda tulevikus loodavatele Baltikumi FCR, aFRR ja mFRR võimsusturgudel. Baltikumi süsteemihaldurid töötasid välja ühised nõuded sagedusjuhtimise reservide eelkvalifitseerimisele, mille põhjal iga süsteemihaldur koostab riiklikud eelkvalifitseerimise testkavad. [6]

Eleringi poolsed sagedusreservide eelkvalifitseerimise riiklikud dokumendid leiab Eleringi veebilehelt, mille põhjal on sagedusjuhtimise teenusepakkujatel võimalik oma varasid eelkvalifitseerida tuleviku sagedusjuhtimise energia- ja võimsusturgude jaoks. Turgude jaoks vajalikud andmevahetuse nõuded ja teenuslepingud luuakse vastavate turgude käivitamisel. [6]

## 5.3 Üleeuroopalise mFRR reguleerimisturuga MARI platvormiga liitumine

Olemasolevat Balti tasakaalustamismudelit ja tasakaalustamisenergia turgu muudetakse, mil Balti põhivõrguettevõtjad liituvad mFRR energia vahetamise Euroopa ühise platvormiga MARI, mis on ette nähtud ajavahemikuks 2024. aasta algusest kuni 2024. aasta teise pooleni, lõpptähtajaga hiljemalt 2024. aasta Juulis. [4]

Peamised muudatused Balti tasakaalustamismudelis MARI platvormiga liitumisel on üleminek 15-minutilisele reguleerimispakkumiste nimekirja ajaühikule, standardtoote mõningased muudatused ning tasakaalustamise aktiveerimine iga süsteemihalduri poolt, mis eeldab muudatusi süsteemihaldurite poolt arendatud ühises IT platvormis. [22]

MARI platvormiga liitumisel peaks suurenema reguleerimispakkumiste maht ja võimalused, kuid seda eeldusel, et MARI-ga on liitunud ka Põhjamaade ja Poola elektrisüsteemid. Euroopa mFRR turuplatvormi MARI standardtoode on kirjeldatud Eleringi veebilehel avaldatud dokumendis. [22]

## **5.4 Üleeuroopalise aFRR reguleerimisturuga PICASSO liitumine**

Selleks, et saavutada Baltimaade edukas sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sagedusalaga ning tagada elektrisüsteemi võimsuse ja sageduse juhtimine 15-minutilise bilansiperioodi jooksul, tuleb Balti elektrisüsteemidel rakendada automaatne sageduse taastamise reservi toote kasutamine aFRR. Üleeuroopaline aFRR turuplatvorm on nimetatud nimega PICASSO. [23]

Eesti elektrisüsteemis on turuosalistele võimaldanud osaleda Soome elektrisüsteemi tasakaalustamisel Soome aFRR turul. Esmalt töötasid Elering ja Fingrid välja tehnilise pilootlahenduse, mis nüüdseks töötab juba tavapäraselt. Selleks, et Eestis asuvate elektrijaamade aktiveeritud aFRR mõju jõuaks Soome elektrisüsteemi, peab samal ajal automaatselt muutuma ka Eesti-Soome ühendustel üle kantav võimsus. Lahendusena on kasutusel Harku ja Espoo alajaamade vahel paiknev alalisvoolu ühendus EstLink 1. Reservi vahendamine Soome toimub ainult juhul, kui elektriühendustel on vaba võimsust. Piloot on avatud kõikidele teistele Eesti turuosalistele, kes sooviksid reservi teenust Soome süsteemihaldurile pakkuda. [8]

Eleringi ja Fingridi piloodis on 2022. aasta teise kvartali seisuga eelkvalifitseeritud 40 MW üles reguleerimise ja 65 MW alla reguleerimise aFRR võimsusi, aFRR piloodis osalenud reservseadmetel on võimalik lihtsustatud korras eelkvalifitseeruda Baltikumi ja PICASSO aFRR turgude tarvis. [8]

## **5.5 15 minutit kaubandusperiood ja selgitusperiood**

Vastavalt Euroopa määrustele lühendatakse selgitusperiood 15 minutini, seniselt 60 minutilt Baltikumis ning samuti muudetakse energiaturgude kauplemisperiood 15 minutini. [4]

Eeldusel, et elektrisüsteemi tasakaalustatakse 15 minutit perioodis, võimaldab 15-minutilise selgitusperioodi rakendamine turuosalistele süsteemihalduritel jaotada tasakaalustamise kulusid õiglasemalt kajastades kulud 15 minutit periood eabilansi hinnas. Pikema selgitusperioodi korral süsteemihaldur aktiveerib reguleerimisreserve, mille kulu tuleb katta ühiskonnale sotsialiseeritud tariifikomponentidega. [4]

Elektrisüsteemi tasakaalustamise võrgueeskirja kohaselt peavad kõik EL riigid rakendama 15-minutilise selgitusperioodi hiljemalt 2025. aasta Jaanuariks. Balti süsteemihaldurid on saanud samuti oma regulaatoritelt kinnituse, et 15-minutilise selgitusperioodi rakendamine koos eabilansi hindadega saab olema tähtjal 01.01.2025. Küll aga saab rakenduskava olema astmeline järgmiselt [4]:

- MARI platvormiga liitumisest alates on reguleerimisturu toodete periood 15 minutit
- 2024. aasta jooksul rakendatakse päevasisesele turule 15 minutiline kauplemisperiood
- Euroopa ühise päev-ette turu kavandatud algusaeg 15 minutilisele kauplemisperioodile saab olema 2025. aasta algus
- 2025. aasta Jaanuaris on Baltikumi eabilansi periood 15 minutit, mis tähendab, et bilansi plaanid, reguleerimisenergia ja mõõteandmed on 15 minutit resolutsioonis ning samuti eabilansi hinnad.

## **5.6 Balti LFC bloki loomine ja reservvõimsuste hankimine**

Balti riikide elektrisüsteemide sünkroniseerimine toob kaasa keerulisi ja põhimõttelisi muudatusi elektrisüsteemide töös ning nõuab Baltikumis täiesti uut tasakaalustamismudelit. [6]

Selleks plaanivad Balti põhivõrguettevõtjad luua Balti sageduse juhtimise bloki, mis koosneb kolmest LFC piirkonnast: Eestist, Lätist ja Leedust. Peamine vastutus tasakaalustamise eest lasub LFC piirkonna tasandil. Koos aFRR ja mFRR toodetega võetakse kasutusele sageduse hoidmise FCR tooted. [6]

Balti LFC bloki juhtimiseks vajalike reservide tagamiseks kavatsevad Balti süsteemihaldurid hankida järgmist tüüpi reserve: FCR, aFRR ja mFRR, dimensioneeritud mahtudes, mis on määratud Balti LFC blokis võimsustoodetena. Kõik LFC reserve pakkuvad reservüksused peavad Balti tasakaalustamisturgudel osalemiseks läbima eduka eelkvalifitseerimise testimise. [6]

Balti riikide süsteemihalduritel on kohustus Mandri-Euroopa sünkroonalaga liitudes hakata juhtima Baltikumi vahelduvvoolu saldot reaajas võimsuse põhiselt, mis võtaks arvesse ka erinevate elektrisüsteemide bilansside tasakaalustavat mõju. Lisaks peab Baltikum hakkama toetama sagedusala ja piirkondlikku sagedust kahte tüüpi

reservidega – sageduse hoidmise reserve ja sageduse taastamise reserve. Sageduse hoidmise reserv käivitatakse arvestades süsteemi sageduse kõrvalekallet nimisagedusest ja reservi eesmärk on pidurdada üle sagedusala toimuvat sageduse muutust. Sageduse taastamise reserv jaguneb automaatselt ja manuaalselt aktiveeritud reservideks, mille eesmärk on vabastada sageduse hoidmise reservi ja taastada süsteemi sagedus nimisagedusele. Reservide tehnilised nõuded ja piirkondlikult vajatavad kogused määratakse vastavalt Euroopa regulatsioonide põhimõtetele (Vt. joonis 5.6.1). [6]

Sageduse hoidmise reservide aktiveerimine toimub vastavalt sageduse muutusele automaatselt tänu sagedust jälgivatele releeseadmetele. Sageduse taastamise reservide puhul kogutakse pakkumised kokku turuplatvormidel ja aktiveerimine toimub läbi juhtsüsteemi, mis hindab aktiveerimist vajavate reservide hulka ja saadab turuplatvormilt saadud info põhjal aktiveerimiskäsu vastavatele reservidele. Baltikumi süsteemihaldurid töötasid välja sagedusjuhtimise kontseptsioonidokumendi, mille raames kirjeldati üldised sagedusejuhtimise põhimõtted ja reservide vajadused Baltikumis pärast sünkroniseerimist Mandri-Euroopa sagedusalaga. Dokument kirjeldab, mis põhimõtete alusel hinnatakse eri tüüpi sagedusjuhtimise reservide võimsuste vajadust ning on välja toodud Baltikumi reservide väärtused (Vt. Tabel 5.6.2). [6]

Tabel 5.6.1 Sagedusjuhtimise võimsuste vajaduse hinnang aastaks 2026 [6]

	<b>Eesti</b>	<b>Läti</b>	<b>Leedu</b>	<b>Baltikum</b>
<b>FCR üles</b>	8 MW	8 MW	9 MW	25 MW
<b>FCR alla</b>	8 MW	8 MW	9 MW	25 MW
<b>aFRR üles</b>	40 MW	30 MW	60 MW	130 MW
<b>aFRR alla</b>	40 MW	30 MW	60 MW	130 MW
<b>mFRR üles</b>	209 MW	145 MW	226 MW	580 MW
<b>mFRR alla</b>	257 MW	37 MW	276 MW	570 MW

Baltikumi süsteemihaldurid teostasid sagedusreservide võimsustele turutesti, et hinnata, kas sagedusjuhtimise reserve on Baltikumis saadaval piisavas koguses. Turutestis osalesid kõik 2025. aastaks eeldatavalt opereeritavate tootmiseseadmete omanikud ja vastavalt nende tagasisidele jaamades kasutatavate reservide mahud. Turutestist saab teha järgnevad järeldused:

1. Balti riigid individuaalselt ei kata vajalikke sagedusreservide võimsusi, mistõttu on ühine reservvõimsuste turu loomine oluline. Kõige suurem puudujäägi tõenäosus on aFRR üles ja Eestile mFRR alla reservide võimekus. Eraldi suudaks riigid ainult oma mFRR üles reservid tagada.



2. Olemasolevate reservüksuste puhul võib esineda olukordi, kus reservvõimsustest jääb puudu, sellest tulenevalt on vajalikud turuosaliste täiendavad investeeringud (puudujääk oleks nii FCR kui ka aFRR mahus);
3. Turuosalistelt saadud tagasiside alusel reservvõimsuste täiendavate investeeringute osas oleksid vajalikud reservvõimsused kaetud.

Täiendavalt on oluline märkida, et reservvõimsuste olemasolu on tugevalt sõltuvuses riikidevahelisest võimekusest reserve jagada (st reservvõimsuste jaoks kasutatav ülekandevõimsus) ning suuremate reservvõimsust pakkuvate jaamade kasutatavusest. Nende mõjutegurite ilmnemisel võib tekkida reserve olemasolu puudujääk, mistõttu täiendavate investeeringute olulisus suureneb. [6]

## 5.7 Reguleerimisreservide energiapõhised standardtooted

Iga tasakaalustamistoote (aFRR, mFRR ja RR) puhul on Euroopa ülesed ühised harmoneeritud standardtooted, mis kohaldatakse ka Balti riikide turuosalistele MARI ja PICASSO platvormidega liitumisel. [6]

Tabel 5.7 Reguleerimisreservide standardtooted MARI ja PICASSO platvormidega liitumisel[6]

	aFRR	mFRR	RR
Aktiveerimise viis	Automaatne	Käsitsi	Käsitsi
Aktiveerimise tüüp	Automaatne	Otsene või planeeritud	Ajastatud
Täielik aktiveerimisaeg	5 minutit	12,5 minutit	30 minutit
Miinumumkogus	1 MW	1 MW	1 MW
Pakkumise detailsus	1 MW	1 MW	1 MW
Maksimumkogus	9 999 MW	9 999 MW	9 999 MW
Tarneperioodi minimaalne kestus	-	5 minutit	30 minutit
Hinna resolutsioon	0,01 €/MWh	0,01 €/MWh	0,01 €/MWh

## 6 BILANSIHALDUSE ARENDAMISE MÕJU TURGUDELE

Tabelis 6.1 on esitatud kokkuvõtvalt kõik olulisemad sünkroonala vahetusel tekkivad muutused elektrisüsteemi tasakaalustamisel.

Tabel 6.1 Olulisemad muutused, mis mõjutavad energiaturge sünkroonala vahetusega

Parameeter	2023	Sünkroonala vahetus
Sageduse hoidmise vastutaja	Venemaa süsteemihaldur	Elering
Juhtimise eesmärk	Balti süsteemide tunnienergia eabilansi hoidmine minimaalsena	Eesti elektrisüsteemi reaalajas võimsusbilansi hoidmine ja 15 minutit perioodis eabilansi energia saavutamine võimalikult lähedane nullile
Reguleerimisenergia	ainult mFRR toode, FCR ja aFRR ei kasutata Baltikumi süsteemide tasakaalustamisel	FCR+ aFRR+ mFRR
Reguleerimispakkumiste periood	1 tund	15 minutit alates MARI platvormiga liitumisest
Reguleerimisvõimsuste hankimine	Ei	Jah
Selgitusperiood	Selgitusperiood: 1 tund	Selgitusperiood: 15 minutit
Reguleerimisturg	Balti mFRR turg + koostööna Põhjamaade/Poola mFRR	Euroopa turud aFRR = PICASSO ja mFRR= MARI. FCR=lokaalne
Eelkvalifitseerimine	Ei	Jah, alates MARI platvormiga liitumisest
Harmoniseeritud turureglid	Balti ühised reeglid: mFRR reguleerimisturg, standardtoode, eabilansi hind ja selgitus, andmete avalikustamine	Euroopa reguleerimisturu tooted ja reeglid (aFRR ja mFRR), uuendatud eabilansi hinnametoodika, selgitusperiood, muudatused juhtimissüsteemides ja andmevahetuses

Balti süsteemihalduritel ja seotud turuosalistel on väljakutse teostada muudatused nii üleeuroopaliste reguleerimisturu platvormidega liitumisel, bilansiperioodi üleviimisel 15 minuti perioodile ning saavutada sünkroonala vahetus. [4]

## 7 JÄRELDUSED

Käesoleva töö tulemusel võib järeldada, et desünkroniseerimisel Venemaa Ühendsüsteemist ja sünkroniseerimisel Mandri-Euroopaga tekib palju muudatusi iga turuosalise jaoks.

Bilansihaldureid mõjutab enim eabilansi hinnametoodika muudatus ja 15 minuti bilansiperioodi rakendamine, läbipaistvad turureeglid ja töökindel andmevahetus turuosaliste IT platvormidega. Kuna hindasid mõjutab süsteemi tasakaalustamise põhimõtted (millal, kuidas, mis toodetega), on bilansihalduritele vajalik tagada süsteemijuhtimise põhimõtete läbipaistvus. Bilansihaldurite bilansiteenuse kulu tuleneb enamjaolt päev ette turu ja eabilansi hinna erinevuse suuruselt.

Reguleerimisteenuse pakkujaid mõjutab enim reguleerimisreservide hankimise ja toodete parameetrid, kvalifitseerimine ja hinnastamine. Reguleerimisteenuse osutajate huvi on pakumiste aktiveerimine ning hind, mis tagab kasumlikkuse. Reguleerimisteenuse pakkujad peavad enda IT süsteemid uuendama vastavalt 15 minuti eabilansi perioodile.

Võrguettevõtjaid mõjutab enim 15 minuti mõõteandmete andmevahetuse tagamine ning sellega kaasnevad IT platvormide ja andmeside lahenduste uuendamine.

Süsteemihaldurit mõjutab enim reguleerimisreservide olemasolu, bilansihaldurite võimekus oma bilansiportfelli hoida tasakaalus, töökindlad IT süsteemid andmevahetuseks ning finantsneutraalse eabilansi hinnametoodika ja kulude süsteem.

Täna ei ole veel lõpuni selge, mis vormis hakkavad Balti süsteemihaldurid sünkroniseerimise ajakavas hankima reserve, sh kas Balti ühise reservvõimsuste turu avamise ajakava saab olema tehniliselt ja äriliselt valmis. Reguleerimisenergia kontekstis hiljemalt 2024. aasta juulis liitutakse mFRR reservide aktiveerimiseks reguleerimisturuga MARI ning 2025. aasta alguses aFRR reservide aktiveerimiseks liitutakse üleeuroopalise aFRR reguleerimisturuga PICASSO. Reservide mahud on TSO-d välja arvutanud, ning reservimahtudest piisab sünkroniseerimisel Mandri-Euroopaga. Kiirete reservide kasutamise vajaduse katteks suureneb tarbimise juhtimise, salvestuse ja muude reguleerimist võimaldavate tehnoloogiate tulemine reguleermisturule.

Ühiskonda laiemalt mõjutab päev ette elektrituru hind ja bilansiteenuse hind, mis tuleneb nii reguleerimisreservide maksumusest kui ka bilansihaldurite eabilansi kogustest (kuna reguleerimisreservide hind on kallim kui päev ette turu hind, siis seetõttu ka päev ette turu hinna mõju bilansiteenusele). Elektrituru hind sõltub

omakorda nii ülekandevõimsustest (soodsama hinnaga elektri importimise mahu võimalus) kui ka elektritootmise hindadest, maksudest, taastuenergia osakaalust.

Sünkroniseerimisel Mandri-Euroopaga ning eeldusel, et ka Põhjamaad on liitunud üleeuroopaliste platvormidega, muutuvad reguleerimisreservide hinnad ideaalis soodsamaks, sest turg on konkurentsivõimelisem ja on rohkem reguleerimisreservide pakkujaid. Bilansihaldurite eabilansi kogused võivad pigem suureneda tulenevalt ühiskonnas väga aktiivselt taastuenergia lahenduste integreerimisest, mis raskendavad bilansihaldurite prognoositulemusi, tegemist on hinnanguga, sest antud töös taastuenergeetika lahendusi ei uuritud.

## KOKKUVÕTE

Baltikumi elektrisüsteemid kuuluvad samasse sünkroonalasse Venemaa ja Valgevenega ning elektrisüsteemi sageduse automaatse reguleerimise tagab Venemaa süsteemihaldur. Järgnevate aastate peamine fookus on sünkroniseerimine Mandri-Euroopa sagedusalaga, et maandada Venemaa sünkroonalasse kuulumisest tulenevaid riske. 2025. aastaks sünkroniseeritakse Eesti, Läti ja Leedu elektrisüsteem Mandri-Euroopa sünkroonalaga läbi Leedu ja Poola vaheliste ühenduste. Antud töö koostati eesmärgiga, et analüüsida ja kirjeldada, miks ja kuidas Baltikumi elektrisüsteemi tasakaalustamine on täna ülesehitatud ning milline saab olema elektrisüsteemide tasakaalustamise visioon, et liituda üleeuroopalise reeglistiku ning platvormidega. Samuti on lõputöös vaadeldud kuidas Baltikumi elektrisüsteemide liitumine Mandri-Euroopa sagedusalaga toob muutusi elektrisüsteemi tasakaalustamise korraldusele. Lõputöö kokkuvõttena tuuakse välja tegevuskava loetelu, mida süsteemihaldurid ja turuosalisel peavad bilansiturgude tegevuskaardi rakendamisel ellu viima.

Esimeses peatükis on antud lühiülevaade Balti elektrisüsteemidest. On esitatud üldised sageduse reguleerimise põhimõtted ning uued turutooteid, mis on vaja hakata täiendavalt hankima sünkroniseerimisel Mandri-Euroopaga.

Töö teises ja kolmandas peatükis keskendutakse elektrisüsteemi bilansihalduse etappidele ning nende seostele energia turgude. Toodi välja bilansihalduse etapid, lühiülevaade Baltikumi koordineeritud bilansi juhtimisest ning anti ülevaade regionaalsest bilansiturgude korraldusest. Täiendavalt on lahti seletatud elektri ülekandesüsteemi juhtimise eeskiri, milles on kirjas, et elektrisüsteemi eeskiri koosneb.

Neljandas peatükis käsitleti sünkroniseerimist Mandri-Euroopa sünkroonalaga ning analüüsiti erinevaid eduka sünkroniseerimise tagamiseks vajalike tehnilis- majanduslike tegevusi eduka sünkroniseerimise tagamiseks. Peatükist selgub, et edukuse tagamiseks on vaja esmalt lõpule jõuda sünkroonkompensaatorite ehitamisega, rekonstrueerida vajalikud kõrgepingeliinid, täiendada Estlinkide juhtimissüsteeme ning tagada üleüldised IT-, andmeside ja juhtimissüsteemide uuendused. Lisaks selgub peatükist, et peale sünkroniseerimist Mandri-Euroopaga on süsteemihalduritel vaja hakata hankima täiendavaid uusi reservtooteid ja teenuseid (nt FCR, aFRR, RR), mis avab omakorda elektrituru osalistele uued ja paindlikumad turuvõimalused.

Viiendas peatükis on esitatud Balti elektrisüsteemide reserviturgude arendamise teekaart. Kuuendas peatükis tehakse kokkuvõtte kõige olulisematest teekaardist

tulenevatest muudatustest. Olulisemaid muutused on, et rakendub 15 minutiline reguleerimisperiod võrreldes praeguse tunnienergia perioodiga, hakatakse kasutama FCR, aFRR ja mFRR tooteid reguleerimisenergiana ning sünkroonala vahetusega tekib kaks aFRR platvorm PICASSO ja mFRR platvorm MARI.

Seitsmendas peatükis on esitatud tudengi poolset olulisemad järeldused, millest olulisemad on, et bilansihalduritele on vajalik tagada süsteemijuhtimise põhimõtete läbipaistvus, sest süsteemi tasakaalustamise põhimõtted mõjutavad hindasid, reguleerimisteenuse mõjutab enim reguleerimisreservide hankimise ja toodete parameetrid, kvalifitseerimine ja hinnastamine, võrguettevõtjad peavad tagama 15 minutilise mõõteandmete andmevahetuse, see kuidas FCR reserve hankima hakatakse ei ole veel kindel, ning ühiskonda mõjutab bilansiteenuse hind, mis tuleneb nii reguleerimisreservide maksumusest kui ka bilansihaldurite eabilansi kogustest, bilansiteenuse hind tõenäoliselt odavneb sünkroniseerimisel Mandri-Euroopaga.

Antud töös ei uuritud hajatootmist, kuid peale sünkroniseerimist Mandri-Euroopaga on süsteemihalduri suurim väljakutse hajatoomisest tekkiva uue süsteemiga kohanemine ning prognoosimudelite ülesehitamine, et ennustada päikese- ja tuuleenergia osakaalu, süsteemi tarbimist ja süsteemikadusid. Keeruline saab olema kogu andmekvaliteedi haldus, sest süsteemi, turuosalisi ja protsesse on palju. Väljakutseks on ka juhitavate tootmisvõimsuste olemasolu.

## SUMMARY

The Baltic power systems belong to the same synchronous area as Russia and Belarus, and the automatic regulation of the frequency of the power system is ensured by the Russian system manager. The main focus of the following years is synchronization with the continental European frequency band in order to mitigate the risks arising from Russia's membership in the synchronous area. By 2025, the electricity system of Estonia, Latvia and Lithuania will be synchronized with the synchronous area of continental Europe through the connections between Lithuania and Poland. This work was prepared with the aim of analyzing and describing why and how the balancing of the Baltic electricity system is structured today and what will be the vision of the balancing of the electricity systems in order to join the pan-European rules and platforms. The thesis also examines how the connection of the Baltic power systems to the continental European frequency band brings changes to the organization of balancing the power system. As a summary of the thesis, a list of action plans is presented, which system managers and market participants must implement when implementing the action map of the balance sheet markets.

In the first chapter, a brief overview of the Baltic electricity systems is given. The general principles of frequency regulation and new market products, which need to be procured additionally for synchronization with continental Europe, are presented.

In the second and third chapters of the paper, the focus is on the stages of the balance management of the electricity system and their connections with the energy markets. The stages of balance sheet management were brought out, a brief overview of coordinated balance sheet management in the Baltics was given, and an overview of the organization of regional balance sheet markets was given. In addition, the rule for the management of the electricity transmission system is explained, which states that the rule for the power system consists of

In the fourth chapter, synchronization with the synchronous area of continental Europe was discussed and various technical and economic activities necessary to ensure successful synchronization were analyzed. The chapter shows that in order to ensure success, it is first necessary to complete the construction of synchronous compensators, reconstruct the necessary high-voltage lines, upgrade Estlink's control systems, and ensure general IT, data communication and control system updates. In addition, the chapter reveals that after synchronization with continental Europe, system operators need to start acquiring additional new reserve products and services (e.g. FCR, aFRR,

RR), which in turn opens up new and more flexible market opportunities for electricity market participants.

In the fifth chapter, the road map for the development of reserve markets of the Baltic power systems is presented. The sixth chapter summarizes the most important changes resulting from the roadmap. The most important changes are that a 15-minute regulation period will be implemented compared to the current hourly energy period, FCR, aFRR and mFRR products will be used as regulation energy, and two aFRR platforms PICASSO and mFRR platforms MARI will be created with the change of the synchronous area.

The seventh chapter presents the most important conclusions of the student, the most important of which is that it is necessary to ensure the transparency of the principles of system management for the balance managers, because the principles of balancing the system affect the prices, the regulation service is most affected by the parameters of obtaining regulation reserves and products, qualification and pricing, network operators must ensure a 15-minute data exchange of measurement data, how the FCR reserves will be acquired is not yet certain, and society is affected by the price of the balance service, which results from both the cost of regulation reserves and the amount of imbalances of the balance managers, the price of the balance service will probably become cheaper when synchronizing with continental Europe.

After synchronizing with mainland Europe, the biggest challenge for the system manager is adapting to the new system resulting from distributed generation and building forecast models to predict the proportion of solar and wind energy, system consumption and system losses. Managing the entire data quality will be difficult because there are many systems, market participants and processes. The availability of manageable production capacities is also a challenge.



## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Elering AS, „Elektrituru käsiraamat,” 2022. [Võrgumaterjal]  
<https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat>. [Kasutatud 14 05 2023]
- [2] Elering AS, „Baltic balancing market rules,” 2020. [Võrgumaterjal]  
[https://elering.ee/sites/default/files/2021-09/Baltic%20balancing%20market%20rules%2020201230\\_0.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/2021-09/Baltic%20balancing%20market%20rules%2020201230_0.pdf). [Kasutatud 14 05 2023]
- [3] Baltic transparency dashboard, „Balancing,” [Võrgumaterjal]. Saadaval:  
<https://baltic.transparency-dashboard.eu/node/44>. [Kasutatud 14 05 2023]
- [4] Elering AS, „Baltic balancing roadmap,” 2022. [Võrgumaterjal]  
[https://elering.ee/sites/default/files/2022-10/Baltic\\_Balancing\\_Roadmap\\_update\\_19102022\\_0.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/2022-10/Baltic_Balancing_Roadmap_update_19102022_0.pdf). [Kasutatud 14 05 2023]
- [5] *Elektrisüsteemi tasakaalustamise eeskiri*. Vastu võetud 28.11.2017. [Kasutatud 14 05 2023]
- [6] Elering AS, „Baltic Load-Frequency Control block concept Document,” 2022. [Võrgumaterjal]  
<https://elering.ee/sites/default/files/2021-01/Baltic%20Load-Frequency%20Control%20concept%20document.pdf>. [Kasutatud 14 05 2023].
- [7] ENTSO-E, „ERAA 2022: Executive Report,” 2022. [Võrgumaterjal]  
<https://www.entsoe.eu/outlooks/eraa/2022/eraa-downloads/>. [Kasutatud 17 05 2023]
- [8] Elering AS, „Eesti elektri varustuskindluse aruanne,” 2022. [Võrgumaterjal]  
[elering\\_vka\\_2022.indd](#). [Kasutatud 14 05 2023]
- [9] Wnn, „Lithuania shuts Ignalina plant,” 2010. [Võrgumaterjal] [https://www.world-nuclear-news.org/NP-Lithuania\\_shuts\\_Ignalina\\_plant-0401104.html](https://www.world-nuclear-news.org/NP-Lithuania_shuts_Ignalina_plant-0401104.html). [Kasutatud 15 05 2023]
- [10] Fingrid, „Automatic frequency restoration reserve (aFRR),”. [Võrgumaterjal]  
[https://www.fingrid.fi/en/electricity-market/reserves\\_and\\_balancing/automatic-frequency-restoration-reserve/](https://www.fingrid.fi/en/electricity-market/reserves_and_balancing/automatic-frequency-restoration-reserve/). [Kasutatud 15 05 2023]
- [11] Next-kraftwerke, „What is aFRR (automatic frequency restoration reserve) and how does it work?,”. [Võrgumaterjal] <https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/afrr>. [Kasutatud 15 05 2023]
- [12] Next-kraftwerke, „What is mFRR (manual Frequency Restoration Reserve / R3)?” [Võrgumaterjal] <https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/mfrr>. [Kasutatud 15 05 2023]
- [13] Energyknowledgebase, „Replacement reserve,”. [Võrgumaterjal]  
<https://energyknowledgebase.com/topics/replacement-reserve.asp>. [Kasutatud 15 05 2023]

- [14] Elektriturseadus. Vastu võetud 11.02.2003. RT I 2003, 25, 153. [Kasutatud 15 05 2023]
- [15] Elering AS, „Müüja vahetuse üldpõhimõtted,“ 2022. [Võrgumaterjal] <https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat/7-kauplemine-avatud-elektriturul/73-turuosaliste-vahelised-suhted-avatud-4>. [Kasutatud 15 05 2023]
- [16] Nord Pool, „Market data,“ 2023. [Võrgumaterjal] <https://www.nordpoolgroup.com/nordpool>. [Kasutatud 15 05 2023]
- [17] Elering AS, „Reguleerimisleping,“ 2019. [Võrgumaterjal] <https://elering.ee/reguleerimisleping>. [Kasutatud 15 05 2023]
- [18] ENTSO-E, „Electricity Balancing,“ 2023. [Võrgumaterjal] [https://www.entsoe.eu/network\\_codes/eb/](https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/). [Kasutatud 15 05 2023]
- [19] Elering AS, „Sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga,“ 2022. [Võrgumaterjal] <https://elering.ee/sunkroniseerimine>. [Kasutatud 15 05 2023]
- [20] Elering AS, „Sünkroniseerimise KKK | Elering,“ 2022. [Võrgumaterjal] <https://elering.ee/sunkroniseerimise-kkk>. [Kasutatud 15 05 2023]
- [21] ENTSO-E, „Synchronous Area Framework Agreement for Regional Group Continental Europe,“ 2022. [Võrgumaterjal] [https://download.terna.it/terna/Allegato%201\\_8d813a8e31e478b.pdf](https://download.terna.it/terna/Allegato%201_8d813a8e31e478b.pdf). [Kasutatud 15 05 2023]
- [22] Elering AS, „Baltic balancing market rules,“ 2022. [Võrgumaterjal] Appendix A. Description of balancing energy product characteristics 20201006\_1.pdf (elering.ee) [Kasutatud 15 05 2023]
- [23] ENTSO-E, „Explanatory Document to All TSOs’ proposal for the implementation framework for a European platform for the exchange of balancing energy from frequency restoration reserves with automatic activation in accordance with Article 21 of Commission Regulation (EU) 2017/2195 of 23 November 2017 establishing a guideline on electricity balancing,“ 2018. [Võrgumaterjal] 20180426\_aFRRIF\_Explanatory\_document.pdf (entsoe.eu). [Kasutatud 15 05 2023]