

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Elisa Litvinov

**TAASTUVENERGIA TARBIMISE MÕJUTEGURID EUROOPA
LIIDU RIIKIDE NÄITEL**

Bakalaureusetöö

Õppekava rakenduslik majandusteadus, peeriala majandusanalüüs

Juhendaja: Heili Hein, MA

Tallinn 2023

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele selle koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks.

Töö pikkuseks on 7508 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Elisa Litvinov

(kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	4
SISSEJUHATUS	5
1. TAASTUVENERGIA TEOREETILISES JA EMPIIRILISES TEADUSKIRJANDUSES	7
1.1. Taastuvenergiaallikate liigitus ja kasutamise suundumused Euroopa Liidus	7
1.2. Taastuvenergia seos majanduslike teguritega.....	9
1.2.1. Taastuvenergia ja süsinikdioksiidi emissioonid.....	9
1.2.2. Taastuvenergia ja SKP	10
1.2.3. Taastuvenergia ja GINI koefitsent.....	11
1.2.4. Taastuvenergia ja energiakasutus ning -sõltuvus	12
1.2.5. Taastuvenergia ja nafta ning elektri hind	12
1.2.6. Taastuvenergia ja tehnoloogia.....	13
1.2.7. Taastuvenergia ja investeeringud ning toetused.....	14
1.2.8. Institutsionaalsed ja regulatiivsed raamistikud.....	15
1.3. Taastuvenergia tarbimise mõjutegurid	16
2. EMPIIRILISE UURINGU ANDMED JA METOODIKA	20
2.1. Andmed.....	20
2.2. Meetodi kirjeldus	26
3. EMPIIRILISE UURINGU TULEMUSED JA JÄRELDUSED	28
3.1. Empiirilise uuringu tulemused.....	28
3.2. Analüüsi järeldused.....	32
KOKKUVÕTE	35
SUMMARY	37
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	39
LISAD	42
Lisa 1. Kasutatud andmed.....	42
Lisa 2. Kasutatavate riikide liigitus geograafilise ala alusel.....	43
Lisa 3. Mudelite aruanded	44
Lisa 4. Lihtlitsents.....	45

LÜHIKOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks on välja selgitada taastuvenergia tarbimise peamised mõjutegurid, et paremini taastuvenergia tarbimise edendamist mõista. Analüüsi eelduseks on, et peamine mõjutegur on kasvuhoone heitgaasid, sest varasema kirjanduse põhjal on rõhutatud kasvuhooneheitgaaside mõju taastuvenergia kasutuselevõtule. Samuti on Euroopa Liidu regulatsioonid seoses kliimaprobleemide leevendamisega seadnud eesotsas eesmäärke, mis hõlmavad süsinikdioksiidi heitgaaside vähendamist ning seejärel taastuvenergia tarbimise suuremat kasutuselevõttu.

Mudeli läbiviimiseks lisas autor mudelisse varasema kirjanduse põhjal järgnevad sõltumatud tegurid: SKP kasv elaniku kohta, süsinikdioksiidi emissioonid, energia lõpptarbimise kasv, korruptsiooniindeks ja kaubanduse avatus. Analüüsis kasutati balansseeritud paneelandmeid perioodil 2004-2020. Paneelandmete regressioonianalüüsi tulemusena saadi kaks lõplikku mudelit. Esimese mudeli, mis viidi läbi kõikide Euroopa Liidu riikidega, tulemuseks saadi, et süsinikdioksiidi emissioonide suurenemine toob kaasa taastuvenergia tarbimise vähenemise. Tulemust põhjendab asjaolu, et heitgaaside emissioonid viitavad suuremale fossiilkütuste tarbimise osakaalule kogu energiatarbimisest, tänu millele on taastuvenergial väiksem osakaal. Teine mudel viidi läbi Põhja-, Lõuna-, Ida- ja Kesk-Euroopaga. Mudeli tulemusena leiti, et kaubanduse avatuse suurenemine toob kaasa taastuvenergia tarbimise vähenemise. Järelikult toob kaubanduse avatusest põhjustatud energiatarbimise suurenemine endaga kaasa fossiilkütuste suurema osakaalu energia lõpptarbimises. Kummaski mudelis ei osutunud ülejäänud sõltumatud tegurid statistiliselt oluliseks.

Võtmesõnad: Taastuvenergia tarbimine, kasvuhoonegaaside emissioonid, kaubanduse avatus, paneelandmete analüüs

SISSEJUHATUS

Kasvuhoonegaaside emissiooni kasv ja sellest mõjutatud kliimamuutus on tänapäeva üheks suurimaks probleemiks globaalsel tasandil. Riigid on pidevas arutelus, luues uusi seadusi ja regulatsioone olukorra parandamiseks, ent suuri muutusi on tihti raske ellu viia, sest energia tarbimise vajadus aina kasvab. Zheng ja teised (2019) on oma uurimuses leidnud, et Kanadal ja Jaapanil on energia lõpptarbimises kõrge karboniseerimise indeks tänu taastuvenergia vähesele osakaalule. Selle näite põhjal saab järeldada, et liigsete kasvuhoonegaaside vähendamiseks on oluline asendada mittetaastuvatest allikatest energia tootmine taastuvenergia põhineva tootmisega. Selleks on aga tähtis teada, mis takistab hetkel riike taastuvenergiat rohkem tootma ja tarbima ning kuidas seda üleminekut kiirendada.

Käesoleva töö eesmärgiks on välja selgitada taastuvenergia tarbimise peamised mõjutegurid Euroopa Liidu riikide näitel, et paremini mõista, kuidas saaks taastuvenergia tarbimist suurendada. Eesmärgi saavutamiseks on autor püstitanud järgnevad uurimisküsimused:

- Millised majanduslikud tegurid mõjutavad taastuvenergia tarbimist?
- Kuidas on muutunud taastuvenergia tarbimise dünaamika vaadeldaval perioodil?
- Milline mõju on süsinikdioksiidi emissioonidel taastuvenergia tarbimisele?

Käesolevas lõputöös viiakse tulemuseni jõudmiseks läbi paneelandmete analüüs EL liikmesriikidega. EL riigid on taastuvenergia edendamise oluline piirkond tänu mitmetele seatud regulatsioonidele ja aktiivsele tegutsemisele rohelise tuleviku suunas. Kasutatud on kõige hilisemaid kättesaadavaid andmeid. Kuna autor on kasutanud kuue erineva teguri kohta andmeid, mille ajaraamistik on erinev, siis on valitud analüüsiperioodiks aastad 2004-2020, mis on kättesaadavad kõikide tegurite kohta. Vaatluse alla jääb ajaliselt piisavalt pikk periood, et uurida tegurite dünaamikat.

Lõputöö koosneb kolmest suuremast peatükist, mille alla kuuluvad omakorda alapeatükid. Esimeses peatükis annab autor ülevaate nii teoreetilisest kui ka empiirilistest varasemast

kirjandusest. Uuritakse, millistele tulemustele ja järeldustele on varasemalt taastuenergia mõjutegurite uurimisel jõutud erinevate riikide ja ajaperioodide näitel. Teises peatükis antakse ülevaade kasutatud andmetest ja analüüsimeetoditest. Samuti on teises peatükis välja toodud kirjeldav statistika. Kolmandas peatükis koostatakse paneelandmetega regressioonanalüüs, esitatakse analüüsi tulemused ja järeldused.

1. TAASTUVENERGIA TEOREETILISES JA EMPIIRILISES TEADUSKIRJANDUSES

1.1. Taastuvenergiaallikate liigitus ja kasutamise suundumused Euroopa Liidus

Tänu ülemaailmsele rahvastiku kiirele kasvule toimub pidev energianõudluse kasv. Peamise energiaallikana on kasutusel fossiilkütused, kuid nende kasutamine ei ole pikas perspektiivis jätkusuutlik tänu suurtele kesskonnakahjustustele ja piiratule ressursile. Fossiilkütuste põletamisest eralduvad atmosfääri kasvuhoonegaasid, milleks on peamiselt süsinikdioksiid, metaan ja dilämmastikoksiid, mis ohustavad suuresti nii keskkonda kui ka inimeste tervist. Kui fossiilkütuste osakaal energiatarbimises ei vähene põhjustab see ökosüsteemi, kliima ja merepinna tõusus suuri muutusi ning ohustab inimesi. Tänu antud probleemidele on riigid hakanud aina rohkem tähelepanu pöörama fossiilkütuse alternatiividele, milleks on taastuvenergia allikad. (Olabi & Abdelkareem, 2022) Taastuvad energiaallikad on tuuleenergia, päikeseenergia, hüdroenergia, ookeanienergia, geotermiline energia, biomass ja biokütused. Taastuvenergia kasutamine aitab vähendada sõltuvust peamistest fossiilkütustest, milleks on nafta, maagaas, kivisüsi, põlevkivi ja turvas. (Ciucci, 2022)

Eurostati andmebaasi andmetel moodustasid 2021. aastal tuule- ja hüdroenergia kaks kolmandikku kogu EL-i taastuvatest allikatest tarbitud elektrist. Suuruselt järgmised taastuvenergia allikad elektri tarbimises olid päikeseenergia ja tahke biogaas. Samuti näitavad andmed, et päikeseenergia on kõige kiiremini arenev taastuvenergia allikas. Aastal 2008 oli taastuvate energiaallikate tarbimises päikeseenergia osakaal vaid 1%, kuid 2021. aastal oli see juba 15,1%. (*Renewable energy...* 2023) Ka Bórawski ja teised (2022) leidsid, et taastuvenergia arengut juhib päikeseenergia. EL suurendas aastatel 2008-2019 fotogalvaanika ehk päikeseenergia elektriks muundamise elemendi võimsust. Päikeseenergiat peetakse kõige puhtamaks, sest seda saab toota orgaanilistes ja anorgaanilistes pooljuhtides.

Aastal 2022 jõuti Euroopa Liidus esmakordselt tasemele, kus tuule ja päikeseenergia tootmine oli 22% kogueenergia tootmisest. Tegu on märkimisväärse tulemusega, sest see ületas protsentuaalselt gaasi osakaalu energiatootmisest. Aastal 2022 moodustasid hüdro- ja tuumaenergia koos 7% kogu energiatootmisest Euroopa Liidus. (Jones, 2023) Kuigi tuumaenergia ei kuulu taastuvenergia allikate alla, sest ressurss on piiratud, on tegu siiski teatud mõttes puhta energiaallikaga, sest see tekitab väga madalas koguses süsinikdioksiidi heitgaase (Jin & Kim, 2018). Seega liigitatakse tuumaenergiat eraldi energiaallikana, mis ei kuulu taastuvate energiaallikate ega ka fossiilkütuste alla. Antud uuringus keskendutakse ainult taastuvatele energiaallikatele.

Euroopa Liidu suurimad taastuvenergia tarbijad olid 2020. aasta andmetel Austria ja Rootsi, kes tarbisid üle 70% toodetud energiast taastuvatest allikatest. Taastuvenergia tarbimise osakaal kogue energiast oli üle 50% Taanis, Portugalis, Horvaatias ja Lätis. Maltal, Ungaris, Luksemburgis, Tšehhis ja Küprosel oli taastuvate allikate tarbimise osakaal kogue energiast väiksem kui 15%. (*Renewable Energy...2023*)

Euroopa Liidu eesmärgid seoses taastuvenergia edendamisega on viimaste aastatega pidevalt täienenud. Algselt seati eesmärgiks saavutada taastuvenergia osakaal energiatarbimises 20%-ni aastaks 2020. Järgmine suurem eesmärk seati aastaks 2023, mil taastuvate energiaallikate kasutamine energiatarbimises võiks olla 32%, kuid aastal 2021 otsustati eesmärki suurendada, muutes taastuvenergia osakaal 40%-le. See tähendaks vähendada neto kasvuhoonegaaside emissiooni 55% võrra aastaks 2030 võrreldes 1990 aasta tasemega. Venemaa-Ukraina sõjast tingitud energiakriisi tõttu on EL vastu võtnud otsuse vähendada sõltuvust Venemaa fossiilkütustest ja suurendada taastuvenergia kasutuselevõttu. Hetkel on käsil 2023. aasta taastuvenergia poliitilise raamistiku ülevaatamine. (Ciucci, 2022)

Euroopa Liidu roheline kokkulepe ehk pikaajaline eesmärk on jõuda aastaks 2050 kliimanetraalsuseni ehk igapäevase majanduseni, kus netoheide on null. Selles mängivad olulist rolli kõik majandussektorid ja kõik EL riikide regulatiivsed raamistikud. Eesmärgi saavutamiseks plaanib EL investeerida uudsetesse tehnoloogiatesse, reguleerides tööstust, juhtides rahandust ja panustades teadusuuringutesse. Sealhulgas pööratakse tähelepanu ka sotsiaalsele õiglusele. Antud eesmärk on kooskõlas ka Pariisi kokkuleppega. (*The European Green...*, 2019) Pariisi leping on rahvusvaheline leping 196 osapoole vahel, kus lepiti kokku hoida maailma keskmine temperatuuri tõus alla 2°C võrreldes industriaalajastu eelse tasemega. Kokkulepe võeti vastu ÜRO kliimakonverentsil aastal 2015 ning see jõustus 2016ndal aastal. Kokkuleppe eesmärk on, et

globaalne kliimamuutus ei ületaks 1,5°C tõusu, kuna teadusuuringud on näidanud, et selle taseme ületamine toob kaasa tõsiseid kliimamuutusi nagu põud, kuumalained ja meretaseme tõus. Pariisi lepingu kohaselt peavad neto heitgaasid aastaks 2025 saavutama haripunkti ning sealt edasi vähenema. Aastaks 2023 peavad kasvuhoonegaaside heitkogused vähenema 43%. Pariisi kokkulepe on suur arengumärk globaalsel tasandil, sest see ühendab riike üle maailma, kes soovivad parandada kliimamuutuse probleeme. Kuna probleemi lahendamiseks on vaja suuri investeeringuid, on Pariisi kokkuleppe kohaselt arenenud riikidel vaja aidata ka arenguriike, et jõuda koos seatud tulemuseni. (*Paris Agreement*, 2015)

1.2. Taastuvenergia seos majanduslike teguritega

1.2.1. Taastuvenergia ja süsinikdioksiidi emissioonid

Kasvuhoonegaaside heitgaasid, mille peamine kahjulik komponent on süsinikdioksiidi emissioonid, on varasemate taastuvenergia teemaliste teadusallikate peamine uuritav mõjutegur, kuna selle vähendamine aitab kliimaprobleeme leevendada.

Varasemalt on uuritud taastuvenergia kasutuselevõtu mõjutegureid India, Hiina, Islandi, Rootsi ja USA näitel. Kasutati SWOT analüüsi, kus hinnati antud riike nelja parameetri alusel, milleks olid tugevused, nõrkused, võimalused ja ohud taastuvatele ressurssidele. Vaatluse alla valiti need riigid, sest antud riikides toimub pidevas tempos üleminek süsinikdioksiidivabale tulevikule. Valimis olevatel riikidel on väljakujunenud poliitika ja asjakohane regulatiivne raamistik, mis aitab edendada taastuvenergia võimsust ja kasutamist. Samas on osad uuritavad riigid ühed maailma suurimaid süsinikdioksiidiheiteid tekitavaid riike, kuid piisavate investeeringutega võib antud riikide energiakasutusel olla suur potentsiaal oma ambitsioonika tulevase puhta energia eesmärgi saavutamiseks. (Elavarasan *et al.*, 2020) Seega saab järeldada, et mida kiirem on süsinikdioksiidivabale energiakasutusele üleminek, seda olulisem on uurida, milline on süsinikdioksiidi emissioonide mõju taastuvenergia tarbimisele.

Mitmed autorid on leidnud seost taastuvenergia tarbimise ja tootmise ning süsihappegaasi emissioonide vahel. Aguirre ja Ibikunle (2014) on analüüsi käigus jõudnud tulemuseni, et süsinikdioksiidi emissioonitasemed on olulised taastuvenergia mõjutegurid. Seda kinnitab ka taastuvenergia mõjurite uuring Pärsia lahe riikide näitel. Antud riikide põhjal leiti peamiseks taastuvenergia tõukejõududeks taastuvate energiaallikate kiiresti kahanevad hinnad,

süsinikdioksiidi heitgaaside vähenemine, majanduse mitmekesistamise vajadus, nafta eksporditulu vähenemine, kliimamuutuste leevendamise lubadused ja rikkalik päikeseenergia ressurs. Lisaks suunab Pärsia lahe Araabia riikide koostöönõukogu taastuvenergia suurenevat kasutuselevõttu Pariisi kokkulepe, mis kohustab vähendama oma peamistest allikatest pärinevaid kasvuhoonegaaside heitkoguseid, liikudes üle rohkem säästvate vähese süsinikdioksiidihetega alternatiivide suunas. Tänu sellele on antud riigid võtnud taastuvenergiale ülemineku omaks, mida kinnitavad mitmed pilootprojektid ja arendusasetuste loomine. (Malik *et al.*, 2019)

Bamati ja Raoofi (2020) on oma analüüsil keskendunud taastuvenergia tootmist mõjutavatele teguritele. Uuringutulemused näitasid, et arengumaades on üheks suurimaks taastuvenergia tootmise mõjuteguriks süsinikdioksiidi heitkogused. Leiti ka, et taastuvenergia tarbimisel võib olla positiivne seos süsinikdioksiidi heitkogustega. Kõrgem süsinikdioksiidi tase elaniku kohta halvendab keskkonnatingimusi, avaldab poliitilist survet puhtamale energiale üleminekuks ning seega tekitab nõudlust taastuvenergia kasutamisele. Teisest küljest esineb tegurite vahel negatiivne seos, sest taastuvenergia levik leevendab süsinikuheitmete keskkonnaprobleeme. Ka Polzin ja teised (2015) on leidnud süsinikdioksiidil nii positiivseid kui ka negatiivseid seoseid taastuvenergia allikatega. Uuringutulemused näitasid, et süsinikdioksiidi intensiivsus on tuuleenergia ja biomassi sektori positiivne mõjutegur, kuid päikeseenergia negatiivne tõukejõud.

1.2.2. Taastuvenergia ja SKP

Apergis ja Payne (2010) uurisid taastuvenergia tarbimise ja majanduskasvu vahelist põhjuslikku seost, kasutades kahekümne OECD riigi paneelandmeid ajavahemikul 1985–2005. Analüüsiks kasutati heterogeense paneeli kointegratsiooni testi ning tulemustena leiti, et reaalse SKP, taastuvenergia tarbimise, kapitali kogumahutuse põhivarasse ja tööjõu vahel on pikaajaline seos. Leiti, et taastuvenergia tarbimise 1 protsendiline kasv suurendab reaalsel SKPd 0,76 protsenti. Uuringutulemused näitavad seega kahesuunalist põhjuslikku seost taastuvenergia tarbimise ja majanduskasvu vahel nii lühi- kui ka pikaajaliselt. See tulemus kinnitab, et taastuvenergia tootmise maksusoodustused, soodustused taastuvenergiasüsteemide paigaldamisel ja taastuvenergia sertifikaatide turgude loomine OECD riikide energiabaasi mitmekesistamisel on kasulikud meetmed taastuvenergia tarbimise suurendamiseks. Ühesuunalisele seosele jõudsid Jebli ja Youssef (2015). Leiti, et SKP suurenemine suurendab taastuvenergia tarbimist. Lühiajalises perspektiivis on tegu ühesuunalise põhjusliku seosega, mis kulgeb taastumatust energiast taastuvenergiale. Taastuva ja taastumatu energia asendatavuse tõttu võib eeldada, et pidev majanduskasv soodustab taastuvenergia kasutamist, mis toob kaasa süsinikdioksiidi heitkoguste

vähendamise elaniku kohta ja ümberpööratud U-kujulise Kuznetsi keskkonnakõvera. Ka kolmas uuritav artikkel jõudis tulemusele, et SKP ja taastuvenergia tootmise vahel esineb seos, kuid see seos on ühesuunaline, näidates SKP mõju taastuvenergiale. Uuringutulemused näitasid, et nii arenenud riikides kui ka arengumaades mõjutab taastuvenergia tootmist oluliselt SKP. Uuringust selgus, et kui SKP elaniku kohta suureneb 1%, siis suureneb ka taastuvenergia tootmine arenenud riikides 0,3% ja arenguriikides 0,1%. Arenenud riikides võib mõju olla suurem, sest kuigi nendes riikides on rohkem keskkonnaprobleeme, on neil ka parem kõrgetasemeline tehnoloogia probleemi lahendamiseks. (Bamati & Raoofi, 2020)

1.2.3. Taastuvenergia ja GINI koefitsent

Uzar (2020) tõi kirjutatud artiklis välja olulise tähelepaneku. Varasemalt ei ole pööratud piisavalt tähelepanu sissetulekute ebavõrdsusele kui taastuvenergia mõjutajale. Antud artikli käigus uuriti, kas ja kuidas võib sissetulekute ebavõrdsus mõjutada taastuvenergia tarbimist. Vaatluse alla valiti 43 arenenud ja arenguriiki aastatel 2005-2015. Analüüsi tulemuseks saadi, et sissetulekute ebavõrdsus mõjutab taastuvenergia tarbimist negatiivselt. Seega tulude õiglasem jaotus suurendab taastuvenergia tarbimist. Dumitrescu ja Hurlini testi tulemuste põhjal leiti, et ühesuunaline põhjuslik seos esineb sissetulekute ebavõrdsusest ja korruptsioonist taastuvenergia tarbimiseni. Uuringutulemused näitavad, et ainult majanduslike tegurite analüüsimisest ei piisa, et uurida olulisi taastuvenergia tarbimise mõjutegureid. On oluline võtta arvesse ka sotsiaalmajanduslikud, keskkonna- ja institutsionaalsed tegurid, sest need tegurid avaldavad olulist mõju taastuvenergia kasutuselevõtule. Poliitikakujundajad saaksid saavutada samaaegselt efektiivse tulujaotuse ja kõrgema keskkonnakvaliteedi, mis on säästva tuleviku tähtsad elemendid. Taastuvenergia tarbimist saaksid poliitikakujundajad suurendada, vähendades sissetulekute ebavõrdsust. (Uzar, 2020)

Sissetulekute ebavõrdsuse ja taastuvenergia tarbimisele keskendusid ka McGee ja Greiner. Leiti, et taastuvenergia tarbimine ja Gini koefitsient on heitkogustega negatiivses korrelatsioonis. Antud tulemus oli autoritele ootamatu. Tuvastati, et kui sissetulekute ebavõrdsus on suurem, on suhe taastuvenergia tarbimise protsendi ja süsinikdioksiidi heitkoguste vahel elaniku kohta rohkem negatiivne. Täpsemalt, alates sissetulekute ebavõrdsuse 25ndast protsendist on seos taastuvenergia tarbimise ja heitkoguse vahel järjest negatiivsem ja statistiliselt olulisem. Seega, riikides, kus Gini koefitsient on 31,4, peaksime eeldama, et taastuvenergia tarbimise protsendi suurendamine 1 protsendipunkti võrra on seotud süsinikdioksiidi heitkoguste vähenemisega elaniku kohta 0,08

protsenti, kuid riikides, mille Gini koefitsient on 57,9, vähendab taastuvenergia tarbimise osakaal 1 protsendi võrra heitkoguseid 0,175 protsenti. (McGee & Greiner, 2019)

1.2.4. Taastuvenergia ja energiakasutus ning -sõltuvus

Peamine näitaja, mida riigid taastuvenergia infrastruktuuridesse investeerides jälgivad on energiakasutus (Damette & Marques, 2019). Energiakasutus on negatiivselt seotud taastuvenergia kasutamisega, seega riigid, mis kannatavad energiavarustuse surve all, kasutavad oma kulueelise tõttu vähem taastuvenergiat (Aguirre & Ibikunle, 2014). Vastuoluliselt on varasema uuringu käigus jõutud tulemuseni, et energiamahukuse vähendamine, ei ole taastuvenergia kasutuselevõtu peamine tõukejõud (Valdès Lucas *et al.*, 2016).

Apergis ja Payne (2010) jõudsid tulemuseni, et suurem taastuvenergia tarbimine vähendab sõltuvust välismaistest energiaallikatest. Energiasõltuvuse ja taastuvenergia kasutamise vahelist seost kinnitavad ka järgnevate artiklite tulemused. Malik ja teised (2019) leidsid, et taastuvenergia laialdast kasutuselevõttu üle maailma soosivad taastuvenergia allikate keskkonnasõbralikkus võrreldes fossiilkütustega, sõltumatus energiavarustusest ja kütuseimpordi vähenemine. Ka Romano ja teised (2017) jõudsid tulemuseni, et riigid suurendavad investeringuid kui hind või välissõltuvus suureneb. Uuringu tulemusena leiti, et kui fossiilkütustest tootmine suureneb, vähenevad investeringud taastuvatesse energiaallikatesse. Sama efekt leiti ka energiatarbimise suurenemise korral. Riigid investeerivad taastuvenergiasse vähem, kui neil on saadaval lai valik muudest allikatest saadavat energiat ja kui nad suudavad suurendada kütusetarbimist.

Varasema kirjanduse järgselt on leitud, et elektritarbimine on kõige olulisem tõukejõud, mis soodustab tehnoloogilist innovatsiooni tuuleenergia suunas (He *et al.*, 2018). Teisalt on leitud elektritarbimise osas tuule-, päikese- ja biomassi sektori valdkondades erineva suunaga mõjusid. Polzin ja teised (2015) leidsid, et kui vaadelda tuule- päikese- ja biomassi sektorit koos, on taastuvenergia allikate mõjuteguriks peamiselt elektri tarbimine. Kui vaadelda uuringuid sektsioonide kaupa, siis elektri tarbimine suurendab taastuvenergia investeringuid tuuleenergia puhul, päikeseenergia puhul ei ole elektri tarbimise mõju oluline ning biomassi sektori osas mõjutab elektri tarbimine taastuvenergia investeringuid negatiivselt.

1.2.5. Taastuvenergia ja nafta ning elektri hind

Naftahinna ja taastuvenergia kasutuselevõtu vahel on varasemalt leitud erinevate suundadega seoseid. Varasemalt on leitud, et naftahinna tõus on üks peamisi taastuvenergia investeringuid

mõjutavaid tegureid (Valdès Lucas *et al.*, 2016). Teisalt on aga leitud, et naftahinnad ja naftafirmade lobitöö on küll potentsiaalsed taastuvenergia tarbimise mõjutegurid, kuid nende muutujate olulist mõju on raske välja tuua (Damette & Marques, 2019). Bamati ja Raoofi (2020) leidsid samuti, et naftahinnal on taastuvenergia kasutuselevõtule positiivne mõju, kuid see mõju on väike.

Romano ja teised (2017) leidsid analüüsi käigus, et investeeringud taastuvenergiasse sõltuvad otseselt elektri hinnast. Hiina näitel saadi analüüsi tulemuseks, et elektri hind mõjutab taastuvenergiaallikate innovatsiooni negatiivselt. Seega elektri hinna alandamine võib olla hea poliitiline otsus, et tuua Hiinas kaasa kõrgemaid tehnoloogilisi uuendusi taastuvenergia valdkonnas. Seetõttu on aktiivne elektri hinna reformi läbiviimine ja elektri hinna alandamine hea valik taastuvenergia innovatsiooni stimuleerimiseks. (He *et al.*, 2018)

1.2.6. Taastuvenergia ja tehnoloogia

Lisaks näitavad varasemad taastuvenergia teemalised uuringutulemused, et arenenud riikides mõjutab taastuvenergia tootmist oluliselt kõrgtehnoloogia eksport. Teisalt viitasid analüüsi GLS-meetodil põhinevad tulemused tõsiasi järele, et kõrgtehnoloogia eksport ei ole arengumaade jaoks taastuvenergia allikate kasutamise selgitamisel statistiliselt oluline. (Bamati & Raoofi, 2020)

Aguirre ja Ibikunle (2014) uurisid taastuvenergia ja uudsete tehnoloogiate kasutuselevõtu vahelist seost. Tulemused näitasid, et biomassi ja päikeseenergia puhul on taastuvenergia arengul suurem potentsiaal kui võtta kasutusele uusi tehnoloogiaid, kuid tuuleenergia puhul on antud tegurite vahel negatiivne seos. Hiina ja India näitel leiti, et nad peaksid parandama oma söekasutuse tõhusust, võttes kasutusele uudseid tehnoloogiaid ja kõrgema klassi söe, mis eraldab vähem kahjulikke emissioone, et suurendada taastuvenergia kasutuselevõttu (Elavarasan *et al.*, 2020).

Egli (2020) uuris taastuvenergia tootmisega seonduvaid riske. Artiklis jõuti tulemuseni, et tehnoloogiaspetsiifilised riskitüübid mõjutavad tootmisvõimsust. Uuringu tulemused näitasid, et varases tehnoloogiafaasis, kui tootmiskulud erinevad oluliselt turuhindadest, on tagasiulatuvad poliitikamuudatused kulukamad. Tänu sellele võib väheneda poliitika usaldusväärsus ja stabiilsus, mis on oluline tehnoloogia arendamise alfaasis. Seega selleks, et taastuvenergia tootmist suurendada on oluline pöörata tähelepanu tehnoloogia arendamise alfaasis kehtivatele regulatsioonidele.

1.2.7. Taastuenergia ja investeeringud ning toetused

Damette ja Marques (2019) tuvastasid tugeva seose taastuenergia laialdase kasutuselevõtu ja taastuenergiat tootvatesse energiaallikatesse tehtavate investeeringute ja tootmise edendamise vahel. Samas leiti, et kui võtta arvesse ühiseid tegureid, ei ole antud mõju siiski täiesti selge. Poliitilisest vaatenurgast lähenedes, on kõige tõhusam viis taastuenergia kasutuselevõtu suurendamiseks EL riikides subsideerida taastuenergia tootmist ja suurendada erainvesteeringuid taastuenergia infrastruktuuridesse. Ka Hiina ja India näitel leiti, et taastuenergia kasutamise suurendamist soosib turu avatus, institutsionaalne innovatsioon ja toetused. Sama järelduseni jõuti ka Islandi ja Rootsi näitel. Leiti, et antud riigid peaksid energia tõhusamaks kasutamiseks suurendama oma investeeringuid taastuenergia hübriidsüsteemidesse. (Elavarasan *et al.*, 2020)

Teisalt on Pärsia lahe koostöönõukogu riikide põhjal uuringutulemused näidanud, et taastuenergia investeerimiskulud on esialgses faasis kõrged ja seega on raske investeeringuid rakendada. Kuigi riigid kasutavad erinevaid taastuenergia poliitikaid on stiimulitel, subsideerimisel ning teadus- ja arendustegevusel oluline roll taastuenergia poliitikate kombinatsioonis. Selleks, et suurendada taastuenergia kasutuselevõttu, peaks olema taastuenergia hind võrdne või väiksem kui mittetaastuenergiat tootvate energiaallikate hind. Kui aga fossiilkütuse subsideerimist ei vähendata on raske taastuenergia hinnal sinna punkti jõuda. Pärsia lahe riigid on seni olnud kütusetoe reformi osas ettevaatlikud, kuna tegu on keerulise poliitilise muutusega. Seega on eriti oluline mõju valitsuse investeeringutel taastuenergiat tootvatesse energiaallikatesse. (Malik *et al.*, 2019) Ka Romano ja teised (2017) on leidnud, et taastuenergiat tootvate energiaallikate kasutuselevõtu osakaalu suurendamiseks kogu energiakasutuses peaksid poliitikakujundajad suurendama investeeringuid taastuenergiasse, pakkudes välja laia ja diferentseeritud poliitika spektrit, sealhulgas erinevaid stiimuleid ja toetusi.

Hiina taastuenergia mõjutegurite uuringutulemused näitasid, et päikeseenergia ja biomassi suurim tõukejõud on teadus- ja arendustegevuse intensiivsus. Samas ei leitud analüüsi käigus, et taastuenergia tariifi lisatasu toetus oleks taastuenergiat tootvate energiaallikate oluline mõjutegur, mis näitab Hiina subsideerimispoliitika väga piiratud innovatsioonimõju. Selleks, et toetuste mõju oleks suurem tuleks kavandada konkreetsed toetused, mis on otseselt suunatud taastuenergia innovatsioonile. Tuleb võtta arvesse, et innovatsioon on pikaajaline investeering, millega kaasneb suur ebakindlus, kuid valitsuse otsene innovatsioonitoetus võib anda rahalist tuge, pakkudes stabiilset tuluootust, vähendada otseselt kulusid ja riske ning seega ergutada innovatsiooni. Antud analüüsi empiiriliste

tulemuste kohaselt on teadus- ja arendustegevuse intensiivsus väga oluline kõigi taastuvate energiaallikate innovatsiooni mõjutegur. (He *et al.*, 2018)

Romano ja teised (2017) uurisid lisaks oma analüüsis tegureid, mis mõjutavad poliitikatoetuste ja stiimulite vastuvõtmise peamisi otsuseid. Analüüsi käigus eristati riike nende suhtelise majandusarengu taseme järgi. Analüüsitulemused viitavad sellele, et arengumaadel ja arenenud riikidel on erinevad eelistused. Arengumaades on riikliku rahastamise koefitsiendid positiivsed ja statistiliselt olulised 1% tasemel. Regulatiivsed ja avalikud investeeringud ei ole olulised. Leiti, et taastuvenergiasse investeerimist soodustab naiste osakaalu suurenemine, elektri hind, elektri tarbimine ja energiatõhusus. Ka maksusoodustused suurendavad taastuvenergiasse tehtavaid investeeringuid. Fossiilkütuste tootmise osakaalu ja naftavarustuse mõju oli negatiivne. Majandusarengu prioriteetidega seotud elektrivajadus võib seletada mõnda neist negatiivsetest koefitsientidest. Samuti on uurinud taastuvenergiasse tehtavate investeeringute tõukejõude Aguirre ja Ibiknule (2014). Leiti, et kõrged elektritariifid toovad kaasa väiksemaid investeeringuid taastuvenergiasse, mis tähendab, et taastuvenergia suurem kasutuselevõtt võib tegelikult aidata elektrihindu langetada.

1.2.8. Institutsionaalsed ja regulatiivsed raamistikud

Kui pöörata rohkem tähelepanu riikide ohtudele ja nõrkustele taastuvenergia kasutuselevõtu seisukohalt, aitab süsiniku neutraliseerimine muuta taastuvatest allikatest saadava energia tõhusust ja jõuda puhtama ja rohelisema tulevikuni. Uute ja tõhusate strateegiate sõnastamisel saavad riigid muuta oma energiaallikate kombinatsiooni rohelisemaks. (Elavarasan *et al.*, 2020) Ka Damette ja Marques (2019) on välja toonud, et valitsus ei ole taastuvenergia tootmist mõjutavaid keskkonnaprobleeme taastuvenergia osakaalu suurendamisel elektritootmises arvesse võtnud. Kliimamuutustega võitlemiseks tuleks tõhustada roheline energia tootmist käsitlevaid hariduspoliitikaid.

Hiina näitel jõuti järelduseni, et valitsused peavad tasakaalustama poliitika stabiilsust, stimuleerima investeeringuid ja olema avatud uutele poliitikatele. Analüüsi tulemusel saab kinnitada taastuvenergia tehnoloogilise innovatsiooni püsivusefekti, mis tähendab, et piirkondades, kus on kunagi olnud taastuvenergia arendusi, on suurem tõenäosus edaspidistel perioodidel uuesti arendusi ellu viia. Leiti, et kui poliitikakujundajad tagavad tulude kindluse, võib see viia taastuvenergia arendamise kulude järsu vähenemiseni ja seega vähendab ka rahastamisriski preemiaid. (He *et al.*, 2018)

Varasemalt on jõutud ka tulemuseni, et korrupsiooni vähendamine suurendab taastuvenergia tarbimist. Seega on oluline roll institutsioonilisel kvaliteedil, mis võib olla oluline keskkonnakvaliteedi parandamise võtmetegur. (Uzar, 2020)

Lisaks näitavad uuringu tulemused, et arengumaadel ja arenenud riikidel on taastuvenergia toetuseks vastuvõetud poliitika osas erinevad eelistused. Arengumaade puhul leiti, et taastuvenergia nõuab mitme poliitikaga hõlmavat lähenemist. Arenenud riikide puhul viitavad mudelid vastupidisele stsenaariumile, kuid poliitikate vastastikune täiendatavus säilib. Tulemuse põhjal võib järeldada, et arenenud riigid on juba rakendanud mitmesuguseid taastuvenergiat toetavaid poliitikaid. Sel põhjusel toob täiendava rohelise energia poliitika vastuvõtmine kaasa vaid marginaalset kasu. Ka Romano ja teised (2017) on uurinud poliitikate mõju arenenud riikides. Arenenud riikides on fiskaalpoliitika ja riiklike investeeringute koefitsient statistiliselt oluline, samas kui seos regulatiivse poliitika ja taastuvenergia tootmise vahel ei ole oluline. Eelarvepoliitika ja avaliku sektori investeeringud suurendavad taastuvenergia edendamist. Üllatavalt aga regulatiivpoliitika investeeringutele mõju ei avalda. (Romano *et al.*, 2017) Võttes arvesse seost fiskaalstiimulite, riiklike investeeringute ja valitsuste sekkumise vahel, näitavad tulemused, kuidas arenenud riikides võib täiendav roheline poliitika olla taastuvate energiaallikate edendamisel isegi negatiivse mõjuga. Seega näitavad tulemused, et taastuvenergiat toetavaid poliitikaid on eriti väärtuslik kasutusele võtta arengumaades. (Carfora *et al.*, 2018)

1.3. Taastuvenergia tarbimise mõjutegurid

Varasema kirjanduse põhjal on näha, et taastuvenergia mõjutegureid ja seoseid erinevate näitajatega on uuritud mitme erineva nurga alt. Antud peatükki on kogutud peamised taastuvenergia tarbimise mõjutajad, mida on varasemalt mitmed autorid oma mudelitesse lisanud.

Süsinikdioksiidi emissioonide mõju on mitmes uuritavas artiklis mainitud, kuna antud mõjuteguri mõistmine võib aidata parandada kliimamuutusi. Damette ja Marques (2019) on oma analüüsi tulemusena leidnud tõendeid, et süsihappegaaside heitkogused mõjutavad taastuvenergia arengut negatiivselt. Tulemused näitasid, et antud efekt on väga tugev, sest FMOLS, DOLS ja PMG ning ühisteguri CCMG/AMG hinnangud annavad analoogseid tulemusi. Sarnasele tulemusele on jõudnud ka Akintande ja teised (2020), kes uurisid taastuvenergia mõjutegureid viie Aafrika riigi näitel. Analüüsitulemused näitasid, et süsinikdioksiidi emissioonide suurenemine vähendab taastuvenergia tarbimist. Negatiivne mõju tähendab, et kui riigis on suured süsinikdioksiidi

heitgaasid, siis on eeldatavasti antud riigis kasutusel suuremas osas fossiilkütuste energiaallikad, mida eeldatavasti ka edasi kasutatakse, jättes taastuvenergiale väikese võimaliku osakaalu kogu energiatarbimisest. Süsinikdioksiidi heitkoguse on mõjutegurina analüüsi lisanud ka Omri ja Nguyen (2014), kes tuvastasid positiivse süsinikdioksiidi heitkoguste mõju. Uurides süsinikdioksiidi emissiooni mõju vaatasid nad tulemusi erinevate sissetulekute lõikes. Kõrge sissetulekuga riikides suurendas süsinikdioksiidi 1% suurenemine taastuvenergia tarbimist 0,42%. Madala taseme sissetulekuga riikides suurendas süsinikdioksiidi 1% suurenemine taastuvenergia tarbimist 0,30%. Globaalselt leiti, et taastuvenergia tarbimine suureneb 0,20%, kui süsinikdioksiidi tase tõuseb 1%. Seega riigi sissetulek võib taastuvenergia tarbimise mõju suurust muuta, kuid mõju jääb siiski iga sissetuleku puhul positiivseks. Samuti on Uzar (2020) taastuvenergia tarbimise analüüsi käigus leidnud, et süsinikdioksiidi heitkoguste suurenemine suurendab taastuvenergia tarbimist. Lisaks leidsid CO₂ emissioonide positiivset mõju taastuvenergia tarbimisele Polcyn ja teised (2022). Positiivne mõju tähendab, et järelkult motiveerivad suured süsinikdioksiidi kogused inimesi taastuvenergiat tarbima, et keskkonnaseisundit parandada.

Teise tähtsa mõjutegurina on käsitletud SKP-d. Omri ja Nguyen (2014) leidsid, et kõrgema sissetulekuga riikide puhul 1% tõus SKP elaniku kohta suurendab taastuvenergia tarbimist 0,20%. Madala sissetulekuga riikides ei ole 1% tõus SKP elaniku kohta taastuvenergia tarbimise mõjutegurina statistiliselt oluline. Ka Aafrika riikide näitel leiti, et SKP kasv suurendab taastuvenergia tarbimist (Akintande *et al.*, 2020). Damette ja Marques (2019) leidsid, et SKP suurenemine toob kaasa taastuvenergia tarbimise suurenemise. Seda põhjendab asjaolu, et suurem sissetulek võimaldab teha suuremaid investeeringuid taastuvenergia infrastruktuuridesse. Samuti on kõrgema sissetulekuga riikides laialdasem võimalus taastuvenergia probleeme lahendada. Ka Polcyn ja teised (2022) leidsid, et SKP suurenemine toob kaasa taastuvenergia tarbimise suurenemise. Uzar (2020) lisas samuti analüüsi mõjuteguriks SKP elaniku kohta. Kuigi mõju oli negatiivne, oli see statistiliselt ebaoluline.

Süsihappegaasi emissioonid ja SKP olid ainsad mõjutegurid, mida kõik antud peatükis mainitud autorid oma analüüsides uurisid. Lisaks on Omri ja Nguyen (2014) mõjuteguritena lisanud mudelisse naftahinnad ja kaubanduse avatuse. Kaubanduse avatuse suurenemine 1% võrra suurendab taastuvenergia tarbimist 0,32%. Kaubanduse avatuse mudelisse kaasamise eeldus oli, et kaubanduse avatus hõlbustab kaupade ja teenuste liikumist riikide vahel tarbimise eesmärgil. Kuna kaupade ja teenuste tarbimine hõlmab energia kasutamist, siis võib kaubanduse avatus kodumaise tootmise ja majandustegevuse suurendamise kaudu aidata kaasa ka energiakasutusele

ja seega ka taastuenergiALE. Uzar (2020) on mudelisse lisanud lisaks süsihappegaasile ja SKP-le ka GIN-i koefitsiendi, mida on käsitletud sissetulekute ja taastuenergia seose peatükis, korruptsiooni vähendamise ja kaubanduse avatuse. Tulemused näitasid, et korruptsiooni vähenemine suurendaks taastuenergia tarbimist 1% olulisuse juures. Korruptsioonikontroll takistab keskkonnapoliitika lõdvendamist ja pikaajaliste investeringute tegemist. Kaubanduse avatus ei olnud mudelis statistiliselt oluline mõjutegur. Aafrika viie riigi näitel lisati mudelisse väga mitmeid erinevaid mõjutegureid. Välja on toodud peamised ja varasemalt mainitud artiklitega kattuvad mõjutegurid. Leiti, et energia lõpptarbimise ja korruptsioonikontrolli suurenemine põhjustab taastuenergia tarbimise suurenemist. Teisalt on naftanõudlus taastuenergia tarbimist nõrgendav tegur. (Akintande *et al.*, 2020) Damette ja Marques leidsid lisaks süsinikdioksiidi heitkogustele ja SKP-le olulise mõjutegurina energiakasutuse. Suurem energiakasutuse vajadus toob kaasa taastuenergia kasutuselevõtu suurenemise. Polcyn ja teised (2022) leidsid oluliste mõjuteguritena lisaks SKP-le ja süsinikdioksiidi emissioonidele veel energiatarbimise, kapitali kogumahutuse ja tööjõu kogumahutuse. Leiti, et nii energiatarbimine, kapitali kogumahutus kui ka tööjõu kogumahutus vähendavad taastuenergia tarbimist. Tabelis 1 on peatükis käsitletud artiklite põhjal lühidalt välja toodud peamised mõjutegurid ja nende mõju.

Tabel 1. Taastuenergia tarbimise mõjutegurid varasemate empiiriliste uuringute põhjal

Autorid	Aasta	Riigid	Sõltuv tegur	Peamised mõjutegurid
Omri & Nguyen	2014	64 maailma riiki	tarbimine	CO ₂ emissioonid +, SKP +, naftahinnad -, kaubanduse avatus +
Uzar	2020	43 maailma riiki	tarbimine	CO ₂ emissioonid +, korruptsiooni vähendamine +, SKP - (N/S), kaubanduse avatus - (N/S), sissetulekute ebavõrdsus -
Akintande <i>et al.</i>	2020	Aafrika riigid	tarbimine	SKP +, CO ₂ emissioonid -, energiatarbimine +, korruptsioon +
Damette & Marques	2019	Euroopa riigid	kasutuselevõtt	CO ₂ emissioonid -, SKP +, energiakasutus +
Polcyn, <i>et al.</i>	2022	Euroopa	tarbimine	SKP +, CO ₂ +, energiatarbimine -, kapitali kogumahutus -, tööjõu kogumahutus -

Allikas: autori koostatud tuginedes varasemale kirjandusele

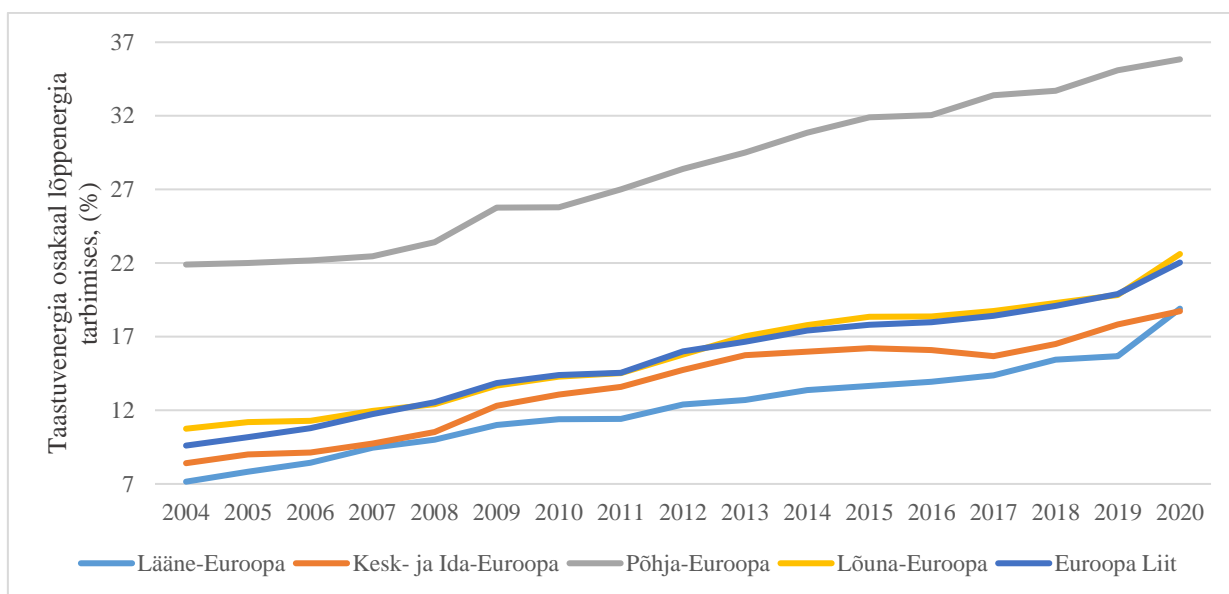
Autor võtab analüüsi koostamise aluseks tabelis välja toodud mõjutegurid. Lisaks võeti igas taastuenergia tarbimise mõjutegurite uuritavas artiklis viitajad kõikidest sõltumatutest teguritest, et vähendada endogeensuse probleemi, fikseeritud mõjude probleemi ja viivitusega sõltumatu muutuja olemasolu probleemi (Omri & Nguyen, 2014). Seega on ka käesoleva lõputöö analüüsi läbiviimiseks võetud viitajad kõikidest sõltumatutest teguritest.

2. EMPIIRILISE UURINGU ANDMED JA METOODIKA

2.1. Andmed

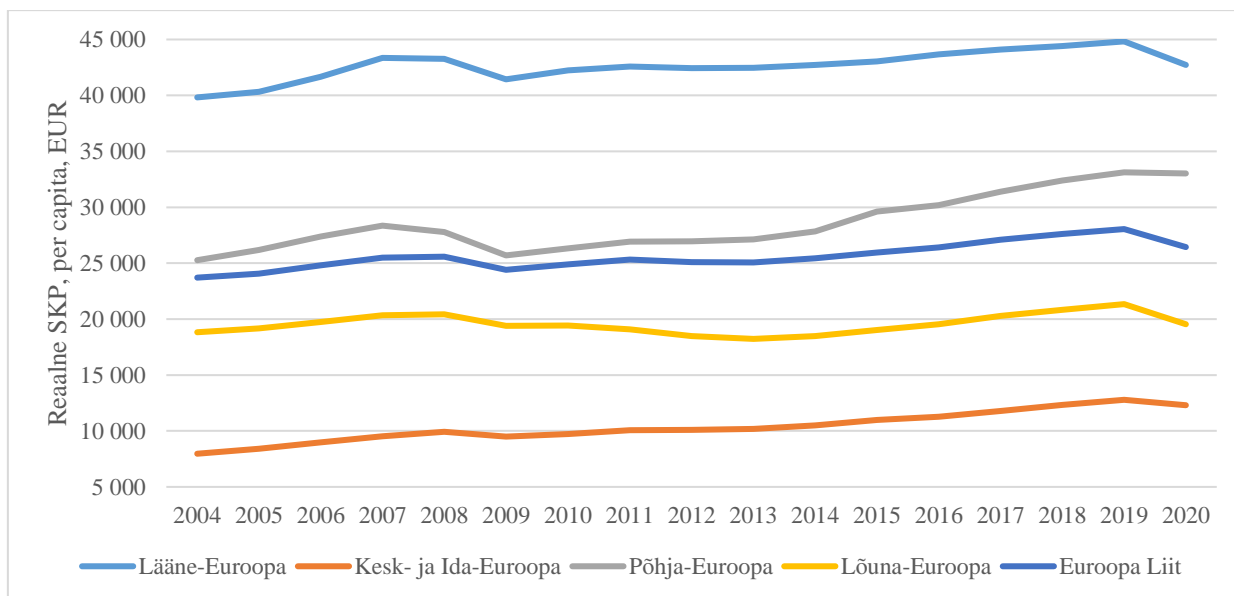
Valitud riigid, millega analüüs läbi viiakse, on antud töös EL liikmesriigid. Vaatluse alla on võetud 2020 seisuga EL liikmesriigid, mida on kokku 27. Euroopa Liidu liikmesriigid on ühed kliimamuutuste leevendamise juhid võrreldes teiste geograafiliste piirkondadega (Zheng et al., 2019). Samuti on Euroopa Liidu energiapoliitika eesmärk suurendada taastuvenergia tarbimist igas liikmesriigis, et kiiremini üle minna taastuval energial põhinevale vähese süsihappegaasiga tulevikule (Inês et al., 2020). Antud töö raames on seega vaatluse alla võetud EL 27 liikmesriiki, sest need riigid näitavad suurt potentsiaali rohelise energia arendamises suurendades aktiivselt taastuvenergia kasutamist ja vähendades fossiilkütuse kasutamist. Antud lõputöös kasutatakse sekundaarseid kvantitatiivseid paneelandmeid taastuvenergia tarbimise ja seda mõjutavate tegurite kohta. Kõik kasutatavad andmed on aastase perioodiga ning balanseeritud andmete perioodiks on valitud andmete kättesaadavuse järgi aastad 2004-2020. Taastuvenergia tarbimise hindamiseks kasutas autor taastuvenergia osatähtsust energia lõpptarbimises (Eurostat, tabel *Share of renewable...*). Andmed on pärit Eurostati andmebaasist. SKP elaniku kohta hindamiseks kasutas autor reaalsel SKP kasvu elaniku kohta (Eurostat, tabel *Real GDP...*). Andmed SKP kasvu kohta on kättesaadavad Eurostati andmebaasist. CO₂ emissiooni hindamiseks on kasutatud andmeid Eurostati andmebaasist kasvuhoonegaaside netoheite indeksi kohta, kus baasaastaks on valitud 1990=100. (Eurostat, tabel *Net Greenhouse...*). Energiatarbimise hindamiseks on kasutatud Eurostati andmeid energiatarbimise kohta miljonites tonnides. Autor on leidnud energiatarbimise kasvu võrreldes eelmise aastaga, et andmed oleksid võrreldavad. (Eurostat, tabel *Final energy...*) Kaubanduse avatuse hindamiseks on autor kasutanud Worldbanki andmeid kaupade ja teenuste ekspordi ja impordi summa kohta, mõõdetuna osakaaluna SKP-st (Worldbank, tabel *Trade...*). Korruptsiooni hindamiseks on autor kasutanud korruptsiooniindeksit Transparency International koduleheküljelt, kuhu on kogutud igaastaselt ülemaailmselt andmeid korruptsiooni kohta. Kui indeks on 0, on tegu kõrge korruptsiooniga ning mida suurem on indeks, seda väiksem on korruptsiooni tase antud riigis. (Transparency International, *Corruption Perception Index...*) Lisaks võtab autor enne analüüsi alustamist 1 aastased viitajad kõikidest sõltumatutest teguritest, tuginedes varasemale empiirilisele kirjandusele.

Mudelis on sõltuvaks tunnuseks taastuenergia osatähtsus energia lõpptarbimises. Joonisel 1 on kujutatud EL riikide taastuenergia osakaal energia lõpptarbimises kokku aastatel 2004 - 2020. Lisaks on EL riigid liigitatud nelja erineva piirkonna alusel, milleks on Lääne-Euroopa, Kesk- ja Ida-Euroopa, Põhja-Euroopa ja Lõuna-Euroopa. Riikide liigitus on välja toodud lisas 2. Aastal 2004 oli taastuenergia osakaal energia lõpptarbimisest 9,6 %, aastal 2020 oli osakaal 22%. Seega alates aastast 2004 on taastuenergia osakaal pidevas tõusutrendis. Jooniselt on selgelt teistest kõrgema taastuenergia osakaaluga lõpptarbimises Põhja-Euroopa. Kõige väiksem osakaal taastuenergiel on Lääne-Euroopas.



Joonis 1. Taastuenergia tarbimise osakaal lõpptarbimises Euroopa Liidus
Allikas: Autori arvutused lisa 1 andmete põhjal

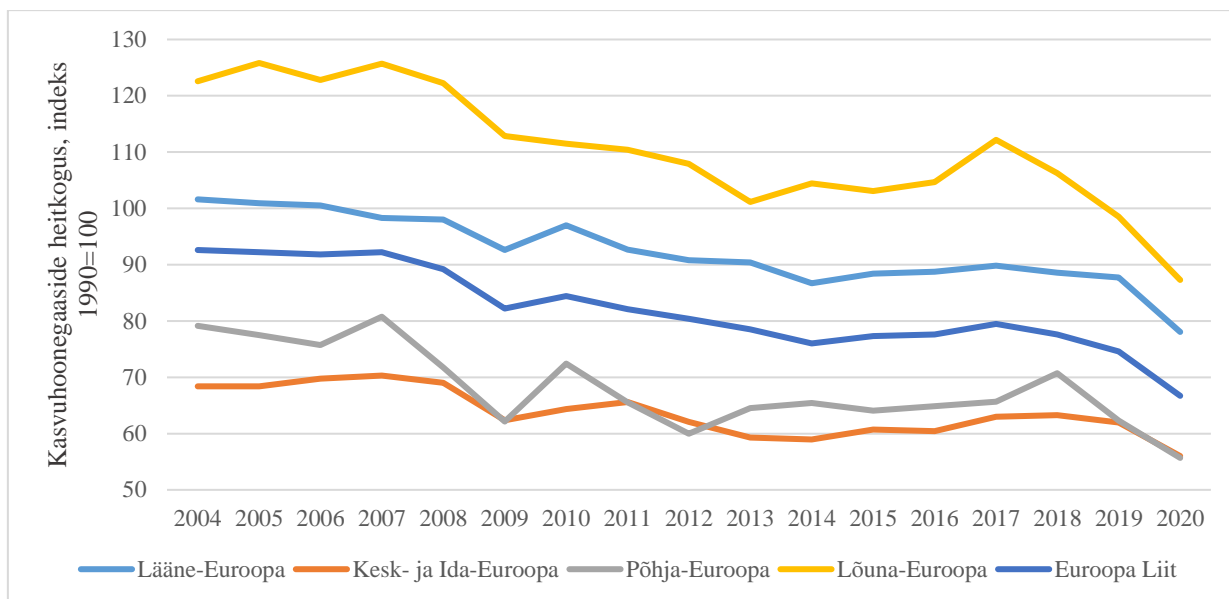
Esimese mõjutegurina lisatakse mudelisse sõltumatu muutujana reaalne SKP kasv elaniku kohta. Kirjeldava statistika jaoks on joonisel 2 välja toodud reaalne SKP elaniku kohta Euroopa Liidus keskmiselt ja ka nelja piirkonna vahel. Jooniselt on näha, et aastal 2004 oli Euroopa Liidus reaalne SKP elaniku kohta 23 710 eurot. Alates aastast 2004 on SKP elaniku kohta EL liikmesriikides tõusnud kuni aastani 2008. Seejärel on näha SKP langust tänu 2007.-2008. aasta majanduskriisile. Peale majanduskriisi on SKP jälle tõusutrendis, kuni 2019. aastani, mis reaalne SKP elaniku kohta oli 28 050 eurot. Aastal 2020 langes reaalne SKP elaniku kohta 26 440 euroni tänu COVID-19 pandeemia. Vaadeldes erinevaid piirkondi on näha, et Lääne-Euroopas on reaalne SKP elaniku kohta kõige kõrgem. Kõige madalam on reaalne SKP elaniku kohta Kesk- ja Ida-Euroopas.



Joonis 2. Reaalne SKP elaniku kohta Euroopa Liidus

Allikas: Autori koostatus lisa 1 andmete põhjal

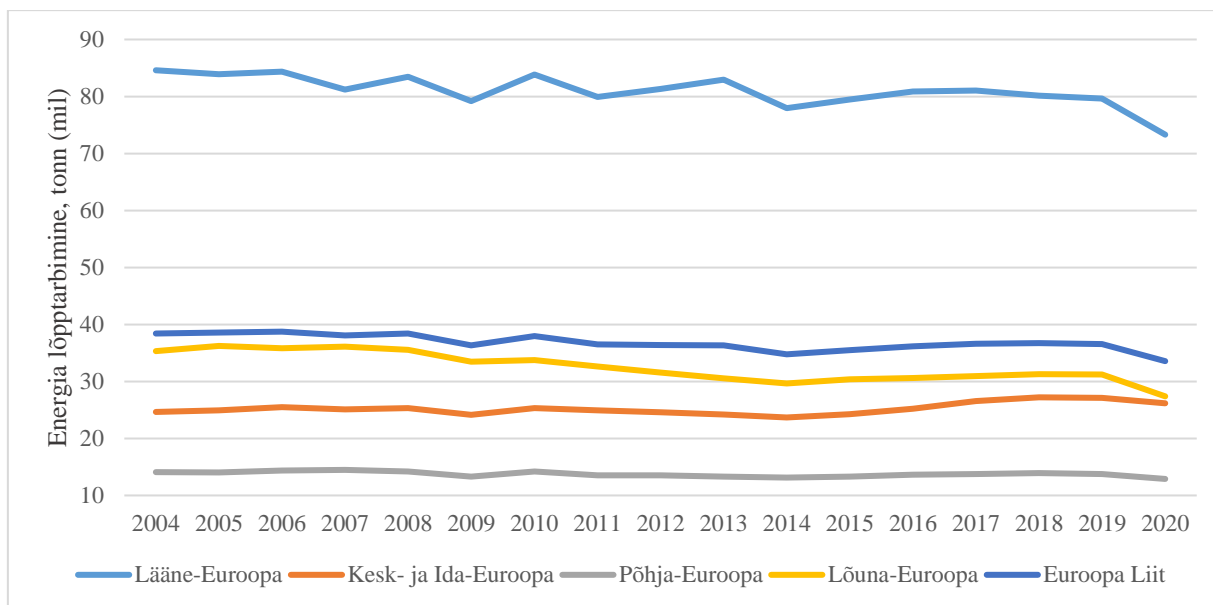
Järgmise mõjutegurina lisatakse mudelisse sõltumatu muutujana kasvuhoonegaaside netoheide, et hinnata süsinikdioksiidi emissioonide mõju taastuvenergia tarbimisele. Joonisel 3 on kirjeldatud kasvuhoonegaaside indeksid Euroopa Liidus, kus aasta 1990 võetud baasaastaks, seega on aastal 1990 kasvuhoonegaaside emissiooni indeks 100. Kuni aastani 2020 on näha heitgaaside järkjärgulist vähenemist, kuid see ei ole toimunud täielikult lineaarselt. Aastal 2020 oli kasvuhoonegaaside emissioon jõudnud Euroopa Liidus tasemini 66,7. Graafik näitab, et EL riigid on liikumas väiksema kasvuhoonegaaside heitkoguse suunas, mis on kooskõlas EL suundumustega ja seatud eesmärkidega vähendada süsinikdioksiidi heitgaase. Vaadeldes piirkondi eraldi, on näha, et Lõuna-Euroopas on kasvuhoonegaaside netoheide kõige suurem. Kõige väiksem on kasvuhoonegaaside netoheide Kesk- ja Ida-Euroopas. Lisaks on näha kõikide piirkondade puhul netoheitgaaside langust aastal 2009, mis on tingitud fossiilkütuste tarbimise langusest peamiselt tänu söekasutuse vähenemisele. Tänu majanduslangusega seotud energianõudluse vähenemisele kasvas taastuvenergia kasutamise osakaal, mis aitas kaasa ka heitkoguste vähenemisele. (EEA, *Why did greenhouse...*)



Joonis 3. Kasvuhoonegaaside heitkogused Euroopa Liidus

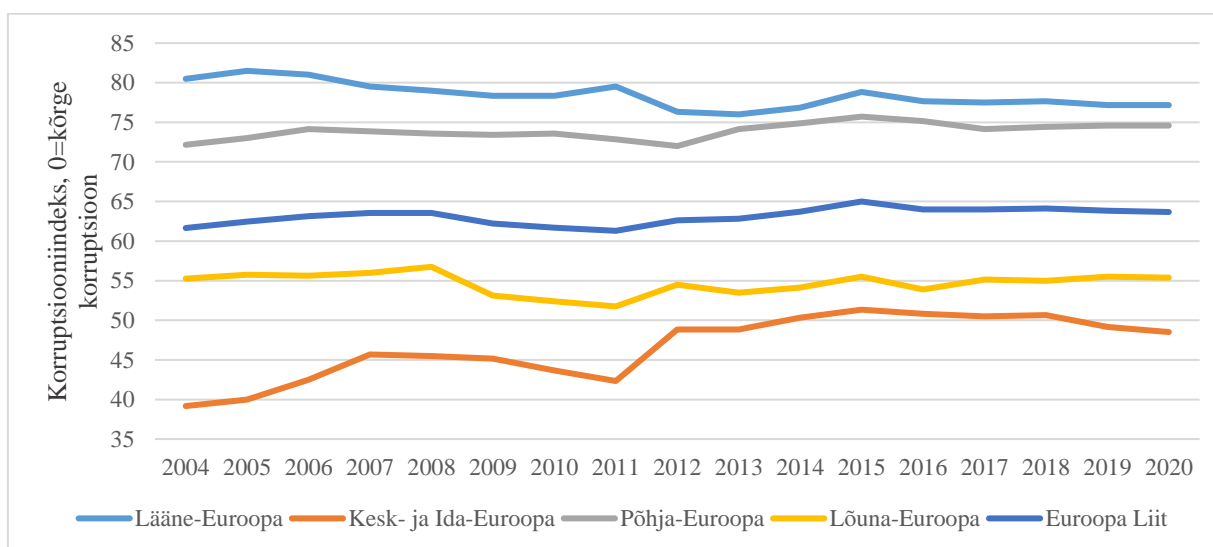
Allikas: Autori koostatus lisa 1 andmete põhjal

Mudelisse lisatakse ka sõltumatu muutujana energia lõpptarbimise kasv võrreldes eelmise perioodiga, et hinnata energiakasutuse ja -sõltuvuse mõju taastuvenergia tarbimisele. Kirjeldava statistika jaoks on aga välja toodud energia lõpptarbimine miljonites tonnides. Joonisel 4 on näha, et energiatarbimine on vaadeldava perioodi jooksul vähenenud. Aastal 2009 on näha nii Euroopa Liidu kui ka individuaalselt iga perioodi kohta langust energiatarbimises. See on tingitud majanduskriisi aegsest energianõudluse vähenemisest (EEA, *Why did greenhouse...*). Samuti on näha jooniselt, et Lääne-Euroopas on energiatarbimine kõige suurem. Kõige väiksem on energiatarbimine Põhja-Euroopas.



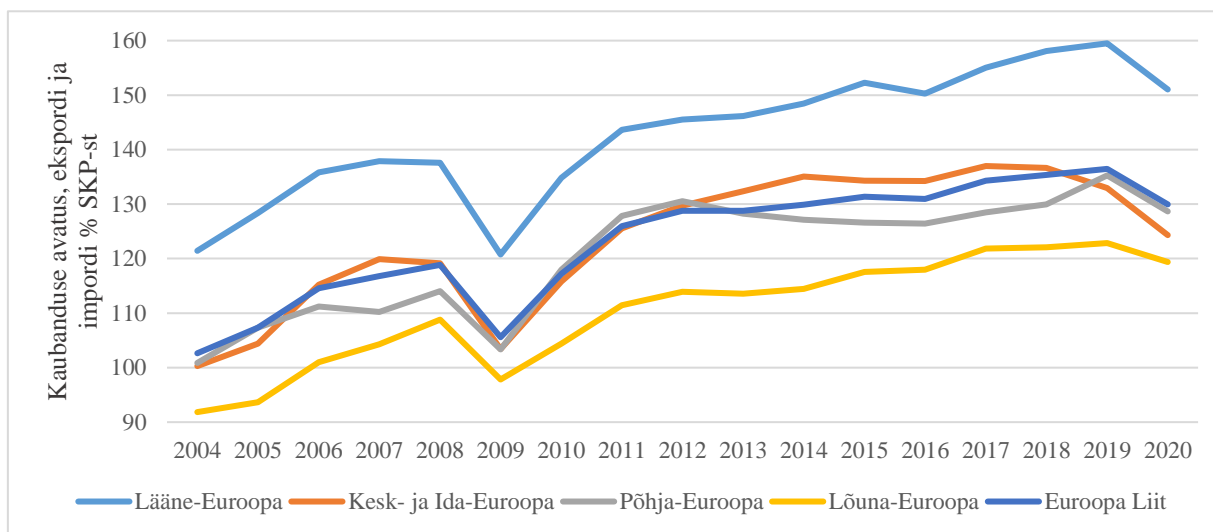
Joonis 4. Energia lõpptarbimine Euroopa Liidus
Allikas: Autori koostatud lisa 1 andmete põhjal

Järgnevalt lisatakse mudelisse korrupsiooniindeks, et hinnata, kas ka korrupsioonil on taastuenergia tarbimisele oluline mõju. Mida kõrgem on korrupsiooni indeks, seda madalam on antud piirkonnas korrupsioon. Joonisel 5 on Euroopa Liidu põhjal näha, et korrupsiooniindeks on tõusnud aastal 2004 indeksilt 62 aastal 2020 indeksini 64, mis näitab, et üldiselt on Euroopa Liidus korrupsioon vähenenud. Kõige suurem on korrupsioon Kesk- ja Ida-Euroopas ning kõige väiksem on korrupsioon Lääne-Euroopas.



Joonis 5. Korrupsioon Euroopa Liidus
Allikas: Autori koostatud lisa 1 andmete põhjal

Viimase tegurina lisatakse mudelisse kaubanduse avatus ehk kaupade ja teenuste ekspordi ja impordi summa mõõdetuna osakaaluna SKP-st. Joonisel 6 on näha suurt kaubanduse avatuse kasvu alates aastast 2004 kuni aastani 2019. Aastal 2020 on nii Euroopa Liidu kui ka individuaalselt iga piirkonna kohta näha kaubanduse avatuse langust, mis on tingitud COVID-19 pandeemiast. Samuti on nii Euroopa Liidu keskmise kui ka iga piirkonna kohta näha suurt kaubanduse avatuse vähenemist aastal 2009, mis on tingitud majanduslangusest.



Joonis 6. Kaubanduse avatus Euroopa Liidus

Allikas: Autori koostatud lisa 1 andmete põhjal

Töös kasutatavate andmete kirjeldav statistika on välja toodud tabelis 2. Antud tabelis on toodud SKP elaniku kohta kasvumäär, erinevalt joonisel 2 kajastatul. Samuti on tabelis toodud energia lõpptarbimise kasvumäär, mitte tarbimise väärtused tonnides.

Tabel 2. Seletavate muutujate kirjeldav statistika

Tegur	Keskmine	Mediaan	Min	Max	Variatsioonikordaja
Taastuenergia tarbimine (%)	17,767	15,690	0,102	60,124	0,650
SKP kasv (%)	1,016	1,018	0,855	1,232	–
Süsinikdioksiidi emissioonid (indeks, 1990=100)	85,121	83,500	20,600	176,500	0,356
Kaubanduse avatus (%)	123,217	105,339	45,419	377,843	0,522
Energia lõpptarbimise kasv (%)	1,000	1,000	0,998	1,003	–
Korruptsioon (indeks, 0=kõrge korruptsioon)	63,139	61,000	29,000	97,000	16,743

Allikas: Autori koostatud lisa 1 andmete põhjal

Tabelist 2 on näha, et tegurite aritmeetilised keskmised või kasvumäärade puhul geomeetrilised keskmised erinevad teineteisest väga palju. Tegureid on hea võrrelda variatsioonikordaja abil. Kõige rohkem on hajunud muutuja on korrupsiooniindeks. Kõige vähem hajunud muutuja on süsinikdioksiidi emissioonid.

2.2. Meetodi kirjeldus

Käesolevas lõputöös kasutatakse empiiriliste tulemusteni jõudmiseks paneelandmete modelleerimist. Esmalt koostatakse ühendatud mudel, seejärel koostatakse erinevuste modelleerimiseks ka fikseeritud efektidega mudel FE ning juhuslike efektidega mudel RE.

Fikseeritud efektidega mudel eeldab, et uuritavate vaatluste vahel puudub varieeruvus, mis on tingitud juhuslikest teguritest. Fikseeritud efekti analüüsis eeldame, et tegelik efekt on kõigis uuringutes sama ja kokkuvõtlik efekt on meie hinnang selle ühise mõju suuruse kohta. Juhuslike efektidega analüüsis eeldame, et tegelik mõju suurus varieerub erinevatest uuringutest ja et meie analüüsi uuringud esindavad juhuslikku valimit mõju suurustest, mida oleks võinud täheldada. (Hedges *et al.* 2009)

Fikseeritud efektiga mudelit kasutatakse kui vabaliige on iga objekti jaoks erinev. Fikseeritud efektiga mudelit võib laiendada vaid analüüsi valimi objektidele ega ei tohi laiendada objektidele väljaspool analüüsi valimit. (Vörk, 2003)

Fikseeritud efektidega grupisisese mudeli puhul viiakse läbi kaks testimist. Nullhüpoteesiks, et ükski regressor ei ole statistiliselt oluline. Sisukaks hüpoteesiks on, et vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline. Teiseks nullhüpoteesiks on, et objektispetsiifilised vabaliikmed ei ole statistiliselt olulised. Teine sisukas hüpotees on, et objektispetsiifilised vabaliikmed on statistiliselt olulised. Autor kasutab analüüsiks olulisuse nivood 0,05. Seega sisukas hüpotees võetakse vastu juhul kui F-testi olulisuse tõenäosus on väiksem kui 0,05. (Wooldridge, 2012)

Fikseeritud efektidega mudel matemaatilisel kujul on:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{1it} + \beta x_{2it} + \beta x_{3it} + \beta x_{4it} + \beta x_{5it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

kus

y – taastuenergia tarbimine, osakaaluna energia lõpptarbimisest,

i – loendab objekte,

t – loendab ajaperioode,

x_1 – SKP kasv elaniku kohta,

x_2 – süsinikdioksiidi emissioonid, Indeks 1990=100,

x_3 – kaubanduse avatus, % SKP-st,

x_4 – energia lõpptarbimise kasv,

x_5 – korrupsiooniindeks, 0=kõrge korrupsioon,

α – vabaliige,

ϵ – vealiige,

β – parameeter.

Kui lisada mudelisse juhuslik suurus, mille keskvärtus on 0, siis saame juhuslike efektidega mudeli, sest objektile iseloomulik efekt on nüüd juhuslik. Juhuslike efektiga mudelis ei ole objektispetsiifiline efekt korreleerunud teiste väliste teguritega, fikseeritud efektis aga võib. Parema mudeli leidmiseks kasutatakse Hausmani testi. (Vörk, 2003)

Juhuslike efektidega mudel matemaatilisel kujul on:

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{1it} + \beta x_{2it} + \beta x_{3it} + \beta x_{4it} + \beta x_{5it} + u_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

kus

y – taastuenergia tarbimine,

i – loendab objekte,

t – loendab ajaperioode,

x_1 – SKP kasv elaniku kohta,

x_2 – süsinikdioksiidi emissioonid, Indeks 1990=100,

x_3 – kaubanduse avatus, % SKP-st,

x_4 – energia lõpptarbimise kasv,

x_5 – korrupsiooniindeks, 0=kõrge korrupsioon,

α – vabaliige,

ϵ – vealiige,

β – parameeter,

u – juhuslik suurus, mis iseloomustab i -ndat vaatlust, keskvärtusega 0.

Juhuslike efektidega mudeli puhul viiakse läbi kolm testi. Waldi testi tulemusena võetakse vastu sisukas hüpotees, kui olulisuse tõenäosus on väiksem kui 0,05. Sisukas hüpotees on, et vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline. Nullhüpotees väidab vastupidist. Breusch-Pagani testi sisukas hüpotees on, et eksisteerib objektispetsiifiline vealiige, nullhüpotees aga väidab, et vealiige puudub. Kolmas sisukas hüpotees on, et GLS hinnangud ei ole mõjusad. Nullhüpotees, seega väidab, et GLS hinnangus on mõjusad. Samuti võetakse vastu sisukas hüpotees, kui olulisuse tõenäosus on väiksem kui 0,05. (Wooldridge, 2012)

3. EMPIIRILISE UURINGU TULEMUSED JA JÄRELDUSED

3.1. Empiirilise uuringu tulemused

Enne mudeli analüüsimist võeti varasema kirjanduse alusel viitajad kõikidest sõltumatutest teguritest. Järgnevalt pööratakse tähelepanu statsionaarsusele, kuid antud töös on analüüsitava ajaperioodide arv väiksem kui objektide arv, seega statsionaarsuse kontrollimine ei ole vajalik (Baltagi, 2005). Lisaks on autor enne analüüsimist välja toonud korrelatsioonimaatriksi, et paremini visualiseerida tegurite vahelisi seoseid. Tulemused on välja toodud tabelis 3.

Tabel 3. Korrelatsioonimaatriks

	Taastuenergia a tarbimine	SKP kasv	CO ₂ heitgaasi d	Energiasõltu v	Kaubandus e avatus	Korruptsioo n
Taastuenergia a tarbimine	1	-0.0521	-0.3644 ***	-0.0847 **	-0.3905 ***	0.1919 ***
SKP kasv		1	-0.1179 ***	0.5463 ***	0.1118 **	-0.1468 ***
CO ₂ heitgaasid			1	0.0557	0.0298	0.1776 ***
Energiasõltu v				1	0.0923 **	-0.0224
Kaubanduse avatus					1	0.1284 ***
Korruptsioon						1

Allikas: Autori arvutused lisa 1 andmete põhjal

Märkused:

- Olulisuse nivood 0,1, 0,05 ja 0,1 on tähistatud vastavalt *, ** ja ***.

On näha, et SKP kasvu ja taastuenergia tarbimise vaheline seos ei ole statistiliselt oluline. Siiski lisab autor teguri mudelisse, et uurida, kas see mõju võib muutuda statistiliselt oluliseks erinevate analüüside käigus. Ülejäänud teguritel on aga taastuenergia tarbimisega statistiliselt oluline seos. Kõikide tegurite puhul ei ole ühegi korrelatsioonikordaja absoluutväärtus üle 0,8, seega ei ole vaja multikollineaarsusega arvestada, sest eeldatakse, et multikollineaarsus on piisavalt minimaalne.

(Kennedy, 2008). Pealegi pole võimalik multikollineaarsus paneelandmete puhul niivõrd oluline probleem kui näiteks ristanndmete puhul. Lisaks vaadates koefitsiente, on näha, et nende suurusjärgud ei erine liiga suures mastaabis.

Esimese analüüsina viis autor läbi ühendatud mudeli hindamise. Kõikide esmaste analüüside tulemused on koondatud kokku tabelisse 4. Tabelist on näha, et ühendatud mudeli puhul osutusid statistiliselt oluliseks nivool 0,05 konstant, süsinikdioksiidi heitgaasid, kaubanduse avatus ja korrupsioon. Statistiliselt ebaoluliseks osutus ühendatud mudeli puhul SKP kasv ja energia lõpptarbimise kasv. Mudeli determinatsioonikordaja oli 0,361 ehk mudel seletab taastuenergia tarbimisest 36,1% vaadeldud perioodi jooksul. Järgmisena viis autor läbi fikseeritud efektidega mudeli hindamise. Tabelis 4 veerus 2 on välja toodud analüüsi tulemused. Statistiliselt oluliseks nivool 0,05 osutusid kõik tegurid. Mudeli determinatsioonikordaja oli 0,539 ehk mudel selgitab ära 53,9% taastuenergia tarbimisest antud valimi ja perioodi ulatuses. F-testi regressorite olulisuse testimiseks tulemusena leiti, et $p < 0,05$, seega võeti vastu sisukas hüpotees ehk vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline. Kitsenduste F-testi tulemusena saadi, et $p < 0,05$, seega võeti vastu sisukas hüpotees, mille kohaselt objektispetsiifilised vabaliikmed on statistiliselt olulised, tuleb vastu võtta fikseeritud efektidega mudel. Kontrollides grupiviisilist heteroskedastiivsust saadi tulemuseks, et $p < 0,05$, seega tuleb vastu võtta sisukas hüpotees, mille kohaselt esineb heteroskedastiivsus. Samuti viies läbi Durbin-Watsoni testi, leiti, et tuleb vastu võtta sisukas hüpotees ehk esineb autokorrelatsioon. Selleks, et heteroskedastiivsust ja autokorrelatsiooni analüüsi käigus arvesse võtta, koostas autor fikseeritud efektidega mudeli kasutades kohandatud standardvigu. Fikseeritud efektidega mudeli koos kohandatud standardvigadega tulemused on toodud tabelis 4 veerus 3. Koefitsiendid ja determinatsioonikordaja jäid samaks, aga p-väärtused muutusid. Enam ei ole konstant ega korrupsioon statistiliselt olulised.

Järgmiseks viis autor läbi juhuslike efektidega mudeli hindamise, et võrrelda, kumb mudel on parem. Kõik tegurid on statistiliselt olulised nivool 0,05. Determinatsioonikordaja on aga 0,007 ehk mudel kirjeldab ära 0,7% taastuenergia tarbimisest. Breusch-Pagani test näitab, et $p < 0,05$, seega tuleb vastu võtta sisukas hüpotees ehk parem on juhuslike efektidega mudel. Siiski näitab Hausmani test, et $p < 0,05$, mille kohaselt tuleb vastu võtta fikseeritud efektidega mudel. Juhuslike efektidega mudeli tulemused on välja toodud tabelis 4 veerus 4.

Tabel 4. Analüüsitulemuste kokkuvõte

Muutuja	1	2	3	4	5	6
Konstant	26,372 *** (1,04e-28)	11,469 *** (9,85e-07)	11,469 (0,1107)	13,493 *** (6,17e-06)	30,912 *** (2,06e-62)	30,916 *** (4,88e-09)
SKP kasv	0,061 (0,6583)	-0,176 *** (5,19e-05)	-0,176 *** (0,002)	-0,155 *** (0,001)	-0,022 (0,500)	-0,022 (0,556)
Süsinikdioksiidi emissioonid	-0,152 *** (4E+86-21)	-0,154 *** (2,39e-30)	-0,154 *** (0,001)	-0,160 *** (4,22e-36)	-0,038 *** (7,91e-06)	-0,038 * (0,061)
Energia lõpptarbimise kasv	5,215 (0,679)	10,472 *** (0,005)	10,472 *** (0,002)	9,656 ** (0,013)	0,247 (0,920)	0,247 (0,891)
Kaubanduse avatus	-0,078 *** (1,42e-24)	0,126 *** (3,60e-36)	0,126 *** (6,48e-05)	0,107 *** (6,52e-32)	-0,016 ** (0,032)	-0,016 (0,184)
Korruptsioon	0,225 *** (2,74e-15)	0,075 ** (0,014)	0,075 (0,217)	0,088 *** (0,0047)	-0,020 (0,272)	-0,020 (0,565)
Vaatluste arv	16	16	16	16	16	16
Riikide arv	27	27	27	27	27	27
R2	0,361	0,539	0,539	0,007	0,855	0,855
White'i testi p-väärtus / grupisene Wald test	5,681e-15	1,837e-153			2,862e-267	
Durbin-Watsoni test (p-väärtus)		0,439 (0)			0,495 (0)	
Breusch-Pagani testi p-väärtus				0		
Kitsenduste F-testi p-väärtus		3,323e-204	2,003e-77		8,647e-280	3,022e-125
Hausmani testi p-väärtus				3,752e-10		
Waldi test ajaefektidele					1,660e-169	

Allikas: Autori koostatud kokkuvõtte elektroonilise lisa 3 põhjal.

Märkused:

- Olulisuse nivood 0,1, 0,05 ja 0,1 on tähistatud vastavalt *, ** ja ***,
- Veerg 1 - Ühendatud mudel,
- Veerg 2 – Fikseeritud efektidega mudel,
- Veerg 3 – Fikseeritud efektidega mudel kasutades kohandatud standardvigu,
- Veerg 4 – Juhuslike efektidega mudel,
- Veerg 5 – Fikseeritud efektidega mudel koos ajaefektidega
- Veerg 6 – Fikseeritud efektidega mudel koos ajaefektidega kasutades kohandatud standardvigu.

Tegeledes edasi fikseeritud efektidega mudeliga, lisas autor järgnevasse mudelisse ka ajaefektid, et uurida, kas need on ka antud mudelis olulised. Fikseeritud efektidega mudeli koos ajaefektidega tulemused on välja toodud tabelis 4 veerus 5. Statistiliselt olulised tegurid nivool 0,05 on nüüd konstant, süsinikdioksiidi emissioonid ja kaubanduse avatus. SKP kasv, energia lõpptarbimise kasv ja SKP ei ole antud mudelid statistiliselt olulised. Lisas 3.5. on näha ka ajaefektide koefitsiente ja olulisusi. Antud mudeli järgi on kõik ajaefektid olulised nivool 0,01. Waldi test näitab, et $p < 0,05$, seega tuleks vastu võtta sisukas hüpotees, mille kohaselt ajaefektid on olulised ning fiktiivseid tunnuseid mudelist eemaldada ei tohiks. Lisaks näitab kitsenduste F-test, et $p < 0,05$, seega parem on kahesuunaline fikseeritud efektidega mudel kui ühendatud mudel. Viies läbi heteroskedastiivsuse ja autokorrelatsiooni kontrolliks vastavalt Waldi testi ja Durbin-Watsoni testi, saadi tulemuseks, et esineb nii autokorrelatsioon kui ka heteroskedastiivsus. Selleks, et mudelis arvesse võtta nii autokorrelatsiooni kui ka heteroskedastiivsust, viis autor läbi fikseeritud efektidega mudeli koos ajaefektidega, kasutades kohandatud standardvigu. Mudeli tulemused on välja toodud tabelis 4 veerus 6. Võrreldes eelmise mudeliga ei ole koefitsiendid muutunud, kuid nüüd on statistiliselt oluline nivool 0,01 ainult konstant ning süsinikdioksiidi emissioonid on statistiliselt olulised vaid nivool 0,1. Lisaks on olulised kõik ajaefektid. Mudel kirjeldab ära 85,5% taastuenergia tarbimisest.

Järgmiseks eemaldas autor mudelist aasta 2020, kuna tegu oli erandliku aastaga tänu COVID-19 pandeemiale. Ka kirjeldava statistika graafikutelt on näha, et tegu on eripärase aastaga, mille võib mudelist seetõttu eemaldada. Peale antud aasta eemaldamist, muutusid süsinikdioksiidi emissioonid statistiliselt oluliseks nivool 0,05.

Autor viis ka analüüsi läbi võttes trendiga teguritest esimest järku diferentsid. Antud analüüs ei andnud olulisuse nivool 0,05 ühtegi statistiliselt olulist tegurit, seega antud töös rohkem seda ei käsitleta.

Lisaks viis autor läbi analüüsi eemaldades 2020. aasta ja Lääne-Euroopa piirkonna. Vaadeldes kirjeldava statistika graafikuid, on näha, et Lääne-Euroopa erines teistest Euroopa piirkondadest enim. Selleks võttis autor välja antud piirkonna riigid ning ka 2020. aasta. Kuna ajaperioodide arv jäi siiski alla objektide arvu, ei kontrollitud ka selle valimi puhul statsionaarsust. Autor viis sarnaselt eelmisele valimile läbi kõigepealt ühendatud mudeli, fikseeritud efektidega mudeli, fikseeritud efektidega mudeli kohandatud standardvigadega, juhuslike efektidega mudeli, fikseeritud efektidega mudeli kasutades ajaefekte ning viimasena kõige sobilikuma mudelina

fikseeritud efektidega mudeli koos ajaefektide ja kohandatud standardvigadega. Tulemused on näha lisas 3.7. Statistiliselt oluliseks nivool 0,05 osutus lisaks konstandile ka kaubanduse avatus. Ülejäänud tegurid ei ole statistiliselt olulised. Samuti olid olulised kõik ajaefektid. Mudeli kirjeldusvõime oli 85,8%. Kui eemaldada mudelist järjest suurima p väärtusega tunnuseid, siis tulemused jäid samaks.

3.2. Analüüsi järeldused

Antud töö eesmärk oli uurida, millised tegurid mõjutavad taastuenergia tarbimist Euroopa Liidu riikide näitel, et paremini mõista, kuidas saaks taastuenergia tarbimist suurendada. Mõjuteguritena lisati mudelisse varasema kirjanduse alusel SKP kasv, süsinikdioksiidi heitgaasid, kaubanduse avatus, energia lõpptarbimise kasv ja korrupsiooniindeks. Analüüs viidi läbi kõikide Euroopa Liidu riikidega ning eraldi ka Euroopa Liidu riikidega, kust oli eemaldatud Lääne-Euroopa piirkonna riigid. Mõlema analüüsi puhul osutus parimaks mudeliks fikseeritud efektidega mudel koos ajaefektidega ja kohandatud standardvigadega. Kuna mõlema piirkonna puhul saadi erinevad tulemused, siis otsustas autor mõlemat mudelit tõlgendada.

Kogu Euroopa Liidu riikide lõpliku mudeli determinatsioonikordaja on 0,855 ehk mudel selgitab ära 85,5% taastuenergia tarbimisest. Tegu on kõrge kirjeldusvõimega, mis viitab asjaolule, et mudelisse on lisatud korrektsed tegurid. Samuti võib suur kirjeldusvõime olla põhjustatud ajaefektide lisamisest fikseeritud efektidega mudelile. Tulemused olid siiski võrreldes varasema kirjandusega ootamatud. Ainsaks statistiliselt oluliseks mõjuteguriks osutusid süsihappegaaside emissioonid, mis on küll varasema kirjandusega kooskõlas, kuid üllatav on asjaolu, et ainult üks tegur osutus statistiliselt oluliseks. Tulemuseks saadi, et süsinikdioksiidi emissioonid mõjutavad taastuenergia tarbimist negatiivselt. Täpsemalt, süsinikdioksiidi heitgaaside suurenemine ühe protsendipunkti võrra vähendab taastuenergia tarbimist 0,042 protsendipunkti võrra. Ka enne analüüsi läbiviimist koostatud korrelatsioonimaatriks viitas sarnasele tulemusele. Kuna süsihappegaasi emissioonide mõju osas taastuenergia tarbimisele on varasemalt leitud nii positiivseid kui ka negatiivseid mõjusid, siis on oluline mõista, miks võivad tulemused erineda. Antud analüüsis leitud negatiivne mõju viitab asjaolule, et suure süsinikdioksiidi emissiooniga riigid tarbivad palju energiat fossiilkütustest ning ei kasuta suurema osakaaluna taastuenergiat. Tänu sellele kui süsinikdioksiidi heitgaasid suurenevad, siis suureneb ka tarbimine fossiilkütustest ja seega taastuenergia tarbimise osakaal väheneb. Kui aga tulemus oleks positiivne, siis tähendaks

see seda, et riikides, kus on kõrge süsinikdioksiidi emissioonide tase, tuleks taastuenergia kasutuselevõtul, tänu erinevatele regulatsioonidele, suuremaid muutuseid läbi viia, et olla kooskõlas Euroopa Liidu kliimaeesmärkidega. Antud töös leitud negatiivset süsinikdioksiidi mõju kinnitavad ka Damatte ja Marques (2019) ning Akintande ja teised (2020), kes leidsid samuti, et süsinikdioksiidi suurenemine vähendab taastuenergia tarbimist. Ka sissejuhatuses esitatud uurimisküsimus süsinikdioksiidi emissioonide positiivne või negatiivne mõju kohta sai antud analüüsi käigus vastuse.

Vaadeldes aga mudelit, kust oli Lääne-Euroopa riigid eemaldatud, saadi determinatsioonikordaja 0,857, seega mudel kirjeldab ära 85,7% taastuenergia tarbimisest. Antud mudeli determinatsioonikordaja on 0,02% võrra kõrgem kui kõikide EL riikide mudeli puhul. Samuti võib kõrge kirjeldusvõime olla põhjustatud ajaefektide lisamisest fikseeritud efektida mudelile. Antud mudelis osutus statistiliselt oluliseks lisaks konstandile ka kaubanduse avatus. Leiti, et kaubanduse avatuse suurenemisel ühe protsendipunkti võrra väheneb taastuenergia tarbimine 0,03 protsendipunkti. Seda kinnitas ka enne analüüsi koostatud korrelatsioonimaatriks. Tulemus on vastuolus varasema kirjandusega. Omri ja Nguyen (2014) leidsid kaubanduse avatuse positiivset mõju taastuenergia tarbimisele. Positiivne mõju tähendaks, et kaubanduse avatus suurendab tänu kaupade ja teenuste liikumisele ka energiatarbimist ja seega ka taastuenergia osakaalu kogutarbimises. Antud analüüsi tulemusena leitud kaubanduse avatuse negatiivset mõju taastuenergia tarbimisele võib põhjendada asjaolu, et kuigi kaubanduse avatus tänu kaupade ja teenuste impordile ning ekspordile suurendab energiatarbimist, siis mõnes riigis suurendab see seega ka reostust ja keskkonnakahjusid ning vastupidiselt taastuenergiale suurendab fossiilkütuste osakaalu kogu energiatarbimises.

Mõlemas mudelis osutusid statistiliselt ebaolulisteks teguriteks SKP kasv, energia lõpptarbimise kasv ja korruptsioon. Kuigi tulemus ei ole ootuspärane, on ka mitmed varasemad uuringud jõudnud tulemuseni, et antud tegurid ei ole statistiliselt olulised. Näiteks leidis Uzar (2020), et SKP mõju taastuenergia tarbimisele ei ole statistiliselt oluline. SKP statistilist ebaolulisust võib põhjendada asjaolu, et selle mõju võib olla samuti kahesuunaline. Ühelt küljelt suurendab majanduskasv võimalusi tarbida rohkem taastuvatest energiaallikatest loodud energiat, kuid teisest küljest võib suurem majanduskasv tuua kaasa ka energianõudluse kasvu tõttu traditsioonilistest energiaallikatest toodetud energia tarbimist.

Lisaks võivad antud analüüsi tulemused tuua palju statistiliselt ebaolulisi näitajaid tänu valimis olevale väikesele ajaperioodile, sest mitmed vaatluse all olevad tegurid mõjutavad majandust pigem pikal perioodil. Tulevastes uuringutes oleks seega võimalusel kasulikum võtta arvesse pikem ajaperiood, et hinnata tegurite mõju taastuenergia tarbimisele veelgi detailsemalt.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli uurida, millised on taastuvenergia tarbimise peamised mõjutegurid, et paremini aru saada, kuidas oleks võimalik taastuvenergia tarbimist edendada. Eesmärgini jõudmiseks uuris autor varasemat teaduslikku teoreetilist ja empiirilist kirjandust ning tõi antud töös välja olulisemad taastuvenergia seosed ja tarbimise mõjutegurid. Seejärel tutvus autor teemaga seonduvate andmetega ning viis läbi paneelandmete regressioonanalüüsi.

Lõputöös kasutati aastaseid andmeid Euroopa Liidu riikide kohta aastatel 2004 – 2020. Andmete periood valiti kättesaadavuse järgi, kasutades võimalikult hiliseid andmeid. Euroopa Liidu riigid valiti tänu antud piirkonna suurele potentsiaalile minna efektiivselt üle taastuvenergia kasutusele. Mudelis oli sõltuvaks teguriks taastuvenergia tarbimine. Sõltumatute teguritena lisati mudelisse varasema empiirilise kirjanduse alusel SKP kasv, süsinikdioksiidi emissioonid, energia lõpptarbimise kasv, kaubanduse avatus ja korrupsiooniindeks. Analüüs viidi läbi nii Euroopa Liidu riikidega kui ka eraldi Lõuna-, Põhja- ja Ida-Euroopa riikidega.

Euroopa Liidu riikidega läbi viidud analüüsi puhul osutus parimaks mudeliks fikseeritud efektidega mudel koos ajaefektide ja kohandatud standardvigadega. Leiti, et statistiliselt oluliseks tunnuseks nivool 0,05 osutusid vaid süsinikdioksiidi emissioonid. Kui süsinikdioksiidi heitgaasid suurenevad ühe protsendipunkti võrra, siis taastuvenergia tarbimine väheneb 0,042 protsendipunkti. Seega süsinikdioksiidi emissioonide suurendamine viitab antud analüüsis asjaolule, et tarbimine fossiilkütustest on suurem ja seega on taastuvenergia osakaal väiksem.

Analüüs, kus vaadeldi Euroopa Liitu ilma Lääne-Euroopa riikideta, jõuti samuti tulemuseni, et parim mudel on fikseeritud efektidega koos ajaefektide ja kohandatud standardvigadega. Leiti, et statistiliselt oluline tegur nivool 0,05 on kaubanduse avatus. Kui kaubanduse avatus suureneb ühe protsendipunkti võrra, siis taastuvenergia tarbimine väheneb 0,03 protsendipunkti. Tulemus viitab asjaolule, et kaubanduse avatus toob kaasa tänu suurenenud energiavajadusele ka suurema fossiilkütuste tarbimise.

Tulevased analüüsid saavad analüüsi edasi viia võttes arvesse pikema ajaperioodi, tänu millele võib lõplikus mudelis saada seletavaid tunnuseid paremini hinnata.

SUMMARY

DRIVERS OF RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION IN THE COUNTRIES OF THE EUROPEAN UNION

Elisa Litvinov

The increase in the greenhouse gas emissions and the resulting climate change is one of today's biggest global problems. Due to the rapid growth of the population, there is a continuous growth for energy demand. Fossil fuels are not sustainable in the long term due to their environmental damage and limited resources. More countries are improving their regulations, trying to decrease the fossil fuel usage while increasing renewable energy production and consumption.

The aim of this thesis is to find out the main influencing factors of renewable energy consumption, using the example of the European Union countries, in order to better understand how the consumption of renewable energy can be increased. To achieve the goal, the autor has set the following research questions:

- What economic factors affect the consumption of renewable energy?
- How has the dynamic of renewable energy consumption changed in the observed period?
- What is the impact of carbon dioxide emissions on renewable energy consumption?

The author used annual data for the countries of the EU during the years 2004 – 2020. The data period was chosen according to the availability, while using the latest data possible. The region for the analysis was chosen due to the great potential of these countries to effectively switch to renewable energy. In the model, the dependant determinant is the renewable energy consumption. The independent factors of the model are GDP growth per capita, carbon dioxide emissions, final energy consumption growth, corruption index and trade openness. As the result two different final models were found, one with all of the EU countries and the second one without the West-Europe region.

For the first model with all the EU countries the result was that carbon dioxide emissions negatively affect the consumption of renewable energy. One percentage point increase in carbon dioxide emissions reduces renewable energy consumption by 0.042 percentage points. The negative effect found in this analysis points to the fact that countries with high carbon dioxide emissions consume a lot of energy from fossil fuels and do not use renewable energy in a larger proportion. Thanks to this, when carbon dioxide emissions increase, the consumption of fossil fuels also increases, and thus the share of renewable energy consumption decreases.

In the second model without the West-European region it was found that when trade openness increases by one percentage point, the consumption of renewable energy decreases by 0.03 percentage points. The negative impact of trade openness on the consumption of renewable energy found as a result of this analysis can be justified by the fact that although trade openness increases energy consumption due to the import and export of goods and services, in some countries it also increases pollution and environmental damage and, contrary to renewable energy, increases the share of fossil fuels in the total energy consumption.

In the both models, the GDP growth per capita, final energy consumption growth and corruption index were statistically insignificant. Although this result is surprising, there have been similar findings in the previous literature review. The insignificance can be explained by the reason, that the affects could be negative or positive. GDP per capita increases the possibilities to consume more energy generated from renewable energy sources, but on the other hand, higher economic growth can also lead to the consumption of energy produced from traditional energy sources due to the increase in energy demand.

In addition, the results of this analysis may yield many statistically insignificant indicators due to the small time period in the sample, because several factors under consideration affect the economy in a rather long period.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Aguirre, M., & Ibikunle, G. (2014). Determinants of Renewable Energy Growth: A Global Sample Analysis. *Energy Policy*, 69, 374–384
- Akintande, O. J., Olubusoye, O. E., Adenikinju, A. F., & Olanrewaju, B. T. (2020). Modeling the determinants of renewable energy consumption: Evidence from the five most populous nations in Africa. *Energy*, 206, Article117992.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38, 656-660.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (3rd ed.). Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Bamati, N., & Raoofi, A. (2020). Development level and the impact of technological factor on renewable energy production. *Renewable Energy*, 151, 946-955.
- Bórawski, P., Wyszomierski, R., Bełdycka-Bórawska, A., Mickiewicz, B., Kalinowska, B., Dunn, J. W., & Tomasz Rokicki, T. (2022). Development of Renewable Energy Sources in the European Union in the Context of Sustainable Development Policy. *Energies*. 15 (4), 1545.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis: Fixed-Effect Versus Random-Effects Models* (1st ed). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470743386>
- Carfora, A., Pansini, R. V., Romano, A. A., & Scandurra, G. (2018). Renewable energy development and green public policies complementarities: the case of developed and developing countries. *Renewable Energy*, 115, 741-749.
- Ciucci, M. (2022). Teabelehed Euroopa Liidu kohta: Taastuenergia. *Euroopa Parlament*. Kasutatud 20. märts 2022. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/et/sheet/70/taastuenergia>
- Damette, O., & Marques, A. C. (2019). Renewable energy drivers: a panel cointegration approach. *Applied Economics*, 51(26), 2793-2806.
- EEA. (2010). Why did greenhouse gas emissions fall in the EU in 2009? EEA analysis in brief. Kasutatud 14. aprill 2023. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2011/why-did-greenhouse-gas-emissions>
- Egli, F. (2020). Renewable energy investment risk: An investigation of changes over time and the underlying drivers. *Energy Policy*, 140, Article111428.

- Elavarasan, R. M., Raghavendra, S. A., Vijayaraghavan, R., Subramaniam, U., & Nurunnabi, M. (2020). SWOT analysis: A framework for comprehensive evaluation of drivers and barriers for renewable energy development in significant countries. *Energy Reports*, 6, 1838-1864.
- Eurostat. (2022). SDG_07_11: Final energy consumption. Kasutatud 25. november 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_07_11/default/table?lang=en
- Eurostat. (2022). SDG_07_40: Share of renewable energy in gross final energy consumption. Kasutatud 13. märts 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_07_40/default/table?lang=en
- Eurostat. (2022). SDG_08_10: Real GDP per capita. Kasutatud 25. november 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/SDG_08_10
- Eurostat. (2022). SDG_13_10: Net greenhouse gas emissions (source: EEA). Kasutatud 25. november 2022. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_13_10/default/table?lang=en
- He, Z. X., Xu, S. C., Li, Q. B., & Zhao, B. (2018). Factors That Influence Renewable Energy Technological Innovation in China: A Dynamic Panel Approach. *Sustainability*, 10(1), 124.
- Inês, C., Guilherme, P. L., Esther, M. G., Swantje, G., Stephen, H., & Lars, H. (2020). Regulatory challenges and opportunities for collective renewable energy prosumers in the EU. *Energy Policy*, 138, Article111212.
- Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2015). The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 173-185.
- Jin, T. & Kim, J. (2018). What is better for mitigating carbon emissions – Renewable energy or nuclear energy? A panel data analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 91, 464 - 471.
- Jones, D. (2023). *European Electricity Review 2023. EMBER*.
- Kennedy, P. (2008). *A Guide to Econometrics* (6th ed). Malden: Blackwell Publishing.
- Malik, K., Rahman, S. M., Khondaker, A. N., Abubakar, I. R., Aina, Y. A., & Hasan, M. A. (2019). Renewable energy utilization to promote sustainability in GCC countries: policies, drivers, and barriers. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 20798–20814.
- McGee, J. A., & Greiner, P. T. (2019). Renewable energy injustice: the socio-environmental implications of renewable energy consumption. *Energy Research & Social Science*, 56, Article101214.
- Olabi, A. G., & Abdelkareem, M. A. (2022). Renewable energy and climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 158, Article112111. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112111>

- Omri, A., & Nguyen, D. K. (2014). On the Determinants of Renewable Energy Consumption: International Evidence. *Energy*, 72, 554–560.
- Paris Agreement. (2015). United Nations.
- Polcyn, J., Us. Y., Lyulyov, O., Pimonenko, T., & Kwilinski, A. (2022). Factors Influencing the Renewable Energy Consumption in Selected European Countries. *Energies*, 15(1), 108. <https://doi.org/10.3390/en15010108>
- Polzin, F., Migendt, M., Täube, F. A., & von Flotow, P. (2015). Public Policy Influence on Renewable Energy Investments—A Panel Data Study across OECD Countries. *Energy Policy*, 80, 98–111.
- Renewable Energy Statistics. (2023). Eurostat: Statistics explained. Kasutatud 20. märts 2023 https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Renewable_energy_statistics#Share_of_renewable_energy_more_than_doubled_between_2004_and_2021
- Romano, A. A., Scandurra, G., Carfora, A., & Fodor, M. (2017). Renewable Investments: The Impact of Green Policies in Developing and Developed Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 738–747.
- The European Green Deal. (2019). *European Commission: COMMUNICATION FROM THE COMMISSION*
- The World Bank. (2022). NE.TRD.GNFS.ZS: Trade (% of GDP) – European Union. Kasutatud 15. aprill 2023. <https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS?locations=EU>
- Transparency International. (2022). Corruption Perceptions Index. Kasutatud 15. aprill 2023. <https://www.transparency.org/en/cpi/2022>
- Uzar, U. (2020). Is income inequality a driver for renewable energy consumption? *Journal of Cleaner Production*, 225, Article120287.
- Valdès Lucas, J. N., Escribano Francés, G., & Gonzalez, S. M. E. (2016). Energy Security and Renewable Energy Deployment in the EU: Liaisons Dangereuses or Virtuous Circle? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1032–1046.
- Võrk, A. (2003). Statistilised paneelandmete mudelid. Tartu Ülikool. <https://www.yumpu.com/xx/document/read/32240197/staatilised-paneelandmete-mudelid-tartu-alikooli->
- Wooldridge, J. M. (2012). *Introductory Econometrics: A Modern Approach. Advanced Panel Data Methods* (5th ed). South-Western Cengage Learning.
- Zheng, X., Streimikiene, D., Balezentis, T., Mardani, A., Cavallaro, F., & Liao, H. (2019). A review of greenhouse gas emission profiles, dynamics, and climate change mitigation efforts across the key climate change players. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1113–1133.

LISAD

Lisa 1. Kasutatud andmed

Analüüsi koostamiseks kasutatud andmed on kättesaadavad järgnevalt lingilt:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/14NJYs3qm2GigGEBLdy48j4GLh6AYIG53MIZHJaXGH38/edit?usp=sharing>

Lisa 2. Kasutatavate riikide liigitus geograafilise ala alusel

Lõuna-Euroopa	Põhja-Euroopa	Lääne-Euroopa	Kesk- ja Ida-Euroopa
Kreeka	Taani	Belgia	Bulgaaria
Hispaania	Eesti	Saksamaa	Tšehhi
Horvaatia	Iirimaa	Prantsusmaa	Ungari
Itaalia	Läti	Luksemburg	Poola
Küpros	Leedu	Holland	Romaania
Malta	Soome	Austria	Slovakkia
Portugal	Rootsi		
Sloveenia			

Lisa 3. Mudelite aruanded

Autori koostatud mudelite aruanded on kättesaadavad järgnevalt lingilt:

https://docs.google.com/document/d/11MgxKiSWIHle7O5I0rGTvUHXR0Ter78K6_4CeNuOzVE/edit?usp=sharing

Lisa 4. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Elisa Litvinov

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Taastuvenergia tarbimise mõjutegurid Euroopa Liidu riikide näitel,

mille juhendaja on Heili Hein,

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

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

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

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

11.05.2023

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