



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
ELEKTROENERGEETIKA INSTITUUT

# Elektri jaemüüja hinnariski maandamine Balti riikides

Elektroenergeetika õppekava

Energiasüsteemide õppetool

Magistritöö

Õppetooli juhataja

prof Heiki Tammoja

Juhendaja

Hardi Koduvere

Konsultant

Peeter-Jass Pikk

Lõpetaja

Ats Haas

**Tallinn 2015**

# Töö kaitsmine

Lõputöö on kaitsstud .... juuni 2015. a. hindele .....

Kaitsmiskomisjoni esimees (nimi ja allkiri) .....

## **Autorideklaratsioon**

Deklareerin, et käesolev lõputöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudile haridusastme lõpudiplomi taotlemiseks elektroenergeetika erialal. Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Lõpetaja (allkiri ja kuupäev) \_\_\_\_\_

# Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Ats Haas	<i>Lõputöö liik:</i> magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> ELEKTRI JAEMÜÜJA HINNARISKI MAANDAMINE BALTI RIIKIDES	
<i>Kuupäev:</i> 27.05.2015	77 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Energeetikateaduskond	
<i>Instituut:</i> Elektroenergeetika instituut	
<i>Õppetool:</i> Energiasüsteemide õppetool	
<i>Töö juhendaja:</i> Hardi Koduvere	
<i>Töö konsultant:</i> Peeter-Jass Pikk	
<p><i>Sisu kirjeldus:</i></p> <p>Elektrienergia jaemüüja seisab perioodilise valiku ees: kui kõrget fikseeritud müügihinda pakkuda. Sellest valikust lähtuvalt kujuneb turuosade jaotus jaemüüjate vahel ning iga jaemüüja müügiportfell. Järgnevalt peab jaemüüja koostama oma ostuportfelli, millest sõltub saadav tulu. Selleks peab ta valima, millises mahus fikseerida oma ostuportfell ning kas finantsturu hinnariski maandamiseks on mõistlik kasutada ostuoptiooni või mitte. Eeltoodud valikute tegemist on võimalik kirjeldada perioodilise optimeerimisülesandena.</p> <p>Käesolev magistritöö keskendub jaemüüja hinnariski maandamise võimalustele, mille analüüsimiseks on autor koostanud stohhastilisi parameetreid sisaldava mudeli. Riskide hinnastamiseks modelleerib töö autor eeldusliku ostu- ja müügiportfelli. Seejärel modelleeritakse jaemüüja riskide maandamise valikutest tulenevalt kolm stsenaariumi, mille korral analüüsitakse aastase, nädalase ja tunnipõhise kasumi jaotuskõveraid. Riskide hinnastamiseks kasutatakse seejuures CVaR ja VaR statistilisi meetodeid. Lisaks kasumi jaotuskõverate analüüsimisele, viiakse läbi optimaalse müügihinna arvutus, et näitlikustada kasumi maksimeerimise võimalust valitud kriteeriumite korral.</p>	
<i>Märksõnad:</i> elektriturg, jaemüüja, modelleerimine, riskide hinnastamine, VaR, CVaR	

## Summary of the diploma work

<i>Author:</i> Ats Haas	<i>Kind of the work:</i> Master's thesis
<i>Title:</i> PRICE RISK MANAGEMENT OF ELECTRICITY RETAIL SELLER IN THE BALTIC STATES	
<i>Date:</i> 27.05.2015	<i>77 pages</i>
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>Faculty:</i> Faculty of Power Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering	
<i>Chair:</i> Chair of Power Systems	
<i>Tutor of the work:</i> Hardi Koduvere	
<i>Consultant:</i> Peeter-Jass Pikk	
<p><i>Abstract:</i></p> <p>An electricity retailer faces a recurrent problem: choosing fixed tariff sales price. Selling price defines the market share between competitors and thus the selling portfolio of each rival. After signing the contracts, a retailer must compose the purchasing portfolio to guarantee the income. Retailer must choose the hedging level of the purchasing portfolio and whether to buy or renounce a financial option. Above-mentioned retailers' choices can be described as a periodic optimization problem.</p> <p>The aim of this paper is to analyze hedging opportunities and solve the problem of decision-making by using stochastic modelling. The author of this paper has modelled retailer's selling and purchasing portfolio to assess the underlying risks. Furthermore, the designed model is used to create results for three different scenarios describing retailers' decisions. The results of these scenarios are divided into yearly, weekly, and hourly profits. Risk assessment is analyzed using CVaR and VaR statistical methods. In addition to describing the distribution curves of the profits, a calculation for optimal sales price is completed to exemplify a profit maximization solution that meets the stated criteria.</p>	
<i>Key words:</i> electricity market, retailer, modelling, risk assessment, VaR, CVaR	

# Sisukord

<b>Autorideklaratsioon .....</b>	<b>2</b>
<b>Lõputöö kokkuvõte.....</b>	<b>3</b>
<b>Summary of the diploma work.....</b>	<b>4</b>
<b>Sisukord.....</b>	<b>5</b>
<b>Lõputöö ülesanne.....</b>	<b>6</b>
<b>Eessõna .....</b>	<b>8</b>
<b>Sissejuhatus .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Jaemüügil esinevate riskide ülevaade.....</b>	<b>12</b>
1.1. Varasemate uurimuste ülevaade .....	13
1.2. Spot-turu hinnarisk ja selle maandamise võimalused.....	15
1.3. Finantsturu hinnarisk ja selle maandamise võimalused .....	19
1.4. Tarbimise prognoosirisk ja selle maandamise võimalused .....	20
<b>2. Riskide hinnastamine .....</b>	<b>24</b>
2.1. Riskide hinnastamise meetodid .....	24
2.2. Riskide hinnastamise meetodite rakendamine elektriturul.....	25
2.3. Elektrituru eripärast tulenevate riskide hinnastamine .....	28
<b>3. Riskide hinnastamiseks koostatud mudel .....</b>	<b>31</b>
3.1. Stohhastilised komponendid ning statistilised jaotused .....	31
3.2. Müügiportfelli modelleerimine .....	32
3.3. Spot-turu tunnihinna modelleerimine .....	35
3.4. Finantsinstrumentide hinna modelleerimine .....	37
3.5. Sisendite analüüs .....	38
<b>4. Riskide hinnastamise analüüs .....</b>	<b>42</b>
4.1. Stsenaariumite eeldused .....	43
4.2. Väljundite tundlikkuse analüüs .....	44
4.3. Stsenaariumite analüüs .....	48
4.4. Stsenaariumite analüüsi järeldused.....	60
4.5. Optimeerimisülesande lahendamine.....	62
4.6. Mudeli edasiarendamise võimalused.....	65
<b>5. Kokkuvõte .....</b>	<b>67</b>
<b>6. Kasutatud kirjandus .....</b>	<b>69</b>
<b>Lisad.....</b>	<b>73</b>
<b>L.1. Mudeli tööpõhimõtte skeem.....</b>	<b>74</b>
<b>L.2. Mudelis kasutatud suurused.....</b>	<b>75</b>
<b>L.3. Optimeerimisülesande tulemused .....</b>	<b>77</b>

# Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema:	<b>Elektri jaemüüja hinnariski maandamine Balti riikides</b>
Üliõpilane, üliõpilaskood:	<b>Ats Haas, 132366 AAVM</b>
Lõputöö juhendaja:	<b>Hardi Koduvere</b>
Õppetool:	<b>Energiasüsteemide õppetool</b>
Õppetooli juhataja:	<b>Heiki Tammoja</b>
Lõputöö esitamise tähtaeg:	<b>27. mai 2015</b>

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Õppetooli juhataja (allkiri)

## Teema põhjendus:

Avatud elektrituru tingimustes sõlmib jaeturu elektrimüüja ostulepingud hulgituru osapooltega ning müügilepingud väiketarbijatega. Väiketarbijate eelistuseks võib volatiilse spot-turu tunnihinna tõttu kujuneda fikseeritud hinnaga ostuviis. Fikseeritud müügiviisi pakkudes langeb jaemüüja ostuportfellile spot-turu hinnarisk, mille maandamiseks on hulgiturul kolm erinevat võimalust: finantsturu futuurid, piiriülesed riski maandamise instrumendid ning kahepoolsed lepingud tootjatega. Spot-turu hinnariski maandamisel futuurlepinguga langeb jaemüüja portfellile omakorda finantsturu hinnarisk, mida on võimalik maandada optioonidega.

Käesolev magistritöö uurib hinnariskide maandamise meetodeid rahvusvahelise jaemüüja portfellis. Töös analüüsitakse meetodite võimalikke mõjusid aasta-, nädala- ning tunnipõhisele kasumile. Esitatud analüüsi põhjal on võimalik jaemüüjatel teha mõtestatumaid valikuid riskide maandamise osas. Teema valik tuleneb Eesti elektriturul oleva konkurentsi kasvamisest, mis suurendab jaemüüjate huvi tegevuse laiendamiseks lähiriikides. Läbimõeldud valikud riskide maandamiseks võimaldavad jaemüüjal kindlustada oma äri jätkusuutlikkust uuel turul, millest omakorda võidab väiketarbija tänu konkurentsitingimustes pakutud elektri hinnale.

## Töö eesmärk:

Töö eesmärgiks on uurida elektrienergia jaemüügil esinevate riskide mõju pika- ja lühiajalisele kasumile, nende riskide hinnastamise meetodeid ning maandamise võimalusi Balti riikides.

**Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:**

- Millised on elektrienergia jaemüüja peamised riskid esitades fikseeritud hinnapakumist?
- Kuidas on võimalik esinevaid riske hinnastada ja maandada?
- Kuidas mõjutavad riskide maandamisel tehtavad valikud jaemüüja kasumit?
- Kuidas arvutada müügihind, mis etteantud kriteeriumite korral tagaks suurima kasumi?

**Lähteandmed:**

Lähteandmetena on kasutatud 2014. a Eesti turu tunnitarbimist, Nord Pool Spot elektriturust Eesti piirkonna tunnihindu, Nasdaq OMXC finantsturu päeva sulgemishindu ning Tallinna ja Helsingi temperatuuri väärtusi. Ajaloolised andmed on saadud erinevatest avalikest ning litsentseeritud andmebaasidest.

**Lõputöö konsultandid:**

---

Peeter-Jass Pikk (allkiri, kuupäev)



## Eessõna

Käesoleva magistritöö teema valiti lähtuvalt elektriturul valitsevatest probleemidest ja võimalikest tulevikusuundadest antud valdkonnas. Samuti oli teema valikul oluline autori isiklikul huvil jaemüüja riskide uurimiseks, mis tulenes autori praegusest ametist bilansihaldusettevõttes. Jaemüügi rahvusvaheline rõhuasetus on tingitud arendatavatest lahendustest, mis aitavad jaemüüjatel tegutseda naaberriikides tootmisvõimsust omamata .

Lõputöö autorile on palju abi pakkunud magistritöö juhendaja Hardi Koduvere ja konsultant Peeter-Jass Pikk. Juhendaja jagas nõuandeid struktuuri, vormistuse ning kirjelduste parandamiseks. Konsultant tõi välja olulis seosed, mida tuleks kajastada @RISK mudeliga eelduslike olukordade simuleerimisel. Lisaks pärinevad konsultandilt finantsturu ajaloolised andmed. Autor soovib siinkohal tänada juhendajat ja konsultanti jagatud teadmiste eest.

Lõputöö autor: Ats Haas

Alaline elukoht: Tallinn

E-posti aadress: haas.ats@gmail.com

## Sissejuhatus

Eesti tarbijatele on vabaturg olnud täielikult avatud alates 1. jaanuarist 2013 [1]. Sellega kaasnesid suured muutused elektrienergiaga kauplemisel: elektrihiinda hakkas igal tunnil kujundama nõudluse ja pakkumise kõver ning kauplemise võimaldamiseks lisandusid erineva funktsionaalsusega turud. Turgude lisandumisega kaasnes uute iseseisvate turuosaliste tekkimine. Kujundatud tunnipõhine spot-hind avaldas suurte tarbimismahtudega portfellidele tugevat finantsilist survet, raskendades volatiilse hinna tõttu kulude ja tulude prognoosimist. Seetõttu tuli kasumi kindlustamiseks rakendada erinevaid riski maandamise meetodeid. Iga elektrienergia tarbija ja tootja kohustus sõlmida ühe müüjaga avatud tarne leping tekitas uutele jaemüüjatele võimaluse suurte portfellide koostamiseks. Seetõttu muutus ka spot-turul esinevate riskide maandamine oluliseks teemaks jaemüüjale jätkusuutliku tegevuse planeerimisel [2].

Elektrienergia jaemüüja asetseb avatud tarne ahelas bilansihalduri ning väiketarbija ja –tootja vahel. Bilansihaldur tagab jaemüüjale spot-hinnaga avatud tarnega ostuportfelli. Klientide huvist lähtuvalt peab jaemüüja tagama fikseeritud hinnaga elektrienergiat, mistõttu hakkavad lühiajaliselt ostu- ning müügiportfelli hinnad oluliselt erinema. Sellisel juhul langeb jaemüüja portfelliga hinnarisk, mille maandamiseks on võimalik kasutada erinevaid instrumente, säilitades konkurentsivõime.

Hetkel on Eestis tegutsemas 48 avatud tarnijat, kellest suuremahulise jaemüügiga tegutsevad kaks elektrimüüjat (220 Energia, Starman), kolm bilansihaldurit (Eesti Energia, Elektrum, Alexela Energia) ning kolm võrguettevõtet (VKG Elektrivõrgud, Imatra, Sillamäe SEJ) [3]. Tihe konkurents ning väikesed kasumimarginaalid sunnivad Eesti jaemüüjaid uurima võimalusi tegevuse laiendamiseks teistes Nord Pool Spot hinnapiirkondades. Erilist huvi pakuvad arenevad Läti ning Leedu hinnapiirkonnad, kus kodutarbijate teadlikkus avatud turu võimalustest on veel vähene.

Baltimaade kontekstis on oluline, et jaemüüja saaks tegutseda omamata tootmisvõimsust igas hinnapiirkonnas, sest tootmisvõimuste lisamine turule on pikaajaline ning kallis investeering. Turu avanemisega Eestis on jaemüügi lihtsustamiseks loodud ka tingimus, et müügi loo taotlemisel ei pea ettevõttel olema reaalselt tootmisvõimsust, vaid oluline on tagada müügiks finantsiline võimekus [4]. Antud kriteerium võimaldab elektrienergia jaemüügiga tegeleda ka ettevõtetel mis tegutsevad teistes valdkondades.

Uuel turul tegevust alustav jaemüüja peab arvestama mitmete tingimustega, mis soodustavad elektrienergia müügitegevust. Näiteks peavad riiklikud regulaatorid ja ametiasutused tõstma tarbijate teadlikkust vaba turu võimaluste kohta. Lisaks on oluline tagada võrguettevõtete ja

jaemüüja vaheline lihtne, sujuv ja täpne andmevahetus. Soodsate tingimuste kujunemine on oluline tegevuse alustamiseks, kuid ei loo eeldusi jätkusuutlikuks jaemüügiks. Jätkusuutliku tegevuse tagab esinevate riskide käsitlemine ning nende efektiivne maandamine.

Eestis toimiva vabaturu eeskujul on tehtud olulisi samme soodustamiseks spot-turu hinnariski maandamist Lätis ja Leedus. Näiteks löid Eesti ning Läti süsteemioperaatorid 2013. a lõpus piirkondade vahelise hinna maandamiseks limiteeritud-PTR oksjonid [5]. Läti elektrituru täielik avanemine 1. jaanuaril 2015. aastal soodustas ka 2014. a novembris Nasdaq OMXC finantsturu avamist [6]. Limiteeritud-PTR oksjonite korraldamine ning finantsturu avamine võimaldab maandada ka müügitegevusel esinevaid riske Leedus. Seda põhjusel, et vastavate piirkondade hinnad erinesid 2014. a kolmekümnel tunnil [7]. Antud olukorda võib muuta 2015. a detsembris valmiv Leedu ja Rootsi vaheline NordBalt kaabel, millega samaaegselt ehitatakse Leedu ja Poola vahelist ülekandevõimsust. Eelduse kohaselt muudavad ehitatavad ühendusvõimsused Baltimaade võimsusvooge ning seeläbi ka turuhinna kujunemist. Spot-turu hinna suurte kõikumistega kaasnevaid riske peab ka jaemüüja arvestama oma ostu- ning müügiportfelle koostades.

Spot-turu hinnariski maandamisel futuuridega kaasneb vastava instrumendi hinnast sõltuv risk. Jaemüüjal on võimalik finantsturu hinnariski maandada ostuoptsioonidega, kuid seejuures on oluline arvestada optsiooni maksumuse mõju kasumile. Spot- ning finantsturu hinnariski maandamise valikud sõltuvad jaemüüja riskitundlikkusest lühi- ning pikaajalise kasumi piiramisel. Lisaks on jaemüüjale tähtis läbi mõelda fikseeritud müügihinna valik. Läbimõeldud otsused tagavad maksimaalse kasumi, mis tõstab ettevõtte konkurentsivõimet. Konkurentsi suurenemisest kohalikul turul võidavad tarbijad.

Käesolev lõputöö on jaotatud neljaks suuremaks peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade elektrienergia jaemüügil esinevatest hinnariskidest. Esmalt vaadeldakse varasemaid teemakohaseid uuringuid. Seejärel tuuakse välja spot- ja finantsturu hinnarisk ning tarbimise prognoosirisk. Lisaks käsitletakse eeltoodud riskide maandamise võimalusi Baltimaades.

Teises peatükis vaadeldakse riskide hinnastamise statistilisi meetodeid, mille hulgast tuuakse esile järgnevad mõisted: standardhälv, VaR ja CVaR. Lisaks vaadeldakse elektrituru eripärast tulenevate riskide hinnastamise meetodeid. Seejärel kirjeldatakse eeltoodud meetodite matemaatilist rakendamist elektrienergia jaemüüja kasumi arvutamisel.

Järgnevalt kirjeldatakse elektrienergia jaemüüja hinnariskide analüüsimiseks loodud mudelit. Esmalt viidi läbi mudeli sisendite ning arvutuskäikude analüüs, et paremini mõista mudeli

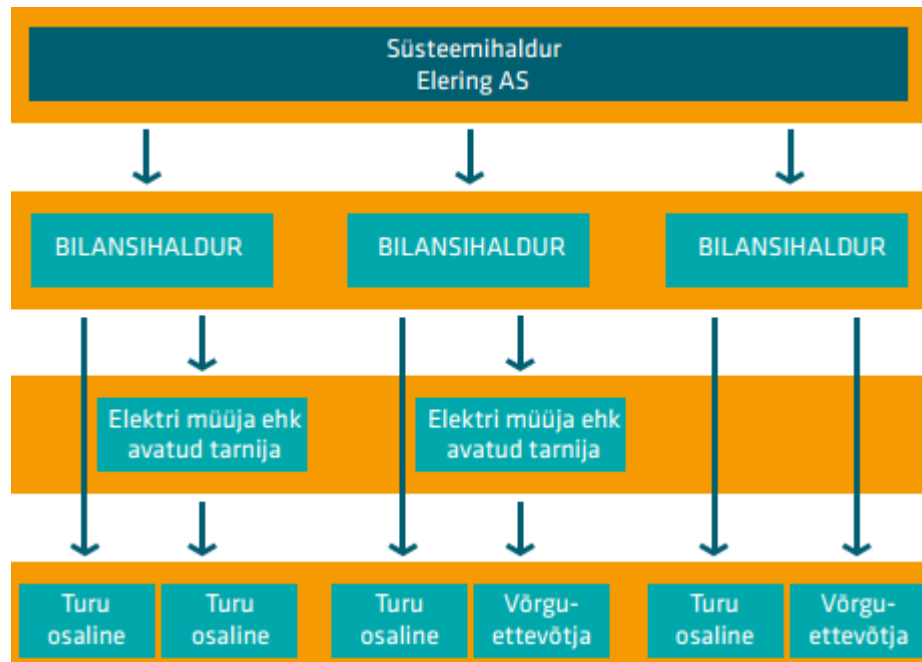
tulemuste kujunemist. Järgnevalt vaadeldi valitud sisendite eripärasid, mis võisid tulemustes tekitada ekstreemumväärtusi. Seejärel tehti eeldused loodud seoste mõjust ning analüüsi väljundite tundlikkust erinevate sisendite muutumisel. Soovitud olukordade analüüsimiseks koostati erinevad stsenaariumid, mis kajastavad jaemüüesinevaid valikuid. Mudeli kirjeldus ning stsenaariumite analüüs jaotati kaheks eraldiseisvaks peatükiks.

Kolmandas peatükis tuuakse välja mudelis kasutatud stohhastilised muutujad ning statistilised jaotused, mille järgi muutujate väärtuseid genereeritakse. Lisaks kirjeldatakse jaemüüja portfelli ning spot-turu ja finantsturu instrumentide hinna modelleerimist. Lähemalt on vaadeldud temperatuuri mõju nii portfelli mahule kui spot-hinnale.

Neljandas peatükis tuuakse välja mudelis kasutatud stsenaariumid ning tulemuste analüüs. Esile tuuakse kolm erinevat stsenaariumit, mis iseloomustavad riski maandamise taseme, optiooni ostu ning müügihinna valikuid ja nendest tulenevaid muutusi nii aastases, nädalases kui tunnipõhises kasumis. Esmalt analüüsitakse väljundite tundlikkust, mis tuleneb erinevate sisendite muutusest ning seejärel stsenaariumite tulemusi. Analüüside põhjal tehakse kokkuvõtlik järeldus. Lisaks vaadeldakse müügihinna optimeerimisülesande lahendamist olukorras, kus jaemüüja on eelnevalt langetanud valikud spot- ja finantsturu hinnariskide maandamiseks. Tulemuste analüüsimise järel tuuakse välja mudeli praktilist väärtust suurendavate edasiarenduste võimalused. Töö lisades on välja toodud koostatud mudeli põhimõtteskeem, kasutatud suuruste tähised, seletused ja ühikud ning optimeerimisülesande tulemused.

# 1. Jaemüügil esinevate riskide ülevaade

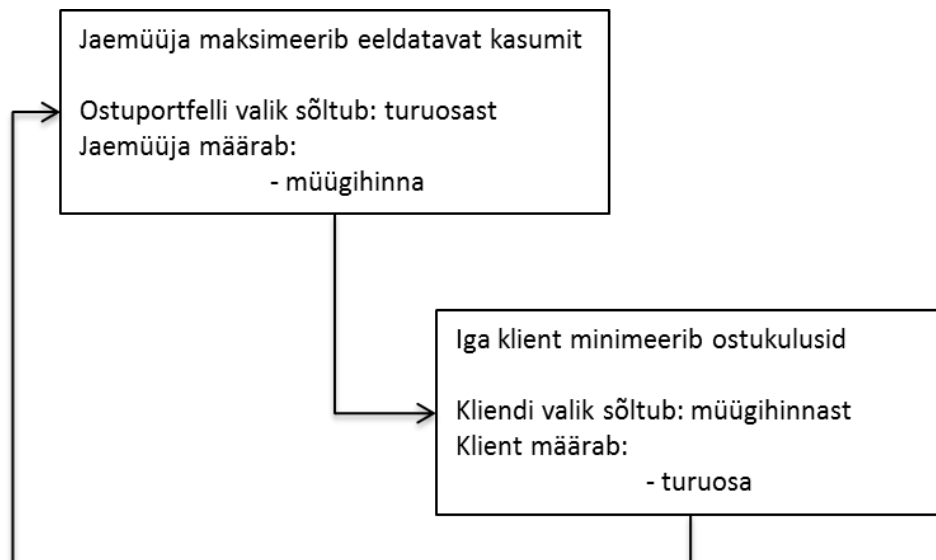
Elektriturul on turuosalisteks elektriettevõtja (tootja, võrguettevõtja, liinivaldaja ja müüja), tarbija, bilansihaldur ja elektribörsi korraldaja [2]. Jaemüüja on turuosaline, kes ostab elektrienergiat hulgiturult, müües selle edasi väiketarbijatele. Alljärgnevalt jooniselt (Joonis 1.1) on võimalik näha, et elektrimüügiga tegelev ettevõtte võib olla nii hulgituru otsene liige (bilansihaldur) kui eraldiseisev üksus avatud tarne ahelas (elektri müüja ehk avatud tarnija). Jaemüük nõuab arvuliste lepingute sõlmimist ning efektiivset kliendihaldust, mistõttu võib hulgituru liikmetel puududa motivatsioon jaemüügiga tegelemiseks. Sellises olukorras kujunevad välja bilansihaldurist eraldiseisvad jaemüüjad, kes pakuvad väiketarbijatele elektrienergia lepinguid.



*Joonis 1.1. Avatud tarne ahel [2]*

Elektrienergia jaemüüjad pakuvad oma klientidele peamiselt kahte erinevat müügilepingut: börsi- ning fikseeritud hinnaga lepingut. Börsihinnaga paketi puhul peab jaemüüja marginaal katma bilansihalduri kulud, ettevõtte tegevuskulud ning soovitava kasumi. Sellisel juhul ei ole elektrienergia sisseostu ning väljamüügi hinnas erinevust ning hinnarisk antud portfelli osale ei lange. Fikseeritud hinnaga lepingute müümise puhul koostab jaemüüja oma ostuportfelli määratud tarne ning avatud tarne lepingutega. Määratud tarne leping sõlmitakse fikseeritud hinnaga ning avatud tarne leping spot-turu tunnihinnaga. Sealjuures võib määratud tarne leping esinevad finants- või füüsilise tarne lepinguna. Avatud tarne maht ning selle hind on jaemüüjale ette teadmata, mistõttu langeb fikseeritud hinnaga müügiportfelli osale spot-turu hinnarisk.

Lisaks on fikseeritud hinda pakkuv jaemüüja finantsturu hinnariski ees, mis tuleneb hinnapakumiste ja tarneaja alguse vahelisest perioodist. Tarneaja eel pakuvad jaemüüjad oma potentsiaalsetele klientidele fikseeritud hinna, mis võimaldaks prognooside kohaselt maksimeerida ettevõtte kasumit. Samas reageerivad tarbijad pakutud hindadele lähtudes oma ostukulude minimeerimisest. Klientide reaktsioon hindadele kujundab erinevate jaemüüjate turuosad ning hiljem tarneajal müüdavad kogused. Kindla kliendiportfelli puhul tuleb jaemüüjal ka arvestada prognoositud portfelli mahu muutumisega, mis väljub tarneaja jooksul tarbimise prognoosiriskis. Klientide lepingute lõppedes hinnatakse oma potentsiaalset portfelli uuesti ning lähtuvalt sellest pakutakse ka uued hinnad. Antud protsessi juures langeb jaemüüjale finantsturu hinnarisk - teadmatus hinnapakumise esitamise järgsest määratud tarne hinna liikumisest. Kirjeldatud protsessi turuosade jaotuse ning klientide liikumise kohta kirjeldab alljärgnev joonis (Joonis 1.2) [8].



*Joonis 1.2. Turuosa jaotuse tsükkel*

## 1.1. Varasemate uurimuste ülevaade

Eelnevalt on Baltimaade elektriturul spot-turu hinnariski uurinud TTÜ lõpetajad. Magistritöös [9] näitlikustatakse futuuride, *swap*ide ning optioonide kasutamist generaatori haldaja, tarbija ja kaupleja vaatenurgast. Baltimaade spot-turu hinna kujunemist analüüsitakse magistritöös [10], et mõista kliima muutuse, kütuste hindade ning naaberpiirkondade mõju tunnipõhisele elektrihinnale. Piirkonna hindade erinevusest tulenevat hinnariski juhtimist käsitletakse magistritöös [1], kus tuuakse välja võimalik lahendus hinnariski maandamiseks Eesti-Läti piiril. Uuritud on ka VKG Energia hinna- ja koguseriski maandamise võimalusi Eesti hinnapiirkonnas, mida kajastab 2014. aastal valminud magistritöö [11].

Baltimaade kontekstist erineva vaatenurga toob välja European University Institute uuring [12], mis kajastab Norra elektrienergia jaemüüjate standardiseeritud tooteid, kellel on lisaks börsi- ja fikseeritud hinnaga paketele tooteks ka muutuva hinnaga pakett. Muutuva hinnaga pakett põhineb ühe nädala fikseeritud hinnale, mida on võimalik jaemüüjal kaks nädalat ette korrigeerida. Muutuv hind on tugevalt seotud hüdrojaamade toodangu prognoosiga ning finantsturul pakutavate nädala pikkuste futuuride hinnaga ning jaemüüjate hinnamudeleid reguleerib kohalik konkurentsiamet.

Lisaks analüüsitakse artiklis [13] Nord Pool Spot hinna ja futuuride omavahelist seost ning *convenience yield* preemiat ja toorme hoiustamise kulukust turul, kus domineerib hüdroenergia. Analüüs katab 11 aasta pikkust perioodi ning autorid jõuavad arusaamale, et nädalapikkuste futuuride hind on üldjuhul kõrgem kui spot hind. Sealjuures tuuakse esile tõsiasi, et futuuri riskipreemial ei ole tugevat sidet hüdroreservuaaride sissevooluga.

Nord Pool Spot piirkonnas on käsitletud ka jaemüüja võimalusi kauplemisel bilansienergiaga [14]. Artiklis käsitletakse olukorda Norras, kus jaemüüja on Nord Pool Spot turu otsene liige ning bilansienergia turul avaneb võimalus kasumi teenimiseks kui reguleerimisvõimsus vajadus on vastassuunaline hinnapiirkonna reguleerimisvõimsuse vajadusega. Selleks, et maandada jaemüüjal portfelli prognoosimisest tulenevat bilansiriski, uurivad autorid kirjeldatud võimalust stohhastiliste modelleerimismeetodite abil.

Laiemalt lähenetakse probleemile väljaandes „Energy Policy“ avaldatud artiklis [15], kus argumenteeritakse jaemüüja vajalikkuse üle elektriturul. Rootsi, Norra ja Soome turud, mis pooldavad jaemüüjate konkurentsi vastandatakse Taani elektrituruga, kus väiketarbijad ostavad elektrienergiat kvartali põhise reguleeritud hinnaga. Artikli autorid püüavad vastata küsimustele, kas aktiivsed väiketarbijad, kes vahetavad jaemüüjat, võidavad konkurentsis tulenevast hinnas ning kas Taani reguleeritud hinnaga väiketarbijad võidavad või kaotavad hinnas võrreldes Soome, Rootsi ja Norra turgude passiivsete väiketarbijatega.

Veelgi laiemas mastaabis uuritakse jaemüüja ostuportfelli koostamist artiklis [16], kus ostuportfell sisaldab lisaks spot-turule tarnevõimalusi *forwardite*, ostuoptsioonide ning tootmisüksuste kaudu. Jaemüüja portfelli hinnariski mõõtmise probleemi lahendatakse CVaR (*conditional value at risk*) meetodiga. Autorid jätkavad sarnase lahenduse uurimist artiklis [17], kus lisatakse võimalus pakkuda hinda sõltuvalt perioodist päeva jooksul. Eelnevalt on CVaR meetodi kasutamist energiakaubanduse riskide maandamisel uuritud artiklis [18]. Jaemüüja portfelli hinnariski määramiseks on artiklis [19] kasutatud RAROC (*risk-adjusted return on*

*capital*) meetodit. Autorid jätkavad meetodi uurimist artiklis [20] lisades hulgiturust, jaemüüjast ning tarbijast koosnevale süsteemile kaks konkureerivat jaemüüjat.

Lisaks on erinevatest andmebaasidest võimalik leida hulganisti jaemüüja hinnariski optimeerimise ning tulude maksimeerimise mudeleid [21, 22, 8]. Samuti on uuritud mudeleid [23, 24], mis aitavad prognoosida jaemüüja müügiportfelli. Uuritud on ka võimalust [25], kuidas muuta klientide tarbimisharjumused elektri hinnast sõltuvaks, et ühtlustada jaemüüja päeva sisene müügiportfell. Selleks on modelleeritud olukord, kus jaemüüja pakub lisaks oma klientidele lepinguid, mille korral on jaemüüjal õigus klientide tarbimise juhtimisele [26]. Mudelis kasutatakse fikseeritud hinnaga lepinguid, mille korral on tarbimist võimalik juhtida trahvi või lepingutega, mis tagavad jaemüüjale õiguse klientide tarbimise juhtimisele teatud piires.

Eelnevatest uuringutest selgub, et jaemüüja ostu- ning müügiportfelli modellemiseks on mitmeid erinevaid võimalusi. Ostuportfell sõltub peamiselt riskide maandamise võimalustest ning müügiportfell klientide tarbimisharjumustest ning fikseeritud hinnaga lepingute eritingimusest. Järgnevalt on kirjeldatud Baltimaades tegutseva jaemüüja peamiseid riske ning nende maandamise võimalusi.

## **1.2. Spot-turu hinnarisk ja selle maandamise võimalused**

Jaemüüja pikaajaline kasum ning lühiajalised rahavoogude kõikumised sõltuvad spot-turu tunnihinna ja portfelli mahu kujunemisest, mida mõjutavad paljud erinevad stohhastilised tegurid. Lisaks tarbijate käitumuslikele harjumustele on mitmed uuringud täheldanud temperatuuri, sademete, õhuniiskuse, pilvisuse mõju elektri tarbimisele ja tootmisele ning seeläbi ka elektrituru hinnale. Käesolevas magistrیتöös on stohhastiliste muutujate mõju analüüsimisel tarbimisele ning spot-turu hinnale piiratud temperatuuri näitajatega.

Spot-turu ning temperatuuri sõltuvust on uuritud magistrیتöös [10], milles tuuakse välja Soome piirkonna hinna ja temperatuuri vaheline kõrge korrelatsioon (kordaja väärtusega -0,78) ning Eesti hinnapiirkonna ja temperatuuri vaheline vähene seos (kordaja väärtusega 0,09). Käesoleva töö autor põhjendab viimast seost turu osalise avanemise ning vähese ühendusvõimsuse olemasolust, mis muutsid turu hinnataset sõltuvamaks teistest faktoritest.

Lisaks tuuakse artiklis [27] välja, et Nord Pool Spot piirkonnas põhineb ligikaudu pool tootmisvõimsusest hüdroenergia toodangul, mille saadavust mõjutab nii sademete hulk kui lume sulamise kiirus, millest viimane on ka mõjutatud temperatuurist. Lisaks vaatlevad autorid temperatuuri ja tarbimise vahelise seost. Autorite loodud mudelis kasutatakse fikseeritud



komponenti (tööstuslikud tarbijad), temperatuurist sõltuvat komponenti (kodu- ning kommertstarbijad) ning stohhastilist muutujat.

Uuringute põhjal on koostatud erinevaid mudeleid, mis kasutavad leitud seoseid prognoosimaks spot-turu hinnataset lähitulevikus. Pikaajalise ilmaennustamise teeb keeruliseks ilma mõjutavate stohhastiliste muutujate arvukus, mistõttu on ilmast sõltuvalt keerukas prognoosida ka spot-turu hinda [28]. Käesolevas magistritöös uuritakse temperatuuri ning spot-turu hinna omavahelist sõltuvust graafilise analüüsi abil.

Tootmisvõimsust omamata on piirkonna siseseks spot-turu hinnariski maandamiseks kolm põhilist võimalust: füüsilise määratud tarne leping elektritootjaga, finantsleping finantsturu liikmega, finantsleping finantsturuga. Finants ja füüsilise lepingu tüübi peamine erinevus seisneb selles, et füüsilist määratud tarnet arvestatakse bilansihalduri prognoosis ning sellega väheneb avatud tarne maht portfellis, kuid finantslepinguga tasaarveldatakse fikseeritud määratud tarne osas vaid hind ning avatud tarne fikseeritud osa võrra ei vähene. Lepingu sõlmimisel kohaliku pakkujaga või finantsturuga erinevad lepingu tingimused - kui kohaliku pakkujaga lepatakse lepingu tingimused kokku kahepoolset, siis finantslepingute tingimused on rangelt määratud finantsturu reeglitega [29]. Finants- ja füüsilise määratud tarne lepinguid seob omavahel tootja valik elektrienergia müümiseks - sõlmida finantsturul leping ostuhinnaga (*bid*) või sõlmida kahepoolne leping tarbijaga. Seetõttu ei ole tarbijatele pakutavad füüsilise tarne hinnad üldjuhul finantsturu ostuhinnast odavamad. Vastasel korral ei lähtu tootja kasumi maksimeerimise põhimõttest.

### **1.2.1. Finantslepingute tingimused Nasdaq OMXC finantsturul**

Finantsturul Nasdaq OMXC on võimalik kaubelda Põhjamaade, Saksa, Taani ja Suurbritannia elektrienergia hinna tuletisinstrumentidega. Tuletisinstrumentid jaotuvad baas- ning tipukoormuse futuurideks, DS futuurideks (Deferred Settlement Futures), optsioonideks, ning EPAD lepinguteks (Electricity Price Area Differentials). [30] Baaskoormuse lepingud katavad lepingulise perioodi jooksul päevasiseselt terve ajavahemiku ning tipukoormuse lepingud katavad ajavahemiku esmaspäevast reedeni kella 08.00 – 20.00 (CET aeg) [30]. Tuletisinstrumentidega on võimalik maandada spot-turu hinnarisk valitud tunnipõhise koguse ulatuses kogu perioodi vältel. Minimaalseks kauplemisühikuks on Nasdaq OMXC turul 1 MW ning lepingute mahu minimaalseks sammuks on 0,1 MW [29].

Kõige suurem huvi (open interest) on turul futuuride vastu [31], millel on kaks lepingutüüpi: *future* ja *deferred settlement future (DS future)* leping. Esimese lepingu tüübiga on võimalik maandada spot-turu hinnariski tulevastel päevadel ning nädalatel, teise lepingu tüübiga tulevastel

kuudel, kvartalitel ning aastatel. Tulenevalt lepingu maksumuse suurusel erinevad futuuride tüüpidel rahavoogude laekumised.

Futuuride tasaarveldamine toimub enne lepingu perioodi sõltuvalt toote hinna muutumisest ning perioodi vältel sõltuvalt alusvara muutumisest. Toote hinna muutumist tasaarveldatakse päeva sulgemishinna ning lepingu hinna vahega järgmise valemi abil [30]:

$$SM = (DC - CP) * V * T \quad (1.1)$$

kus

SM tähistab tasaarvelduse summat päevas

DC tähistab päeva sulgemishinda

CP tähistab lepingu hinda

V tähistab lepingu mahtu

T tähistab tundide arvu, mida leping katab

Futuure tasaarveldatakse ka lepingu perioodi vältel arvestades Nord Pool Spot turu päeva keskmise hinna ja viimase kauplemispäeva sulgemishinna vahet kasutades järgmist valemit:

$$SM = (SR - FDC) * V * 24h \quad (1.2)$$

kus

SM tähistab tasaarvelduse summat päevas

SR tähistab Nord Pool Spot keskmist hinda päevas

FDC tähistab viimase kauplemispäeva päeva sulgemishinda

V tähistab lepingu mahtu

Mahukamaid lepinguid on võimalik osta DS futuuride näol, mis erinevad futuuride tingimustest peamiselt tasaarvelduse tõttu. Lepingu perioodi eelset tasaarveldust ei toimu, kuid lepingu hinna ja viimase kauplemispäeva sulgemishinna vahel tulenev summa tasaarveldatakse lepingu perioodi jooksul. Lepingu perioodi jooksul tasaarveldatakse lisaks kauplemisperioodi jooksul kumuleerunud kasumile/kahjumile ka alusvara muutumise hinnast tulenev vahe. Seega rahavood esimese lepingulise päeva jaoks võib tuua välja valemiga [30]:

$$SM = [(CP - FDC) + (SR - CP)] * V * 24h = (SR - FDC) * V * 24 \quad (1.3)$$

kus

SM tähistab tasaarvelduse summat päevas

CP tähistab lepingu hinda

FDC tähistab viimase kauplemispäeva päeva sulgemishinda

SR tähistab Nord Pool Spot turu keskmist hinda päevas

V tähistab lepingu mahtu.

Futuurid on tuletatud Nord Pool Spot börsi süsteemihinnast, mistõttu ei ole võimalik erinevates hinnapiirkondades kirjeldatud lepinguid kasutades täielikult spot-turu hinnariski maandada. Lahendusena pakutakse EPAD lepinguid, mis arvestab süsteemihinna ning vastava piirkonna börsihinna erinevust. EPAD lepinguid on võimalik kaubelda nädala, kuu, kvartali ning aastase perioodina ning neid pakutakse muuhulgas nii Eesti kui Läti piirkondadele. Finantsturul ei ole eraldi Leedu piirkonna hinnariski maandamiseks EPAD lepingut. Läti ja Leedu piirkondade hinnad erinesid 2014.a vaid kolmekümnel tunnil [7]. Väheine hinnaerinevus tuleneb piirkondade vahelisest suurest ülekandevõimsusest, mistõttu on võimalik Läti piirkonna EPADi ostuga katta ka hinnarisk Leedus.

### 1.2.2. Spot-turu hinnariski maandamine limiteeritud PTR-iga

Piirkonna sisestele hinnariskidele lisaks on Eesti ja Läti piiriülese hinnariski maandamiseks loodud limiteeritud PTR-ide oksjon. Limiteeritud PTR-ide väljastamine ja kauplemine on regionaalne pikaajaline elektrikaubanduse riski maandamise vahend, mis on loodud Eesti-Läti piiril tegutsevatele turuosalistele. Limiteeritud PTR ei anna selle omanikule õigust elektrienergia füüsiliseks ülekandeks [5], sest oksjoni reeglites on kokku lepitud sunnitud tagasiost süsteemihaldurite poolt. Instrument annab seega võimaluse Eesti elektrimüüjatele pakkuda Lätis madalama riskiga fikseeritud hinda.

Limiteeritud PTRi ostjal on instrumendi omandades kolm võimalust:

- sõlmida PTR-ide kogumahu ulatuses fikseeritud hinnaga määratud tarne leping(ud) Lätis, teenides PTRi ületavast marginaalist tulu;
- mitte sõlmida PTR-i kogumahu ulatuses fikseeritud hinnaga määratud tarne lepinguid Lätis, jättes hinnarisk kogu ulatuses enda kanda;
- sõlmida PTR-ide osalise mahu ulatuses fikseeritud hinnaga määratud tarne leping(ud) Lätis, maandades hinnarisk osaliselt.

Limiteeritud PTR oksjonil kaupleja teenib instrumendi ostuga rohkem kui edasimüümisega juhul kui Eesti ja Läti piirkonna hinnavahe ning PTR-i hinna vahe on suurem edasimüügi marginaalist. Kirjeldatud mõttekäiku iseloomustab alljärgnev valem (1.4):

$$(p_{LV} - p_{EE}) - p_{PTR} > \text{marginaal}_{PTR} \quad (1.4)$$

kus

$p_{LV}$  tähistab Nord Pool Spot Läti piirkonna aritmeetilist keskmist hinda antud perioodil

$p_{EE}$  tähistab Nord Pool Spot Eesti piirkonna aritmeetilist keskmist hinda antud perioodil

$p_{PTR}$  tähistab limiteeritud PTR-i oksjoni tulemust antud perioodiks

$\text{marginaal}_{PTR}$  tähistab limiteeritud PTR-i edasimüügi marginaali

Võib eeldada, et oksjonil osalejate strateegiad on erinevad, mistõttu peab jaemüüja arvestama, et PTR-e kaubeldakse oksjonil ainult teatud koguses ning kauplejad ei pruugi kõigi PTR-ide koguses fikseeritud hinnaga lepinguid sõlmida. Seetõttu on jaemüüjal mõistlik küsida PTRi oksjoni järel osalejatelt fikseeritud määratud tarne pakkumisi Lätis. Kui Eesti piirkonna EPAD lepingu ning limiteeritud PTR-i hindade summa on väiksem kui Läti piirkonna EPAD lepingu hind, siis on võimalik, et oksjonil osalejate vahelise konkurentsi tingimustes on võimalik maandada spot-turu hinnarisk Lätis finantsturust madalama tasemega. Kirjeldatud mõttekäiku iseloomustab alljärgnev valem (1.5):

$$p_{EPAD_{EE}} + p_{PTR} < p_{EPAD_{LV}} \quad (1.5)$$

kus

$p_{EPAD_{EE}}$  tähistab Nord Pool Spot Läti piirkonna aritmeetilist keskmist hinda antud perioodil

$p_{EPAD_{LV}}$  tähistab Nord Pool Spot Eesti piirkonna aritmeetilist keskmist hinda antud perioodil

$p_{PTR}$  tähistab limiteeritud PTR-i oksjoni tulemust antud perioodiks

Jaemüüjal on läbi PTR-ide võimalik leida alternatiivne viis spot-turu hinnariski maandamiseks. Limiteeritud PTR-i oksjonil osalejal puudub finantsturu hinnarisk, sest ühele perioodil korraldatakse ainult üks oksjon, mille tulemused ajas ei muutu. Siiski ei garanteeri oksjonil osalemine kindlat määratud tarne mahtu, mistõttu on tõenäoline, et soovitava koguse saamiseks peab spot-turu riski maandama lisanduva finants või füüsilise määratud tarne lepinguga.

### 1.3. Finantsturu hinnarisk ja selle maandamise võimalused

Nii füüsiline määratud tarne kui ka finantsleping on seotud finantsturul pakutavate hindadega, mis on pidevas muutumises sõltuvalt hetkel teada olevast turuinfost, mistõttu on oluline jälgida finantsturu liikumist ning kiireid turuteateid (UMM - Urgent Market Message). Finantsturu ostuja müügipakkumiste hinna pidevast muutumisest tulenebki finantsturu hinnarisk, mis suureneb oluliselt kui finantslepingu pakkumine tahetakse jätta kehtivaks üleöö. Öö jooksul võib turule

tulla uut infot, mistõttu võib turg hommikul teha sellele vastavalt järsu liikumise. Finantsturu hinnariski arvestab finantslepingu pakkuja lisatava marginaalina. Olukorras, kus pakkumine võetakse vastu koheselt, eelnevalt kokkulepitud tingimustel, puudub finantsturu risk.

Jaemüügi puhul peab finantsturu hinnariski arvestama, sest jaemüüja esitab tavapäraselt oma fikseeritud hinna pakkumised mõni kuu enne tarne algust. Hinnapakumisest sõltub klientide arv portfellis ning enne viimaste lepingute sõlmist ei ole tarnijal täpselt prognoositav müügikogus teada. Müügikogusest sõltub ostetav määratud tarne kogus, mistõttu peab jaemüüja pakkumiste ning lepingute sõlmimise ajal arvestama muutuva finantsturu hinnaga. Finantsturu hinnariski on võimalik maandada ostu- või müügioptsioonidega, mis vastavalt tüübile garanteerivad alusvara ostu või müügi kokkulepitud ajal kokkulepitud hinnaga.

Kokkulepitud aega nimetakse aegumispäevaks (ingl. k *expiration date*) ning kokkuleppelist hinda kutsutakse realiseerimishinnaks (ingl. k *strike price*) [11]. Maailmaturgudel jaotuvad optsioonid veel lisaks Ameerika ning Euroopa tüüpi optsioonideks, mis erinevad üksteisest optsiooni realiseerimise päeva valikust. Nasdaq OMXC turul kaubeldakse Euroopa tüüpi optsioone, mis võimaldab optsioone realiseerida ainult kindlatel aegumispäevadel. Sealjuures on võimalik optsioone kaubelda ainult aasta- ning kvartalipikkuste toodete hindadele [29].

Alternatiivseks variandina võib jaemüüja sõlmida konsultatsioonilepingu partneriga, kes jälgib igapäevaselt turu olukorda ning annab soovitusi määratud tarne lepingu hetke sõlmimiseks. Fikseerimise hetke õige ajastamisega võib jaemüüja saavutada olulise konkurentsieelise, kuid õiget ajastust on väga keeruline tabada. Siiski on võimalik ajastamisriski maandada - hajutades fikseerimise hetked erinevatele perioodidele. Ajastamisriski on võimalik analüüsida nii tehnilise kui fundamentaalse analüüsi põhimõtteid järgides.

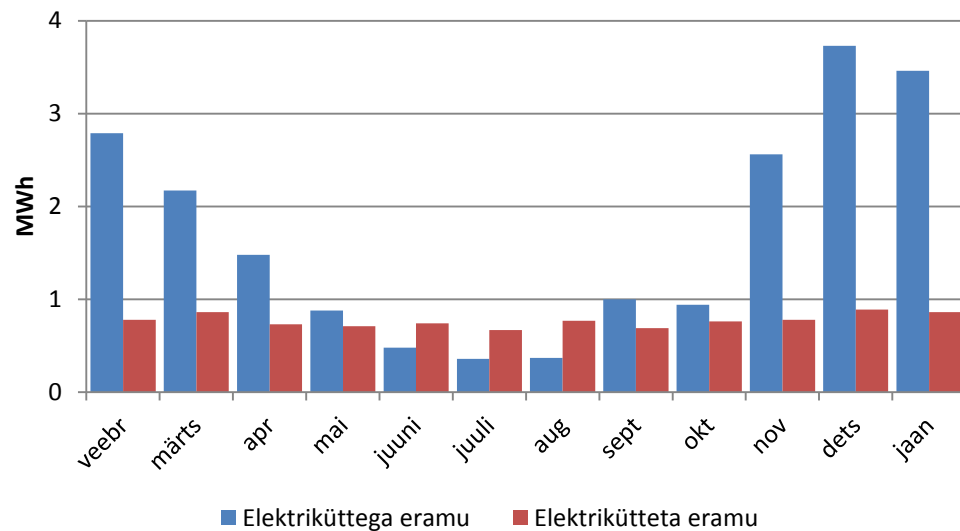
Jaemüüja põhitöö on müüa elektrienergiat ning üldjuhul ei ole mõistlik kulutada ressursse ajastamisküsimuse lahendamiseks, kuid oluline on arvestada fundamentaalanalüüsi komponente, et tajuda tõenäoseid finantsturu hinnatasemeid erinevate tingimuste korral. Käesolevas magistritöös ei kajastata põhjalikumalt ajastamisriski maandamist, sest antud teema uurimine ületab antud töö mahtu.

#### **1.4. Tarbimise prognoosirisk ja selle maandamise võimalused**

Tarbimise prognoosirisk väljendub portfelli prognoositava tunnikoguse ning tegeliku tarbimise erinevuses. Jaemüüjale on oluline prognoosida tarbitavaid tunnikoguseid võimalikult täpselt kahel põhjusel:

- prognoositavast tunnikogusest sõltub ostetava määratud tarne maht – liialt suur või liialt väike määratud tarne maht suurendab avatud tarne mahtu ning vähendab riski maandamise taset antud perioodiks;
- suur prognoosiviga suurendab bilansihalduri kulusi, mistõttu võib bilansihaldur tõsta marginaali või nõuda liigse eksimuse eest rahalist kompensatsiooni.

Tarbimise prognoosirisk sõltub enim tarbijate summaarsest tarbimisest ning välisõhu temperatuurist. Tarbijate arv ning nende viimase 12 kuu tarbimismahud on enne tarne algust teada tulenevalt elektrituru seadusest. Tarbimisandmed katavad lähiminekliku kliimaatilise tsükli ning neid analüüsid on võimalik mõista millisel määral portfelli tarbimismaht sõltub välisõhu temperatuurist. Alljärgneval joonisel (Joonis 1.3) on näitena toodud Pärnus asuvate elektrikuteta ja elektrikuttega eramute kuu tarbimiskogused perioodil 1.02.2014. – 31.01.2015, mis iseloomustab selget välisõhu temperatuuri mõju tarbimisemahule elektrikuttega hoonetes.



**Joonis 1.3. Elektrikuttega ja elektrikuteta eramu kuu tarbimiskogused [32]**

Temperatuuri mõju Eesti ning Soome kogutarbimisele ja tootmisele vahemikus 01.04.10-31.03.11 on analüüsitud magistritöös [2]. Tööst selgub, et Eesti keskmise temperatuuri ja tarbimise vaheline korrelatsioonikordaja on -0,98 ning temperatuuri ja tootmise vaheline kordaja -0,85. Soome puhul on vastavad väärtused -0,98 ja -0,96. Laiemalt on Nord Pool Spot piirkonnas temperatuuri ja tarbimise seost uuritud artiklis [33]. Artikkel toob välja elektritarbimise kasvu väga külmal ja soojadel perioodidel, mistõttu kasutatakse modelleerimisel kumulatiivset nihet mugavustemperatuurist (18°C). Sarnaselt temperatuuri ning spot-turu seose analüüsimisega, kasutatakse käesolevas magistritöös temperatuuri ning tarbimise seose mudeldamiseks graafilist analüüsi.

Eestis moodustas 2013.a kodutarbijate osakaal elektrienergia kogutarbimisest ligikaudu 25,3% ehk ligikaudu 1,87 GWh [34]. Lisaks kodutarbijatele võib jaemüüja sihtgrupis olla ka kommerts- ning väikesemahulisi tööstustarbijaid. Sihtgruppi arvestades tuleb silmas pidada erinevate sihtrühmade tarbimise iseloomudega. Kui kodutarbijad kasutavad enam elektrit hommikul ja õhtusel ajal, siis kommerts- ja tööstustarbijad kasutavad elektrit just päeval ajal. Tarbimiskõvera prognoosimisel on oluline arvestada mõõteseadmete tüüpe, sest kauglugemiseta arvestitega klientide tarbimisgraafik ei peegelda tegelikku tarbimist. Seetõttu peab jaemüüja jälgima arvestite osakaalusid oma portfellis. Eestis kasutatakse kolme erinevat tüüpi arvesteid:

- ühetariifne arvesti;
- kahetariifne arvesti;
- kaugloetav arvesti.

Ühetariifset arvestit kasutavate klientide tarbimiskõvera kuju on võrdne vastava võrguettevõtte tüüpkoormusgraafiku kujuga. Kahetariifset arvestit kasutavate klientide tarbimiskõvera kuju sõltub vastava võrguettevõtte tüüpkoormusgraafikust ning klientide öösel ning päeval tarbitud kogustest. Kaugloetavaid arvesteid kasutavate klientide tarbimiskõvera kuju sõltub eelkõige klientide tarbimisharjumustest [35].

Jaemüüja peab arvestama, et tüüpkoormusgraafikud iseloomustavad kogu võrguettevõtte piirkonnas tarbitavate kodu- ning väikeäritarbijate tarbimiskõverat [35] ning kaugloetava arvestiga klientide tarbimisharjumused võivad reaalsuses antud üldistusest erineda. Samuti on oluline, et jaemüüja suudaks ette näha, millised elektriseadmeid võiksid kasutada kliendid, kellel on ka kaugloetav arvesti. Näiteks on elekterkütet kasutavate koduklientide tarbimiskõver külmal perioodil ühtlasem kui suvel kuna tarbitakse oluline osa elektrist ka päeval ajal.

Eestis tegutseva jaemüüja peab arvestama arvestite osakaalude muutumisega, sest kaugloetava arvestite paigaldamise projekt planeeritakse lõpetada 2016. aasta lõpuks. Kaugloetavate arvestite osakaalu pideva suurenemise tõttu võib eeldada, et koduklientide portfelli tarbimiskõver muutub arvestite vahetusprotsessi käigus ebahühtlasemaks.

Koguse täpne prognoosimine on oluline jaemüüja ja bilansihalduri koostööl, sest täpsest koguse prognoosist sõltub bilansirisk. Bilansiriski marginaalis lepivad jaemüüja ja bilansihaldur prognoosivasutuse tingimustena kahepoolset kokku. Peamiselt on prognoosivasutuse küsimuses kolm lahendust:

- bilansihaldur võtab prognoosivasutuse täielikult enda kanda, kajastades eeldatava bilansiriski osana marginaalis;

- jaemüüja võtab prognoosivastutuse täielikult enda kanda tagades bilansihaldurile kõik portfelli bilansikulud;
- jagatakse portfelli prognoosivastutus vastavalt lepingus määratud prognoosivea piirile. Prognoosivea piirides langeb bilansirisk bilansihaldurile, piiri ületades langeb bilansirisk jaemüüjale.

Jaemüüja perspektiivist on esimene lahendus mõistlik juhul kui on tegemist elektrimüügi alaselte väheste kogemustega alustava ettevõttega. Bilansihalduri pakutav marginaal võib sel juhul olla küll kõrge, kuid prognoosiriski maandamisel saadakse abi ekspertidelt. Teine lahendus sobib jaemüüjale, kellel on kogemusi ja võimekust oma portfelli prognoosimiseks, lootes kahandada oma kulutusi täpse prognoosiga. Kolmas lahendus sobib jaemüüjatele, kes on valmis prognoosimises aktiivselt osalema, kuid kellel puudub piisav võimekus või soov, et prognoosi optimeerimisele igapäevaselt energiat kulutada. Tarbimise prognoosiriski ei ole võimalik täielikult maandada tulenevalt paljudest stohhastilistest muutujatest, mis tarbimist mõjutavad. Prognoosiriski maandamiseks püütakse leida erinevaid tarkvaralisi lahendusi mudeldades seoseid juhuslike arvude generaatori või närvivõrkude abil.



## 2. Riskide hinnastamine

Elektrienergia jaemüügil esinevad riske on vajalik hinnastada selleks, et võrrelda muutustest tekkivaid väärtusi. Muutused võivad tekkida nii jaemüüja enda valikuvõimalustest ostu- ja müügiportfelli kujundamisel kui ka elektrituru eripärast. Ühtne hinnastamisviis müügiportfellile aitab jaemüüjale luua nägemuse oma ostuportfelli koostamiseks. Kujundades eeldusliku ostu- ja müügiportfelli, saadakse tulemina eelduslik kasum. Vastavalt eelduste muutmisele muutub ka kasum, mille riski hinnastades on võimalik võrrelda erinevate valikute mõju kasumile. Seetõttu hõlbustab riskide hinnastamine ostu- ning müügiportfelli puhuks valikuid tehes otsuste vastuvõtmist.

### 2.1. Riskide hinnastamise meetodid

Laiemalt defineeritakse riski kui investeeringu oodatud tulususe võimalikku muutumist. Riskidega kaasneb algse investeeringu täielik või osaline kaotamine. Potentsiaalset kaotust mõõdetakse tavapäraselt statistiliste arvutustega tuginedes ajaloolistele tulusustele. Lihtsaimaks riski mõõdikuks on tulususe standardhälve, mis näitab kui palju on ajalooliselt antud investeeringuga võidetud. Valimi standardhälve avaldub valemiga:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.1)$$

kus

$n$  tähistab valimis olevate liikmete arvu

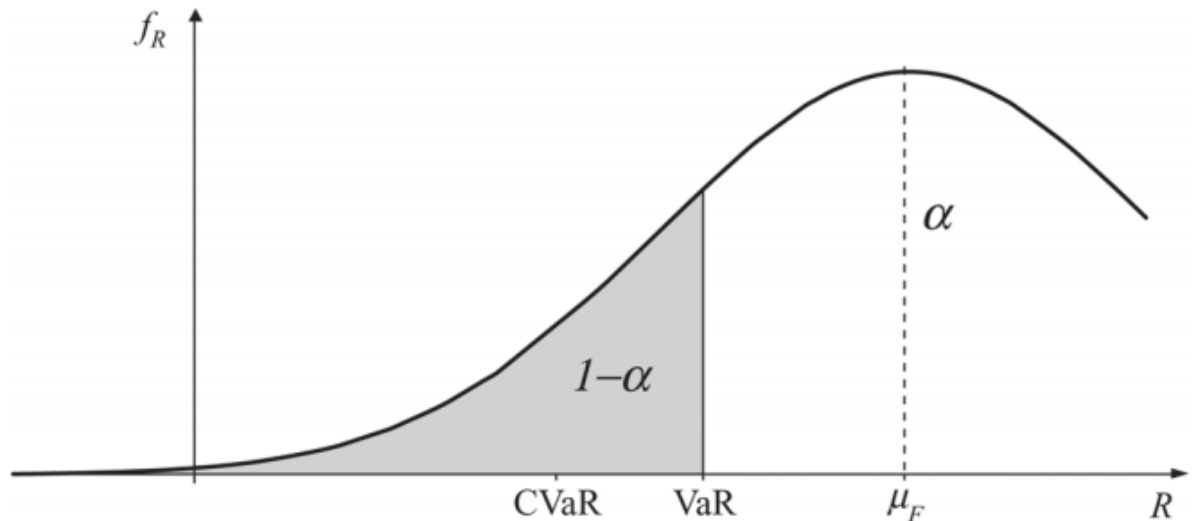
$x_i$  tähistab mõõtmistulemusi hulgas  $x_i \in [x_1; x_n]$

$\bar{x}$  tähistab mõõtmistulemuste aritmeetilist keskmist

Standardhälve iseloomustab investeeringu tulususe volatiilsust, lähtudes põhimõttest - mida suurem on standardhälve seda suurem investeeringu risk. Investeeringu puhul on oluline jälgida, milliseks ajaperioodiks on riski mõõdikuid kasutatud, sest ettevõtte seisukohast on oluline tagada pikaajaliselt tulusus, kuid säilitada lühiajaliselt positiivsed rahavood.

Kindlaksmääratud investeeringu (portfelli) korral on võimalik kõiki lühiajaliste kaotuste tõenäosusi kujutada graafikul statistilise jaotusena. Kaotuste tõenäosuslikkusest tulenevalt on seetõttu võimalik mingil perioodil kaotatud rahasummat hinnata statistilise väärtusega. Elektrienergia jaemüüja lühiajalise hinnariski maandamiseks on kasutatud erinevaid statistilisi väärtusi: VaR (Value at Risk) [18], CVaR (Conditional Value at Risk) [16, 17, 18, 25], RAROC

(Risk adjusted return on capital) [20] ja CAPM (Capital Asset Pricing Management) [19]. Kui VaR meetod arvestab etteantud tõenäosusel saadavat minimaalset kaotust, siis CVaR meetod arvestab sel tõenäosusel saadavat keskmist võimalikku kaotust.



**Joonis 2.1. CVaR ja VaR hinnastamismeetodid**

Ülaltoodud joonisel (Joonis 2.1) on toodud statistiline jaotuse vahemik usaldusintervalliga  $\alpha$ , milles valimi näitajad teatava tõenäosusega asuvad. Selle vahemiku piirnäitaja väärtust iseloomustab suurus VaR ning vahemikust väljajäävate näitajate keskvaartust kajastab suurus CVaR. CVaR meetodit on tõhus kasutada, kui tulususe statistilisel jaotusel on n.ö. „paksud sabad“ (*fat tails*) [18]. „Paksud sabad“ on statistiline nähtus, mis tekib olukorral, kui valimis esineb eeldusest rohkem ekstreemumväärtusi, mistõttu on võimalik CVaR meetodiga arvestada keskmist tulususe väärtust ekstreemumjuhtudel. Uuritud tööst esines elektrienergia jaemüüja lühiajalise kaotuse hinnastamiseks enim CVaR meetodit, sest elektrienergia turul tegutsedes on spot-turu järskude hinnatõusude tõttu „paksude sabade“ tekkimine tõenäoline.

## 2.2. Riskide hinnastamise meetodite rakendamine elektriturul

Jaemüüja eesmärgiks on kasumi maksimeerimine aktsepteeritava riski juures. Aktsepteeritava riski defineerimiseks võib jaemüüja genereerida stohhastiliste muutujate abil erinevaid stsenaariume. Muutes iga stsenaariumi korral stohhastiliste muutujate väärtusi saadakse pika- ning lühiajalise kasumi (kahjumi) jaoks erinevad tulemused. Üks kindel stohhastiliste muutujate väärtuste hulk avaldub iteratsioonina. Iga iteratsiooni korral valitakse uued stohhastiliste muutujate väärtused järgides etteantud piiranguid, mistõttu tekivad suurte iteratsioonide arvu korral pika- ning lühiajaliste kasumite jaotuskõverad. Neid jaotuskõveraid vaadeldes on võimalik

etteantud riski juures kasumi maksimeerimiseks teha optimaalsed valikud. Jaotuskõvera kujutamiseks on mudelisse vajalik sisestada jaemüüja kasumifunktsioon, mis perioodi  $T$  jaoks on võimalik välja tuua järgmise valemiga:

$$PR = IN - C^F - C^C - C^P = \sum_{t=1}^T \sum_{\omega} PR_t(\omega) \gamma(\omega) \quad (2.2)$$

kus

$IN$  tähistab eeldatavat käivet perioodil  $t \in [t_1; T]$

$C^F$  tähistab futuuride ostukulu perioodil  $t \in [t_1; T]$

$C^C$  tähistab optsoonide ostukulu perioodil  $t \in [t_1; T]$

$C^P$  tähistab spot-turu ostukulu perioodil  $t \in [t_1; T]$

$PR_t(\omega)$  tähistab jaemüüja kasumit tunnil  $t$  stsenaariumi  $\omega$  korral

$\gamma(\omega)$  tähistab stsenaarium  $\omega$  toimumise tõenäosust

Eeldatav käive ajahetkel  $t$  sõltub jaemüüja hinnast, klientide tarbimisest ning tarbimise toimumise tõenäosusest. Eeldatav kogukäive perioodil  $T$  on seejuures väljendatav valemiga:

$$IN = \sum_{t=1}^T \sum_{\omega} D_{t,\pi}^A(\omega) \pi_t \gamma(\omega) \quad (2.3)$$

$D_{t,\pi}^A(\omega)$  tähistab jaemüüja nõudlust tunnil  $t$  stsenaariumi  $\omega$  korral, müügihinnaga  $\pi$

$\pi_t$  tähistab jaemüüja pakutud hinda

Futuuride tehinguga lepivad pooled kokku ostu-müügi tehingus kindaks perioodiks ettemääratud koguses ja hinnas. Futuuride kulu ajahetkel  $t$  sõltub seetõttu futuuride mahust ja hinnast. Futuuride kogukulu on võimalik välja tuua järgmise valemiga:

$$C^F = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{NF} V_i^F P_i^F \quad (2.4)$$

kus

$V_i^F$  tähistab futuuri  $i$  mahtu

$P_i^F$  tähistab futuuri  $i$  hinda

Elektrienergia finantsturul Nasdaq OMXC on finantsinstrumentidel kindel minimaalne väärtus ja minimaalne samm, seega matemaatiliselt väljendades kuulub futuuride  $i$  maht hulka:

$$V_i^F \in \{0, \Delta V_i^F, 2\Delta V_i^F \dots m\Delta V_i^F\} \quad (2.5)$$

kus  $\Delta V_i^F$  tähistab minimaalset futuuri sammu

Ostuoptsiooni lepinguga saab jaemüüja õiguse osta alusvara kokkulepitud hinnaga kindlal päeval (aegumispäeval). Selle õiguse eest maksab jaemüüja optsiooni müüjale preemiat. Aegumispäeval sõltub alusvara hinnast otsus, kas optsioon realiseeritakse või mitte. Matemaatiliselt on optsioonide kogukulu võimalik kirjeldada järgmise valemiga:

$$C^C = \sum_{t=1}^T \sum_{\omega} \sum_{j=1}^{NC} V_j^C \gamma(\omega) * [P_{prem_j}^C + P_{str_j}^C \theta_{j,t}^C(\omega)] \quad (2.6)$$

kus

$V_j^C$  tähistab optsiooni j mahtu

$P_j^C$  tähistab optsiooni j hinda

$P_{prem_j}^C$  tähistab optsiooni j riskipreemiat

$P_{str_j}^C$  tähistab optsiooni j realiseerimishinda

$\theta_{j,t}^C(\omega)$  tähistab binaarfunktsiooni, mille väärtus on 1, kui optsioon j realiseeritakse perioodiks t stsenaariumi  $\omega$  ajal, optsiooni mitterealiseerimisel ostetakse optsiooni mahus futuure.

Sealjuures optsiooni j maht kuulub hulka:

$$V_j^C \in \{0, \Delta V_j^C, 2\Delta V_j^C, \dots, m_j^C \Delta V_j^C\} \quad (2.7)$$

kus  $\Delta V_j^C$  tähistab minimaalset optsiooni sammu.

Spot-turult ostetav kogus sõltub instrumentidest kasutamata jäänud kogusest. Seega on spot-turult ostu kogukulu võimalik välja tuua järgmise valemiga:

$$C^P = \sum_{t=1}^T \sum_{\omega} \left[ D_{t,\pi}^A(\omega) - \sum_{i=1}^{NF} V_i^F - \sum_{j=1}^{NC} V_j^C \theta_{j,t}^C(\omega) \right] P_t^P \gamma(\omega) \quad (2.8)$$

kus

$P_t^P$  tähistab spot-turu hinda tunnil t

Asendades leitud muutujad esialgsesse võrrandisse saame jaemüüja kasumifunktsiooni:

$$\begin{aligned}
PR_t(\omega) = & \sum_{b=1}^B D_{t,\pi}^A(\omega)\pi_t - \sum_{i=1}^{NF} V_i^F P_i^F - \sum_{j=1}^{NC} V_j^C \left[ P_{premj}^C + P_{strj}^C \theta_{j,t}^C(\omega) \right] \\
& - \left( D_{t,\pi}^A(\omega) - \sum_{i=1}^{NF} V_i^F - \sum_{j=1}^{NC} V_j^C \theta_{j,t}^C(\omega) \right) P_t^P(\omega)
\end{aligned} \tag{2.9}$$

Antud valemiga on võimalik defineerida kasutatava mudeli kogukasum. Riskide hindamiseks kasutatavad VaR ja CVaR väärtused defineeritakse matemaatiliselt järgnevalt [36]:

$$VaR_{1-\alpha}(X) := \inf_{t \in \mathbb{R}} \{t: \Pr(X \leq t) \geq 1 - \alpha\} \tag{2.10}$$

$$CVaR_{1-\alpha} := \frac{1}{\alpha} \int_0^\alpha VaR_{1-\gamma}(X) d\gamma \tag{2.11}$$

Käesolevas magistritöös arvutatakse kasumifunktsiooniga väärtus aastasele, nädalasele ja tunnisele perioodile. Aastase perioodi jooksul vaadeldakse minimaalse kasumiga nädalat ja tundi, mille jaotuskõveratele arvutatakse VaR ja CVaR väärtused. Suurima kaotusega nädalaid ja tunde tekitavad üldiselt spot-turu hinna järsud lühiajalised kõikumised ning nende perioodide analüüs annab jaemüüjale ettekujutuse, kui suureks võivad üksikute nädalate või tundide kaotused kujuneda.

### 2.3. Elektrituru eripärast tulenevate riskide hinnastamine

Elektrituru eripära teiste toormeturgude kõrval seisneb selles, et ostetavat kaupa ei ole võimalik ladustada. Tavapäraselt ei ole ka lõpptarbija tunnipõhine tarbimine ühtlane, mistõttu tarnitakse määratud tarnega etteostetud elekter kogu ulatuses ning puudu- või ülejääk kaubeldakse spot-turul avatud tarnena. Suur avatud tarne maht tähendab spot-turu volatiilsusest hinnast tulenevalt suurt riski. Selleks, et hinnastada spot-turult ostetavast mahust ning tunnihinna volatiilsusest tulenevaid riske on lisanduvalt välja toodud riski maandamise taseme ning profiilikulu mõisted.

#### 2.3.1. Spot-turu hinnariski maandamise tase

Spot-turu hinnariski maandamise tase on ostuportfelli iseloomustav näitaja, mis kaasneb jaemüüja otsusega osta määratud tarnet. Selle väärtus annab jaemüüjale hinnangu, kui suures osas on teatud perioodiks eeldusliku müügiportfelli avatud tarne netomahtu vähendatud. Matemaatiliselt kirjeldab spot-turu hinnariski maandamise tase määratud tarne ja kogutarne suhet teatud perioodil. Riski maandamise taset väljendatakse protsentides ning see avaldub järgmise valemiga:

$$MT_{tase} = \frac{MT_{kogus}}{KT_{kogus}} = \frac{\sum_{t=1}^n MT_{kogus_t}}{\sum_{t=1}^n (MT_{kogus_t} + AT_{kogus_t})} \quad (2.12)$$

kus

$t$  tähistab tundi perioodil  $t \in [1; n]$

$MT_{kogus}$  tähistab määratud tarne kogust perioodil  $t \in [1; n]$

$KT_{kogus}$  tähistab kogutarne kogust perioodil  $t \in [1; n]$

$AT_{kogus_t}$  tähistab avatud tarne kogust tunnil  $t$

$MT_{kogus_t}$  tähistab määratud tarne kogust tunnil  $t$

Spot-turu hinnariski maandamise tase on võrdne 100%-ga kui määratud tarne maht valitud perioodil on võrdne kogutarne mahuga. Sellisel juhul peab ebaühtlase tarbimisega tarbija teatud tundidel avatud tarnet ostma ja teatud tundidel avatud tarnet müüma. Perioodi jooksul ostetud ja müüdüd avatud tarne mahud on sellisel juhul võrdsed ehk avatud tarne netomaht on null. Käesolevaks magistritööks loodud mudelis kasutatakse spot-turu hinnariski maandamise taset aastase perioodi lõikes. Seejuures peab arvestama teadmise, et aastane hinnariski maandamise tase ei anna hinnangut erinevate kuude ning nädalate hinnariski maandamise tasemetest.

### 2.3.2. Profiilikulu

Profiilikulu on müügiportfelli iseloomustav näitaja, mis sõltub klientide tarbimisharjumustest ning selle abil on võimalik anda ligikaudne eeldus, kui palju kõrgemaks portfelli avatud tarne hind kujuneb võrdluses prognoositava spot-turu keskmise hinnaga. Profiilikulu on portfelli kaalutud keskmise ja börsihinna aritmeetilise keskmise börsihinna vahe ning selle väärtus kindlaks perioodiks arvutatakse alljärgneva valemiga (2.13).

$$PK = AT_{hind_{100\%}} - NPS_{AVG} = \frac{\sum_{t=1}^n (AT_{hind_t} * AT_{kogus_t})}{\sum_{t=1}^n AT_{kogus_t}} - \frac{\sum_{t=1}^n NPS_{hind_t}}{nt} \quad (2.13)$$

kus

$t$  tähistab tundi perioodil  $t \in [1; n]$

$AT_{hind_{100\%}}$  tähistab tarbija kaalutud keskmist börsi hinda perioodil  $t \in [1; n]$

$NPS_{AVG}$  tähistab Nord Pool Spot börsi vastava hinnapiirkonna aritmeetilist keskmist hinda perioodil  $t \in [1; n]$

$AT_{hind_t}$  tähistab avatud tarne hinda tunnil  $t$

$AT_{kogus_t}$  tähistab avatud tarne kogust tunnil  $t$

$NPS_{hind_t}$  tähistab Nord Pool Spot börsi vastava hinnapiirkonna hinda tunnil  $t$

Profiilikulu sõltub kõrge hinnaga tundidel tarbitud mahu ning madala hinnaga tundidel tarbitud mahu osakaaludest. Kui portfelli tarbimise osakaal on suurem keskmisest kõrgema hinnaga tundidel, siis on profiilikulu positiivne. Kui portfelli tarbimise osakaal on suurem keskmisest madalama hinnaga tundidel, siis on profiilikulu negatiivne. Nord Pool Spot piirkondades on tavapärane olukord, kus päevasel ajal on börsihind kõrgem kui öisel ajal. Seega antud tingimustel annab profiilikulu ka aimu päevase ja öise tarbimise mahtudest. Profiilikulu sõltub ka avatud tarne hinnast, mille iseloom varieerub erinevates Nord Pool Spot piirkondades suuresti. Avatud tarne maht ja hind on üldjuhul periooditi ja piirkonniti väga erinev, mistõttu sõltub profiilikulu ka valitud perioodist ning hinnapiirkonnast.

Elektrituru eripärast tulenevate riskide hinnastamise meetodeid on käesolevas magistritöös rakendatud ostu- ning müügiportfelli iseloomustamisel. Nende suuruste rakendamine abistab eelnevalt kirjeldatud meetodite analüüsimist. Järgnevas peatükis kirjeldatakse vaadeldud meetodite rakendamiseks loodud mudelit ja selle sisendite eripärasid.

### 3. Riskide hinnastamiseks koostatud mudel

Käesolevaks magistritööks vajalik mudel koostati Exceli tabelarvutuse lisaprogrammi Palisade @RISK abil, mille kasutamist võimaldas autori tööandja omandatud litsents. Koostatud mudel arvutab jaemüüja valikutest lähtuvalt aastase kasumi ning nädala- ja tunnipõhise minimaalse kasumi statistilised jaotuskõverad ning eelnevalt kirjeldatud riskide hinnastamise meetodite arvulised väärtused. Jaemüüja valikutena käsitletakse spot- ja finantsturu riski maandamise võimalusi ning pakutavaid müügihindasid. Valikuid tehes peab jaemüüja arvestama mitmete stohhastiliste teguritega, mis võivad tema ostu- ning müügiportfelli muuta.

Mudelis kasutatud perioodiks otsustati valida üks aasta, sest elektriturul on tavapärane vahetada elektrilepingu pakkujaid kalendriaasta möödudes [3]. Lisaks kajastab antud periood ühte terviklikku majanduslikku ning kliimatilist tsüklit. Mudeli tööpõhimõtte skeem, mis toob esile valitud perioodil kasutatavaid konstante, stohhastilised muutujaid, jaemüüja strateegilised valikuid, tähtsamaid vahearvutusi, analüüsitavaid väljundeid ning loodud seoseid, on esitatud töö lisan (vt L.1). Eelnevalt kirjeldatud suurused, nende tähised, seletused ja ühikud on samuti välja toodud töö lisan (vt L.2). Mudelis kasutatud sisendeid on kirjeldatud järgmistes alajaotistes.

#### 3.1. Stohhastilised komponendid ning statistilised jaotused

Palisade @RISK võimaldab genereerida kindla statistilise jaotusega juhuslikke arve, mida kasutatakse igal iteratsioonil stohhastiliste komponentidele väärtuse andmiseks. Juhuslikke arve genereeritakse vastavalt valikule kas Monte Carlo või Latin Hypercube meetodi abil, millest viimast kasutati ka koostatud mudeli juures. Antud valikut põhjendab töö autor sellega, et Latin Hypercube meetod võimaldab soovitud statistilise jaotusi täpsemalt genereerida [37]. Statistiliste jaotustena sisestatud stohhastilisi komponente on kasutatud järgnevatel protsessidel:

- müügihinna modelleerimine;
- futuuri hinna modelleerimine;
- jaemüüja portfelli modellerimine;
- Nord Pool Spot hinnakõvera modellerimine.

##### 3.1.1. Ühtlane jaotus

Ühtlane jaotus on statistiline jaotus, mille korral on kõigil võimalikel sündmustel võrdne võimalus esineda. Ühtlase jaotusega defineeritakse kindel sündmuste toimumise vahemik. Diskreetse ühtlase jaotuse korral defineeritakse kindlad sündmused, millel on võrdne



esinemistõenäosus. Diskreetsed ühtlast jaotust kasutatakse antud magistritöö raames müügihinna modelleerimiseks.

### **3.1.2. Normaaljaotus**

Normaaljaotus on statistiline jaotus, mille korral on ühel kindlal sündmusel (mood) suurem esinemistõenäosus kui teistel. Mida rohkem sündmuste väärtused erinevad moodist, seda enam antud sündmuste tõenäosus väheneb. Statistilisi jaotusi iseloomustatakse lisaks ka keskväertusega, mis on valimi kõigi väärtuste aritmeetiline keskmine. Normaaljaotuse korral on mood ja keskväertus võrdsed. Normaaljaotust defineeritakse lisaks keskväertusele ka standardhälbega. Normaaljaotust kasutatakse tihtipeale looduslike sündmuste kirjeldamisel [38], mistõttu on seda koostatud mudelis kasutatud kuu keskmise temperatuuri ning futuuri hinna modelleerimisel.

## **3.2. Müügiportfelli modelleerimine**

Jaemüüja kasumi jaotuskõvera arvutamiseks on esmalt tarvis modelleerida jaemüüja tunnipõhine müügiportfell. Müügiportfelli modelleerimiseks kujundatakse fiktiivne turg, mis koosneb nii väiketarbijatest, aktiivsetest ning passiivsetest klientidest. Lisaks on turul kujutatud temperatuurist sõltuvad tarbijad. Müügiportfelli kujunemisele avaldavad mõju järgnevad väärtused:

- konstandid - väiketarbijate ja passiivsete klientide osakaal;
- stohhastilised muutujad - müügihinnast sõltuv aktiivsete klientide maht portfellis, temperatuurist sõltuvate klientide tarbimismaht.

Tegelik tunnipõhine tarbimisportfell sõltub veel paljudest muudest muutujatest. Näiteks võib olulist rolli mängida automaatarvestite, ühe- ja kahetariifsete arvestite osakaal ning nende osakaalude muutumine, mis on Baltimaade müügiportfelli kujunemisel aktuaalne teema, sest käimasolevate projektide raames toimub pidev arvestite väljavahetamine. Kirjeldatud protsessi prognoosimine on antud magistritöö teemast laiaulatuslikum uurimine, mistõttu on arvestite tüüpidest sõltuv tarbimine mudelist välja jäetud. Samuti ei laiene magistritöö modelleerimine käitumusliku tarbimise prognoosimisele, mis nõuab kodutarbijate harjumuste süvaanalüüsi.

### **3.2.1. Jaemüüja turuosa modelleerimine**

Väiketarbijate turu koostamiseks on korrutatud Eesti tunnipõhine kogutarbimine ning väiketarbijate osakaal koguturust (30%) [34]. Kuigi realselt erinevad kommerts-, tööstus ning koduklientide tarbimisharjumused, siis antud viisil müügiportfelli kujundamist peab autor piisavalt täpseks reaalsele võimalikule klientide tarbimisele, sest sihtklientide valimine sõltub

jaemüüja enda parimast äranägemisest, mistõttu võib portfelli sattuda ka hulgaliselt mittekodutarbijaid.

Klientide liikumine jaemüüja portfellis on modelleeritud aktiivsete ning passiivsete klientides osakaaluga koguturust. Aktiivsete klientide osakaal määrab ära maksimaalse osa turust, mis turul pakutavatele hindadele reageerib. See osakaal koguturust on näitlikustatud 10%-na. Klientide liikumine jaemüüja portfellis on kajastatud lineaarse sõltuvusena piirhindade vahel, mis on valitud magistritöö autori enda poolt lähtudes 2014. aasta lõpu septembris pakutud hindadest [39]. Klientide liikumist turul iseloomustavad alljärgnevad valemid (3.1) ja (3.2):

$$D_{kogu} = D_{Eesti} OK_{väike} (OK_{akt_t} D_{akt} + OK_{pas_t} D_{pas}) \quad (3.1)$$

$$OK_{akt_{port}} = \frac{PH_{max} - \pi}{PH_{max} - PH_{min}} \quad (3.2)$$

Piirhind on valitud vastavalt 40 EUR/MWh ja 50 EUR/MWh arvestamata makse, aktsiise, taastuvenergia toetusi jm riigi seadustest tulenevaid kohustusi. Minimaalne piirhind on valitud otsustamispäeval oleva finantsturu hinna ja koguturu profiilikulu summa (40,07 EUR/MWh) täiskohani ümardusena. Antud summa peegeldab lihtsustatult maksimaalset ostukulu. Maksimaalse piirhinna valik on autori subjektiivne valik põhinedes otsustuspäeval olevale finantsturu hinnale.

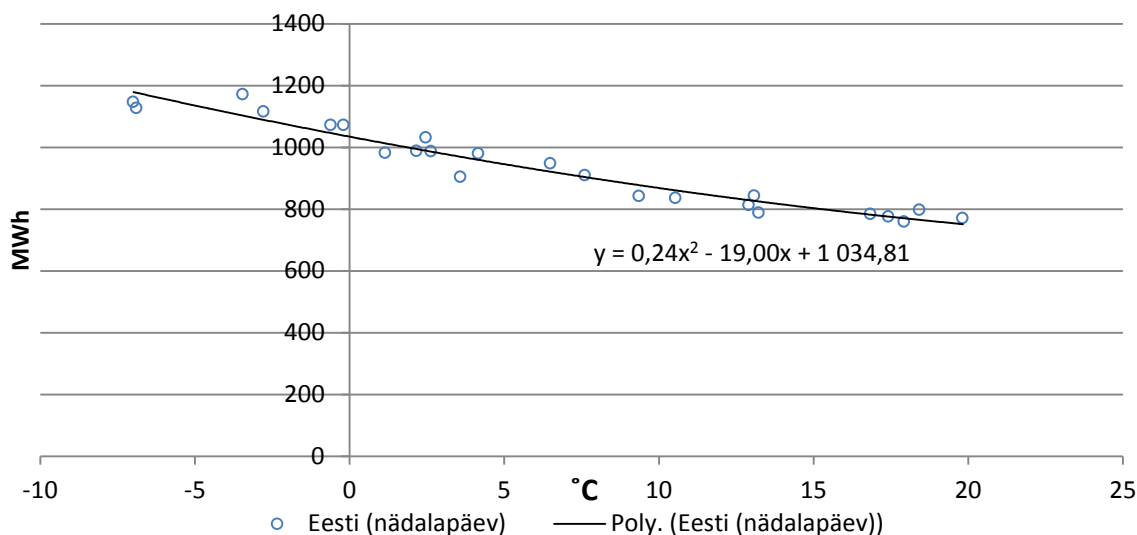
### 3.2.2. Temperatuuri ning tarbimise seose modelleerimine

Temperatuuri mõju on modelleeritud kindlale osale koguturust - sealjuures võrdselt nii aktiivsetele kui passiivsetele klientidele. Temperatuurist sõltuvate tarbijate osakaaluna (8%) kasutati Statistikaameti poolt 2012. a koostatud aruandest „Leibkondade energiatarbimise uuringu“ võetud statsionaarselt paigaldatud ning teisaldavate elektriseadmetega elektrikütte summaarset osakaalu kõigist majapidamistest [40].

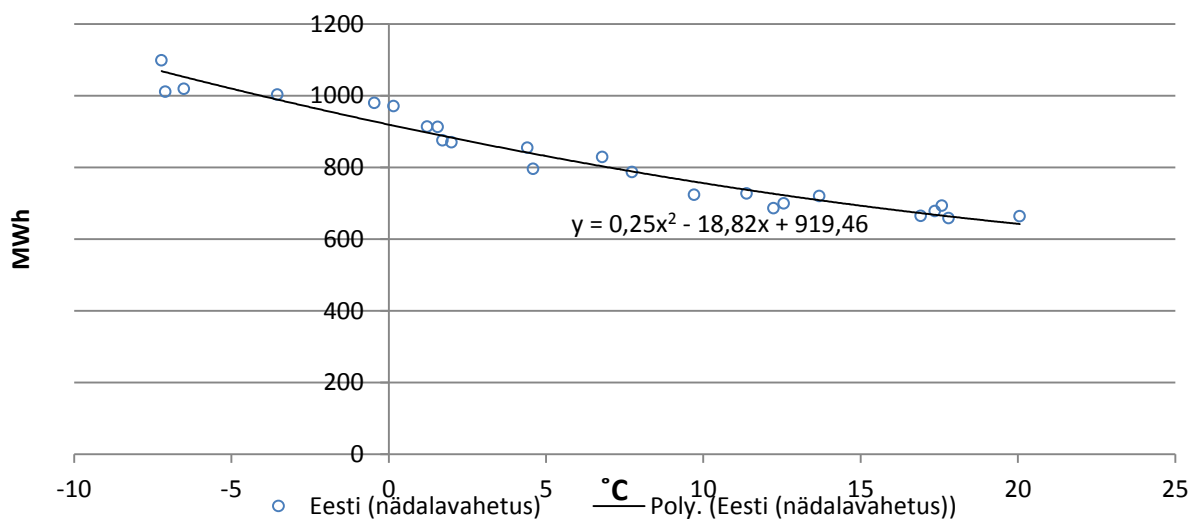
Temperatuuri modelleerimiseks on kasutatud normaaljaotust, mille keskväärtuseks on võetud iga kuu ajalooline keskmine temperatuur Tallinnas [41]. Ajaloolised keskmised maksimumi ning miinimumid erinevad keskväärtusest võrdsete suuruste võrra ning seetõttu on maksimumi (või miinimumi) ning keskväärtuse vahet kasutatud normaaljaotuse standardhällbena.

Temperatuuri ning tarbimise vahelisel seose loomiseks kasutati kuu keskmise temperatuuri ning Eesti kogutarbimise graafilist analüüsi. Selleks analüüsiti 2013. ja 2014. aasta kuupõhiseid andmeid ning arvestati temperatuuri ja tarbimise seose erinevust nädalapäeval (Joonis 3.1) ja nädalavahetusel (Joonis 3.2). Nädalapäevade ning nädalavahetuse andmeid võrreldes selgus, et nädalavahetuse seost kirjeldav polünoom iseloomustab samade temperatuuride juures väiksemat

tarbimist. Lisaks on nädalavahetuse andmetel saadud polünoom mõnevõrra nõgusam kui nädalapäevade tarbimisandmetel saadud polünoom. Graafilise analüüsil saadud polünoomid asendati mudelisse võrrandina, mille muutujad asendati normaaljaotusele alluva stohhastilise parameetriga. Loodud seosega arvutati iga iteratsiooni korral kõigiks kuudeks kindel tarbimiskogus.



**Joonis 3.1. Temperatuuri ja Eesti kogutarbimise vaheline seos nädalapäevadel**



**Joonis 3.2. Temperatuuri ja Eesti kogutarbimise vaheline seos nädalavahetustel**

Autor analüüsis ka temperatuuri ning tarbimise seost nädalate kaupa. Kujunenud polünoom ei erinenud kuupõhisest tulemusest olulisel määral ning lihtsustuse huvides valis autor kuupõhise polünoomi. Oluline on antud lihtsustuse juures mõista, et nädalapõhine seose puhul eemalduvad väga kõrgetel keskmistel temperatuuridel valimi tulemused polünoomi väärtusest. Antud olukorra võib põhjustada soojade ilmade korral tekkiv tarbimise tõus. Eelneva analüüsi põhjal

koostatud temperatuuri ning tarbimise seos on kajastatud aktiivsete ja passiivsete klientide portfelliges järgnevalt:

$$D_{akt/pas} = \sum_{t=1}^n OK_{akt/pas_{port_t}} \left[ K_{temp_t}^D * OK_{temp_t} + (1 - OK_{temp_t}) \right] \quad (3.3)$$

$$K_{temp}^D = \frac{D_{kesk}}{y_{poly}} \quad (3.4)$$

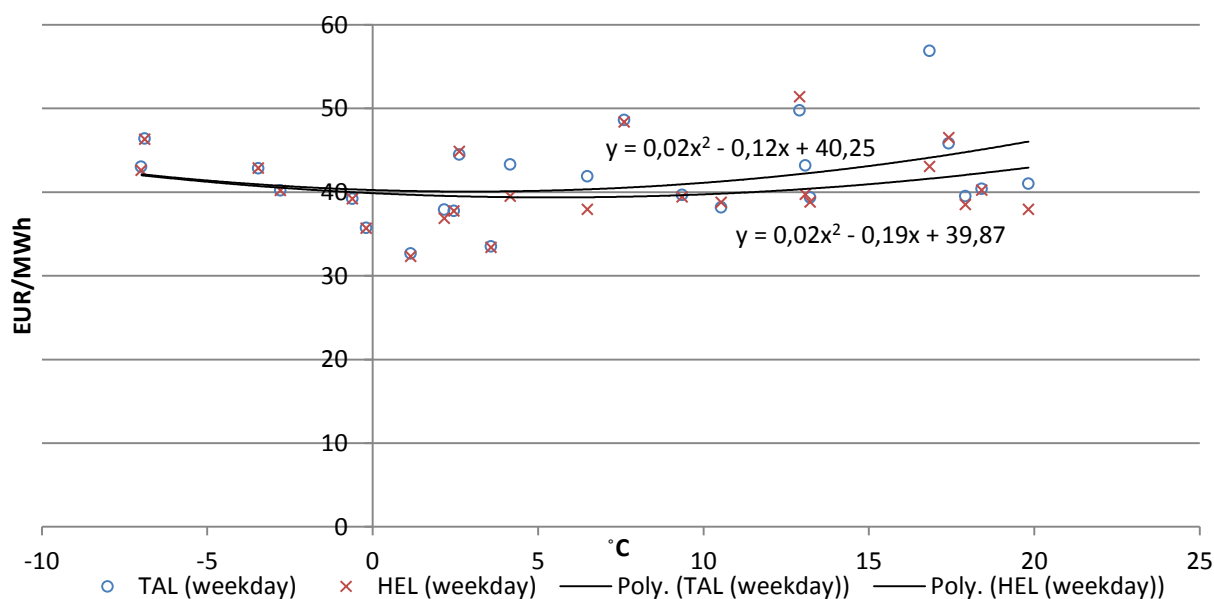
kus

$D_{kesk}$  tähistab ühe kuu keskmist kogutarbimist Eestis

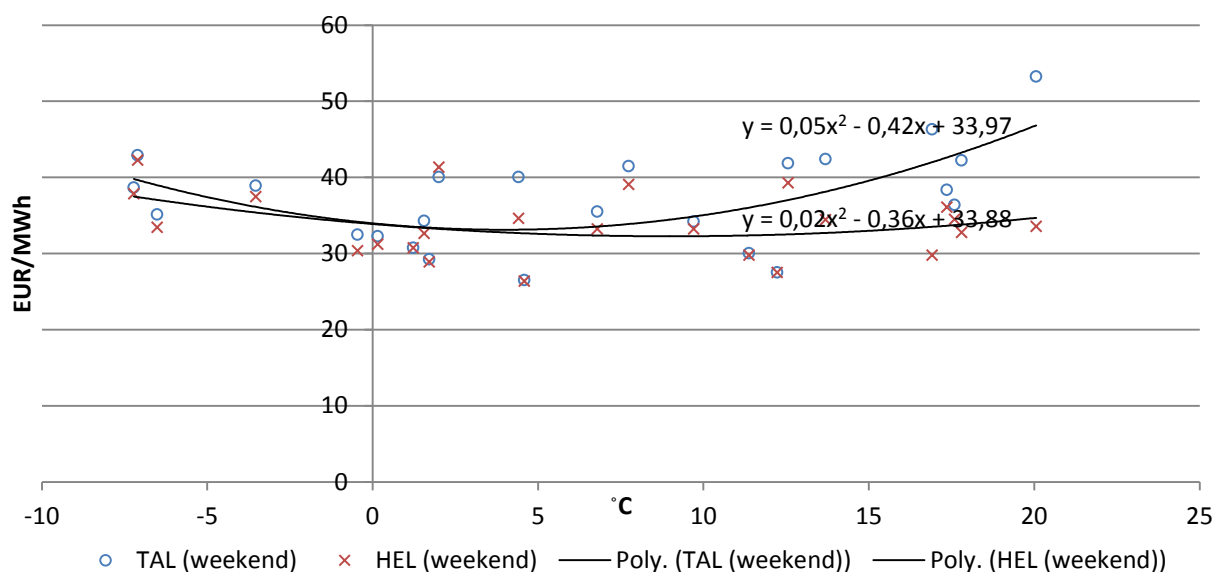
$y_{poly}$  tähistab polünoomi väärtust erinevate stsenaariumide korral

### 3.3. Spot-turu tunnihinna modelleerimine

Spot-turu tunnihinna modelleerimisel võeti aluseks 2014.a Nord Pool Spot tunnipõhine hind. Sarnaselt temperatuuri ning tarbimise vahelise seosele loodi ka temperatuuri ning börsihinna vaheline kordaja, mille alusena kasutati 2013. ja 2014. aasta kuupõhiseid andmeid. Spot-turu tunnihinna aluseks võetava piirkonna valikuks analüüsiti nii Eesti kui Soome piirkonna hindasid. Soome piirkonna tunnihindade võrdlus toodi sisse, sest Eesti spot-turu hind oli 2013. aastal tugevalt mõjutatud riikidevahelisest ülekandevõimsuse puudujäägist, mis põhjustas suurt volatiilsust. Alljärgnevad joonised kajastavad kirjeldatud temperatuuri ja spot-turu tunnihindade vahelist seost nädalapäevadel (Joonis 3.3) ning nädalavahetusel (Joonis 3.4).



**Joonis 3.3. Temperatuuri ja spot-turu hinna vaheline seos nädalapäevadel**



**Joonis 3.4. Temperatuuri ja spot-turu hinna vaheline seos nädalavahetustel**

Esiteks on näha oluliselt nõrgemat seost temperatuuri ja spot-turu hinna vahel võrdluses temperatuuri ja tarbimise seosega. Antud olukord tuleneb sellest, et spot-turu hinda kujundavad lisaks temperatuurile ka sademete hulk, veetase Skandinaavia reservuaarides, ülekandevõimsused naaberpiirkondadega, kütuste hinnad maailmaturgudel jms faktorid. Kirjeldatud mõjuritest tulenevalt tekivad ootamatud hinnaliikumised, mis vähendavad neil perioodidel tarbimise ja temperatuuri vahelist korrelatsiooni.

Lisaks on näha erinevust polünoomide vahel, milles on kasutatud Eesti või Soome andmeid. Erinevus võib tulla analüüsil kasutatud Tallinna temperatuurist kui Eesti ja naaberpiirkondade vaheliste ülekandevõimsuste puudujääkidest teatud perioodidel. Mudelisse valiti Soome piirkonna hinna ja temperatuuri vahelist seost iseloomustav polünoom tulenevalt Soome hinnapiirkonna väiksemast mõjust naaberpiirkondade vahelistest ülekandevõimsustest. Eelneva analüüsi põhjal koostatud temperatuuri ning spot-turu hinna seost on kajastatud järgnevalt:

$$P_t^P = K_{temp}^P * P_t \quad (3.5)$$

$$K_{temp}^P = \frac{P_{kesk}}{y_{poly}} \quad (3.6)$$

kus

$P_{kesk}$  tähistab kuu keskmist spot-turu tunnihinda Soome piirkonnas

$y_{poly}$  tähistab polünoomi väärtust erinevate stsenaariumide korral

### 3.4. Finantsinstrumentide hinna modellemine

Tavapärased mudelid kajastavad aktsia hinnaliikumist juhusliku ehk Browni liikumisena. Sealjuures kirjeldab aktsia võimalikku hinda tulevikus normaaljaotuse, mis arvestab aktsia ajalooliste andmete põhjal standardhälvet ja keskväärtust [42]. Matemaatiliselt on eeltoodud seost võimalik kirjeldada järgmiselt:

$$S_0 \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma) \quad (3.7)$$

kus

$S_0$  tähistab aktsia hinda

$\mu$  tähistab hinna keskväärtust

$\sigma$  tähistab hinna standardhälvet

Käesolevas magistritöös kasutatakse aktsiate modellemise lahendust ka elektrienergia aastase futuuri hinna modelleerimisel. Futuuri hinna prognoosimiseks võeti aluseks toodete ENOY-15 (DS futuur) ja HELY-15 (EPAD) päeva sulgemishinna summa perioodil 2.01.2012-30.09.2014 [31]. Soome piirkonna EPADi eelistati Eesti piirkonna EPADi ees kõrgema likviidsuse tõttu. Perioodi valikul võeti arvesse kogu toote ajalugu kuni perioodini, millal jaemüüjad võiksid avaldada pakutavad hinnad järgmiseks aastaks (3 kuud enne aasta algust) [43]. Jaemüüja müügihinna avaldamisest on tuleviku finantsturu hinnad genereeritud normaaljaotusena (4.2), mille keskväärtus ja standardhälve on välja toodud alljärgnevas tabelis (Tabel 3.1).

**Tabel 3.1. Futuuri prognoosi sisendid**

Standardhälve	3,35 EUR/MWh
Keskväärtus	41,02 EUR/MWh

Futuuri hinnariski maandamiseks on mudelis võimaldatud optsiooni kasutamine, mille maksumus avaldab mõju aastasele kasumile. Maksumuse arvutamiseks on vaja teada nii optsiooni mahtu kui preemiat. Optsiooni maht võetakse eeldusliku määratud tarne põhjal. Euroopa tüüpi optsioonide preemia arvutamiseks kasutatakse üldjuhul Black-Scholes-Mertoni mudelit, mis avaldub valemiga [44]:

$$C_0 = S_0 * N(d_1) - XN(d_1)e^{-R_f T} \quad (3.8)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (3.9)$$

$$d_2 = d_1 - \sqrt{T} \quad (3.10)$$

kus

$C_0$  tähistab optsiooni preemia väärtust

$S_0$  tähistab alusvara hinna hetkeväärtust

$N(d_1)$  ja  $N(d_2)$  tähistavad kumulatiivseid normaaljaotuste väärtusi kohal  $d_1$  ja  $d_2$

$\sigma$  tähistab alusvara hinnamuutuse standardhälvet

$X$  tähistab optsiooni realiseerimishinda

$R_f$  tähistab riskivaba intressimäära

$T$  tähistab aega optsiooni realiseerimiseni protsentuaalselt 365-päevalisest aastast

Opsiooni realiseerimishinnana kasutati 39,00 EUR/MWh, mis valiti toodete ENOY-15 ja HELY-15 kuupäeva 30.09.2014 sulgemishindade summa (38,87 EUR/MWh) põhjal. Nasdaq OMXC finantsturul on optsiooni aegumispäevaks 18. detsember [29]. Opsiooni preemia hinnastamisel on aluseks võetud valemid (3.8)-(3.10). Preemia arvutuslikud väärtused on välja toodud alljärgnevas tabelis (Tabel 3.2).

**Tabel 3.2. Black-Scholes arvutused ostuoptsioonile**

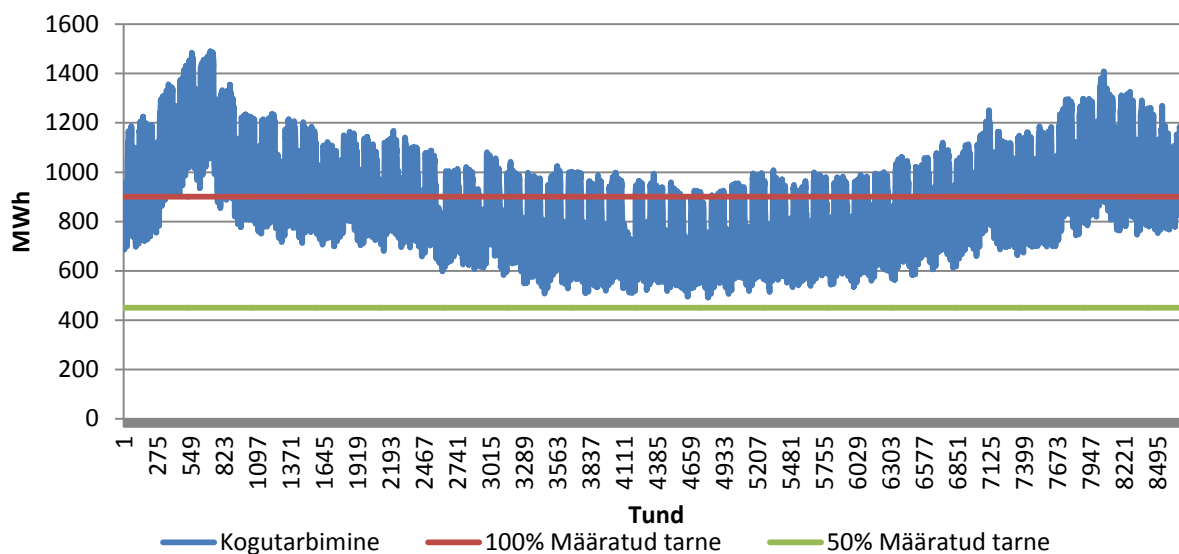
Ostuoptsioonide arv	Sõltub määratud tarne kogusest
SYS+HEL 2015 väärtus 30.09.2014	38,87 EUR/MWh
Toote aastane volatiilsus	11%
Päevi realiseerimiseni (% aastast)	25%
Realiseerimishind	39 EUR/MWh
Riskivaba intressimäär	5%
$d_1$	0,20
$d_2$	0,14
$N(d_1)$	0,58
$N(d_2)$	0,56
Preemia	1,03 EUR/optsioon

### 3.5. Sisendite analüüs

Sisendite analüüs on oluline selleks, et mõista domineerivaid sisendeid ning nende ekstreemumväärtusi, mis võivad kujundada aastase, nädalase või tunnipõhise kasumi väärtusi. Analüüsil vaadeldakse tarbimise ning spot- ja finantsturu hinna sisendite eripärasusi. Seejärel tehakse eeldused nende eripärade mõjudele tulemustes.

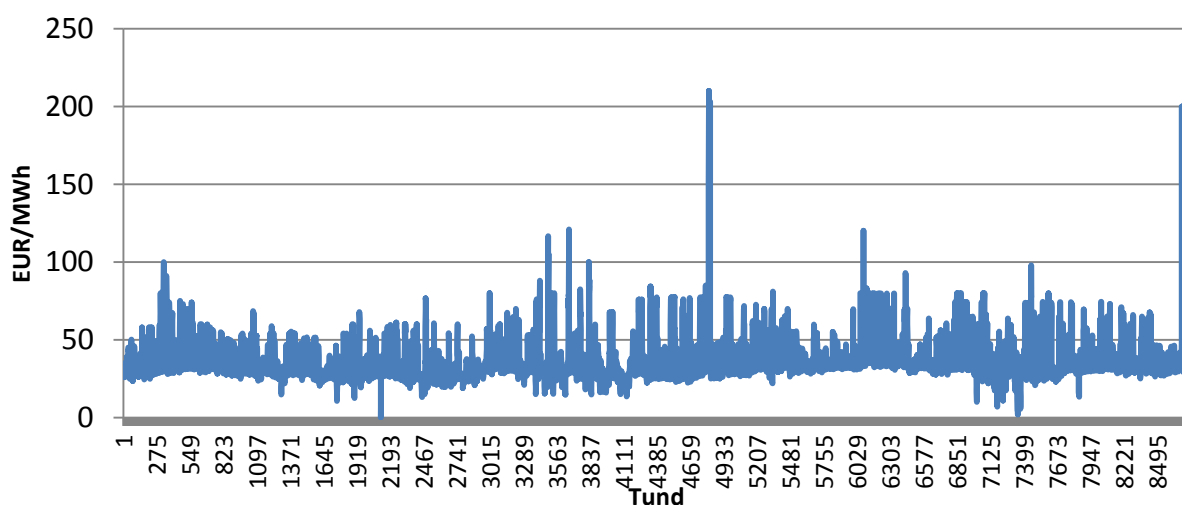
### 3.5.1. Eesti kogutarbimine ja Nord Pool Spot piirkonna hind 2014. aastal

Alljärgneval joonisel (Joonis 3.5) on kujutatud Eesti kogutarbimist 2014. aastal. Joonisele on märgitud ka määratud tarnete tasemed, mis katavad vastavalt 50% ja 100% kogutarbimisest. Jooniselt on võimalik näha, millistel tundidel ostetakse või müüakse avatud tarnet nii 50% kui 100% riski maandamise taseme korral. Graafikul on arvestamata jäetud temperatuuri mõjutegur, mistõttu ei ole iga stsenaariumi sisendi väärtust siin täpselt kujutatud. Siiski on joonis piisava täpsusega, et teha eeldusi avatud tarne mahtude kohta erinevate stsenaariumite korral.



*Joonis 3.5. Eesti kogutarbimine 2014. aastal*

Selleks, et analüüsida tunnipõhise minimaalse kasumi jaotuskõvera tekkimist, tuleb arvestada ka spot hinna lühiajalisi suuri kõikumisi. Alljärgneval joonisel (Joonis 3.6) on välja toodud 2014. aasta spot-turu tunnihinna liikumine Eesti piirkonnas, mida mudelis on korrigeeritud temperatuuriteguriga.



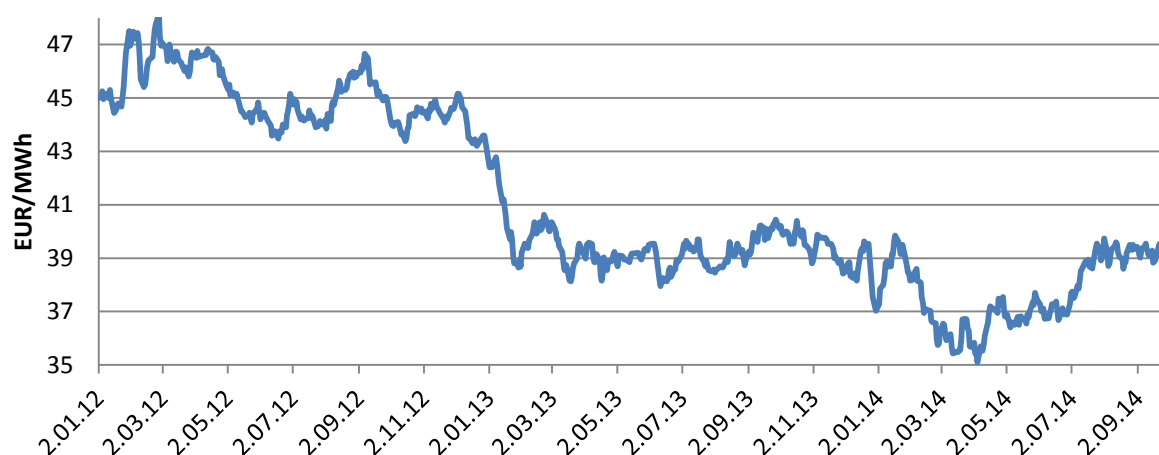
*Joonis 3.6. Nord Pool Spot Eesti piirkonna tunnihind 2014. aastal*



Temperatuuritegur muudab kuu hinnataset vastavalt simuleeritud kuu keskmisele temperatuurile. Spot-turu tunnihinna ekstreemumväärtused jäävad tulemusi mõjutama siis, kui avatud tarne mahus ostetakse nendel tundidel spot-turult elektrit juurde. Üle 200 EUR/MWh tunnihindasid esines 2014. aastal nii 20. juulil kui 29. detsembril. Määratud tarne korral, mis katab 50% kogutarbimisest, ostetakse mõlemal päeval avatud tarnet kõrge hinnaga. Vastupidine seis tekib määratud tarne korral, mis katab 100% müügiportfelli mahust. Sellisel juhul müüakse avatud tarnet 20. juuli kõrgete hindadega tundidel, kuid ostetakse 29. detsembri vastavatel tundidel. Eelduse kohaselt kujundavad antud hinnaliikumised tunnipõhiste minimaalsete kasumite väärtusi. Kõrgeim nädala keskmine hind oli 2014. aastal perioodidel 14. juuli – 20. juuli, 8. september – 14. september ja 13. oktoober – 19. oktoober. Neil perioodidel oli nädala keskmine hind vastavalt 55,88 EUR/MWh, 53,97 EUR/MWh ja 51,02 EUR/MWh ning eelduste kohaselt kujundavad antud perioodid nädala minimaalse kasumi jaotuskõveraid.

### 3.5.2. Finantstoote ENOY-15+HELY-15 toote ajalugu

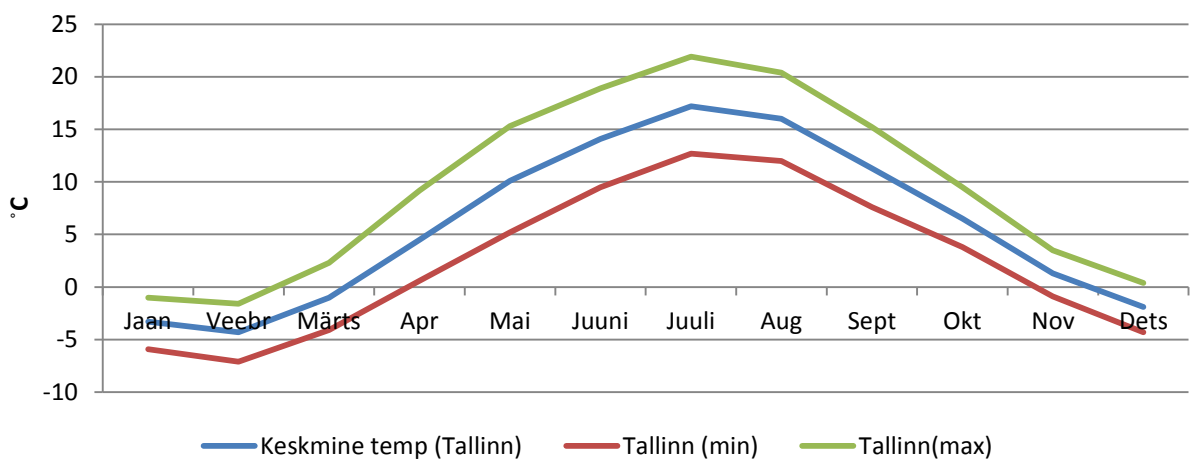
Alljärgneval joonisel (Joonis 3.7) on näha mudelis kasutatud finantstoote ajalugu, mis mõjutab prognoositava futuuri ostuhinna normaaljaotuse parameetreid. Finantstoote kauplemise alguses on finantsturu hinnarisk suur, mistõttu võib eeldada, et järsk hinnaliikumine 2013. aasta alguses on põhjustatud kauplejate suurem huvi toote vastu tarneaja lähenedes. Sellised hinnataseme kõikumised annavad valesignaale normaaljaotusega prognoosimiseks, kuid magistritöö autor on lihtsustanud finantstoote hinna prognoosimist vastavale lahendusele. Põhjusena tuuakse asjaolu, et suured hinnakõikumised võivad tekkida ka muudest faktoritest, mille analüüsimine ei ole antud töö põhiline uurimiseesmärk.



*Joonis 3.7. Toodete ENOY-15 ja HELY-15 päeva sulgemishindade summa*

### 3.5.3. Kuu keskmise temperatuuri analüüs

Alljärgneval joonisel (Joonis 3.8) on näha kuu keskmist, minimaalset ja maksimaalset keskmist temperatuuri. Kuu keskmine temperatuur on võetud aluseks normaaljaotuse keskväärtusele, mille standardhälve sõltub kuu keskmisest minimaalsest (või maksimaalsest) temperatuurist. Antud sisend kitsendab oluliselt päeva ja tunnipõhiseid temperatuuri kõikumisi ning ei kajasta tegelikku spot-turu hinna ja tarbimise ning temperatuuri vahelist seost. Magistritöö autor on lihtsustanud temperatuuri prognoosimist ning tarbimise sõltumist vastavale lahendusele, sest pikaajalise temperatuuri prognoos sõltub mitmetest faktoritest. Nende faktorite uurimine ning temperatuuri täpsem prognoosimine ei ole mahu antud töö eesmärgi piiresse.



**Joonis 3.8. Kuu keskmised välisõhu temperatuurid Tallinnas**

## 4. Riskide hinnastamise analüüs

Stsenaariumite kujundamiseks ja väljundite tundlikkuse analüüsimiseks kasutati tööriista Advanced Stress Analysis, mis võimaldab muuta erinevate simulatsioonide korral ühte valitud sisendmuutajat (jaemüüja valikut) korraga. Seeläbi kasutatakse igal simulatsioonil samade juhuslike arvudega iteratsioone ning võimaldatakse hinnata väljundite erinevust ühe sisendi muutmisel. Advanced Stress Analysis tööriistaga on seeläbi võimalik kujundada jaemüüja valikutel põhinevaid stsenaariume.

Antud mudeli sisendite põhjal analüüsitakse kolme erinevat stsenaariumi. Iga stsenaariumi analüüsimiseks on sisenditeks tehtud deterministlikud valikud, mis on toodud alljärgnevas tabelis (Tabel 4.1.). Eelnevalt tehakse väljundite tundlikkuse analüüs sisenditele ning seejärel kõigi stsenaariumite valikute kohta lühiajalise kahjumiriski analüüs.

Tabel 4.2 kirjeldab erinevate analüüsides sisu ning analüüsimisel kasutatavaid väljundid ja nende ühikud on toodud Lisas 1. Jaotuslike väljundite tulemused on kajastatud keskvärtusena ja olulisemad jaotused on kuvatud graafikute näol. Optimeerimisülesanne lahendatakse olukorras, kus jaemüüja on otsustanud oma portfelli riski maandada futuuriga, mis katab 50% ulatuses tema eeldatavat kogutarbimist.

**Tabel 4.1. Stsenaariumite kirjeldus**

<b>Stsenaarium</b>	<b>Stsenaariumi kirjeldus</b>
Spot-turu hinnariski maandamise stsenaarium	Stsenaarium kirjeldab spot-turu hinnariski maandamise mõju lühiajalisele kahjumile. Riski maandamiseks on valitud futuur, mis katab portfelli aastase koguse tasemetel 0%, 50% või 100%.
Finantsturu hinnariski maandamise stsenaarium	Stsenaarium kirjeldab optsiooniga finantsturu hinnariski maandamise mõju lühiajalisele kahjumile 50% riski maandamise taseme juures.
Müügihinna valiku stsenaarium	Jaemüüja müügihinna valiku simuleerimiseks genereeritakse kolm erinevat hinda, mis võidab vastavalt 0%, 50% ja 100% aktiivsete klientide mahust.

**Tabel 4.2. Analüüside kirjeldus**

<b>Analüüs</b>	<b>Analüüsi kirjeldus</b>
Väljundite tundlikkuse analüüs sisenditele	Analüüs kirjeldab väljundite tundlikkust ning nende muutumise iseloomu sisendite muutumisel. Väljunditena vaadeldakse portfelli kogumahtu ning pikaajalisele kasumit. Analüüsiks on tehtud jaemüüja portfelliga kindlad valikud, et tuua välja olulisemad sisendite mõju muutused.
Pika- ja lühiajalise kasumi analüüs	Kõigi stsenaariumite korral analüüsitakse jaemüüja valiku üleselt pika- ning lühiajalise kasumi kõveraid. Võrreldakse VaR ja CVaR väärtusi nii päevase kui nädalase minimaalse kasumijaotuse korral. VaR ja CVaR usaldusintervallina on kasutatud 95%.
Optimeerimisülesanne parima müügihinna pakkumiseks	Lahendatakse optimeerimisülesanne (4.2) 50% riski maandamise tasemega futuuriga portfellis.

Iga stsenaariumi ja valiku puhul kasutatakse uusi simuleeritud stohhastilisi väärtusi (temperatuur, määratud tarne ostuhind). Seetõttu erinevad tulemused mõnevõrra olukorrast, kui simuleeritakse ühed stohhastilised väärtused, mis asendatakse kõikidesse stsenaariumitesse. Kokku tehakse 8 simulatsiooni ning iga simulatsiooni korral 5000 iteratsiooni.

#### **4.1. Stsenaariumite eeldused**

Sisendite analüüsi ning stsenaariumite kirjelduse põhjal antakse eeldused väljunditele ning nende tundlikkusele sisendite suhtes. Esimese stsenaariumi korral eeldatakse, et kasumi jaotuskõver ei ole 0% riski maandamise taseme juures tundlik määratud tarne ostuhinnale. Samuti oodatakse kasumi tundlikkuse kasvu ostuhinnale riski maandamise taseme kasvades. Eeldatakse, et pika- ja lühiajaline kasum on müügihinnale tundlikum kui kuu temperatuuride muutumisele. Lisaks nähakse riski maandamise taseme tõstmisel pikaajalise kasumi vähenemist, sest finantstoote normaaljaotuse keskvärtus on suurem kui sisendina kasutatav keskmine spot-turu hind. Eeldatakse, et riski maandamine on antud mudeli korral kahjumlik, kuid vähendab lühiajalisi kahjumi kõikumisi kõrgete hindadega tundidel. Lühiajalise kahjumi vähenemine toimub avatud tarne vähenemisega antud tundidel.

Teise stsenaariumi puhul eeldatakse, et optiooni kasutamine vähendab müügihinna tundlikkust pika- ja lühiajalisele kasumile. Oodatakse müügihinna ja finantstoote ostuhinna suuremat

tundlikkust kasumile, võrreldes kuu keskmiste temperatuuride kõikumisega. Lisaks oletatakse, et optsiooni kasutamine kitsendab pikaajalise kasumi jaotuskõverat, sest elimineeritakse futuuri kasutamise kaasnäht ja väheneb maksimaalne kasum optsiooni maksumuse võrra. Eeldatakse, et lühiajaliste rahavoogude analüüs erineb vähesel määral simuleeritavate stohhastiliste väärtuste tõttu.

Kolmanda stsenaariumi korral eeldatakse finantstoote ostuhinna tundlikkuse kasvu suureneva turuosa korral. Samuti oletatakse, et portfelli jaotuskõverat hakkab kujundama temperatuur, mistõttu läheneb portfelli jaotuskõver normaaljaotusele. Lisaks oodatakse, et müügihinna maksimeerimine võib vähendada väiksemast turuosast tulenevalt pikaajalist kasumit. Samuti nähakse, et suurem portfell ning väiksem müügihind mõjutab tugevalt lühiajalise kahjumi suurenemist.

## **4.2. Väljundite tundlikkuse analüüs**

Väljundite tundlikkuse analüüsil vaadeldakse portfelli kogumahu ning kasumi muutust erinevate stohhastiliste sisendite korral. Analüüs toob esile, millised sisendid mõjutavad mudeli tulemusi kõige rohkem. Samuti näitab analüüs, kuidas erinevad sisendid mõjutavad portfelli kogumahtu ning kasumit. Mõningate stsenaariumi valikutest oleneb ka väljundite tundlikkus, kuid käesolevas magistritöös on antud erinevused välja jäetud, sest need muutused ei kajasta sisendite mõju iseloomus suurt muutust. Analüüsil on kasutatud kolme sisendit, mis mõjutavad vaadeldavat väljundit kõige rohkem. Väljundite tundlikkuse analüüsil on suurimat mõju avaldav sisend kuvatud punase joonega, vähem mõju avaldav sisend sinise joonega ning vähimat mõju avaldav sisend rohelise joonega.

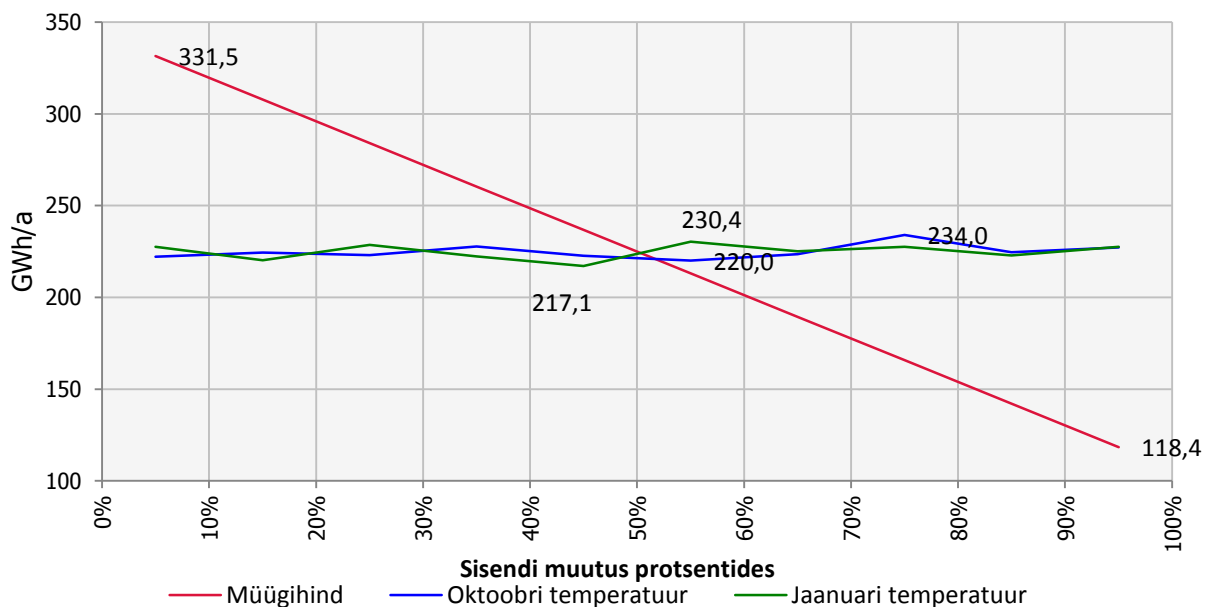
Antud analüüsil on oluline täheldada väljundite tundlikkuse kuvamise eripära kui sisendite jaotused ei ole sarnased. Müügihinna sisend on simuleeritud ühtlase jaotusena, mistõttu kuvatakse graafikul sisendi minimaalne väärtus 0%-na ning maksimaalne väärtus 100%-na. Samas on temperatuuri ja finantstoote hind simuleeritud normaaljaotusena, mille korral kuvatakse sisendi muutus programmi eripärast tulenevalt inverteerituna – maksimaalne sisendi väärtus vastab graafikul 0%-le ning minimaalne väärtus 100%-le.

### **4.2.1. Portfelli kogumaht**

Portfelli kogumaht muutub sarnaselt futuuri ja optsiooni ning riski maandamise taseme stsenaariumite korral. Seetõttu ei ole antud analüüsi tegemisel vahet, millises mahus on risk maandatud ning, kas ostetud instrument on futuur või optsioon. Müügihinna muutmise stsenaariumil on temperatuur ainsaks portfelli kogumahtu muutvaks sisendiks. Erinevate

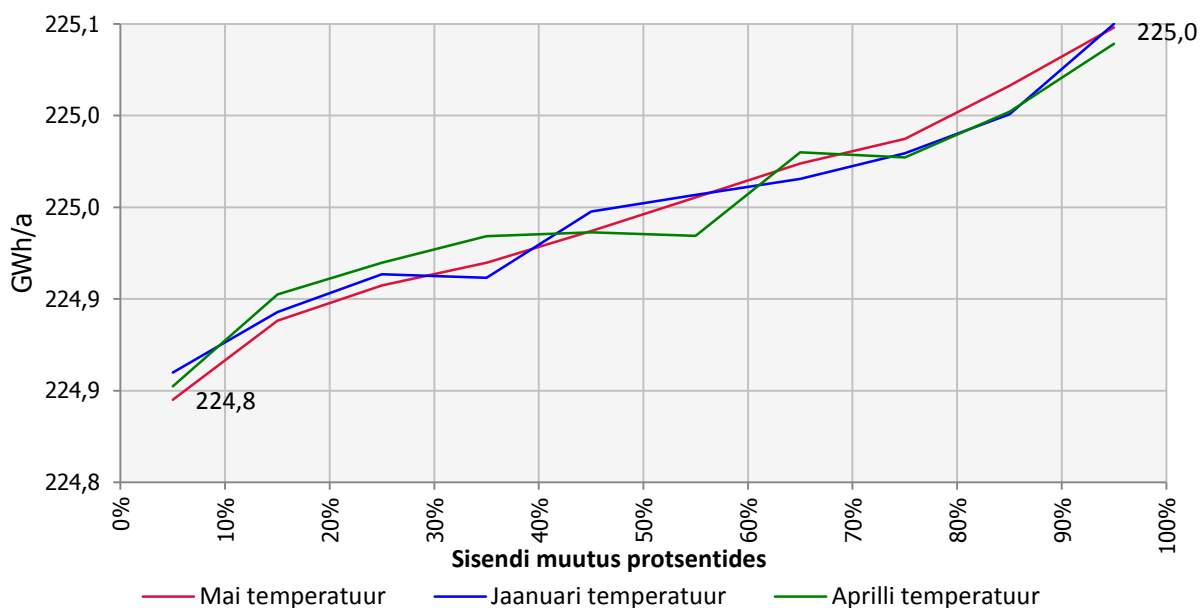
müügihindade puhul muutub portfelli kogumahu tundlikkus erinevatele kuu keskmistele temperatuuridele. Antud töös on uuritud vaid olukorda, kus müügihind on 45 EUR/MWh, sest kõigi müügihindade puhul on temperatuuri mõju iseloom portfelli kogumahule sarnane.

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.1) on näha portfelli kogumahu muutumist stsenaariumil, kus futuuriga on saavutatud 50% riski maandamise tase. Antud stsenaarium kirjeldab ühe kuu temperatuuri ning müügihinna summaarset muutust portfelli kogumahule. Teisisõnu, ekstreemumväärtused esinevad iteratsioonidel, kui kokku langevad madalad kuu keskmised temperatuurid ning madal müügihind. Jooniselt võib näha müügihinna ning portfelli kogumahu lineaarset sõltuvust. Portfelli kogumaht sõltub müügihinnast 213,1 GWh ulatuses ning oktoobri ja jaanuari temperatuuri kõikumisest vastavalt 14,0 ning 13,3 GWh ulatuses.



**Joonis 4.1. Portfelli kogumahu tundlikkus müügihinnast ning temperatuurist**

Alljärgnev joonis (Joonis 4.2) kirjeldab portfelli kogumahu muutumist stsenaariumil, kus müügihinnaks on pakutud 45 EUR/MWh ning risk on maandatud 50% ulatuses futuuriga. Antud stsenaarium kirjeldab ühe kuu temperatuuri muutust portfelli kogumahule, sest nüüd on välistatud müügihinna muutus. Jooniselt võib näha, et portfelli kogumaht sõltub ühe kuu keskmisest temperatuurist mittelineaarselt 0,2 GWh ulatuses (ligikaudu 0,09% maksimaalsest kogumahust). Sisendi polünoomist tulenevalt on maksimaalsete ning minimaalsete temperatuuride korral temperatuuri muutuse mõju portfelli kogumahule suurem.



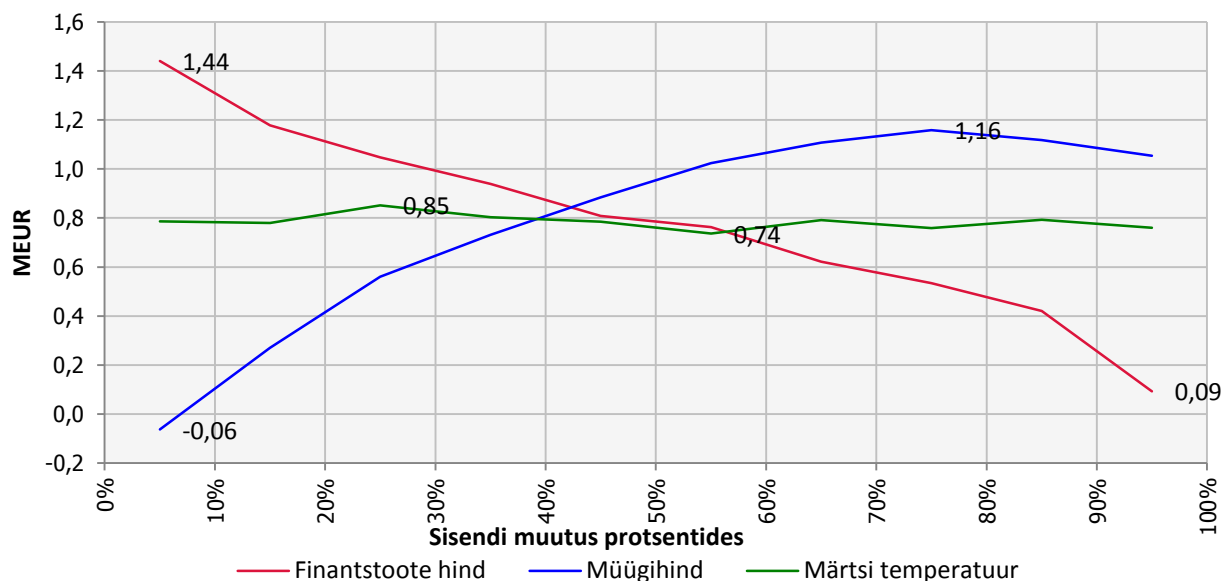
**Joonis 4.2. Portfelli kogumahu tundlikkus temperatuurist**

Kahe stsenaariumi analüüsimisel võib järeldada, et portfelli kogumaht on müügihinna sisendi muutusele oluliselt tundlikum kui ühe kuu temperatuuri mõju. Temperatuuri mõju sõltub temperatuurist sõltuvate klientide turuosast, sisendi polünoomidest ning normaaljaotusele antud parameetritest. Antud mudeli korral võib temperatuuri väike mõju olla seletatav temperatuurist sõltuvate klientide väikesest turuosast (8%) ning normaaljaotuse väikesest standardhälbest. Siiski peab mudeli parameetrite muutmisel arvestama, et kõigi kuude temperatuuri mõju kumuleerub aastasele portfelliga.

#### 4.2.2. Aastane kasum

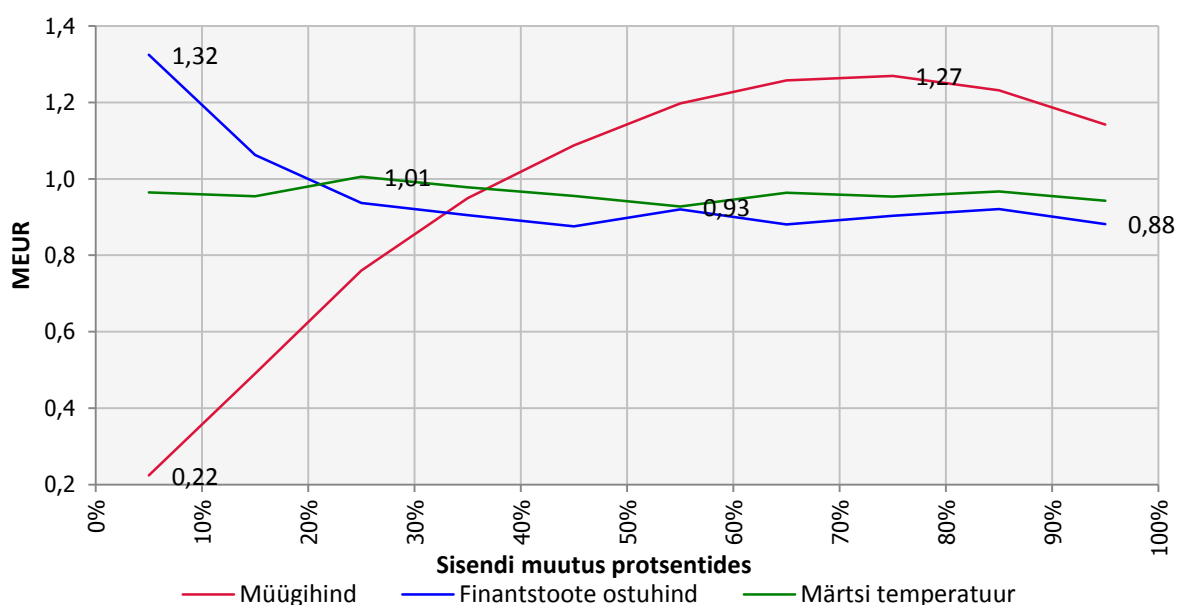
Aastase kasumi analüüsil on oluline märkida, et temperatuur mõjutab nii spot-turu hinda kui portfelli kogumahtu. Seetõttu võib eeldada, et temperatuuri mõju on kasumile märgatavam, kui portfelli kogumahule.

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.3) on näha aastase kasumi muutumist stsenaariumil, kus futuuriga on saavutatud 50% riski maandamise tase ning müügihind muutub vastavalt ühtlasele jaotusele. Antud stsenaarium kirjeldab ühe kuu temperatuuri, müügihinna ning futuuri ostuhinna summaarset muutust aastasele kogumahule. Teisisõnu, ekstreemumväärtused esinevad iteratsioonidel, kui kokku langevad madalad kuu keskmised temperatuurid, odav futuuri hind ning optimaalne müügihind. Jooniselt võib näha müügihinna, finantstoote ostuhinna ja temperatuuri mittelineaarset sõltuvust aastase kasumiga. Aastane kasum sõltub futuuri ostuhinnast ja müügihinnast vastavalt 1,35 MEUR ning 1,22 MEUR ulatuses. Lisaks sõltub kasumi märtsi temperatuuri kõikumisest 0,11 MEUR ulatuses.



**Joonis 4.3 Kasumi muutus futuuriga spot-turu riski maandamisel**

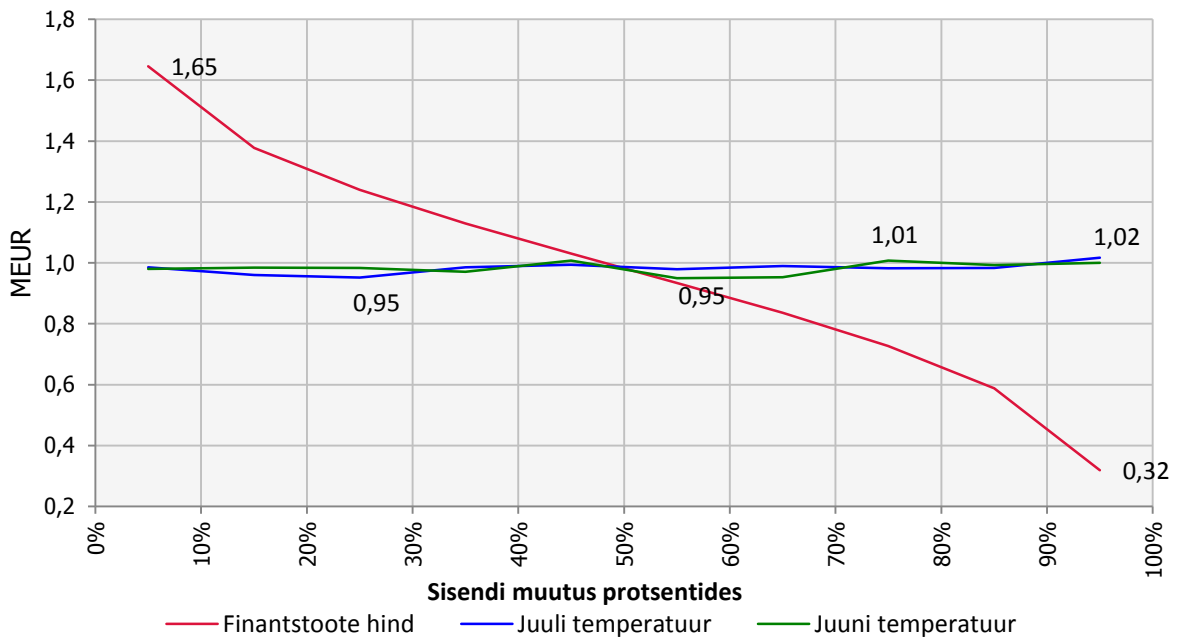
Alljärgneval joonisel (Joonis 4.4) on näha aastase kasumi muutumist stsenaariumil, kus optsiooniga on saavutatud 50% riski maandamise tase ning müügihind muutub vastavalt ühtlasele jaotusele. Antud stsenaarium kirjeldab ühe kuu temperatuuri, müügihinna ning optsiooni ostuhinna summaarset muutust aastasele kogumahule. Teisisõnu, ekstreemumväärtused esinevad iteratsioonidel, kui kokku langevad madalad kuu keskmised temperatuurid, odav optsiooni alusvara hind ning optimaalne müügihind. Jooniselt võib näha müügihinna, finantstoote ostuhinna ja temperatuuri mittelineaarset sõltuvust aastase kasumiga. Aastane kasum sõltub futuuri ostuhinnast ja müügihinnast vastavalt 0,43 MEUR ning 1,05 MEUR ulatuses. Lisaks sõltub kasumi märtsi temperatuuri kõikumisest 0,08 MEUR ulatuses.



**Joonis 4.4. Kasumi muutus optsiooni ostmise korral**



Alljärgnev joonis (Joonis 4.5) kirjeldab aastase kasumi muutumist stsenaariumil, kus müügihinnaks on pakutud 45 EUR/MWh ning risk on maandatud 50% ulatuses futuuriga. Jooniselt võib näha finantstoote hinna ning kuu keskmiste temperatuuride mittelineaarset sõltuvust aastase kasumiga. Aastane kasum sõltub futuuri ostuhinnast 1,23 MEUR (ligikaudu 75% maksimaalsest kasumist) ulatuses ning juuli ja juuni temperatuuri kõikumisest vastavalt 0,06 MEUR ning 0,05 MEUR ulatuses (ligikaudu 5-6% maksimaalsest kasumist).



**Joonis 4.5. Portfelli kasumi muutus 50% aktiivsete klientide turuosa korral**

Kasumi tundlikkuse analüüsil on oluline täheldada seost müügihinna ning maksimaalse kasumi vahel. Liiga kõrge müügihind avaldub portfelli aktiivsete klientide osakaalu kaotamises ning kasumi vähenemises, samas liiga madal müügihind võib tähendada pikaajalist kahjumit. Lisaks on analüüsil juures tähtis kasumi muutus futuuri või optiooni valikul. Analüüsitud graafikutelt on võimalik näha, et optiooniga piiratakse kasumi langemine kui alusvara hind tõuseb üle realiseerimishinna väärtuse. Kolmanda olulise aspektina ilmneb, et temperatuuri muutuse mõju on kasumi muutusele üle 50 korra suurem kui portfelli muutusele. Antud olukord on tingitud temperatuuri mõjust nii portfelli kogumahule kui spot-turu hinnatasemele, millest võib järeldada, et temperatuur mõjutab spot-turu hinda rohkem kui portfelli.

### 4.3. Stsenaariumite analüüs

Stsenaariumite analüüsil vaadeldakse kolme eelnevalt kirjeldatud stsenaariumi: spot- ja finantsturu hinnariski maandamise ning müügihinna valiku stsenaariume. Vastavalt stsenaariumile on tehtud eelnevalt deterministlikud valikud, mistõttu analüüsitakse otsustest

tulenevaid pika- ning lühiajaliste kasumite jaotuskõverate erinevusi. Stsenaariumite tulemused vastavad küsimustele: milliseks kujuneb kasumi jaotuskõver kui:

- muuta riski maandamise taset;
- osta finantsturu hinnariski maandamiseks optsioon;
- muuta müügihinda.

#### 4.3.1. Spot-turu hinnariski maandamine

Spot-turu hinnariski maandamise analüüsimiseks määrati riski maandamise tasemeteks 0%, 50% ja 100%. Antud stsenaariumi korral maandatakse spot-turu hinnarisk futuuriga. Valikute kirjeldamisel kasutatakse 0%-lise riski maandamise taseme kirjeldamiseks väljendit „täielikult avatud portfell“, mille tulemused võetakse aluseks stsenaariumite analüüsi järelduste tegemisel.

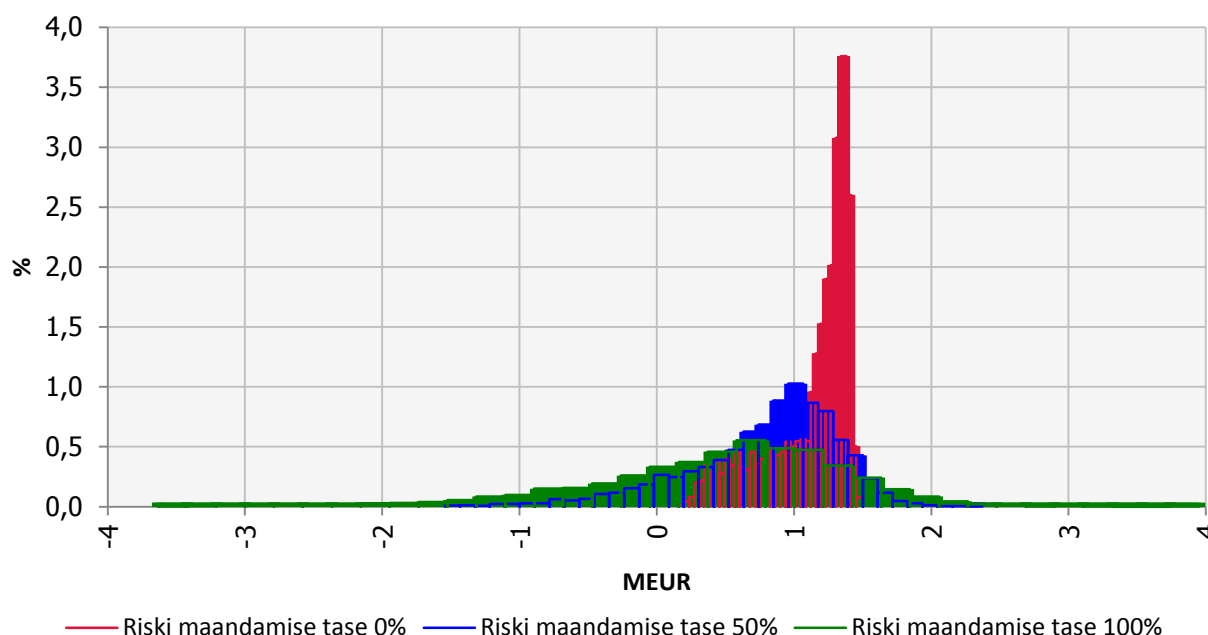
Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.3) on välja toodud aastase kasumi jaotuskõvera keskväärtused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud spot-turu hinnariski maandamise tasemete korral. Tabelist võib näha, et koguportfelli maht ning käive ei sõltu riski maandamise tasemest, mistõttu jaotuste keskväärtused kõigi kolme valiku jaoks olid võrdsed - vastavalt 224,95 GWh ning 9,93 MEURi. Võrreldes täielikult avatud portfelliga väheneb aastase kasumi jaotuskõvera keskväärtus 36% või 72%, kui tõsta riski maandamise tase vastavalt 50% või 100%-le, sealjuures suureneb standardhälve 0,25 MEUR ning 0,62 MEUR võrra. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et aastane kasum ei ole kirjeldatud valikute korral väiksem kui 0,44 MEUR, -0,30 MEUR või -1,26 MEURi. Kasumijaotuse keskväärtus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne 0,32 MEUR, -0,64 MEUR või -1,89 MEURiga.

**Tabel 4.3. Aastase kasumi statistilised näitajad spot-turu hinnariski maandamisel**

$MT_{tase}$	$D_{kogugu}$	$IN_a$	$PR_a$	$\sigma_a$	$Var_{1-\alpha_a}$	$CVaR_{1-\alpha_a}$
0%	224,95	9,93	1,11	0,31	0,44	0,32
50%	224,95	9,93	0,78	0,56	-0,30	-0,64
100%	224,95	9,93	0,46	0,93	-1,26	-1,89

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.6) on vastavalt valikutele kajastatud aastase kasumi jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et riski maandamise taseme suurendamisel väheneb jaotuse moodi tõenäosus. Samuti on võimalik näha kasumi jaotuskõvera kuju muutust. Täielikult avatud portfelli korral väheneb moodist suuremate kasumi väärtuste tõenäosus järsult, kui riski maandamise taseme tõstmisel muutub kirjeldatud üleminek sujuvamaks. Kirjeldatud nähtus

tuleneb sellest, et täielikult avatud portfelli korral ei mõjuta kasumi jaotuskõvera väärtusi futuuri hinna muutus. Aastase kasumi suured maksimum- ja miinimumväärtused tulenevad futuuri hinna ekstreemumväärtused.



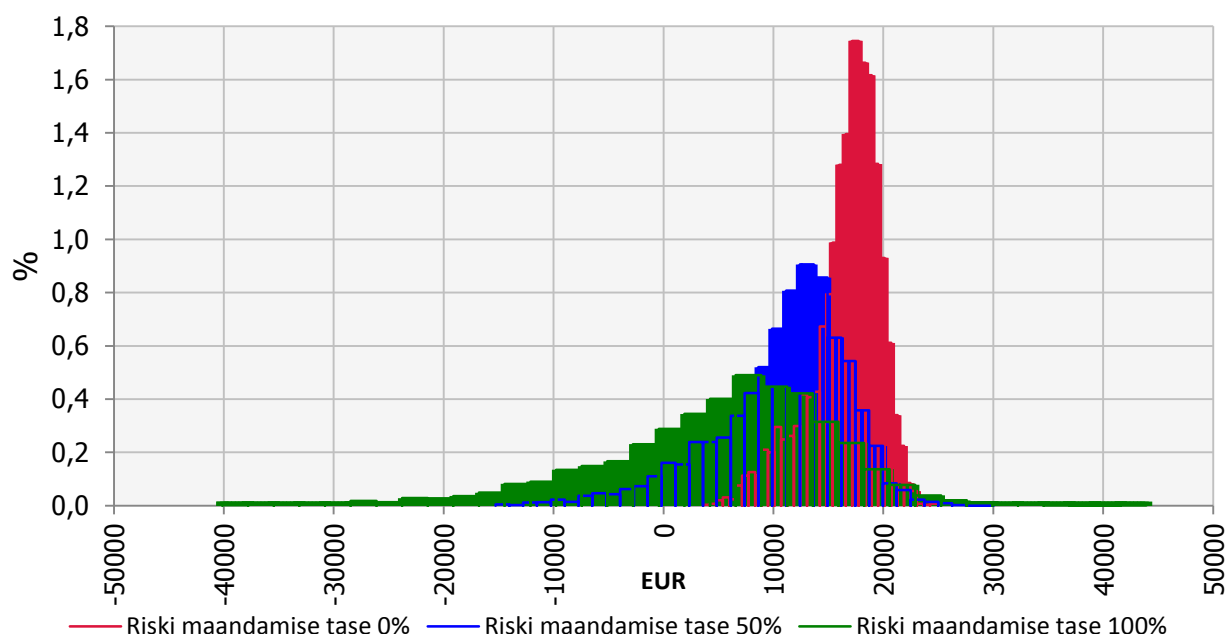
**Joonis 4.6. Aastase kasumi jaotuskõverad spot-turu hinnariski maandamisel**

Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.4) on välja toodud nädala minimaalsete kasumite jaotuskõverate keskvaartused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud spot-turu hinnariski maandamise tasemetel korral. Tabelist võib näha, et võrreldes täielikult avatud portfelliga väheneb nädalase kasumi jaotuskõvera keskvaartus 34% või 68%, kui tõsta riski maandamise tase vastavalt 50% või 100%-le, sealjuures suureneb standardhälve ligikaudu 2800 EUR ning 7200 EUR võrra. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et aastane kasum ei ole kirjeldatud valikute korral väiksem kui 9867,72 EUR, -564,76 EUR või -13936,84 EURi. Kasumijaotuse keskvaartus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne 8400 EUR, -5000 EUR või -19 700 EURiga.

**Tabel 4.4. Nädalase kasumi statistilised näitajad spot-turu hinnariski maandamisel**

$MT_{tase}$	$PR_{näd}^{min}$	$\sigma_{näd}$	$VaR_{1-\alpha_{näd}}$	$CVaR_{1-\alpha_{näd}}$
0%	16506,92	3171,82	9867,72	8417,22
50%	10881,46	5988,39	-564,76	-4968,05
100%	5277,86	10356,36	-13936,84	-19682,42

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.7) on vastavalt valikutele kajastatud nädala minimaalsete kasumite jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et riski maandamise taseme suurendamisel väheneb jaotuse moodi tõenäosus. Samuti on võimalik näha kasumi jaotuskõvera kuju muutust. Täielikult avatud portfelli korral väheneb moodist suuremate kasumi väärtuste tõenäosus järsult, kui riski maandamise taseme tõstmisel muutub kirjeldatud üleminek sujuvamaks. Kirjeldatud nähtus tuleneb sellest, et täielikult avatud portfelli korral ei mõjuta kasumi jaotuskõvera väärtusi futuuri hinna muutus. Nädalase kasumi suured maksimum- ja miinimumväärtused tulenevad futuuri hinna ekstreemumväärtused.



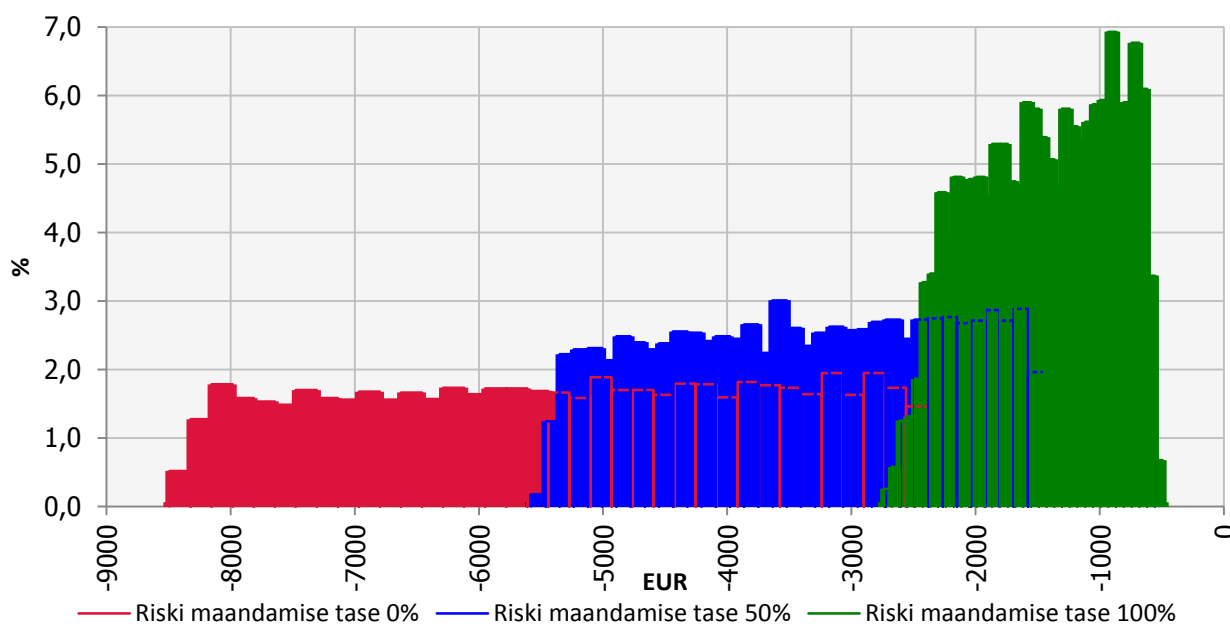
**Joonis 4.7. Minimaalse nädalakasumi jaotuskõverad spot-turu hinnariski maandamisel**

Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.5) on välja toodud tunnikasumi jaotuskõverate keskvaartused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud spot-turu hinnariski maandamise tasemetel korral. Võrreldes täielikult avatud portfelliga väheneb tunnikasumi jaotuskõvera keskvaartus 36% või 72%, kui tõsta riski maandamise tase vastavalt 50% või 100%-le, sealjuures väheneb standardhälve 580 EUR ning 1200 EUR võrra. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et aastane kasum ei ole kirjeldatud valikute korral väiksem kui -8042,46 EUR, -5202,53 EUR või -2372,82 EURi. Kasumijaotuse keskvaartus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne -8200 EUR, -5300 EUR või -2500 MEURiga.

**Tabel 4.5. Tunnikasumi statistilised näitajad spot-turu hinnariski maandamisel**

$MT_{tase}$	$PR_t^{min}$	$\sigma_t$	$VaR_{1-\alpha_t}$	$CVaR_{1-\alpha_t}$
0%	-5318,54	1712,88	-8042,46	-8202,27
50%	-3387,60	1129,37	-5202,53	-5314,11
100%	-1464,71	551,77	-2372,82	-2469,76

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.8) on vastavalt valikutele kajastatud tunnikasumi jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et täielikult avatud portfelli korral on tunnikasumi jaotuskõver kõige ühtlasem. Spot-turu riski maandamise taseme suurendamisel koonduvad minimaalse tunnikasumi väärtused kõrgemate kasumi väärtuste suunas. Kirjeldatud nähtus tuleneb sellest, et täielikult avatud portfelli korral mõjutab spot-turu tunnihinna maksimumväärtus kogu portfelli mahtu sel tunnil. Futuuri ostmisega katab osa kahjumist futuuri ja müügihinna vahest saadav kasum, mistõttu väheneb spot-turu tunnihinna ning müügihinna vahest tulenev mõju.

**Joonis 4.8. Minimaalse tunnikasumi jaotuskõverad spot-turu hinnariski maandamisel**

#### 4.3.2. Finantsturu hinnariski maandamine

Finantsturu hinnariski maandamise analüüsimiseks võeti aluseks 50% spot-turu hinnariski maandamise tasemega portfelli. Portfelli kasumi jaotuskõveraid vaadeldi kahel juhul:

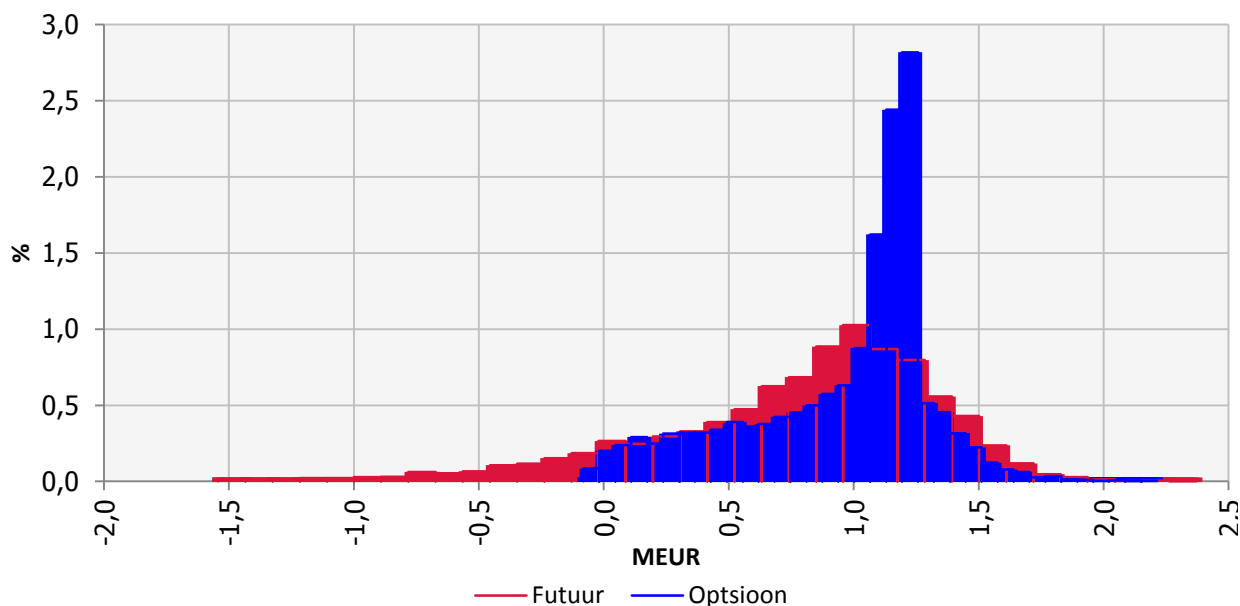
- finantsturu hinnariski maandamiseks ei osteta optioon;
- finantsturu hinnariski maandamiseks ostetakse planeeritava määratud tarne mahus ostuoptioon realiseerimishinnaga 39 EUR/MWh.

Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.6) on välja toodud aastase kasumi jaotuskõvera keskväärtused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud finantsturu hinnariski maandamise otsuste korral. Tabelist võib näha, et koguportfelli maht ning käive ei sõltu optsiooni ostmise otsusest, mistõttu jaotuste keskväärtused mõlema otsuse korral olid võrdsed - vastavalt 224,95 GWh ning 9,93 MEURi. Aastase kasumi jaotuskõvera keskväärtus suureneb optsiooni ostes 23%, sealjuures väheneb standardhälve 0,18 MEUR võrra. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et aastane kasum ei ole väiksem kui -0,30 MEUR või 0,17 MEURi vastavalt optsioonita ja optsiooniga portfelli korral. Kasumijaotuse keskväärtus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne -0,64 MEUR või 0,07 MEURiga.

**Tabel 4.6. Aastase kasumi statistilised näitajad finantsturu hinnariski maandamisel**

Opsioon	$D_{kogu}$	$IN_a$	$PR_a$	$\sigma_a$	$VaR_{1-\alpha_a}$	$CVaR_{1-\alpha_a}$
Opsioonita	224,95	9,93	0,78	0,56	-0,30	-0,64
Opsiooniga	224,95	9,93	0,96	0,38	0,17	0,07

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.9) on vastavalt valikutele kajastatud aastase kasumi jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et optsiooni ostuga suureneb jaotuse moodi tõenäosus. Samuti on võimalik näha kasumi jaotuskõvera kuju muutust. Optsiooniga portfelli korral väheneb moodist erinevate kasumite väärtuste tõenäosus järsult, kui optsioonita portfelli korral on kirjeldatud üleminek sujuvam. ei mõjuta kasumi jaotuskõvera väärtusi futuuri hinna muutus. Kirjeldatud nähtus tuleneb sellest, et optsiooniga portfelli korral suurendatakse finantsturu ning müügihinna vahest tulenevat võimalikku kasumit olukordades, kus finantsturu hind ületab optsiooni realiseerimishinna. Optsiooniga portfelli korral piiratakse ka maksimaalset kahjumit, mis tuleneb sellest, et realiseerimishinnaga piiratakse finantsturu ning müügihinna vahest tulenev suur võimalik kahjum olukordades, kus finantsturu hind ületab müügihinda. Optsiooni maksumusest tulenevalt piiratakse ka optsiooniga portfelli korral maksimaalne kasum.



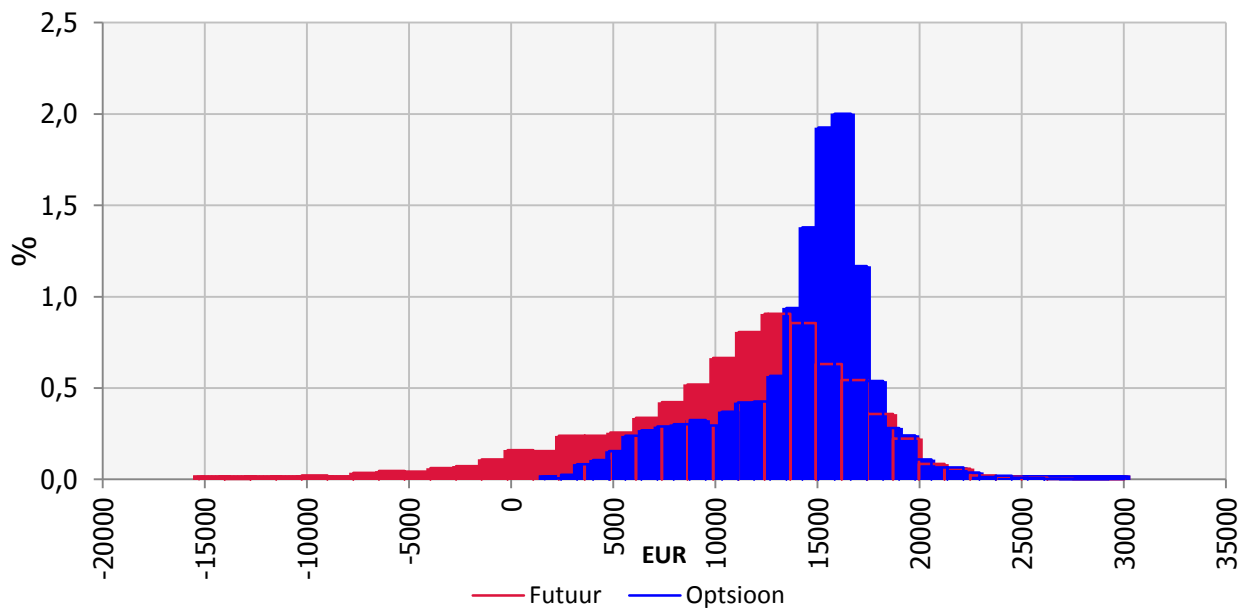
**Joonis 4.9. Aastase kasumi jaotuskõverad finantsturu hinnariski maandamisel**

Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.7) on välja toodud nädalase minimaalsete kasumite jaotuskõverate keskväärtused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud finantsturu hinnariski maandamise otsuste korral. Nädalase kasumi jaotuskõvera keskväärtus suureneb opsiooni ostes 30% võrra ning standardhälve väheneb ligikaudu 2300 EUR võrra. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et nädalane kasum ei ole väiksem kui -564,76 EUR või 6438,64 EURi vastavalt opsioonita ja opsiooniga portfelli korral. Kasumijaotuse keskväärtus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne -5000 EUR või 5100 EURiga.

**Tabel 4.7. Nädalase kasumi statistilised näitajad finantsturu hinnariski maandamisel**

Opsioon	$PR_{näd}^{min}$	$\sigma_{näd}$	$VaR_{1-\alpha_{näd}}$	$CVaR_{1-\alpha_{näd}}$
Opsioonita	10881,46	5988,39	-564,76	-4968,05
Opsiooniga	14119,42	3689,60	6483,64	5072,19

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.10) on vastavalt valikutele kajastatud nädalaste minimaalsete kasumite jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et opsiooni ostuga suureneb jaotuse moodi tõenäosus. Samuti on võimalik näha kasumi jaotuskõvera kuju muutust sarnaselt aastase kasumijaotusega. Erinevus seisneb selles, et opsiooniga portfelli korral ei piirata maksimaalset kasumit, sest opsiooni maksumust arvestatakse vaid aastase kasumi arvutustes. Nädalase minimaalse kasumikõverale avaldab ka suuremat mõju spot-turu hind, mistõttu muutub üleminek moodi ja ülejäänud väärtuste vahel sujuvamaks.



**Joonis 4.10. Minimaalse nädalakasumi jaotuskõverad finantsturu hinnariski maandamisel**

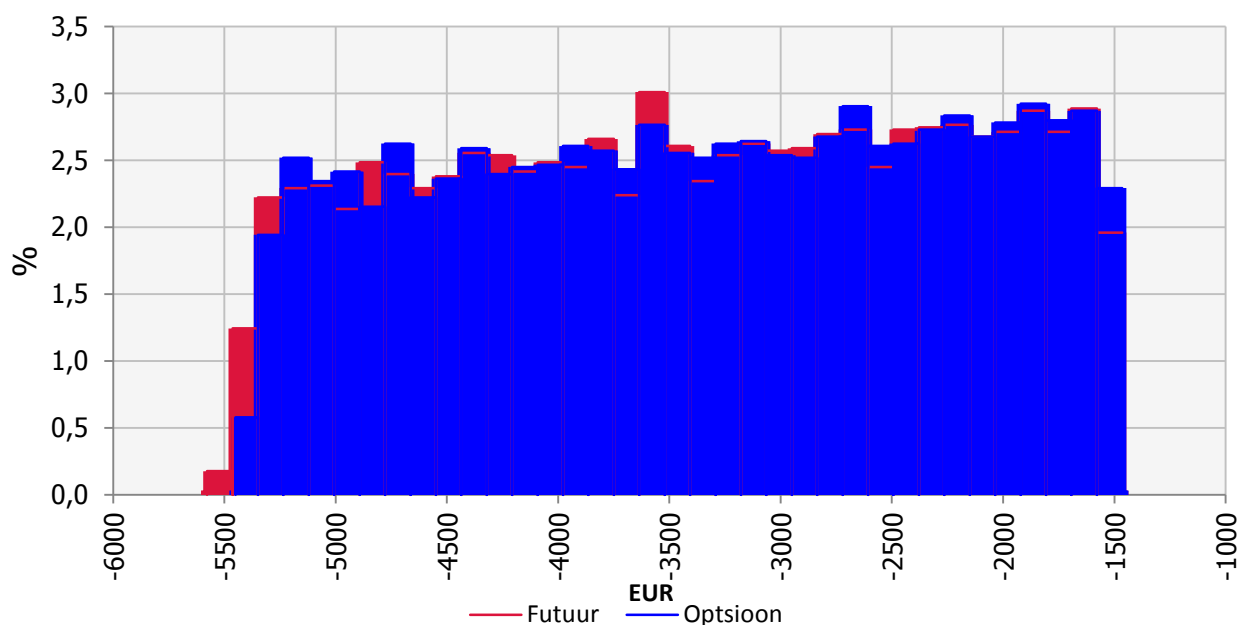
Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.8) on välja toodud minimaalsete tunnikasumite jaotuskõverate keskvärtused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud finantsturu hinnariski maandamise otsuste korral. Tunnikasumi jaotuskõvera keskvärtus ning standardhälve on ligikaudu võrdsed. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et tunnipõhine kasum ei ole väiksem kui -5202,53 EUR või 5149,57 EURi vastavalt opsioonita ja opsiooniga portfelli korral. Kasumijaotuse keskvärtus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne 5300 EURiga.

**Tabel 4.8. Tunnikasumi statistilised näitajad finantsturu hinnariski maandamisel**

Opsioon	$PR_t^{min}$	$\sigma_t$	$VaR_{1-\alpha_t}$	$CVaR_{1-\alpha_t}$
Opsioonita	-3387,90	1129,37	-5202,53	-5314,11
Opsiooniga	-3354,52	1118,22	-5149,57	-5263,24

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.11) on kajastatud minimaalsete tunnikasumite jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et opsiooni ostuga ei muutu oluliselt tunnikasumi jaotuskõver. Kirjeldatud olukord tekib, sest finantsturu hinnariskil on ekstreemsete spot-turu hindade juures väiksem mõju. Mõningased erinevused tulenevad müügihinna ja finantsturu hinna vahelisest kahjumi võimaluse piiramisest.





*Joonis 4.11. Minimaalse tunnikasumi jaotuskõverad finantsturu hinnariski maandamisel*

### 4.3.3. Müügihinna valik

Müügihinna valikust tuleneva kasumi muutuse analüüsimiseks vaadeldi kolme erinevat hinda, millest sõltub jaemüüja portfelli maht. Valitud müügihinnad esindavad mudelis kasutatavaid piirhindu ning piirhindade aritmeetilist keskmist väärtust. Jaemüüja spot-turu hinnariski maandamiseks on kasutatud 50% kogutarne mahus futuuri. Finantsturu hinnariski maandamiseks opsiointe ostetud ei ole.

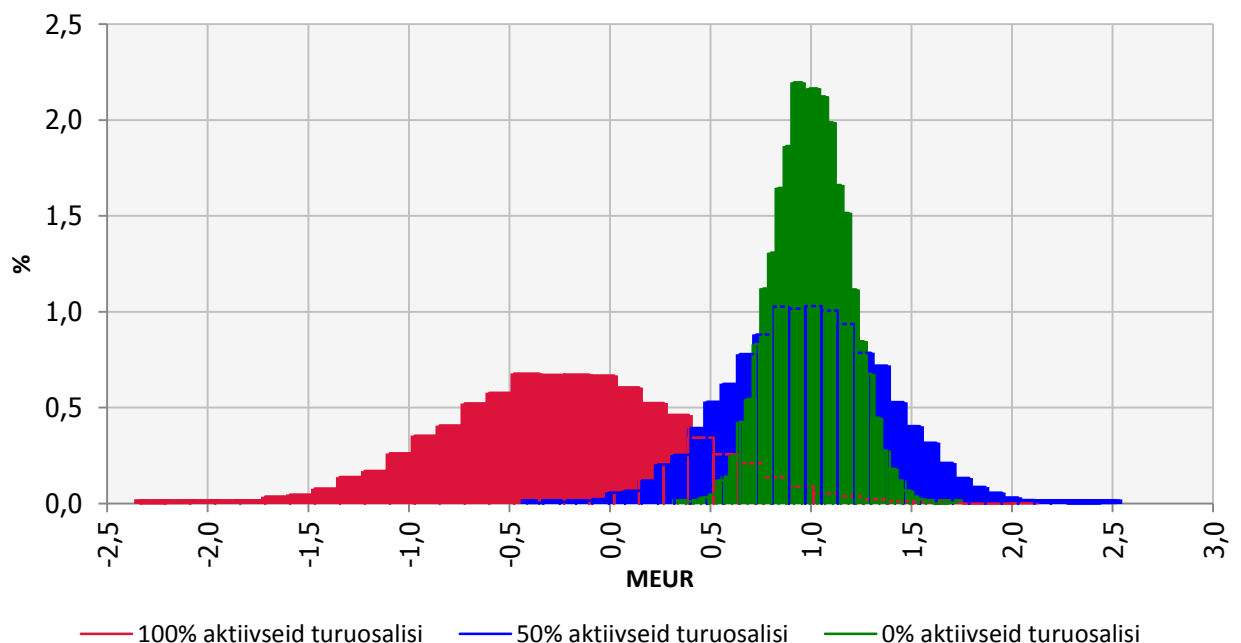
Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.9) on välja toodud aastase kasumi jaotuskõvera keskväärtused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud müügihinna otsuste korral. Tabelist võib näha, et koguportfelli maht ning käive sõltuvad müügihinnast. Stsenaariumis on avaldub müügihinna ja mahu seos nii, et olukorras, kus jaemüüja pakub müügihindu 50 EUR/MWh, 45 EUR/MWh või 40 EUR/MWh, võidab ta endale vastavalt 0%, 50% või 100% aktiivsete turuosaliste mahust. Antud stsenaariumi korral kujunes vastavalt neile väärtustele portfelli mahu jaotuste keskväärtusteks 106,55 GWh, 224,95 GWh või 343,34 GWh. Vastavad näitajad käibe puhul olid 5,33 MEUR, 10,13 MEUR ja 13,73 MEUR. Võrreldes kõrgeima müügihinnaga vähenes aastase kasumi jaotuskõvera keskväärtus 1% või 121% vastavalt 45 EUR/MWh või 40 EUR/MWh müügihinna pakkumisel. Sealjuures suurenes standardhälve 0,20 MEUR või 0,50 MEUR võrra. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et aastane kasum ei ole väiksem kui 0,70 MEUR, 0,36 MEUR või -1,16 MEURi juhtudel, kui võidetakse aktiivsete klientide turuosast vastavalt 0%, 50% või 100%. Kasumijaotuse keskväärtus on olukordades, kus

kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne 0,62 MEUR, 0,20 MEUR või -1,41 MEURiga.

**Tabel 4.9. Aastase kasumi statistilised näitajad erinevate müügihindade korral**

$OK_{aktport}$	$D_{kogu}$	$IN_a$	$PR_a$	$\sigma_a$	$VaR_{1-\alpha_a}$	$CVaR_{1-\alpha_a}$
0%	106,55	5,33	0,99	0,18	0,70	0,62
50%	224,95	10,13	0,98	0,38	0,36	0,20
100%	343,34	13,73	-0,22	0,58	-1,16	-1,41

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.12) on vastavalt müügihinna valikutele kajastatud aastase kasumi jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et müügihinna tõstmisega suureneb jaotuse moodi tõenäosus. Kasumi jaotuskõvera kaju on kõigi müügihindade korral sarnane ning erinevust saab kirjeldada standardhälbe ning keskvärtuse muutumisega. Kirjeldatud nähtus tuleneb sellest, et eelnevate stsenaariumite puhul mõjutas kasumijaotust tugevalt müügihinna ning finants- või spot-turu hinna vahe ning müügihinna ja portfelli mahu seos. Antud stsenaariumi korral on kasumi muutust domineeriv müügihinna väärtus fikseeritud ning kasumit kujundavad normaaljaotusele alluvad temperatuuri ning finantsturu hinna sisendid.



**Joonis 4.12. Aastase kasumi jaotuskõverad erinevate müügihindade korral**

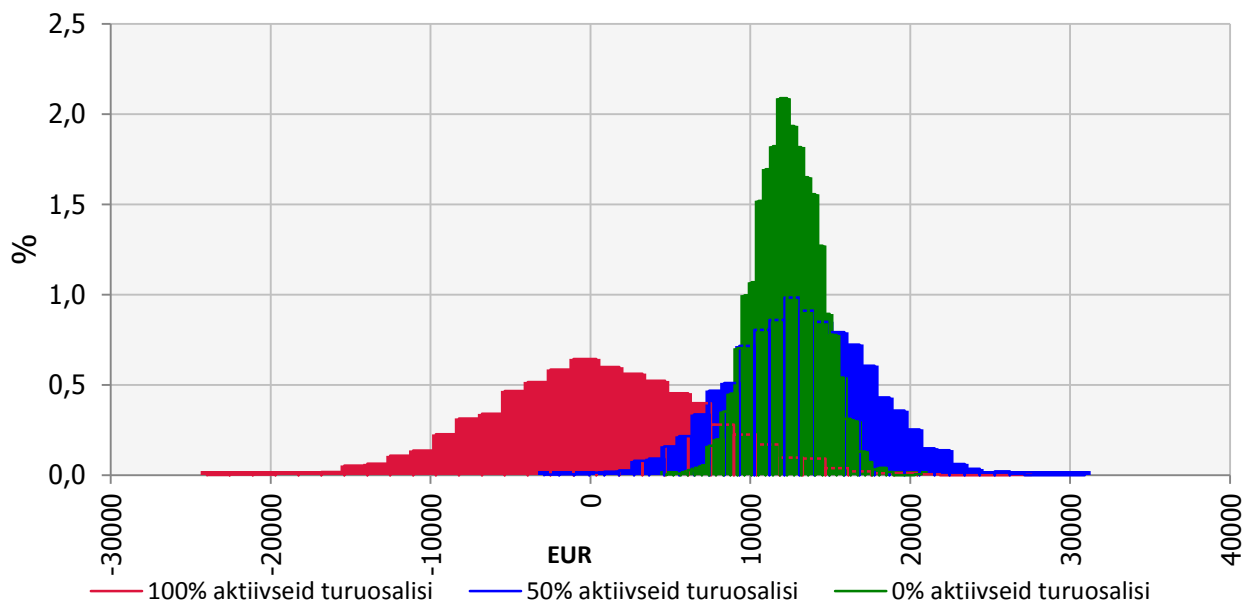
Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.10) on välja toodud nädalase minimaalsete kasumite jaotuskõverate keskvärtused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud

müügihinna otsuste korral. Võrreldes kõrgeima müügihinnaga suurenes nädalase kasumi jaotuskõvera keskvärtus 7% ning vähenes 96% vastavalt 45 EUR/MWh või 40 EUR/MWh müügihinna pakkumisel. Sealjuures suurenes standardhälve 2200 EUR võrra mõlemal valikul. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et nädalane kasum ei ole väiksem kui 9035,75 EUR, 6174,81 EUR või -10213,22 EURi juhtudel, kui võidetakse aktiivsete klientide turuosast vastavalt 0%, 50% või 100%. Kasumijaotuse keskvärtus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne 8100 EUR, 4300 EUR ja -12800 EURiga.

**Tabel 4.10. Nädalase kasumi statistilised näitajad erinevate müügihindade korral**

$OK_{akt_{port}}$	$PR_{näd}^{min}$	$\sigma_{näd}$	$VaR_{1-\alpha_{näd}}$	$CVaR_{1-\alpha_{näd}}$
0%	12333,36	2012,46	9035,75	8147,61
50%	13151,76	4260,76	6174,81	4305,47
100%	443,34	6497,49	-10213,22	-12844,12

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.13) on vastavalt müügihinna valikutele kajastatud nädalaste minimaalsete kasumite jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et kasumi jaotuskõvera kuju muutub erinevate müügihindade puhul sarnaselt aastase kasumijaotusega. Suurim erinevus tuleneb sellest, et kasumi jaotuskõvera mood on 45 EUR/MWh müügihinna puhul kõrgem kui 50 EUR/MWh müügihinna puhul. Kindlateks järeldusteks antud muutuseks on keeruline välja tuua, tegemata sügavamat analüüsi konkreetse nädala kohta.



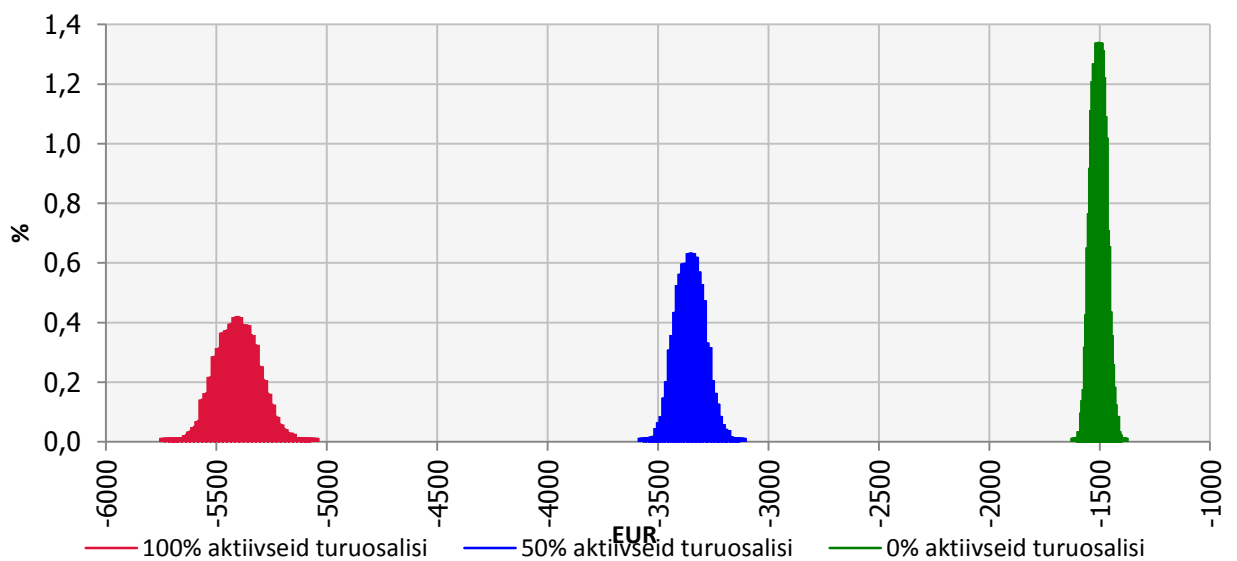
**Joonis 4.13. Minimaalse nädalakasumi jaotuskõverad erinevate müügihindade korral**

Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.11) on välja toodud minimaalsete tunnikasumite jaotuskõverate keskvaartused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused eelnevalt kirjeldatud müügihinna valikute korral. Võrreldes kõrgeima müügihinnaga väheneb tunnikasumi jaotuskõvera keskvaartus 123% või 259%, kui langetada müügihind vastavalt 45 EUR/MWh või 50EUR/MWh-le, sealjuures väheneb standardhälve 33 EUR ning 65 EURi võrra. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et aastane kasum ei ole kirjeldatud valikute korral väiksem kui -1551,73 EUR, -3454,30 EUR ja -5556,08 EURi. Kasumijaotuse keskvaartus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtustest, ligikaudselt võrdne -1600 EUR, -3500 EUR ja -5600 EURiga.

**Tabel 4.11. Tunnikasumi statistilised näitajad erinevate müügihindade korral**

$OK_{akt_{port}}$	$PR_t^{min}$	$\sigma_t$	$Var_{1-\alpha_t}$	$CVaR_{1-\alpha_t}$
0%	-1504,66	29,58	-1551,73	-1562,38
50%	-3354,44	62,70	-3454,30	-3477,38
100%	-5403,82	95,19	-5556,08	-5591,41

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.14) on kajastatud minimaalsete tunnikasumite jaotuskõverad. Jooniselt võib näha, et müügihinna suurendamisel väheneb maksimaalse tunnikahjumi võimalus. Jaotuskõverate kuju on sarnane aastase ja nädalase kasumite jaotuskõveratega, kuid tunnikasumi põhjal on selgelt näha, et kõrgema müügihinna korral minimeeritakse tunnipõhist kahjumit kõige efektiivsemalt. Erinevus tuleneb sellest, et kõrgem müügihind vähendab spot-turult ostetavat mahtu. Ühel kindlal tunnil on kirjeldatud mõju suurem kui nädala või aastase perioodi puhul, sest nädalase ja aastase perioodi korral on spot-turu ja müügihinna vahe keskmiselt väiksem kui kõrgeima hinnaga tunni korral.



**Joonis 4.14. Minimaalse tunnikasumi jaotuskõverad erinevate müügihindade korral**

#### 4.4. Stsenaariumite analüüsi järeldused

Spot-turu hinnariski maandamise stsenaariumi korral on oluline jälgida ekstreemsetest tunnihindadest tuleneva maksimaalse tunnikahjumi vähenemist. Antud mudelis kasutatud sisendi korral kujundas tunnikahjumit ligikaudne 200 EUR/MWh spot-turu hind. Antud hinnataset esines 2014. aastal Eesti hinnapiirkonnas 18 tunnil, Lätis ja Leedus 31 tunnil. Seejuures kujunes ühel tunnil Läti ja Leedu piirkonna hinnaks ligikaudu 300 EUR/MWh. Mudelis kasutatud jaemüüja portfelli korral selgus, et spot-turu hinnariski maandamata on suurima tunnikahjumi keskväärtus ligikaudu 5300 EUR/MWh. Sellisel juhul võib Eesti hinnapiirkonnas spot-turu lühiajalisest volatiilsusest esinevad kahjud ulatuda  $5300 \text{ EUR/h} * 18 \text{ h/aastas} = 95\,400 \text{ EUR/aastas}$ . Läti ja Leedu piirkonnas on hinnanguline tunnihindade ekstreemumväärtustest tulenev kahju  $5300 \text{ EUR/h} * 31 \text{ h/aastas} = 164\,300 \text{ EUR/aastas}$ , arvestamata tundi, mil hind oli 300 EUR/MWh.

Veelgi tähtsam on asjaolu, et kõrged tunnihinnad esinesid 2014. aastal kahe päeva jooksul – 20. juunil (11 tunnil) ning 29. detsembril (7 tunnil) nii Eestis, Lätis kui Leedus. Antud olukorrast tuleneb nende päevade jooksul väga suur negatiivne rahavoog – vastavalt päevale 58 300 ja 37 100 eurot. Kui jaemüüja on tegev kõiges kolmes riigis, siis kumuleerub kahjum kogu kontsernile. Käesoleva töö tulemuste korral on teada, kui suurt kahju tekitab ligikaudselt 200 EUR/MWh hind, kuid ei ole teada, millist kahju tekitab kasutatud portfelliga näiteks 150 EUR/MWh või 100 EUR/MWh hinnatase. Eesti hinnapiirkonnas esines 2014. aastal üle 100 EUR/MWh hinnaga tunde 25 korral, Lätis ja Leedus koguni 134 korral. Analüüsi tulemustest selgub, et tõstes antud portfelli juures spot-turu hinnariski maandamise taset 50% või 100%-le, väheneb suurim tunnikahjum vastavalt 36% või 72% võrra.

Sisendite analüüsis oli välja toodud, et 2014. aasta Eesti piirkonna nädala keskmine hind ületas kolmel korral 50 EUR/MWh piiri. Täielikult avatud portfelli tulemustest selgus, et nädalase minimaalse kasumil ei esinenud kahjumit, millest võib järeldada, et lühiajaline kõrge spot-turu hind ei pruugi nädalasel perioodil tugevat mõju omada. Stsenaariumi tulemustest on näha, et nädalane kahjum tekib juhul, kui tõsta spot-turu riski maandamise taset või pakkuda madalat müügihinna, mistõttu võib järeldada, et nädalase minimaalse kasumit mõjutab müügihinna ja finantsturu vaheline seos tugevamalt kui spot-turu lühiajalised muutused. Antud järeldus kehtib vaid kasutatud sisendite puhul ehk kui ühel nädalal oleks väga kõrgeid müügihindu palju, siis tugevneks spot-turu tunnihinna mõju nädalasele minimaalsele kasumile.

Näiteks võib tuua perioodi 2.-6. juunini, kui Läti ja Leedu hinnapiirkonnas ületas spot-turu tunnihind 100 EUR/MWh piiri 36 korral. Kõrgete hindadega järjestikustel päevadel kasvavad

jaemüüja finantskohustused märgatavalt ja kohustuste vähendamiseks on oluline eelnevalt maandada spot-turu hinnariski futuuride, füüsiliste määratud tarnete või limiteeritud PTR-idega. Selliseid perioode võib tekkida juhul, kui ühte või mõlemat Estlink kaablit ei ole võimalik avarii või plaanilise hoolduse tõttu kasutada. Tulevikus lisab antud perioode korral hinnakindlust NordBalt kaabli valmimine, mis eelduste kohaselt maandab Baltimaade hinnatippe.

Spot-turu hinnariski maandamisega väheneb ka spot-turu ja müügihinna vahest tulenev aastane kasum. Vastavalt spot-turu hinnariski 50% ja 100% tasemetele, väheneb antud mudeli sisendite korral aastane kasum võrreldes täielikult avatud portfelliga 30% ja 59%. Lisaks suureneb hinnariski maandamise tulemusena finantsturu hinna mõju pikaajalisele kasumile, mistõttu suureneb kasumijaotuse standardhälve ehk finantsturu hinnarisk. Seetõttu peaks jälgima, et ostetava finantsinstrumendi või füüsilise määratud tarne maht ei oleks liialt suur.

Finantsturu hinnariski piiratakse ostuoptsiooniga olukorras, kus alusvara hind tõuseb peale müügihinna pakkumise esitamist kõrgemale realiseerimishinnast. Käesolevas magistritöös genereeriti finantsturu hind normaaljaotusega, mille keskväärtus on 41,02 EUR/MWh ning standardhälve 3,35 EUR/MWh. Sellise normaaljaotuse korral esineb realiseerimishinda 39 EUR/MWh ületavaid hindu 72,7%-l genereeritud väärtustest, mistõttu vähendatakse finantsturu hinnariski suurel osal simulatsioonidest. Genereeritud finantsturu väärtused ületavad 40 EUR/MWh minimaalset müügihinna 62,0%-l kordadest. Olukorras, kus müügihind on ostetava futuuri hinnast madalam, võib tekkida suur aastane või nädalane kahjum. Ostuoptsiooniga on võimalik neid olukordi täielikult vältida, kuid tuleb arvestada optsiooni maksumusest tuleneva kuluga. Tunnipõhiste minimaalsete kasumite korral optsiooni ostmisest tulenevalt olulist erinevust ei täheldatud, sest antud juhul on domineerivaks sisendiks spot-turu hinna ekstreemumväärtused.

Jaemüüjal on võimalik lühiajalist kahjumit piirata kas vastava finantsinstrumendi või füüsilise määratud tarnega ning pikaajalist kahjumit ostuoptsiooniga. Siiski mõjutab jaemüüja kasumit kõige enam pakutav müügihind, sest müügihinna valikust sõltub nii tarbimisühikult saadav tulu kui jaemüüja portfelli suurus. Kõrge müügihinna puhul väheneb portfelli maht ning kasumijaotuse standardhälve, kuid suureneb vahe ostu- ning müügihinna vahel. Madala müügihinna puhul suureneb portfelli maht ning kasumijaotuse standardhälve, kuid väheneb vahe ostu- ning müügihinna vahel. Antud seosed kehtivad nii aastase, nädalase kui tunnipõhise kasumi jaotuskõvera korral. Ettevõtte eesmärk on teenida pikaajaliselt suurimat kasumit kui suudetakse täita lühiajalised finantskohustused. Pikaajalise kasumi maksimeerimiseks tuleb leida müügihinna tasakaalupunkt kui jaemüüja on eelnevalt teinud otsused edasiste strateegiliste

valikute osas. Müügihinna tasakaalupunkti arvutamise probleemi on võimalik lahendada optimeerimisülesande abil.

#### 4.5. Optimeerimisülesande lahendamine

Lisaks pika- ja lühiajalise kasumi simulatsioonivõimalustele püstitatakse ka optimeerimisülesanne kasumlikuima müügihinna leidmiseks juhul, kui ostuportfelli valikud on eelnevalt määratud. Ülesande lahendamine viiakse läbi tööriistaga RISKOptimizer, mis kasutab parima tulemuse leidmiseks Monte Carlo simulatsioonimeetodit. Selleks, et püstitada optimeerimisülesanne, peame riskimäärale CVaR lisama kitsenduse  $\rho$ , mille määrab jaemüüja iseseisvalt arvestades enda riskitundlikkust. Nädalast riskitundlikkust arvestav optimeerimisülesanne on järgmine:

$$\max_{\omega} PR_{\alpha} \quad (4.1)$$

$$CVaR_{1-\alpha}(\min \sum_t^{168} PR_t(\omega)) \geq \rho \quad (4.2)$$

Optimeerimisülesande puhul võetakse aluseks portfelli, mille korral on kasutatud 50% portfelli mahu ulatuses futuuri. Kirjeldatud portfelli valiti selleks, et tekiks võimalus tulemusi võrrelda eelnevalt koostatud müügihinna valiku stsenaariumiga. Siinkohal tuleb arvestada kasutatud tarkvaralistest tööriistadest tulenevat erinevust - optimeerimisülesande lahendamisel ei ole võimalik kasutada samu stohhastiliste muutujate väärtusi kui eelnevatel analüüsidel. Selleks, et mõista stohhastiliste muutujate erinevusest tulenevat muutust tehti sama ostu- ning müügiportfelli korral uus simulatsioon. Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.12) on kuvatud testsimulatsiooni ning eelnevalt kasutatud simulatsiooni jaotuskõverate keskväärtused. Tabelist on võimalik näha, et keskväärtuste erinevus on alla 1%, mistõttu võib lugeda 5000 iteratsiooni piisavaks, et optimeerimisülesande tulemusi võrrelda eelnevate analüüside tulemustega.

**Tabel 4.12. Simulatsioonide tulemuste võrdlus**

	$D_{kogu}$	$IN_{\alpha}$	$PR_{\alpha}$	$PR_{näd}^{min}$	$PR_t^{min}$
Testsimulatsiooni väärtused	224,95	9,93	0,98	10921,90	-3357,17
Stsenaariumites kasutatud simulatsiooni väärtused	224,95	9,93	0,98	10881,46	-3387,90

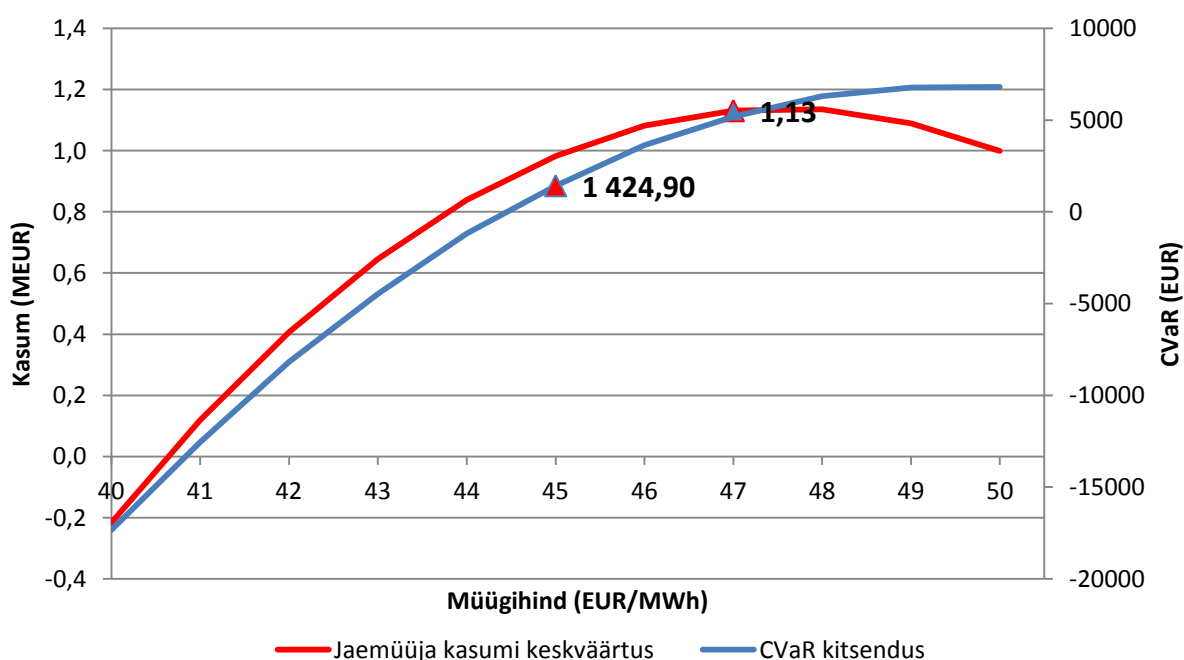
Optimeerimisülesande lahendamiseks kasutatav  $\rho$  väärtus on võetud testsimulatsiooni korral tekkiv nädala VaR väärtus (-411,76 EUR). Teisisõnu, maksimeeritakse kasumit sellise müügihinna puhul, mille korral keskmine nädalane kaotus ei tohi ületada piirhindade vahelist 5%

tõenäosusega saadavat nädalast kaotust. Kirjeldatud optimeerimisülesande kriteerium on käesoleva magistr töö autori vaba valik, et näitlikustada olukorda, kus jaemüüja jaoks on oluline vähendada rahavoogude riski minimaalse kasumiga nädalal. Optimeerimiskriteeriumite valikud sõltuvad iga jaemüüja soovidest ning vajadustest oma rahavooge piirata.

Optimeerimisülesande võimaluste piiramiseks otsitakse lahendina täisarvulist müügihinda. Piirhindade vahel on võimalik valida 11 erineva täisarvulise hinna vahel ning iga müügihinna korral genereeritakse 5000 iteratsiooni, mistõttu kogu simulatsiooni iteratsioonide arv on 55000. Lahendi leidmiseks kulus ligikaudu 46 min, mistõttu võib täpsema lahendi leidmiseks kuluv aeg mitmekordistuda ja kujuneda ebaratsionaalselt pikaks. Kirjeldatud optimeerimisülesande kriteeriumid väljenduvad matemaatilisel kujul järgmiselt:

$$\max_{\omega} PR_a, \text{ mille korral } \rho \geq -411,76; \pi \in Z \quad (4.3)$$

Kõigi lahendite detailsed tulemused on tabeli kujul toodud magistr töö lisas (vt L.3). Alljärgneval joonisel (Joonis 4.15) on toodud kokkuvõtte optimeerimisülesande tulemustest ja kitsendustest. Graafikul on märgitud esimene kuuest müügihinnast (45 EUR/MWh), mis suutis täita ülesandes toodud CVaR tingimust. Seejuures on antud kitsenduse juures võimalik suurimat kasumit (1,13 MEUR) teenida hinnaga 47 EUR/MWh. Tuleb märkida, et etteantud kriteerium takistab kasumi keskväärtusel langeda negatiivseks. Oluline on ka märkida, et antud stsenaariumi puhul kannatab jaemüüja pikaajalise kahjumi all, kui elektrit müüakse madalamalt kui 41 EUR/MWh.



Joonis 4.15. Optimeerimisülesande tulemused

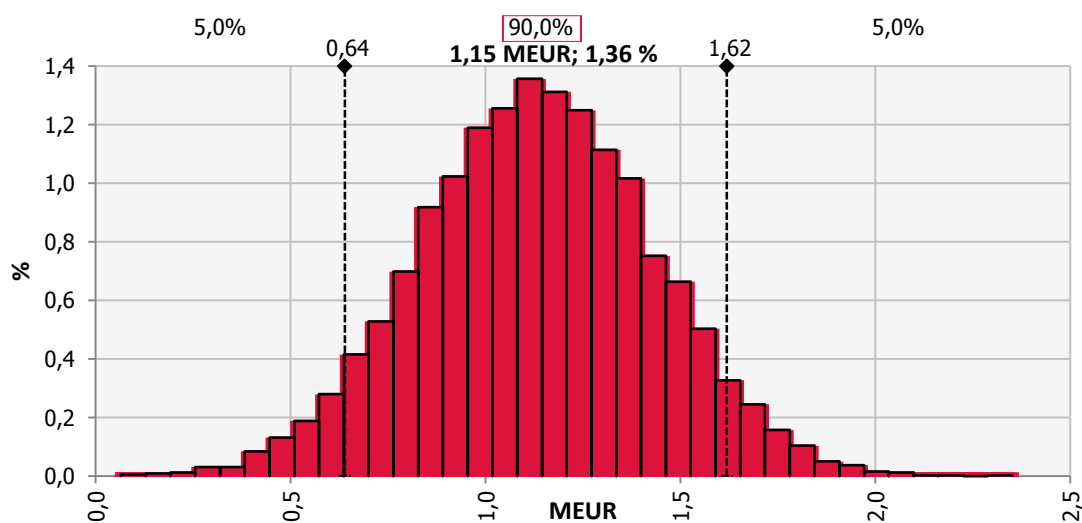


Alljärgnevas tabelis (Tabel 4.13) on välja toodud aastase kasumi jaotuskõvera keskväärtused ja kasumiriski iseloomustavate suuruste väärtused optimeerimisülesande lahendi ning eelnevate müügihindade valikute korral. Tabelist võib näha, et koguportfelli maht ja käive on lahendi korral vastavalt 48% või 39% võrra väiksem kui madalaima müügihinnaga portfelligil. Sealjuures on kasum 1,35 MEURi kõrgem. Kasumi keskväärtus kasvab võrdluses 45 EUR/MWh või 50 EUR/MWh müügihinnale vastavalt 15% või 14%. Vastavalt kirjeldatud võrdlustele väheneb standardhälve 0,08 MEURi või suureneb 0,12 MEURi. Usaldusintervalliga 95% võib öelda, et lahendi korral ei ole aastane kasum väiksem kui 0,64 MEURi. Kasumijaotuse keskväärtus on olukordades, kus kasum kujuneb väiksemaks eeltoodud väärtusest, ligikaudselt võrdne 0,51 MEURiga.

**Tabel 4.13. Aastase kasumi statistilised näitajad optimeerimisülesande lahendil**

$\pi$	$D_{kogu}$	$IN_a$	$PR_a$	$\sigma_a$	$VaR_{1-\alpha_a}$	$CVaR_{1-\alpha_a}$
Lahend - 47 EUR/MWh	177,59	8,35	1,13	0,30	0,64	0,51
50 EUR/MWh	106,55	5,33	0,99	0,18	0,70	0,62
45 EUR/MWh	224,95	10,13	0,98	0,38	0,36	0,20
40 EUR/MWh	343,34	13,73	-0,22	0,58	-1,16	-1,41

Alljärgneval joonisel (Joonis 4.16) on toodud optimeerimisülesande lahendi jaotuskõver. Jooniselt võib näha, et jaotuskõvera mood on 1,15 MEURi ning selle tõenäosus on 1,36%. Lisaks ilmneb, et 90% tõenäosusega jääb kasum 0,64 MEURi ning 1,62 MEURi vahele. Sealjuures on aasta minimaalne kasum 0,02 MEUR ning maksimaalne kasum 2,36 MEURi.



**Joonis 4.16. Optimeerimisülesande lahendi jaotuskõver**

Kasutatud mudeli ning valitud sisendite korral võimaldas optimeerimisülesande lahendamise võrreldes eelnevate müügihinna valikutega tõsta aastase kasumi jaotuskõvera keskväärtust vähemalt 14% võrra. Siiski sõltub optimeerimisülesande lahendamise müügihinna elastsusest kasumile. Hinnaelastsust on kirjeldatud lineaarselt, mis ei pruugi reaalselt seost müügihinna ja võidetud klientide mahu vahel täpselt kujutada. Kasutatud mudeli puhul avaldub hinnaelastsuse mõju koguportfellile aktiivsete turuosaliste mahust turul, mis on jällegi hinnanguline suurus. Autor leiab, et müügihinna valiku optimeerimine on oluline, kuid reaalselt olukorda kajastavate tulemuste saamiseks on tähtis lähemalt uurida müügihinna elastsust kasumile. Töö autor näeb, et mudelit on võimalik rakendada Nord Pool Spot piirkonnas tegutseval jaemüüjal strateegiliste valikute langetamiseks, kuid otsuste tegemisel aitaks kaasa mudeli edasiarendused lahendamaks mudeli kitsaskohti, mida on kirjeldatud järgnevas alapeatükis.

#### **4.6. Mudeli edasiarendamise võimalused**

Mudeli praktilist väärtust suurendaks ostu- ning müügiportfelli arvutuste ning sisendväärtuste kohandamine vastavalt hinnapiirkonna ning jaemüüja pakettide eripäradele. Esiteks võib mudelisse lisada teisi jaemüügil esinevaid kulusid. Näiteks ei arvesta koostatud mudel püsikulude, tagatise, intresside inflatsiooni vm tekkivaid kulusid. Lisaks arvestab mudel ainult ühte lepinguvormi – aastane fikseeritud hinnaga leping. Mudelit oleks võimalik täiendada jaemüüja poolt kujundatud pakettidega. Esinevatest pakettidest võiks välja tuua näiteks üks nädal või kuu ette fikseeritud hind, ettemaksuga leping, ühtlase tarbimisega (profiilikulu põhine) või tarbimise ühtlustamist soodustav (tarbimise juhtimise) pakett. Mudelis tehtavad paketipõhised muudatused vastavad iga jaemüüja enda nägemusele planeeritavaks müügitgevuseks, kuid mudeli täiendamiseks on tähtis täpsustada ka jaemüüjast sõltumatuid ostu- ning müügiportfelli arvutuskäike.

Esiteks on mudeli müügiportfellis arvestatud, et kliendid sõlmivad aastase lepingu, mille vältel nad lepingupartnerit ei muuda. Tegelikuses on väiketarbijal võimalik jaemüüjat vahetada 21-päevase etteteatamisega. Võimalus, et jaemüüja portfelist lahkub suur hulk kliente, muudab aastase müügiportfelli prognoosimist olulisel määral. Mudeli müügiportfelli kujundamise edasiarendus võiks keskenduda stsenaariumitele, kus aasta jooksul muutub klientide turuosa kuude lõikes.

Teiseks oluliseks lihtsustuseks võib välja tuua eelnevalt kirjeldatud turu jaotust aktiivseteks ja passiivseteks klientideks ning sellest tuleneva müügihinna ning portfelli mahu seos. Sisestatud lineaarne seos ei võimalda kirjeldada täpselt jaemüüjate konkurentsist tekkivat klientide liikumist, mistõttu võib seos anda eksitavaid indikatsioone ostuportfelli koostamiseks. Lisaks on

seos lihtsustatud konstantse aktiivsete ning passiivsete klientide turuosa jaotusega. Hinnapiirkonnast (või riigist) sõltuvalt võib aktiivsete ja passiivsete klientide turuosa jaotus suures osas erineda. Samuti ei arvesta antud lihtsustus jaemüüja turunduslikke võtteid ning müügikampaaniaid, mille tõttu võib osaline klientide liikumine kujuneda vastupidiseks pakutavale hinnale.

Kolmandaks on müügiportfell järgalt kinnistatud kindlate tarbimisharjumustega turu jaoks. Kaugloetavate arvestite mahu suurenemisega muutub kogu müügiportfelli prognoosimine oluliselt keerukamaks, sest tunnipõhist tarbimist ei iseloomusta enam üldistatud tüüpkoormusgraafik, vaid klientide reaalne tunnipõhine tarbimisvajadus. Lisaks käitumuslikule tarbimisele on oluline lähemalt uurida temperatuuri mõju nii tarbimisele kui spot-turu hinnale. Käitumusliku tarbimise prognoosimist ning temperatuuri ja tarbimise seost on uuritud näiteks regressioon- kui närvivõrkudel põhineva analüüsi abil [45, 46]. Antud teemade täpsem käsitlemine ületab magistritöö mahtu, kuid on oluline müügiportfelli prognoosimisel esinevate riskide maandamiseks.

Olulisimaks ostuportfelli lihtsustuseks väljatöötatud mudelis on ostuportfelli koostamisel kasutatav üks aastane määratud tarne leping. Aastase tootega oleks mõistlik maandada vaid nende turuosaliste spot-turu hinnarisk, kellega juba järgmiseks aastaseks perioodiks on leping sõlmitud. Tegelikuses on jaemüüjal võimalik soetada finantsturu tooteid veel ka nädala, kuu ning kvartali pikkustele perioodidele. Lisaks finantsturule on võimalik PTR-ide oksjonil võimalik osta kuu, kvartali ja aastaseid tooteid. Füüsilise määratud tarne pakkujad võivad perioodi ning mahu suhtes olla veelgi paindlikumad. Erinevad tooted muudavad spot-turu hinnariski maandamise dünaamikat ning võimaldavad maandada ka riski aasta vältel lisanduvatele klientidele. Arvestades Kesk-Euroopa finantsturul EEX [47] pakutavaid võimalusi võib mudeli ostuportfelli võimalus täiendada ka tiputarbimise (*peak load*) finantstoodetega. Need tooted võimaldavad spot-turu hinnariski maandamise taset tõsta, sest kaetakse ka tunnipõhise tarbimise ebaühtlusest tulenev osa.

Ostuportfellis on optsioonid mudeldatud nii, et kogu eeldatav määratud tarne kaetakse ostuoptsiooniga. Optsiooni maksumusest tulenevate kulude kokkuhoidmise eesmärgil oleks mõistlik katta ostuoptsiooniga vaid see osa müügiportfelist, millel ei ole pikaajalist lepingut. Liigse määratud tarne katmine optsioonidega võib kujuneda kulukaks tehinguks, kuid optsioonid annavad jaemüüjale katte hinnalubaduste täitmiseks pakkumiste ning lepingute sõlmimise perioodil. Sealjuures peab arvestama, et hinnalubaduste mittetäitmine võib avalduda suuremas kahjus kui ostmata jäänud optsioonide maksumus.

## 5. Kokkuvõte

Eestis on täielikult avatud elektriturud toimunud üle kahe aasta. Tihenevas konkurentsisis otsitakse tegevuse laiendamise võimalusi naaberturgudel Lätis ja Leedus. Uuel turul alustav jaemüüja peab efektiivselt maandama elektrienergia müügil esinevaid riske, et piirata lühiajalisi rahavoogude kõikumisi ning kindlustada endale pikaajaline kasum. Riskide maandamine tagab konkurentsieelise teiste müüjate ees ning edukuse turul. Jätkusuutliku tegevuse alustamist Baltimaades võimaldavad spot-turu hinnariski maandamiseks avatud Nasdaq OMXC finantsturg Eestis ja Lätis ning Eesti-Läti piiriülese limiteeritud-PTR oksjonite korraldamine. Valmiv NordBalt merekaabel vähendab eelduse kohaselt Leedu spot-hinna volatiilsust. Soodsate tingimuste teke muudab üha aktuaalsemaks teistes valdkondades tegutsevate ettevõtete siirdumist elektrienergia jaemüügi turule.

Kasvavatest võimalustest lähtuvalt uuriti jaemüügil esinevate riskide mõju pika- ja lühiajalisele kasumile. Lisaks analüüsiti riskide hinnastamise meetodeid ning riskide maandamise võimalusi Balti riikides. Lõputöö käigus leiti vastused küsimustele, millised on elektrienergia jaemüüja peamised riskid elektriturul fikseeritud hinnapakkumist esitades; milliste meetodite abil on võimalik neid riske hinnastada ning maandada. Lisaks uuriti pika- ning lühiajalise kasumi kujunemist sõltuvalt jaemüüja valikutest riskide maandamisel. Müügihinna valiku probleem lahendati optimeerimisülesande abil, mille ülesandeks oli etteantud kriteeriumitel pikaajalise kasumi maksimeerimine.

Töös tuuakse peamiste riskidena välja lühiajalisi suuri rahalisi kaotusi tekitav spot-turu hinnarisk, pikaajalisele kasumile tugevalt mõjuv avaldav finantsturu hinnarisk ning müügihinna valikurisk. Spot-turu hinnariski maandamiseks käsitleti finantsturu futuure, limiteeritud-PTR lepinguid ja füüsilise määratud tarne lepinguid. Finantsturu hinnariski maandamiseks toodi esile ostuoptiooni realiseerimise võimalus. Lühidalt kirjeldati ka tarbimise prognoosiriski, mis sõltub nii portfellis olevate tarbijate mahust, temperatuurist kui ka klientide arvestitüüpide osakaaludest.

Lisaks toodi välja riskide hinnastamiseks kasutatavaid meetodeid. Kirjeldati standardhälbe, VaR ja CVaR suuruste arvutamist ning nende kasutamist riskide hinnastamisel. Selleks, et eeltoodud meetodeid siduda jaemüüja kasumiarvutustega, esitati matemaatilisel kujul kasumifunktsioon, mis sisendati koostatud mudelisse. Mudeli ostu- ning müügiportfelli iseloomustavate suurustena kasutati spot-turu hinnariski maandamise taset ning profiilikulu.

Koostatud mudelis modelleeriti erinevaid stohhastilisi väärtusi juhuslike arvude generaatori abil. Stohhastiliste muutujatena kasutati temperatuuri, aastase futuuri päeva sulgemishinda ning

pakutavat müügihinda. Kirjeldatud muutujad mõjutavad nii ostu- kui müügiportfelli kujunemist ning seeläbi ka kasumiarvutusi. Antud mudel aitab esile tuua spot- ja finantsturu hinnariski maandamise vajadust ning arvutada riskide maandamise valiku tegemise järel optimaalseim müügihind.

Mudeli kasutamine näitas, et spot-turu hinnariski maandamine futuuriga vähendab aastast ning nädalast kasumit, limiteerides spot-turu kõrgete hindade tõttu tekkivat tunnipõhist kahjumit. Finantsturu hinnariski maandamise analüüsil ilmnes, et optsiooni ostmine on oluline aastase ning nädalase kahjumi limiteerimiseks. Jätkusuutliku tegevuse tagamiseks on seetõttu oluline maandada nii spot- kui finantsturu hinnarisk.

Müügihinnast sõltuva kasumi analüüs tõi välja, et odava müügihinna korral suureneb jaemüüja portfelli ning käive, kuid väheneb pika- ning lühiajaline kasum. Suurema portfelli korral langeb jaemüüjale suurem risk, mis avaldub eeldatava kasumijaotuse suurema standardhälbe näol. Kui liialt madal müügihind vähendab pikaajalise kasumi teenimise võimalust, siis liialt kõrge müügihind vähendab kasumit klientide vähenemise tõttu. Pakutav müügihind peab ettemääratud riskikriteeriumite juures tooma maksimaalset kasumit ning selle arvutamiseks on võimalik kasutada koostatud mudeli optimeerimisvõimalusi.

Mudeli praktilise väärtuse tõstmiseks toodi magistritöö lõpus välja mudeli kitsaskohad ning edasiarenduse võimalused. Esile toodi nii kasutaja spetsiifikast lähtuvad arendused kui eluliste seoste täpsemate matemaatiliste tõlgenduste modelleerimine. Müügiportfelli osas soovitati täiendada mudelit nii lisanduvate kulude, lepingu perioodi, hinnaelastsuse kui ka tarbimise prognoosimise osas. Ostuportfelli puhul leiti, et mudelit on võimalik täiendada riskide maandamisel kasutatavate finantsinstrumentide valiku laiendamisega, muutes ostuportfelli paindlikumaks.

Magistritöö autor peab püstitatud eesmärgi täitmist õnnestunuks. Töö käigus toodi esile riskide hinnastamise meetodid, mis aitavad analüüsida kasumit nii jaotuskõvera ulatuses kui ekstreemumjuhtudel. Meetodite praktilise sisu näitlikustamiseks kujundati tabelarvutusprogrammiga mudel, mis tõi välja jaemüüja valikute mõju kasumile. Analüüsitud tulemused langesid kokku tehtud eeldustega ning lisaks ilmnesisid kasumi jaotuskõverate eripärad koostatud stsenaariumites. Analüüs kirjeldas põhjalikult jaemüüja strateegilistest valikutest tulenevaid mõjusid kasumile.

## 6. Kasutatud kirjandus

- [1] M. Saks, „Piirkonna hindade erinevustest tulenevate riskide juhtimine Nord Pool Spot Eesti-Läti piiri näitel: magistritöö,“ TTÜ, Tallinn, 2013.
- [2] „Elektrituru käsiraamat,“ Elering AS, Tallinn, 2012.
- [3] „Elektrituru kuukokkuvõtted,“ Elering AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://elering.ee/kuukokkuvotted/>. [Kasutatud 25 05 2015].
- [4] „Elektriettevõtja tegevusluba ja selle taotlemine,“ Konkurentsiamet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.konkurentsiamet.ee/index.php?id=27114>. [Kasutatud 16 05 2015].
- [5] „Elering - Limiteeritud PTR oksjon,“ Elering AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://elering.ee/limiteeritud-ptr-ide-oksjon-2/>. [Kasutatud 16 05 2015].
- [6] „GlobeNewswire,“ Nasdaq OMX Group, [Võrgumaterjal]. Available: <http://globenewswire.com/news-release/2014/11/06/680707/0/en/No-91-14-Nasdaq-Commodities-confirms-the-Listing-of-EPAD-RIGA-Contracts-11-November-2014.html>. [Kasutatud 17 05 2015].
- [7] „Nord Pool Spot historical market data,“ Nord Pool Spot ASA, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.nordpoolspot.com/historical-market-data/>. [Kasutatud 15 04 2015].
- [8] M. Carrión, J. Arroyo ja A. Conejo, „A Bilevel Stochastic Programming Approach,“ *IEEE Transactions on Power Systems*, kd. 24, nr 3, 2009.
- [9] J. Härm, „Finantsinstrumendid ja nende kasutamine elektrituru hinnariski maandamisel: magistritöö,“ TTÜ, Tallinn, 2011.
- [10] A. Altjõe, „Eesti elektrituru hinna kujunemise analüüs: magistritöö,“ TTÜ, Tallinn, 2011.
- [11] A. Labi, „Hinna- ja koguse riski maandamine VKG Energia OÜ elektriportfelli näitel: magistritöö,“ TTÜ, Tallinn, 2014.
- [12] N.-H. Von der Vehr ja P. V. Hansen, „Electricity Retailing in Norway,“ 2009. [Võrgumaterjal]. Available: <http://cadmus.eui.eu/handle/1814/10621>.
- [13] A. Botterud, T. Kristiansen ja M. Ilic, „The relationship between spot and futures prices in

- the Nord Pool electricity market," *Energy Economics*, kd. 32, nr 5, p. 967–978, 2010.
- [14] S.-E. Fleten ja E. Pettersen, „Constructing Bidding Curves for a Price-Taking," *IEEE Transactions on Power Systems*, kd. 20, nr 2, 2005.
- [15] T. A. Johansen ja O. J. Olsen, „Regulated and unregulated Nordic retail prices," *Energy Policy*, kd. 39, nr 6, p. 3337–3345, 2011.
- [16] A. Hatami, H. Seifi ja M. Sheikh-El-Eslami, „Optimal selling price and energy procurement strategies for a retailer in an electricity market," *Electric Power Systems Research*, kd. 79, nr 1, pp. 246-254, 2009.
- [17] A. Hatami, H. Seifi ja M. K. Sheikh-El-Eslami, „A Stochastic-Based Decision-Making Framework," *IEEE Transactions on Power Systems*, kd. 26, nr 4, pp. 1808-1816, 2011.
- [18] R. Dahlgren, C.-C. Liu ja J. Lawarée, „Risk Assessment in Energy Trading," *IEEE Transactions on Power Systems*, kd. 18, nr 2, pp. 503-511, 2003.
- [19] R. Karandikar, S. Khaperde ja S. Kulkarni, „Quantifying price risk of electricity retailer based on CAPM and RAROC methodology," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, kd. 29, nr 10, pp. 803-809, 2007.
- [20] R. Karandikar, S. Khaperde ja S. Kulkarni, „Strategic evaluation of bilateral contract for electricity retailer in restructured power market," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, kd. 32, nr 5, pp. 457-463, 2010.
- [21] S. Gabriel, A. Conejo, M. Plazas ja S. Balakrishnan, „Optimal Price and Quantity Determination," *IEEE Transactions on Power Systems*, pp. 180-187, 2006.
- [22] M. Carrión, A. Conejo ja J. Arroyo, „Forward Contracting and Selling Price," *IEEE Transactions on Power Systems*, kd. 22, nr 4, pp. 2105-2114, 2007.
- [23] S. Gabriel, M. F. Genc ja S. Balakrishnan, „A Simulation Approach to Balancing Annual Risk," *IEEE Transactions on Power Systems*, kd. 17, nr 4, pp. 1050-1057, 2002.
- [24] A. Philpott ja E. Pettersen, „Optimizing Demand-Side Bids in Day-Ahead," *IEEE Transactions on Power Systems*, kd. 21, nr 2, pp. 488-498, 2006.
- [25] R. Garcia-Bertrand, „Sale Prices Setting Tool for Retailers," *IEEE Transactions on Smart Grid*, kd. 4, nr 4, pp. 2028-2035, 2013.

- [26] M. Nazari ja A. A. Foroud, „Optimal strategy planning for a retailer considering medium and short-term decisions,“ *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, kd. 45, nr 1, p. 107–116, 2013.
- [27] I. Vehviläinen ja P. Tuomas, „Stochastic factor model for electricity spot price—the case of the Nordic market,“ *Energy Economics*, kd. 27, nr 2, p. 351–367, March 2005.
- [28] R. Huisman, „The influence of temperature on spike probability in day-ahead power prices,“ *Energy Economics*, kd. 30, nr 5, pp. 2697-2704, 5 September 2008.
- [29] „Nasdaq OMXC Contract Specifications,“ Nasdaq OMX Oslo ASA, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.nasdaqomx.com/commodities/Marketaccess/legalframework>. [Kasutatud 14 April 2015].
- [30] „European Power Market Derivatives,“ Nasdaq OMX Oslo ASA, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.nasdaqomx.com/transactions/markets/commodities/markets/power>. [Kasutatud 07 04 2015].
- [31] „Market Prices,“ Nasdaq OMX Oslo ASA, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.nasdaqomx.com/commodities/market-prices>. [Kasutatud 17 04 2015].
- [32] „Eleringi Andmeladu,“ Elering AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://andmeladu.elering.ee/consumer/home>. [Kasutatud 03 02 2015].
- [33] H. Torró, „Forecasting Weekly Electricity Prices at Nord Pool,“ *FEEM Working Paper*, nr 88, p. No. 88/2007, September 2008.
- [34] „Elektrienergia bilanss,“ Statistikaamet, [Võrgumaterjal]. Available: [www.stat.ee](http://www.stat.ee). [Kasutatud 16 04 2015].
- [35] „Tüüpkoormusgraafikud,“ Elektrilevi, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elektrilevi.ee/tyypkoormusgraafikud>. [Kasutatud 03 05 2015].
- [36] „Value at Risk,“ Wikipedia, [Võrgumaterjal]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Value\\_at\\_risk](http://en.wikipedia.org/wiki/Value_at_risk). [Kasutatud 17 04 2015].
- [37] „Palisade @RISK,“ Palisade Corporation, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.palisade.com/risk/>. [Kasutatud 14 04 2015].
- [38] „Normal Distribution,“ Gale Encyclopedia of Psychology, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.encyclopedia.com>. [Kasutatud 16 04 2015].

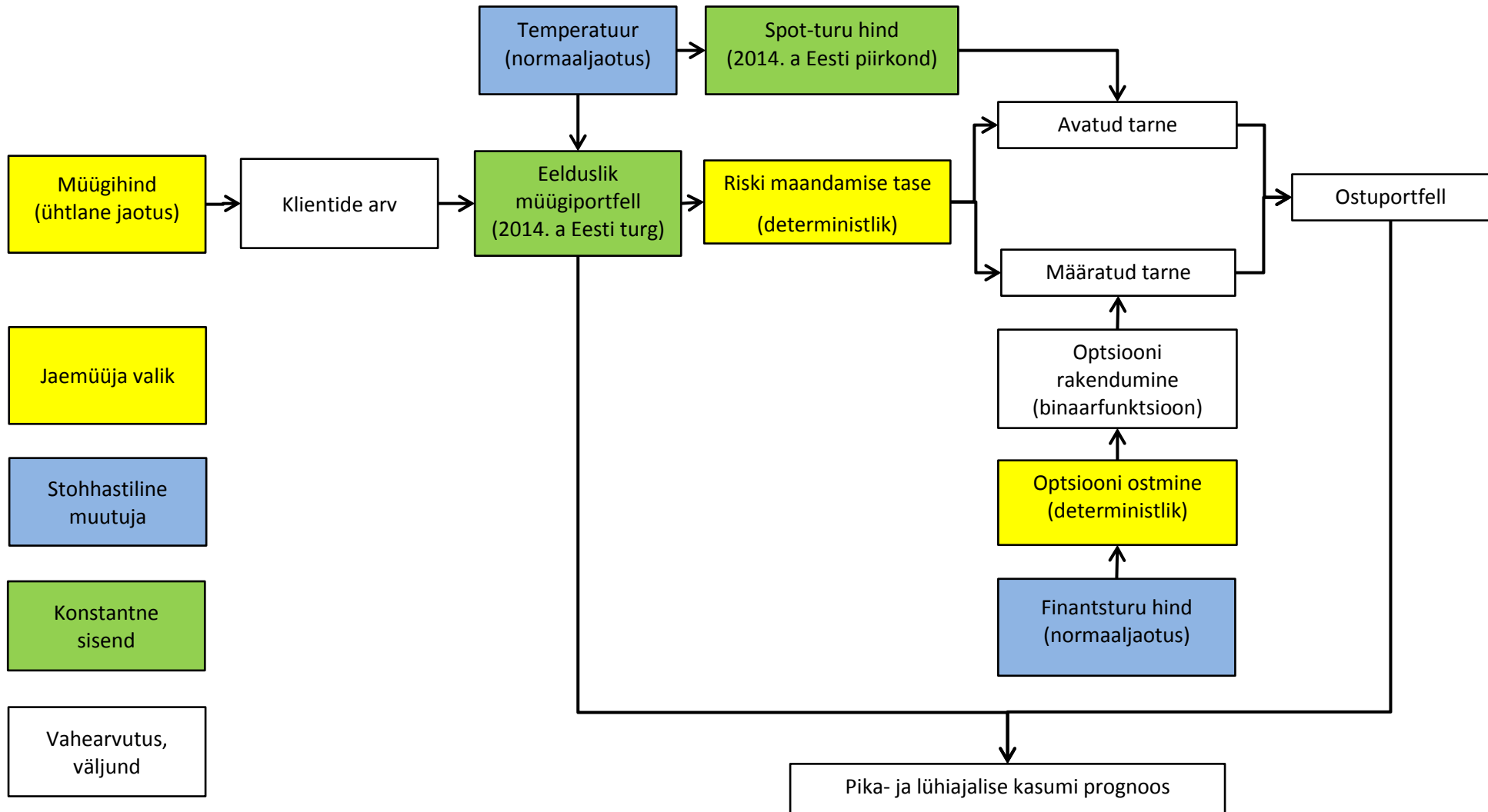


- [39] „Elektriturü ülevaade- September 2014,“ Energiaturg OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <http://energiaturg.ee/2014/09/elektriturü-ulevaade-september-2014/>. [Kasutatud 01 05 2015].
- [40] „Leibkondade energiatarbimise uuring 2012,“ Statistikaamet, Tallinn, 2012.
- [41] „Kliimanormid,“ Riigi Ilmateenistus, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/ohutemperatuur/>. [Kasutatud 14 04 2015].
- [42] M. R. Hardy, „A Regime-Switching Model of Long-Term Stock Returns,“ *North American Actuarial Journal*, kd. 5, pp. 41-53, 2013.
- [43] K. Tahula, „Vaata, mis pakette Eesti Energia tarbijatele pakub!,“ Delfi AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://arileht.delfi.ee/news/uudised/vaata-mis-pakette-eesti-energia-tarbijatele-pakub?id=65015094>. [Kasutatud 29 04 2015].
- [44] S. Dineen, *Probability Theory in Finance*, Providence: American Mathematical Society, 2013.
- [45] N. Fumo ja R. Biswas, „Regression analysis for prediction of residential energy consumption,“ *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, kd. 47, pp. 332-343, Juuli 2015.
- [46] A. Songpu, M. L. Kolhe, L. Jiao ja Q. Zhang, „Domestic Load Forecasting Using Neural Network,“ %1 *The 9Th International Symposium On Advanced Topics In Electrical Engineering*, Bucharest, Romania, 2015.
- [47] „Power Derivatives Market,“ European Energy Exchange AG, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eex.com>. [Kasutatud 20 05 2015].

## Lisad

1. L.1. Mudeli tööpõhimõtte skeem
2. L.2. Mudelis kasutatud suurused ning nende tähised
3. L.3. Optimeerimisülesande tulemused

## L.1. Mudeli tööpõhimõtte skeem



## L.2. Mudelis kasutatud suurused

### Konstandid

$D_{Eesti}$  tähistab Eesti kogutarbimist 2014. aastal (GWh)

$OK_{väike}$  tähistab väiketarbijate osakaal koguturust (%)

$OK_{pas}$  tähistab passiivsete klientide osakaalu koguturust (%)

$OK_{akt_{port}}$  ja  $OK_{pas_{port}}$  tähistab portfelli võidetud aktiivsete ja passiivsete klientide turuosa (%)

$OK_{temp}$  tähistab temperatuurist sõltuvate tarbijate turuosa (%)

$PH_{max}$  tähistab maksimaalset piirhinda, mille korral kaotatakse kõik aktiivsed kliendid (EUR/MWh)

$PH_{min}$  tähistab minimaalset piirhinda, mille korral võidetatakse kõik aktiivsed kliendid (EUR/MWh)

$P_t$  tähistab Eesti piirkonna spot-turu tunnihinda (EUR/MWh)

### Stohhastilised muutujad

$C$  tähistab määratud tarne ostukulu, mis allub normaaljaotusele (EUR/MWh)

$\Delta_{kuu}$  tähistab kuu keskmist temperatuuri, mis allub normaaljaotusele (kraadi Celsiust)

### Jaemüüja strateegilised valikud

$\delta$  tähistab binaarfunktsiooni, mis on 0, kui jaemüüja ei osta optiooni ning 1, kui ostab optiooni

$\pi$  on jaemüüja pakutav müügihind, mis allub ühtlasele jaotusele (EUR/MWh)

$MT_{tase}$  tähistab määratud tarnega spot-turu hinnariski maandamise taset

$MT_{kogus}$  tähistab kas futuuri või optiooniga kindlustatud määratud tarne kogust (MWh/h)

### Vahearvutused

$D_{akt}$  ja  $D_{pas}$  tähistavad aktiivsete ja passivsete klientide turuosa (GWh)

$OK_{akt}$  tähistab aktiivsete klientide osakaal koguturust (%)

$PK$  tähistab profiilikulu (EUR/MWh)

$K_{temp}^D$  ja  $K_{temp}^P$  tähistavad kordajaid, mis korrigeerivad vastavalt tarbimist ja spot-turu hinda sõltuvalt genereeritud temperatuurist

$P_t^P$  tähistab temperatuuriga korrigeeritud spot-turu tunnihinda (EUR/MWh)

### **Analüüsil kasutatavad väljundid**

$D_{koguv}$  tähistab jaemüüja portfelli aastast mahtu (GWh)

$IN_a$  tähistab eeldatavat aastast käivet (MEUR)

$PR_a$  tähistab jaemüüja aastast kasumit (MEUR)

$PR_{näd}^{min}$  tähistab minimaalset kasumit ühe nädala jooksul (EUR)

$PR_t^{min}$  tähistab minimaalset kasumit ühe tunni jooksul (EUR)

$\sigma_a$ ,  $\sigma_{näd}$  ja  $\sigma_t$  tähistavad vastavalt aastase, nädalase ning tunnipõhise kasumi jaotuskõvera standardhälvet (MEUR või EUR)

$VaR_{1-\alpha_a}$  tähistab aastase kasumi jaotuskõvera VaR väärtust (MEUR)

$CVaR_{1-\alpha_a}$  tähistab aastase kasumi jaotuskõvera CVaR väärtust (MEUR)

$VaR_{1-\alpha_{näd}}$  tähistab nädala minimaalse kasumi jaotuskõvera VaR väärtust (EUR)

$CVaR_{1-\alpha_{näd}}$  tähistab nädala minimaalse kasumi jaotuskõvera CVaR väärtust (EUR)

$VaR_{1-\alpha_t}$  tähistab tunni minimaalse kasumi jaotuskõvera VaR väärtust (EUR)

$CVaR_{1-\alpha_t}$  tähistab tunni minimaalse kasumi jaotuskõvera CVaR väärtust (EUR)

### L.3. Optimeerimisülesande tulemused

Nr.	Kulunud aeg	Iteratsioonide arv	Lahend	Lahendi jaotuse statistilised näitajad				Muutuv väärtus	Kitsenduste väärtused
				Keskvärtus	Std. hälve	Min.	Max.	Müügihind	CVaR kitsendus
1	0:04:24	5000	0,98	0,98	0,38	-0,42	2,54	45,00	1424,90
2	0:08:42	5000	N/A	-0,22	0,58	-2,35	2,16	40,00	-17336,72
3	0:13:02	5000	1,00	1,00	0,18	0,33	1,74	50,00	6803,30
4	0:17:09	5000	N/A	0,65	0,46	-1,05	2,53	43,00	-4482,43
5	0:21:16	5000	1,13	1,13	0,26	0,18	2,20	48,00	6303,11
6	0:25:23	5000	N/A	0,84	0,42	-0,71	2,56	44,00	-1188,70
7	<b>0:29:30</b>	<b>5000</b>	<b>1,13</b>	<b>1,13</b>	<b>0,30</b>	<b>0,02</b>	<b>2,36</b>	<b>47,00</b>	<b>5178,80</b>
8	0:33:39	5000	1,09	1,09	0,22	0,27	2,00	49,00	6767,23
9	0:37:48	5000	N/A	0,12	0,54	-1,88	2,33	41,00	-12556,44
10	0:41:56	5000	N/A	0,41	0,50	-1,43	2,46	42,00	-8179,38
11	0:46:05	5000	1,08	1,08	0,34	-0,17	2,47	46,00	3635,30

**Märkus.** Tulemused, mille korral ei täidetud CVaR kitsendust on märgitud punaseks. Optimeerimisülesande lahend on märgitud rasvase kirjaga.