

Tartu Ülikool

Majandusteaduskond

Jan Erik Enok

TUULEENERGIA VÕIMALUSED EESTI VARUSTUSKINDLUSE TAGAMISEL

Bakalaureusetöö

Juhendaja: majandusteooria nooremlektor Raul Omel

Tartu 2023

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Varustuskindluse ja energiajulgeoleku teoreetilised alused	7
1.1. Energiapoliitika suunad ja näited	11
2. Põlevkivil põhineva energiasektori nõrkused ja tugevused.....	15
3. Taastuvenergia võimalused Eestis.....	20
3.1. Tuuleenergiale üleminekut puudutavate tegurite analüüs.....	24
3.2. Tuuleenergia täieliku kasutuselevõtu majandusarvutused	33
Kokkuvõte.....	36
Kasutatud allikate loetelu.....	39
Lisa 1. Eesti maavarade levialade kaart	46
Lisa 2. Tarbitud kodumaised kütused elektri ja soojuse tootmiseks, teradžaulides.....	46
Lisa 3. Tarbitud imporditavad kütused elektri ja soojuse tootmiseks, teradžaulides.....	46
Lisa 4. Võrku sisenenud elektrienergia tootmine	47
Lisa 5. Elektrituulikude ehituspiirangute kaart.....	47
Summary	48

Sissejuhatus

Varustuskindlusest, energiajulgeolekust ning kliimanetraalsusest on viimase paari aasta jooksul saanud oluline osa avalikust ning poliitilisest debatist. Kui varasemalt suhtus suur osa ühiskonnast tänu energiasektori pikaajalisele stabiilsusele nimetatud kontseptidesse, nagu praktilise tähenduseta loosungitesse, siis illusioonid senise süsteemi kindlusest purunesid seoses 2022. aastal Ukrainas aktiveerunud sõjategevusega. Energia pakkumissokk koos järsu hinnatõusuga tõid selgelt välja riikide vajaduse, asuda koheselt tegutsema enese energiasüsteemi kindlustamisega.

Käesolev uurimus kirjeldab energiajulgeoleku üldist raamistikku, selgitab Eesti energeetika ees seisvaid väljakutseid ja rahvusvaheliste keskkonnaalaste kokkulepete raamistikku, pöörab tähelepanu kodumaise põlevkivienergeetika varasemale olulisusele ja tänastele puudustele ning annab hinnangu tuuleenergia kasutatavusele Eesti energiaülemineku lahendusena. Analüüsi osa annab ülevaate tuuleenergia arendamise tehnilistest ja sotsiaalmajanduslikest võimalustest ja takistustest ning uurib, kas väljatoodud barjäärid on mõistlikul moel ületatavad.

Eesti energiaturg on liigeses sõltuvuses fossiilsetest ning imporditavatest energiakandjatest. Sellest annab märku CO₂ kvootide kallinemisest ning Ukraina sõjast ja Covid-19 pandeemiast põhjustatud energiahindade märkimisväärne tõus ning suurenenud oht varustuskindlusele viimase mõne aasta jooksul. Üha rohkem energeetikast mõjutatud maailmas on rohepööre, sooja- ning elektri hind ja energiaga varustatus kujunenud igapäevasteks aruteluteemadeks, mida kajastavad aktiivselt teleuudised, ajalehed ning kaaskodanikud. Rekordkõrged energiahinnad koos Ukraina sõjas toimuva agressori-poolse sihiliku energiataristu hävitamisega on andnud aimu, et energiajulgeolek ning selle haavatus on tugevad sõjaline ning poliitiline mõjutusvahend. Ukraina sõda on töötanud kiirendina pikalt poliitiliseks prioriteediks olnud, kuid väga aeglaselt kulgenud energiapöörde elluviimisel. Kuigi alates Vene agressiooni algamisest möödunud aeg on olnud liialt lühike selleks, et revolutsioonilisi taristuinvesteeringuid ellu viia, on see olnud piisava mõjuga energiapöörde debattide võimendamiseks. Praegune geopoliitiline olukord, käsikäes üha kiiremini kasvava inimpopulatsiooni ning taastumatute maavarade tarbimisega, annavad märku iga riigi vajadusest liikuda iseseisvamate ning jätkusuutlikumate energialahendusteni. Just Ukraina sõjast õpitu koos aastal 2022 kogetud rekordiliste energiahindade ning üha populariseeruva rohelise mõtteviisiga annavad aimu energiajulgeoleku olulisusest. Seetõttu ongi antud töö keskendunud Eesti energiajulgeoleku, varustuskindluse ja jätkusuutlikumate võimaluste analüüsile. Kuigi Eesti energiajulgeolekust ning varustuskindlusest on koostatud

mitmeid raporteid ning uuringuid, siis selle täiustamise võimalusi täielikult kodumaisel tuuleenergial põhineva siseriikliku tarbimist katva elektritootmisega, pole autori andmetel siiani uuritud.

Varustuskindlus ja energiajulgeolek on lahutamatud, riigi toimimiseks üliolulised mõõdikud. Seetõttu on antud töös palju keskendutud varustuskindluse kirjeldamisele läbi üldisema energiajulgeoleku. Energiajulgeoleku põhilisteks faktoriteks on energiaspektori ülesehitus ja selle võimekus toetada majanduse arengut keskkonnale ning rahvastikule sobival moel, kaasates seejuures üha jätkusuutlikumaid tehnoloogiaid. Eestis, küllaltki hõredalt asustatud riigis, on rohkelt potentsiaalikat maa-ala taastuvate energialahenduste planeerimiseks. Töö ülesanded on järgnevad:

- Avada energiajulgeoleku ja varustuskindluse taust ning tuua välja Eestis ja maailmas hetkel kasutatavad ning planeeritavad meetmed olukorra parandamiseks
- Leida sobilikud andmed ning meetodika uurimiseesmärgi täitmiseks
- Selgitada välja täielikult kodumaisele tuuleelektri energiale põhinevale sisemaist tarbimist katvale elektritootmisele üleminekut mõjutavad sotsiaalmajanduslikud riskid ja tegurid

Bakalaureusetöö koosneb sissejuhatausest, kolmest sisupeatükist, kokkuvõttest, lisadest ning võõrkeelsest resümest. Esimene peatükk keskendub varustuskindluse ning energiajulgeoleku teoreetilise tausta avamisele, Euroopas kasutatud või hetkel kasutatavate energiajulgeoleku parandamise meetmetele ning annab ülevaate vastavaid valdkondi puudutavatest Euroopa Liidu regulatsioonidest maagaasi, naftatoodete ja elektrienergia osas. Teine peatükk kajastab Eesti energiaspektori praegust, tugevasti põlevkivil põhinevat olukorda. Et hinnata tulevikulahenduste tegureid, on oluline kõige pealt mõista sektori hetkeolukorda. Töö kolmandas peatükis koostatakse SWOT ja PESTLE analüüsid ning tehakse arvutused, selgitamaks välja Eesti elektritarbimise täielikku katmist kodumaise tuuleenergiaga mõjutavaid tegureid ja võimalusi.

Energiajulgeolek ja varustuskindlus on tüüpiliselt riikide majandus-, energia- või keskkonnaministeeriumide hallatavad valdkonnad, millega hakati teadlikumalt tegelema 1970. aastatel, peale esimesi suuremaid energiakriise. Eestis korraldab alade juhtimist eelkõige Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium koostöös energeetika tegevate riigiettevõtetega nagu Elering AS ning AS Eesti Varude Keskus, rahvusvahelisel tasemel aga Euroopa Komisjon ning Rahvusvaheline Energiaagentuur. Osa töös kasutatavatest materjalidest pärinebki nimetatud organisatsioonide koostatud aruannetest ning direktiividest,

samuti on olulisel kohal välisautorite koostatud varasemad tööd ning Statistikaameti andmebaas. Tööd iseloomustavateks märksõnadeks on: energiajulgeolek, varustuskindlus, taastuvad energiaallikad, taastumatud energiaallikad, tuuleenergia.

1. Varustuskindluse ja energiajulgeoleku teoreetilised alused

„Energiajulgeolek on mõõdik, mis näitab piiri normaal- ja eriolukorra vahel (eriolukorrad jagunevad sealjuures kriisiolukordadeks ja sõjaolukordadeks). Energiajulgeolek hindab riigi energiaga varustatuse tagatust harvaesinevate konkreetsete looduslike, tehislake, poliitiliste ja geopoliitiliste ohtude realiseerumisel. Energiajulgeoleku aspektis on oluline, et sobilik energia oleks kättesaadav vajalikul hetkel, vajalikus koguses ja sobiliku hinnaga. Energiajulgeolek on riigi säilimise alus, mistõttu peab sellega tegelemine olema üks riigi prioriteete.“ (World Energy Council, 2014)

Hamburg, Härm, Kisel, Leppiman ja Ots koostasid 2016. aastal uurimuse, loomaks universaalset energiajulgeoleku maatriksit. Toetudes osaliselt Winzeri (2012) tööle, selgitati välja, et energiajulgeolek tuleks jaotada lühi- ning pikaajaliseks, kus lühiajaline keskendub energiaturu ootamatuste lahendamisele, pikem aga energiasektori investeringute juhtimisele. Pika perspektiivi jaotasid autorid omakorda kolmeks: energiasektori tehnoloogiline jätkusuutlikkus, majanduse mõjutatus energiasektorist ning poliitilistest teguritest. (Hamburg, Härm, Kisel, Leppiman & Ots, 2016)

Eesti teadlaste definitsiooniga toetab osaliselt ka Rahvusvahelise Energiaagentuuri kodulehel märgitu.

Energiajulgeolek koosneb mitmetest teguritest: pikas perspektiivis on ala ülesandeks valdkonna kujundamine selliselt, et oleks tagatud energia pakkumine vastavalt majandusliku arengu väljavaadetele ning keskkondlikele vajadustele. Lühemas perspektiivis tähendab see aga energiasektori võimet reageerida ootamatutele turutõrgetele. (Rahvusvaheline Energiaagentuur, n.d.)

Turutõrge on ühiskonda negatiivselt mõjutav nähtus, kuna tasakaalust väljas nõudluse-pakkumise olukord pärsib tootmis- ning tarneahelate toimimist ja sellest tulenevalt terve majanduse käekäiku.

Turutõrked saab suures plaanis jaotada kuueks: konkurentsitõrked, puudulikest turgudest tekkivad tõrked, välismõjudest tulenevad tõrked, avalike hüviste pakkumise tõrked, infotõrked ning makroökonomilised tõrked (nt. töötus, inflatsioon). (Rosengard & Stiglitz, 1986)

Antud töö kontekstis on eelkõige olulised konkurentsitõrked, puudulikest turgudest tekkivad tõrked ning välismõjudest tulenevad tõrked.

Konkurentsitõrke näiteks on monopolid, kes hüvise ainsa pakkujana saavad tõsta hindu üle toote piirhinna. Hüvist vajavad tarbijad kaotavad selle arvelt raha ning nende sotsiaalne heaolu langeb. (Gulyás, Potůček, LeLoup, Jenei & Váradi, 2003)

Puudulikest turgudest tulenevat tõrget iseloomustab olukord, kus tarbijad on valmis maksma rohkem toote turul pakkumisega seonduvatest kuludest, kuid reaalselt pakkumist ei toimu. (Rosengard & Stiglitz, 1986)

Välismõju on olukord, mil kellegi tegevuse tulemusena on mõjutatud ka mõni teine ühiskonna liige. Positiivse välismõju korral saab inimene kellegi teise tegevusest tahtmatut kasu, negatiivse välismõju korral aga kahju. Negatiivse välismõju näiteks võib olla tööstus, kes ladestab enda jäätmed jõkke. Tulemusena kannatavad allavoolu elavad inimesed, kes ei saa enam jões suplemas käia või peavad iseseisvalt hakkama vett puhastama. (Ibid.)

Energiajulgeoleku üheselt käsitlemise keerukusest annab märku tõsiasi, et kõik eelnevalt toodud energiajulgeoleku definitsioonid omavad ühest küljest vaadatuna mingeid ühisosasid, teisalt on aga lähenemised hoopis erinevad.

Väidet toetab Winzeri (2012) koostatud töö, mis keskendus energiajulgeoleku varasemate definitsioonide analüüsile ning testis enim-levinud vastuseid Ühendkuningriikide, Austria ning Itaalia näitel, tõestamaks, et energiajulgeoleku hindamisel oleneb tulemus olulisel määral hindaja valitud indikaatoritest ning nende kasutusest. Põhilisteks tööde analüüsi tulemusena selgunud erisuste tekitajateks kujunesid erinevat tüüpi riski allikate valik (tehnoloogiline, inimeste või riikide käitumisest tulenev ning looduslik), andmete erinev töötlemisstiil, autorite andmete ning tulemuste filtreerimine, riskide teostumise vaate varieeruvus, energiajulgeoleku mõju hindamine kas kohalikul, riiklikul või ülemaailmsel tasandil ja harva ning sagedamini esinevate ohtude erinev kategoriseerimine. Kõigi nimetatud faktorite kasutamisel energiasüsteemide jätkusuutlikkuse hindamiseks selgitati välja, et vastavalt konkreetse autorite erinevatele lähenemistele ning meetodite kasutusele esineb suur kõikumine sama riigi energiajulgeoleku tulemustes. Kokkuvõtlikult jõudis autor arvamusele, et energiajulgeolekule tuleks läheneda eelkõige energia varustuskindluse vaatest, mis tuleks omakorda jagada hüviste, tarne ning majanduse jätkusuutlikkusele. Seejuures peaksid teema uurijad lähenema ning kitsendama teemat eelkõige enda valdkonnast lähtuvalt. (Winzer, 2012)

Seega saab ühiskondlikust vaatepunktist lähenedes öelda, et heal tasemel energiajulgeolekuga riik suudab turutõrgete esinemisel lühikesel perioodil korvata turu puudujäägi ning suunata tarbimise ümber nii, et elutähtsad valdkonnad nagu haiglaravi, päästeteenused, toidu säilitamine ning toasoe on kriisi ajal kättesaadavad, oleneb seejuures oluliselt varustuskindlusest.

Uuringu tulemust toetab ka World Energy Councili lähenemine. Energiajulgeoleku olulisemateks komponentideks on varustuskindlus, võime katta siseriiklik nõudlus

importenergiata, piisav energiatüüpide varieeruvus, energiataristu stabiilsus ning toimiv nõudluse- pakkumise turg (World Energy Council, 2014).

„Varustuskindlus on normaalolukorras kasutatav mõõdik, mis näitab energia pakkumise adekvaatsust nõudlusega võrreldes. Varustuskindlus näitab, kas tarbijale on tagatud energia kättesaadavus vajalikul hulgal, nõutud ajal ja vastuvõetava hinnaga.“ (World Energy Council, 2014)

Varustuskindlusena mõistetakse eelkõige erinevat tüüpi kütuste tarnete tagatust, toimivat ning stabiilset energiataristut ja energiavajaduse piisavat kaetuse võimekust. Kuna kõik tänapäevased tootmis- ning jaotussüsteemid sõltuvad vähemal või rohkemal määral elektrienergiast, siis on just elektri kättesaadavus varustuskindluse alustala. (Elering, 2012)

Lühi- ning pika perioodi energiajulgeolekul on erinevad mõõdikud ja neid on oluline eristada. Kui lühikeses vaates keskendub riikide energiajulgeolek mingil momendil esineda võivast energiapuudujäägist tulenevate raskuste lahendamisele, siis pikas perspektiivis on energiajulgeoleku ülesandeks suunata energia tootmine ning tarbimine jätkusuutlikumatele, anomaaliatest vähem mõjutatud radadele.

Lühiperioodi energiajulgeolek näitab riigi võimet reageerida ootamatutele energiaturu nõudmise-pakkumise šokkidele (Rahvusvaheline Energiaagentuur, n.d.). Sellised probleemid võivad esineda poliitiliste otsuste, looduslike nähtuste või energiataristu rikete korral. Poliitilist tõrget iseloomustab 2022. aasta veebruaris alanud Venemaa sõjaline sissetung Ukrainasse, mille tagajärjel kehtestasid lääneriigid Venemaale majandussanktsioonid. Selle tulemusena lõpetasid Ukraina liitlased kaubandussuhted Venemaaga, mille vastukäiguna lõpetas Venemaa gaasitarned läbi Nord Stream 1-e. 2021 aasta seisuga imporditi üle 40% Euroopa Liidus kasutatavast gaasist Venemaalt. (Euroopa Komisjoni teatis 2022/108, 2022)

Gaasivarude puuduse tõttu olid Euroopa riigid sunnitud sügise lähenedes võistlema varude täiendamise nimel ning aastaga tõusis gaasihind ligi 400%. (Butler, 2022)

Taolise kriisi vältimiseks tulevikus võttis Euroopa Liidu Nõukogu 27. juunil 2022 vastu määruse, mille kohaselt pidid enne 2022.-2023. aasta talve algust Euroopa Liidus asuvad gaasihoidlad olema täidetud vähemalt 80% ulatuses ning enne järgmiseid talvi 90% ulatuses. Riigid, kelle territooriumil gaasihoidlad puuduvad, peavad hoiustama 15% enda aastastest tarbitavast gaasimahust teistes liikmesriikides. Riigid, kel on võrreldes enda keskmise tarbimisega suured hoiustamisvõimalused, on kohustatud hoiustama vähemalt 35% enda viimase viie aasta keskmisest tarbitud gaasist. Eesmärgiks on saavutada Euroopa Liidus asuvate maa-aluste gaasihoidlate 85%-ne täituvus. Saareriikidele Malta, Küpros ning Iirimaa, kel puudub otseühendus naaberriikide gaasisüsteemiga, kehtestati erand. Varude hoidmise

kohustus lõppeb 31. detsembril 2025.a. (Euroopa Parlamendi ja Nõukogu määrus 2022/0090, 2022)

Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv 2009/119/EÜ näeb ette, et kõik Liidu liikmesriigid on kohustatud hoidma nafta koguvaru tasemel, millega suudetakse katta keskmine päevane siseriiklik naftatoodete tarbimine 61 päevaks või naftatoodete keskmine päevane puhasimport 90 päevaks. Riigiti saab variantide puhul määravaks, kumb näitaja on kõrgem. (Euroopa Liidu Nõukogu Direktiiv 2009/119/EÜ, 2009)

90 päeva varude hoiustamise reegel kehtib ka kõigile Rahvusvahelise Energiaagentuuri (IEA) liikmesriikidele eesmärgiga olla kollektiivselt valmis potentsiaalsete pakkumissokkidega võitlemiseks. Turutõrke korral hakatakse varusid üheskoos ringlusesse laskma sihiga leevendada šokist tulenevaid negatiivseid majanduslikke tagajärgi. Rahvusvahelise Energiaagentuuri liikmesriikide varud on piisavad katmaks maailma tarbimise 450 päevaks ning uute riikide liitumisel suureneb see arv veelgi. (Rahvusvaheline Energiaagentuur, 2022)

Energiajulgeoleku ühe tähtsaima aluse, varustuskindluse tagamisega tegeleb Eestis AS Eesti Varude Keskus (n.d.; edaspidi ESPA), kes haldab riigi vedelkütuste-, maagaasi-, toidu- ning tervisehoiuvarusid. Kuna antud töö keskendub julgeolekule energeetika vaatepunktist, siis on fookuses nimetatutest just kaks esimest varuliiki, mille ülesehitus on riigiettevõtte kodulehel huvilistele vabalt kättesaadavad. Lisaks kajastab ESPA koduleht volukatkestuste korral toimivate autonoomsete tanklate paiknevust Eestis.

ESPA hallatav riiklik mootorikütuste tagavara on jaotatud Eestisse (49%), Rootsi (36%) ning Soome (15%). Riigiettevõtte reservi kuulub 2021. aasta lõpu seisuga 62,7 tonni bensiini, 180,9 tonni diislikütust ning 9,9 tonni lennukipetrooli. ESPA 0,65 TWh suurust maagaasivarus hoiustatakse Lätis, Inčulkansi maa-aluses hoidlas. (Eesti Varude Keskus, n.d.)

Majandus- ning taristuministri määrusega „Elutähtsa teenuse kirjeldus ja toimepidevuse nõuded vedelkütusega varustamisel“ on kõik Eestis tegutsevad tanklaketid, kes omavad kümmet või enam tanklat vähemalt kolmes maakonnas, kohustatud alates 1. jaanuarist 2022 varustama minimaalselt kolm tanklat autonoomse elektriallikaga. Seejuures peab üks tanklatest asuma Tallinnas ning ülejäänud erinevates Eesti maakondades. Eestis asub 2022. aasta seisuga 30 määrusele vastavat tanklat ning kaetud on kõik maakonnad. Valdavalt on elekter tagatud varugeneraatoritega. Määruse eesmärgiks on kindlustada mootorikütuste kättesaadavus ootamatute elektrikatkestuste korral. (Eesti Varude Keskus, n.d.)

Taolised meetmed on kasutusele võetud just lühiajalist varustuskindlust silmas pidades, rahvusvaheliste ühenduste põhimõtteks on, et solidaarsuses peitub jõud.

Pikas perspektiivis vaadeldakse energiajulgeolekut varustusriskide maandamisena energiaallikate mitmekesistamise ja tehnoloogiate efektiivsemaks ning keskkonnasõbralikumaks arendamise abil (Rahvusvaheline Energiaagentuur, n.d.). Kaugem ja lähem ajalugu on tõestanud, et sõltuvus üksikutest energialiikidest või tehnoloogiatest suurendab riikide haavatust ja loob eeldused suure mõjuga turutõrgete esinemiseks või suisa tekitamiseks.

1.1. Energiapoliitika suunad ja näited

Eesti kontekstis määrab energeetika ja kütuste kasutamise tuleviku ühiskonna süsiniku jalajälje vähendamise eesmärk. Riigi energiapoliitika tulevikusihtidena on energiamajanduse arengukavas nimetatud kasvuhoonegaaside heitmete vähendamist, taastuvenergia kasutuse suurendamist, energiatõhususe parandamist ja kliimasõbralike kütuste eelistamist (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2017). Konkreetsemalt tähendab selliste eesmärkide poole liikumine põlevkivist elektri tootmise vähendamist, fossiilset päritolu vedelkütuste asendamist uute transpordikütustega ning mõjusate energiasäästu meetmete rakendamist kõigis tarbimisvaldkondades. Tegemist on suure väljakutsega ja selle teeb veelgi keerulisemaks Vene energiaembargoga kaasnev vajadus loobuda ida torugaasist ning naftatoodetest.

Pika perspektiivi alternatiivide otsimisel tuleb pidada silmas, tehtavad valikud ei suunaks riiki uude tupikusse. See tähendab, et alternatiivlahendused peavad vastama riigi majanduse ootustele – olema tehniliselt piisavad ja jätkusuutlikud, aga ka ühiskonna keskkonnavajadustele – vähendama energeetika keskkonna jalajälge.

Kokkuvõtvalt sõltub tulevik paljuski valitud energiapoliitikast. Näiteks on päikeseenergia osakaal elektritarbimises Hollandis suurem kui Kreekas ja Saksamaal suurem kui Itaalias (Broadbent, Brown, Ewen, MacDonald, & Moore, 2022). Seega võib uute lahenduste arendamisel olla tark energiapoliitika tähtsam soodsatest looduslikest eeldustest.

Üks õpetlik näide energiapoliitika ebaõnnestumisest pärineb eelmise sajandi seitsmekümnendatest aastatest. 1973. aastal toimus Lähis-Idas Yom Kippuri sõda, mille käigus Egiptus ning Süüria koos Araabiamaadega ühendasid jõud võitlemaks kollektiivselt Iisraeli vastu. Vastukäiguna otsustas USA abistada liitlast Iisraeli relvatarnetega, mis vihasas omakorda naftat eksportivate riikide ühendust (OPEC), kelle naftaekspordist sõltusid mitmete lääneriikide majandused. Tulemusena kehtestas OPEC embargo USA-le, Kanadale, Ühendkuningriikidele, Jaapanile ning Hollandile, mille tagajärjel tekkis naftaturul

pakkumissökk. Kuna lääneriikidel puudusid enda tarbimise katmiseks piisavad varud, siis oldi sunnitud üha suuremate summadega ostma kütuseid alternatiivturgudelt. (Kruse, 2014) Poliitilise tõrke tulemusena tõusid maailmaturu hinnad poole aastaga ligi 300% ning mitmete riikide majandused vajusid langusesse. USA-s tõusis kütuse hind ühe kuuga ligi 40%. (Haqeen & Zulkifli, 2022)

Naftakriis koos Vietnami sõja ning Bretton-Woodsi süsteemi lagunemisega mõjusid USA majandusele negatiivselt. Tarbijahinna indeks suurenes samal aastal 12,2% (Chen, Gentle & Upadhyaya, 2011) ning töötus suurenes 9%-ni, Ühendkuningriikide SKP langes 3,3% võrra ning inflatsioon tõusis ligi 23%-ni. (Schumacher, 1985)

Ühendkuningriigi valitsus mõistis kriisi järgselt, et senine vähereguleeritud energiapoliitika tuleb ümber korraldada. 1979. aastal võimule pääsenud konservatiivid eesotsas peaminister Margaret Thatcheriga asusid tolle ajani riigi kontrolli all olnud energiatööstust erastama eesmärgiga luua vaba, konkurentsist juhitud energiaturg. Erafirmade omavaheline võistlus soodustas innovatsiooni tõstes seejuures energiatootmise efektiivsust ning vähendades keskkonnakahjusid. Elektri tootmiseks hakati sõe asemel üha enam kasutama Põhjameres leiduvat gaasi, naftat, kohalikke hüdroelektrijaamu, tuulegeneraatoreid ning tuumajaamasid. Nii vähendati UK sõltuvust energiaimpordist ning suurendati energiaallikate varieeruvust. Seeläbi on langetatud ülemaailmsest turust ning sellega kaasnevast potentsiaalsest ebastabiilsusest sõltuvuse riske, muudetud tootmine rohelisemaks ning parandatud enese üldist energiapuudust. (Pearson, 2012)

Tootmistehnoloogiate mitmekesistamise ning tootmistehnoloogiate arendamiseks on riikide puhul oluline vaadata aktiivselt moodsamate ning efektiivsemate lahenduste suunas.

Eesti teadlaste poolt läbi viidud Delphi meetodil uuring Eesti energiatuleviku kohta. Töös uuriti küsitluse meetodil tehnoloogiaekspertidelt, teadlastelt, ettevõtjatelt, poliitikutelt, kodanikuaktivistidelt ning kultuuritegelastelt, millised peaksid olema Eesti riigi tulevased energeetilised suunad. Uuringust selgus, et ekspertide hinnangul peaksid tuule- ning päikeseenergia moodustama 2050. aastal Eestis toodetavast energiast vastavalt 35,9% ja 17,8%, ajalooliselt enimkasutatud põlevkivi osakaal peaks aga olema 4,8%. Seejuures usuti, et Eestis toodetud elektrienergia peaks kogu siinsest tarbimisest moodustama 82,4%, võrdluseks oli 2020. aastal sama näitaja 53,2%. (Tartu Ülikooli suure siirde uurimisrühm, 2021)

Uuringu tulemusi toetab Rahvusvahelise Taastuvenergia Agentuuri (IRENA), Türgi SHURA Energiaülemineku Keskuse ning Colorado Kaevanduskõrgkooli alla kuuluva Payne instituudi koostöös 2019. aastal valminud uurimus globaalse taastuvenergia osakaalu

suurendamise väljavaadetest, aastani 2050. Läbi modelleerimise raamistiku „Renewable Energy Roadmap“ kasutamise ning ülemineku analüüsimise jõuti selgusele, et Pariisi kliimakokkuleppes nõutud kahe kraadise globaalse soojenemise piirmäära saavutamiseks 2050. aastaks, tuleb CO₂ emissioone vähendada 9,7 gigatonni võrra, millest 94% moodustaksid taastuvenergia laialdasem kasutuselevõtt koostöös energiatarbimise vähendamisega. REMapi tulemustest selgub, et taastuvenergia osakaal primaarenergia tootmises peab kasvama 2015. aasta 14%-lt 63%-ni, mille tarbeks tuleb investeerida perioodi peale kokku 120 triljonit \$. Meetmete tulemusena kasvab kaasatud riikide SKP 35 aastaga 52 triljonit \$ ning töökohti tekib juurde 11,6 mln. (Bazilian et al., 2019)

Eesti riigi püüdlustest liikuda jätkusuutlikumate energiatootmise ja -tarbimise lahenduste poole annavad märku riiklikud energia- ning kliimamajanduse arengukavad.

Lähtuvalt Euroopa Liidu suunistest ning Eesti riigi energieetika strateegiatest, on lähituleviku prioriteediks kasvatada energia tootmisel sisemaiste allikate osatähtsust. Selle nimel on oluline kodumaal leiduvate taastuvate ja taastumatute energiaressursside varasemast otstarbekam kasutus läbi efektiivsemate tehnoloogiate kasutuselevõtu ning arendamise. Energiajulgeoleku aluseks on lepinguid ja reegleid austav rahvusvaheline koostöö, mis tugineks usaldusväärsete partnerriikide energiakaubandusele ning vabanemisele üksikute monopoolsete energiaressursse müüvate riikide või ka riikide kartellide sõltuvusest. (Riigikogu, 2017)

Elektrienergiaga varustatuse kohta koostab Eesti põhivõrgu ettevõtte Elering iga-aastaselt aruandeid, mis sisaldavad põhjalikke ülevaateid sektori juhtimise, elektrisüsteemi võimekuse, elektrienergia impordi ja ekspordi kohta nii Eesti-siseselt kui ka seostest lähiriikidega. Olulisel kohal on seejuures elektri pakkumise ootamatust puudujäägist tulenevate eriolukordade puhul kasutusele võetavad meetmed, nagu avariielektrijaama käivitamine või regiooni riikide omavaheline varustatuse kindlustamine.

Eesti elektri põhivõrk koosneb 5395 kilomeetrist elektriliinidest, millest 330 kilovatiseid kõrgepingeliine on 1886 kilomeetrit, 110 kilovatiseid kõrgepingeliine 3373 kilomeetrit ja, 6-35 kilovatiseid madalpingeliine on 5 kilomeetrit. Õhuliinid moodustavad põhivõrgust 5264 kilomeetrit ning maa-alused liinid 131 kilomeetrit. (Elering, 2022)

Kiisal asub avariiereservelektrijaam tootmisvõimsusega 250 MW, mis võetakse kasutusele vaid hädaolukorras, kui Eesti või Baltikumi elektrisüsteemi suurim tootmisüksus langeb rivist välja. Kiisa avariielektrijaama põhikütuseks on maagaas ning reserviks diislikütus. Tavasituatsioonis antud elektrijaam võrku energiat ei tooda, kuid vajadusel peab

süsteem 15 minutiga täitma turu puudujäägi. Eestis on siiani reservelektrijaama olnud vaja kasutada ligikaudu 200 tunnil aastas. (Elering, n.d.)

Maagaasi ülekandevõrk on kirdest ja kagust ühendatud Venemaa ning lõunast Läti gaasivõrguga. Põhja-Eestis oleme seotud Balticconnector'i nime kandva gaasitoru kaudu Soome võrguga. Kokku on Eestis 977 kilomeetrit gaasitorustikku, 36 gaasijaotusjaama, 3 gaasimõõtejaama (Karksis, Värskas, Missos), 2 kompressorjaama (Paldiskis, Puiatul) ning üks gaasirõhu reguleerimisjaam (Kiilis). (Elering, 2022)

Eestis energia tootmise ning tarbimise jälgimisega tegeleb Statistikaamet, mille kodulehel on rohkelt andmeid riikliku energiabilansi kohta. Seal on saadaval statistika energia tootmiseks kasutatavatest kütustest ning erinevate tehnoloogiate tootmisvõimekusest. Täpsemad andmed elektri toodangu kohta elektrijaamade või sisendite järgi on loetavad Elering AS-i iga-aastastest elektrituru aruannetest, kus on muuhulgas põhjalikud prognoosid tuleviku energia tarbimise mahtudest nii koguste kui ka majandussektorite kaupa. Statistikaameti andmebaasis on sama teave ka muud tüüpi energia tarbimise ning nii imporditavate kui sisemaisete energiakandjate kasutuse kaupa. Töö lähteandmete koondamiseks luuakse järgnevas peatükis nimetatud infoallikate ning Majandus- ja Kommunikatsiooni-ministeeriumi „Energiamajanduse arengukava aastani 2030“ leitavate andmete analüüsi tulemusena ülevaade majandussektorite ning erinevate ressursside Eesti-sisesest kasutusest energia tarbimises ning tootmises.

2. Põlevkivil põhineva energiasektori nõrkused ja tugevused

Eesti suurima energiatarbimisega sektorid on viimase kümne aasta jooksul olnud kodumajapidamised, mille osakaal on püsinud ühe kolmandiku juures kogu energia lõpptarbimisest. Aastal 2021 kulus kodumajapidamistes kokku 40411 teradžuli (edaspidi TJ) energiat (34,6%), millele järgnesid transpordisektor 35227 TJ (30%), äri- ning avalikud teenused 21431 TJ (18,3%), tööstussektor 16056 TJ (13,7%). Ülejäänud sektorid moodustasid tarbitavast energiast 3,2% (1,03 TWh). (Eesti Statistikaamet, 2023, KE0240)

2022 aasta andmed ei ole töö kirjutamise ajal veel kättesaadavad, kuid tõusnud energiahindade tõttu langes tõenäoliselt kogutarbimine, viimaste aastate trendide põhjal on sektorite osakaalud ilmselt püsinud sarnastes vahekordades.

Ajalooliselt on Eesti energeetika põhinenud suurel määral kodumaiste energiatoodete kasutamisel. Siin leiduvate energiatootmiseks kasutatavate maavarade lipulaevaks olnud põhiliselt Ida-Virumaal ning vähesel määral Lääne-Virumaal kaevandatav põlevkivi. Põlevkivi ongi hõlmanud põhiosa kodumaisest kütusest. Taastuvate energiaallikate osas on olnud kaalukaim puitkütuste osakaal. Lisaks leidub mitmel pool üle Eesti energiaturba tootmist võimaldavaid turbaväljasid. (vt. Lisa 1)

Elektri- ning soojusenergia tootmiseks tarvitatakse Eestis põhiliselt põlevkivi, tahkeid biokütuseid ja biomassi, -biogaasi, energiaturvast, kütteõli ning maagaasi. Kivisöe ning kerge kütteõli kasutus on Eestis elektri- ning soojusenergia tootmises väikese osakaaluga. Ajalooliselt on elektrienergia tootmises olnud enimkasutatavaks tooraineks põlevkivi, kuid seoses CO₂ heitmekvootide märkimisväärse hinnatõusuga, on põlevkivi kasutus viimasel paaril aastal mitmekordselt langenud. Kui 2017 aastal tarbiti põlevkivi elektri ning soojuse tootmiseks 104401 TJ, siis aastal 2021 kasutati seda vaid 36571 TJ jagu. Samuti on kahanenud turba osakaal. Pidev kasv on toimunud aga tahkete biokütuste tarbimises. (vt. Lisa 2)

Eestis tegutseb neli põlevkivist elektrit tootvat jaama, mille koguvõimsus on 1340 MW. Eesti elektrijaam on neist suurim, suutes toota elektrit võimsusel 866 MW. Auvere elektrijaama tootmisvõimsus on 272 MW, Balti elektrijaam suudab genereerida 192 MW ning Enefit elektrijaam 10 MW. Kõik põlevkivi kütusena kasutavad elektrijaamad asuvad Ida-Virumaal. (Elering, 2022)

Soojuse ja elektrienergia tootmiseks kasutatavate importkütuste kasutus on olnud langustrendis, kuid väike tõus toimus 2021. aasta võrdluses 2020.-ga. (vt. Lisa 3)

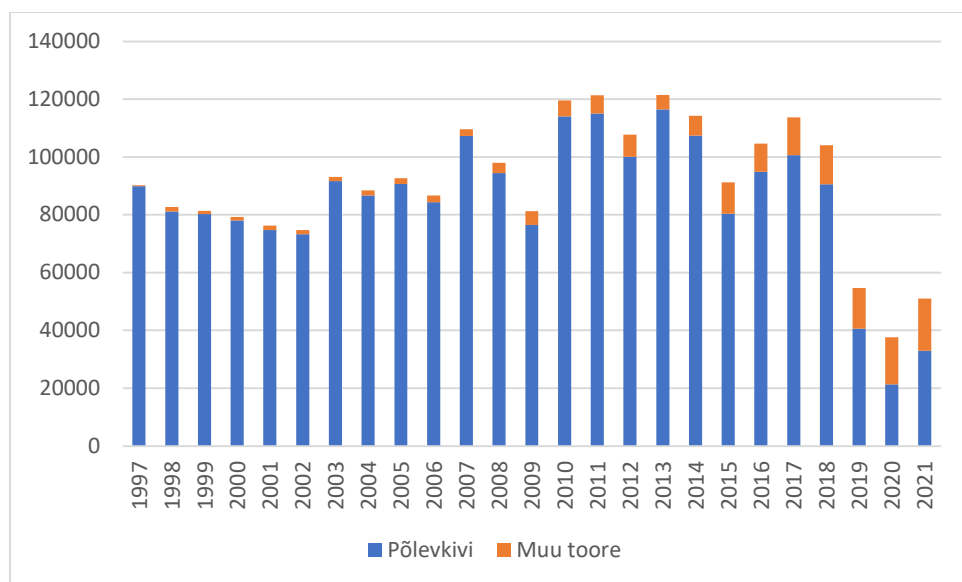
Põhilisteks Eestis kasutatavateks taastuvateks energiaallikateks on biomass, tuule- ning päikeseenergia, väiksema osatähtsusega on biogaas, biolagunevad jäätmed ning

hüdroenergia. Taastuvenergia osakaal elektri kogutootmisesse on iga-aastaselt olnud tõusutrendis (vt. lisa 4), jõudes 2021. aastaks rekordilise ~2,6 miljoni megavatt-tunnini. 2021. aastal moodustas taastuvatest ressurssidest valmistatud elektrienergia kogu Eesti-sisese elektritoodangust 41%, millest omakorda 23% tuli biomassi töötlemisest, 12% tuulegeneraatoritest ning 5% päikesepaneelidest. Biolagunevate jäätmete, hüdroenergia ning biogaasi panused olid alla 1%. (Elering, 2023, Võrku antud kütuseliigiti)

Põlevkivi kaevandamine, töötlemine ja põlevkivienergeetika on väga suure keskkonna jäljega mõjutades maakasutust ja põhjavett ning tekitades nii tahkeid jäätmeid kui vee- ja õhusaastet.

Põlevkivienergeetika probleeme on kajastatud 2023.a. kevadel sõlmitud valitsuserakondade koalitsioonilepingus, kus on öeldud, et piiratakse uute põlevkivikaevanduste avamist ning eelistatakse olemasolevate ära kasutamist.

Euroopa Keskkonnaagentuuri (2023) andmetel oli Eesti 2021. aastal Euroopa Liidu viies suurim kasvuhoonegaaside emiteerija nii heitkoguste suhtes riigi SKP-sse, kui näitajaga 11,7 tonni CO₂ ekvivalenti elaniku kohta. Seejuures moodustas energeetika sektor emissioonist 52,1% ning arvestades maha metsanduse, maakasutuse ja maakasutuse muutuse, mida loetakse süsiniku sidujaks, tõusis sama number 82,8%-ni (Keskkonnaministeerium, 2023).



Joonis 1. Elektrijaamades toorainena kasutatud põlevkivi osakaal kogu kütusest teradžaulides.

Allikas: Statistikaameti andmetabel KE0240, tabel autori koostatud

Ülemaailmselt on energiaspektori kõrge kasvuhoonegaaside emissioonide üheks põhjustajaks liigne fossiilsete kütuste kasutamine, kuna võrreldes taastuvate allikatega,

tekitavad taastumatud oluliselt rohkem heitjääke (Bazilian et al., 2019). Suur osa Eesti välisõhu saasteainetest, peenosakekestest ning tugeva lõhnaga ühenditest tekib just põlevkivi kaevandamisel ning kasutamisel (Keskkonnaministeerium, 2015). Seega saabki siinse kõrge kasvuhoonegaaside määra puhul tõmmata paralleele Eesti elektritoodanguga, mis on valdavas osas toimunud põlevkivi baasilt. Joonisel 1. on kuvatud Eestis tegutsevate põhitegevusena elektrit tootvate jaamade iga-aastaseks toodanguks kasutatava põlevkivi osakaal kogu kasutatavast kütusest. Andmetest selgub, et veel kuni 2018. aastani moodustas põlevkivi elektrijaamade toorainest ligi 90%. Selge vähenemine toimus küll perioodil 2019-2021, kuid ka siis oli põlevkivi osakaal vahemikus pool kuni kolmveerand kogu kasutatud toormest. Suures plaanis on andmetes näha järk-järgulist põlevkivi kasutamise vähenemist, mis on põhjustatud keskkonnasäästu eesmärkide ning karmistuvate rahvusvaheliste nõuete mõjul toimuvast aeganõudvast sektori ümberstruktureerimisest. Tootmissisendite muutmist toetab asjaolu, et põlevkivi, nagu iga fossiilse kütuse, varud on piiratud. Seega tuleb ühel hetkel vältimatult võtta kasutusele uued elektrienergia tootmise meetodid. Vastavalt maapõueseadusele on Eesti aastane põlevkivi kaevandamise piirmäär 20 miljonit tonni (Riigikogu, 2017). 2021. aasta seisuga oli Eestis aktiivset põlevkivi tarbevaru varu 923 416 tuhat t, aktiivset reservvaru 302 525 tuhat t ning passiivset varu 3 371 785 tuhat t (Maa-amet, 2022). Kaevandamise piirmäära iga-aastaselt täitmisel koos kadudega, prognoositi 2015. aastal aktiivse varu kestvusajaks 35-38 aastat ning koos reservvaruga 48 aastat (Keskkonnaministeerium, 2015).

Teisalt on isegi olulisemaks põlevkivi kasutusmahtude järsu muutuse põhjustajaks olnud Euroopa Liidu süsinikukvootide turu mõju, mis on lisanud elektri turuhinnale täiendava majanduslikku tasuvust mõjutava elemendi.

EL-i heitkogustega kauplemise süsteemi eesmärgiks on vähendada kasvuhoonegaaside koguseid, suurendada energiatõhusust ning taastuvenergia osakaalu kogu ühenduse energiabilansis. Kvoote jaotatakse energiamahukatele tööstusettevõtetele, kellel on võimalus turu-süsteemis kvootidega kaubelda ja iga ühiku kohta on omanikul õigus õhku paisata tonn CO₂ ekvivalenti. (Euroopa Kontrollikoda, 2015)

Kui vahemikus 2009-2018 keskpaik oli kõrgeimaks kvootide turuhinnaks ~17€/t ning suurema osa ajast püsis see madalamal 10€/st, siis alates 2018. aasta teisest poolest hakkasid hinnad järk-järgult kasvama ja kolme aasta jooksul tõusis turuhind üle nelja korra, jõudes 2021. aasta lõpuks rekordilise ~80€ tasemele (Trading Economics, 2023). Vaadates joonist 1 selgub, et just vahemikus 2018-2021 langes Eesti elektrijaamades kasutatava põlevkivi kogus oluliselt. Keskkonnaministeeriumi koostatud „Põlevkivi kasutamise riikliku

arengukava 2016–2030“ täitmise 2018. ja 2019. aasta aruanne (2021) toob välja, et just kõrge CO₂ kvoodi hind koostöös varasemast madalama elektri hinnaga olid põhjused, miks näiteks Narva põlevkivielektrijaamade energiaplokid ei suutnud enda elektritoodanguga turul konkureerida ning Eestist sai üle mitmete aastate esimest korda elektrit importiv riik.

Põlevkivi kasutus mõjutab lisaks õhukvaliteedile, kaevanduste ning tööstuspiirkonna loodust, pinnast ning veestikku. Põlevkivi saadakse avakaevandustest ning allmaakaevandustest, seejuures on maardlaosade mõju keskkonnale üpriski erinev.

Näiteks maa-alal, kus toimub pealmaakaevandamine, ei säili eelnevast loodusmaastikust sisuliselt midagi, peale maavarade välja toomist luuakse alale uus, algsest erineva maastiku ning ökosüsteemiga pind. Allmaakaevandamisel väheneb mõju ökosüsteemidele tänu maastiku säilimisele, samas väheneb ka tegevuse efektiivsus, kuna varingute või maa vajumiste ennetamiseks ei saa kogu ressursi maast välja tuua. (All, 2014)

Kuna põlevkivi puhul on ballastainete osakaal energeetilise väärtuse suhtes üpriski suur, siis tekib kivimi kaevandamisel ning töötlemisel võrdlemisi suur kogus ladustamist või kasutamist vajavaid tahkeid jäätmehoidlatesse. Kui avakaevanduste puhul kasutatakse suur osa põlevkivi kihte eraldavast aherainest ära karjääri täitmisel, siis maa-aluse kaevandamise puhul tekkiv aheraine ladustatakse suures osas jäätmehoidlatesse. Seis on sama töötlemise tulemusena tekkivate poolkoksi ning tuhaga. (Ibid.)

2015. aasta seisuga oli Eestis kümme suuremat põlevkivituha- ja poolkoksiladestut, mille kogupindalaks oli 21,5 km² (Keskkonnaministeerium, 2015).

Põlevkivi arengukavaga on eesmärgiks võetud taaskasutada igal aastal tekkinud aherainest vähemalt 40%, 2018. ning 2019. aastal oli antud arv aga vastavalt 57% ning 60% andmaks märku, et kaevandusjäätmete kasutamine on muutunud efektiivsemaks. (Keskkonnaministeerium, 2021)

Põlevkivi kaevandamise ning kasutamise efekti veestikule saab jagada kaheks: mõju põhjaveele ja mõju pinnaveele. Pinnaveekogudeks on näiteks ojad, jõed ning järved, mis muutuvad kaevanduste piirkonnas olulisel määral võrdluses enda looduslike omadustega, vahel asendatakse need koguni tehisveekogudega ning tulemusena kaovad senised vee-elupaigad. Samuti muutub majandustegevuse tulemusena veekogude keemiline koostis. Põhjavee puhul on täheldatud joomiskõlbmatu kihi suurenemist või vee kvaliteedi langust, mille tulemusena tuleb puhta veevarustuse eesmärgil tungida aina sügavamale maasse, piiratud veevaruga aladesse. See aga omakorda nõuab piirkondlikke lisainvesteeringuid. (Ibid.)

Kui eelnevalt välja toodud faktorid on pigem negatiivse mõjuga, siis on põlevkivi kasutamisel elektrienergia tootmiseks ka mitmeid positiivseid aspekte. Lähenedes teemale varustuskindluse ning energiasõltumatuse küljest, saab just põlevkivi lugeda üheks põhiliseks Eesti edu põhjustajaks. Kodumaise tooraine olemasolu vähendab nii normaalolukorra kui ka rahvusvaheliste kriiside esinemise puhul vajadust pöörduda naaberriikide poole, täitmaks kohalikku energianõudlust. Eurostati (2022) andmete põhjal oli Eesti 2020. aastal konkurentsilt Euroopa Liidu väikseima importenergia sõltuvusega riik (10,5%), edestades teisel kohal asuvat Rumeeniat (28,2%) rohkem, kui kahe ja poole kordselt.

Kuivõrd kogu põlevkivitööstus ning valdav osa varudest asub Ida-Virumaal, siis on sektoril sealsele piirkonnale oluline sotsiaalmajanduslik mõju. 2020. aastal pakkusid valdkonna tuumikettevõtted tööd ligi 5800 inimesele, kelle leibkondades oli kokku umbes 16 000 inimest (Arrak et al., 2020). Võrdluseks elas Siseministeeriumi (2020) andmetel 2020. aasta esimese jaanuari seisuga Ida-Virumaal 135 752 inimest. Eeldusel, et valdav osa nimetatud leibkondadest resideerub samas maakonnas, moodustab põlevkivitööstusega seotud rahvastik kogu elanike arvust üle kümnendiku. Seejuures oli töötajate keskmine palk 1700€, mis ületas oluliselt nii maakonna kui riigi sama näitajat. Lisaks leibkondadele on olulisel määral põlevkivi sektorist sõltuvuses piirkonna kohalike omavalitsuste eelarved, näiteks Alutaguse vald teenis kaevandamisõiguste ning vee erikasutuse tasudest 42% ning Narva-Jõesuu 11% enda kogutuludest. (Arrak et al., 2020)

Eesti Energia, Kiviõli Keemiatööstuse, TalTechi Virumaa Kolledži Põlevkivi Kompetentsikeskuse ja Viru Keemia Grupi (n.d.) poolt koostatud „Eesti põlevkivitööstuse aastaraamat 2021“ toob välja, et 2021. aastal panustas põlevkivitööstus Eesti riigikassasse 77 mln € ning investeeris keskkonda 41 mln € eest. Võrdluses 2020. aastaga tõusid riigi tulud ühe miljoni võrra ning keskkonnainvesteeringud 27 miljoni € võrra. Seoses 2022. aastal rekordkõrgele tõusnud elektrihindadega võib eeldada, et tulud riigikassasse on veelgi suurenenud, andes märku, et põlevkivisektori näol on tegu olulise panustajaga nii kohaliku kui üleriiklikku majandusse.

3. Taastuvenergia võimalused Eestis

Senisest suuremal määral taastuvatele lahendustele üleminek on tulevikku vaatava kliima-, majandus- ning energiapoliitika üheks põhiliseks fookuseks. Sellest annab märku aastal 2015 allkirjastatud Pariisi kliimakokkulepe, mis näeb ette, et ülemaailmne soojenemine ei tohi mingil juhul ületada 2°C piiri võrdluses tööstusrevolutsiooni eelse ajaga ning eesmärgiks võeti, et hea oleks, kui vastav näitaja pidurduks 1,5°C juures. Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni Valitsustevahelise Kliimamuutuse Paneeli järelduste põhjal on nüüdseks jõutud veendumusele, et pöördumatute kliimamuutuste ärahoidmiseks ei tohiks soojenemine 21. sajandi lõikes mingil juhul ületada 1,5°C piiri ning arenenud riikide liidrid on asunud seda põhimõtet aktiivselt toetama. Saavutamaks antud eesmärgi, peab ülemaailmne kasvuhoonegaaside emissiooni kasv lõppema hiljemalt aastaks 2025 ning aastaks 2030 peab vastav näitaja olema langenud 43%. (Ühinenud Rahvaste Organisatsioon, 2015)

2023.a. kevadel Eesti valitsuserakondade poolt sõlmitud koalitsioonilepe rõhutab samuti keskkonnaeesmärkide tähtsust. Näiteks eelistab valitsus uute põlevkivikaevanduste avamisele olemasolevate ära kasutamist ja soovitakse igakülgset süsinikuheite vähendamist. Taastuvenergeetikas on eesmärgiks soodustada arenguid, muutes taastuvvõimsuste planeerimise ja rajamise kiiremaks. (Vabariigi Valitsus, 2023)

Antud osa tööst keskendub Eestis põhiliselt kasutatavate elektrienergia tootmise allikate tugevuste ning nõrkuste analüüsile ning jätkusuutlikumate lahenduste võimalustele, vahetamaks osaliselt ning potentsiaalselt täielikult välja praegused, keskkonda enam saastaval toorainel põhinevad tehnoloogiad.

Elmisest peatükis on selgitatud, et põlevkivil põhineval elektrienergia tootmisel on nii plusse kui miinuseid. Võttes aga arvesse energiajulgeoleku seisukohalt olulised suundumused energiakandjate mitmekesistamiseks ning riigi plaanid kas vähendada või loobuda elektrienergia tootmisel põlevkivi kasutamisest ning asendada see loodussõbralikumate alternatiividega, on potentsiaalseks teeks minna üle taastuvenergial põhinevatele tehnoloogiatele. Sellisteks elektrienergia tootmisel põhiliselt rakendatavateks lahendusteks on nn kütusevabad hüdro-, päikese- ning tuuleenergia ning säästlikkuse põhimõtetele vastav biomassi energia.

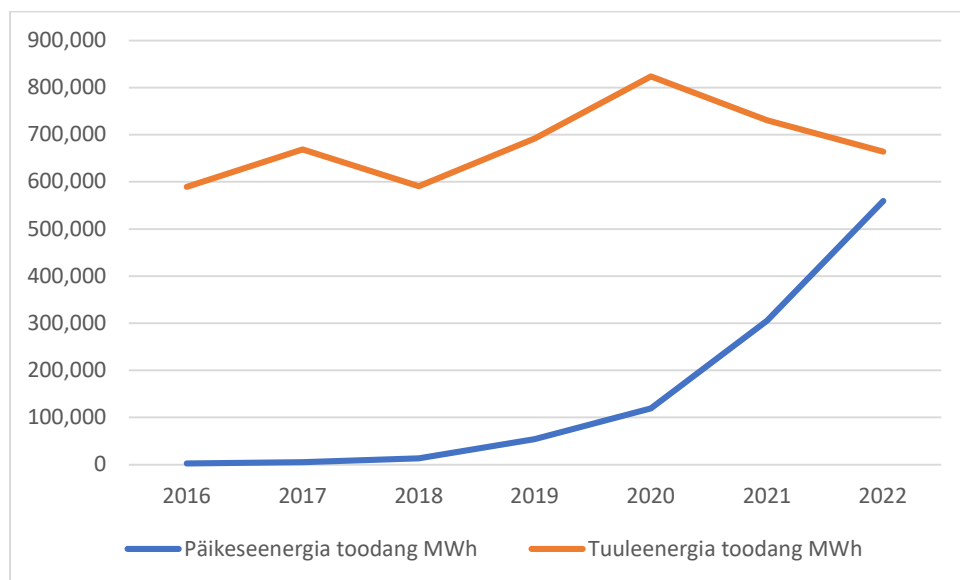
Punktis 2.2. toodud Eleringi andmed näitavad, et kui päikese- ning tuuleenergia on viimastel aastatel juba saavutanud olulise osakaalu kogu elektrienergia tootmisest, siis hüdroenergia osakaal on jätkuvalt üpris madal. Olukorra põhjustajaks on eelkõige Eesti geograafiline asukoht ehk siinsed looduslikud ressursid ning ilmastikuolud. Kuigi Eesti asub äravoolu arvestades veerikkas piirkonnas, siis on ressurss jagunenud paljude suhteliselt

veevaesete ning väikese kaldega veekogude vahel, mis muudab hüdroenergia potentsiaali pigem väikeseks (Raesaar, 2012).

Erinevalt hüdroenergia võimalustest, on Eesti looduslikud tingimused päikeseenergia tootmiseks oluliselt sobivamad. Eelkõige soosib seda geograafilisest asukohast ning pilvisuse tingimustest tulenev suurel osal aastast valitsev suhteliselt rohke päikesepaistelist päevade arv.

Olenevalt piirkonnast, on täielikult päikesepaisteta päevi Eestis suurusjärgus 1/3 aastast, kusjuures suurem osa neist jäävad talvekuudesse. Vastupidiselt on juunis ning juulis päikesepaisteta päevi keskmiselt 2-5 ning tänu laiuskraadist tulenevale päeva pikkusele ja pilvisuse vähesusele on neil kuudel tavapärase päikesepaiste tundide arv 13-17 ööpäevas. (Kallis & Russak, 2003).

Lisaks soodustab Eestis päikesest elektrienergia tootmist meie suvine õhutemperatuur. Nimelt on mitmed uuringud üle maailma [näiteks (Amelia et al., 2016), (Dubey, Sarvaiya & Seshadri, 2012)] jõudnud järeldusele, et tänapäeval kasutusel olevate päikesepaneelide tootlikkust silmas pidades, on 25°C parim temperatuur, peale mida asub genereeritava elektrienergia hulk langusesse. Võrreldes Saksamaa, kui ühe maailma suurima päikeseenergiat tootva riigiga, on Eestis küll päikeseikiirguse hulk madalam, kuid tänu madalamale keskmisele temperatuurile on paneelide tootlus kokkuvõttes sama (Lokk, Matiisen, Potisepp, Sernjuk, & Tammist, 2015).



Joonis 2. Päikese- ning tuuleenergia toodangu muutus.

Allikas: Eleringi andmetabel „Võrku antud kütuseliigiti“, joonis autori koostatud

Päikeseenergia valdkond on üks kiiremini populaarsust kogunud taastuvenergia sektoreid Eestis, olles kõigest kuue aastaga tõusnud 2016. aastal toodetud 2793 MWh-

It 2022. aastaks 559 528 MWh-ni (vt. Joonis 2). Sellise tõusu üheks põhjustajaks saab pidada vajaliku tehnoloogia hinnalangust ning sellest tulenevat kättesaadavuse tõusu. Nähtust kirjeldab „Swansoni seadus“, mille kohaselt langeb sama koguse energia tootmiseks vajalike päikesepaneelide hind 20% igal perioodil, mil paneelide tootmise maht tõuseb poole võrra (Carr, 2012). Teisalt hindab Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (2022) buumi põhjustajaks alla 50 kilovatistele päikeseparkidele kehtinud taastuvenergia toetusmeedet ning riiklikke taastuvenergia enampakkumisi. Taastuvenergia toetusega makstakse enne 2021. aastat tootmist alustanud alla 50 kilovatistele toetusele kvalifitseeruvatele parkidele järgnevad 12 aastat iga toodetud elektri kilovatt-tunni pealt 5,37 senti (Elering, n.d.). Seeläbi lühendati päikeseparkide tasuvusaega ning suurendati oluliselt investeariivust väikeettevõtjate seas. Elektrilevi (2021) andmetel tõusid alates toetuste välja kuulutamisest järgneva kahe aasta jooksul päikeseelektrijaamade tootmisvõimsused 5 korda. Parkide lisandumine on jõudsalt jätkunud ka järgnevatel aastatel, kui 2023. aasta esimeses kvartalis liitus elektrivõrguga 1331 uut tootjat, kokku on 2023. aasta aprilli seisuga Elektrilevi võrgus 16 893 elektritootjat (Elektrilevi, 2023).

Eestis on suurima potentsiaaliga taastuvenergia valdkonnaks tuuleenergia. Seni on Eestis kasutatud vaid maismaal asuvaid tuulikuid. Suured meretuuleparkide projektid on arendusjärgus. Eestis on elektrivõrku ühendatud 145 elektrituulikut koguvõimsusega 320 MW, suurem osa neist asub mere ääres (Tuuleenergia Assotsiatsioon, n.d.). Eleringi (2023) statistika põhjal moodustas tuulegeneraatorite toodang 2021. aastal elektri kogutoodangust 12% ning taastuvate tehnoloogiate toodangust 28%, ehk peaaegu kolmandiku. Seega on tuuleenergial juba praegu oluline koht Eesti energiamaastikul, kuid tulevikku vaadates võiks selle osakaal veelgi oluliselt tõusta.

Eesti tuuleenergia potentsiaali peetakse heaks tänu Läänemere rannikul valdavatele tootmist soodustavatele tuuleoludele (Ahven, Lokk, Potisepp, & Tammist, 2014). 2017. aastal koostatud „Energiamajanduse arengukava aastani 2030“ prognoosis lähiaastateks tuuleenergia arenguhüpet, mis tuleneks tehnoloogia odavnemisest ning CO₂ kvoodihindade tõusust. Aastaks 2050 võiks tuuleenergia katta juba kolmandiku kogu riigi elektrivajadusest (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2017).

Eleringi (2023) andmed elektrenergia tootmisstatistikast (vt. Joonis 2) näitavad, et kui aastal 2020 saavutas tuuleenergia tootmistipu 824 000 MWh juures, siis teistel aastatel on mahud kõikunud 590 000 MWh ja 731 000 MWh vahel ning oodatud märkimisväärset kasvu pole vähemalt siiani täheldatud. Ühest küljest on tegu ilmastikust sõltuva tehnoloogiaga, mis võib tulemusi osaliselt mõjutada, teisalt ei ole aga Eestis viimastel aastatel valminud ühtegi

suuremat tuuleenergia projekti, seega pole kasvanud ei toodangu potentsiaal ega tootmisvõimsused.

Antud olukorra üheks põhjustajaks peetakse riigikaitse eesmärkidel hetkel kasutatavate radarite omadustest tulenevaid piiranguid, mistõttu on suurel osal Eesti mandrist uute tuuleparkide loomine raskendatud. Vabariigi Valitsus kinnitas 2021. aastal aga otsuse investeerida uutesse radaritesse, vabastades nii suure osa mandriosast kõrgusepiirangutest aastaks 2025 (vt. Lisa 5). Terje Talvi sõnul panustab riik valdkonna arendamisesse ka läbi vähempakkumisel põhinevate roheenergia hangete ehk pikaajaliste elektriostu lepingute, millega soovitakse tõsta uute arenduste abil tootmiskahtusid 100 GWh aastas kümne aasta vältel. (Annus & Lokk, 2021)

Kompenseerimaks tuulikute piirkondades elavatele kogukondadele tekkivat mõju ning parendamaks kohalike ning arendajate vahelisi suhteid, võeti 2022. aasta augustis vastu seadus, mis kohustab tuuleparkide omanike maksma tuuleparkide vahetusse lähedusse jäävatele koduomanikele tuulikutasu kuue kuu miinimumpalga väärtuses. (Riigikogu, 2022)

Nimetatud meetmetest esimene vähendab oluliselt uute parkide loomise piiranguid ning lihtsustab ja kiirendab projektide taotlemise protsessi. Teine aga loob elektritootjatele hinnapõhja, mis vähendab ettevõtjate riske taastuvenergia turule sisenemise puhul. Kolmas võiks vähendada kohalike kogukondade vastuseisu ning pessimismi uute projektide suhtes. Kokkuvõtlikult toetavad kõik nimetatud meetmed tuuleenergia laialdasemat kasutusele võttu ning loovad soodsa pinnase riiklike taastuvenergia eesmärkide saavutamiseks.

Eestis laialdaselt kasutatavaks taastuvaks traditsiooniliseks energiaallikaks on ka biomass, mis on kolmest eelpool käsitletavast aga oluliselt erinevate omadustega. Biomassi kasutatakse laialdaselt soojuse ning elektri koostootmisjaamades, seejuures moodustavad suure osa kasutatavast kütusest puidutööstuse jäägid ja madalakvaliteediline puit (MKM, 2017). Erinevalt teistest taastuvatest allikatest eraldatakse biomassist energiat läbi selle põletamise, mis omakorda põhjustab õhuheitmeid ja tahkeid jääke. Muude taastuvate ja nn kütuseta energiaallikate puhul tekib kogu emissioon tehnoloogia tootmisel ja paigaldamisel ning hilisemas elektri tootmise protsessis täiendavaid heitmeid ei teki. Lisaks tuleb biomassi puhul arvestada kasvamisest tingitud taastumisaajaga, samas kui näiteks tuule- ning päikeseenergia ressurss oleneb eelkõige ilmastikuoludest. See tähendab, et biokütuse kasutus on tänu kütusevaru füüsilise olemasolule lihtsamini juhitav. Samas vajab biokütus võrdluses kütuseta energiaallikatega jätkusuutlikumat planeerimist ja majandamist.

Puidupõhise biomassi kasutamise põhimõtteid on käsitletud „Eesti metsanduse arengukava aastani 2030“ eelnõus, kus on välja toodud, et kohalikus energeetikas tuleb

eelistada vaid vastaval eesmärgil kasvatatud, väheväärtuslikku või muu väljundi jaoks sobimatut puidu ja metsamaa kasutamist (Keskkonnaministeerium, n.d.). Biomassiga fossiilsete kütuste asendamine aitab küll vähendada energeetika keskkonnamõju, kuid ka puitkütuse kasutamisel tuleb järgida erinevaid piiranguid ja säästuskriteeriume. Koalitsioonileppes on kirjas, et Eestis lõpeb puidu põletamine tööstuslikus elektritootmises ja tulevikus ei soosita energeetilise puidu eksporti (Vabariigi Valitsus, 2023).

Tulenevalt riiklikkes arengukavades nähtavast suurimast potentsiaalist, Eesti sobilikust tootmiskeskonnast ning tehnoloogia headest keskkondlikest omadustest, on töö praktiliseks uurimisobjektiks võimalused Eesti- kogu siseriikliku elektritarbimise katmiseks just kodumaiste maismaa tuuleenergia võimsuste abil. Tuvastamaks erinevate külgede alt üleminekut mõjutavaid tähtsamaid faktoreid, koostatakse töös PESTLE ning SWOT tüüpi analüüsid. PESTLE analüüs on strateegilises planeerimises kasutatav tööriist, mis aitab läbi raamistiku loomise hinnata projekte mõjutavaid olulisemaid välistegureid (Christodoulou & Cullinane, 2019). Kasutades PESTLE ning SWOT analüüsi koos, koos on võimalik saada ulatuslikum arusaam projekti või ettevõtet mõjutavates sisemistest ning välimistest mõjuteguritest (Bajcetic, Srdjevic & Srdjevic, 2012).

Järgnevas osas koostatakse majandusarvutused, selgitamaks välja taolise ülemineku majanduslikke mõjusid. Töö autor võtab tuuleenergia osas Sopi-Tootsi tuulepargi, kui Eesti võimsaima ehitusjärgus oleva pilootprojekti, baasreferentsiks ning teeb selle andmete alusel arvutused Eesti siseriikliku elektrienergia nõudluse katmisega kaasnevast investeeringu suurusest, maakasutusest ning CO₂ kvootide kokkuhoiust.

3.1. Tuuleenergiale üleminekut puudutavate tegurite analüüs

PESTLE analüüs on strateegilises planeerimises kasutatav raamistik, mida kasutatakse, kaardistamaks ettevõtet või projekti mõjutavaid väliseid tegureid (Christodoulou, 2019). PESTLE on inglise keelne lühend, mis lahti kirjutatuna tähistab poliitilisi, majanduslikke, sotsiaalseid, tehnoloogilisi, juriidilisi ning keskkondlike tegurite grappe. Antud töö kontekstis jaotatakse loetletud gruppidesse Eesti elektritarbimise kodumaise tuuleenergiaga varustamist mõjutavad väliskeskkonna tegurid.

Poliitilistest teguritest on olulisim täielikult tuuleenergial põhinevale elektrisüsteemile üleminekut mõjutav tegur võimul olev valitsus ning nende võetud energiamajanduslik suund. Eesti poliitimaastikul on viimastel aastatel toimunud tugev polariseerumine, kus osa erakondadest on järjekindlalt üritanud liikuda rohepöörde poole läbi selle propageerimise ning toetusmehhanismide, nende opositsioon on aga võtnud vanamoodsama ning Eesti mõistes traditsioonilistel energiakandjatel põhineva lähenemise. Sellest annab aimu 2023.

aprillis moodustatud valitsuse koalitsioonileppe ning Eesti Konservatiivse Rahvaerakonna valimiskampaania võrdlemine. Reformierakonna, Eesti 200 ning Sotsiaaldemokraatide koalitsioonilepingus on ühena põhilistest eesmärkidest toodud rohereformide läbiviimine ja energeetika plaanide esimese punktina on välja toodud taastuvvõimsuste kasutuselevõtu protsessi kiirendamine (Vabariigi Valitsus, 2023). Seevastu 2023. aasta Riigikogu valimisteks loodud EKRE programmi kolmandas punktis on ühe lahendusena madalama elektri hinna saavutamiseks toodud taastuenergia tasu maksmise lõpetamine, neljandas punktis aga Eesti Energia Narva elektrijaamades kasutusest väljas oleva kolme plokki taaskäivitamine (Eesti Konservatiivne Rahvaerakond, 2023). Ehk siis lubati eemaldada üks taastuenergia tootmise motivaatoritest ning võtta laialdasemalt kasutusele fossiilsetel kütustel põhinevad tootmisüksused. Kuigi tegu on kõigest poliitiliste eesmärkide ja lubadustega, annab see siiski märku energeetikasektori muutuste potentsiaalsest suunast erinevate poliitiliste jõudude juhtimisel. Lisaks riiklikule tasandile on olulisel kohal ka kohalike omavalitsuste meelestatus tuuleparkide rajamisele, kuna neil on maakasutuse ning ehituslubade jagamisel otsustav sõna. See tähendab, et ilma arendajate ning kohalike omavalitsuste koostööta ei pruugi tuuleparkide ehitused sujuvalt toimida. Energiasektori ümberstruktureerimises võib rolli mängida ka kodumaiste või rahvusvaheliste huvigruppide tegevus, kelle majanduslike eesmärkide seisukohalt on Eesti energiaimpordi või fossiilsete kütuste kasutuse jätkumine oluline. Seega võidakse sise- või välispoliitiliselt üritada muutusi takistada näiteks läbi lobigruppide töö.

Tuuleenergiale üleminekut mõjutavateks olulisemateks majanduslikeks teguriteks on investeerimisrisk, projekti tasuvus ja ülemineku mõju riigi majandusele. Tuulegeneraatorite näol on tegu küllaltki kuluka tehnoloogiaga, mis antud stsenaariumi korral tähendab suurt alginvesteeringut. USA Energeetikaministeeriumi (2022) koostatud raporti kohaselt maksis 2021. aastal elektrituulik keskmiselt 1500\$/kW kohta, ehk tolle aasta keskmise vahetuskursiga ligi 1270€/kW. Võrdluseks on Eesti Tuuleenergia Assotsiatsiooni (n.d.) andmetel suurem osa Eestis püstitatud elektrituulikute nimivõimsusega üle 1 MW, suuremad seadmed aga 5-6 korda võimsamad. Seega ulatub juba üksiku taolise tuuliku maksumus miljonitesse eurodesse. Kui riigi majanduse ning energiaettevõtete käekäik on kehvast seisust, siis on väga keeruline niivõrd mahukale plaanile rahastust leida. Teisalt on projekti õnnestumise oluliseks faktoriks prognoositav tasuvus, mille kehva väljavaadete puhul ei pruugita tuuleenergiale üleminekut isegi kaaluda. Riigi ja kohaliku omavalitsuse seisukohast on suurinvesteeringute hindamise puhul lisaks ettevõtmise enda tulususele tähtsal kohal ka mõju majandusele üldisemalt, mis väljendub seostes ettevõtluse arengu või töökohtade juurdekasvuga.

Sotsiaalsest aspektist mõjutavad täielikult tuuleenergiale ülemineku võimalusi oluliselt ühiskonna meelestatus ettevõtmise suhtes, energiajulgeoleku olukord ning mõju rahvatervisele. Kuna niivõrd suure ettevõtmise teostumisel on oluline roll rahvasaadikutel nii kohalikes omavalitsustes kui ka parlamendis ja nende mandaat oleneb otseselt valijate toetusest, siis on otsustajatel keeruline avalikkuse tahtest mööda vaadata. See tähendab, et projekti õnnestumise nimel on tähtis kaasata kogukond otsustusprotsessidesse ja tõsta inimeste teadlikkust projekti positiivsetest ning negatiivsetest külgedest ja võimalikest kohalikest mõjudest. Antud tegurit ilmestab Kantar Emori 2021. aastal koostatud „Tuuleparkide Meelsusuuring“, mis näitab, et neist vastanutest, kes on juba mingi aja elanud tuuleparkide läheduses, toetab 71% maismaa tuuleparkide laiendamist, samas kui nende seast, kelle kodu lähedale alles planeeritakse esimeste tuulikute püstitamist, on 58% projekti vastu.

Energiajulgeoleku eesmärgid mõjutavad tuuleenergiale üleminekut nii positiivselt kui negatiivselt, omades seeläbi efekti ka ühiskonna sotsiaalsele heaolule.

Ühest küljest aitab täielikult tuuleenergial põhinev elektrisüsteem kasvatada riigi energiasõltumatust tänu tuginemisele sisemaisele energiatoodangule. Seega mõjutaks mõne naaberriigi energiapakkumise vähenemine rahva sotsiaalset heaolu vähe. Teisalt aga langeb täielikult tuuleenergiale ülemineku tulemusena energiabilansi mitmekesisus, suurendades nii pakkumissõkkide põhjustatud turu haavatust. See tähendab, et tuleks hoida ka alternatiivseid elektri tootmise varutehnoloogiaid.

Tuuleparkide kohta koostatud meelsusuuringus uuriti inimestelt arvamust seoses tuulikute mõjuga nende enda tervisele. Tulemustena selgus, et 36% küsimustiku täitjatest oli arvamusel, et tuulikutel on negatiivne mõju vastaja tervisele. (Kantar Emor, 2021)

Mitu Ameerikas koostatud tööd (Johannsen, Osterberg, Thorne, 2019), (Berg et al., 2016) on jõudnud aga järeldusele, et kuigi tuulikutega kaasnevad tegurid võivad inimesi häirida, siis tervisekahjustusi need tegelikkuses ei põhjusta.

Tehnoloogilistest teguritest mõjutavad tuuleenergiale üleminekut vastava tootmistehnoloogia hetkeseis ja areng ning elektritaristu olukord. Üheks ülemineku nurgakiviks on tuuleenergia abil pakutava toodangu ebaühtlust tasakaalustava piisava võimekusega elektrienergia salvestamise lahendused, kuhu saaks paremate tuuleolude korral varuda tootmise puudujääkide korvamiseks mõeldud energia. Praegusel hetkel sellised salvestussüsteeme Eesti elektrisüsteemis sisuliselt pole (Elering, 2022). Samas on juba tehtud märkimisväärsed edusamme muutmaks salvestussüsteeme odavamaks ning efektiivsemaks (Larcher & Tarascon, 2015). Teisalt peab elektri infrastruktuur olema võimeline vastu võtma

ning üle riigi laiali saatma uute tootmisüksuste toodangut. Elektri põhivõrgu kaardilt on näha, et praegu liigub suurem osa elektri tootmiseks sobilikest kõrgema pingega liinidest Ida-Virumaalt läbi mandriosa ning tuuletoodanguks parimad läänepoolsed rannikualad või saared on pigem kehvasti varustatud (Elering, 2023). Seega tuleks lisaks uutele tootmisüksustele investeerida ka elektrivõrgu arendamisesse.

Juriidiliselt poolelt on olulisteks üleminekut mõjutavateks teguriteks seadusandlus, riiklikud energiamajanduse arengukavad ning rahvusvahelised kokkulepped. Nii on näiteks Pariisi kliimakokkuleppega nõustunud suur osa maailma riikidest püüdlema laialdasema roheenergia kasutuse ning väiksema ökoloogilise jalajälje suunas (Ühinenud Rahvaste Organisatsioon, 2015). Teisalt suunavad Eesti energiasektorit laialdasema tuuleenergia kasutuselevõtu poole Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi (2017) koostatud „Energiamajanduse riiklik arengukava aastani 2030“ ning Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi, Keskkonnaministeeriumi ning Maaeluministeeriumi (2019) koostatud „Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030“, mis näevad ühe lahendusena rohe-eesmärkide saavutamiseks senisest suuremas koguses tuulest genereeritud elektrit. Kolmandaks oluliseks tuuleparkide laiendamise juriidiliseks faktoriks on riiklikud regulatsioonid, mida tuuleparkide loomisel tuleb järgida. Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskuse ning MKM-i koostöös sündinud „Kohalike omavalitsuste tuule- ja päikeseenergia käsiraamatus“ on tuuleenergia arendamist piiravad õiguslikud aktid jaotatud kitsenduste iseloomu põhjal viide gruppi: administratiivsed nähtused, keskkonnakaitse, tehnovõrkude, transpordi rajatiste ning veekogude ja hüdrograafiliste rajatiste kaitsevööndid (Kirsimaa, Nõges, Rehema & Suik, 2020). Lisaks nimetatutele takistavad siiani tuuleparkide ehitust kaitseotstarbeliste radarite omadustest tulenevad kõrgete tuulikute piirangualad, mis on kujutatud lisa 5. Seega on tuulikute potentsiaalsetel arendusaladel ka juriidilisi tõrkeid. Terje Talvi sõnul on riigikaitsele piirangud aga aastaks 2025 kadumas, seoses uute kaitseradarite soetusega (Annus & Lokk, 2021). Piirangute muutust illustreerib lisa 5.

Keskkonna vaatepunktist on tuuleenergia laialdasema kasutuselevõtu põhilisteks faktoriteks Eesti tuuleolukord ning tuuleressursi ebaühtlus. Ühelt poolt peetakse Eesti tuuleolusid tänu asukohale Läänemere rannikul energia tootmiseks sobivaks (Ahven, Lokk, Potisepp, & Tammist, 2014). Seejuures mõjutab generaatorite tootlikkust enim just tuule kiirus, kus kahekordsel kiiruse kasvul tõuseb toodetava energia hulk kaheksa korda (Muiste & Veskimeister, 2013). Kuna tuulest elektrienergia tootmise näol on tegu kütuseta energialiigiga, siis on tuul antud kontekstis ammendumatu energiaressurss. Teisalt on tuule puhangud aga muutlikud, mõjutades seeläbi tuulikute tootlikkust. Seega tekib täielikult

tuuleenergiat põhineva elektrisüsteemi puhul selge risk, et sobimatu ilmastikuga ja salvestusvahendite puudumisel tuleb arvestada elektri puudujäägiga.

Kuigi ühe välistegurina on tuuleparke tabanud kriitika seoses ohuga, et linnud lendavad vastu tuulikulabasid ja vigastavad end, siis Drachmanni, Waagneri ning Nielsen (2020) poolt läbi viidud uurimusest selgus, et vaatluste käigus Põhja-Taani tuulepargist üle lennanutest suutis edukalt labasid vältida rohkem, kui 99% lindudest.

Kokkuvõtlikult saab PESTLE tulemusena öelda, et Eesti elektritarbimise täielikku katmist kodumaise tuuleenergiaga mõjutavaid väliseid tegureid leidub igas analüüsi kategoorias.

Positiivselt poolelt aitavad taolisele muutusele soodsat pinnast enim luua rohelahendusi, energiajulgeolekut ning seeläbi ka sotsiaalset heaolu soosivad energiakavad koos Eestis esinevate heade tuuleoludega. Energiasektori reformimine on keeruline, tervet ühiskonda puudutav projekt, mis vajab edu saavutamiseks hoolikat planeerimist, juhtimist ning toetust, samas on eelpoolmainitud vähe abi, kui valitud energialiik sihtkohta absoluutselt ei sobi. Tähelepanuta ei saa ka jätta valdkonda järjepidevalt edasiviivat tehnoloogia arengut, mis läbi konkurentsivõime olulise parandamise on tõstnud tuuleenergia tõsiselt võetavaks tulevikulahenduseks. Ametisse astunud valitsus on koalitsioonileppes lubanud panustada taastuvenergeetikaga haakuvate salvestusvõimsuste rajamisesse (Vabariigi Valitsus, 2023).

Teisalt selgus analüüsi tulemusel ka mitmeid tuuleenergie üleminekut pärssivaid väliseid tegureid. Taolise projekti edu sõltub suuresti rahva ning poliitikute meelestatusest uue lahenduse suhtes, seejuures näitab statistika, et vähene kokkupuude teemaga ei takista inimesi olemast muudatuste suhtes negatiivselt meelestatud. Samas ei pruugi isegi üldsuse soosing tagada ülemineku sujuvust, kuna tuuleparkide arendamist mõjutab ka hulgaliselt juriidilisi piiranguid.

SWOT analüüs on strateegilises juhtimises ning planeerimises kasutatav raamistik, mille abil hinnatakse organisatsiooni, ettevõtet, projekti või tegevusplaani mõjutavaid tegureid. SWOT analüüsi raamistik jaotab neli tegurite gruppi omakorda kahte mõõtmesse: välifaktorid ning sisemised faktorid. Nimi SWOT on inglise keelne anagramm sõnadest strengths (tugevused), weaknesses (nõrkused), opportunities (võimalused) ning threats (ohud), neist esimesed kaks moodustavad sisemised tegurid ning järgmised kaks välised tegurid. (Gürel & Tat, 2017)

Visuaalselt saab SWOT analüüsi raamistikust koostada nelja lahtriga nelinurga, kus ülemised kastid kujutavad organisatsiooni või projekti sisemisi faktoreid, alumised aga

väliseid. Jaotuse saab teha ka vasaku ning parema veeru vahel, kus vasak kujutab soositavaid tegureid, parem pool aga eesmärkide mõttes negatiivseid (Ibid.).

Tabel 1

SWOT raamistik

Tugevused • Emissioonivaba tootmine • Tulusus ei sõltu kütuse hinnast • Kulukindlus • Tuluartikkel riigile	Nõrkused • Tehnoloogia kallidus • Toodangu kõikumine • Ebasobiva planeeringu korral visuaalne reostus • Energeetikasektori tööhõive langusest tekkiv lisakulu
Võimalused • Head tuuleolud Eestis • Aitab tagada sõltumatuse importenergiast ja kasvatada seeläbi sotsiaalset kindlustunnet • Tehnoloogia areng • Ammendumatu ressursi varu • Riiklikud ning rahvusvahelised eesmärgid taastuvenergia osakaalu energia tootmisel suurendada	Ohud • Sõltuvus ühest energiakandjast suurendab riski elektrienergia pakkumishäire osas • Kohaliku elanikkonna vastuseis • Infrastruktuuri ümberehitamise vajadus • Arendused on aeganõudvad • Poliitilised ebastabiilsused • Arendusalade juriidiline piiratus

Allikas: autori koostatud

Eelnevas punktis läbi viidud PESTLE analüüs keskendus Eesti elektritarbimise katmiseks täielikult kodumaisel tuuleenergial põhinevale tootmisele üleminekut mõjutavaid väliseid faktoreid. Seega on SWOT raamistiku alumised lahtrid, ehk projekti väliselt mõjutavad tegurid, täidetud oluliseimate PESTLE analüüsi tulemustega.

Välistest teguritest on põhilisteks täieliku tuuleenergia kasutuselevõtu võimalusteks Eestis esinevad head tuuleolud ning tuule, kui energiaallika ammendamatud varud. Samuti aitaks taoline muutus kaasa importenergiast sõltuvuse vähendamisele ja seeläbi energiapuuduse tõstmisele. Oluliseks üleminekut soosivaks tehnoloogiliseks faktoriks on tuuleenergiat puudutava tehnoloogia pidev areng, mis annab lootust tulevikus ehitada praegusest kõrgema tootlikkusega seadmeid ja ennetada pakkumishäireid läbi salvestustehnoloogia laialdasema kasutuselevõtu võimaluste. Tähtsa positiivse välise faktorina toetavad tuuleenergia laialdasemat kasutuselevõttu ka riiklikes ning rahvusvahelistes kliimakavades püstitatud madalama emissioonimäära ning suurema taastuvenergia osakaalu saavutamise eesmärgid.

Oluliseimateks ülemineku suhtes negatiivseteks välismõjudeks on tuuleparkide arenduste pikk vältus, elanikkonna negatiivne meelestatus tuuleparkide suhtes, ebapiisav

infrastruktuur, poliitilised tõrked ning seadusandlusest ja riigikaitse eesmärkidest tulenev arendusalade piiratus. Kõike seda on probleemina kirjeldatud ka järgmises lõigus, Eesti tuuleenergeetika planeerimise arendamiseks koostatud juhtumianalüüsis.

„Tuuleparkide planeerimist on takistanud muuhulgas bürokraatia ja ametkondade ning omavalitsuste leige suhtumine ning motivatsiooni puudumine, liitumisvõimalused ülekandevõrguga, looduskaitse- ja riigikaitse- piirangud, kohalike kogukondade vastuseis ja piiratud asjakohaste kogemuste ja teadmistega tööjõuressurss taastuveneergeetika planeerimiseks.“ Samas toovad töö autorid välja, et viimastel aastatel on toimunud mitmes valdkonnas positiivseid muutuseid, mis eeldatavasti vähendavad projektide koostamise piiranguid. (Kaas, Lopman, Metspalu, Oidjärv & Zernant, 2023, p. 14)

Kui ühelt poolt tõstaks täielik üleminek tuuleenergiale Eesti sõltumatust importenergiast, siis teisalt mõjuks selline muutus energiajulgeolekule negatiivselt, suureneks ühel energiakandjal põhineva süsteemi haavatavus pakkumissokkidele. Majanduslikest aspektidest kujutab ohtu elektrihindade kõikumine ning sellest tulenev investorite ning riigipoolne investeringu tulususe kõikumine. Väliseid mõjusid on täpsemalt kirjeldatud PESTLE analüüsi osas.

Tuuleenergial põhinevale elektrisüsteemile ülemineku sisemiseks keskkondlikuks tugevuseks peab töö autor tuulikute madalat õhusaastet ning sellest tulenevat kooskõla tulevikku vaatavate energeetika jätkusuutlikkuse plaanidega.

Valdav osa emissioonist tekib tuulikute tootmisel ja püstitamisel, väike osa hooldustööde käigus, energia tootmise käigus aga tuulegeneraatorid lisaheidet ei tekita. Võrdluses fossiilsetel kütustel põhinevate elektrijaamadega on saaste kogus kokkuvõttes oluliselt madalam. (Islam, Rahim, Saidur, Solangi, 2011)

Majandusliku nurga alt on ülemineku üheks tugevuseks tuuleenergia kütusevabadus ning sellest tulenev suurem toodangu hinna stabiilsus. Kui tehnoloogia on juba püstitatud, siis ligipääsule tuuleressursile on tasuta ja ainsa edaspidise kulu moodustab hooldustöö. See tähendab, et kui tuulikud rikki ei lähe, siis on need suutelised minimaalse välise sekkumisega asuma investeringut tasa teenima. Samuti on sellisel juhul võimalik küllaltki täpselt arvestada investeringu tasuvusaega, negatiivse faktorina võib seda küll mõjutada elektri hinna kõikumine. Terje Talvi sõnul kujutavad riigi korraldatavad uutele tootmisüksustele suunatud taastuveneeria vähempakkumised endast justkui pikaajalisi elektri ostu-müügi lepinguid (Annus & Lokk, 2021). Antud meetmega luuakse tootjatele hinnapõrand, mis aitab toodangu müügi prognoosimatust aga leevendada.

Täieliku tuuleenergiale ülemineku puhul on potentsiaal muuta Eesti taas elektrit eksportivaks riigiks, kasutades õigeaegselt ära naaberriikide energiaturu pakkumispuudusi. Seeläbi teeniksid nii riik kui eraettevõtjad otsese müügi ning maksude pealt lisatulu, panustades nii otseselt Eesti majandusse. Statistikaameti andmetel ületas kuni 2018. aastani Eesti elektrieksport iga-aastaselt importi, kuid alates 2019. aastast on olukord pöördunud. Olukorra üheks põhjustajaks oli CO₂ kvootide hinnatõusust tulenenud põlevkivi konkurentsivõime langus, mistõttu muutus mingitel perioodidel mõistlikumaks osta elekter välismaalt (Keskkonnaministeerium, 2021). Seejuures tekib riigil tänu madala CO₂ emissiooniga tehnoloogiale üleminekuga võimalus teenida veelgi lisatulu üle jäävate CO₂ kvootide müügist avalikule turule.

Eesti elektritootmise täieliku üleviimisega tuuleenergiale esineb aga ka mitmeid sisemisi nõrkusi. Ühest küljest on tuulegeneraatorite näol tegu tehnoloogiaga, mille tootlikkus tõuseb kahekordse tuule kiiruse kasvuga kaheksa korda, selle tarbeks on lihtsaim lahendus aga tõsta generaatori tiivik kõrgemale (Muiste & Veskimeister, 2013). See tähendab, et mõistlik on koheselt investeerida kõrgete ning võimsate tuulikute arendusse. USA Energeetikaministeeriumi (2022) andmetel oli 2021. aastal USA-s keskmine elektrituuliku hind kilovati kohta 1270€ ning arvestades, et praegusel ajal planeeritavate tuulikute võimsused on mitu megavatti, siis teeb see arvestatava võimekusega tuuliku hinnaks üle miljoni Euro, millele lisanduvad veel infrastruktuuri ning püstituskulud (Bolinger & Wiser, 2022). See tähendab, et tuulikute mõistliku kõrguse, tootlikkuse ning võimsuse suhtest tekib kõrge maksumus, koos sobiliku maa omandamise tasuga, muudab tuuleparkide arendamine väga kulukas. Uudami (2012) sõnul on madalatel kõrgustel Eestis energia tootmiseks head tuuleolud ainult saartel ning rannikul. Seega on väikeste elektrituulikute jaoks sobilikku maad võrreldes sisemandriga oluliselt vähem ning maa hinnad tõenäoliselt kõrgemad. Sellest tulenevalt ei ole väiketootjatel erinevalt päikeseenergiast praeguste tehnoloogia hindade juures mõistlik tuuleenergia tootmisesse siseneda ning isegi riigi ja eraettevõtete jaoks on tuuleparkide arendus märkimisväärt investeering.

Kuigi ühelt poolt on tuuleenergia tugevuseks selle tasuta saadav allikas, siis teisalt muudab põhinemine tuulel tehnoloogia tootlikkuse ettearvamatuks. Ilmastikuoludes võib igal hetkel toimuda anomaaliaid, nii on ka tuule kiirus pidevas kõikumises. Eleringi (2022) sõnul on Eesti energiavõrguga praegusel ajal ühendatud vaid üksikud energia salvestamise seadmed, mis tähendab, et kui riigi elektrisüsteem põhineb ainult tuuleenergial, siis võib tavaolukorrast kehvemate tuuleolude korral esineda elektri pakkumise puudujääki, mis põhjustaks ühelt poolt tarbijatele elektri hinna kõikumist ning teisalt vajadust hakata energiat

välismaalt sisse ostma. Seega soovi korral katta tarbimine siseriiklikult, jääb kehtima tarvidus alternatiivsete tootmismeetodite järgi.

Tuuleenergia kasutuselevõtu laiendamise nõrkuseks on ka ebapiisava planeerimise korral tekkiv visuaalne reostus, mis muudab tuuleparkide piirkonnas vaadet loodusele. Kantar Emori (2021) koostatud tuuleparkide meelsusuuring leidis, et küsimustele vastanutest üle poole oli negatiivselt meelestatud tuuleparkide mõju suhtes maastiku või silmapiiri vaatele. Seega võib tuulikute visuaal esialgu raskendada dialoogi arendajate ning kohalike elanike vahel. Sama uuring leidis aga, et inimesed, kelle kodu lähedusse on juba taolisi parke ehitatud, on valdavas osas tuuleenergia laiendamise poolt.

Teisalt võib visuaalne reostus aga vähendada Eesti majanduse tulu loodusturismist, kuna kuuldused nõ. rikutud loodusvaatest võivad panna reisijaid valima sihtpunktidena teisi riike. Tuulikute visuaalset mõju hindavate uurimuste põhjal koostatud varasemate teadustööde analüüs jõudis aga järeldusele, et hea planeeringu korral puudub tuuleparkidel turismi vähendav negatiivne mõju ning vastupidi võivad need just külastajate arvu suurendada (Shannon, 2021).

Potentsiaalsete visuaalsete häiringute vältimiseks soovitatakse tuuleparkide planeerimisel viia läbi avaliku arvamuse analüüs, arvestada teiste maamärkide nähtavusega ning valida õige kõrguse ning võimsusega tuulikud. Lisaks testida tuuliku sobivust konkreetsele maastikule läbi arvutiprogrammide kasutamise (Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon, 2004. Mitte ligipääsetav). (Kirsimaa, Nõges, Rehema & Suik, 2020).

Oluliseks tuuleenergiale ülemineku nõrkuseks on elektritootmise sektori ulatuslikust ümberstruktureerimisest tulenev tööhõive ning regionaalpoliitiline muutus, mis põhjustab omakorda riigi poliitilise ning rahalise sekkumise vajadust. Täielik üleminek tuuleenergiale vähendaks oluliselt vajadust põlevkivisektori praeguses mastaabis jätkamise suhtes.

Põlevkivitööstus on Ida-Virumaa üks suuremaid tööandjaid pakkudes ametit 5800 inimesele, kelle leibkondades elab kokku 16 000 inimest, samuti on tegu regiooni ühe suurima majandusse panustajaga. Sektori vähenemisel vajaksid täiend- või ümberõpet 2800 inimest praegusest tööjõust, seniste töökohtade kadumine koostöös korrastatud elamupindade puudusega suurendab tõenäosust ulatuslikule ümberasumisele Eesti teistesse piirkondadesse, kasvatades nii Ida-Virumaa ääremaastumise riske. (Arrak et al., 2020).

Kokkuvõtvalt on põhilisteks Eesti elektritarbimise täielikku katmist kodumaise tuuleenergiaga soosivaks sisemiseks keskkondlikuks teguriks madal õhusaaste, sellest tulenevalt tekib majanduslikust küljest juurde võimalus ülejäävate CO₂ kvootide müügiks või kasutuseks teistes tööstusharudes. Antud tegur koostöös potentsiaaliga muutuda taas elektrit

eksportivaks riigiks, avab omakorda võimaluse riigile tulu teenida. Lähenedes üleminekule majanduslikust aspektist, moodustavad piisava, tarbimise katmiseks vajaliku koguse tuulikute ehitamine koos maaomandamise vajaduse ning infrastruktuuri arendamisega väga suure alginvesteeringu. Kui ühel hetkel jõutakse aga elektri tootmise ning müümiseni, on tänu tasuta tuuleressursi olemasolule tegu pikas plaanis stabiilset tootlikkust näitava tehnoloogiaga. Sotsiaalsest ning keskkondlikust aspektist nõuab tuuleparkide püstitamine hoolikat, kogukondi ning eksperte kaasavat planeerimist, vältimaks looduskeskkonna minimaalsest suuremat kahjustamist ning vähendamaks ühiskonna vastuseisu. Täielik elektritootmise üleminek tuuleenergiale vähendab paratamatult põlevkivisektori suurust ning mõjutab seeläbi oluliselt Ida-Virumaa tööhõivet. Seega tuleks korraldada osale töolistest täiend- või ümberõppe võimalused ning luua regiooni uusi töökohti, vastasel juhul võib Ida-Virumaad oodata ääremaastumine.

Analüüsi tulemusel saab järeldada, et Eesti elektritarbimise täielik katmine kodumaise tuuleenergia toodanguga on tehtav, kuid keeruline protsess. Ühest küljest vajaks see rohkelt aega, seoses erinevate sektorite mõjude hindamise, planeerimise ning juriidiliste teguritega. Teisalt oleks tarvis teha Eesti mõistes hiigelinvesteering tulenevalt tehnoloogia kalliduse, infrastruktuuri arendamise, maa-alade soetamise ning sotsiaalmajanduslike mõjude katmisega kaasnevast kulust. Praeguse ebapiisava energia salvestamise vahendite olukorra tõttu, peaks ainult kodumaise elektrienergiaga kaetuse eesmärgil seejuures säilima, vähemalt tagavarana, muul ressursil toimiv elektrienergia tootmise lahendus. Seega on üleminek nii teoorias kui praktikas teostatav, kuid salvestustehnoloogiate puuduste ning energiabilansi üksluiseks muutumise tõttu ei ole üleminek mõistlik.

3.2. Tuuleenergia täieliku kasutuselevõtu majandusarvutused

Majandusarvutuste läbiviimiseks kasutatakse Eesti elektrisüsteemi halduri Elering koostatud elektri tarbimisprognoosi, Tootsi-Sopi tuulepargi arendaja ning kohaliku omavalitsuse andmeid. Ülemineku sihiks on võetud 2030, kuna aasta tähistab praeguse energiamajanduse arengukava lõppu, mille järel võib riiklik energiaplaan taas uue suuna võtta.

2022. aasta varustuskindluse aruandes koostatud prognoosi kohaselt on aastaks 2030 Eesti-sisene aastane elektritarbimine 9,4 TWh (Elering, 2023). Elektrivõrku on Eestis hetkel ühendatud elektrituulikuid koguvõimsusega 320 MW ja viimane tootmisvõimsus ühines võrguga aastal 2020 (Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon, n.d.). Seega arvutatakse senise tuuleenergia toodangu keskmine vahemikust 2020-2022.

Vaadeldavate aastate jooksul on tuuleenergia toodang igal aastal langenud, liikudes 2020. aasta ~824 GWh-lt 2021. aastaks ~734 GWh-ni ning 2022. aastaks ~664 GWh-ni. Seega on seniste tootmisüksuste viimase kolme aasta keskmiseks toodangu mahuks olnud ~741 GWh. (Elering, 2023)

Enefit Greeni (n.d.) kodulehel on kahe aasta pärast valmiva Tootsi-Sopi tuulepargi koguvõimsuseks märgitud 255 MW ning prognoositavaks aastaseks elektritoodanguks ~700 GWh. Seega on nimetatud tootmisüksuse valmimisel oodata sisuliselt Eesti tuuleenergia toodangu kahekordistumist, jõudes eelnevate aastate keskmise ning projektist lisanduva toodanguga 1441 GWh-ni aastas. Katmaks 2030. aastaks prognoositav elektri tarbimine täielikult tuuleenergiaga ning eeldusel, et kõik pargid täidavad enda toodangu prognoosi, tuleks juurde ehitada aga vähemalt 12,37-kordselt Tootsi-Sopi tuulepargi tootmismahuga üksuseid. Eelmises peatükis koostatud SWOT analüüsis on välja toodud, et tuuleenergia üheks nõrkuseks on toodangu ebastabiilsus, millest annab märku ka 2020. aasta ning 2022. aasta tuuleenergia võrku antud 160 GWh-ne muutus. Seega tuleks elektri varustuskindluse tagamiseks ehitada juurde 13 Tootsi-Sopi tootmismahuga tuuleparki. Iga uue üksuse prognoositav 700 GWh-ne toodang, koos praeguste parkide viimase kolme aasta keskmise näitajaga, viiks kokku elektritoodangu 9,84 TWh-ni, ehk jätaks võrreldes ennustatava tarbimisega varu 440 GWh.

Tootsi-Sopi tuulepargi investeeringu suurus on ~305 mln € (Enefit Green, n.d.). See tähendab, et identsete kuludega juurde ehitatavate 13 tuulepargi investeeringu suurus oleks ~3 965 miljardit €.

Eesti elektritootmise sektor on fossiilsete kütuste kasutamise tõttu olnud läbi aegade suure keskkonna jalajäljega, tõustes 2021. aastal selles arvestuses taas Euroopa Liidus esimeseks. Kõnealusel aastal paiskas Eesti elektritööstus iga toodetud kilovatt-tunni pealt õhku 946 g CO₂ ekvivalenti, ületades Euroopa Liidu keskmist (275 g CO₂ e/kWh) rohkem, kui kolmekordselt. Sarnane suhe esines ka mitmetel varasematel aastatel. (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2023)

Nagu töös eelnevalt välja toodud, siis tuuleenergia näol on tegu küllaltki puhta energialiigiga. Dolani ning Heathi (2012) koostatud tuuleenergeetika põhjustatud kasvuhoonegaaside uurimusest selgub, et keskmiselt toodavad elektrituulikud oma eluea jooksul 12 g CO₂ e/kWh. See tähendab, et täielikul üleminekul tuuleenergiale oleks potentsiaali vähendada Eesti elektritööstuse kasvuhoonegaaside emissiooni ~79 korda.

2021. aastal toodeti Eleringi (2023) andmetel Eestis kokku elektrienergiat 6 331 882 MWh ehk 6 331 882 000 kWh, korrutades selle samal aastal elektritoodangust tekkinud 946

grammi CO₂ ekvivalendiga kilovatt-tunni kohta, teeb see õhku paisatud kasvuhoonegaaside koguseks ~5 989 960 t. Tuuleenergia ~79 kordselt madalam saastamine oleks sama elektri koguse juures õhku paisanud 75 882,3 t emissiooni, ehk kokkuvõttes oleksid heitkogused vähenenud 5 914 138 tonni võrra. Kuna kasvuhoonegaaside emissiooni langus oleks toimunud terve aasta vältel, siis on CO₂ kvoodi väärtus on leitud iga kvartali madalaima ja kõrgeima hinnataseme keskmise ning seejärel kõigi kvartalite koondkeskmise arvutamisega. Antud meetodil on 2021. aasta kvartalite keskmiseks kvoodi hinnaks 54,17€, mis korrumismisel potentsiaalselt kokku hoitava heitkoguste ühikutega teeb summaks 320 368 855 €. See moodustaks ligi 8% parkide hinnangulisest alginvesteeringust. Antud kogust kvoote saaks kasutada teistes tööstusharudes või müüa kvootidega kauplemise turul, teenimaks raha riigieelarvesse ning kiirendamaks projektide tasuvust. Seejuures tuleb aga meele pidada, et seoses põlevkivi kasutuse vähenemisega jääks kohalike omavalitsuste ning riigieelarvesse laekumata osa maavarade kasutuse eest teenitavast ressursimaksust.

Täielikult tuuleenergial põhinevale elektritootmisele üleminekut puudutava maavajaduse arvutamiseks võetakse baasreferentsiks Tootsi-Sopi tuulepargi planeeringuala suurus 4150 ha (Vändra Vallavalitsus, 2016). 2030. aasta elektritarbimise turvaliseks katmiseks oleks tarvis ehitada sama tootmismahuga tuuleparke vähemalt 13-kordselt, mis teeb kogu maavajaduseks 53 950 ha. Teemaplaneeringus on iga tuuliku ning tuulemõõdu torni maaüksuse suuruseks määratud 4 ha, iga ehitise maksimaalseks ehitusaluseks pinnaks aga 500 m² ehk 0,05 ha (Ibid.). See annab märku võimalusest tootmisüksuste vahelisel alal tegeleda muu majandustegevuse, näiteks päikeseenergia tootmise või pinnase sobivuse korral põllumajandusega, kasutades nii maa-ala efektiivsemalt ära. Hoolimata tuuleparkide planeerimisprotsesse saatvast sagedastest protestidest võib arvutuse põhjal väita, et ka 13 Sopi-Tootsi võimsusega tuulepargi rajamine ei võta Eesti geograafilisest territooriumist rohkem kui 0,05% ehk maakasutus ei tohiks olla tuuleparkide rajamisel kriitilise tähtsusega takistuseks. Näiteks omavad maakasutuse seisukohast tuuleenergia arendamise potentsiaali ammendunud põlevkivikarjäärid ja tuhajäätmete ladestusalad. Tegemist on suurte inimtühjade tööstuslike maa-aladega, mis pakuvad tegutsemisvõimalusi valdkondades, mida kogukonnad sageli oma naabruses ei talu.

Kokkuvõte

Viimastel aastatel maailma tabanud energiakriis on andnud märku, et liigne sõltuvus välismaisetest energiaallikatest tõstab riikide haavatust poliitilisele ning majanduslikule mõjutatusele. Paremal tasemel varustuskindlus, energiajulgeolek ning suuremas osas sisemaisel allikatel põhinev energiatootmine peaksid olema prioriteedid, läbi mille taoliste kriiside negatiivset efekti vähendada või lausa vältida.

Antud lõputöö keskendus Eesti varustuskindluse, energiajulgeoleku ning energiasektori olukorra analüüsimisele ning tuuleenergia laialdasemat tarvitamist mõjutavate positiivsete ja negatiivsete tegurite välja selgitamisele. Töö teoreetilises osas avati varustuskindluse ning energiajulgeoleku taust ning nende kindlustamiseks kasutatavad meetodid.

„Varustuskindlus on normaalolukorras kasutatav mõõdik, mis näitab energia pakkumise adekvaatsust nõudlusega võrreldes. Varustuskindlus näitab, kas tarbijale on tagatud energia kättesaadavus vajalikul hulgal, nõutud ajal ja vastuvõetava hinnaga.“ (WEC, 2014)

Varustuskindlus on energiajulgeoleku üks oluliseimaid aluseid, luues tarbijale ühiskonnas kindluse vajaduspõhiseks ligipääsuks sobivale energialiigile.

Energiajulgeolek jaotub suures plaanis kaheks: lühi- ning pikaajaliseks. Lühemas perspektiivis tähendab energiajulgeolek võimet reageerida energiaturu ootamatute tarnehäirete korral. Selle jaoks peavad riikides eksisteerima kriisiolukordades kasutatavad kütusereservid, mis on suutelised korvama tõrgetest tuleneva turu puudujäägi ja toimepidev jaotussüsteem. Eestis on taolisteks mehhanismideks tarnete poolel stabiilsel ajal kogutud riigi vedelkütuste varu ja tarbimise poolel toimepidevad autonoomse elektritoitega tanklad ning elektrisüsteemis Eesti või Baltikumi suurima elektrijaama rivist langemise korral kasutusele võetav Kiisa avarielektrijaam. Mootorikütuste ning maagaasi varustamisega tegeleb Eesti Varude Keskus ning maagaasi ja elektri põhivõrgu ettevõtte Elering.

Pikas perspektiivis tähendab energiajulgeolek energiasüsteemi kujundamist selliselt, et tootmise poolel kasutatakse võimalikult mitmekesiseid energiaallikaid ning ei olda suures sõltuvuses üksikutest tarnijatest. Seejuures peab energiatüüpide valik toetama majanduse arengut ning olema kooskõlas looduskeskonna vajadustega. Olulisel kohal on töökindel ning piisav energiataristu, kindlustamaks tarbijate vajaduste katmise võimalused.

Töö järgnevas peatükis analüüsiti Eesti energiasektori hetkeseisu ning selle suures osas põlevkivil põhinemise tugevusi ja nõrkuseid.

Suurimateks energiat kasutavateks sektoriteks Eestis on kodumajapidamised ning transport, mis moodustasid 2021. aastal kogu sisetarbimisest vastavalt 34,6% ja 30%.

Seejuures on kodumajapidamised koos äri- ning avaliku teeninduse sektoriga ka suurimad elektrienergia tarbijad, moodustades 2021. aastal elektri kogutarbimisest ligi 62%.

(Statistikaamet, 2023, KE0240)

2021. aastal kasutati elektri tootmiseks enim põlevkivi, millest toodeti 36571 TJ väärtuses energiat. Tooraine kodumaise päritolu ja pikkade traditsioonide tõttu on põlevkivi olnud läbi aegade sektori suurim energiaallikas. Viimase paari aasta CO₂ heitekvootide hinnatõusu tõttu langes aga põlevkivi kasutus võrdluses 2017. aastaga ligi kolm korda. (Ibid.)

Hoogu on kogumas taastuvenergia kasutamine soojus- ning elektrienergia tootmiseks. Eesti Energiamaajanduse arengukava näeb ette, et aastaks 2030 moodustaks taastuvate allikate kasutus energia lõpptarbimisest vähemalt 50% ning primaarenergia toodangust vähemalt 28%. (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2017)

Taastuvenergia kasutuse suurenemise põhjuseks on eelkõige põlevkivi kasutamise kõrgetest kasvuhoonegaaside näitajatest tulenev konkurentsivõime langus võrreldes loodussõbralikemate energiaallikatega. Teisalt on põlevkivi näol tegu olnud aga Eesti majandusse oluliselt panustava tööstusharuga, mille vähenemine omab sotsiaalmajanduslikke riske, eriti Ida-Virumaal.

Töö empiirilises osas uuriti erinevate taastuvenergiail põhinevate lahenduste rakendamise ulatuslikkust, nende tugevusi ning nõrkusi. Eestis enim kasutatavateks kütusevabadeks taastuvenergia liikideks on hüdro-, päikese- ning tuuleenergia. Hüdroenergia osakaal on nimetatutest selgelt madalaim, kuna Eestis leidub vähe vastava tootmismeetodi jaoks sobilikke kiirevoolulisi ning suure kõrgustevahega pinnaveekogusid. Tuule- ning päikeseenergia ressursi loetakse tänu headele tuuleoludele ning rohkele päikesepaistele aga oluliselt paremaks. Eestis enim kasutatavaks taastuvaks energiaallikaks on biomass, mis erineb aga eelnevalt nimetatutest taastuvusaja ning kõrgema emissiooni tõttu.

Järgnevates peatükkides koostati PESTLE ning SWOT tüüpi analüüsid, selgitamaks välja oluliseimad Eesti elektritarbimise täielikku katmist kodumaise tuuleenergiaga mõjutavad tegurid ning hindamaks ettevõtmise võimalikkust. Fookusesse võeti just tuuleenergia, kuna riiklikud energiaspektori arengukavad peavad antud tootmisviisi väljavaateid võrreldes teiste taastuvate lahendustega kõige perspektiivikamateks. Analüüside tulemusena selgus, et kui ühest küljest räägivad tuuleenergiale ülemineku kasuks tehnoloogia keskkonnasõbralikud omadused, siis teisalt vajab taoline siire väga suurt alginvesteeringut. Kui väljaminek on tehtud, siis on pikas plaanis tegu küllaltki kindla tootlusega lahendusega,

mis aitab vähendada riigi sõltuvust importenergiast. Praegusel hetkel pärsiksid tuuleparkide laialdasemat kasutuselevõttu enim aga rida juriidilisi takistusi koos salvestustehnoloogiate puudusest tuleneva riskiga energiapakkumise kõikumisele ning riigi varustuskindlusele.

Viimases peatükis koostati täieliku ülemineku alginvesteeringu, kokkuhoitavate kasvuhoonegaaside ning vajaliku maa-ala välja selgitamiseks arvutused. Ühelt poolt võeti aluseks Eesti elektritarbimise tulevikuproгноos ning Tootsi-Sopi tuulepargi, kui Eesti suurima valmimisjärgus oleva taastuvenergia projekti andmed ning prognoosid, teisalt aga ajaloolised süsiniku jalajälje ning CO₂ saastekvootide hinnad. Arvutuste tulemusena selgus, et katmaks aastaks 2030. Eesti prognoositav elektritarbimine ainult tuuleenergiaga, tuleks lisaks praegustele tootmisüksustele kasutusele võtta 13 Tootsi-Sopi toodangu prognoosiga parki, mille koguinvesteeringuks kujuneks identsete maksumuse korral ~3 965 miljardit €. Samas aitaks taoline üleminek võrdluses 2021. aastaga vähendada Eesti elektritootmise emissioonide kogust ~79 korda, tekitades nii hea võimaluse kasutamata jäävate CO₂ heitekvootide pealt kiirendada projekti tasuvust.

Kokkuvõttes vajab siseriiklikku tarbimisvajadust kattev Eesti elektritootmise täielik siirdumine tuuleenergiale väga tugevat poliitilist ning sotsiaalset toetust, koos riigi majanduse võimega tulla toime suure alginvesteeringu katmisega. Üleminek on nii teoorias kui praktikas teostatav, kuid salvestustehnoloogiate puuduste ning energiabilansi üksluseks muutumise tõttu ei ole see varustuskindluse vaatest mõistlik.

Kasutatud allikate loetelu

1. All, T. (2014). *Põlevkivi kaevandamise ja kasutamise kumulatiivne mõju loodus- ja elukeskkonnale ning selle indikaatorid*.
https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/8/84/WEC_Eesti._P%C3%B5levkivitoostuse_kumulatiivne_m%C3%B5ju.pdf
2. Ahven, M.-L., Lokk, A., Potisepp, R., & Tammist, R. (2014). *Taastuenergia aastaraamat 2013*.
3. Amelia, A.R., Irwan, Y. M., Irwanto, M., Leow, W. Z., Safwati, I., & Zhafarina, M. (2016). Investigation of the Effect Temperature on Photovoltaic (PV) Panel Output Performance. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 6(5), 682-688.
4. Annus, M., & Lokk, T. (2022). *Taastuenergia aastaraamat 2021*.
<http://www.taastuenergeetika.ee/wp-content/uploads/2022/08/Taastuenergia-aastaraamat-2021.pdf>
5. Arrak, K., Koppel, K., Laurimäe, M., Melesk, K., Michelson, A., Murasov, M., Paat-Ahi, G., & Piwek, A. (2020). *Ida-Virumaa majanduse ja tööturu kohandamine põlevkivitööstuse vähenemisega*. https://www.praxis.ee/wp-content/uploads/2020/12/Lopparuanne_Polevkivitoostuse-kahanemise-mojud.pdf
6. Bajcetic, R., Srdjevic, B., & Srdjevic, Z. (2012). Identifying the Criteria Set for Multicriteria Decision Making Based on SWOT/PESTLE Analysis: A Case Study of Reconstructing A Water Intake Structure. *Water Resources Management*, 26, 3379-3393.
7. Bazilian, M. D., Boshell, F., Gielen, D., Gorini, R., Saygin, D., & Wagner, N., (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24, 38-50.
8. Berg, F., Bower, T., Denning, A., Feder, K., Guay, M., Keith, S. E., Lavigne, E., Marro, L., McGuire, D., Michaud, D. S., Murray, B. J., Than, J., Voicescu, S. A., & Weiss, S. K. (2016). Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3), 1443-1454.
9. Bolinger, M., & Wiser, R. (2022). *Land-Based Wind Market Report: 2022 Edition*.
https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-08/land_based_wind_market_report_2202.pdf

10. Broadbent, H., Brown, S., Ewen, N., MacDonald, P., & Moore, C. (2022). *European Electricity Review 2022*. <https://ember-climate.org/app/uploads/2022/02/Report-EER.pdf>
11. Butler, N. (2022). *The impact of the Ukraine war on global energy markets*. <https://www.cer.eu/insights/impact-ukraine-war-global-energy-markets>
12. Carr, G. (2012, November 21). Sunny uplands. *The Economist*. <https://www.economist.com/news/2012/11/21/sunny-uplands>
13. Chen, T., Gentle, P., & Upadhyaya, K. (2010). The Inflation-unemployment trade-off and the significance of the Interest Rate: Some evidence from the United Kingdom. *Banks and Bank Systems*, 5(1), 87–91.
14. Christodoulou, A., & Cullinane, K. (2019). Identifying the Main Opportunities and Challenges from the Implementation of a Port Energy Management System: A SWOT/PESTLE Analysis. *Sustainability*, 11(21), 6046.
15. Drachmann, J., Nielsen, H. H., & Waagner, S. (2020). *Klim Vindmøllepark Monitoring af fuglekollisioner*. https://group.vattenfall.com/contentassets/36627206e80942949cf3f5e1ab2a7601/klim-vindmollepark_monitoring-af-kollisioner_endelig-rapport_resume_160120.pdf
16. Dubey, S., Sarvaiya, J. N. & Seshadri, B. (2013). Temperature Dependent Photovoltaic (PV) Efficiency and Its Effect on PV Production in the World – A Review. *Energy Procedia*, 33, 311-321.
17. Eesti Energia, Kiviõli Keemiatööstus, TalTech Virumaa Kolledži Põlevkivi Kompetentsikeskus & Viru Keemia Grupp (n.d.). *Eesti põlevkivitööstuse aastaraamat 2021*.
18. Eesti Konservatiivne Rahvaerakond (2023). *Eesti Konservatiivse Rahvaerakonna 2023. aasta Riigikogu valimiste programm*. https://ekre.ee/ekre_2023_aasta_riigikogu_valimiste_programm/
19. Eesti Varude Keskus (n.d.). *Autonoomse elektritoitega tanklad*. <https://www.espa.ee/et/autonoomse-elektritoitega-tanklad>
20. Eesti Varude Keskus (n.d.). *Gaasivaru suurus ja asukoht*. <https://www.espa.ee/et/gaasivaru-suurus-ja-asukoht>
21. Elektrilevi (2021). *Päikesepargid andsid Elektrilevi võrku rekordilise võimsuse*. <https://www.elektrilevi.ee/et/uudised/avaleht/-/newsv2/2021/05/13/paikesepargid-andsid-elektrilevi-vorku-rekordilise-voimsuse>

22. Elektrilevi (2023). *Kahe aastaga +10 000 elektritootjat*.
<https://www.elektrilevi.ee/et/uudised/avaleht/-/newsv2/2023/04/13/kahe-aastaga-10-000-elektritootjat>
23. Elering (2012). *Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruanne 2012*.
https://www.energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/a/a4/Elering_Varustuskindluse_aruanne_2012.pdf
24. Elering (2022). *Eesti elektrivarustuskindluse aruanne*.
https://elering.ee/sites/default/files/2022-12/elering_vka_2022_pages.pdf
25. Elering (n.d.). *Kiisa avariioreservelektrijaam*.
<https://elering.ee/sites/default/files/attachments/Kiisa%20AREJ%20infovoldik%20-%20keskmise.pdf>
26. Elering (n.d.). *Taastuvenergia toetus*. <https://elering.ee/taastuvenergia-toetus#tab0>
27. Elering (2023). *Võrku antud kütuseliigiti*. [statistika andmebaas]. Vaadatud 10.05.2023
<https://elering.ee/sites/default/files/2023-04/V%C3%B5rku%20antud%20k%C3%BCTuseliigiti%20-%20net%20production%20mix%20by%20fuel.xlsx>
28. Elering, (2023.). *Elektri põhivõrgu kaart*. <https://elering.ee/elektri-pohivorgu-kaart>
29. Elering, (2022). *Gaasisüsteem*. <https://elering.ee/gaasisusteem>
30. Enefit Green (2023). *Sopi-Tootsi tuulepargi tuulikud toodab Nordex*.
<https://enefitgreen.ee/uudised/Sopi-Tootsi-tuulepargi-tuulikud-toodab-Nordex>
31. Enefit Green (n.d.). *Tuuleenergia arendused*.
<https://enefitgreen.ee/tuuleenergia/arendused>
32. Euroopa Keskkonnaagentuur (2023). *EEA greenhouse gases – data viewer* [statistika andmebaas]. Vaadatud 09.05.2023, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>
33. Euroopa Komisjon, (2022). *Teatis 2022/108*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:52022DC0108>
34. Euroopa Kontrollikoda (2015). *Euroopa Liidu heitkogustega kauplemise süsteemi terviklikkus ja rakendamine*.
https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR15_06/SR15_06_ET.pdf
35. Euroopa Parlament ning Nõukogu, (2022). *24. juuni 2022 määrus 2022/0090*.
<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-24-2022-INIT/et/pdf>

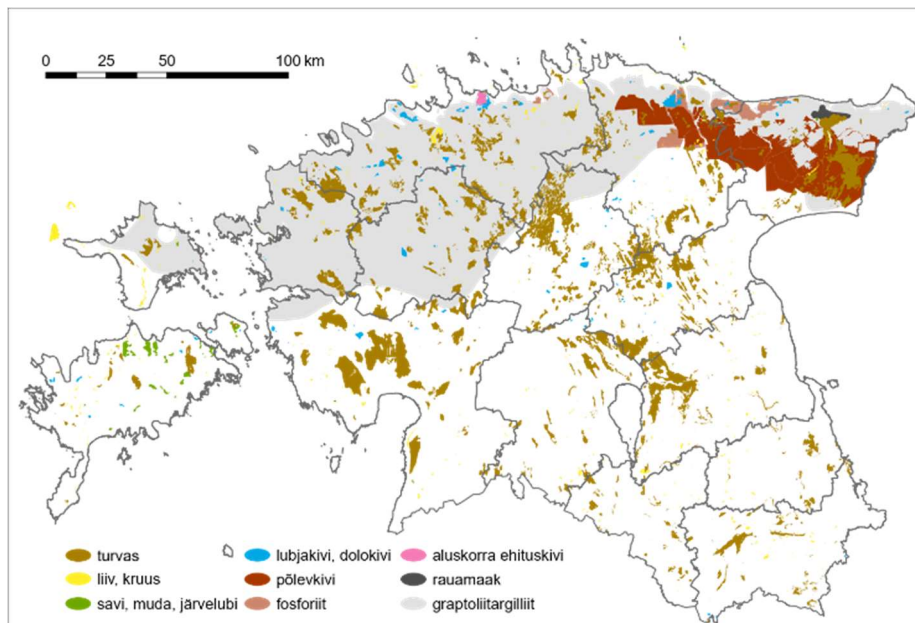
36. Euroopa Liidu Nõukogu, (2009). *Direktiiv nr. 2009/119/EÜ artikkel 3 punkt 1.*
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0119&from=ET>
37. Eurostat (2022). *EU energy mix and import dependency.*
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_energy_mix_and_import_dependency#Energy_mix_and_import_dependency
38. Gulyás, G., Potůček, M., LeLoup, L. T., Jenei, G., & Váradi, L. (2003). *Public Policy in Central and Eastern Europe: Theories, Methods, Practices*, Bratislava, Slovakkia
39. Gürel, E., & Tat, M. (2017). SWOT analysis: a theoretical review. *The Journal of International Social Research*, 10(51), 994-1006.
40. Hamburg, A., Härm, M., Kisel, E., Leppiman, A., Ots, M. (2016). Concept for Energy Security Matrix. *Energy Policy*, 95, 1-9.
41. Haqeen, D., & Zulkifli, N. (2022). The Opec Oil Shock Crisis (1973): An Analysis. *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, 4(1), 136–148.
42. Islam, M. R., Rahim, N. A., Saidur, R., & Solangi, K. H. (2011). Environmental impact of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2423-2430.
43. Johannsen, K., Osterberg, D., & Thorne, P. S. (2019). Wind turbiines and health.
https://ehsrc.public-health.uiowa.edu/wp-content/uploads/2019/01/IEC_Wind_Health_Paper_2019_FINAL.pdf
44. Kaas, S., Lopman, V., Metspalu, P., Oidjärv, T., & Zernant, K. H. (2023). *Võrdlusriikide juhtumianalüüs planeerimissüsteemi ja planeerimisõiguse viimase aja olulisematest muudatustest ja reformidest kohanemaks oluliste trendide ning uute väljakutsetega.*
<https://www.fin.ee/media/8707/download>
45. Kaitseministeerium (n.d.). *Elektrituulikute rajamiseks kõrgusepiirangutest vabanevad alad maismaal (indikatiivne kaart).*
<https://www.err.ee/1608495227/kaitseministeeriumi-uus-radar-tuleb-aherainemae-otsa>
46. Kallis, A. & Russak, V. (2003) Eesti kiirguskliima teatmik. Tallinn: Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut.
47. Kantar Emor (2021). Tuuleparkide meelsusuuring, lõpparuanne.
<https://www.mkm.ee/media/422/download>
48. Kruse, F. (2014). *Oil Politics: The West and its desire for energy security since 1950.* Hamburg: Anchor Academic Publishing.

49. Keskkonnaministerium (2015). *Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030*.
https://loodusveeb.ee/sites/default/files/inline-files/ak_polevkivi_vv17dets2015.pdf
50. Keskkonnaministerium (2023). *Kasvuhoonegaasid Eestis*.
<https://envir.ee/kliima/kasvuhoonegaasid>
51. Keskkonnaministerium. (n.d.). *Maapõu*. <https://envir.ee/ringmajandus/maapou>
52. Keskkonnaministerium. (n.d.). *Metsanduse arengukava aastani 2030*.
<https://envir.ee/media/9018/download>
53. Keskkonnaministerium (2021). Põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2016-2030 täitmise 2018. ja 2019. aasta aruanne. <https://envir.ee/media/3977/download>
54. Keskkonnaministerium, Maaeluministerium & Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium (2019). *Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030*. <https://www.mkm.ee/media/118/download>
55. Kirsimaa, K., Nõges, K., Rehema, R., & Suik, K. (2020). *Kohalike omavalitsuste tuule- ja päikeseenergia käsiraamat*. <https://www.mkm.ee/media/407/download>
56. Larcher, D., & Tarascon, J.-M. (2015). Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage. *Nature Chemistry*, 7(1), 19-29.
57. Lokk, A., Matiisen, M., Potisepp, R., Sernjuk, J., & Tammist, R. (2015). *Taastuvenergia aastaraamat 2014*.
58. Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium (2017). *Energiamajanduse arengukava aastani 2030*. <https://www.valitsus.ee/media/323/download>
59. Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium (2022). *Päikeseenergia*.
<https://www.mkm.ee/energeetika-ja-maavarad/taastuvenergia/paikeseenergia>
60. Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium (2023). *Tuuleenergia*.
<https://www.mkm.ee/energeetika-ja-maavarad/taastuvenergia/tuuleenergia>
61. Maaamet (n.d.). *Koondbilanss seisuga 2021*.
https://geoportaal.maaamet.ee/docs/geoloogia/koondbilanss_2021.pdf?t=20220605194101
62. Muiste, M., & Veskimeister, J. (2013). *Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas*.
https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/3/36/Tuule_ja_p%C3%A4ikesenergia_kasutamine_Tartu_linnas.pdf
63. Pearson, P., Watson, J., (2012). UK Energy Policy 1980-2010: *A History and Lessons to be Learnt*. <http://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/38852/1/uk-energy-policy.pdf>
64. Raesaar, P. (2012). *Hüdroenergia Eestis, üldist*.
https://www.energiatalgud.ee/H%C3%BCdroenergia_ressurss#fnref1

65. Rahvusvaheline Energiaagentuur (n.d.). *Energy security*.
<https://www.iea.org/topics/energy-security>
66. Rahvusvaheline Energiaagentuur (2022). *Oil security*.
<https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security/oil-security>
67. Riigikogu (2017), otsuse „Eesti julgeolekupoliitika alused“ heakskiitmine punkt 3.5.
https://www.riigiteataja.ee/akt/3060/6201/7002/395XIII_RK_o_Lisa.pdf
68. Riigikogu (2017), *Maapõueseadus § 46 (3)*.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/110112016001>
69. Riigikogu (2022), *Maagaasiseaduse ja teiste seaduste muutmise seaduse § 55³ (3)*.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/109082022001>
70. Rosengard, J. K., Stiglitz, J. E. (1986). *Economics of the public sector*. (4th ed.). New York: W. W. Norton & Company, Inc.
71. Schumacher, D. (1985). *The 1973 Oil Crisis and its Aftermath*. In: *Energy: Crisis or Opportunity?*. Palgrave, London.
72. Shannon, B. (2021). *Wind energy and tourism: Industry impacts and opportunities for 'wind farm tourism'*. <https://engie.com.au/sites/default/files/2022-09/Wind%20energy%20and%20tourism%20-%20Industry%20impacts%20and%20opportunities%20for%20%E2%80%98wind%20farm%20tourism%E2%80%99%2016112021.pdf>
73. Siseministeerium (2020). *Eesti elanike arv KOV-ide lõikes seisuga 01.01.2020*.
<https://www.siseministeerium.ee/media/1500/download>
74. Tartu Ülikooli suure siirde uurimisrühm. (2021) *Eesti energiatuleviku Delphi uuring*.
https://suursiire.ut.ee/wp-content/uploads/2021/11/Eesti_energiatuleviku_Delphi_uuring_2021.pdf
75. Trading Economics (n.d.). *EU Carbon Permits*.
<https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>
76. Tuuleenergia Assotsiatsioon (n.d.). *Tuuleenergia Eestis*.
<https://tuuleenergia.ee/tuuleenergia-eestis/>
77. Uudam, C. (2012). *Väiketuulikute ABC*. Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon
78. Vabariigi Valitsus (2023). *Koalitsioonilepe 2023-2027*. <https://valitsus.ee/valitsuse-eesmargid-ja-tegevused/valitsemise-alused/koalitsioonilepe>
79. Vändra Vallavalitsus (2016). *Tootsi Suursoo ala ja tuulepargi teemaplaneering*.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/4080/7201/6029/Lisa2.pdf>

80. Waters, L. (2015). Energy consumption in the UK (2015).
https://archive.uea.ac.uk/~e680/energy/energy_links/statistics/UK-Energy/ECUK_Chapter_1_-_Overall_factsheet.pdf
81. Winzer, C. (2012). Conceptualizing energy security. *Energy Policy*, 46, 36-48.
82. World Energy Council Eesti rahvuskomitee (2014). *Energiajulgeolek; ENMAK uuendamise eeltöö*.
https://www.energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/6/68/WEC-Eesti_Varustuskindluse_t%C3%B6%C3%B6grupi_l%C3%B5ppraport.pdf
83. Ühinenud Rahvaste Organisatsioon (2015). *Paris Agreement*.
https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

Lisa 1. Eesti maavarade levialade kaart



Allikas: Keskkonnaministeerium

Lisa 2. Tarbitud kodumaised kütused elektri ja soojuse tootmiseks, teradžaulides

Aasta	Turvas	Põlevkivi	Primaarsed tahked biokütused (sh küttepuit)	Biogaas
2017	1641	104401	22606	214
2018	1420	94628	26203	242
2019	847	43883	27103	239
2020	1196	23628	29425	329
2021	199	36571	30002	179

Märkus. Andmed esitatud teradžaulides

Allikas: Statistikaameti andmetabel KE0240, autori koostatud

Lisa 3. Tarbitud imporditavad kütused elektri ja soojuse tootmiseks, teradžaulides

Aasta	Raske kütteõli	Maagaas
2017	2161	6939
2018	1604	6113
2019	546	5139
2020	424	3937
2021	589	4838

Märkus. Andmed teradžaulides

Allikas: Statistikaamet andmetabel KE0240, autori koostatud

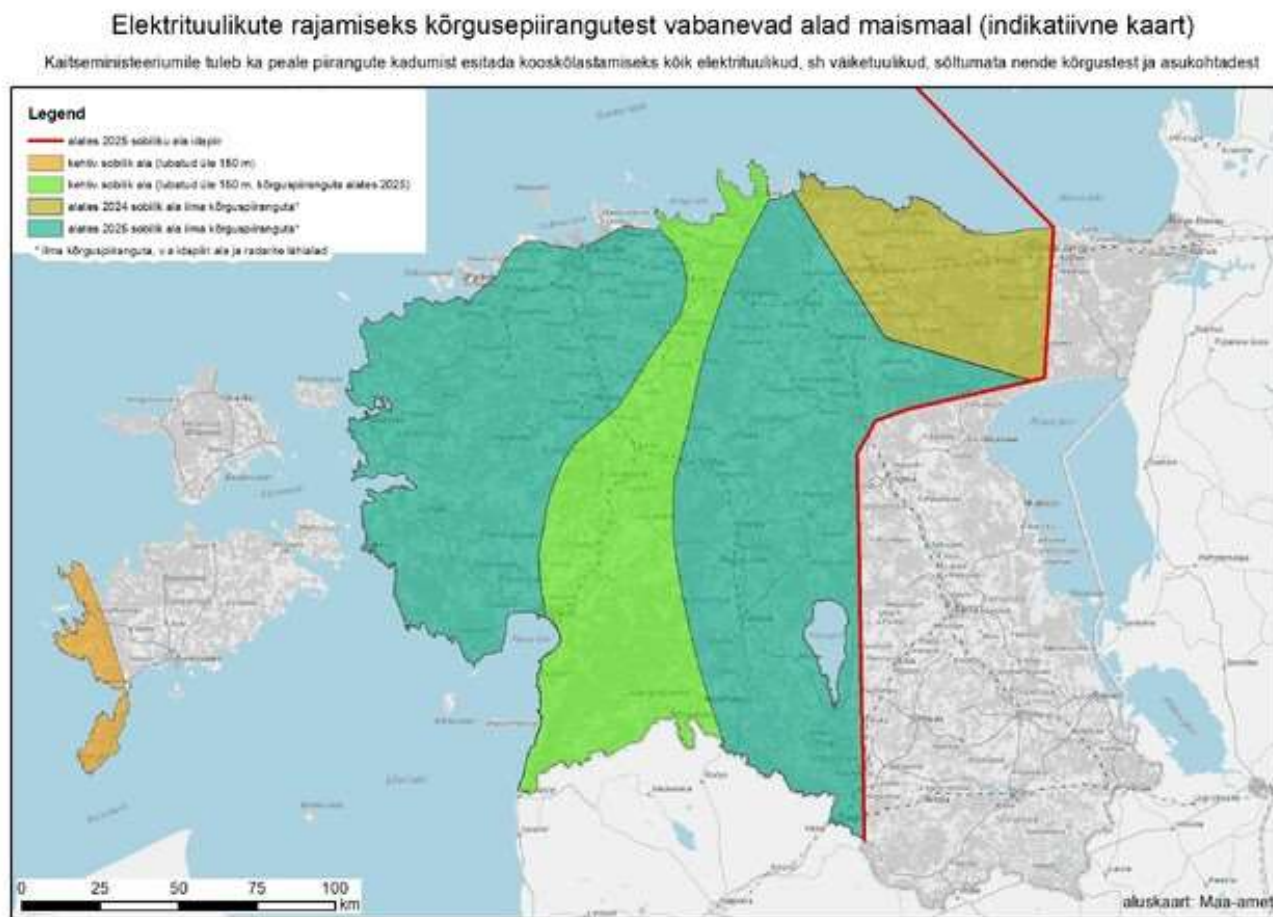
Lisa 4. Võrku sisenenud elektrienergia tootmine

Aasta	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mittetaastuvenergia	9,009,820	9,580,995	8,917,682	4,500,934	2,579,953	3,734,455	4,435,949
Taastuvenergia	1,412,293	1,653,439	1,665,493	1,946,295	2,229,798	2,597,428	2,398,328
biogaas	46,175	41,880	36,636	40,096	29,129	17,639	5,476
biomass	738,694	907,977	950,740	1,087,536	1,174,613	1,468,492	1,221,207
tuul	589,986	669,454	590,554	691,675	823,712	730,711	602,213
vesi	34,644	29,118	19,253	21,616	27,380	24,759	20,707
päike	2,793	5,010	12,974	54,097	118,981	305,483	508,523
biolagunevad jäätmed	57,215	55,942	55,336	51,274	55,983	50,344	40,201
Tootmine kokku	10,422,113	11,234,434	10,583,175	6,447,229	4,809,751	6,331,883	6,834,277

Märkus. Andmed esitatud megavatt-tundides

Allikas: Eleringi andmetabel „Võrku antud kütuseliigiti“, autori koostatud

Lisa 5. Elektrituulikude ehituspiirangute kaart



Allikas: Kaitseministeerium

Saadud: <https://www.err.ee/1608495227/kaitseministeeriumi-uus-radar-tuleb-aherainemae-otsa>

Summary

WIND ENERGY OPPORTUNITIES IN ENSURING ESTONIA'S SECURITY OF SUPPLY

Jan Erik Enok

In recent years, the world has gone through multiple energy crises indicating, that an excessive dependence on foreign energy supply could increase a country's vulnerability towards negative political or economical influence. By developing their security of supply and energy security via prioritizing domestic sources, the impact of such crises could be reduced.

The focus of this thesis is to examine the state of Estonia's security of supply and energy security, energy sector and the possibilities of transferring to an electricity production system, fully capable of covering the local needs by wind energy.

The first part of the text is directed to explaining the theoretics of security of supply and energy security.

Security of supply is an indicator, showing whether the supply of energy is sufficient enough to deal with its demand, whenever needed, while maintaining an acceptable price level for the consumers (WEC, 2014). Strong security of supply is considered to be one of the fundamental factors in ensuring a good level of energy security for a country.

Energy security is broadly divided into long and short term perspectives. In short term, it's the ability to respond to an unexpected supply-sided disruption in the energy market, and in the long term, it means shaping the energy system to use multiple sources of energy, from different distributors. Meanwhile the selected path has to support the economy's growth and environmental goals.

The second part of the thesis focuses on analysing the strengths and weaknesses of Estonia's energy sector considering, that a large part of it is based on oil shale.

The biggest energy consuming sectors of Estonia in 2021 were households (34,6%) and the transport industry (30%), while oil shale was the most used source with 36 571 TJ of energy produced from it. Oil shale has traditionally been the most used energy source in Estonia, but due to its high carbon emission rates and a large rise in the prices of greenhouse gas permits, other energy sources, especially renewable ones, have increased their share in energy production during the last years.

The third part of the thesis focuses on examining the positive and negative factors of transferring Estonia's electricity production fully to wind energy in a capacity, able to cover the demand needs of the whole country. To inspect these factors, PESTLE and SWOT analyses along with calculations were conducted. From the analyses it turned out, that from

one hand Estonia has high potential in increasing its dependence on wind energy due to good natural conditions and energetical direction, on the other hand there are many legal and social obstacles in the way. Even though the initial investment of the transfer is relatively high, the potential return could be even higher thanks to the technology's cost effectiveness and positive environmental factors. However, currently the biggest factor in the way is the lack of energy storage capabilities, lowering the transfers positive impact on security of supply and thus making it not reasonable from this papers approach.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Jan Erik Enok

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Tuuleenergia võimalused Eesti varustuskindluse tagamisel“, mille juhendaja on Raul Omel, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Jan Erik Enok
11.05.2023