



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

KONKURENTSIVÕIMELISTE ELEKTRITOOTMISÜKSUSTE TURULE TOOMISE VÕIMALUSED EESTIS

POSSIBILITIES OF PLACING COMPETITIVE POWER GENERATION UNITS ON
THE MARKET IN ESTONIA

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Birgit Joost

Üliõpilaskood: 146725 AAVB

Juhendaja: Karl Kull, doktorant-nooremteadur

Tallinn, 2019

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Autor: Birgit Joost

Lõputöö liik: Bakalaureusetöö

Töö pealkiri: Konkurentsivõimeliste elektritootmisüksuste turule toomise võimalused Eestis

Kuupäev: 24.05.2019

40 lk

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): doktorant-nooremteadur Karl Kull

Töö konsultant (konsultandid):

Sisu kirjeldus: Bakalaureusetöö eesmärgiks on leida konkurentsivõimelisi energiatootmisüksusi tänastes tingimustes, et tagada Eestis energia varustuskindlus. Eesmärgiks on analüüsida erinevaid elektrijaamade eeliseid ja puuduseid ja leida parim võimalik variant. Töö mõte põhineb Eesti energeetika arvamusiidrite hinnangul, et elektri hind hetkel turul on liiga madal, et oleks mõttekas teha investeeringuid uutesse elektritootmisüksustesse.

Töö annab ülevaate Eesti hetkelisest elektriturust ning põhjustest, mis tekitavad elektrihinna muutuseid. On ülevaade erinevatest elektrijaamadest ning nende erinevustest. Ära on seletatud, millest koosneb jaama omahind ja milline peab omahind olema, et elektritootja turule pääseks. Prognoositud on ka elektri hinna seisu tulevikus.

Töös on välja toodud Euroopa Liidu energiapoliitika põhilised suunad ja eesmärgid. Taastuvenergia toetused ning heitgaaside maksustamise põhjused.

Kokkuvõtteks on välja toodud need jaamad, mis tänaste tingimuste juures on konkurentsivõimelised ja tingimused, mille muutmise korral oleks teistel jaamadel samuti võimalus turule pääseda.

Märksõnad: elektriturg, taastuvenergeetika, tuumaenergeetika, soojusenergeetika, elektrijaamade omahind, NPS turg, CO2 emissiooni maksud

ABSTRACT

Author: Birgit Joost

Type of the work: Bachelor

Title: Possibilities of placing competitive power generation units on the market in Estonia

Date: 24.05.2019

40 pages

University: Tallinn University of Technology

School: School of Engineering

Department: Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

Supervisor(s) of the thesis: Early Stage Researcher Karl Kull

Consultant(s):

Abstract: The aim of the Bachelor's thesis is to find competitive energy production units in today's conditions to ensure energy security in Estonia. The aim is to analyze the various advantages and disadvantages of power plants and to find the best possible option. The work idea is based on the estimate of of Estonian energy opinion leaders that the electricity prices in the market today are too low to be reasonable to make investments in new power generation units.

The work gives an overview of the current state of the electricity market in Estonia and the reasons that are causing changes in the price of electricity. There is an overview of the different power plants and their differences. There is an explanation of what is the self-cost of the power plants and what this cost consists of and what the cost must be for the electricity producer to enter the market. The future price of electricity is also forecast.

The main directions and goals of the European Union's energy policy are pointed out. Renewable energy subsidies and reasons for taxing emissions.

In conclusion, those stations that are competitive in today's conditions are pointed out and conditions in which the other stations will be able to gain access to the market are outlined.

Keywords: electricity market, renewable energy, nuclear power, thermal power, cost of power plants, NPS market, CO₂ emission prices

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema:	Konkurentsivõimeliste elektritootmisüksuste turule toomise võimalused Eestis
Lõputöö teema inglise keeles:	Possibilities of placing competitive power generation units on the market in Estonia
Üliõpilane:	Birgit Joost, 164725
Eriala:	Elektroenergeetika
Lõputöö liik:	bakalaureusetöö
Lõputöö juhendaja:	Karl Kull
Lõputöö ülesande kehtivusaeg:	24.05.2019
Lõputöö esitamise tähtaeg:	24.05.2019

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

1. Teema põhjendus

Elektri hind on konkurentsi tekkimiseks liiga madal. Uute elektrijaamade ehitamine pole mõttekas, kuna uued jaamad ei saaks müüa elektrit hinnaga, mis oleks tasuv, kuna nende jaamade elektri omahind on kallim elektri turuhinnast. Käesoleva töö käigus uuritakse, kas on mingeid elektritootmisüksusi, mille ehitamisel oleks mõtet või mis tingimusi muuta, et oleks võimalus mõnel elektrijaamal turule pääseda. Töö eesmärk on välja tuua, miks on tähtis leida võimalusi tuua turule uusi energia tootjaid ja mida teha, et tagada pikaajaline elektrivarustuskindlus.

2. Töö eesmärk

Töö eesmärgiks on leida tootmisüksusi, mis oleksid täna või tulevikus konkurentsivõimelised.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Elektrituru kirjeldus ja elektritootmisüksuste võrdlemine.

Millise hinnaga peab elektritootja tootma, et turule pääseda?

Millised elektrijaamad pääsevad täna turule ja millised tulevikus ning milliseid tingimusi muuta, et turule pääsemine oleks kergem.

4. Lähteandmed

Püstitatud eesmärkide lahendamiseks kasutan andmeid teadusartiklitest, uudiste artiklitest, raamatutest, internetist.

5. Uurimismeetodid

Töö tulemusteni jõudmiseks kasutan kirjanduse analüüsi, andmete analüüsiks kasutan tabelarvutusi Excelis ja valemeid.

6. Graafiline osa

Elektrihindade ülevaate tabelid, kõikide erinevate elektritootmisüksuste kirjeldused tabelitega, prognoositav elektrihinna muutuse graafik. Graafiline osa on peamiselt töö põhiosas.

7. Töö struktuur

- 1) Sissejuhatus
 - Probleemi tõstatatus põhineb Eesti energeetika arvamusiidrite hinnangule, et elektri hind on liiga madal, selleks et tekiks energia tootmisel konkurents.
 - Pakutava lahenduse leidmise tee kirjeldus: kuidas probleemi lahendada ehk otsida võimalikke tootmisüksusi, mis oleksid täna või homme konkurentsivõimelised
- 2) Elektri hind turul
 - NPS turu kirjeldus
 - NPS Eesti hindade ülevaade (2016-2018)
- 3) Elektritootmisüksuse omahind
 - Kirjeldus kõikide elektritootmisüksuste (elektrijaamade) kohta.
 - Tänapäevaste tootmisüksuste elektri omahind. Kui $C_{omahind} < C_{turuhind}$, siis pääsed turule.
 - Prognoos 5 aasta pärast. Ka koos maksudega.
- 4) Analüüs

- Süntees
 - Elektrituru analüüs osast 2: millise hinnaga elektritootja peab tootma, et turule pääseda
 - Elektrituru analüüs osast 2, prognoos: milline on hind 5 aasta pärast ja millise hinnaga elektritootja siis turule pääseb
- 5) Järeldused
- Millised elektrijaamad pääsevad täna turule?
 - Milliseid tingimusi muuta, et mõned pääseksid turule?
 - Millised elektrijaamad pääsevad homme turule?
 - Millistel tingimustel homme pääseks rohkem elektrijaamu turule?
 - Püstitunud probleemid töö käigus, mida uurida edasi magistriõppes. Stabiilsus süsteemile
- 6) Kokkuvõte

8. Kasutatud kirjanduse allikad

Kasutatavad allikate tüübid on erinevad, nii teadusartiklid, raamatud, õppematerjalid, konspektid, aruanded jne.

Näiteks:

- Taavi Veskimäe artiklid: <https://www.err.ee/876889/eleringi-juht-meie-mure-ei-ole-elektri-korge-vaid-liiga-madal-hind>;
- <https://majandus24.postimees.ee/3186409/elering-madal-elektrihind-ohustab-pikaajalist-elektrivarustuskindlust>
- Soojuselektrijaamade talitluse optimeerimine M. Valdma, H. Tammoja, M. Keel 2008
- Sissejuhatus energiatehnikasse E. Risthein 2007
- Energiasalvestid ja -salvestustehnoloogiad A. Rosin, S. Link, H. Hõimoja, I. Drovtar 2015
- Energiasüsteemid loengu materjal J. Šuvalova
- Energiasüsteemid loengukonspekt M. Valdma 2008
- Elektrijaamad loengukonspekt H. Tammoja 2012

9. Lõputöö konsultandid

Juhendaja – Karl Kull, lõputöö teema ja juhendamine.

10. Töö etapid ja ajakava

Järgneval on kirjas töö etappide valmimise umbkaudsed ajad.

Kirjanduse läbitöötamine (01.04.2019 – 01.05.2019)

Teoreetilise osa koostamine (01.04.19 – 01.05.2019)

Kokkuvõtte kirjutamine (01.04.19 – 06.05.2019)

Töö esimene versioon valmis (06.05.2019 – 13.05.2019)

Juhendajale esimeseks läbilugemiseks saatmine (13.05.2019)

Paranduste sisseviimine (15.05.2019 – 20.05.2019)

Juhendajale teiseks läbilugemiseks saatmine (20.05.2019)

Töö lõplik versioon valmis (24.05.2019)

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE.....	3
ABSTRACT.....	4
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	5
EESSÕNA	11
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	12
SISSEJUHATUS	13
1. NORD POOL SPOTI TURU KIRJELDUS.....	15
1.1 NPS Eesti turuhindade ülevaade.....	15
2. ELEKTRI HIND	18
2.1 Elektritootmisüksuste omahind	18
2.2 Soojuselektrijaamad (SEJ)	19
2.3 Tuumaelektrijaamad	21
2.4 Hüdrolektrijaamad	24
2.5 Tuulelektrijaamad	25
2.6 Päikeselektrijaamad	26
2.7 Erinevate tootmisüksuste erinevused.....	27
2.8 Tänane tootmisüksuste omahind	27
2.9 Elektri hind 5 aasta pärast.....	29
3. EUROOPA LIIDU ENREGIAPOLIITIKA.....	31
3.1 Taastuvenergia toetused	31
3.2 CO ₂ tasud	32
4. Järeldused	34
KOKKUVÕTE	35

SUMMARY	37
KASUTATUD KIRJANDUS	39

EESSÕNA

Antud töö on kirjutatud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika eriala bakalaureuse lõputööks. Töö teema, Konkurentsivõimeliste elektritootmisüksuste turule toomine Eestis oli pakutud välja juhendaja Karl Kulli poolt. Töö uurimismeetod põhineb kirjanduse analüüsil, kasutades selleks nii trükitud kui ka interneti allikaid. Käesolevas töös uurin erinevate elektrijaama tüüpide eeliseid ja puuduseid, elektrituru hindasi ja jaamade elektri tootmise omahindasi. Töö valmimisele aitasid kaasa juhendaja ettepanekud ja märkused.

Töö autor tänab oma juhendajat Karl Kulli ja kõiki õppejõude, kes autori bakalauruseõppe jooksul oma teadmisi on jaganud.

Birgit Joost

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

<i>CO₂</i>	süsihappegaas
<i>EL</i>	Euroopa Liit
<i>kWh</i>	kilovatt-tund
<i>Mpa</i>	megapaskal
<i>MW</i>	megavatt
<i>NPS</i>	Nord Pool Spot
<i>SEJ</i>	soojus elektriijaam

SISSEJUHATUS

Tööstuste kiire arengu ja inimeste arvu kasvu tõttu üle maailma suureneb järjest tarbitava energia hulk. Energia tarbimise kasvades tuleb leida võimalusi selle kompenseerimiseks ehitades juurde erinevaid elektritootmisüksusi.

Energiajulgeoleku seisukohast haavatav aspekt on see, et ei investeerita uute elektrijaamade ehitamisse, kuna elektri hind on selleks liiga madal ning jaamade ehitamine ei ole seetõttu tasuv. See aga mõjub halvasti elektri varustuskindlusele tulevikus, kuna praegused elektrijaamad vananevad ja lõpuks sulgedes pole neid millegagi asendada. Odav elektri hind võib olla hea majandusele, kuid majandusarenguks peab tagatud olema ka elektrivarustuskindlus. Seega oleks vaja energiasüsteemi toimimise jaoks leida lahendusi elektrijaamade ehitusse investeerimiseks.

Elektrihinna üheks mõjutajaks on olnud ka turu avanemine tänu Estlink1 ja Estlink2-le, mis on elektri hinnad madalad hoidnud. Avanenud turu eelis on, et energia puudujäägil on võimalus elektrit väljastpoolt sisse osta ning siinsetel elektritootjatel on võimalus müüa elektrit välja ja sellega suuremat kasumit teenida. Riigi julgeoleku koha pealt oleks kindlam, kui Eesti energiatootjad suudaks igal ajal oma toodanguga kogu tarbimise katta ja ei tekiks vajadust energiat sisse osta. [1]

Taastuvenergia toetustega on küll juurde tekkinud tuule- ja päikesejaamu, kuid nende puhul pole tagatud energia tootmise stabiilsus, kuna tootmine on heitliku isloomuga. Seega oleks vaja juurde konventsionaalseid elektrijaamu, mis saaksid katta puudujääva osa.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on leida konkurentsivõimelise elektritootmisüksuse turule toomise võimalusi Eestis. Otsida, kas praeguste tingimuste juures mõni elektritootmisüksus oleks juba praegu konkurentsivõimeline või oleks seda tulevikus. Uurimise all on ka see, milliseid tingimusi peaks muutma, et uute jaamade turule tulek oleks lihtsam. Esimeses peatükis kirjeldatakse praegust elektri hinda turul, tuuakse välja nii Nord Pool Spot- i turu kirjeldus kui ka Eesti hindade ülevaade. Teises peatükis luuakse ülevaade kõikidest erinevatest elektritootmisüksustest, tuuakse välja iga jaama plussid ja miinused. Lisaks analüüsitakse tänaseid tootmisüksuste elektri omahindu ja seda milline peaks elektri omahind olema, et uus jaam pääseks turule. Samuti on selles peatükis prognoos järgmiseks viieks aastaks. Teises peatükis on veel analüüs selle kohta, et millise hinnaga elektritootja peab tootma, et turule pääseda ning milline on hind viie aasta pärast ja millise hinnaga elektritootja siis turule pääseb. Kolmandas peatükis on juttu Euroopa Liidu energiapoliitikast. Neljandas peatükis on järeldused, millised elektrijaamad pääsevad täna turule ja milliseid tingimusi muuta, et teised pääseksid turule. Samuti järeldused, et millised

elektrijaamad samade tingimuste juures pääsevad tulevikus turule ning millistel uutel tingimustel tulevikus elektritootjaid pääseks rohkem turule. Lõpetuseks on bakalaureuse lõputöö kokkuvõte nii eesti kui ka inglise keeles.

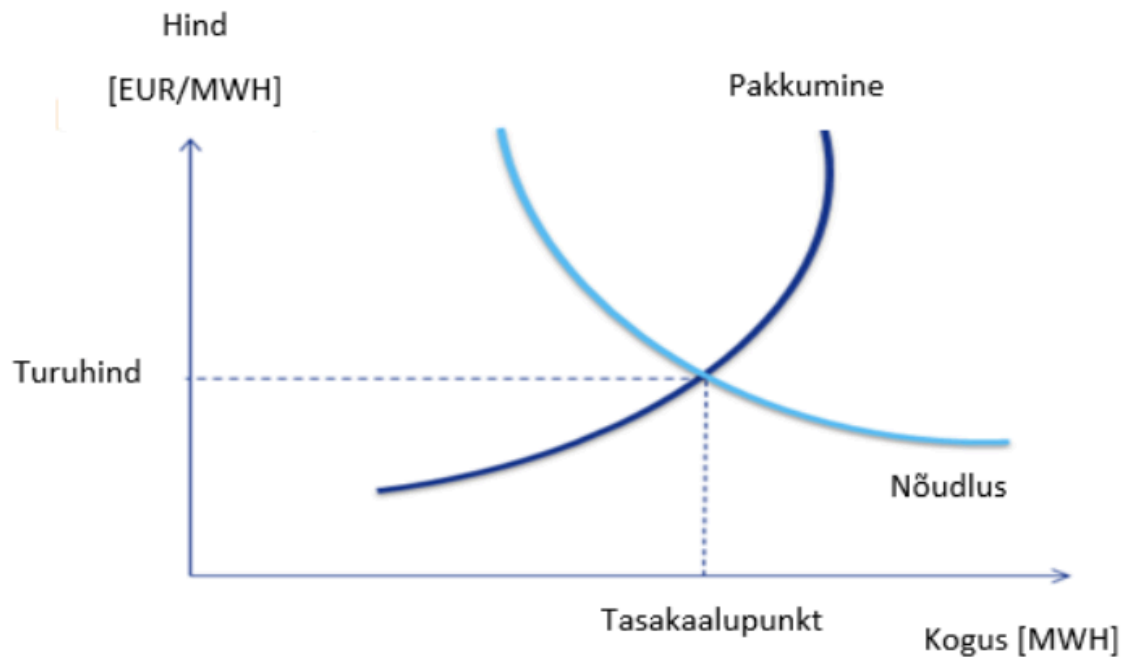
Töö tulemusteni jõudmiseks kasutatakse kirjanduse analüüsi meetodit, andmete analüüsiks tabelarvutusi Excelis ja valemeid. Kirjanduslike allikatena kasutatakse lõputöös teadusartikleid, aruandeid, statistika ameti andmeid, raamatuid ning uudiste artikleid.

1. NORD POOL SPOTI TURU KIRJELDUS

Nord Pool Spot (NPS) on Euroopas juhtiv elektriturg, mis pakub börsitehinguid, kauplemise ja reguleerimisega seonduvaid teenuseid nii päevasisesel kui ka järgmise päeva turul üheksas Euroopa riigis. See on maailmas suurim elektriturg nii turuosa poolest kui ka turul kaubeldava elektrienergia mahu poolest. NPS tegutseb Norras, Taanis, Rootsis, Soomes, Eestis, Lätis, Leedus, Saksamaal ja Ühendkuningriigis. NPS oli maailma esimene rahvusvaheline börs elektri energia müümiseks. Nord Pool AS-il on liikmetena 380 ettevõtet kahekümnest riigist, mis kauplevad NPS turul Põhjamaades ja Balti piirkonnas, Saksamaal ja Ühendkuningriigi turul.

1.1 NPS Eesti turuhindade ülevaade

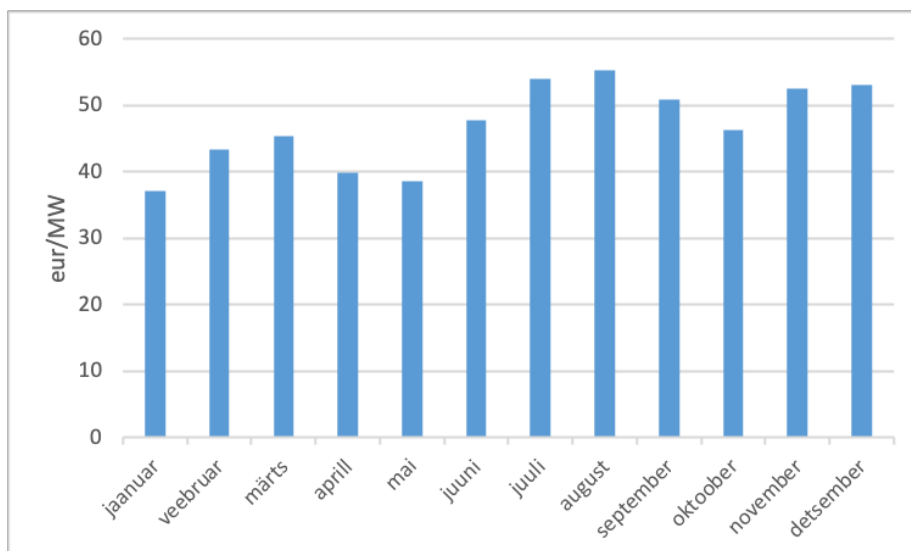
Eesti elektriturg on avatud elektriturg, kus hind tekib konkurentsi tingimustes nõudluse ja pakkumise tasakaalupunktis joonis 1.1.1 Turu avanemine kõikidele tarbijatele toimus 2013. aasta. Avatud elektriturgu iseloomustab tarbijate ja tootjate paljusus. Avatud turuga kaasneb ka kaudne kasu, mis hõlmab põhiliselt varustuskindlust, turujõu piiramist ja hinnaefektiivsust. Varustuskindluse all mõistetakse energiamajanduses peamiselt kütuste tarnekindlust, tootmise ja nõudluse vahelist tasakaalu ning võrkude töökindlust. Avatud elektrituru eesmärkideks on tekitada madalamad hinnad pikema perioodil, jätkusuutlikus, et oleks piisavalt investeringuid, konkurentsi loomine ja ostjate ostuvabaduse tagamine. Elektribörs tagab elektriinna läbipaistvuse. Toimiva ja läbipaistva elektrituru eesmärk on tagada tootjatele ja investoritele pikemaajaliste investeringute otsustamiseks vajalik alus ja kindlus. Avatud elektriturul kõigub hind aasta ja päevade lõikes, eristatakse globaalseid ja lokaalseid hinna maksimume- ja miinimume. Kõrgem elektri turuhind on tavaliselt suve lõpus (augus-september) ja talveperioodil külmemates kuudes (detsember-veebruar). [3, 4]



Joonis 1.1.1 Pakkumise ja nõudluse tasakaal [4]

Eesti elektrienergia hind mõjutavad mitmesugused tegurid. Peamiseks teguriks hinna kujunemisel on piisavate tootmisvõimsuste ning elektriühenduste olemasolu elektriturul, et tagada elektri liikumine riigi siseselt ja ka naaberriikidega, seega on tähtis piisav ühendusliinide läbilaskevõime. Üheks teguriks on ka tootmisvõimsuste koosseis, palju lisandub uusi elektritootmisüksusi, elektrijaamade remontidest ja avariidest põhjustatud muutused ning vanade tootmisüksuste sulgemistega seotud muutused. Ka kliima mõjutab elektri hindu, kuna sõltuvalt aastaajast on tarbimine erinev. Talvisel kütteperioodil on tarbimine märgatavalt suurem kui suvisel perioodil, kuna suurem nõudlus elektrienergia järgi tõstab ka hinna kõrgemaks. Ilm mõjutab ka taastuvenergeetikaga seotud energia tootmist, kas on piisavalt tuult tuuleparkide jaoks ja päikeselisi päevi päikesejaamade jaoks. Lumevaeste talvede tõttu on elektri hind kõrgem, kuna odava hüdroenergia tase jääb madalamaks. Samuti mõjutavad elektri hindu turul elektrijaamade muutuvkulud ehk kütuste näiteks gaasi, puiduhakke ja põlevkivi hinnad ning Euroopa Liidu heitmekaubanduse reeglid. Elektri hinnatõusule aitab kaasa näiteks majanduskasv, mille tõttu kasvab tarbimine, seega on elektri hinna suureks mõjutajaks ka majanduse seis. [3, 5]

Jooniselt 1.1.2 on näha Eesti elektrienergia erinevate kuude kaupa.

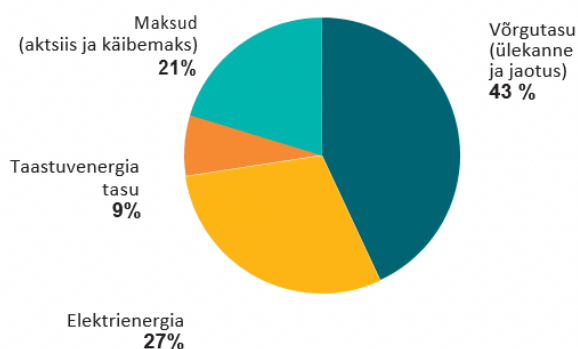


Joonis 1.1.2 Eesti elektri hindade aastane erinevus kuude kaupa

Jooniselt 1.1.2 on näha NPS-i lehelt leitud 2018 aasta elektri hinnad Eestis. Iga kuu kohta on võetud kuu keskmine elektri hind. See ei anna küll väga täpset infot, sest hinna kõikumised olid suured. Täpsema pildi saaks nädala kaupa võetud hindade vaatlemisel, kuid ka nädala sees on perioode, kus kõikumine on märgatav.

2. ELEKTRI HIND

Elektrienergia omahind on ainult üks osa kogu elektri lõpphinnast tarbijale. Tarbijani jõudev elektri hind sõltub seega elektrienergia tootmise kuludest elektri jaamades, ülekandekuludest põhija jaotusvõrgus (võrgutasud) ning riigi poolt kehtestatud maksudest, sealhulgas taastuvenergia tasust, elektriaktsiisist ja käibemaksust. Tüüpilise kodutarbija jaoks moodustavad võrgutasud umbes 40% elektri arvest, elektrienergia kulu moodustab arvest umbes kolmandiku, elektri arve komponentide proportsioon on näidatu joonisel 2.1. Võrgutasu ja elektrienergia osakaal konkreetse kliendi puhul sõltub sellest, millise võrguteenuse pakkuja võrgupiirkonnas klient asub ja millise paketi on ta võrguteenuse ja elektrienergia tarbimiseks valinud. [6]



Joonis 2.1 Elektri arve komponendid väiketarbija näitel 2017 aasta [6]

2.1 Elektritootmisüksuste omahind

Elektritootmisüksuste omahind sõltub jaama ehitamise maksumusest ja elektri tootmiseks kasutatava kütuse hinnast, jaama operatiivkuludest ning heitmete maksudest ja subsiidiumitest (näiteks taastuvenergiaallikate korral). Kuna kütuste hinnad maailmaturul on pidevas muutumises, siis kaasneb sellega ka elektri tootmise omahinna kõikumine. Välja on töötatud mitmeid erinevaid energia tootmise viise. Eri tüüpi elektri jaamadel on ka erinevad elektri omahinnad, sõltudes põhiliselt jaamas kasutatavate kütuste liikidest. Järgnevalt on välja toodud põhilised elektri jaamad ning nende plussid ja miinused.

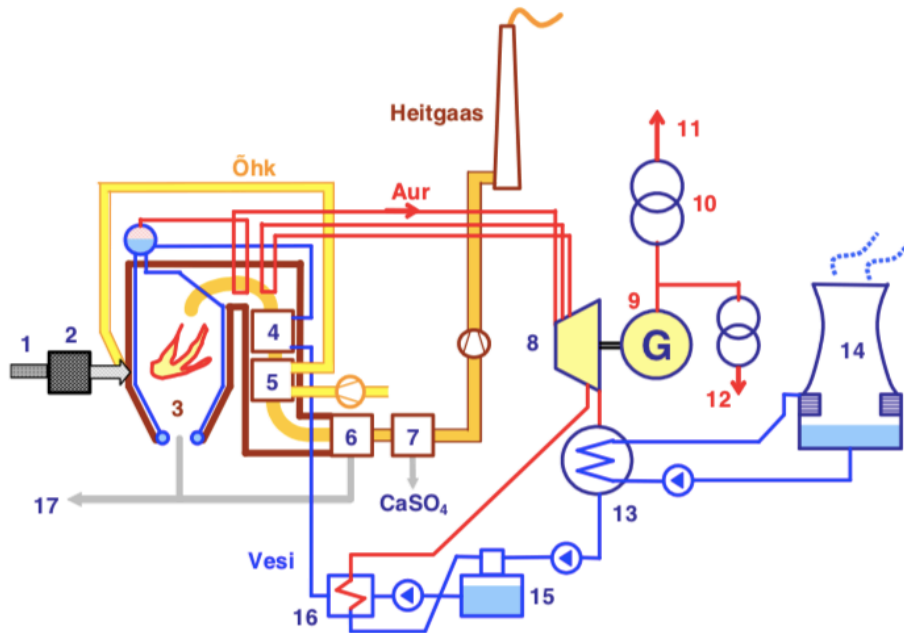
2.2 Soojuselektrijaamad (SEJ)

Jaam, kus elektrienergiat toodetakse soojusenergia muundamise teel mehaaniliseks energiaks ja seejärel mehaanilise energia muundamisel elektrienergiaks. Soojusenergia saadakse kütuste põletamise teel, seega elektri omahind sõltub palju kütuse hinnast. Kütusena kasutatakse nii gaasilisi, vedelaid kui ka tahkeid kütuseid näiteks maagaas, nafta, põlevkivi, kivisüsi jne. Soojusenergia muundamine mehaaniliseks energiaks toimub auru- või gaasiturbiini abil. Miinusteks on see, et põletamisel satuvad keskkonda saastavad ühendid (süsihappegaas, vääveldioksiid, Lämmastikoksiidid, tahkheitmed) ning see, et kasutatavad kütused on taastumatud energiaallikad, ning kütuseid jätkub piiratud ajaks, mis omakorda toob kaasa hindade tõusu. Eristatakse auruturbiin-, gaasiturbiin- ja diiselektrijaamu. Hetkel Eestisse on installeeritud umbes 1900 MW soojusjaamade võimsust. [7] Omahind on ligikaudu 70 €/MWh. [8] Suuremad jaamad Eestis on Eesti SEJ, Balti SEJ, Iru SEJ. Iru SEJ (joonis 2.1.1) erineb teistest sellepolest, et kütusena kasutatakse segaolmejäätmeid.



Joonis 2.1.1 Iru SEJ [9]

Auruturbiinelektrijaamad võivad olla mõeldud ainult elektritootmiseks – kondensatsioonielektrijaamad, kuid saab ka elektrienergiaga koos väljastada soojust, sel juhul on tegemist koostootmisjaamaga. Kondensatsioonielektrijaama skeem on toodud joonisel 2.1.2.



Joonis 2.1.2 Kondensatsioonielektrijaama põhimõtteskeem [10]

Skeemi osad: 1 kütus, 2 kütusetöötlus, 3 aurukatla kolle, 4 vee eelsoojendi, 5 õhu eelsoojendi, 6 lendtuhafilter, 7 väävlieraldusfilter (keevkiht puudub), 8 auruturbiin, 9 generaator, 10 pinget tõstev trafo, 11 võrku antav elektrienergia, 12 omatarbeks vajalik elektrienergia, 13 aurukondensaator, 14 jahutustorn, 15 dearaator (õhueleemaldi) ja veepaak, 16 toitevee regenraator, 17 tuhaärastus

Gaasiturbiinelektrijaama eelis on, et seda saab käivitada tunduvalt kiiremini kui auruturbiine, tavaliselt mõne minutiga. Gaasiturbiin sarnaneb oma ehituspõhimõttelt auru- turbiiniga, erinevus on selles, et auru asemel paneb turbiini rootori pöörlema kütuse põlemisel tekkiv kõrgrõhuline gaas. Viimasel ajal on gaasiturbiinelektrijaamade abil elektri tootmine suurenenud. Selle põhiliseks põhjuseks on gaasiturbiinide kasuteguri oluline tõus. Kasuteguri tõusust on võimalikuks teinud gaasiturbiinide konstruktsiooni täiustamine ja termilise ringprotsessi võimaluste efektiivsem ära kasutamine. Sobivad kasutamiseks varutoiteallikana ja tippkoormuste katmiseks. Sobivad pigem piirkonda, kus on odav gaasi- või vedelkütuste olemasolu.

Diiselektrijaamad on mõeldud piirkondadesse, mida ei saa ülejäänud võrguga ühendada, näiteks saared. On mõeldud suhteliselt väikese vajaliku võimsuse jaoks. Käivitamine väga kiire, alates mõnest kuni mõnekümne sekundini. Sobivad hästi reservelektrijaamadeks avariide või rikete korral. Kasutegur umbes 40%, kui kasutada ära ka eralduv soojus, võib kasutegur ulatada kuni 80%. Elektri omahind on väga kallis, kuna kütuse hind on kõrge. [10]

2.3 Tuumaelektrijaamad

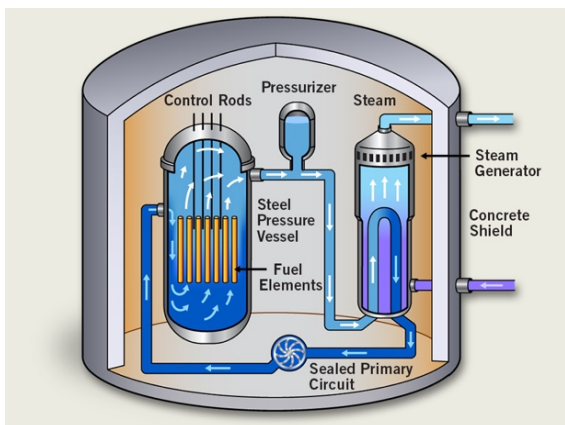
Tuumajaam on tavaliselt kondensatsiooniturbiiniga energiablokk, kus aurukatla asemel on tuumareaktor. Iga tuumaenergiablokk moodustab eraldi tuumajaama. Tuumaelektrijaamad ei eralda kasvuhoonegaase, ega saasta õhku nagu tavalised soojuselektrijaamad. Eeliseks on ka see, et normaalse töö korral tekib tahkeid jäätmeid vähe ja kütust kulub vähe. Tuumajaama kütuseks on rikastatud uraan, millel on väga kõrge energia sisaldus. 1 kg U_{92}^{235} on võrdne näiteks 10 000 t põlevkiviga ja mõlemad annavad 22GWH energiat. Maailmas on suured tuumakütuste potentsiaalsed varud. Tuumareaktorid põhinevad uraani lõhustumise ahelreaktsiooni tulemusel tekkival soojusenergial. Kütuse hind elektri omahinnast on tavaliselt väiksem kui tavalistes soojuselektrijaamades. Tuumajaama elektri omahinda mõjutavad jaama koormuse konstantsus ja maksimaalvõimsuse kasutusajast. Mida suurem on maksimaalvõimsuse kasutus aeg aastas, seda väiksem on elektri omahind. [11]

Tuumajaamadel esinevad ka mitmed puudused. Tuumajaamad on ettenähtud töötama konstantse koormusega, need elektrijaamad ei sobi genereeritava võimsuse reguleerimiseks. Seetõttu sobivad tuumajaamad katma ainult baaskoormust, tipukoormuse jaoks tuleb leida teistsugused lahendused. Tuumajaamal ehitamisel on väga suured investeeringud, jaama ehitus on väga kallis ja aeganõudev. Investeeringutes tuleb arvesse võtta ka tulevikus amortiseeruda jõudnud tuumajaama likvideerimiskulusid ja avariidega kaasnevaid riske. Avariidega võib kaasneda keskkonnale suur radioaktiivse kiirguse oht. Katastroofid tuumajaamaga võivad elamiskõlbmatuks muuta jaama ümbritseva maa-ala kümnete tuhandete ruutkilomeetrite ulatuses. Tuumajaamaga seotud avariidest võib näitena tuua Tšernobõli ja Fukushima katastroofid.

Tänapäeval kasutatakse tuumajaamades põhiliselt viite tüüpi reaktoreid, nendeks on survevesireaktor, keevvesireaktor, raskevesi-survevesireaktor, grafiitaeglustiga kanal-tüüpi keevvesireaktor ja gaasreaktor.

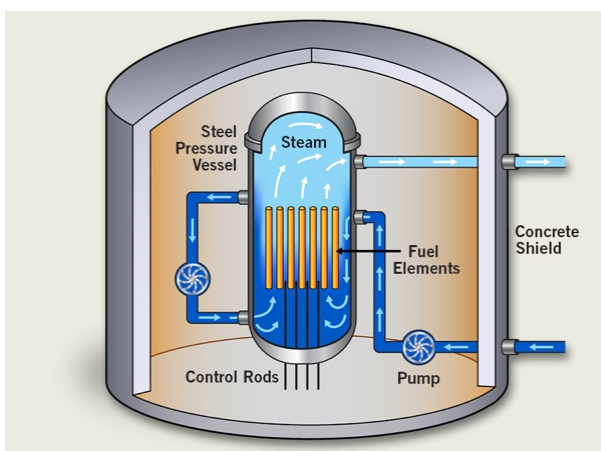
Survevesireaktor (PWR - Pressurised Water Reactors) on maailmas kõige laialdasemalt kasutatav tuumajaama reaktori tüüp. Vee rõhk reaktoris võib olla kuni 16 MPa ja reaktorist väljuva vee temperatuur ligikaudu $315^{\circ}C$. Vesi on rõhu all, et takistada vee keema minemist. Aurugeneraatoris võimaldab selliste parameetritega soojuskandja tekitada teise kontuuri auru rõhuga ligikaudu 6 MPa ja temperatuuriga $275^{\circ}C$. Kõige levinum reaktoritüüp, kuna selle eeliseks stabiilse talitluse lihtne tagamine tänu negatiivsele temperatuurilisele tagasisidele. Reaktori võimsuse juhuslikul

suurenemisel vesi kuumeneb, selle tihedus ning koos sellega neutroneid aeglustav toime väheneb, mistõttu ka reaktori võimsus väheneb. Eeliseks on ka see, et need on kahekontuurilised jaamad. See tähendab, et reaktori jahutus vesi, mis on nõrgalt radioaktiivne, ringleb suletud kontuuris, seega pole aurugeneraatorist väljuv aur radioaktiivne. Surveveereaktori skeem on toodud joonisel 2.3.1. [12]



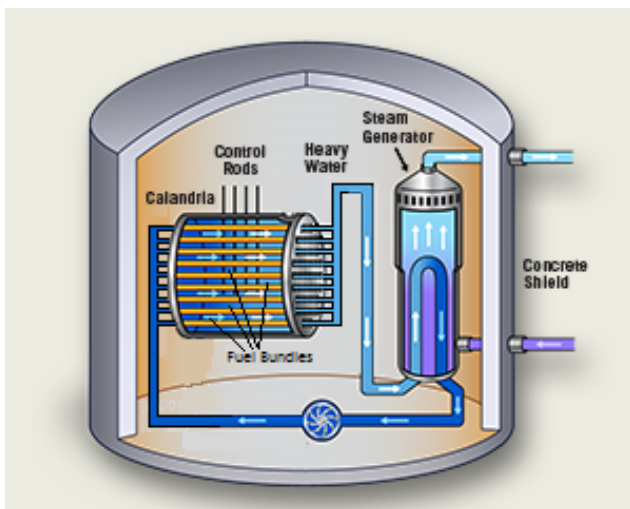
Joonis 2.3.1 Surveveereaktori skeem [13]

Keevvesireaktor (BWR - Boiling Water Reactors) on ehituselt erinev, siin on soojuskandjaks puhas vesi, mis reaktoris aurustub ning juhitakse ülekuumendamise järel auruturbiini. Energiaploki ehitus on küll lihtsam, kui survevesireaktoril, kuna puudub aurugeneraator, ka tuumaenergia muundamine soojusenergiaks on tõhusam., kuid turbiini minev aur on mingil määral radioaktiivne ning seetõttu tuleb turbiin ümbritseda kiirgusvarjega. Ka selles reaktoritüübis mõjuvad soojuskandja temperatuuri tõus ja mullide teke negatiivse stabiliseeriva tagasisidena. Keevveereaktori skeem on toodud joonisel 2.3.2. [12]



Joonis 2.3.2 Keevveereaktori skeem [13]

Raskeveereaktori (PHWR - Pressurised Heavy Water Reactors) omapära on see, et raske vee D_2O väike neutronite neelamisvõime lubab kasutada kütusena looduslikku uraani. Soojuskandja temperatuur reaktorist väljudes on 280° - 290° . Reaktorit iseloomustab kõrge töökindlus, odavam tuumkütus, kütusevardakimpude lihtsa vahetamise võimalus reaktorit, ilma et peaks reaktorit peatama ja loodusliku uraani mitu korda parem ära kasutamine. Puuduseks on see, et raske vee tootmine on kallid ja see muudab antud tüüpi reaktori kasutamise kulukamaks. Raskeveereaktori skeem on näidatud joonisel 2.3.1. [12]



Joonis 2.3.3 Raskeveereaktori skeem [13]

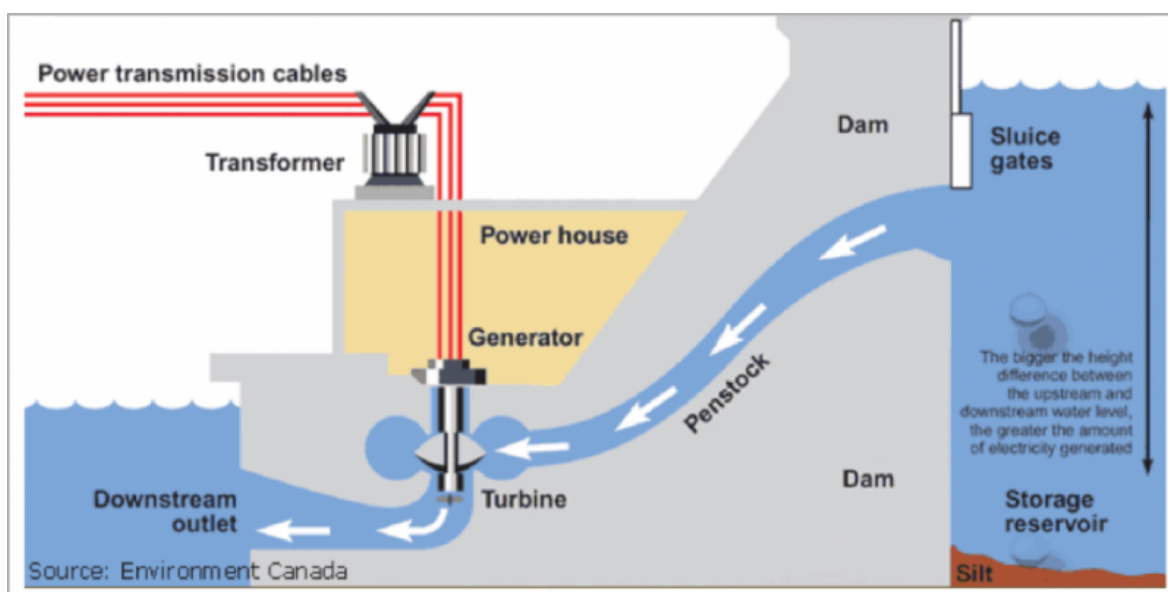
Grafiitaeglustiga kanal-tüüpi keevvesireaktoriga tuumajaam (RBMK - Light Water Graphite-moderated Reactor) on ühekontuuriline. Seda tüüpi reaktor töötati välja NSV Liidus ja on tänapäeval kasutusel põhiliselt Venemaal ja Ukrainas. Auru rõhk on 6.5 MPa ja temperatuur $280^{\circ}C$, reaktori võimsus umbes 1000 MW.

Gaasreaktorid (AGR - Advanced Gas-Cooled Reactor) on kahekontuurilised, kus esimese kontuuri soojuskandjaks on tavaliselt süsihappegaas ja teises kontuuris kasutatakse soojuskandjaks vett. [12]

Eestis on pikki aastaid käinud vaidlused, et kas rajada tuumajaama või mitte. Üha enam saavad inimesed aru, et energiatarbimine kasvab pidevalt, ja kogu energiavajaduse katmiseks tuleb leida uusi võimalusi. Ilma tuumaenergiata pole inimkond jätkusuutlik. Vastavalt Euroopa Liiduga sõlmitud liitumisleppele tuleb Narvas sulgeda vanad tolmpõletuskatlad, see toob kaasa suure elektrienergia puudujäägi. Tuumaaenergia kasutuselevõtt aitaks kiiresti suurendada energiatoomise mahtusid. Tuumaaenergeetika areneb pidevalt ja jaamad muutuvad üha ohutumaks. Tuumajaama oma hind oleks umbes 20 €/MWh. [8]

2.4 Hüdrolektrijaamad

Hüdrolektrijaamas muundatakse vee potentsiaalne ja/või kineetiline energia elektri-energiaks hüdroturbiini ja hüdrogeneraatori abil. Hüdrolektrijaam koosneb veepaisust, tekitab surukõrguse ehk rõhu ja konstantse veevoolu ning hoonest, kus asuvad hüdroturbiinid, hüdrogeneraatorid, juhtimisseadmed, trafod ja jaotlad (joonis 2.4.1). Hüdrolektrijaamad ehitatakse suurtele jõgedele, et tagada piisav vee varustus. Hüdrojaamad on väga hea reguleeritavusega 0-100% ning reguleerimis kaod väiksemad kui soojuselektrijaamades. Hüdrolektrijaam võib katta baaskoormust, kuid sobib hea reguleeritavuse tõttu hästi katma ka tippkoormuseid ja avariireserviks. Hüdrolektrijaamade puuduseks on vee juurdevoolu juhuslikkus, lumevaeste talvede tõttu ei pruugi veehoidlad piisavalt täituda. Puuduseks on veel see, et veehoidla rajamisega uputatakse üle suured piirkonnad ja jaam takistab ka kalade liikumist. Hüdrolektrijaamad ehitus on kallis ja aeganõudev, kuid elektri tootmise omahind on odav. Eestis uute hüdrolektrijaamade ehitamine pole mõttekas, kuna pole piisavalt suuri jõgesid. [10] Hetkel on Eestis installeeritud 8 MW hüdrolektrijaamade võimsust. [7] Hüdrolektrijaamade omahind väljaande Projected Costs of Generating Electricity järgi oleks ligikaudu 40 €/MWh. [8]



Joonis 2.4.1 Hüdrojaama põhimõtteskeem [14]

2.5 Tuuleelektrijaamad

Tuulejaama poolt genereeritav elektriline võimsus on sõltuv tuule kiirusest kuubis ja seetõttu ei ole täpselt prognoositav ega juhitav. Kui tuule kiirus on liiga madal (alla 4 m/s) või liiga kõrge (üle 24-25 m/s), siis tuulikud seisavad ja genereeritav võimsus on võrdne nulliga. Praeguste hinnasuhete juures loetakse vähimaks vastuvõetavaks aasta keskmiseks tuule kiiruseks tuuleelektrijaamade rajamisel umbes 4,5 m/s. Sõltuvalt tuule kiiruse muutumisest võib genereeritav võimsus muutuda miinimumis maksimumi väga kiiresti. Tuulejaamad ei sobi ka juhusliku tootmise tõttu reserviks.

Tuulikute toodangu tasakaalustamiseks tuleb kasutada teisi elektrijaamu, kuid nende reguleerimine toob kaasa täiendavaid reguleerimiskadusi, seetõttu on tuuleelektrijaamade võrku lülitamise lubataval võimsusel teatud piir. Tuulejaamad sobivad pigem hüdroenergiajaamadega energiavõrku. Näiteks tuulevaiksetel päevadel talvel võib tuulikute energiatootmine olla hoopis negatiivne. See tähendab, et tootmise asemel tuulikud hoopis kasutavad energiat labade soojendamiseks, et need ei jäätuks. [10]

Tuuleparke saab ehitada nii maismaale kui ka merele (joonis 2.5.1). Maismaale on tuuleparke lihtsam ehitada, kuid avamerel on tuul võrreldes maismaaga tugevam ja püsivam. Meretuuleparkide miinus on, et ehituskulud on palju suuremad kui maismaale ehitamisel. Meretuulepargid segavad mereliiklust, aga ka kalade ja lindude elu. Hetkel Eestisse installeeritud tuuleparkide võimsus on 481 MW. [7] Tuulejaamade elektri tootmise omahind on umbes 40€/MWh. [8]



Joonis 2.5.1 Maismaa ja avamere tuuleelektrijaam [15]

2.6 Päikeseelektrijaamad

Sarnaselt tuulejaamadega sõltub ka päikesejaamade tootmine ilmast, seetõttu on tootmine väga juhuslik. Energiaallikaks päike, mis on Maa põhiline energiaallikas, kuid päikeseenergia on hajutatud üle kogu maakera ja päikese kiirguse võimsus ühele ruutmeetrile on suhteliselt väike. Ehitamine küllaltki kulukas ning võrreldes teiste energiatootmisüksustega vajab palju suuremat maa-ala sama energia tootmiseks. Mõttekam oleks päikesejaamu rajada kasutades selleks olemasolevaid hoonete katuseid, selle asemel et kasutada maa-ala, mis oleks sobilikum näiteks põllumaaks jätta. Muidugi tuleb arvestada ehitiste kandevõimeid, kuid uute ehitiste rajamisel võiks juba sellega arvestada, et katused kannaksid ka päikesejaamu välja. [10]

Päikesejaama kasuteguri suurendamiseks on ettenähtud kindel kaldenurk vastavalt piirkonnale. Päikeseplatade kasutegur on umbes 20-25%. Eestis on optimaalseks paigalduskaldenurgaks 39°, selline nurk tagab maksimaalse summaarse tootlikkuse aastas. 20-kraadine paigaldusnurk lamedal pinnal mahutab aga palju rohkem paneele ja paigaldamine +/- 20 kraadi võrra optimaalsest muudab aastast tootlikust väga vähe, alla 5%. Kasuteguri suurendamiseks saab kasutada ka pööratavate ajamitega päikesepaneele, need pööravad paneele vastavalt päikese suunale, suurendades tootlikust 20-25%. Sellise lahenduse miinuseks on see, et ehitus läheb tunduvalt kallimaks ja vajab hilisemat suuremat hooldust. [16]

Hetkel Eestisse päikesejaamade installeeritud netovõimsus 1,4 MW. [7] Päikesejaama omahind on ligikaudu 30 €/MWh. [8] Joonisel 2.6.1 on näidatud jaamade paigutamise võimalusi maapinnale ja hoone katusele.



Joonis 2.6.1 Päikesejaamad maastikul ja katusel [17, 18]

2.7 Erinevate tootmisüksuste erinevused

Erinevad tootmisüksused erinevad üksteisest mitme omaduse poolest. Igal jaamal on omad eelised ja omad puudused, mida on näidatud tabelis 2.7.1.

Tabel 2.7.1 Elektriijaama tüüpe iseloomustav tabel

Elektriijaama tüüp	Reguleeritavus	Ehituse maksumus	Kütuse hind
Auruturbiiniga EJ	reguleeritav	keskmine	kallis
Gaasiturbiiniga EJ	hästi reguleeritav	keskmine	kallis
Diiselektriijaam	väga hästi reguleeritav	odav	väga kallis
Tuumajaam	mitte reguleeritav	väga kallis	keskmine
Hüdrojaam	väga hästi reguleeritav	väga kallis	-
Päikesejaam	juhuslik, sõltub ilmast	kallis	-
Tuulejaam	juhuslik, sõltub ilmast	kallis	-

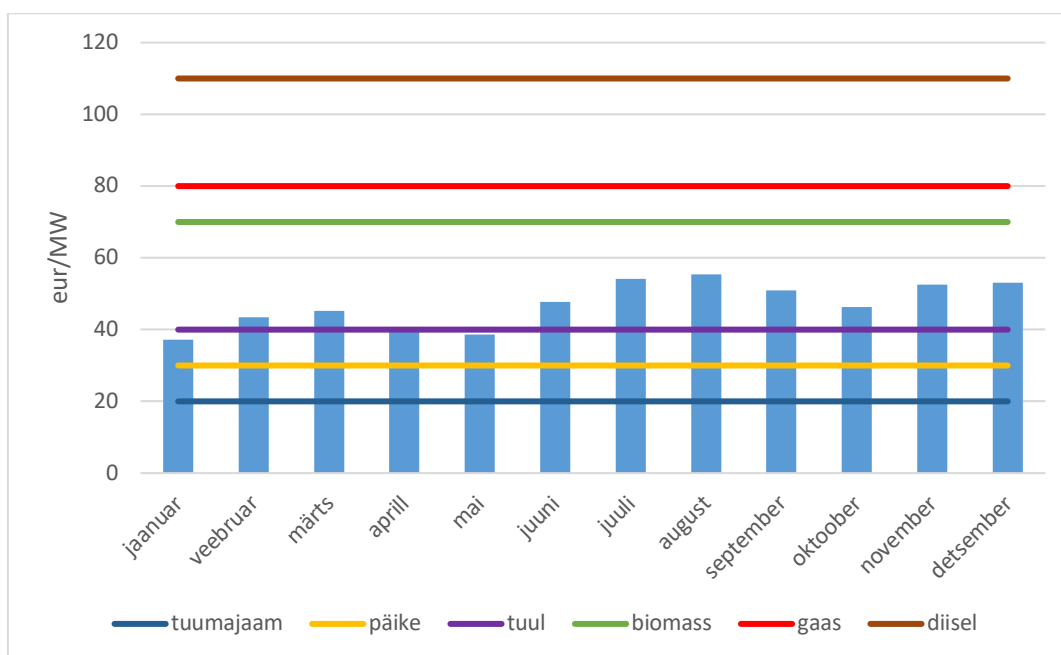
Tabelis 2.5.1 on välja toodud erinevate elektriijaamade põhilised omadused. Jaama reguleeritavus näitab kui hästi saab tootmise võimsust muuta, näiteks tuumajaama puhul pole võimsuse reguleerimine võimalik, seega sobib see jaam ainult baaskoormuse katmiseks. Väga hästi on reguleeritavad hüdrojaamad ja diiselektriijaamad, seega on need sobilikud ka avariilukorras reservjaamadeks. Teisena on välja toodud jaamade ehituse maksumus, siin võrreldakse kui palju raha ühe jaama ehitamisele kulub. Siit on näha, et kõige ehituse investeringute poolest odavam on ehitada diiselektriijaamu ja väga kallid on tuumajaamad ja hüdroelektriijaamad. Kolmandaks omaduseks on kütuse hind. Kütuse hinna võrdlus põhineb kütuse kütteväärtuse ja ostu hinna põhjal, ehk võrreldakse palju energiat toodetakse eri kütustega samade koguste puhul ja palju kütuse hulk maksab. Kui ehituselt on diiselektriijaamad odavamad teistest, siis kütuse hinna poolest on see üks kallimaid jaamu. Kütuse kulu puudub üldse hüdrojaamadel, päikesejaamadel ja tuulejaamadel, kuna nende jaamade kütus on tasuta ja vabalt kättesaadav, sõltudes ainult ilmast.

2.8 Tänapäevaste tootmisüksuste omahind

Et tänapäevaste tingimuste juures uus elektritootmisüksus turule pääseks, peab selle jaama elektri omahind jääma alla turuhinna ehk $C_{omahind} < C_{turuhind}$. Kui omahind jääb kallimaks turuhinnast ei ostaks keegi kallima hinna eest elektrit ning omahinnast odavamalt ei ole mõttekas müüa, kuna

nii ei teenita kasumit, kuid samas jaam töötab ja seadmed kuluvad. Mida madalam on omahind turuhinnast, seda suuremat kasumit elektriyaam teenib. Näiteks 22.04.2019 seisuga oli elektri hind Eestis 35,62 EUR/MWh, seega et elektriyaam ei toodaks energiat kahjumiga pidi omahind jääma alla 35,62 EUR/MWh.

Joonisel 2.6.1 on näidatud Eesti 2018-nda aasta keskmised kuude elektri hinnad ja erinevate elektriyaamade omahinnad. Omahinnade väärtused on leitud väljaandest Projected Costs of Generating Electricity. [8] Yaamade omahinnad on võetud Projected Costs of Generating Electricity 2015 aasta väljaandest.



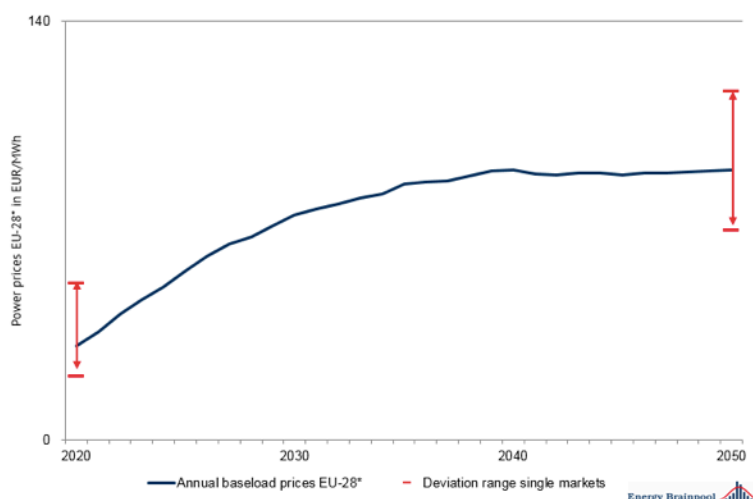
Joonis 2.8.1 Eesti elektri hinnad ja elektriyaamade omahinnad

Jooniselt on näha, et selliste hindade juures jääks kasumisse tuumajaamad ja päikeseyaamad, mõlema omahinnad on igal kuul alla turuhinna. Päikeseyaama madala omahinna taga on taastuenergia subsideerimised. Tuuleyaamade omahind jääb kolmel kuul natuke üle turuhinna, seega on ka tuuleyaam kasumis, kuid ka tuuleyaama puhul on taastuenergia subsideerimiste toetusel omahind madalam. Gaasiturbiinjaama ja biomassi põletava yaamade omahinnad jäävad turuhindadest tunduvalt kõrgemaks, seega ei pääseks nad turule. Diiselyaama omahind on veelgi kõrgem.

2.9 Elektri hind 5 aasta pärast

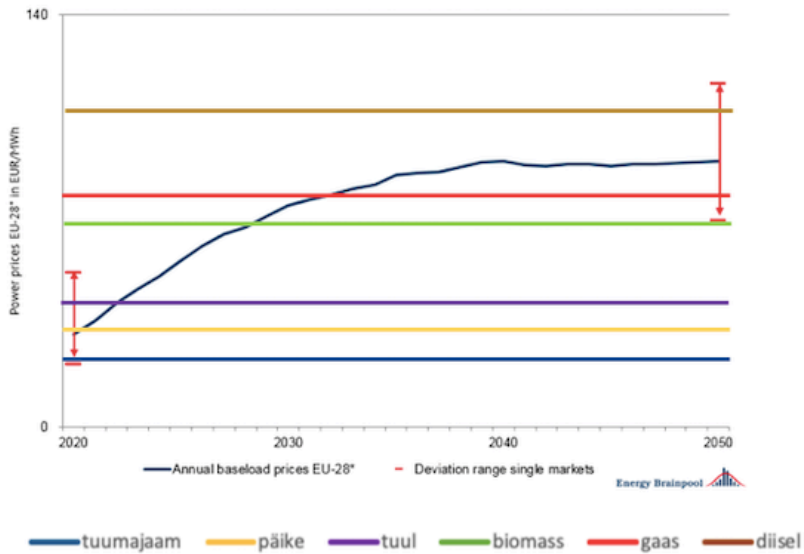
Hinna prognoositavus on energeetikas väga tähtis. Hinnakõikumised on energiaturgudel tavapärased ning taastuvenergia võimsuste lisandumine ühtsesse energiasüsteemi tähendab paratamatult tulevikus veelgi suuremaid kõikumisi hetketuru hindades. Elektri hinnale ennustatakse pidevat tõusu. Peamiselt mõjutavad tulevikutehingute hindu CO₂ saastekvootide hinnad, toorainete hinnad, milleks on peamiselt konventsionaalsetes elektrijaamades kasutatava söe, põlevkivi, kuid ka muude toorainete nagu nafta ja maagaasi hind, samuti regiooni tootmisvõimsuste struktuur ja tarbimine.

Jooniselt 2.9.1 on näha, et viie aasta pärast oleks elektri hind umbes 55 kuni 60 eurot MWh kohta.



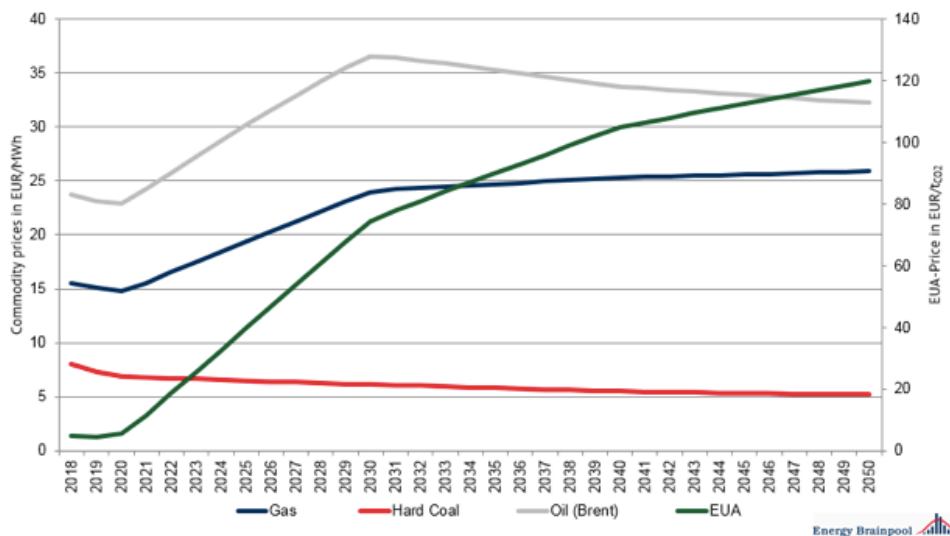
Joonis 2.9.1 Elektri hinna prognoos [19]

Jooniselt 2.9.2 on lisaks elektri hinna prognoosile võrdluseks toodud ka elektrijaamade omahind. Siit selgub, et tulevikus pääseva veel turule biomassi põletav elektrijaam ja gaasiturbiin elektrijaam.



Joonis 2.9.2 Elektri hinna prognoos koos elektri jaamade omahindadega [19]

Kõige rohkem mõjutab elektri hinna tõusu CO₂ emissioonide maksude tõus. CO₂ maksu tõusu on näidatud joonisel 2.9.3 rohelise joonega, teised jooned tähistavad eri kütuste hindade prognoose, sinise joonega on tähistatud gaasi, punase joonega söe ja valge joonega nafta hinnad.



Joonis 2.9.3 Kütuste hindade ja CO₂ maksu prognoos [19]

Pikemas prognoosis ennustatakse 2040-ndaks aastaks elektri hinna stabiliseerumist, kuna kõrgete CO₂ hindade tõttu on suure tõenäosusega selleks ajaks loobutud fossiilkütuste põletamise kasutamist energia tootmiseks. CO₂ hind jätkab tõusu ka pärast seda, kuid CO₂ tootvate elektri jaamade puudumisel ei mõjuta see enam elektri hinna.

3. EUROOPA LIIDU ENREGIAPOLIITIKA

Läbi aastate on Euroopa Liidu energiapoliitika üheks põhieesmärgiks olnud tegevused energiatarbimise juhtimisel, energia säästmine ja taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu kasvatamine. ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni Kyoto protokollil alusel on Euroopa Liit võtnud üheselt eesmärgiks kasvuhoonegaaside heitkoguseid vähendada ja püüdleb sihikindlalt liidriks ka maailma mastaabis taastuenergia kasutusel.

Euroopa Liidu eesmärgi järgi peaks 2020 aastaks lõpptarbimisest taastuenergia osakaal olema vähemalt 20% ja aastaks 2030 plaanitakse saavutada 32-protsendine taastuenergia osakaal. Kuna olulise osa energiatarbimisest moodustab transport, on transpordisektorile seatud eraldi 10-protsendine taastuenergia kasutuse eesmärk aastaks 2020.

Euroopa Liidu veel üheks peamiseks eesmärgiks aastaks 2020 on vähendada kasvuhoonegaaside heitkogust võrreldes 1990. aastaga 20% ja aastaks 2030 40%, mistõttu tootmisprotsesside pidev dekarboniseerimine on üheks võtmesõnaks energiapoliitikas. [6]

3.1 Taastuenergia toetused

Taastuenergia toetused on mõeldud taastuvate energiaallikate kasutuselevõtu populariseerimiseks. Toetusi jagatakse energiasektori efektiivsemaks muutmiseks ja riigisisese energia varustuskindluse tagamiseks. Toetust saab elektrienergia eest, mis on genereeritud taastuvatest energiaallikatest koostootmise meetodil biomassist või töhusa koostootmise režiimil. Eesti on taotlenud EL-st riigiabi luba maksta taastuenergia tootjatele toetust 2020-nda aastani. Taastuenergia toetuste jaoks saadav raha tuleb kõikidelt elektrienergia lõpptarbijatelt taastuenergia tasuna, mis on eraldi välja toodud elektriarvel.

Taastuenergia toetuse määr on hetkel 5,37 s/kWh ehk 0,0537 eurot kilovatt-tunni kohta. Tõhusa koostootmise toetuse määr on 3,2 s/kWh ehk 0,032 eurot kilovatt-tunni kohta. Taastuenergia tasu suurus on 1,04 senti/kWh, millele lisandub ka käibemaks 20%. Tasu koos käibemaksuga on seega 1,25 senti/kWh. [20]

Ilma taastuenergia toetusteta oleks taastuenergiajaamade omahind tunduvalt kõrgem. Seega mõjuks toetuste puudumine ka nende jaamade turule pääsule halvemini. Kui praeguste hindade

juures on päikesejaamadel päris hea võimalus turule pääseda, siis toetuste kadumisel see enam nii ei oleks.

3.2 CO₂ tasud

Energiapoliitikas on tähtsal kohal tootmisprotsesside dekarboniseerimine. Dekarboniseerimise alla mõeldakse süsinikku sisaldavate kütuste kasutamise oluline vähendamine. Fossiilsete kütuste põletamisel tekkiv süsihappegaas põhjustab kasvuhoone efekti ning see omakorda on põhjus kliima soojenemises. CO₂ emissiooni vähendamisega üritab EL vähendada kliima soojenemise kiirust. Kliima muutuste vastu võitlemiseks on EL loonud Kasvuhoonegaaside heitkoguste kauplemissüsteemi. Süsteem seisneb sellisel meetodil, et igal õhku paisatud süsihappegaasi tonnil on oma hind ning vastavate ühikutega saab vabal turul kaubelda.

Hetkel käib kolmas kauplemisperiood, mis lõppeb 2020. aastal. Võrreldes kahe eelmise perioodiga (2005-2007, 2008-2012) minnakse praegusel perioodil valdavalt üle enampakkumistele ning järkjärgult vähendatakse tasuta lubatud heitkoguse ühikute eraldamist EL-u heitkogustega kauplemise süsteemi kuuluvatele ettevõtetele, 2012. aastani said elektritootjad kvote tasuta.

Viimastel aastatel on aga tekkinud probleem saastekvootide ülejäägiga, kvootide pakkumine ületab nõudlust. Seetõttu ei ole saastekvootide hind piisavalt kõrge, et investeerida kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamisesse. Investeeringuteks peaks süsinikutonni hind olema umbes 40-50€. Süsinikutonni hinna muutust kajastab joonis 3.2.1. Kvootide hinna tõusule aitab kaasa uute kvootide turule lisandumise väheneine ajas, kuid nõudlus langeb pakkumisest kiiremini.



Joonis 3.2.1 Süsinikutonni hinnadünaamika [6]

Eesti elektitootjate olukorda vaadeldes on näha, et CO₂ hind on oluline komponent põlevkivielektri hinnas. Seega mõjutab Euroopa Liidu kliimapoliitika oluliselt põlevkivielektri konkurentsivõimet. Heitmekvootide puudumisel oleks põlevkivijaamadel palju parem võimalus turule pääseda. [6]

4. Järeldused

Majanduse arenguga kasvab pidevalt ka elektri tarbimise maht. Hetkel on Eesti veel energiat eksportiv riik, kuid edaspidi peab hakkama energiat importima, kuid pole kuskilt importida, sest ka teiste Euroopa riikides on sama probleem, tekib elektrienergia puudujääk. Selge on see, et elektrivarustuskindluse tagamiseks oleks hädasti vaja investeerida uutesse elektritootmisüksustesse.

Keskkonna säästmisele mõeldes tuleks edaspidi loobuda fossiilsete kütuste põletamist kasutatavatest jaamades. Keskendumaks taastuvenergeetikaga seotud probleemide, nagu näiteks energia salvestamise võimaluste loomisele. Kuna Eestis puudub võimalus ehitada suuri hüdroelektrijaamu jääb üheks võimalikuks variandiks tuumaenergeetika kasutuselevõtt. Tuumaenergeetika on palju keskkonnasäästlikum kui praeguse põlevkivi kasutamise jätkamine.

Tänaste tingimuste juures pääsevad turule tuumaelektrijaamad ja päikesejaamad. Päikesejaama turule pääs on lihtsustatud tänu taastuvenergia toetustele, ilma selleta oleks pääs turule raskem. Ka tuulejaamadel on hea võimalus turule pääseda, ainult paaril kuul aastas peab tuulejaama müüma toodangut alla omahinna. Enamus aega on tuulejaama omahind siiski turuhinnast madalam. Kuid ka tuulejaam ei suudaks turule pääseda ilma kui ei oleks taastuvenergia subsiidiume.

Euroopa Liidu kliimapoliitika avaldab negatiivset mõju põlevkivi põletamisel töötavatele elektrijaamadele. Kui alandada CO₂ makse oleks suurem võimalus turule pääseda ka põlevkivijaamal, kuna tootmise omahind langeks tänu sellele.

Kui tõsta taastuvenergia toetusi biomassi kasutavatele elektrijaamadele ja langetada CO₂ kvootide hinda oleks ka biomassi põletavatel jaamadel pääs turule lihtsam.

Tööst selgus, et turule pääseksid tuumajaam ja taastuvatest energiaallikatest päikese- ning tuulejaamad. Selline süsteem mis koosneks ainult tuuma-, päikese- ja tuulejaamast ei saa toimida. Selline süsteem ei oleks piisavalt stabiilne, kuna tuumajaam sobib mittereguleeritavuse tõttu katma ainult baaskoormuseid. Päikese- ja tuulejaamade toodang sõltub ilmast ja on väga juhuslik, seetõttu ei sobi katma tipukoormuseid oma ebastabiilse toodangu pärast. Oleks vaja leida lahendusi nende probleemide likvideerimiseks.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli analüüsida erinevaid elektritootmisüksusi ja leida jaamad, mis oleks tänaste tingimuste juures konkurentsivõimelised.

Bakalaureusetöö aluseks on ajakirjanduses ilmunud intervjuud ettevõtte Eleringi juhi Taavi Veskimäega. Taavi Veskimägi toob välja, et elektri hind on liiga madal, seetõttu ei investeerita uutesse elektrijaamade ehitusse. See omakorda toob kaasa elektrivarustuskindluse languse.

NPS on maailma suurim elektriturg ja esimene rahvusvaheline elektribörs elektrienergia müümiseks. Eesti on NPS liige.

Eesti elektriturg on avatud elektriturg, on ühendused teiste riikidega, mis tagab parema varustuskindluse. Avatud turu eesmärk on tekitada konkurents, et elektriturg oleks jätkusuutlikum, kõrvaldab monopolide tekkimise võimaluse ja kõrged elektri hinnad.

Elektrihindu mõjutava mitmed erinevad tegurid, nagu näiteks elektriühenduste olemasolu ja nende läbilaskevõime, tootmisvõimsuste koosseis, ilm ja sellest sõltuv tarbimise maht ning ka elektrijaamade muutuvkulu ehk kütuste hinna muutused.

Elektrihinda moodustavad erinevad komponendid on elektritootmise omahind, võrgutasud, taastuenergia tasu ja käibemaks. Elektritootmise omahind omakorda sõltub elektrijaama ehituse maksumusest ja elektritootmiseks kasutatava kütuse hinnast, igat tüüpi jaamal on erinev tootmise omahind.

Elektrijaamu on eri tüüpi. Soojusjaamade hulka kuuluvad auruturbiinalajaamad, gaasiturbiinjaamad ja diisel elektrijaamad. Ka tuumajaamad on samuti soojuselektrijaamad, kuid nende põhiagregaatideks on tuumareaktorid. Taastuvaid energiaallikaid kasutavad jaamad on hüdro-, tuule- ja päikeseelektrijaamad. Igat tüüpi elektritootmisüksusel on omad puudused ja eelised.

Et elektrijaam oleks mõttekas ja jääks kasumisse peab elektri tootmise omahind jääma alla turuhinna. Omahinnast madalama hinnaga müües maksaksid jaamad peale ja samal ajal kuluvad ka seadmed.

Elektrijaamade omahinna võrdlusest elektri hinnaga selgus, et kõige mõttekam oleks ehitada tuumajaam, selle omahind oli kõige madalam ja jäi iga kuu turuhinnast madalamale. Madalam omahind tuleb odavamast kütuse hinnast ja sellest, et tuumakütust kulub palju vähem, kui teisi

fossiilkütuseid sama energia hulga tootmiseks. Mõistlik oleks ehitada ka tuule- ja päikeseelektrijaamu tingimusel, et senised taastuvenergia toetused püsivad, ilma toetusteta see nii kasulik ei oleks. Kõige ebatõhusam oleks olnud diiselektrijaam. Ehituse maksumuselt on küll tuumajaam kallis, kuid kallid on ka tuulepargid ja päikesejaamad. Juurde tuleva võimsuse mahult on tuumajaama ehitusse investeerimine siiski teistest jaamadest mõttekam.

Elektrihinnale ennustatakse pidevat tõusu, kõige rohkem mõjutab hinna tõusu CO₂ maksu tõus, aga ka kütuste hindade jätkuv tõus. Kõrgema elektrihinnaga on tulevikus turule pääs lihtsam nii mõnelegi elektrijaamale, kellel tänastes tingimustes võimalust ei ole.

Euroopa Liidu energiapoliitika eesmärk on tegeleda keskkonna probleemidega nagu kliima soojenemine. Selleks on määratud eesmärgid suurendada taastuvenergia osakaalu ja vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid. Taastuvenergia osakaalu suurendamiseks on taastuvenergia toetused ja kasvuhoonegaaside vähendamiseks on CO₂ heitkogused maksustatud.

Majandustegevuse pideva arenguga kasvab üha enam elektrienergia tootmise suurendamise vajadus. Tarbimine aina kasvab ja tuleb leida uusi võimalikult odavaid ja jätkusuutlike lahendusi energia tootmise suurendamiseks. Hetkel on Eesti veel energiat eksportiv riik, kuid edaspidi peab hakkama energiat importima, kuid pole kuskilt importida, sest ka teiste Euroopa riikides on sama probleem, tekib elektrienergia puudujääk.

Eesti elektrivõrgu peamised eesmärgid on riigi julgeolekuks energia varustuskindluse kindlustamine uutesse elektrijaamadesse investeerimise kaudu ja välisriikidega ühenduste tugevdamine.

Elektrijaamade turule pääsemise lihtsustamiseks oleks võimalik määrata erinevaid toetuseid, nagu näiteks on praegu taastuvenergeetika toetused. Üheks võimaluseks oleks alandada võrgutasusid ja selle arvelt elektri hinda tõsta nii, et lõpptarbijate jaoks elektri hind ei tõuseks. Sel juhul pääseks turule ka kõrgema omahinnaga elektritootjad.

SUMMARY

The aim of this bachelor thesis was to analyze different power generation units and find stations that would be competitive with today's conditions.

Bachelor's thesis is based on interviews with the head of company Elering Taavi Veskimägi. Taavi Veskimägi points out that the electricity price is too low, therefore there is not enough investments in the construction of new power plants. This leads to a decrease in the security of electricity supply.

Nord Pool Spot is the world's largest electricity market and the first international electricity stock exchange for selling energy. Estonia is a member of NPS.

The Estonian electricity market is an open electricity market, there are connections with other countries, which ensures better security of supply. The objective of an open market is to create competition so that the electricity market is more sustainable, eliminates the possibility of monopolies and high electricity prices.

Electricity prices are influenced by different factors, such as the availability of electricity connections, their capacity, weather and volume of consumption that depend on it, and changing costs of power plants it means the price of fuels.

The various components that make up the electricity price are electricity generation price, network charges, renewable energy charge and purchase tax. The cost of electricity generation depends on the cost of the power plant construction and the price of the fuel used for electricity generation, each type of plant has a different production price.

There are different types of power plants. Thermal power plants include steam turbine stations, gas turbine and diesel power plants. Nuclear power stations are also thermal power plants, but their main aggregates are nuclear reactors. Stations using renewable energy sources are hydro, wind and solar power plants. Each type of power generation unit has its own disadvantages and advantages.

In order for the power plant to be beneficial and to remain profitable, the cost of electricity generation must remain below the market price. When selling at a lower price than generation price, the plants would over pay and at the same time the equipment wear out.

The comparison of the cost price of the power plants with the electricity price showed that it would be most sensible to build a nuclear power plant, its electricity cost was the lowest and remained below the market price each month. The lower cost price comes from the lower price of fuel and the fact that we need less nuclear fuel than fossil fuels to produce the same amount of energy. It would also be reasonable to build wind and solar power plants only if the existing renewable energy subsidies are maintained, without subsidies it would not bring this much profit. The diesel power plant would have been the most inefficient. The cost of construction of nuclear power plant is quite expensive, but wind farms and solar stations are also expensive. However, comparing capacity of power installation of nuclear power is still worth investing in the construction of the nuclear power plant.

The electricity price is predicted to rise constantly, most it is affected by the rise of the price of CO₂, but also by the continuous rise of fuel prices. With higher electricity generation prices, there will be easier opportunity for some power plants to access to the market in the future that do not have the possibility today.

The aim of the European Union's energy policy is to deal with environmental problems, such as climate change. The targets for this are to increase the percentage of renewable energy and to reduce greenhouse gas emissions. In order to increase the percentage of renewable energy, there are renewable energy subsidies and CO₂ emissions are taxed to reduce greenhouse gas emissions.

With the continuous development of economic activity, there is an increasing need to increase electricity production. Consumption is constantly increasing and new, cheap and sustainable solutions to increase energy production need to be found. At the moment, Estonia is still an energy-exporting country, but without investments in power plants in the future Estonia will need to start importing energy, but it may be impossible, because other European countries have the same problem, there will be a shortage of electricity.

The main objectives of the Estonian electricity network are to ensure security of energy supply for the state by investing in new power stations and to strengthen connections with foreign countries.

In order to facilitate access to the market for more power plants, different subsidies, such as renewable energy subsidies, could be determined. One option would be to lower network charges and raise the price of electricity but not increase the price of electricity for consumers, it helps electricity producers with higher prices to get access to the market.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] U. Soonvald, „Taavi Veskimägi: tänane madal elektri hind võeti tuleviku arvelt,“ 2010. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.delfi.ee/news/paevauudised/eesti/taavi-veskimagi-tanane-madal-elektrihind-voeti-tuleviku-arvelt?id=37250835>, [Kasutatud 07.04.2019]
- [2] Nord Pool, „About us,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.nordpoolgroup.com/About-us/> [Kasutatud 14.04.2019]
- [3] A. Rosin, S. Link, H. Hõimoja, I. Drovtar, Energiasalvestid ja -salvestustehnoloogiad Tallinn: TalTech Kirjastus, 2015.
- [4] J. Valtin, „Avatud elektriturg ja tuumaelektrijaamad,“ 2013. [Võrgumaterjal] Saadaval: https://www.ttu.ee/public/t/Taiendusoppijale/AVATUD_ELEKTRITURG_ja_TUUMAJAAMAD_2013_.pdf [Kasutatud 19.05.2019]
- [5] Elering, „Elektriturg,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://elering.ee/elektriturg#tab3> [Kasutatud 14.04.2019]
- [6] Elering, „Elektrituru käsiraamat,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://elering.ee/sites/default/files/elektrituru-kasiraamat.pdf> [Kasutatud 21.05.2019]
- [7] Elering, „Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruanne,“ 2018. [Võrgumaterjal] Saadaval: [2018https://elering.ee/sites/default/files/public/Infokeskus/elering_vka_2018_web.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/public/Infokeskus/elering_vka_2018_web.pdf) [Kasutatud 23.05.2019]
- [8] International Energy Agency, Nuclear Energy Agency, „Projected Costs of Generating Electricity,“ 2015. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2015/7057-proj-costs-electricity-2015.pdf> [Kasutatud 23.05.2019]
- [9] Delfi, „Iru elektrijaama jäätmeenergiaplokk tootis rekordkoguse energiat,“ 2015. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.delfi.ee/news/paevauudised/eesti/iru-elektrijaama-jaatmeenergiaplokk-tootis-rekordkoguse-energiat?id=73316921> [Kasutatud 20.05.2019]
- [10] E. Risthein, Sissejuhatus energiatehnikasse Tallinn: Elekriajam 2007.
- [11] H. Tammoja, „Elektrijaamad loengukonspekt,“ Tallinn 2012.

- [12]M. Valdma, H. Tammoja, M. Keel, Soojuselektrijaamade talitluse optimeerimine. Tallinn: TTÜ kirjastus, 2008.
- [13]Cameco Uranium 101, „Electricity Generation Types of Reactors,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: https://www.cameco.com/uranium_101/electricity-generation/types-of-reactors/ [Kasutatud 18.05.2019]
- [14]Center for Climate and Energy Solution, Renewable Energy [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.c2es.org/content/renewable-energy/> [Kasutatud 21.05.2019]
- [15]Awinkler, „Pros and Cons of Wind Turbines,“ 2015. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.eoi.es/blogs/imsd/page/17/> [Kasutatud 19.05.2019]
- [16]Energiapartner, „Päikesepaneelid,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://energiapartner.ee/paikeseenergia/paikesepaneelid/> [Kasutatud 30.04.2019]
- [17]Tööstusuudised.ee, „Estiko plaanib Tartu lähisteles Eesti suurimat päikeseparki,“ 2018. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.toostusuudised.ee/uudised/2018/11/05/estiko-plaanib-tartu-lahisteles-estis-suurimat-paikeseparki> [Kasutatud 19.05.2019]
- [18]Äripäeva eriprojektide toimetuse, „Nutikas ettevõtja paneb päikese enda kasuks tööle,“ 2018. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://www.aripaev.ee/sisuturundus/2018/10/19/nutikas-ettevotja-paneb-paikese-enda-kasuks-toole> [Kasutatud 19.05.2019]
- [19]C. P. Linkenheil, S. Göss, „Trends in electricity prices in Europe: expect more volatility,“ 2017. [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://energypost.eu/trends-in-electricity-prices-in-europe-expect-more-volatility/> [Kasutatud 07.04.2019]
- [20]Elering, „Taastuvenergia,“ [Võrgumaterjal] Saadaval: <https://elering.ee/taastuvenergia> [Kasutatud 21.05.2019]