

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Majandusteaduskond
Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Jürgen Pokk

**FUTUURIREEMIA HINDAMINE PÕHJAMAADE
ELEKTRITURUL**

Magistritöö

Juhendaja: lektor Kalle Ahi, MA

Tallinn 2018

Deklareerin, et olen koostanud töö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 11 132 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Jürgen Pokk.....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 163420TARM

Üliõpilase e-posti aadress: jyrgen.pokk@gmail.com

Juhendaja: lektor Kalle Ahi

Töö vastab magistritööle nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

ABSTRAKT	4
SISSEJUHATUS	5
1. ELEKTRITURG.....	8
1.1. Teoreetilised lähtepunktid	8
1.1.1. Futuurilepingud ja hinnariski maandamise võimalused	8
1.1.2. Hinnamuutuse baas ja futuuripremia	9
1.1.3. Ladustamise teooria	11
1.1.4. Ootuste teooria.....	12
1.2. Nord Pool.....	13
1.2.1. Ajalugu	14
1.2.2. Elektri tootmine	15
1.2.3. Elspot - järgmise päeva (päev-ette) turg.....	17
1.2.4. Elbas - tund ette turg.....	19
1.2.5. Fintansturg Nasdaq OMX ja futuurlepingud	20
1.3. Eelneva empiirilise kirjanduse ülevaade Põhjamaade elektriturult	21
2. ANDMED JA METOODIKA	26
2.1. Kasutatavad andmed.....	26
2.2. Kasutatav meetoodika	32
2.2.1. Andmete testimine enne mudeli tõlgendamist.....	32
2.2.2. Elektri hinda mõjutavad tegurid	33
2.2.3. Futuuripremia olemasolu ja mõjutatavad tegurid	34
2.2.4. Elektrituru futuuride prognoosivõime	35
3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED	37
3.1. Futuuripremia statsionaarsuse uurimine	37
3.2. Veereservi, toornafta ja õhtutemperatuuri mõju spot- ja futuurhinnale Põhjamaade elektriturul	38
3.3. Futuuripremia olemasolu uurimine ja tema sõltuvus kirjeldavatest muutujatest	40
3.4. Futuurlepingute prognoosimisvõime.....	45
KOKKUVÕTE	48
SUMMARY	50
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	52

ABSTRAKT

Käesoleva töö uuris spot ja futuurhindu Põhjamaade elektriturul, täpsemalt anti ülevaade futuuripreemiast ja teda mõjutavatest teguritest. Regressoritena kasutati veereservi, toornafta hinda ning keskmist temperatuuri. Veereserv reservuaarides on töös üks olulisim sõltumatu muutuja, kuna Põhjamaades toodetakse umbes 50% elektrist hüdroelektrijaamades.

Töö eesmärgiks oli uurida elektrihindade kujunemist, futuuripremia olemasolu, teda mõjutavaid tegureid ja futuurlepingute prognoosivõimet. Eesmärgi saavutamiseks viidi läbi kvantitatiivne analüüs, kus hüpoteeside testimiseks kasutati regressioonanalüüsi ja t-teste.

Valimisse kuulusid andmed alates 2010 aastast kuni 2018 aasta esimese kvartali lõpuni. Spot hinnad pärinesid Nord Pooli FTP-serverist. 1-6 nädalased, 1-6 kuised, ning 1-8 kvartali pikkused futuurlepingud koguti kasutades Thomson Reuters Eikon terminali, kust saadi ka hinnad toornafta kohta. Keskmine õhutemperatuur on hangitud Yrno statistilisest ajalooliste andmete baasist.

Kooskõlas varasemate uuringutega leidis kinnitust, et futuuripremia Põhjamaade elektriturul esineb. Lisaks tuvastati negatiivne seos veereservi ja spot- ning futuurhindade vahel, kinnitades, et väikese veetaseme juures, muutub futuuri hind kallimaks. Positiivne seos leidis seevastu toornafta hinna ja elektri spot- ning futuuri hinna vahel. Lisaks on futuurlepingutel väga hea võime prognoosida tulevast spot hinda.

Võtmesõnad: spot- ja futuurhinnad, Nord Pool, Nasdaq OMX *commodities*, futuuripremia

SISSEJUHATUS

1990 aastatest alates muutusid paljud maailma elektriturud liberaalsemaks, ning kadusid riiklikud monopolid, andes tarbijatele võimaluse valida endale elektritarnijaid. Elektriturg on mitmekesine, ning elektrit toodetakse erinevatest allikatest, seejuures sõltub hind suuresti ilmastikust ning tooraine kättesaadavusest, muutes hinna ääretult volatiilseks. Põhja- ja Baltimaades haldab elektri hetketurgu turgu Nord Pool Grupp, mille liige on Eesti alates 2010. aastast. Elektrituru ajalugu on juba üsna pikk, sest juba 1995 aastal alustati Põhjamaades elektriga kauplemist. Ühtse turu eeliseks on minimaalne krediidirisk, kuna tehingute üheks osapooleks on alati Nord Pool Grupp. Riskide maandamiseks ja hinna fikseerimiseks toimib Nord Pooli kõrval ka organiseeritud turg Nasdaq Commodities, kus on võimalik kaubelda elektrifutuuriidega ja seeläbi enda jaoks riske maandada või spekuloida kasu saamise eesmärgil.

Enamik töid, mis kirjeldab spot ja futuurhindade erinevust baseerub futuuri- ja riskipremia kujunemise teooriatel. Põhjamaade elektrituru unikaalsus seisneb aga hüdrojaamades, kus toodetakse ligi 50% tarbitavast elektrist. Seejuures Norras toodetakse hüdroenergiast peaaegu 100%, Rootsis ligikaudu 50% ja Soomes 20% kogu elektrist andes võimaluse vett hoida vee reservuaarides suures kogustes (Botterud, 2010). Tänu laialdasele hüdrojaamade kasutamisele ja veereservuaaridele, võetakse antud töös arvesse ka ladustamisteooriat ning vara hoidmisest saadavat hüve (inglise k. *convenience yield*).

Realiseerunud spot- ja futuuride hinnad on tihti erinevad, tekitades elektri tootjatele ja edasimüüjatele ebakindluse. Suured kõikumised ebasoodsas suunas võivad valdkonna äritegevustele avaldada negatiivset mõju. Magistritöö eesmärgiks on uurida elektrihindade kujunemist, futuuripremia olemasolu- seda mõjutavaid tegureid ja futuurlepingute prognoosivõimet. Töö uurimisobjektiks on volatiilsed elektrihinnad, futuuripremia olemasolu ja preemiat mõjutavaid tegureid Põhjamaade elektriturul.

Uurimisprobleemi lahendamiseks ja eesmärgi saavutamiseks otsitakse vastust järgnevatele uurimisküsimustele:

- Kuidas mõjutab spot – ja futuurhindasid veereservuaaride täituvus, toornafta hind ja õhutemperatuurid?
- Kas Põhjamaade elektriturul on futuuride hinnad püsivalt kõrgemad, kui hetkehinnad?
- Kas suhtelist futuuripremiat mõjutab veetase reservuaarides, toornafta ning keskmine nädalane temperatuur?
- Kas futuuride hinnad sisaldavad informatsiooni tulevaste spot hindade kohta?

Töö empiiriline osa toetub olulises osas regressioonanalüüsile tuginedes hinnatud mudelite testimisele. Ökonomeetriliste mudelite põhjal hinnatakse futuuripremia olemasolu ning riskipremiat kirjeldavaid tegureid. Andmete analüüsiks ja testimiseks kasutatakse ökonomeetria programmi Gretl.

Eesmärgi saavutamiseks kasutatakse töös ajaloolisi spot ning futuurhindu ajaperioodil 2010-2018. Spot hinnad ja vee kogus veereservuaarides on kogutud Nord Pool-i FTP-serverist ja futuurlepingud aegumistähtajaga 1-6 nädalat-, 1-6 kuud- ja 1-8 kvartalt, ning toornafta hind on saadud Thomson Reuters Eikoni andmebaasist. Põhjamaade nädalane keskmine õhutemperatuur on kogutud Yrno ajaloolisest andmebaasist.

Käesolev magistritöö koosneb kolmest osast. Töö esimene peatükk annab ülevaate futuurlepingute olulisematest teoreetilistest lähtepunktidest. Lisaks kirjeldatakse Nord Pool-i turu tekkimist, arenemist, võimalustest ja Nasdaq OMX futuurlepingutest. Lisaks antakse ülevaate elektrienergiat ja futuurlepinguid käsitlevatest töödest, tuues välja eelnevate empiiriliste uuringute tulemused ja järeldused.

Teises peatükis kirjeldatakse täpsemalt magistritöös kasutatud metoodikat. Antakse ülevaade koostatud testidest, regressioonmudelitest ja valemitest. Peatükis tutvustatakse kasutatud andmeid ja kirjeldavast statistikast.

Kolmandas peatükis viiakse läbi empiiriline uuring, kus uuritakse futuuripremia statsionaarsust. Lisaks kasutades vähimruutude meetodit hinnatakse, kas sõltumatud muutujad kirjeldavad paremini spot- või futuurlepingute hindu. Autor selgitab välja, kas futuuripremia esineb Põhjamaade elektriturul, kasutades uuringus absoluutset ja suhtelist futuuripremiat, ning seejärel

testitakse preemia sõltuvust regressoritest. Lõpetuseks proovib autor välja selgitada, kas futuurlepingud sisaldavat informatsiooni, millega on võimalik prognoosida tulevasi spot hindu.

Magistritöö autor soovib tänada töö koostamisel abiks olnud juhendajat Kalle Ahi-t, kelle mitmekülgsetest teadmistest oli palju abi. Lisaks tänan toetuse eest lähedasi, kes pakkusid rasketel hetkedel hindamatut tuge.

1. ELEKTRITURG

1.1. Teoreetilised lähtepunktid

1.1.1. Futuurilepingud ja hinnariski maandamise võimalused

Elektrienergia on kaup, mida on võimalik osta, müüa ja kaubelda. Elektriturul tagatakse energia tootjate ja tarbijate vahel turutasakaal, mille tulemusel kujuneb elektri hind nõudluse ja pakkumise suhtena, olles piirkondlikult erinev, sõltudes toorainest ja tehnilistest- ning majanduslikest oludest. Elektribörs on koht, kus toimub elektrienergia suuremahuline kauplemine. Liberaalne elektriturud hakkas Euroopas arenema 1990. aastatel, mil riigid vähendasid oma osalust elektrienergia haldamise juures (Mayer, 2018).

Lisaks füüsilise turule mängivad elektriturul olulist rolli tuletisväärtpaberid, mida kasutatakse riski juhtimiseks ja maandamiseks. Futuurlepingud kohustavad ostma või müüma alusvara eelnevalt kokku lepitud kuupäeval varem kindlaksmääratud hinnaga. (McDonald, 2012). Lepingud on standardiseeritud ning kaubeldavad börsil, kuid futuuride turul füüsilist tarnet reeglina ei toimu, vaid derivatiive kasutatakse maandajate poolt tulevase hinna fikseerimiseks. Spekulandid seevastu ostavad tuletislepinguid, et nende arvelt kasumit teenida.

Kõige levinumad tuletisinstrumendid on futuurid, forwardid ja optsioonid, kuid käesolevas magistris keskendutakse futuurilepingute uurimisele. Hind kujuneb välja turutingimustel, kus iga tehingu juures peab leiduma nii ostja, kui ka müüja. Vähem standardiseeritud on aga forward lepingud, mis sõlmitakse samuti kahe osapoole vahel, kuid tavaliselt on tehingu tingimused salastatud (Hull, 2009). Seega elektriturul leidub erinevaid instrumente, kuid uuritavate futuurlepingute pikkused on reeglina ühest nädalast kuni kümne aastani. Finantsturgu Põhjamaade elektriturul haldab Nasdaq OMX *Commodities Europe*, kes pakub hinnariski maandamiseks kõiki eelpool mainitud tooteid.

Hinnariski avaldumise võimalus puudutab otseselt kõiki, kes osalevad elektriturul. Elektri süsteemihinna ootamatud kõikumised mõjutavad turuosaliste likviidsust, mõjutades seeläbi

rahavooge, mille tõttu sageli fikseerivad turuosalised enda jaoks hinna, kasutades tuletisväärtapabereid. Hinnariski maandamine tuletisinstrumentidega on teoorias väga lihtne, kuid praktikas mõjutavad hinda mitmed tegurid – nii füüsiline ülekandevõimsus, kui ka konkreetse hinnapiirkonna finantsinstrumentid EPAD (ingl k. Electricity Price Area Differentials). Samuti võib tarnimise hetkeks hind liikuda lepingu sõlminud osapoole jaoks ebasoodsas suunas. Selleks, et näitlikustada finantsinstrumentide abil elektri hinna volatiilsusriski maandamise protsessi võib tuua järgmise näite. „Oletame, et elektritootja Eesti hinnapiirkonnas soovib fikseerida oma elektri müügihinna aastaks 2019. Selleks ostab ta kõigepealt süsteemihinnaga seotud futuuri, näiteks hinnaga 20 €/MWh. Sellega on tootja fikseerinud enda jaoks süsteemihinna, kui süsteemihind on tulevikus madalam kui 20 €/MWh, kompenseerib tehingu teine pool tootjale hinnavahe, kui kõrgem, siis kompenseerib tootja ise tehingu teisele poolele hinnavahe“ (Elering, Elektrituru käsiraamat).

Seega, võttes tehingus pika positsiooni, lepib ostja kokku hinna, millega ta on nõus elektrit ostma teataval hetkel tulevikus ja tehingu vastaspool, võttes lühikese positsiooni, nõustub tulevikus elektrit müüma eelnevalt kokku lepitud hinnaga. Teisisõnu, omades pikka positsiooni, saab lepingu sõlminud osapool kasu, kui realiseerunud spot hind on madalam eelnevalt sõlmitud futuurlepingu hinnast, ning vastupidiselt lühikest positsiooni omav osapool on kohustatud maksma turust kõrgemat hinda.

Elektriturul esineb tihti olukord, kus hinnad on volatiilsed ning alusvara hind ei võrdu alati futuuride hinnaga. Erinevust hindade vahel kutsutakse hinnamuutuse baasiks, mida kirjeldab täpsemalt järgnev alapeatükk.

1.1.2. Hinnamuutuse baas ja futuuripreemia

Oluline lähtepunkt toormeturul on hinnamuutuse baas (ingl k. *basis*), mis on defineeritud kui futuurihind miinus alusvara hetkehind ehk spot hind.

$$Baas_{t,T} = F_{t,T} - S_t \tag{1}$$

kus,

t - on aeg mil futuurleping on ostetud, ning T tähistab aegumistähtaega,
F_{t,T} – kirjeldab futuurihinda ajahetkel t, mis aegub tulevikus ajahetkel T,

S_t - alusvara hind ajahetkel t .

Alternatiivselt võib kasutada ka suhtelist baasi:

$$\text{Suhteline baas}_{t,T} = \frac{F_{t,T} - S_t}{S_t} \quad (2)$$

Üheks suurimaks teguriks, mis tekitab suurt volatiilsust futuurlepingute ja spot hindade vahel on sesoonsed muutused nõudluses ja pakkumises. Kõrgem baas viitab tihti kõrgetele hoiustamise kuludele, mis on elektri hinna puhul oluline, kui energiat toodetakse hüdroelektrijaamas, kus vett on võimalik hoiustada reservuaaris. Lisaks turud, kus esineb märkimisväärne erinevus hooajalisel nõudlusel ja pakkumisel, kannab endaga tihti kaasas ka kõrgemat standardhälvet.

Olukorras, kus esineb positiivne toorainefutuuride baas on see kui selge viide kõrgendatud hoiustamise kuludele. Vara hoidmise hüve (inglise k. *convenience yield*) on lisatasu või preemia, mis on seotud alusvara füüsilise hoidmisega, ning mida pole võimalik saada, kasutades ainuüksi tuletisväärtpapereid. Seejuures tuleb arvestada ka raha ajaväärtusega ehk intressimääraga mida hoiustamise juures tuleb kindlasti arvesse võtta. Ühtlasi, võib negatiivset hinnamuutuse baasi põhjustada kõrge alusvara hind.

Üldiselt on hinnamuutuse baas kirjeldatud kui futuurhinna ning hetkehinna vahelise erinevusena, mille tõttu seda nimetatakse tihti ka futuuripreemiaks. Seega futuuripreemia on tuletatud hinnamuutuse baasist, ning kasutatakse vahel ka tuleviku spot hindade prognoosimiseks. Preemia kirjeldab futuurlepingute hindade vahet ajahetkel t , ning eeldatava tuleviku hetkehinda vahet tema aegumistähtjal T .

Tutvudes eelnevalt kirjandusega võime näha, et paljud uuringud kasutavad futuure uurides mõistet riski- ja futuuripreemia segamini. Mõned autorid kasutavad riskipreemia terminit samaväärselt futuuripreemiaga (Gjølberg ja Brattested (2011), Bessembinder ja Lemmon (2002)). Samal ajal, kui teised autorid käsitlevad futuuripreemiat erinevalt ning keskenduvad eelkõige riskipreemia olemasolule uurimisele futuuride turul - vaata Botterud et al. (2010), Weron ja Zator (2014). Selleks, et vältida käesolevas töös edasist segadust tuleb mainida, et riskipreemiat käsitletakse rahanduses kui erinevust futuurlepingu hinna ning eeldatava realiseerunud spot hinna vahena. Mõiste on kirjeldatud järgneva valemiga (Weron & Zator, 2014).

$$RP_{t,T} = F_{t,T} - E_t(S_T) \quad (3)$$

kus,

RP - riskipreemia kaubeldaval ajaperioodil t, ning T tähistab lepingu lõppemise tähtaega,

$E_t(S_T)$ - eeldatav realiseeruv spot hind S_T ajahetkel t.

Futuuripreemia on kergesti leitav praeguste hindade juures, kuid riskipreemia jaoks peame arvestama eeldustega, mis 100%-i kindlusega ei realiseeru. Riskipreemia valem on tuletatud ootuste teooriast, mida käesolevas töös kirjeldab peatükk 1.1.4.

1.1.3. Ladustamise teooria

Ladustamis teooria (ingl. k. Theory of storage) on üks populaarsemaid teooriaid, mis kirjeldab spot- ja futuurhindade seost tarbekaupade vahel. See on toorainefutuuride hinnakujunemisel üks tavapärasemaid lähenemisi, kus futuurlepingud saavad turuosalised kasutada, selleks, et maandada oma riske ootamatute hinnakõikumiste suhtes. Futuurlepingud ei ole aga alati võrdväärset alusvara reaalse hoidmisega, sest alusvara hoidmisega võib kaasneda rahaline hüve. (Hull, 2009). Omades aga toorainet varuna, saab tootja ootamatute olukordade korral kasutada alusvara, kui eelist. Ladustamise teooria kohaselt on väikeste varude korral futuurlepingute hinnad kõrgemad, kui tulevased spot hinnad, kasvatades futuuripreemiat.

$$F_{t,T} = S_t e^{rt} \quad (4)$$

kus,

$F_{t,T}$ - futuuri hind täna, aegumisega ajahetkel T tulevikus,

S_t - spot hind täna,

r - riskivaba intressimäär ajahetkel t.

Olukorras kus spoti ja forwardi turg pole tasakaalus eksisteerib kauplejate jaoks võimalus arbitraažiks. Mil $F_{t,T} > S_t e^{rt}$ saavad turuosalised osta alusvara ning müüa lühikeseks forwardi, kuid olukorras, kus $F_{t,T} < S_t e^{rt}$ tuleks alusvara müüa lühikeseks ning osta forward-leping. Forwardite ostmine aitab mõistagi maandada riski, ning kaitsta oma positsiooni vara ebasoodsast liikumisest (Hull, 2009).

Maht mängib olulist rolli toorme või kauba varudes ning turuhinna kujunemisel. Seejuures mõjutavad hinda hoiustamise kulud ehk kulu kauba säilitamisele, selle laopinnale, kindlustusele, kauba vananemisele ning saamata jäänud intressitulule. Vara hoidmise hüve määratleb ära kasu, mis tekib tuletisinstrumenti aluseks oleva vara hoidmisest, ning mida pole võimalik saada kasutades ainuüksi derivatiive. Antud käsitlust võime pidada ka kui likviidsuspreemiaks, mis annab võimaluse varuda toodangut, selleks, et rahuldada ootamatult nõudlust või hoida käigus vajalikke tootmisprotsesse. Arbitraaži võimaluseta saame luua võrrandi, mis lähtub ka liitintressi tingimuses: (Ibid.)

$$F_{t,T} = S_t e^{(r+u-y)(T-t)} \quad (5)$$

kus,

r- on riskivaba intressimäär, mis kompenseerib ajalist kulu,

u- ladustamiskulu,

y- *Convenience yield* ehk vara hoidmisest saadav hüve.

Kirjeldatud valemis on *convenience yield*-i suurus negatiivses seoses alusvara kättesaadavusega tulevikus ehk kui turul alusvara pakkumine väheneb, siis tootjal on mõistlik alusvara hoida, kuna tõenäosus kauba puudujäägile on suur, mille tulemusel aga müügihind kerkib ning samuti ka oodatav kasum müügist. Mida suurem on aga tõenäosus, et puudujääk tekib ja tootjate varud on väiksed, seda suurem on ka *convenience yield*, kuid olukorras, kus tootjatel on suured varud ning alusvara puudujäägi võimalus lähitulevikus on minimaalne, kipub ka *convenience yield* olema väike (Ibid.). Käesolev käsitlus ei sobi elektrituru kirjeldamiseks kõikidel juhtudel, vaid olukorras, kus vett on võimalik hoida reservuaarides ehk kus energia tootmine käib enamikel juhtudel hüdroelektrijaamas, olukord on eriti relevantne Norras, ning ka Rootsis, kuid mõnevõrra vähem olulisem teistes Põhjamaade riikides.

1.1.4. Ootuste teooria

Väljaspool Põhjamaid on elektri tootmine hüdroenergiast piiratud, kuna puuduvad mahukad veehoidlad, muutes tooraine varumise pea võimatuks. Seetõttu pole taolistel turgudel võimalik ka eelnevalt mainitud arbitraaži võimalus, mis tekib alusvara hoidmisest. Ootuste teooria (ingl. k. *expectation theory*) kirjeldab olukorda, kus alusvara ladustamise või hoiustamise võimalus on väga minimaalne või puudub sootuks. Antud teoorias uuritakse erinevusi spot ja futuurhindade vahel

ning seletatakse hindade erinevusi oodatava spot- ning futuurhinna vahega. Toetudes teooriale, erinevusi spot ja futuurhindade vahel seletatakse, kui kombinatsiooni oodatava muutusega hetkening futuurhinna vahel. Teisisõnu futuuri hind on võrdne oodatava spot hinnaga pluss riskipremia, mis on tuletatud valemist 3.

Fama ja French (1987) käsitlevad ülaltoodud futuuripremiat, kui lisatasu futuuride hinnas, mida tuleb vähimisi maksta oodatavate spot- hindade prognoosimisel, kus kõrvalekalle võib olla nii positiivne, kui ka negatiivne. Gjørlberg ja Brattested (2011) seevastu selgitavad preemiat, kui ajas muutuvat nõudlust ja pakkumise suhet. Kui nõudlus on võrdne pakkumisega, siis eksisteerib turul tasakaal ehk riskipremia on võrdne nulliga. Antud olukorras peaks tulevased spot hinnad olema prognoositavad kasutades futuuride hindu ilma suure kõrvalekaldega. Küll aga ebavõrdusest nõudluse ja pakkumise vahel tekib hindade erinevus praeguste futuurlepingute ning tulevikus oodatavate futuurlepingute hindade vahel ajahetkel t.

Oluline on meeles pidada, et ladustamise- ja ootuste teooria on alternatiivsed, ning pole teineteisega vastuolus. Nii nagu Fama ja French (1987) on seletanud, siis varieerumine eeldatavas futuuripremias on seletatav ladustamisteooriaga, kus muutub intressimäär, hoiustamise kulud või *convenience yield*. Selleks, et teooriat paremini mõista võid nad näite põllumajandusest, kus hinnamuutuse baas enne vilja koristamist on negatiivne, seejuures lepingujärgne tarne toimub peale saagikoristust. Negatiivne baas on reeglina põhjustatud väikestest varudest, mis omakorda muudab *convenience yield* suureks võrreldes intressimäära ning ladustamiskuludega. Lähtudes aga ootuste teooriast, muutub hinnamuutuse baas negatiivseks, kui futuuride hinnad on madalad, sest eelduse kohaselt spot hinnad langevad peale saagikoristust, mil alusvara hulk kasvab turul oluliselt. Olukorras, kus futuurleping sõlmitakse peale saagikoristust, ning tarneajaga enne järgmist koristust on ladustamisteooria kohaselt oodata positiivset baasi, mida võiks seletada madala *convenience yield*-iga võrreldes kõrgete ladustamis- ja intressikuludega. Ootuste teooria kohaselt näeme aga positiivset baasi, kui varude hulk on väike, põhjustades kõrgemaid spot hindu tulevikuks.

1.2. Nord Pool

Nord Pool on Euroopa energiabörs, mis pakub võimalusi kauplemiseks ja sellega seotud teenuseid üheksas Euroopa riigis üle Euroopa. Pakutavad teenused on seotud nii päevasiseste ja üks-päev-

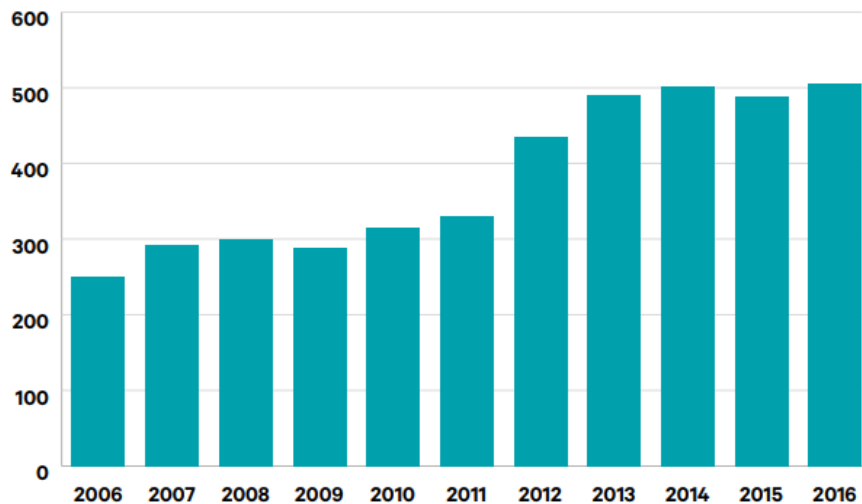
ette turuga. Pakutavad tooted on usaldusväärsed ning läbipaistvad, sest hind kujuneb börsil, nõudluse ja pakkumise suhtena, kus hind kujuneb iga päev ja iga tund.

Nord Pool-i näol on tegemist energiabörsiga, mis pakub oma klientidele likviidust, efektiivset ja turvalist päevasest ja üks-päev-ette turgu. Suureks plussiks on nende osalemine igas tehingus sõltumata tehingupartneri suurusest, mis elimineerib likviidsusriski peaaegu täielikult. Turg opereerib Põhjamaade, Baltikumi, Saksamaa ja lisaks Suurbritannia turgudel, kus osaleb tervelt 380 ettevõtet, 20 riigist (About us, Nord pool).

1.2.1. Ajalugu

Enne Nord Pooli tekkimist valitsesid turgu monopolid, mille tulemusel oli elektri hind äärmiselt ebastabiilne. Nord Pool-i algus ulatub juba aastasse 1991, mil Norra reguleeris riikliku energiaturu. 1996 aastal liitus energiabörsiga ka naaberriik Rootsi, mille tulemusel tekkis esimene rahvusvaheline energiaturg, mille nimeks sai Nord Pool ASA. Hiljem liitusid turuga ka teised Põhjamaad - Soome 1998 ning Taani tervikuna 2000 aastal. Uue sajandi alguses 2002 aastal, alustas tegevust ka eraldiseisev ettevõtte Nord Pool Spot AS, mis opereerib hetkehindadega toormete turul. Alates 2010 aastast on esindatud ühtses kauplemispiirkonnas ka Baltimaad, esmalt liitus Eesti, siis Leedu 2012 aastal ning 2013 ka Läti. Tänapäevaks on Nord Pool Spot teinud läbi brändivärskenduse ning muutunud Nord Pool-iks, korraldades elektrikbörsi rohkem kui kümnes riigis, üle Euroopa (History, Nord Pool).

Kauplemise maht on olnud viimastel aastatel Nord Pool-i turul suhteliselt stabiilne, kuid peale kõikide Baltimaade liitumist toimus siiski märkimisväärne kasv.



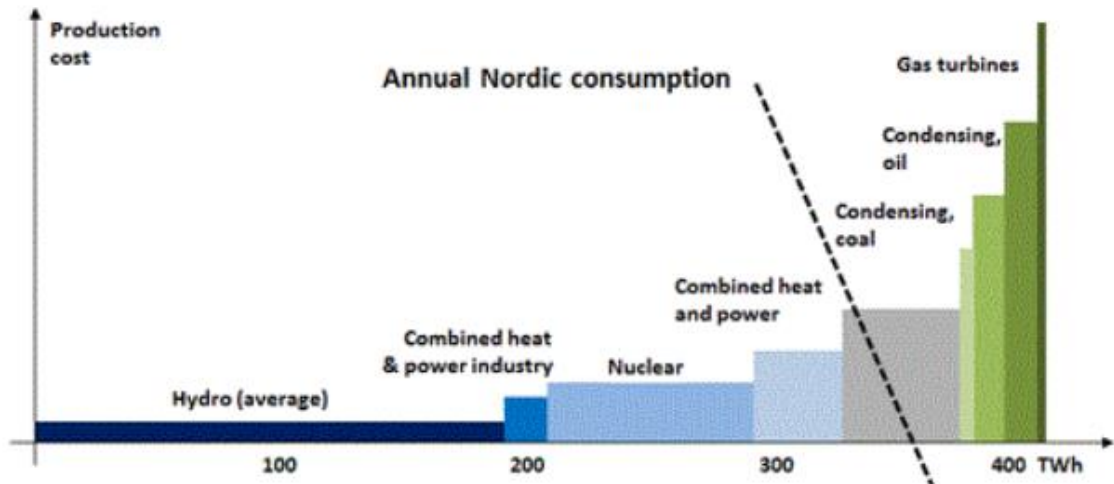
Joonis 1. Kauplemise maht Nord Pool-i turul
Allikas: Aasta aruanne, Nord Pool Group (2016)

1.2.2. Elektri tootmine

Põhja- ja Baltimaades on elektri tootmisega seotud ettevõtteid üle 370, kelle aastane tootmisvõimsus jääb keskmiselt 420 teravatt-tunni juurde (TWh). Tavapärase aastase lume- ja vihma sademete hulga korra, rahuldab tervelt poole elektrienergia nõudlusest Põhjamaades hüdroenergia (Arvik, 2013).

Norra tarbijate elektrienergia vajaduse rahuldab praktiliselt täielikult hüdrauliline energia, kuid nii ei ole kõikjal. Rootsi ja Soome saavad oma elektri hüdro-, tuuma- ja soojuselektrijaamadest, sealjuures ka Taanis on esimesel kohal soojuselektrijaamad, kuid kõikjal peetakse aina kasvavaks trendiks tuuleenergiat Eesti ja Leedu saavad samuti suure osa oma elektrienergiat suuresti soojuselektrijaamadest. Põuaperioodidel muutuvad Põhjamaad aga sõltuvamateks teistest riikidest: Eestist, Venemaast, Hollandist, Poolast ja Saksamaast (Ibid.).

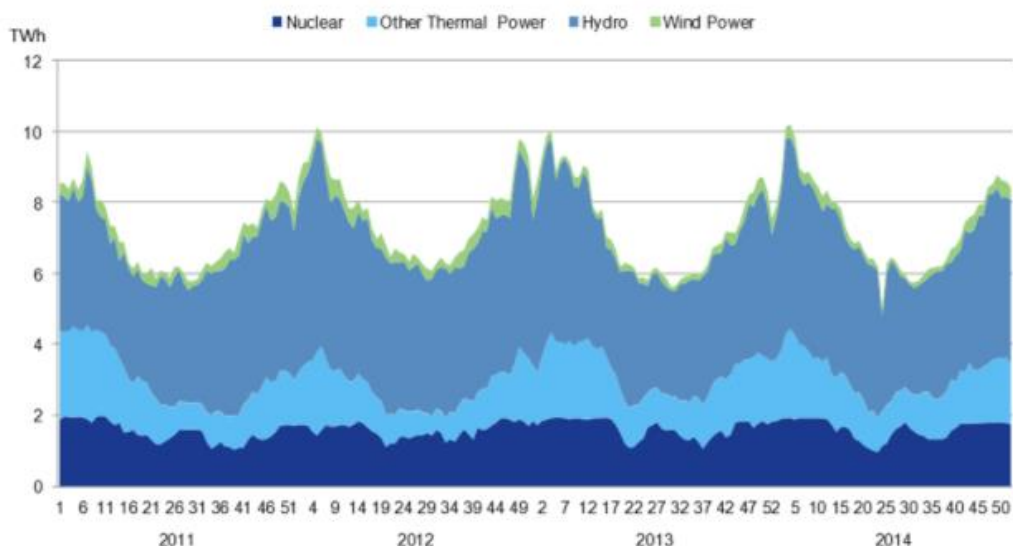
Tootmise kulud on mõistagi muutuvad, kuid kõige odavam on keskmiselt hüdroenergiast elektri tootmine ja tarbimine, kuna tegemist on taastuvenergia energiaallikaga. Mõistagi mõjutavad hüdroelektrijaamad keskkonda, sest hüdroenergia kasutamiseks vajatakse tavaliselt tammi ning suuri veereservuaare. Alljärgnev graafik kirjeldab tootmise olukorda Põhjamaade turul, kus y-teljel on tootmiskulud ning x-teljel tootmisvõimsus (Ibid.).



Joonis 2. Aastane Põhjamaade keskmine tarbimine
Allikas: Arvik, 2013

Juhul, kui hüdroelektrijaamades on madalad veevarud tuleb kasutada tootmiseks kallimaid alternatiivne, mis tõstavad mõistagi elektri hindu ka börsil. Seega Põhjamaade elektri hinnad on suuresti sõltuvad ilmastikust ja sademete hulgast, kuna rohkete sademete korral on võimalik kasutada veest saadavat energiat suuremal määral – hinda mõistagi mõjutab ka juurdepääs tuumaenergiale (Ibid.).

Järgnevalt graafikult on näeme, et enamus Põhjamaade elektrienergiat toodetakse kasutades hüdroenergiat, millele järgnevad tuuma- ja soojuselektrijaamad (*nuclear- and other thermal power*). Hetkel veel marginaalne osakaal elektrist tuleb ka tuulest (*wind power*) (Ibid.).



Joonis 3. Põhjamaade turul elektri tootmisallikad ja võimsus
Allikas: Tootjad, Nord Pool

Jooniselt näeme, et tarbimine on selgelt sesoonne, sõltudes suuresti aastaajast. Talvisel perioodil ehk külmadel kuudel tarbitakse energiat rohkem, ning soojematel kuudel muutub tarbimise maht väiksemaks, kuna päevad on pikemad ja kütmiseks kulub energiat vähem.

1.2.3. Elspot - järgmise päeva (päev-ette) turg

Elspot ehk päev ette turg on peamine koht, kus kaubeldakse energiaga ja sõlmitakse lepinguid ostjate ning müüjate vahel, kinnitatakse tehing ja elektrihulk, mis ostjale järgneval päeval toimetatakse. Tooraine turul on aktiivseid liikmeid 360 ümber, ning enamus neist teevad tehinguid igapäevaselt, kus lepingute hulk jääb 2000 kanti (Elspot, Nord Pool).

Igapäevaselt planeerib nõudlust reeglina kommunaalettevõtte, kes arvestab välja, kui suurt kogust ta järgneval päeval vajab, et rahuldada oma klientide elektri tarbimise nõudlust. Võrguettevõtte teeb enda jaoks tunnipõhise prognoosi, ning selle alusel kinnitatakse, kui palju ollakse nõus soovitud elektri koguse eest maksma. Vastaspoolena on tehingus müüja, näiteks hüdroelektrijaama omanik, kes peab välja arvestama mahu, mida ta suudab kliendile järgmiseks päevaks toimetada, seda samuti tunnipõhiselt. Ostjate ja müüjate vaheline ostu- ja müügiorderite arv kujundab välja kauplemissüsteemi ehk Nord Pooli päev ette turg (Ibid.).

Iga päev kella 12:00 Kesk- Euroopa ajavöötmega järgi on turuosalistel võimalik kinnitada oma pakkumised järgneval päeval, mille põhjal kauplemissüsteem arvutab spetsiaalselt loodud

algoritmi järgi hinnad. Lihtsustatud kujul on näha turutingimustel tekkivat hinda alljärgneval joonisel, kus hinnakõveratel on näha nõudlust (*demand*) ja pakkumist (*supply*), ning mille ristumiskohal tekib turuhind (*market price*), sõltudes mahust (*volume*), käibest (*turnover*) ja hinnast (*price*) (Ibid.).



Joonis 4. Nõudluse ja pakkumise tulemusel tekkiv turuhind
Allikas: Elspot, Nord Pool

Tunnised hinnad avaldatakse turuosalistele iga päev kell 12:45 või veidi hiljem, selleks ajaks on kalkuleeritud turuhind ning vastavad lepingud on arveldatud. Alates järgneva päeva algusest 00:00-st toimub elektri füüsiline tarne vastavalt eelnevalt kokkulepitud lepingutele kommunaaletevõttele, tunnipõhiselt. (Ibid.)

Kuigi nõudlus ja pakkumine on avatud turul põhilised faktorid hinna kujunemisel, mängib suurt rolli ka elektri läbilaskevõime ehk tarnitavate koguste maksimaalne kogus. Suurimaks pudelikaelaks võib saada olukord, mil elektriühendused on omavahel seotud ja nõudluse rahuldamiseks tuleb tarnida suuri koguseid. Kuna võimsus on piiratud, siis kõrge nõudluse korral kehtestatakse ülekoormuse vältimiseks vastavaks tunniks või perioodiks kõrgemad elektri hinnad, seeläbi mõjutatakse hinnatundlike kliente, kes oma tarbimist vähendavad (Ibid.).

Nord Pooli turg on omakorda jaotatud erinevateks kauplemisaladeks, ning iga liikmesriik otsustab iseseisvalt, mitmeks osaks ta omakorda oma riigi jaotab. Erinevad pakkumispirkonnad

võimaldavad aga tagada turul võrdsed võimalused piirkondlikel elektritootmise ettevõtetel oma alusavara müügiks. Pudelikaelade ehk elektri tarnimise piirangu mahtude tõttu võivad tekkida erinevad piirkondlikud hinnad, kus läbilaskevõime piirangute tõttu liigub elekter alati odavamast piirkonnast kõrgemasse hinnapiirkonda, sest ka tootjatel on soov võimalusel rohkem teenida. Seega elektri liikumine, kinnitab põhimõtet, kus nõudluse kasvades liigub pakkumiste arv kõrgema hinna tõttu kallimasse piirkonda. Loodud süsteem seevastu tagab, et ükski turuliige ei saa eelist oma kauplemispiirkonna tõttu, vaid oluline tunnusjoon turul on liberaalsus, kus Nord Pool teeb hinnakalkulatsioonid iga pakkumispiirkonna jaoks järgnevas 24 tunniks. All oleval joonisel on näha jaotatud kauplemispiirkonnad riigiti. Kõige rohkemateks piirkondadeks on enda jaganud Norra, kus leidub tervelt 5 erinevat kauplemispiirkonda. Seejärel järgneb Rootsi 4-, Taani 2-, ning Soome ning Baltimaad, kus igal riigil on vastavalt 1 kauplemispiirkond. (Kauplemispiirkonnad, Nord Pool)



Joonis 5. Kauplemispiirkonnad
Allikas: Kauplemispiirkonnad, Nord Pool

1.2.4. Elbas - tund ette turg

Elbas ehk päevasisene turg on oma mahult tunduvalt tagasihoidlikum, kui Elspot, kus toimuvad enamasti tehingutest, ent siiski vajalik. Elbas turgu kasutatakse päevasiseks kauplemiseks, kus elektrit kaubeldakse kuni üks tund ette enne tarnet. Börsiliikmetel on võimalik esitada oma ostu- või müügiorder, soovitud koguse ja hinnaga samuti päevasiseselt. Kauplemine antud turul toimub mehhanismil, kus kõigepealt täidetakse esimesena sisse tulnud orderid ning seejärel järgnevad. Selline turumehhanism võimaldab osalistelt - nii tootjatel, kui tarbijatel müüdavaid ning ostetavaid

koguseid prognoosida suhteliselt täpselt või teha lisaks mõni tehing näiteks ootamatu tehnilise rikke korral. Elbas turg annab võimaluse ootamatute olukordade puhul korrigeerida varasemalt tehtud tehinguid, tasandades elektrienergia nõudlust ja pakkumist ettenägematute situatsioonide korral (Lucia ja Schwartz, 2002).

Ettenägematute situatsioonina võib juhtuda ka tuumaelektrijaama ootamatu töökatkestus, põhjustades tootjale ootamatu puudujäägi tarnimise hetkel. Või vastupidise situatsiooni korra on tugevate tuulte tõttu suurem tuulenergia osakaal, mis põhjustab aga elektrienergia ülejääki. Päevasisene turg võimaldab ostjatel ja müüjatel tehinguid teha praktiliselt reaaliajajas, ning tekitada turul tasakaal. Elbas turgu võib pidada ääretult oluliseks just tootjatele, kes toodavad elektrit tuuleenergia abil, sest teatavasti täpselt ilma prognoosida on keeruline, ning seda enam tuulte tugevust järgneval päeval (Elbas, Nord Pool).

1.2.5. Fintansturg Nasdaq OMX ja futuurlepingud

Lisaks päev ette Spot turule ning päevasisesele turule on väga oluline osapool Põhjamaade elektriturul ka finantsturg, mida opereerib Nasdaq OMX. Finantsturg on turuosalistele ääretult tähtis, kuna võimaldab maandada riske futuur- ja forward-lepingute abil, ning annab spekulantidele võimaluse arbitraazile muutuval. Mahu poolest on futuuride turg võrreldes forward lepingutega mahukam, seega käesolev magistritöös keskendutakse futuuride uurimisele, ent siiski mõlema instrumendi hinnastamise aluseks on Nord Pool-i süsteemihind (Zakeri ja Syri, 2014).

Futuurlepingud annavad õiguse alusvara osta või müüa varem kokkulepitud ajal ning eelnevalt kindlaks määratud hinnaga. (Kritzman, 1993). Futuurlepingud on oma sisult standardiseeritud forward-lepingud, ning kaubeldavad Nasdaq Omx börsil, kus reeglina füüsilist tarnet ei toimu, kuid neid kasutatakse eelkõige Spot hinnaliikumise korrigeerimiseks või hinna lukustamiseks kindlaks perioodiks tulevikus. Loomulikult leidub turul ka spekulante, kes proovivad kasumit teenida ilma konkreetset alusvara omamata (Finantsturg, Nord Pool).

2002. aastast alates toimisid füüsiline elektriturg ja futuuride turg eraldiseisvate ettevõtetenä, kuid siiski Nord Pooli nime all. 2008. aastal ühines futuuride turg Nasdaq OMX-iga, ning sai Nasdaq OMX *Commodities* (NOC) osaks. Turul on nagu mainitud standardiseeritud futuur- ning forwardlepingud, kus tehinguid tehakse tööpäevadel 8-16-ni. Futuurlepingud tarneperiood on ühest päevast nädalateni või lausa tarnekuupäevaga aastate pärast, kuid lepingu aegumise korral reeglina füüsilist tarnet ei toimu, vaid muutused kalkuleeritakse ümber rahasse (Juntitila, 2007).

Kõik lepingud NOC turul on noteeritud €/MWh vääringus, kus miinimum samm on 0,01€ lepingu kohta. Nasdaq-i aluseks on füüsiline Nord Pool turg, millest kujunevad välja futuurlepingute hinnad. NOC turul on aktiivseteks liikmeteks reeglina energia tootjad, suurtarbijad, edasimüüjad, investeerimispannad, kommunaalettevõtted ja teised finantseerimisasutused, kelle sooviks on tavaliselt riske hajutada, kasumit- või kulubaasi fikseerida. Alates 2017 aastast alustasid koostööd Nasdaq Commodities ja Saxo pank, pakkudes väikestele- ja keskmistele ettevõtetele mugavamalt ligipääsu Põhjamaade energifutuuridele. Uus süsteem on täielikult integreeritud ja kõikehõlmav kauplemis- ning riskijuhtimise platvorm (Ibid.).

1.3. Eelneva empiirilise kirjanduse ülevaade Põhjamaade elektriturult

Leidub aina rohkem artikleid, mis käsitlevad spot- ja futuurhindade seoseid, ning erinevad kirjutised käsitlevad mitmeid elektriturge nagu näiteks: Euroopa energiavahetus (EEX- European Energy Exchange), PJM-i (turg, kus elektritootjad kohtuvad tarbijatega), ning loomulikult ka käesolevas töös uuritud Nord Pool. Andmete kasutus töödes on erineva pikkusega, kuid reeglina hõlmavad perioodi 1996-2010.

Elekter erineb kõikidest teistest toorainefutuuridest kahel põhjusel. Esiteks, elektrit ei ole võimalik ladustada suurtes kogustes ja majanduslikult võttes säästlikult., et toorainet, millest elektrit toota, näiteks vett on võimalik hoida hüdroelektrijaamade veehoidlates või mahukates patareides - seejuures patareid on mõistlik täita olukorras, kus elektri hind on madal. Üldiselt aga võib väita, et elektri varumine suurtes koguses ei ole majanduslikult otstarbekas ega mõistlik. (vaata Huisman ja Kilic (2012); Mork (2006); Botterud jt. (2002); ja Bessembinder ja Lemmon (2002), et saada rohkem informatsiooni elektri ladustamise kohta)

Teiseks probleemiks on elektri hinna suur volatiilsus, mida põhjustabki vähene tooraine ladustamise võimalus, lisaks ka tootmise tehnilised aspektid, sest tuuma- või soojusenergia jaamu lihtsalt välja lülitada, ning taas käivitada on mõeldamatu. Suur hinnakõikumine on tingitud just väikestest varudest, kus pole võimalik erakordseid muutusi nõudluses ega pakkumises rahuldada, muutes edasimüüjate ning suurtarbijate jaoks hinnariski maandamise futuuride näol ääretult oluliseks. Veelgi enam on järsu hinnatõusu maandamine oluline nõudluse poolele, kuna elektri ootamatult kõrge väärtus võib lühiajaliselt suurtarbijatele mõjuda negatiivselt (Bessembinder ja Lemmon, 2002).

Mainitud elektrienergia ainulaadsed omadused muudavad ta kindlasti erilisemaks võrreldes füüsiliselt ladustatavate toorainetega. Näiteks, kõrvutades metalli ning elektrifutuuride ja -forwardite hindamise mudeleid, siis viimase mudeli hindamise osutub kindlasti keerukamaks, kuna elektri varumine, nagu eelnevalt mainitud, lõpp produktina ja optimaalses koguses on peaaegu, et võimatu. Seega futuuride hinnad volatiilsel elektriturul ei pea vastama otseselt hoiustamise kulude (ingl k. *cost-of-carry*) suhtele, ning seejuures peaks ka tuletisinstrumentide hinnastamisel hea arbitraaži võimalus puuduma (Ibid.).

Üks varasemaid empiirilisi uuringuid, mis käsitleb futuuripreemiat elektriturul viidi läbi juba aastal 2002. Bessembinder ja Lemmon (2002) töötasid välja teoreetilise tasakaalu mudeli, kus kirjeldatakse riskile avatust tootjate ja jaemüüjate vahel, mida mõjutab nõudlus ja pakkumine, ning fakt, et elektrit ega alusvara pole võimalik suurtes ega adekvaatsetes kogustes hoiustada. Olukorras, kus jaemüüjad ostavad hulgihinnaga tootjatelt elektrit ning müüvad koheselt edasi jaehinnaga, tekib situatsioon, kus mõlemad on avatud riskile, mõjutades nende kulutusi ja kasumeid. Riskide maandamiseks ning eeldatava kasumi või kulubaasi fikseerimiseks on aga mõistlik kasutada futuurlepinguid.

Futuurlepingute hinnad on kindlaks määratud maandamise mahust, ehk sisuliselt taas nõudluse ja pakkumise suhtest turul. Bessembinder ja Lemmon (2002) väidavad, et müügilt tulenev tulerisk tootjatele ja jaemüüjatele langenud osturisk on teineteist tasakaalustavad ja ei mõjuta futuuripreemiat. Seetõttu on käsitluses futuuripreemia määratud, kui müügitulu risk jaemüüjatele ning tootmiskuludest lähtuv risk tootjatele. Mudelist väljendub, et preemiate eest makstav tasu sõltub hetke hinna dispersioonist ja asümmeetriast, see tähendab, et dispersioon omab negatiivset mõju futuuripreemiale, ning asümmeetria omakorda positiivset.

Bessembinder ja Lemmon (2002) teevad oma uurimuses järelduse, et futuuride hinnad on reeglina kõrgemad, kui eeldatavad spot hinnad, kinnitades hinnamuutuse baasi teooriat. Bessembinder ja Lemmon (2002) viisid läbi oma püstitatud mudeli testimise, ning tulemused kinnitasid teooriat, kus futuuride hinnad ületavad eeldatavat spot hinda, juhul, kui tulevane nõudlus ja volatiilsus on kõrged, põhjustades ühtlasi ka positiivse asümmeetria spot hindade turul. Teisalt selgus mudelist, et madala nõudluse korral on forwardite turul elektrihind, võrreldes spot hinnaga negatiivse nihkega ning nõudluse risk mõõdukas. Loodud mudel annab seega kaks erinevat väljundit, sõltudes elektrituru hetkelisest olukorrast, ning andes mõista, et elektrituru futuuridel võib esineda nii positiivset, kui ka negatiivset preemiat.

Longstaff ja Wang (2004) analüüsisid forwardi preemiat PJM-i (Pennsylvania, New Jersey, Maryland) elektriturul aastatel 2000-2002, kasutades tunniseid spot- ja järgneva päeva forwardi hindu. Nad leidsid, et spot ja futuur hindade vahel esineb reeglina positiivne preemia, kuigi preemia suurus muutub, sõltudes päevast ja kellaajast, ning vahel muutudes isegi negatiivseks. Seega nende uuring toetab samuti varasemalt kirjeldatud Bessembineri ja Lemmoni tulemust, kus spot hind on negatiivselt seotud dispersiooniga ning positiivselt seotud asümmeetriaga. Longstaff ja Wang (2004) väitsid veel, et futuuripreemia on ajas sõltuv, sest dispersioon futuuride hinnastamisel on tavaliselt väiksem, kui dispersioon eeldatava tuleviku spot hindadel, kus teatavasti on aga suurem dispersioon, ning seda suurem volatiilsus ja risk. Sarnases kontekstis lisasid Douglas ja Popova (2008) riskifaktorina Bessembineri ja Lemmoni (2002) mudelisse muutuja, mis esindab gaasimahuteid. Tulemustes selgus, et PJM-i turul on gaasimahutid olulises suhtes futuuripreemiaga, seeläbi kinnitades mudeli prognoosivõimet ja olulisust.

Haugom ja Ullrich (2012) kordasid Longstaff ja Wnagi (2004) uuringut PJM-i turul, kattes ära pikema perioodi, analüüsisid futuure aastatel 2000-2010. Pikema periood näitas endiselt positiivset preemiat, kuid viimastel aastatel on preemia vähenenud. Lisaks näitavad tulemused, et regressioonmudelisse lisatav avalik lisateave, ei paranda hetkehindade prognoosimise täpsust. Seega nad järeldavad, et turgude efektiivsus on ajas kasvanud, kuid riskipreemia on vähenenud, mis tõenäoliselt viitab turuosaliste suuremale kogemusele.

Mork (2006) väitis aga on uurimuses, et futuuripreemia olemasolu turul on spekulantidele justkui kutseks astuda tehingusse. Kasutades võimalust, ning teenida kasumit nende turuosaliste pealt, kelle jaoks on mõistlik maksta rohkem, selleks et oma ettevõtte riske maandada ja fikseerida tulevikuks enda jaoks sobiv hind.

Kuna elektrituru futuuride hinnastamisel ei saa kasutada hoiustamise kulude (cost-of-carry) lähenemisviisi, on paljud autorid kasutanud on uuringutes ootuste teooriat (expectations hypothesis) (vaata Gjolberg ja Brattested, 2010; ja Huisman ja Kilic 2012). Ent, ka see lähenemisviis pole saanud kõikidelt uurijatelt heakskiitu, kuna problemaatiline on eelnevalt tuvastada kõrvalekaldeid tulevase spot hinna ning tegeliku realiseerunud hinna vahel.

Botterud jt. (2010) uuris spot ja futuuride hindu Põhjamaade elektriturul aastatel 1996-2006 ehk 11 aasta pikkust perioodi, kus lepingute pikkuseks oli 1, 4, 26 ja 52 nädalat, sõltudes alusvara tarnimise ajast. Uuringu tulemuseks oli taaskord positiivne futuuripreemia, mida on kinnitanud ka

Gjølberg ja Johnsen (2001), Mork (2006), Weron (2008) ja Redl et al (2009) uuringud. Redl et al (2009) järeldasid, et preemia võib-olla tingitud nõudluse ja pakkumise muutustest, kuid samal ajal ei välistata turgude ebaefektiivsust. Botterud jt. (2010) proovis lisaks seletada preemiat, kasutades hüdroelektrijaamades kasutusel olevate veehoidlate veetasemeid, koos spot ja tulevaste futuuride hindadega. Testimiseks viidi läbi parameetrite hindamine vähimruutude meetodil, kus selgus, et veehoidlate mahutavus, vee sissevool ning nõudlus on olulisteks selgitavateks muutujateks. Kasutades nädalasi futuure, aegumistähtajaga 1-6 nädalat, tuli välja, et keskmiselt on 1 nädalane futuurleping 1,3% ja 6 nädalane futuurleping 4,4% kallim, kui spot hind (Botterud jt. (2010).

Weron and Zator (2014) püüdsid lahendada mõningaid ökonomeetrilisi puudujääke Botterud jt. (2010) mudelist, eraldades hooajalised muutused veehoidlate tasemetest. Tulemused näitasid, et veehoidlate tase on riskipreemiaga negatiivses seoses (autorid leidsid positiivse seose, kuid lähtudes käesoleva töö riskipreemia definitsioonist oli suhe negatiivne), olles vastuolus ka Botterud et al. (2010) järeldusega. Töö tulemusena selgus, et futuuride nõudlust tõstab madal veetase hüdroelektrijaamades, kuna väike varu tõstab hetkelise spot hinna tavapärasest kõrgemale. Autorid pole aga oma mudelis täielikult kindlad ning ei jõua ühesele järeldusele, sest nende uuring ei kinnita, kas futuuripreemia tuleneb otseselt riski faktoritest või turgude ebaefektiivsusest.

Lucia ja Torró (2011) kordasid Botterud jt (2010) Nord Pool-i uuringut, kasutades nädalasi futuure, aegumistähtajaga 1-4 nädalat aastast 1998 kuni 2007. Antud periood hõlmab 2002. aasta erandliku suve, mil veehoidlates tase oli kõrgem kui tavapäraselt. Elektritootjad otsustasid suurendada reservuaaride mahutavust, kuid ootused veetaseme suurenemisele ei täitunud, seetõttu tõusid spot hinnad äärmuslikule tasemel. Nad kinnitavad oma töös, et keskmiselt on futuuripreemia positiivne, kuid sõltub suuresti aastaajast. Kui kevadeti ja suveti on preemia nulli lähedal, siis sügisel ja talvel eksisteerib positiivne seos. Lisaks leidis uuringus kinnitust, et pärast ebatavalist suve on olukord turul muutunud, tõstes spot hinda ning kaotades ära hooajalise preemia mustri.

Põhjamaade kuiseid futuure puudutav analüüs viidi läbi Gjølberg ja Johnseni (2001) poolt, kes uurisid hindu aastatel 1995-2001. Nemed leidsid samuti, et futuuride hinnad ületavad märkimisväärselt spot hindu, mis vihjab kontangole ehk situatsioonile kus futuuride hinnad on kõrgemad, kui eeldatavad spot hinnad. Põhjamaade turul, kus toodetakse enam kui 50% elektrist hüdroenergiast väidavad Gjølberg ja Johnsen (2001), et tootjatel on müüjate ees eelis, kuna vett on võimalik hoidlatesse koguda ning kasutada vastavalt vajadusele. Ostjatele langeb seeläbi suurem surve maandada hinnast tulenevat riski, mistõttu on nad altimad ostmaks futuurlepingud.

Selle tulemusel tõusevad aga ka kahjuks futuuride hinnad, sest suurem nõudlus kergitab hinda. Samuti väidavad nad, et suurte prognoosimisvigade tõttu on preemiat raske siduda vaid riskiga ning eeldavad, et turud on ebaefektiivsed.

Gjølberg ja Brattested (2011) kasutasid oma uurimuses nelja- ja kuue nädalasi futuurlepinguid perioodil 1995-2008. Võime eeldada, et futuuripreemia on suurem talvel, tänu kõrgematele spot hindadele ning suuremale volatiilsusele. Kuid tulemusest näeme, et mudeli futuuripreemia ehk prognoosiviga võib tegelikult tähendada turu ebaefektiivsust, ning aastaegade või päevade erinevus selgitab hinna muutumist üldiselt vähe. Vastupidiselt Gjølberg ja Brattested (2011) järeldustele nägime, et Lucia ja Torró (2011) andmetes mängis sesoonsus suurt rolli.

Ühes värskemais töös Gjølberg and Smith (2016) uurisid futuurlepinguid nelja nädalase aegumistähtajaga Põhjamaade turul. Nad jõudsid järeldusele, et peale 2009 aastat on futuuride abil võimalik prognoosida oodatavaid spot hindu. Mis võib viidata sellele, et turg on muutunud efektiivseks, kuid töös esinenud nihe muutujate vahel pole kindlasti piisavaks tõestuseks, et turu efektiivsust täielikult kinnitada.

Riskipreemiat on uuritud mitmel juhul, kuid tulemused pole siiani ühesed ega lõplikud, sest erinevad uuringud kasutavad erinevaid andmeid ja erinevaid perioode, alates päevastest kuni kuu pikkuste lepinguteni. Arusaadavalt on ka riskipreemia pidevalt ajas muutuv, sõltudes aastaajast ning lepingute pikkusest ja turu üldisest arengust.

Käesolev uuring keskendub Nord Pool-i andmetele, mis on üheks maailma vanimaks elektribörsiks. Praegusel ajahetkel on turg juba küpsem, ning uued liikmed ja regulatsioonid ei pruugi avaldada nii suurt mõju, kui areneval turul, kuid väikeste muutuste tõttu on siiski autoril huvitav uurida, mil moel futuuripreemia aja jooksul muutub.

2. ANDMED JA METOODIKA

Järgnev peatükk sisaldab informatsiooni magistritöös kasutatava meetoodika ning andmete moodustamise kohta. Lisaks antakse ülevaade, kuidas analüüsitud info on kogutud ja kirjeldatakse mudelites olevaid muutujaid.

2.1. Kasutatavad andmed

Magistritöö keskendub Põhja- ja Baltimaade turul spot- ja futuurhindade analüüsimisele. Järgnevad peatükk annavad ülevaate, kuidas on kogutud algandmed, ning mil moel on moodustatud muutujad andmebaasidest, mida otse pole võimalik alla laadida.

Elektrituru spot hinnad on alla laetud Nord Pooli FTP - serverist. Magistritööd kirjutama hakates loodeti algselt, et Nord Pooli kodulehelt on võimalik saada kõik vajalikud andmed, kuid hiljem selgus, et veebilehel leiduvad vaid viimase 5 aasta ajaloolised turuandmed. Kuna uuritav periood oli plaanitud pikemana otsiti võimalusi, kuidas saada ligipääs andmetele, et võimalusel kajastada pikemat perioodi. Kuna ligipääs FTP - serverisse on kallid proovis autor leida alternatiive. Esmalt kirjutati Nord Pooli Eesti harusse, ning kirjeldati oma magistritöö teemat, kuid kahjuks mainitud osakond e-kirjadele ei vastanud. Seejärel ei antud alla, vaid võeti ühendust Nord Pooli peakontoriga Norras, ning paluti ligipääsu serverile, mis lõpuks ka õnnestus. Saadi ajutine juurdepääs, tingimusel, et andmeid kasutatakse vaid magistritöö uuringu jaoks.

Kasutatavad spot hinnad pärinevad seega Nord Pool FTP - serverist, täpsemalt on tegemist Elspot andmetega, kuna nagu eelnevalt mainitud, siis Elbas turgu kasutatakse pigem päevasiseseks korrigeerimiseks. Serverist sai alla laetud tunnised Elspot andmed ning samuti veehoidlate nädalased keskmised veetasemed, mida kasutatakse seletava muutujana. Spot hindade päevastest andmetest arvutati tarneperioodi nädalased hinnad, kasutades keskmist. Teatavasti on nädalas 168 tundi, seega tunnised hetkehinnad liideti kokku, ning jagati 168, mille tulemusel tekkis muutuja S_t . Sarnast lähenemist on varemgi kasutatud - vaata Botterud jt. (2010) ning Gjolberg ja Brattested (2011). Veehoidla mahutavuse protsent moodustati kasutades vastava perioodi ehk nädala

keskmist veetaset, jagades saadud summa veehoidlate kogu mahutavusega. Reservuaaride kogu mahutavus hõlmab andmeid Norrast, Rootsist ja Soomest, kuna sealt tuleb suurim osa hüdroelektrijaamades toodetavast elektrist, mis ühtlasi on üheks suurimaks elektri tootmise haruks kogu Põhjamaade turul. Andmed serverist pärinevad aastast 2018.

Hinnad nädalaste futuuride kohta koguti tänu Tallinna Tehnikaülikoolile, kes võimaldas ligipääsu finantsandmetele läbi Thomson Reutersi Eikoni platvormi. Eikonist võeti lahti NASDAQ *commodities*, kust alla laetud andmed hõlmavad 1-6 nädalasi, 1-6 kuiseid ja 1-8 kvartaalseid ajaloolisi futuure. Autor valis perioodiks kaheksa aastat ja kolm kuud, kuna just alates 2010. aastast on elektriturul liige ka Eesti Vabariik. Jälgides Botterud jt. (2010) lähenemisviisi, kasutatakse magistritöös futuuride puhul reedest sulgemishinda, kuna nädalavahetustel futuuride turul kauplemist ei toimu.

Kõik lähenemisviisid ei ole aga samasugused, ning Gjølberg ja Brattested (2011), Gjølberg ja Smith (2016) kasutasid futuuride hindamisel nädala esimese päeva sulgemishinda. See aga suurendab ajalist vahet futuuride ja keskmiste spot hindade vahel, kuna ei arvesta nädala sees toimuvaid liikumisi ja tehinguid. Seetõttu leiab autor, et kasutades reedeseid sulgemishindu saab töös täpsema tulemuse futuurlepingute analüüsimisel ning preemia leidmisel.

Lisaks veehoidjate veetaseme protsendile, kasutab autor seletavate regressoritena toornafta hinda ja keskmist temperatuuri. Sarnaselt futuuridele, koguti info toornafta kohta kasutades Thomson Reuters Eikoni andmebaasi. Nafta hind on elektri hinnaga tihedalt seotud, kuna ka toornaftast on võimalik toota elektrit, ning tooraine hinnast sõltub näiteks kütõli hind, mis on aga lähedane toode põlevkiliõlile, millest elektrit toodetakse ka Eestis. Ilmastikuolud avaldavad seevastu mõju tarbimisele ehk elektri nõudlusele. Käesolevas töös kasutatakse reaalandmeid Põhjamaade pealinnadest, kus autor on kasutanud keskmist nädalast õhutemperatuuri, mille mõõtmised on toimud Oslos, Stockholmis, Helsingis. Andmed pärinevad Yrno ajaloolisest mõõtmistulemuste andmebaasist.

Järgnev tabel 1 annab ülevaate kirjeldavast statistikast, kus Spot, n on realiseerunud nädalane keskmine hind, Futuur, $n+1$ - tähistab spot hinnast 1 nädal eelpool aeguva futuuri hinda, $m+1$ on kuine- ja $Q+1$ kvartaalne futuurleping, ning veereserv, n - veereservi maht alusvara tarnimise hetkel. Hetke- ja futuuride hinnad on eurodes, kuid veereserv tähistab protsenti kogu

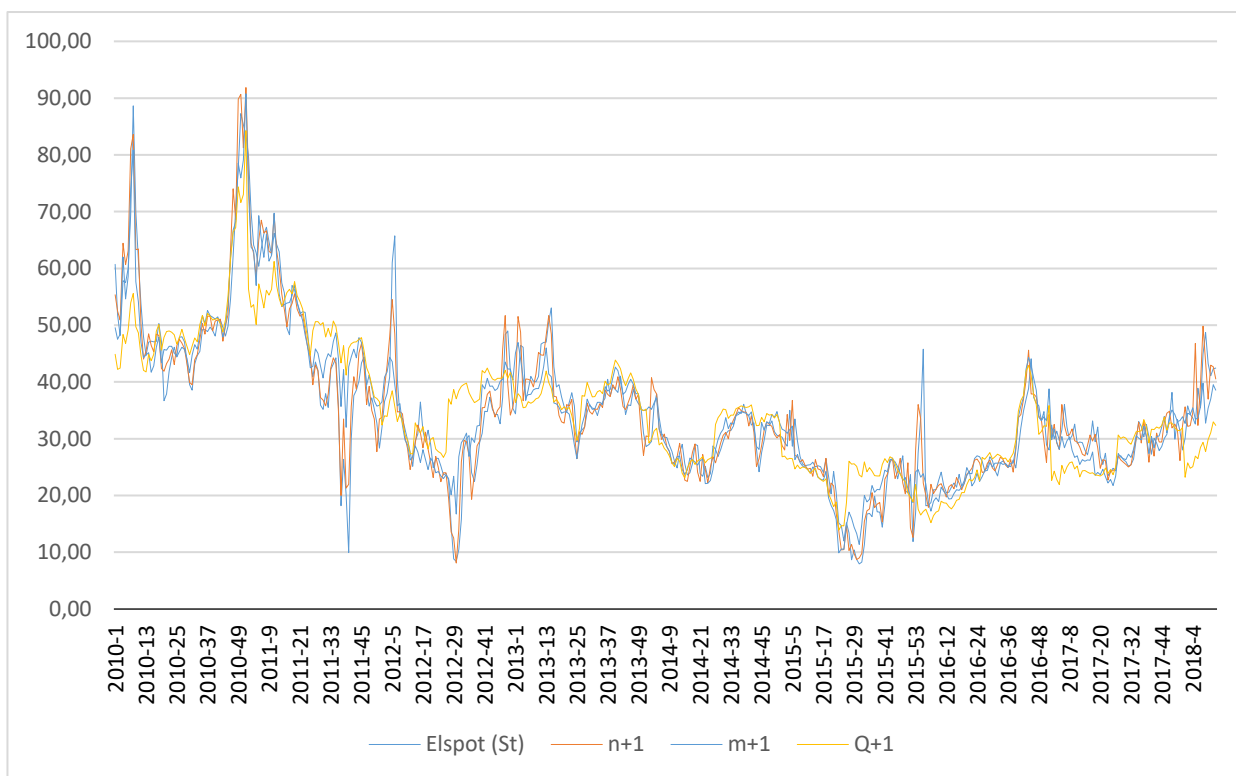
mahutavusest. Toornafta hind on eurot barreli kohta (nafta, €/barrel), ning temperatuurina on toodud keskmine nädalane temperatuur Celsiuse skaalal (temp, Celsiust).

Tabel 1. Kirjeldav statistika

	Muutuja	Vaatlusi	Keskmine	Mediaan	S.D.	Min	Max
Hetke hind	Spot, St	430	34,65	32,13	13,23	7,95	88,64
Nädalased futuurid	n+1	430	34,73	32,30	13,41	8,10	91,86
	n+2	430	34,89	32,27	13,21	9,75	94,00
	n+3	430	34,95	33,00	12,79	10,10	92,50
	n+4	430	34,90	33,35	12,49	10,00	88,75
	n+5	430	34,89	33,12	12,32	10,50	87,00
	n+6	430	34,85	32,98	12,23	10,25	84,80
Kuisid futuurid	k+1	430	34,92	33,16	12,49	9,90	90,77
	k+2	430	34,97	33,45	11,82	13,85	85,10
	k+3	430	34,93	33,42	11,23	14,83	78,05
	k+4	430	34,94	33,60	10,95	14,40	74,60
	k+5	430	34,86	33,39	10,63	12,28	60,35
	k+6	430	34,73	32,98	10,51	13,25	61,50
Kvartaalsed futuurid	q+1	430	34,94	33,62	11,26	13,40	84,27
	q+2	430	34,86	33,78	10,22	13,65	63,77
	q+3	430	34,54	32,92	9,97	14,83	61,40
	q+4	430	33,94	33,15	9,74	13,45	59,30
	q+5	430	33,27	33,36	9,57	14,50	58,15
	q+6	430	22,17	33,00	9,42	13,46	52,25
	q+7	430	33,19	33,58	9,29	16,82	54,70
	q+8	430	32,98	32,24	9,44	16,08	52,00
Veeseserv	veereserv, n	430	60,29	65,02	19,83	16,46	91,41
Toornafta	nafta, €/barrel	430	62,84	62,96	17,41	26,52	96,07
Temperatuur	temp, Celsiust	430	6,69	6,70	8,02	-18,10	25,40

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlus programmi Gretl ning Nord Pool Spot FTP-serverit, Thomson Reutersi Eikoni terminali, ning Yrno mõõtmistulemusi.

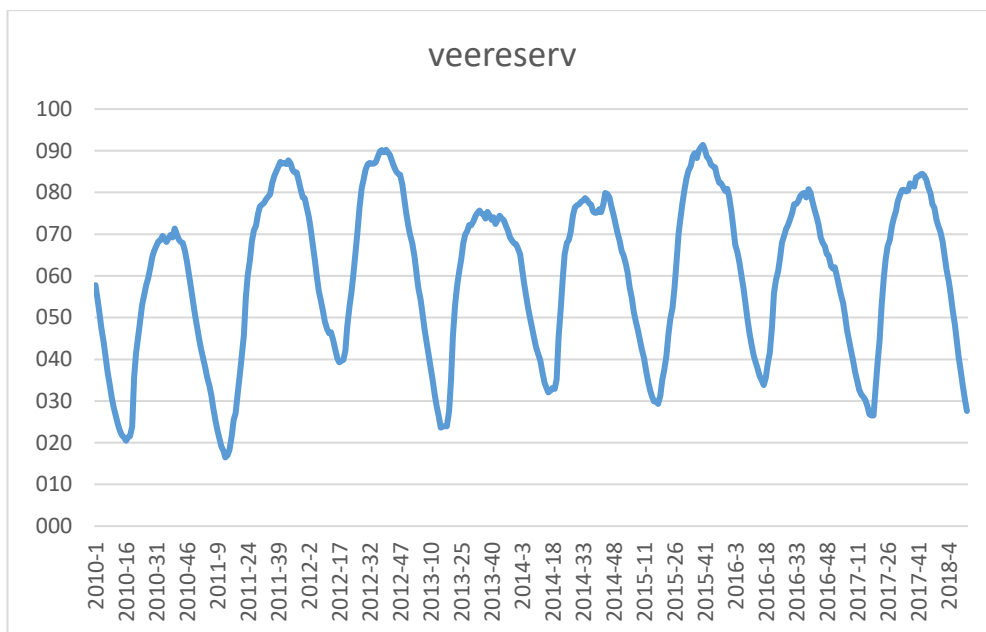
Joonisel 6 on tuletatud kirjeldavast statistikast, ning näitab hinna liikumist ajas. Graafikul on kajastatud spot hinnad, S_t , nädal ($n+1$), kuu ($m+1$) ja kvartal ($q+1$) ette futuuride hinnad. Elektri hind on toodud eurodes y-teljel, kilovatt tunni kohta ja x-teljel uuritav periood. Graafikult selgub, et mida pikem on futuuri aegumistähtaeg, seda ebatäpsemalt jälgib futuuride hind spot hinda.



Joonis 6. Spot- ja futuurhinda kõikumine.

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlusprogrammi Excel ja Nord Pool Spot FTP - serveri andmeid.

Sarnaselt spot hindadele koguti veereservi hulk hüdroelektrijaamades Nord Pooli FTP - serverist. Andmete kirjeldavat statistikat näeb eelnevast tabelist. Veereserv hüdroelektrijaamade mahutites on selgelt sesoonne, mille tõestuseks on alljärgnev joonis, kus näeme, et sügiseti on vee hulk mahutites suurem, ning kevadeti ja suviti pigem tagasihoidlikum. Y- teljel on kajastatud reservide täituvus skaalal 0-100%, x-teljel on uuritav periood nädalates.

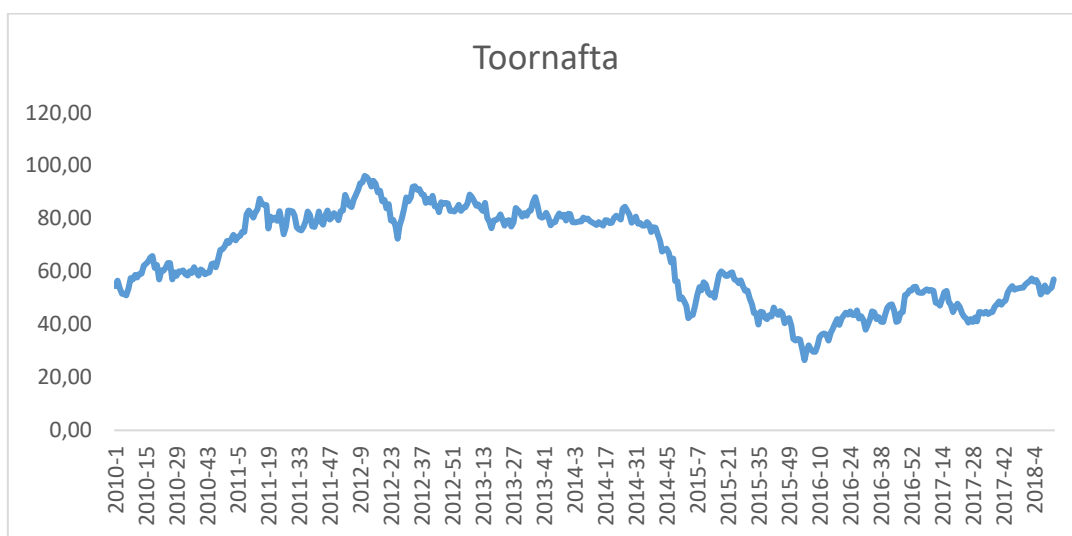


Joonis 7. Veereserv mahutites.

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlusprogrammi Excel ning Nord Pool Spot FTP-serverit.

Eelnevast kirjeldava statistika tabelist on teada, et keskmine hüdroelektrijaamade veemahutite täituvus on 60,29%. Jooniselt 7 näeme, et kõige madalam veetase on reeglina aprilli või mai kuus, peale mida hakkab tavaliselt lume sulamine ning vett voolab juurde. Samuti muutub elektri tarbimine väiksemaks, kuna päevad muutuvad pikemaks, ning ilmad lähevad aina soojemaks.

Joonisel 8 on y-teljel toornafta hind ning x- teljel uuritav periood nädalates. õhtutemperatuur, x- teljel on uuritav periood nädalates.

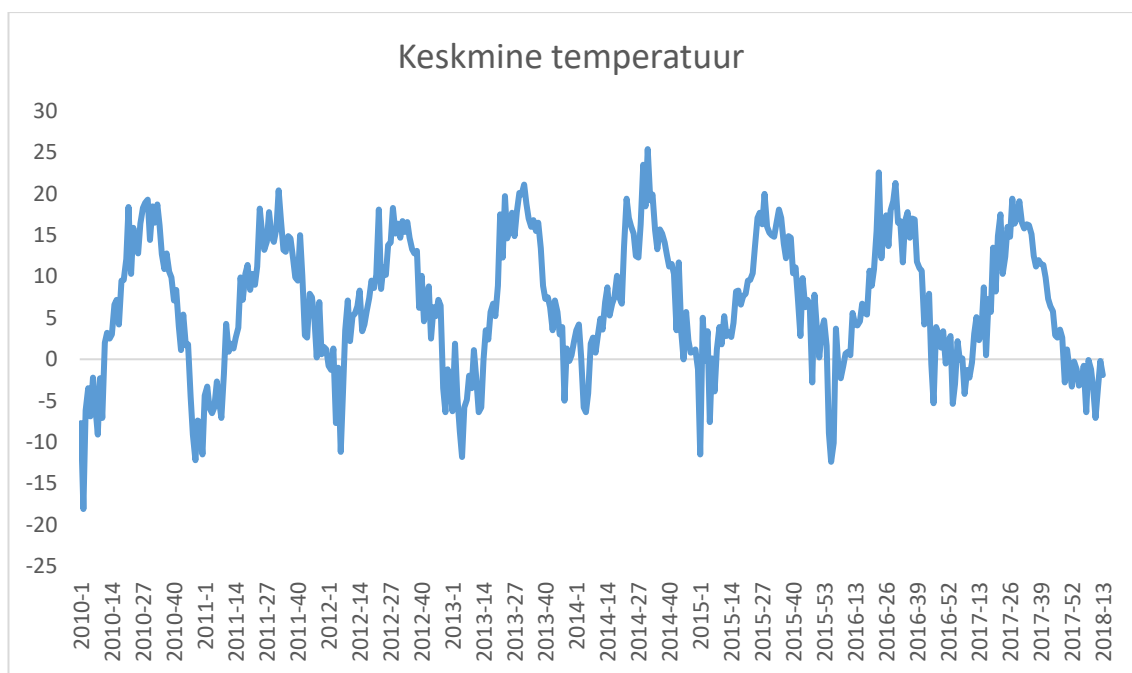


Joonis 8. Toornafta hinna kõikumine nädalates.

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlusprogrammi Excel ning Thomson Reutersi Eikoni terminali.

Keskmine toornafta hind uuritava perioodil oli 62,84 eurot barreli kohta. Nafta hind langes alates 2015 aastast sujuvalt, kukkudes 2016 aasta alguseks lausa 26,52 euroni, peale mida on hind taaskord kerkinud.

Joonisel 9 on toodud temperatuur y-teljel mõõdetuna Celsiuse skaalal ja tema kõikumine ajas x-teljel.



Joonis 9. Keskmine temperatuur Põhjamaades

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlusprogrammi Excel ning Yrno mõõtmistulemusi.

Temperatuur on Põhjamaade kliimas teatavasti sesoonne, sõltudes suuresti aastaajast. Keskmine aastane ööpäevane temperatuur jääb 6,69 kraadi juurde, tõustes suvisel ajal maksimaalselt 25,40 kraadini, ning uuritava perioodi nädalane keskmine miinimum õhutemperatuur langes -18,20 kraadini.

2.2. Kasutatav metoodika

Magistritöö eesmärk on teha kindlaks, kas preemia eksisteerib Põhjamaade ja Baltimaade ühisel elektriturul, ning mil moel suudab futuuri hind tulevast spothinda ennustada. Käesolev peatükk kirjeldab empiirilises analüüsis kasutatavaid ökonomeetrisi mudeleid ning tehnikaid. Esimene osa metoodikast kirjeldab, kuidas on moodustatud töös kasutatavad lisamuutujad, ning kuidas muutujaid testiti. Järgnevalt uuritakse futuuripremia eksisteerimist kasutatud lepingute vahel, ning seejärel vaadeldakse kas spot ja futuurhindu mõjutab veereservi hulk, toornafta hind ja temperatuur, samu sõltumatuid muutujaid kasutatakse ka futuuripremia kirjeldamiseks. Neljanda osana uuritakse kas tänaste futuurhindadega on võimalik prognoosida tulevast spot hinda.

2.2.1. Andmete testimine enne mudeli tõlgendamist

Järgnevas peatükk annab autor ülevaate statistilistest omadustest, mida kasutatakse andmete analüüsimiseks. Andmeid testitakse selleks, et tagada tulemuste usaldusväärsus.

Tuleviku ennustamiseks, andmete prognoosivõime ning prognoosivigade leidmiseks teadaolevate mineviku väärtuste põhjal kasutatakse aegridade teoorias tihti statsionaarust. Statsionaarne protsess hõlmab endas reeglina konstantset keskvaartust ja dispersiooni. (Wooldridge, 2013). Kaasates analüüsi mitte statsionaarseid andmeid võib tekkida näiliselt statistiliselt oluline suhe muutujate vahel, mida tegelikult ei eksisteeri. Seega enne mudeli hindamist on mõistlik testida futuuripremia statsionaarsust.

Enne mudeli hindamist tutvutakse aegridade diagrammidega, ning tehakse kindlaks millistel juhtudel on silmnähtav trend. Seejärel viiakse ühikjuure testimiseks läbi lisavõimalusega Dickey-Fulleri (ADF) test, ning määratakse kindlaks aegrea tüüp. Aegreal millel silmnähtavat trendi pole viiakse läbi ühikjuure testimine, ning sobiva viitaegade määramiseks kasutatakse AIC ehk Akaike informatsioonikriteeriumit. Neli kõige populaarsemat kriteeriumit on Akaike (1974), Schwarz's (1978) Bayesian (SBIC) ja Hannan--Quinn (HQIC). Käesolevas töös kasutatakse testimiseks AIC informatsioonikriteeriumit ilma konstandita, konstandiga, ning konstanti ning trendiga mudeleite hindamisel ning lisaks hinnatakse mudeleid erinevate viitaegade arvuga. Juhul, kui aegrida omab trendi, tuleb teha kindlaks, kas tegemist on deterministliku või stohhastilise trendiga. Deterministliku trendiga on tegemist, mil ühikjuur puudub, kuid ühikjuure esinemise korral on tegemist stohhastilise trendiga. (Brooks, 2008)

Heteroskedastiivsust on võimalik testida Gretlis kasutades White'i testi, mida on võimalik teha peale regressioonimudeli hindamist. Testi ideeks on on vaadelda, mil jääkliikmete dispersioon pole konstantne suurus, siis sõltub ta seletavatest muutujatest ehk regressoritest. Nullhüpoteesiks on, et heteroskedastiivsus puudub, ning dispersioon vealiikmete vahel on muutumatu. Testi läbimisel saame kinnitust, et mudeli kuju on õige, tunnused sümmeetrilised, ning parameetrite standardvead on õiged. Olukorras, kus heteroskedastiivsus mudelis esineb, tuleb kasutada kohandatud standardvigu, mis võtavad heteroskedastiivsust arvesse, kuid tegelikult seda ei kaota (Sauga, 2017).

2.2.2. Elektri hinda mõjutavad tegurid

Elektrihinda mõjutavad mitmed tegurid - temperatuur, nõudlus, kui ka sademete hulk. Põhjamaades tuleb suur osa energiat hüdroelektrijaamadest, seega sõltuva tunnusena spot- ning futuurhindade turul seoste leidmiseks kasutatakse täiendava selgitava muutujana hüdroelektrijaamades leiduva vee kogust. Paljud eelnevadki uuringud on otsinud elektrihinna seost veereservide hulgaga (vaata Botterud jt., 2002; Botterud jt., 2010; Gjolberg ja Brattested, 2011; Lucia ja Torro, 2011; Huisman ja Kilic, 2012), kuna tegemist on küllaltki vanade uuringutega ning käesolevas töös käsitledes pikemaid perioode - nädalasi, kuiseid ning kvartaalseid futuure viiakse läbi teatavas mõttes kordusuuring. Lisaks veereservile lisatakse mudelisse selgitavateks muutujateks teise energiakandjana toornafta hind ja ilmastikust sõltuv keskmine ööpäevane õhtutemperatuur.

Selleks, et teha kindlaks, kas kirjeldavad muutujad on statistiliselt olulised viiakse läbi lineaarse mudeli parameetrite hindamine vähimruutude meetodil. Antud magistritöös otsime mudelit kujul, kus elektrienergia hetkehind on sõltuvaks tunnuseks ning regressoriks veereserv hüdroelektrijaamas:

$$\text{Elektrienergia hetkehind}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{veereserv hüdroelektrijaamas}_t + \beta_2 \text{toornafta hind}_t + \beta_3 \text{temperatuur}_t + u_t \quad (6)$$

kus,

u_t on juhuslik komponent.

Järgneva mudeli kuju on sama, kuid sõltuvaks tunnuseks on elektri futuurhind:

$$\text{Elektrienergia futuuri hind}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{veereserv hüdrolektriijaamas}_t + \beta_2 \text{toornafta hind}_t + \beta_3 \text{temperatuur}_t + u_t \quad (7)$$

Peale mudeli hindamist vähiruuude meetodil on võimalus uurida, kas ning kui suure tõenäosusega sõltumatud tunnused: veereserv, toornafta, ning õhutemperatuur aitavad kirjeldada spot- ning futuurhindade kujunemist Põhjamaade elektriturul.

Seega regressioonmudeli tulemusena selgitatakse välja, millisel juhul on veereserv, toornafta hind ning õhutemperatuur olulisem, kas spot- või futuurhindade puhul. Testi tulemusel saab autor hinnata, kummal juhul veereservi mõju hindadele on suurem. Näiteks olukorras, kus reservuaarides on rohkesti vett, võime eeldada, et elektri hind on madalam, kui vastupidises olukorras. Samuti saame vaadelda, mil moel mõjutavad hinda õhutemperatuur, ning toornafta hind.

2.2.3. Futuuripremia olemasolu ja mõjutatavad tegurid

Selleks, et seletada futuuripremiat, toetub autor magistr töö osale 1.2.1. Futuurlepingud, kus kirjeldatakse võrrandis 1 ja 2 hinnamuutuse baasi. Lähenemine aitab kindlaks määrata, kas Põhjamaade turul esineb tugevamini absoluutne- või suhteline futuuripremia.

Seega iga futuurlepingu kohta arvutatakse hinnamuutuse baas = $F_{t,T} - S_t$, millega saab uurida futuuripremia olemasolu ning olemust uuritava turul. Selleks, et kirjeldada baasi suhtelist ulatust või majanduslikku olulisust, tuleb analüüsida ka hinnamuutuse baasi olemust ja seost elektrienergia spot hinnaga, mida on võimalik arvutada valemiga $\frac{F_{t,T} - S_t}{S_t}$.

Lisaks futuuripremia olemasolu uurimisele, tuleb vaadelda kirjeldavat statistikat, testida andmete olulisust ning jätkata selgitavate tegurite analüüsiga. Sarnaselt elektri hinda mõjutavatele tegurite testimisele, viib autor läbi mudeli hindamise, kasutades vähimruutude (OLS) meetodi. Mudeli sõltuvaks tunnuseks on valemist 1 ja 2 saadud arvulised vastsed, mis esindavad hinnamuutuse baasi ning suhtelist hinnamuutuse baasi, kus regressoriks on endiselt vastava nädala veereserv Põhjamaade hüdrolektriijaamades, toornafta hind ning nädala keskmine õhutemperatuur.

$$\text{Futuuripremia}_{t,T} = \beta_0 + \beta_1 \text{veereserv hüdrolektriijaamas}_t + \beta_2 \text{toornafta hind}_t + \beta_3 \text{temperatuur}_t + u_t \quad (8)$$

Suur osa toodetavast elektrist Põhjamaade elektriturul on pärit hüdroelektrijaamadest, seetõttu peab autor seda oluliseks muutujaks. Veereserv on justkui suur patarei, kuhu on võimalik ladustada vajalikku toorainet elektri tootmiseks. Lähtudes ladustamisteooriast, siis futuuripremiat Põhjamaade elektriturul mõjutab eelduste kohaselt vesi, kuna vara ehk vee hoidmisest hoidlates on tootjatel võimalik lõigata kasu. Ka Botterud jt. (2010) tõi välja, et kui mahutites on veetase madal, siis muutuvad ladustamiskulud madalaks, kuid vara hoidmisest saadav hüve suureks. Vastupidises olukorras toimub loomulikult kõik teistpidi, suure kogusega on ladustamiskulud suured, ning saadav hüve väiksem, kuna nõudlus on madal ning kõigil tootjatel on eelduste kohaselt varud suured, muutes seeläbi hinna madalaks. Loomulikult ei taha tootjad oma toorainet raisata, ning vee ülevoolu takistamiseks tuuakse hinnad tihti alla, seeläbi vähendades tekkivat finantsriski. Suurte veevarudega tekib teoreetiliselt suur lõhe spot ja futuurhindade vahel, tõeses viimased suhteliselt kõrgemaks. Seetõttu eeldame positiivset seost futuuripremia ning hüdroelektrijaama veereservi taseme vahel ($\beta_1 > 0$).

2.2.4. Elektrituru futuuride prognoosvõime

Selleks, et prognoosida uuritakse, kas tänased futuurihinnad suudavad prognoosida tulevasi spothindasid. Põhjamaade elektriturul tuleb aluseks võtta eelnevalt kirjeldatud ootuste teooria. Eelduste teooriast tulenevalt on tulevaste futuuride hinnad võrdsed eeldatavate spot hindadega pluss riskipremia komponent, tulenevalt valemist 3.

Jälgides varasemaid lähenemisi, nii Fama ja Frenchi (1987), kui ka Huismani ja Kilici (2012), lahutatakse antud võrrandi mõlemast poolest tänase päeva spot hind, saades tulemuseks:

$$F_{t,T} - S_t = E_t(S_T) - S_t + RP_{t,T} \quad (9)$$

Võrrandist näeme, et $F_{t,T} - S_t$, moodustavad hinnamuutuse baasi, eeldatavat muutust erinevatel ajahetkedel spot hindade vahel kirjeldab lahutustehe $E_t(S_T) - S_t$, millele omakorda liidetakse riskipremia komponent. Jõudes taaskord tagasi eelduste teoorias kirjeldatud valemieni 7.

Fama ja Frenchi (1987), ning Huismani ja Kilici (2012), eeldasid, et kui eeldused turule on ratsionaalsed, ning prognoosimisvead on juhuslikud, siis on võimalik hetkelise hinna ja hinnamuutuse baasist tulenevalt moodustada järgneva regressioonvõrrandi, mille abil saab prognoosida tulevasi futuuride hindu.

$$S_T - S_t = \beta_0 + \beta_1(F_{t,T} - S_t) + u_{t,T} \quad (10)$$

Toetused taaskord Fama ja French teooriale, siis β_1 positiivse kordaja korral hinnamuutuse baasil võime prognoosida tulevast spot hinna muutust ajahetkest t kuni T -ni. Lisaks, kui $\beta_1 = 1.0$, siis peaksid futuurihinnad täielikult suutma prognoosida spot turu dünaamikat, seeläbi jälgitakse, kas 1 on ka veapiirides sees. Jälgides teooriat, eeldamine, et mudeli prognoosivõime on tõene, kui turu ootused on õiglasel ning investorid ratsionaalsed, ning tänased futuuride hinnad sisaldavad informatsiooni nii riskipreemia kui ka tulevaste spot hindade kohta ehk beeta peaks võrduma 1.0. Kui beeta on alla ühe, siis futuurihinnad aitavad tulevast spoti prognoosida aga mitte täielikult. Võrrand 10 aitab hinnata, kas käesolevas magistritöö uuritavates andmetes sisalduv informatsioon aitab kaasa tulevaste spot hindade prognoosimiseks.

3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED

3.1. Futuuripreemia statsionaarsuse uurimine

Futuuripreemia hindamiseks tuleb esmalt algandmeid testida. Hinnates andmeid, mis pole näiteks statsionaarsed, esineb alati risk saada statistiliselt oluline tulemus muutujate vahel, isegi kui seost andmete vahel tegelikult ei esine.

Seega esimese sammuna andmete testimise juures tutvuti aegridade diagrammidega, ning tuvastati, millistel aegridadel esines silmnähtav trend. Käesoleva töö andmete korral ei esinenud trendi, seega kasutati statsionaarsuse testimiseks ühikjuure testi – *Augumented Dickey-Fuller* (ADF) testi, mille tulemused on näha järgnevas tabelis. Alljärgneval tabelis tähistab futuuripreemiat, n+1 - spot hinnast 1 nädal eelpool oleva futuuri hinna vahet, m+1 on kuine- ja Q+1 kvartaalne futuuripreemia. Iga järgnev + kirjeldab vastava tuleviku hetke futuuripreemiat.

Tabel 2. Futuuripreemia statsionaarsuse hindamine kasutades ADF testi

	Muutuja	Viitaeg	ADF, p
Nädalased futuurid	n+1	1	$1,424 \times 10^{-36}$
	n+2	17	$5,927 \times 10^{-6}$
	n+3	17	$1,093 \times 10^{-6}$
	n+4	17	$2,058 \times 10^{-7}$
	n+5	17	$2,388 \times 10^{-7}$
	n+6	17	$3,463 \times 10^{-7}$
Kuised futuurid	k+1	17	$3,141 \times 10^{-7}$
	k+2	17	$1,073 \times 10^{-7}$
	k+3	17	$3,083 \times 10^{-7}$
	k+4	17	$2,631 \times 10^{-7}$
	k+5	16	$1,431 \times 10^{-7}$
	k+6	15	$2,25 \times 10^{-6}$
Kvartaalsed futuurid	q+1	6	0,0005624
	q+2	17	$1,359 \times 10^{-6}$
	q+3	6	0,00308
	q+4	9	0,01791
	q+5	6	0,00836
	q+6	7	0,00062
	q+7	6	0,00987
	q+8	7	0,0052

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlus programmi Gretl ning Nord Pool Spot FTP-serverit ning Thomson Reutersi Eikoni terminali.

Futuuri-preemia testimisele eelnes aegriade diagrammidega tutvumine. Futuuri-preemia puhul ei esinenud silmnähtavat trendi ühegi futuurlepingu puhul. Seejärel viidi läbi ADF test konstantiga, kus selgitati välja viitaeg, mida on nähe tabelist 2. ADF testimine lükkas nullhüpooteesj kõikidel juhtudel umbes, olles väiksem, kui 0,05. Seetõttu saame väita, et futuuri-preemia on kõikidel uuritavatel ajahetkedel statsionaarne, ning ühikjuur puudub.

3.2. Veereservi, toornafta ja õhtutemperatuuri mõju spot- ja futuurhinnale Põhjamaade elektriturul

Käesolevas alapeatükis hinnatakse, kas veereserv, toornafta hind ja õhtutemperatuur mõjutavad spot- ja futuurlepingute hindu Põhjamaade elektriturul. Lähtudes mudelitest 6 ja 7 viidi läbi parameetrite hindamine vähemruutude meetodil. Toetudes varasematele uuringutele, võiksime eeldada negatiivset suhet elektrihinna ning veereservi vahel. Järgnev tabel kirjeldab regressioonanalüüsi tulemusi, kus β_0 tähistab hinnatud konstanti ning teiste muutujate hinnatud parameetreid – veereserv mahutites olevat vee hulka, toornafta hinda ning temperatuur (temp.) keskmist õhtutemperatuuri. Kõikidest mudelis olevad andmed, mis tähistavad hinda on logaritmitud, sest andmed on suure diapasoonega. Logaritmitud on ka veereserv ehk vee hulk reservuaarides, kuid logaritmitud on temperatuur, sest logaritmi negatiivsest arvust võtta ei saa. Lisaks näitavad statistilist olulisust mudelis tärnid, kus *** - 1%, ** - 5%, * - 10% usaldatavusega.

Tabel 2. Veereservi, toornafta ja temperatuuri mõju spot- ning futuurhinnale

Sõltuv tunnus	Valimi maht, n	β_0	Veereserv	Toornafta	Temp.	R ²
Spot	430	2.57 *** (0.286)	-0.199 *** (0.042)	0.441 *** (0.054)	-0.017 *** (0.002)	0,3172
Futuur n+1	430	2,294 *** (0.2889)	-0.144 *** (0.042)	0.453 *** (0.054)	-0.016 *** (0.002)	0,2906
Futuur n+2	430	1.969 *** (0.281)	-0.092 ** (0.041)	0.484 *** (0.053)	-0.017 *** (0.002)	0,2926
Futuur n+3	430	1.714 *** (0.269)	-0.052 (0.039)	0.506 *** (0.050)	-0.016 *** (0.002)	0,2993
Futuur n+4	430	1.536 *** (0.263)	-0.022 (0.038)	0.519 *** (0.049)	-0.015 *** (0.002)	0,2980
Futuur n+5	430	1.377 *** (0.259)	-0.0005 (0.038)	0.535 *** (0.049)	-0.014 *** (0.002)	0,2945
Futuur n+6	430	1.245 ***	0.020	0.546 ***	-0.013 ***	0,2894

		(0.260)	(0.038)	(0.049)	(0.002)	
Futuur k+1	430	1.478***	-0.019	0.530***	-0.015***	0,2966
		(0.262)	(0.038)	(0.049)	(0.002)	
Futuur k+2	430	0.824***	0.072**	0.592***	-0.010***	0,2943
		(0.250)	(0.036)	(0.047)	(0.002)	
Futuur k+3	430	0.538***	0.081**	0.644***	-0.003*	0,3272
		(0.237)	(0.034)	(0.044)	(0.002)	
Futuur k+4	430	0.645***	0.025	0.663***	0.003*	0,3650
		(0.227)	(0.033)	(0.043)	(0.002)	
Futuur k+5	430	0.927***	-0.075**	0.683***	0.008***	0,4374
		(0.213)	(0.031)	(0.040)	(0.002)	
Futuur k+6	430	1.258***	-0.182***	0.702***	0.011***	0,5234
		(0.195)	(0.028)	(0.037)	(0.001)	
Futuur q+1	430	0.821***	0.029	0.625***	-0.003**	0,3160
		(0.236)	(0.034)	(0.044)	(0.002)	
Futuur q+2	430	1.298***	-0.136***	0.655***	0.007***	0,4783
		(0.191)	(0.027)	(0.035)	(0.001)	
Futuur q+3	430	1.792***	-0.270***	0.677***	1.33 x 10 ⁻⁵	0,6155
		(0.161)	(0.023)	(0.030)	(0.001)	
Futuur q+4	430	0.787***	-0.081***	0.749***	-0.011	0,6214
		(0.166)	(0.024)	(0.031)	(0.001)	
Futuur q+5	430	-0.222***	0.107***	0.791***	-0.004***	0,5498
		(0.184)	(0.026)	(0.034)	(0.001)	
Futuur q+6	430	0.371***	-0.026	0.761***	0.007***	0,5830
		(0.174)	(0.025)	(0.032)	(0.001)	
Futuur q+7	430	1.103***	-0.201***	0.764***	0.001	0,6671
		(0.151)	(0.021)	(0.028)	(0.001)	
Futuur q+8	430	0.415***	-0.063***	0.812***	-0.010***	0,6705
		(0.157)	(0.023)	(0.029)	(0.001)	

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlus programmi Gretl ning Nord Pool Spot FTP-serverit, Thomson Reutersi Eikoni terminali ja Yrno ajaloolisi andmeid.

Regressioonanalüüs andis tulemuseks, veereservi hinnang on statistiliselt oluline 1% usaldusnivool spot hindade puhul, 1 nädal ette vaatava futuuri puhul, ning üllatuslikult ka 6 kuu, ning 1-5 ja 7-8 kvartali pikkuste futuurlepingute korral. 5%-l usaldusnivool sobib veereserv mudelisse, ning on statistiliselt oluline 2 nädalastel futuurlepingutel ning lisaks 2-3 ja 5 kvartali pikkuste lepingute puhul. Veereservi parameeter on enamikel juhtudel negatiivne, andes mõista negatiivsest seosest, mistõttu madala veereservi korral tõusevad spot hinnad kõrgemaks, ning tihti ka lühemad futuurlepingud. Pikema pikkusega futuurlepinguid mõjutab veereservi kõikumine vähem, kui väiksema aegumistähtajaga lepinguid.

Toornafta hind sobib mudelisse hästi, ning parameetri hinnang on statistiliselt oluline kõikidel ajahetkedel 1% usaldusnivool. Seost kirjeldab alati positiivne kordaja, mis annab meile mõista, et toornafta hind omab tugevat mõju elektri spot- ning futuurlepingute hinnale. Seega toornafta hinna tõustes, kerkib ka elektrienergia hind.

Spot ja lühemate futuurlepingute korral on keskmine õhutemperatuur statistiliselt oluline usaldusnivool 1%. Enamikel kordadel on elektrihinna ja temperatuuri vahel negatiivne seos, viidates, et madalamate temperatuuride korral on elektrihind kõrgem.

Seega antud analüüsist võime järeldada, et veemahutite mahutavus on tihedalt seotud spot- ja futuurhindadega, mõjutades siiski enam spot hindu. Sarnast tulemust saame väita ka temperatuuri korral. Toornafta hind mõjutab spot- ning futuurhindu tugevalt igal ajahetkel. Saadud tulemus sarnane ka teiste töödega nii Botterud jt., 2010, kui ka Huisman ja Kilic, 2012 töödega.

3.3. Futuuripremia olemasolu uurimine ja tema sõltuvus kirjeldavatest muutujatest

Magistritöö teoreetilises osas kirjeldati, et futuuripremia on erinevus futuuri hinna ning eeldatava spot hinna vahel, mis on tuletatud hinnamuutuse baasist. Tulenevalt püstitatud hüpoteesist ja eelmiste autorite tulemustest (Botterud jt (2002, 2010), Mork (2006), eeldame, et elektriturul esineb positiivne hinnamuutuse baas. Seega Põhjamaade elektriturul esineb situatsioon, kus pikka futuuri positsiooni hoidval investoril on suurem tõenäosus kaotada raha, kuna futuuride hind on kõrgem, kui spot hind. Suhtest tulenevalt on riski maandamine elektri ostjale olulisem, kui elektri tootjatele, millest tulenevalt testib magistritöö autor järgnevat hüpoteesi (H0).

H0: Põhjamaade elektriturul on keskmiselt futuuride hinnad kõrgemad, kui spot hinnad ehk $F_{t,T} > S_t$.

Hüpoteesi testimiseks viidi läbi t-testid nädalaste, kuiste ja kvartaalsete futuurlepingute kohta, aegumistähtaegadega 1-6 nädalat, 1-6 kuud ning 1-4 kvartalit. Tulemused kajastuvad alljärgnevas tabelis, kus absoluutne baas on €/MWh kohta, ning kalkuleeritud futuuride- ja spot hindade vahena $F_{t,T} - S_t$. Tulemuste hindamiseks kasutati *one sample* t-testi

Tabel 3. Futuuripremia esinemine absoluutse baasi korral Põhjamaade elektriturul

Muutuja	Vaatlusi	Keskmine	Mediaan	S.D.	Min	Max	Pos.	t-test
F(n+1)-St	430	0,074	0,058	3,592	-23,60	14,242	50,93%	0.425
F(n+2)-St	430	0,24	-0,05	4,17	-22,72	19,56	49,07%	1.173
F(n+3)-St	430	0,29	0,06	4,56	-23,25	25,26	50,93%	1.336

F(n+4)-St	430	0,25	-0,12	4,94	-23,25	28,51	48,60%	1.060
F(n+5)-St	430	0,24	-0,09	5,41	-27,92	31,01	48,14%	0.922
F(n+6)-St	430	0,20	-0,23	5,77	-28,25	31,76	47,44%	0.717
F(k+1)-St	430	0,27	0,01	4,97	-26,25	32,71	50,23%	1.123
F(k+2)-St	430	0,32	0,27	6,81	-28,85	35,76	52,33%	0.981
F(k+3)-St	430	0,28	0,75	8,29	-38,64	36,31	54,65%	0.708
F(k+4)-St	430	0,29	0,90	9,30	-41,28	36,887	55,81%	0.648
F(k+5)-St	430	0,21	0,82	10,12	-43,01	34,26	54,19%	0.421
F(k+6)-St	430	0,08	0,02	10,35	-41,84	34,60	50,23%	0.156
F(q+1)-St	430	0,28	0,55	7,76	-33,04	35,96	53,72%	0.757
F(q+2)-St	430	0,21	0,82	9,74	-42,14	32,50	53,49%	0.437
F(q+3)-St	430	-0,11	-0,72	9,22	-39,89	30,21	47,21%	-0.250
F(q+4)-St	430	-0,72	-1,18	8,50	-39,14	37,51	43,02%	-1.746*
F(q+5)-St	430	-1,38	-0,71	10,28	-48,09	39,04	46,28%	-2.788**
F(q+6)-St	430	-1,48	-0,45	11,56	-50,74	34,89	46,05%	-2.655*
F(q+7)-St	430	-1,46	-1,92	10,64	-47,49	31,09	42,56%	-2.853***
F(q+8)-St	430	-1,67	-2,82	9,75	-44,32	37,16	39,07%	-3.556***

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlus programmi Gretl ning Nord Pool Spot FTP-serverit ning Thomson Reutersi Eikoni terminali.

Positiivne futuuripremia esineb eelkõige kuiste futuurlepingute puhul, kus näeme, et valimist üle 50% tulemustest andsid positiivse tulemuse. Nädalaste futuuride puhul saadi positiivse tulemus samuti 50% lähedale peaaegu kõikide vaatluste korral, lisaks on keskmine kõikidel juhtudel positiivne arv, mis viitab positiivsele futuuripremiale. 1-2 kvartalit ette sõlmitud futuurleping annab samuti positiivset tulemust, kuid lepingu aegumisaja pikenedes muutuvad kvartaalsed futuurid pigem negatiivseks, mida võib seletada teadmatusena, kuna pole teada, kuidas muutuvad näiteks ilmastikuolud.

Tulemuste osas peab autor õigemaks kasutada absoluutse baasi asemel suhtelist baasi, kuna protsentuaalsete andmete korral on hinnad paremini võrreldavad. Absoluut arvude korral võib tekkida olukord, kus hinnad on madalad ning spot- ja futuurhindade vahel on arvuliselt väikene vahe, kuid protsentuaalselt võib erinevus olla sarnane kõrgete hindade olukorrale, ning seeläbi võime interpreteerida tulemusi vääralt. Seega eelnev tabel 4 annab hea ülevaate hindade muutuse kohta eurodes, megavatt tunni kohta, kuid täpsemate tulemuste saavutamiseks hindame suhtelisest baasist tuletatud futuuripremiat.

Järgnev tabel toob välja statistilised näitajad suhtelise baasi kohta alates 2010 aastast kuni 2018 aasta 1 kvartali lõpuni. Suhteline baas on arvutatud absoluutse baasi põhjal, mil absoluutne baas

on jagatud hetkelise hinnaga $\frac{F_{t,T}-S_t}{S_t}$. Tulemuste hindamiseks kasutati *one sample* t-testi, millega on võimalik kontrollida andmete olulisust.

Tabel 4. Futuuripremia esinemine suhtelise baasi korral Põhjamaade elektriturul.

Muutuja	Vaatlusi	Keskmine	Mediaan	S.D.	Min	Max	Pos.	t-test
(F(n+1)-St)/St	430	0,96%	0,20%	12,54%	-51,53%	120,16%	50,93%	1.589
(F(n+2)-St)/St	430	2,08%	-0,15%	16,59%	-49,61%	195,72%	49,07%	2.602***
(F(n+3)-St)/St	430	3,14%	0,21%	20,99%	-47,17%	252,76%	50,93%	3.106***
(F(n+4)-St)/St	430	3,70%	-0,35%	24,52%	-44,87%	285,28%	48,60%	3.127***
(F(n+5)-St)/St	430	4,19%	-0,39%	27,16%	-49,13%	310,30%	48,14%	3.196***
(F(n+6)-St)/St	430	4,44%	-0,66%	29,32%	-50,88%	317,81%	47,44%	3.141***
(F(k+1)-St)/St	430	3,84%	0,02%	25,52%	-47,93%	327,32%	50,23%	3.119***
(F(k+2)-St)/St	430	6,04%	0,82%	34,27%	-56,23%	357,84%	52,33%	3.657***
(F(k+3)-St)/St	430	7,69%	2,25%	41,40%	-58,96%	363,34%	54,65%	3.851***
(F(k+4)-St)/St	430	9,25%	2,38%	48,63%	-63,32%	369,15%	55,81%	3.943***
(F(k+5)-St)/St	430	9,95%	2,37%	51,75%	-65,29%	389,20%	54,19%	3.986***
(F(k+6)-St)/St	430	10,06%	0,04%	53,59%	-69,11%	411,82%	50,23%	3.892***
(F(q+1)-St)/St	430	7,74%	1,55%	43,45%	-62,45%	359,84%	53,72%	3.694***
(F(q+2)-St)/St	430	10,18%	2,65%	50,52%	-66,27%	386,82%	53,49%	4.178***
(F(q+3)-St)/St	430	8,66%	-2,24%	46,15%	-55,40%	302,30%	47,21%	3.893***
(F(q+4)-St)/St	430	5,74%	-3,67%	42,40%	-51,23%	375,35%	43,02%	2.806***
(F(q+5)-St)/St	430	4,98%	-2,40%	48,61%	-64,96%	390,66%	46,28%	2.125***
(F(q+6)-St)/St	430	6,60%	-1,52%	54,50%	-67,91%	413,60%	46,05%	2.510***
(F(q+7)-St)/St	430	5,95%	-5,36%	50,47%	-56,27%	314,81%	42,56%	2.444***
(F(q+8)-St)/St	430	3,91%	-8,61%	45,77%	-51,42%	371,85%	39,07%	1.772***

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlus programmi Gretl ning Nord Pool Spot FTP-serverit ning Thomson Reutersi Eikoni terminali.

Nädalaste futuurlepingute võrdluses suhtelise spot hinnaga näeme keskmiselt positiivset tulemust, kus keskmine protsentuaalne muutus jääb 0,96% kuni 4,44% vahele, sealjuures kõige lühema ehk nädalase futuurlepingu korral on positiivne tulemus minimaalne. Positiivsete hinnamuutuse baas asub nädalaste futuuride korral vahemikus 47,44%-50,93%. Standardhälve on kõige väiksem järgneval nädalal aeguva lepingu korra 12,54%, mida võib pidada ka loogiliseks, kuna hinnaerinevused lühema aegumistähtaja korral võiksidki väiksemad olla. Nädalastest lepingutest on 6 nädala pikkustel futuurlepingutel hinnaerinevus suurim, mida võib seostada ääretult volatüülsete hindadega elektriturul, ning kasvava intressimäära riskiga.

Tulemused näitavad, et püsitatud hüpotees – futuuride hinna on kõrgemad, kui spot hinnad, peab paika kõikide valimis olnud nädalaste keskmiste korral, kusjuures protsentuaalne futuuripremia suurus kasvab lepingu pikkuse kasvades. Lisaks saame öelda, et suhtelist preemia korral on testitavad tulemused t-testi korral statistiliselt olulised 1% usaldusnivool.

Suhtelise baasi kuiseid futuurlepinguid jälgides näeme sarnast trendi nagu nädalaste lepingute puhul, kus protsentuaalne keskmine muutub lepingu lõpptähtaja pikenedes pikemaks, seeläbi toetades püstitatud hüpoteesi. Aegumistähtajaga üks kuu on keskmine tulemus 3,84 protsenti kasvades kuue kuu lepingute puhul 10,06 protsendini, seejuures on positiivsete vaatluste arv ülekaalus jäädes 50%-56% vahele. Standardhälve kuiste futuurlepingute puhul on samuti kasvava trendiga, kuid suurim erinevus võrreldes nädalaste futuuridega tuleneb vahest positiivsete maksimum ja negatiivsete miinimum tulemuste vahel olles tihti lausa üle 300%.

Kvartaalsete futuuride puhul näeme, et tulemused võrreldes nädalaste ning kuiste futuurlepingutega on erinevad. Keskmised tulemused näitavad küll positiivset tulemust, kuid pole kasvava trendiga, lisaks pole ka standardhälve kasvava trendiga, kuid siiski jäädes 43,40%-54,50% vahele. Positiivne tulemus jääb alates 3 kvartali pikkustest futuurlepingutest alla 50%, andes mõista, et pikema tähtajaga futuurlepingute vahel ei saa preemia olemasolu alati kinnitada. Samuti on erinevus minimaalsete ja maksimaalsete protsendipunktide vahel suhteliselt suur kõikides maksimaalsete puhul 302-413 protsendini. Uurides keskmiseid kvartaalseid futuurlepinguid ei näe me siiski võrdust spot hindadega, ning futuuripremia suhteliste hindade puhul on pigem positiivne.

Kokkuvõtteks võime öelda, et keskmiselt eksisteerib positiivne futuuripremia Põhjamaade elektriturul perioodil 2010-2018 esimene kvartal, ning lepingu pikkusest sõltub tihti ka futuuripremia suurus. Tulemused on kooskõlas eelnevate uuringutega näiteks Botterud jt., (2010); Gjolberg ja Brattested, (2011); Lucia ja Kilic, (2012), kinnitades püstitatud hüpoteesi, kus väideti, et Põhjamaade elektriturul on keskmiselt futuuride hinnad kõrgemad, kui spot hinnad ehk $F_{t,T} > S_t$. Seeläbi saame kinnitust ka riskimaandamise kohta, kinnitades, et elektri ostjate puhul on riskide maandamiseks tõesti suurem surve kui tootjatel, tänu positiivsele futuuripremiale, mistõttu uurime järgnevalt futuuripremia sõltuvust sõltumatutest muutujatest.

Veereservi tase mahutites ning futuuride hinna vahel eksisteerib negatiivne seos nagu on näha tabelist 2. Seevastu positiivne seos on elektri- ja toornafta hinna vahel. Järgnevas mudelis on

futuuri-preemia kajastatud järgmise suhtena $\frac{F_{t,T}-S_t}{S_t}$, kus * - 10%, ** - 5%, ning *** - 1% olulisusnivool.

Tabel 5. Suhtelise futuuri-preemia sõltuvus veereservist, toornafta hinnast ja õhutemperatuurist

Sõltuv tunnus	Valimi maht, n	β_0	Veereserv	Toornafta	Temp.	R ²
(F(n+1)-St)/St	430	-0.288***	0,065***	0.007	3.887 x 10 ⁻⁵	0,0362
		0.110	0.015	0.021	0.0007	
(F(n+2)-St)/St	430	-0.676***	0.123***	0.048*	0.0002	0,0847
		0.141	0.021	0.026	0.001	
(F(n+3)-St)/St	430	-1.000***	0.171***	0.080**	0.002	0,1174
		0.176	0.025	0.033	0.001	
(F(n+4)-St)/St	430	-1.218***	0.208***	0.096**	0.002	0,1358
		0.203	0.029	0.038	0.001	
(F(n+5)-St)/St	430	-1.412***	0.235***	0.116***	0.003**	0,1552
		0.223	0.032	0.041	0.001	
(F(n+6)-St)/St	430	-1.575***	0.260***	0.130***	0.004	0,1830
		0.239	0.034	0.044	0.001	
(F(k+1)-St)/St	430	-1.288***	0.212***	0.109***	0.003**	0,1409
		0.211	0.030	0.039	0.001	
(F(k+2)-St)/St	430	-2.032***	0.321***	0.178***	0.008***	0,2375
		0.267	0.038	0.050	0.001	
(F(k+3)-St)/St	430	-2.401***	0.345***	0.236***	0.016***	0,2873
		0.312	0.045	0.058	0.002	
(F(k+4)-St)/St	430	-2.372***	0.308***	0.258***	0.023***	0,2832
		0.368	0.053	0.069	0.002	
(F(k+5)-St)/St	430	-2.105***	0.216***	0.275***	0.028***	0,2936
		0.389	0.056	0.072	0.003	
(F(k+6)-St)/St	430	-1.757***	0.112*	0.289***	0.076***	0,2755
		0.407	0.059	0.031	0.002	
(F(q+1)-St)/St	430	-2.158***	0.303***	0.219***	0.015***	0,2259
		0.341	0.049	0.064	0.002	
(F(q+2)-St)/St	430	-1.681***	0.147***	0.242***	0.028***	0,2603
		0.388	0.056	0.072	0.002	
(F(q+3)-St)/St	430	-1.044***	-0.009	0.249***	0.021***	0,1485
		0.380	0.055	0.071	0.003	
(F(q+4)-St)/St	430	-0,077***	0.170***	0.336***	0.008***	0,1126
		0.357	0.051	0.067	0.003	
(F(q+5)-St)/St	430	-3.209***	0.369***	0.403***	0.015***	0,2461
		0.377	0.054	0.071	0.003	
(F(q+6)-St)/St	430	-2.606***	0.257***	0.351***	0.026***	0,2665
		0.417	0.060	0.078	0.003	
(F(q+7)-St)/St	430	-1.712***	0.066	0.328***	0.021***	0,1679
		0.411	0.059	0.077	0.003	
(F(q+8)-St)/St	430	-2.358***	0.179***	0.388***	0.010***	0,1247
		0.383	0.055	0.071	0.0027	

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlus programmi Gretl ning Nord Pool Spot FTP-serverit, Thomson Reutersi Eikoni terminali ja Yrno ajaloolisi andmeid.

Peale regressioonimudeli hindamist, tehti testid, et kontrollida mudeli õigsust. Selleks, et selgitada välja kas jääkliikmed alluvad normaaljaotusele, esineb heteroskedastiivsus ja kontrollida autokorrelatsiooni esinemist, tehti mudeli aruande hindamise juures testi, kontrollimaks vealiikmete allumist normaaljaotusele, White'i heteroskedastiivsuse test ja autokorrelatsiooni testi. Selgus, et vealiikmed alluvad normaaljaotusele, ning heteroskedastiivsust ja autokorrelatsiooni ei esine.

Futuuripreemia sõltuvus veereservist ostus peaaegu kõikidel juhtudel oluliseks, välja arvatud aegumistähtajaga 3 ja 7 kvartalit. Lisaks on enamikel juhtudel hinnatud parameetrid statistiliselt olulised olulisusnivool alla 0.01, mis viitab tugevale sõltuvusele. Seega veereservi kasv suurendab futuuripreemiat, kuna kõrge veereservi hulk viib spot hinna madalamaks muutes seeläbi aga futuuripreemia suuremaks. Eelnevalt uuritud spot- ning futuurhindade sõltuvus veereservist osutus negatiivseks, kuid üllatuslikult on futuuripreemia sõltuvus veereservist positiivne. Positiivne tulemus on tõenäoliselt tingitud veereservi mõjust spot- ja futuurhindadele, mõjutades hetkelist hinda rohkem, kui futuurlepingute hinda. Seetõttu kasvab aga erinevus kirjeldatud hindade vahel, ning suhtelise futuuripreemia kasvades muutub veereservi tase regressioonimudelis positiivseks. Kokkuvõtvalt võime järeldada, et eeldused pidasid paika, ning mõju futuuripreemiale kasvab lepingu pikenedes, kuni maksimaalselt poole aastani, peale seda on veereservi võime preemiat mõjutada väiksem, mis ühtlasi on ootuspärane.

Toornafta hind ja keskmine õhutemperatuur on mõlemad futuuripreemiaga positiivses seoses, see tähendab, et kõrgem temperatuur või toornafta hind kergitab ka futuuripreemiat. Parameetrite hinnangud on statistiliselt olulised pikemate futuurlepingute korral 1% usaldusnivool, mis viitab temperatuuri ja toornafta hinna väikesele mõjule lühikeste aegumistähtaegade korral.

3.4. Futuurlepingute prognoosimisvõime

Järgnev peatükk kirjeldab futuurlepingute prognoosivõimet, mil moel elektrituru futuurid suudavad prognoosida tulevast spot hinda. Selleks, et testida prognoosivõimet viidi läbi regressioonanalüüs, lähtudes metoodika osas esitatud valemist 10, kus koefitsient (β_1) peaks sisaldama informatsiooni tulevase spot hinna kohta. Seejuures tuleb eeldada, et turuootused on ratsionaalsed, ning mil β_1 on positiivne, omab ta ajahetkel t võimet, et ennustada muutusi spot hindades ajahetkest t , kuni T . (Peljo, 2013)

Autor püstitab eelnevast lähtudes hüpoteesi, kus kontrollitakse: kas elektrituru futuurhinnad omavad infot, et ennustada tulevasi spot hindu.

H0: Põhjamaade elektrituru futuurhinnad omavad infot, et prognoosida tulevasi spot hindu.

Järgnevas tabelis on kuvatud tulemused regressioonanalüüsist, kasutades valemit 10. Tulemustena on kuvatud koefitsiendid, ning t-statistikud, mida kasutatakse statistilise olulisuse testimiseks.

Lisaks vaadeldakse, kas β_1 parmeeter jääb 1,0 usalduspiiridesse

Tabel 6. Futuurlepingute prognoosivõime hindamine

	Sõltuv tunnus	Valim	Konstant β_0	T-statistik β_0	β_1	T-statistik β_1	R ²
Nädal	ST-St n+1	429	-0,1178	-0,86	0,9621	25,24***	0,5988
	ST-St n+2	428	-0,3164	-1,32	1,0280	17,95***	0,4306
	ST-St n+3	427	-0,4040	-1,36	1,0134	15,53***	0,3619
	ST-St n+4	426	-0,4219	-1,24	1,0224	14,86***	0,3423
	ST-St n+5	425	-0,4618	-1,24	0,9620	13,83***	0,3114
	ST-St n+6	424	-0,4945	-1,28	0,9419	13,83***	0,3120
Kuu	ST-St k+1	426	-0,4226	-1,21	0,9709	13,87***	0,3122
	ST-St k+2	422	-0,8151	-2,08***	0,7945	13,43***	0,3003
	ST-St k+3	418	-1,1234	-2,73***	0,8053	15,83***	0,3760
	ST-St k+4	414	-1,4255	-3,09***	0,8537	16,83***	0,4075
	ST-St k+5	410	-1,6114	-3,23***	0,8849	17,65***	0,4329
	ST-St k+6	406	-1,6684	-3,21***	0,8856	17,46***	0,4302
Kvartal	ST-St q+1	418	-1,1144	-2,66***	0,8312	15,10***	0,3541
	ST-St q+2	405	-1,8805	-3,56***	0,9615	17,52***	0,4324
	ST-St q+3	392	-2,1868	-3,66***	0,9755	15,26***	0,3738
	ST-St q+4	378	-2,8667	-4,81***	0,8760	12,95***	0,3084
	ST-St q+5	366	-3,7871	-6,36***	0,9659	17,14***	0,4468
	ST-St q+6	353	-5,1423	-9,29***	1,0790	23,00***	0,6012
	ST-St q+7	339	-5,9349	-11,01***	1,0435	21,49***	0,5782
	ST-St q+8	326	-6,3399	-11,45***	0,9702	18,31***	0,5086

Allikas: Autori koostatud, kasutades andmetöötlus programmi Gretl ning Nord Pool Spot FTP-serverit ning Thomson Reutersi Eikoni terminali.

Olulisuse tõenäosust näitavad tärnid, kus * -10%, ** - 5%, ning *** - 1%.

Mudali usaldusväarsuse kontrollimiseks viidi läbi heteroskesatiivuse ning autokorrelatsiooni testid, mis mõlemad andsid negatiivsed tulemused. Lisaks kontrolliti jääkliikmete allumist normaaljaotusele, kus kõikide lineaarsete mudelite puhul allusid jäägid normaaljaotusele.

Tabelist 6 näeme, et β_1 on positiivne kõikidel juhtudel, seega võime öelda, et futuurlepingutes sisaldub informatsiooni tulevaste spot hindade kohta ning neid võib teataval määral kasutada spot hindade ennustamiseks. Juhul, kui β_1 võrduks ühega, siis oleks tegemist täiusliku seosega, ning futuurlepingud suudaksid tulevasi spot hindu ennustada täiel määral-

Nädalaste futuurlepingute koefitsient kõigub 0,94-1,03-ni ning kõik 6 erineva pikkusega lepingud on statistiliselt olulised 1% usaldusnivool. Mudeli kirjeldusvõime ehk determinatsioonikordaja on nädal ette futuuridel peaaegu 60%, kuid langeb 2 nädalase futuurlepingu puhul 40%. 3-6 nädalaste futuuride korral on determinatsioonikordaja vahemikus 31-36%, seejuures on langev kordaja ootuspärane.

Kuiste lepingute puhul muutub lepingu aegumistähtaja kasvades koefitsient arvuliselt suuremaks, kuid on igal juhul positiivne, jäädes 0,79 – 0,88 vahele. Ka determinatsioonikordaja kasvab lepingu tähtaja pikenedes, olles 30% - 43% vahel. Sarnaselt kuistele futuurlepingutele käituvad ka kvartaalsed lepingud, kus parameetri hinnang on vahemikus 0,83-1,07 ja determinatsioonikordaja 30-60% vahel. Esineb vaid üks erand, mil 4 kvartali ehk aastase lepingu hinnang ja kirjeldusvõime vähenevad, kuid üldiselt viitab pikem aegumistähtaeg suuremale positiivsele arvule ehk paremale prognoosivõimele, mis on küll mõnevõrra üllatav tulemus, kuid erinevus jääb siiski vea piiridesse.

Kokkuvõtvalt on kõik lepingud statistiliselt väga olulised, ning elektrituru futuurlepingud omavad väga head võimet prognoosida tulevasi spot hindu. Tulemused kinnitavad ka varasemaid uuringuid, kus Fama ja French (1987) tõestasid, et kõrgete ladustamiskuludega toodetel on tulevaste hindade suhtes prognoosivõime olemas. Lisaks leidsid Huisman ja Kilic (2012), et futuurlepingud suudavad ennustavad tulevast spot hinda. Seega saame öelda, et Põhjamaade elektrituru futuuridel on võime prognoosida tulevasi hetkelisi hindu, kuid tulemuste üldistamiseks kõikidele tarbekaupadele sellest ei piisa, ning kindlasti oleks vaja uuringus hõlmata veelgi pikem periood ning laiem hulk erinevaid tarbekaupu. Suhteliselt kindad võime olla aga Põhja- ja Baltimaade futuuride prognoosivõimes, sest sarnaseid tulemusi on leidnud ka varasemad autorid.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli uurida elektrihindade kujunemist, futuuripremia olemasolu- seda mõjutavaid tegureid ja futuurlepingute prognoosivõimet. Elektriturg on volatiilne, seeläbi on hinda mõjutavatel teguritel oluline roll lõpphinna kujunemise juures. Põhjamaades sõltuvad elektri hinnad mitmetest teguritest, kuid antud töös uuriti autori arvates olulisemaid – veereservi reservuaarides, toornafta hinna ning keskmist nädalast õhutemperatuuri.

Magistritöö valimisse kuulsid andmed perioodist 2010 kuni 2018 esimese kvartali lõpp, kokku koguti 430 nädala spot hinnad, ning 20 erineva pikkusega ajalooliste futuurlepingute hinnad. Spot hindadena kasutati nädalasi keskmisi hindu, nagu ka veereservuaaride juures. Futuurlepingute ja toornafta hindade puhul kasutas autor reedest sulgemise hinda, sest nädalavahetusel on väärtpaberite turg suletud, sarnast lähenemist on kasutanud ka varasemad uuringud. Temperatuuri muutuja on leitud Põhjamaade keskmisi ööpäevaseid õhutemperatuure. Magistritöö eesmärgi saavutamiseks viidi läbi regressioonimudelite hindamisi vähimruutude meetodil, ning hüpoteeside kontrollimisel kasutati t-teste.

Esmalt testiti futuuripremia statsionaarust, sest hinnates mitte-statsionaarseid andmeid on tõenäoline saada statistiliselt olulise seos, mida tegelikult ei eksisteeri. Tulemuste hindamiseks kasutati Dickey-Fuller ADF-testi, mille tulemusel sai väita, et futuuripremia on Põhjamaade elektriturul statsionaarne.

Sõltumatud muutujad - veereserv hüdroelektrijaamades, toornafta hind ning õhutemperatuur on ökonomeetrilistes mudelites statistiliselt olulised, kirjeldades seeläbi spot- ja futuuride hindu hästi. Veereservi parameeter oli enamasti negatiivne, mis viitas, et madala veetaseme korral muutuvad elektri hinnad suhteliselt kõrgemaks. Seejuures mõjutab madal tase eelkõige spot hindu ja lühemaid, kui kuu pikkuseid futuurlepinguid. Vastupidiselt veereservile, leidis kinnitust, et toornafta hinna kasvades kasvab ka elektri hind.

Selleks, et kinnitada futuuripreemia olemasolu tulemust, kasutati tulemuste kontrollimiseks t-teste. Vaatlusperioodil esines Põhjamaade elektriturul keskmiselt positiivne futuuripreemia, mis reeglina kasvas koos futuurlepingu aegumistähtajaga. Futuuripreemia esinemist on uuritud ka varem, ning antud töös leitud tulemused olid kooskõlas Botterud (2010) ja Lucia ja Kilic (2012) uuringutega. Käesolevast uuringust selgus siiski, et suhteline futuuripreemia pakub statistiliselt täpsemaid tulemusi, kui absoluutarvudel tehtavad uuringud. Seejuures on suhtelisel preemial parem võime kirjeldada futuuripreemiat, kuna absoluutarvude korral võivad vahed spot- ja futuurhindade vahel olla väga suured või vastupidiselt väga väikesed, sõltudes suuresti ajamomendi hetkelisest hinnast ja ilmastikust.

Suhtelise futuuripreemia sõltuvus testimiseks kasutati taaskord vähimruutude meetodi. Preemia mõjutatavus veereservist, toornaftast ja temperatuurist ostus kõikidel ajahetkedel pigem positiivseks. Üllatuslikult leidis positiivne mõju veereservi korral, mis on tingitud veereservi suuremast mõjust spot hindadele.

Prognoosivõime testimiseks, viidi taaskord läbi regressioonanalüüs, kus koefitsient beeta üks peaks sisaldama informatsiooni tulevaste spot hindade kohta, olukorras, kus turuootused on ratsionaalsed. Mil β_1 oleks võrde ühega, siis eksisteeriks täiuslik seos, ning spot hindu oleks võimalik ennustada kasutades futuure täiel määral. Käesoleva töö testi tulemustest selgus, et elektrituru futuuride hinnad sisaldavad väga head infot, et prognoosida tulevasi spot hindu. Mudeli parameetrid olid statistiliselt väga olulised, ning jäid vahemikku 0,79-1-07, mis viitab suurepärasele prognoosivõimele.

Kokkuvõtvalt näitasid tulemused, et spot hindadele ja futuurlepingutele avaldab tugevat mõju toornafta hind, isegi olukorras, kus ligi 50% elektrit toodetakse hüdroelektrijaamades. Testi tulemusena selgus, et mõju avaldavad loomulikult ka veereservi hulk, ning ilmastik õhutemperatuuri näol. Lisaks sai autor vastata viimasele uurimusküsimusele jaatavalt, ning kinnitada, et tänased futuurlepingute hinnad omavad informatsiooni, et prognoosida tulevasi spot hindu.

Läbitud uuring pühendus Põhjamaade turu üldisele uurimisele, kasutades Nord Pool Grupp-i ja Nasdaq OMX *commodities* andmeid. Järgnevad uuringud võiksid vaadelda täpsemalt riiklike erinevusi, ning tuua välja piirkondlikud hinnaerinevused. Samuti oleks huvitav uurida futuurhindade modelleerimist ARIMA protsessi alusel.

SUMMARY

EVALUATION OF FUTURES PREMIUM IN THE NORDIC ELECTRICITY MARKET

Jürgen Pokk

The aim of this Master's thesis was to examine the behavior of electricity prices, the existence of a nonzero futures premium and the factors affecting it. Moreover, the forecasting ability of electricity futures over the future spot price is examined. The electricity market is highly volatile, thus the factors influencing the price play an important role in the formation of the final price.

The data in this study involved weekly spot prices from Nord Pool power exchange market from 2010 to 2018, and weekly, monthly and quarterly futures contracts for the same period. Also, author used regressors like water reservoir level, crude oil price and temperature. The temperature variable has been obtained using the Nordic daily average air temperatures. In order to achieve the purpose of the Master's thesis, the models, estimations were examined, using the Ordinary Least Squares method and t-tests.

First, the ADF-test was used to test the stationarity, because using non-stationary data is likely to obtain a statistically significant relationship that does not really exist. Results shows that futures premium in the Nordic electricity market is stationary.

Independent parameters - water reservoir levels, price of crude oil and air temperatures are important regressors in econometric models, thereby describing the prices of spot and futures quite well. At most of the times water reservoir levels have a negative influence on electricity prices in the Nordic market, which indicating that, in the case of low water levels in reservoirs, electricity prices will become relatively higher. Therefore, low water reservoir levels affecting more spot prices and futures contracts with shorter time to maturity. Furthermore, the results confirmed that, if the price of crude oil is rising, then the price of electricity increases also.

The results also provide further support to generally accepted view, that futures premium on average are positive, confirming the findings from Botterud (2010) and Lucia and Kilic (2012). However, this study found that a relative futures premium provides statistically more accurate results than the studies performed in absolute figures. In this case, the relative bonus has a better ability to describe the futures premium, because in absolute terms the gaps between spot and futures prices may be very high or, conversely, very small, depending a lot on the current prices and weather conditions.

The Ordinary Least Squares model was used to test the dependency of the relative futures premium. The impact of the relative futures premium on the water reservoir levels, crude oil and temperature was positive at all the times.

Furthermore, as the results also suggest that futures contracts in the Nordic electricity market possess forecasting power over the future spot price. When β_1 will be one, then the perfect relationship would exist, and the futures spot prices would be able to predict using futures contracts to the fullest. In this study, the parameters of the models were statistically very significant, and remained between 0.79-1-07, which refers to excellent predictability.

Finally, the results showed that the price of crude oil has a strong impact on the spot and futures prices, even in a situation where nearly 50% of electricity is produced in hydroelectric plants. Also, as predicted by the theory of storage, the reservoir level and temperature are found to be significant in all models. In addition, the results confirm that the prices of today's futures contracts have information to forecast future spot prices.

The revised study was dedicated to the investigation of the Nordic market using the data from Nord Pool Group and Nasdaq OMX commodities. Therefore, further researches could look more specifically at national differences and bring out the regional price differences. It would be also interesting to explore the modelling of futures prices on the basis of the ARIMA process.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

About us. Nord Pool Group.

<https://www.nordpoolgroup.com/About-us/> (15.02.2018)

Annual Report (2016). Nord Pool Group.

https://www.nordpoolgroup.com/globalassets/download-center/annual-report/annual-report_2016.pdf (20.02.2018)

Årvik, J. S. (2013). Empirical Studies of Spot- and Futures Prices in the Nordic Energy Market. University of Stavanger, Norway

Bessembinder, H., Lemmon, M. L. (2002). Equilibrium Pricing and Optimal Hedging in electricity Forward Markets. *The Journal of Finance*, vol. 57, no. 3, pp. 1347-1382.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1540-6261.00463>

Bidding Areas. Nord Pool Group.

<https://www.nordpoolgroup.com/the-power-market/Bidding-areas/> (22.02.2018)

Botterud, A., Bhattacharyya, A. K., & Ilic, M. (2002). Futures and spot prices – an analysis of the Scandinavian electricity market. *Tempa AZ: 34th Annual North American power Symposium*.

Botterud, A., Kristiansen, T., & Ilic, M. D. (2010). The relationship between spot and futures prices in the Nord Pool electricity market. *Energy Economics*, Vol. 32, Number 5, pp. 967-978

Brooks. C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Second Edition. Cambridge University Press, New York

Day ahead market. Elspot. Nord Pool Group.

<https://www.nordpoolgroup.com/the-power-market/Day-ahead-market/> (22.02.2018)

Douglas, S., Popova, J. (2008). Storage and the electricity forward premium. *Energy Economics*, United States, Vol 4, no. 30, pp. 1712-1727.

Elering (2017) Elektrituru käsiraamat.

<https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat-2017/3-elektriturg/33-tulevikutehingute-turg/331-elektrihinna-riski> (22.03.2018)

Fama, E. F., French, K. R. (1987). Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage. *The Journal of Business*. The University of Chicago Press. Vol. 60, No. 1, pp. 55-73.

- Financial market. Nord Pool Group.
<https://www.nordpoolgroup.com/the-power-market/Financial-market/> (25.02.2018)
- Gjølberg, O., Johnsen, T. (2001). Electricity futures: inventories and price relationships at Nord Pool. Department of Finance and Management Science, Norwegian School of Economics and Business Administration.
- Gjølberg, O., Brattested, T. (2011). The biased short-term futures price at Nord Pool: can it really be a risk premium? *The Journal of Energy Markets*, Vol. 4, Number 1, Spring 2011, pp. 3-19.
- Gjølberg, O., Smith-Meyer, E. (2016). The Nordic Futures Market for Power: Finally Mature and Efficient? Norwegian University of Life Sciences. School of Economics and Business.
- Haugom, E., Ullrich, C. J. (2012). Market efficiency and risk premia in short-term forward prices. *Energy Economics* Vol. 34, no. 6, pp. 1931–1941.
- History. Nord Pool Group.
<https://www.nordpoolgroup.com/About-us/History/> (18.02.2018)
- Huisman, R., Kilic, M. (2012). Electricity Futures Prices: Indirect Storability, Expectations, and Risk Premiums. Erasmus School of Economics, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands
- Hull, J. C. (2009). *Options, Futures and Other Derivatives*, 8th edition. Toronto: Prentice Hall.
- Interday market. Elbas. Nord Pool Group.
<https://www.nordpoolgroup.com/the-power-market/Intraday-market/> (22.02.2018)
- Junttila, J.P., Raatikainen, J., Myllymäkki, V. (2017). Pricing of Electricity Futures Based on Locational Price Differences: The Case of Finland. Jyväskylä University School of Business and Economics, Finland.
- Longstaff, F. A., Wang, A. W. (2004). Electricity Forward Prices: A High-Frequency Empirical Analysis. *The Journal of Finance*, Vol 59, no. 4, pp. 1877–1900.
- Lucia, J., Schwartz, E. (2002). Electricity prices and power derivatives. - Evidence from the Nordic Power Exchange. *Review of Derivatives research*. Vol 5, No. 1, pp. 5-50.
- Lucia, J. J., Torró, H. (2011). On the risk premium in Nordic electricity futures prices. *International Review of Economics and Finance*. Vol. 20, no. 4, pp. 750–763.
- McDonald, R. L. (2012). *Derivatives Markets*, 3rd edition. Published by Pearson.
- Mayer, K., Trück, S. (2018). Electricity markets around the world. *The Journal of Commodity Markets*. Vol 9, pp. 77-100.
- Mork, E. (2006). The Dynamics of Risk Premiums in Nord Pool's Futures Market. *Energy Studies Review*. Vol 14, no 1, pp. 170-185.

- Nord Pool FTP - Server. Nordic and Baltic Elspot data.
<ftp://ftp.nordpoolspot.com/> (10.04.2018)
- Peljo, J. (2013). Electricity Futures Pricing in the Nordic Electricity Market. Aalto University School of Business. Finalnd
- Producers. Nord Pool Group.
<https://www.nordpoolgroup.com/the-power-market/The-market-members/Producers>
(22.02.2018)
- Redl, C., Haas, R., Huber, C., Böhm, B. (2009). Price formation in electricity forward markets and the relevance of systematic forecast errors. *Energy Economics*. Vol. 31, no. 3, pp. 356– 364.
- Sauga, A. (2017). Statistika. TTÜ Kirjastus, Tallinn
- Thomson Reuters Eikon'i andmebaas.
<https://customers.thomsonreuters.com/eikon/> (11.04.2018)
- Weron, R. (2008). Market price of risk implied by Asian-style electricity options and futures. *Energy Economics* Vol. 30, no. 3, pp. 1098–1115.
- Weron, R., Zator M. (2014). Revisiting the relationship between spot and futures prices in the Nord Pool electricity market. *Energy Economics* Vol. 44, pp. 178–190
- Wooldridge, J.M. (2013). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* 5th edition. Cengage Learning by Nelson Education. Mason, OH. South-Western.
- Weather statistics. Detailed search. Yr.No. Oslo and others Nordic countries.
<https://www.yr.no/place/Norway/Oslo/Oslo/Oslo/statistics.html>
- Zakeri, B., Syri, S. (2014). Economy of electricity storage in the Nordic electricity market: The case for Finland. *European Energy Market*. Aalto University, School of Engineering.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/6861293/?reload=true>