

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Majandusteaduskond
Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Susanna Kõrkjas

**TAASTUVENERGIA TARBIMISE MÕJUTEGURID OECD
RIIKIDE NÄITEL**

Bakalaureusetöö

Õppekava rakenduslik majandusteadus, peeriala keskkonna- ja säästva arengu ökonomika

Juhendaja: Heili Hein, MA

Tallinn 2019

Deklareerin, et olen koostanud töö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 5739 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Susanna Kõrkjas

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 164253TAAB

Üliõpilase e-posti aadress: susanna.korkjas@gmail.com

Juhendaja: Heili Hein, MA

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

SISUKORD.....	3
LÜHIKOKKUVÕTE.....	4
SISSEJUHATUS.....	5
1. TAASTUVENERGIA VAJALIKKUS, LIIGID JA LEVIK.....	7
1.1. Taastuvenergia vajalikkus.....	7
1.2. Taastuvenergia liigid.....	9
1.3. Taastuvenergia kasutus OECD riikides.....	11
1.4. Taastuvenergia ja majanduskasv OECD riikides.....	13
2. TAASTUVENERGIA TARBIMISE MÕJUTEGURID.....	15
3. ANDMED JA METOODIKA.....	18
3.1. Kasutatud meetod ja andmed.....	18
3.2. Kirjeldav statistika.....	18
3.3. Hinnatava mudeli püstitus.....	19
4. ÖKONOMEETRILISE ANALÜÜSI TULEMUSED.....	21
4.1. Korrelatsioonimaatriks.....	21
4.2. Esialgne ökonomeetriline mudel.....	22
4.2.1. Esialgse mudeli tulemused.....	22
4.2.2. F-test regressorite olulisuse testimiseks.....	23
4.2.3. F-test objektispetsiifiliste vabaliimete olulisuse testimiseks.....	23
4.2.4. Wald'i heteroskedastiivsuse test.....	24
4.2.5. Durbin-Watsoni autokorrelatsiooni test.....	24
4.2.6. Multikollineaarsus.....	24
4.2. Lõppmudeli analüüs.....	25
KOKKUVÕTE.....	28
SUMMARY.....	30
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU.....	32

LÜHIKOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks on välja selgitada taastuvenergia tarbimise mõjutegurid Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsiooni (OECD) riikide näitel. Töös on püstitatud neli hüpoteesi. Esimene hüpotees on, et majanduskasv on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega. Teine hüpotees on, et majanduse avatus on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega. Kolmas hüpotees on, et süsihappegaasi emissioon elaniku kohta on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega. Neljas lõputöö hüpotees on, et investeeringud ehk kapitali kogumahutus põhivarasse (suhestatuna sisemajanduse koguprodukti) on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega.

Töös kasutatakse fikseeritud efektidega mudelit ja paneelandmeid. Sõltuv muutuja on taastuvenergia osakaal koguenergiast, täpsemalt selle kasv. Sõltumatud muutujad on sisemajanduse koguprodukti kasv, majanduse avatus ehk impordi ja ekspordi osakaal sisemajanduse koguproduktist, süsihappegaasi emissioon inimese kohta, investeeringute osakaal sisemajanduse koguproduktist.

Andmeanalüüsi tulemusena selgub, et taastuvenergia tarbimise olulised mõjutegurid on majanduskasv, majanduse avatus ning süsihappegaasi emissioon. Mida jõukam on riik, seda enam soovitakse raha investeerida keskkonnahoidu. Majanduse avatus tähendab, et riigid teevad omavahel koostööd läbi ekspordi ja impordi. Üheskoos on ka võimalik rohkem toetada looduse heaolu, seega majanduse avatus mängib suurt rolli taastuvenergia kasutuse osas. Süsihappegaasi emissioon on oluline faktor taastuvenergia tarbimises, sest mida enam inimesed keskkonda saastavad, seda rohkem nad soovivad lõpuks loodust parandada. Saadakse aru, et halvenenud keskkonnas ei ole hea elada ning panustatakse aega ja raha taastuvenergia osakaalu suurendamiseks.

Võtmesõnad: taastuvenergia, OECD riigid, traditsioonilised energiaallikad, süsihappegaasi emissioon

SISSEJUHATUS

Taastuvenergia teema on tänapäeva maailmas aktuaalne, sest traditsionaalsed energiaallikad hakkavad maailmas lõppema ning inimkond on lähitulevikus sunnitud üle minema 100% taastuvenergia kasutusele. Ülemaailmne kogukond on jõudnud arusaamale, et tulevane energianõudlus peab olema tasakaalus tulevaste majanduslike ja keskkondlike vajadustega. Suurenenud mure probleemide üle, mis on seotud energiavarude julgeolekuga ning globaalse soojenemisega viitab sellele, et tulevikus sõltub inimkond suuresti just taastuvastest energiaallikatest. Praegusel ajahetkel on maailmas suurim energiaallikas nafta. Samuti kasutatakse palju põlevkivi ja maagaasi. Naftat saab küll lihtsalt transportida, kuid see on kõige kahjulikum energiallikas looduskeskkonna seisukohast. Kui nafta lekib ookeani, kahjustub selle ökosüsteem, ning naftat põletades paiskub atmosfääri suur kogus süsihappegaasi (CO₂), mis omakorda tekitab kliimasoojenemist.

Energiapuudus ja globaalne soojenemine on ajendanud valitsusi arendama madala süsinikusisaldusega majandusi. Samuti on oluline energia maksimaalne tõhusus. Taastuvenergia on muutumas üha tähtsamaks energiallikaks maailmas. Tulevikus hakkab olema taastuvenergia nõudlus suurem, seega on oluline teada, millised mõjutegurid on kõige olulisemad taastuvenergia rohkemaks tootmiseks ja kasutamiseks (Omri, Nguyen 2014).

Lõputöö eesmärgiks on uurida, millised on taastuvenergia tarbimise mõjutegurid. Jõudmaks eesmärgini on autor püstitanud neli hüpoteesi:

- 1) Riigi majanduskasv on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega
- 2) Majanduse avatus SKP-st on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega
- 3) CO₂ emissioonide hulk elaniku kohta on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega.
- 4) Investeeringute kogumahutus põhivarasse osakaal SKP-st on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega.

Lõputöös uuritakse olemasolevat teemakohast kirjandust, vaadeldakse juba tehtud uuringuid ning analüüsitaks paneelandmeid. Andmete analüüsimiseks kasutatakse fikseeritud efektiga

mudelit. Rakendatud andmed on kvantitatiivsed ning analüüs viiakse läbi programmis Gretl. Sõltuvaks muutujaks on taastuvenergia osakaal koguenergiast kasv. Sõltumatud muutujad on sisemajanduse koguprodukti (SKP) kasv, majanduse avatus ehk impordi-eksporti osakaal SKP-st, CO₂ emissioon inimese kohta, investeringute ehk kapitali kogumahutavuse põhivarasse osakaal SKP-st. Analüüsis keskendutakse Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsiooni (*Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD) riikidele. OECD riikide hulka kuulub 36 riiki. Nendeks on Austraalia, Austria, Belgia, Kanada, Tšiili, Tšehhi, Taani, Eesti, Soome, Prantsusmaa, Saksamaa, Kreeka, Ungari, Island, Iirimaa, Iisrael, Itaalia, Jaapan, Korea, Läti, Leedu, Luksemburg, Mehhiko, Holland, Uus-Meremaa, Norra, Poola, Portugal, Slovakkia, Sloveenia, Hispaania, Rootsi, Šveits, Türgi, Suurbritannia ja Ameerika Ühendriigid. Vajalikud andmed saadakse OECD ja World Bank andmebaasist. Kuna taastuvenergia teema tõstatati tõsisemalt 21. sajandi alguses ning riigid hakkasid sel ajal sellele rohkem tähelepanu pöörama, on andmebaasis taastuvenergia osakaal koguenergiast antud alates aastast 2000 kuni aastani 2017.

Bakalaureusetöö on jaotatud neljaks peatükiks. Esimeses peatükis räägitakse taastuvenergiast üldiselt, mis see on ning miks see on tänapäeva maailmas hädavajalik energiaallikas. Samuti tuuakse välja põhiliste roheliste energiaallikate täpsemad kirjeldused. Keskendutakse ka taastuvenergiale OECD riikide seas. Kirjutatakse, millistes riikides on taastuvenergia kõige rohkem kasutusel. Samuti tuuakse välja, kuidas OECD riikides on võimalik majanduskasvu seostada taastuvenergiaga suureneva tarbimisega, ning ka kuidas Eesti on panustanud taastuvenergia edendamisse. Teises peatükis tutvustatakse eelnevas kirjanduses välja toodud võimalikke taastuvenergia tarbimise mõjutegureid. Kolmandas peatükis kirjeldatakse andmeid ja kasutatud metoodikat ning tuuakse välja kirjeldav statistika. Neljas peatükk käsitleb ökonomeetrilise analüüsi tulemusi. Tuuakse välja korrelatsioonimaatriks, viiakse läbi regressioonanalüüs ja vajalikud testid ning kirjeldatakse regressioonmudeli tulemusi.

1. TAASTUVENERGIA VAJALIKKUS, LIIGID JA LEVIK

1.1. Taastuvenergia vajalikkus

Traditsiooniline energia on taastumatu energiaallikas, näiteks nafta, maagaas ja kivisüsi. Üldiselt sellised energiaallikad saastavad keskkonda rohkem ning nende kaevandamise ja transpordi tõttu paisatakse atmosfääri suurtes kogustes kasvuhoonegaase (näiteks süsihappegaasi). Taastuvad energiaallikad on allikad, mis taastuvad ajaga. Nende tootmine ja tarbimine säästab keskkonda, on nullsaastega või väga minimaalse saastega. Taastuvad energiaallikad on näiteks päikesenergia, hüdroenergia, tuuleenergia ja bioenergia.

Jätkusuutlik areng on areng, mis vastab tänapäeva vajadustele, kuid ei ohusta tulevaste põlvete võimet rahuldada oma vajadusi. Säästva arengu eesmärgi saavutamisele võivad kaasa aidata mitmed erinevad faktorid ja tegurid. Üheks kõige tähtsamaks on aga taastuvad energiavarud (Yildirim *et al.* 2012). Taastuvenergia on säästva arengu peamine koostisosa. Taastuvad allikad suudavad meie vajadusi rahuldada piiramatult aja jooksul ning need saastavad keskkonda palju vähem kui fossiilsed või tuumkütused. Taastuvenergia kasutusel on mitmeid positiivseid aspekte nagu pikaajalised taaskasutatavad energiavarud, vähenenud keskkonnasaaste ning uued töökohad. (Goldemberg, Coelho 2004)

Taastuvate energiaallikate kasutuselevõtt on olnud paljudel arenenud riikidel planeerimiskavas juba aastakümneid (Aguirre, Ibikunle 2014). Maailmamajandus peab laienema, et suudetaks kaasas käia riikide kasvavate nõudmistega ja soovidega. Isegi kui üritatakse suurendada energiakasutuse tõhusust, siis suure tõenäosusega energia nõudlus maailmas ikka suureneb (Johansson *et al.* 1993). Taastuvenergia on võimalik alternatiiv traditsioonilisele energiale (Aguirre, Ibikunle 2014). On kaks peamist ootust, millele taastuva energia tarbimine peaks vastama. Esiteks, peaks see aitama kaasa majanduskasvule ning teiseks ei tohiks see saastada keskkonda (Yildirim *et al.* 2012). Uued ja innovaatilised taastuvenergia tehnoloogiad on suutelised rahuldama suurt osa kasvavast energia nõudlusest palju madalamate hindade juures,

kui tavapärased energiaallikad (Johansson *et al.* 1993). Kuigi fossiilkütused on olnud suureks maailma majanduskasvu põhjuseks, on need ka suurimad keskkonnasaastajad. Kivisüsi, nafta ja maagaas paiskavad atmosfääri väga palju süsihappegaasi ning seda peetakse peamiseks globaalse soojenemise põhjuseks. Seetõttu vaatavad paljud maailma arenenud riigid taastuvenergia allikate poole. Soov on vähendada kasvuhoonegaase ning kaitsta keskkonda. Paraku on süsi siiani üks suurimaid energiaallikaid ning moodustab maailmas 40,9% koguenergiast (Mehra *et al.* 2015). Taastuvenergia võib ühiskonnale pakkuda mitmeid eeliseid lisaks süsihappegaasiemissiooni vähendamisele. Mitmed valitsused on kehtestanud taastuvenergia poliitikad, et täita erinevaid eesmärke. Oluliseks peetakse näiteks kohalike keskkondade heaolu, tervise hüvitisi, energia kättesaadavust maapiirkondades, energia julgeoleku suurendamist ning samuti energiaportfeli mitmekesistamist. (Ellabban *et al.* 2014)

Taastuvenergia arengus mängivad olulist rolli tehnoloogilised muutused ja arengud. Arengute kaudu määratakse kindlaks taastuvenergia edendamise jaoks vajalike investeeringute tõhusused ning tulemuslikkused. Aja möödudes taastuvenergia tehnoloogiatesse investeeritud raha teenitakse tagasi ning kulud järk-järgult vähenevad. Sellisel arenguperioodil on valitsusel üsna mõjukas roll. Näiteks toetatakse suutlikkuse suurendamist, kehtestatakse regulatsioone ning edendatakse globaalset taastuvenergia kasutust. Turu ja tarbijate nõudlus ja rahulolu mõjutab taastuvenergia tootjate suutlikkust konkureerida traditsionaalsete energiaallikatega. Kui inimesed on tootega rahul, siis soovitakse seda edasi tarbida ning seeläbi suurenebki rohelise energia osakaal ning fossiilkütused jäävad aja möödudes järjest enam tahaplaanile. (Ellabban *et al.* 2014)

CO₂ on suurim kasvuhoonegaas, tuleks süsihappegaasi ohtlikkusest keskkonnale rääkida veidi täpsemalt. Enamik teadlasi arvavad, et kui atmosfääri jätkub kasvuhoonegaaside paiskamine, siis maailma kliima soojeneb märkimisväärselt. Vahel arvatakse, et praegusel ajahetkel keskkonna saastamine ei ole nii halb, sest vajadusel saab emissiooni lõpetada ja keskkond taastub mõne aasta või aastakümnega. Aga Solomoni jt. artikkel tõestab, et see ei ole tõsi. Teadlaste sõnul on CO₂ heitgaasi kogus umbes 1000 aasta jooksul pöördumatu. Maal ja keskkonnal võtab aega 10 sajandit, et süsihappegaasist tekitatud kahjusid taastada. Pöördumatud kliimamuutused on juba maailmas toimunud, ning edasine saastamine pikendab Maa paranemist sadade aastate võrra (Solomon *et al.* 2008). Aastal 2016 tuli maailma koguenergiast ainult 5% taastuvenergia allikatest. 80% energiast tulenes fossiilkütustest, 10% biomassist ja 5% tuumaenergiast (Shell 2017). Inimkonnale on tähtsam majanduslik areng,

tootmine ja tarbimine. Iga aastaga muutuvad isikute nõudmised suuremaks ja tööstus toodab pidevalt juurde erinevaid tooteid. Nõudlus nafta vastu on nii massiline, et 75% süsihappegaasist, mis on paisatud keskkonda, tuleneb fossiilkütuste tootmisest. Taastuvenergiast on räägitud juba peaaegu 20 aastat, kuid siiani on fossiilkütuste osakaal maailmas suurem, kui roheline energia oma. Võib juhtuda, et inimkond saab saastamise mastaabist ja ohtlikkusest aru alles nii hilja, et ei ole enam tagasiteed. Maakera vajab 1000 aastat, et taastuda. Selleks ajaks ei pruugi inimkond enam eksisteerida, kui lähitulevikus energiatootmises suuri muudatusi ette ei võeta.

1.2. Taastuvenergia liigid

Peamised taastuvenergiaallikad on hüdroenergia, bioenergia, geotermiline energia, päikesenergia, tuuleenergia, laineenergia ning loodeenergia (tõus ja mõõn). Kui vaadelda taastuvenergia allikaid, siis nendest kõige rikkalikum on päikseenergia. See on saadaval nii otsese kui ka kaudse energiana (Panwar *et al.* 2011). Maapinnale jõuab ühes tunnis rohkem päikseenergiat, kui üks inimene jõuab ükskõik millist teist energiat aasta jooksul tarbida. Päikseenergia ressursid on nii suured, et kõik teised taastuvenergiad ja fossiilkütused on selle kõrvalt minimaalsete varudega (Lewis 2007). Kõige enam rakendatakse päikseenergiat söögitegemisel, näiteks ahjude ja pliitide energiavajaduse toetamiseks. Uuringute kohaselt säästab päikseenergial toimiv ahi aasta jooksul 16,8 miljonit tonni puud ning ennetab 38,4 miljoni tonni CO₂-e paiskamist atmosfääri. (Panwar *et al.* 2011)

Hüdroenergia on jõud, mis tekib liikuva vee energiast. Turbiinide abil on võimalik koguda veest tekkivat energiat ning muuta see elektriks. Kõige populaarsemaks hüdroenergia vormiks on üldiselt tammid. Samas laine ja loode jõu kogumine ja kasutamine muutub ka tänapäeval üha tavalisemaks (Ellabban *et al.* 2014). Hüdroenergia tootmisel on väga madalad kulud ning peaaegu nullilähedane heitekogus. Seetõttu on hüdroenergia üks eelistatumaid ja populaarsemaid taastuvenergia vorme. Hüdroelektrijaamal on üldiselt ainult üks eesmärktoota elektrit energiat. Jaamadel vaja ainult väga väikest kogust vett ning seetõttu on kulud nii rahaliselt kui keskkondlikult minimaalsed (Madani *et al.* 2014). Hetkel toodavad Hiina, Brasiilia, Kanada, USA ja Venemaa üle poole maailma hüdroenergiast. (Ellabban *et al.* 2014)

Tuuleenergia on elektri tootmises teisel kohal hüdroenergia järel (Panwar *et al.* 2011). Esimesed tuulikud ehitati 20nda sajandi alguses ning 1990ndate aastate lõpuks muutus tuuleenergia üheks tähtsaimaks taastuvenergia allikaks (Ellabban *et al.* 2014). See on üks päikesenergia kaudne vorm. Uuringute kohaselt on Maal pidevalt kättesaadav umbes 10 miljonit megavatti tuuleenergiat. See võimaldab keskkonnasõbraliku energia kättesaadavuse ning inimkonnal on kindlustunne, sest fossiilkütuste varud on otsakorral (Joselin Herbert *et al.* 2007). Tuuleenergia võib olla praktiline energiaallikas väikeste vajadustega isoleeritud paikades, kuid suure energiavajaduse korral tuleks tuuleenergiat kasutada koos teiste taastuvenergiameetmetega tagamaks järjepidevus. (Panwar *et al.* 2011)

Biomassiks nimetatakse kõiki orgaanilisi materjale taimedest, puudest ja viljadest. Biomass on päikese energia säilitamine fotosünteesi kaudu. Bioenergia tuleb mitmes erinevas vormis. Näiteks biogaas, biodiisel ning gaasilises vormis biomass (Ellabban *et al.* 2014). Biogaasi tootmine anaeroobse kääritamise teel pakub märkimisväärseid hüvesid üle teiste bioenergia vormide. See on hinnatud üheks kõige energiatõhusamaks ja keskkonnasäästlikumaks bioenergia toomise viisiks (Panwar *et al.* 2011). Biomassi energia on taastuv ja jätkusuutlik, samas see on omadustelt väga sarnane fossiilkütustega. Seda on võimalik energia saamiseks otse põletada, samas võib see toimida ka toorainena (just nagu ka toornafta). Samuti saab seda muuta erinevateks vedel- või gaaskütusteks (biokütused) (Ellabban *et al.* 2014). Biomassi gaasistaja on seade, mis muudab tahke kütuse gaasiliseks. Sellise gaasiga saab toota näiteks soojusenergiat. Biogaasi on võimalik rakendada mitmekesiselt, metaani saab kasutada fossiilkütuste aseainena nii soojusele kui ka energiale. Samuti saab seda kasutada sõidukikütusena (Weiland 2009). Biomassi tooraineks on enamasti orgaanilised jäätmed majapidamistest ja toidutööstusest, taimede energia ja põllumajandusest tulenevad jäätmed. Biodiisel vähendab keskkonnasaastet, sest siis kasutavad autod keskkonnasäästlikku kütust. (Panwar *et al.* 2011)

Geotermiline energia on võimas protsess, mille käigus on võimalik maa seest eraldada energiat looduslike protsesside abil. Energiaressid koosnevad maa sisemusest pärinevast soojusenergiast. Seda talletatakse nii kivis, püütud aurus kui ka vedelas olekus vees. (Ellabban *et al.* 2014)

1.3. Taastuvenergia kasutus OECD riikides

Energia on OECD riikide toodangu kasvu aluseks. Suur enamus energiast tuleb traditsioonilistest allikatest (Salim *et al.* 2014). Kui aastatel 1970-1980 nafta hinnad järsult kõrgenesid, hakkasid arenenud riigid järsult tegema rohkem teadus- ja arendustegevusi taastuvenergia suhtes. Kuid aastaks 2011 kahjuks suuri muudatusi koguerenergia osas ei toimunud. Peamised allikad olid siiski traditsioonilised. Kuid viimastel aastakümnetel on olnud järjest enam juttu kliima muutustest ja globaalsest soojenemisest, mis on jällegi taastuvenergia vajalikkuse teema tõstatanud (Gan, Smith 2011). Riike survestatakse, et nad toodaks vähem süsihappegaase. Arenenud riigid on selle teema osas väljendanud suurt huvi ja soovi kaasa aidata keskkonna paranemisele. Seetõttu toodavad ja kasutavad OECD riigid üha enam taastuvenergiat. Toetamaks taastuvenergia kasutust, on riigid kehtestanud maksusoodustused, tagasimaksud ja sisseostutariifid. (Salim *et al.* 2014)

Selleks, et vähendada kasvuhoonegaase keskkonnas, keskenduvad paljud riigid kolmele põhilisele strateegiale. Suurema tõhususega elektrienergia tootmine, taaskasutamine/ümbertöötlemine ning taastuvenergia kasutamine. Strateegiate eesmärk on vähendada või üldse eemaldada fossiilkütuste kasutus maailmas ning asendada need taastuvenergiaga. Mida enam majandus kasvab, seda rohkem paisatakse keskkonda ka süsihappegaasi. 2009. aasta uuringu kohaselt peaksid ametivõimud OECD riikides taastavatest energiaallikatest tuleneva energia osakaalu suurendama üle 8,3%, et lahendada probleem positiivses seoses oleva majanduskasvu ja CO₂ emissiooni vahel. Samuti vähendab taastuvenergia kasutamine sõltumist teiste riikide fossiilkütustest. (Chiu, Chang 2009)

OECD riikide seas on taastuvenergia kasutuse poolest juhtival kohal Island. Islandil on 2017. aasta seisuga 88% riigi koguerenergia taastuvenergia (OECD andmebaas). Peaaegu kõik energia, mida kasutatakse elektriks, tuleb taastavatest allikatest. Taastuvenergia hulk koguerenergia on Islandil maailmas kõige kõrgem. Islandil on ka geograafiline eelis tootmaks taastuvenergiat. Seal on jõgede vool kõige suurem suvel ning tuule kiirus suurim talvel. Seega on seal aastaringiselt võimalik kasutada koos nii hüdro- kui tuuleenergiat suurtes kogustes. (Nawri *et al.* 2014)

Norra on teisel kohal, 52% riigi energiavarudest tuleneb rohelisest energiast (OECD andmebaas). Norras on palju jõgesid ning riigil on ajalugu sotsiaaldemokraatliku valitsusega.

Valitsus on olnud alati nõus investeerima tammide ehitamisse, et toetada odava elektri tootmist tööstussektorile ning hinnakontrolli kodumajapidamistele. Samuti on riigil olnud väga tsentraliseeritud tarnel põhinev lähenemine elektrienergia tootmisele ning edastamisele. Tootmisvõimsust suurendati juba enne nõudluse suurenemist. Paljud Norra hüdroelektrijaamad on tegutsenud juba aastakümneid, seega need on oma hinna mitmekordselt tagasi teeninud (Karlstrøm, Ryghaug 2014). Norra on külm kliima ning suur osa elektrit kasutatakse eluasemete kütmiseks. Varasemalt oli see väga kulukas tegevus, kuid tänu taastuvenergia soodsale hinnale jääb inimestel kütte arvelt rohkem raha kätte. (Rosenberg *et al.* 2013)

Rootsi on bioenergia kasutuse viimase 40 aastaga kahekordistanud. Esimese lükke hakata kasutama rohkem taastuvenergiat andis riigile “nafta kriis” aastatel 1970-1980. Saadi aru, et Rootsis on rohkelt ressursi kasutada metsa bioenergiat. Seega vähendati oma sõltumist imporditud naftast. Rootsi suurendas oma teadlikkust keskkonnamõtjude osas ning hakati rohkem tähelepanu pöörama kliimamuutustele. Viimaste aastakümnetega on Rootsi pidevalt edendanud metsa bioenergia tootmist ja tarbimist ning sellega seonduvaid poliitikaid (Gan, Smith 2011). Aastal 2000 oli Rootsi koguergiast taastuvenergia osakaal 31%, aastal 2017 juba 39%. (OECD andmebaas)

Eesti geograafiline asukoht on taastuvenergia seisukohast soodne. Riigil oleks võimalik 100% oma energiast toota taastuvatest allikatest ning seeläbi viia keskkonna saaste protsent nullini. (Eesti Taastuvenergia Koda 2019). Hetkel on aga koguergiast taastuvenergia protsent 2017 aasta seisuga Eesti Vabariigis vaid 16% (OECD andmebaas). Suurimad võimalikud allikad eestis on tuule-, päikse-, bio- ja hüdroenergia. Eestis on keskmine tuulekiirus aastas 6-7 m/s, seega tuuleenergia oleks Eestile väga suur potentsiaal. Kuna meie kliimas langevad temperatuurid tihti madalale (see tõstab päikesepaneelide tootlikkust), siis oleks võimalik ka vastupidiselt levinud arvamustele kasutada Eestis rohkesti päikese energiat. Tõestuseks võib tuua näite, kuidas majapidamistel jääb tihti päikeseenergiat üle ning nad müüvad selle edasi mõnele energia firmale. Seega võib väita, et Eestis ei kasutata maksimaalset päikeseenergia potentsiaali ära. Biomassist oleks võimalik toota umbes kolmandiku Eestis vajaminevast energiast. Efektiivsuse maksimeerimiseks tuleks biomassi energia suunata eelkõige soojusesse ning elektrisse. Eesti Energiamaajanduse Arengukava andmetel oleks võimalik Venemaalt Eestisse transporditav maagaas asendada Eestis kohapeal toodetud biomassiga. Kuigi hüdroenergia tootmine on Eestis võimalik, siis selle laialdasemat kasutuselevõttu ei plaanita. Põhjuseks on liigsed keskkonna ja liikide probleemid. Tammid ja hüdroelektrijaamad võivad

kahjustada vees elavaid loomi ning rikkuda seal ümbruses asuvat loodusala (Eesti Taastuvenergia Koda 2019). Eestis on hüdroenergia koguvõimsuseks ennustatud umbes 30 megavatti, kuid sellest on kasutuses vaid kuni 10 megavatti. (Enefit Green 2019)

Eestis on suurimad taastuvenergia tootjad on Eesti Energia. Eesti Energia kontserni kuulub ettevõtte Enefit Green, mis spetsialiseerub ainult roheline energia tootmisel. Enefit toodab energiat elektriiks ja soojuseks tuulest, vest, biomassist, päiksest ning ja olmejäätmetest. Peamine eesmärk on hoida Eestimaa loodust ning vähendada heitgaaside emissiooni keskkonda. Fimal on kokku 44 tuulikut ning tänu nendele jääb keskkonda paiskamata peaaegu 200 000 tonni süsihappegaasi. (Enefit Green 2019).

1.4. Taastuvenergia ja majanduskasv OECD riikides

Selleks, et maailmas arendataks maksimaalselt taastuvenergia võimalusi, tuleks rohelist energiat seostada tugevalt majanduskasvuga. Majanduskasv on tänapäeva maailmas ja ka OECD riikide seas üks tähtsaim eesmärk. Uuringute kohaselt investeringud taastuvenergiasse ja selle tehnoloogiasse suurendavad riigi majanduskasvu. Selleks, et vähendada heitgaaside kogust atmosfääri, vähendada riiklike kahjusid ning stabiliseerida majandusarengut, tuleks kaaluda taastuvenergia tootmise ja kasutamise tulusid ning kulusid. Varasemad uuringud on näidanud, et taastuvenergia suurendab makromajanduse tõhusust ettevõtte laienemise ja taastuvenergia allikate arendamise tulemusena. Samuti on riigi SKP-le positiivne mõju, kui leitakse energia impordile asendusi. Kui toodetakse taastuvenergiat riigi sees, siis ei ole vaja enam välismaalt energiat sisse osta. (Chang *et al.* 2009). Fossiilkütuseid ei saa igas riigis kaevandada, kuid taastuvenergia on tervel maakeral kättesaadav. Igasse riiki paistab päike, voolab vesi ning puhub tuul. Seega on taastuvenergia tootmiseks geograafiliselt palju rohkem võimalusi, kui fossiilkütuste kaevandamiseks.

2009. aasta juunis allkirjastasid 34 riigi ministrid Rohelise Kasvu Deklaratsiooni ehk Rohelise Kasvu Srateegia. See on üks osa OECD riikide panusest Rio+20 Konverentsile. Rio+20 on Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni (ÜRO) säästva arengu konverents. ÜRO korraldab seda säästva arenguga seotud teemade edendamiseks (Rio20 2019). Kuulutati, et tugevdatakse oma jõupingutusi keskkonnasäätslike majanduskasvu srateegiate elluviimiseks osana oma reageeringust kriisile. Rohelise Kasvu Srateegia raames ühendatakse omavahel

majanduslikud, keskkondlikud, sotsiaalse, tehnoloogilised ja arengulised aspektid, et püüelda aina rohkem rohelise energia tarbimise suurendamise poole. (Towards green growth ... 2011, 1)

Rohelist majanduskasvu ei tohiks pidada säästva arengu asendajaks, vaid pigem selle alarühmaks. OECD rohelise majanduskasvuga kaasneb kindel tegevuskava ning konkreetseid edusamme saab mõõta nii majanduse arengus kui ka keskkonna paranemises. Strateegia kava on küll kindel, aga samas see on paindlik ning iga riik saab seda kohandada vastavalt oma võimalustele ja vajadustele. Näiteks Koreas soovitakse arendada keskkonnasõbralikke mootoreid, edendada inimeste elukvaliteeti ning võidelda kliimasoojenemisega. Iirimaa on samuti oluline faktor inimeste elukvaliteet, samas soovitakse ka suurendada majanduslikku konkurentsivõimet. Hiina soovib liikuda keskkonnasäästlikuma majanduse suunas. Plaanitakse koostada strateegiline riiklik tegevuskava, milles seatakse kindlad prioriteedid Hiina tulevase sotsiaalmajandusliku arengu ning rohelise kasvu jaoks. (Towards green growth ... 2011, 5-6)

Keskkonnahoidlik majanduskasv nõuab ka poliitikat, et luua järgmise põlvkonna tehnoloogia jaoks sobik infrastruktuur. Eriti energia, transpordi, vee ja side valdkonnas. Struktuurid võivad tõsta majanduskasvu ja tuua kasu sotsiaalsele ja tervislikule aspektile. Majanduskasvu alla käib ka uute töökohtade loomine. Rohelise majanduse ja energia arendamine tekitab juurde igas riigis mitmeid innovaatilisi töökohti. Hiljutiste hinnangute kohaselt tekib 2030. aastaks juurde umbes 20 miljonit töökohta, mis keskenduvad just rohelise energia tootmisele ja edendamisele. (Towards green growth ... 2011, 15)

2. TAASTUVENERGIA TARBIMISE MÕJUTEGURID

Taastuvenergia tarbimise mõjutegurid on teaduskirjanduses leidnud küllalt aktiivset kajastust. 20 OECD riigi uuringus aastatel 1985-2005 uuriti, millised tegurid mõjutavad taastuvenergia kasutust riikides. Tulemused näitavad, et on pikaajaline seos taastuvenergia kasutuse, reaalse SKP, kapitali kogumahutus põhivarasse ja tööjõu vahel (Apergis, Payne 2010). Kui riik on suure surve all tagada palju energiat, on riigil soodumus kasutada rohkem fossiilkütust ning vähem taastuvenergiat. Kuna tööstussektoris on kõrge elektrikulu, ei soovita ka seal palju investeerida taastuvenergiasse. Tegelikult võib aga taastuvenergia hoopis vähendada elektrile kuluvat raha (Aguirre, Ibikunle 2014).

Aguirre ja Ibikunle artikli (uuring aastatel 1990-2010) kohaselt võib taastuvenergia mõjutegurid jaotada kolme gruppi: poliitilised, sotsiaalmajanduslikud ja riikidele spetsiifilised tegurid. Poliitilised faktorid on ilmselt ülalmainitud kolmest olulisimad. 1970. aastatel tehti mitmeid teadus- ja arendusprogramme edendamaks taastuvenergiat. Poliitiliste tegurite alla kuuluvad kvoodid, soodustariifid või investeeringud teadus-, arendus- ja tutvustustegevusse. Avalik poliitika on alati olnud energiallikate teemas väga oluline faktor. 1970. aastatel rakendati taastuvenergia raamistikus palju uurimis- ja arendustegevusi. Uuringus räägitakse täpsemalt seitsmest muutujast, mis võivad olla olulised taastuvenergia kasutuses. Institutsionaalsed muutujad, näiteks Kyoto protokollit ratifitseerimine, oli üks oluline samm maailma roheline energia suurendamise poole. 1997. aastal võeti vastu Kyoto protokoll. Sellele alla kirjutanud OECD riikidele laskub suurem kohustus pühendada rohkem aega ja ressursse taastuvenergia kasutuse poole. Oluline poliitiline faktor on ka energia olemasolu kindlustunne. Öeldakse, et mida kõrgem on sõltumine imporditud energiaist, seda suurem on taastuvenergia kasutuselevõttutase. Seda viisi suurendatakse riigi energiajulgeolekut. Imporditud energia kogus on positiivses seoses taastuvenergia kasutuse kasvuga. (Aguirre, Ibikunle 2014)

Sotsiaalmajanduslikud faktorid on ka teemakohased mõjutegurid. Süsihappegaasi emissioon on samuti oluline taastuvenergia tarbimise mõjutaja. Üldiselt on mõistetud fakt see, et mida suuremaks lähevad keskkonnaprobleemid, seda suuremaks kasvavad ka investeeringud

taastuenergiasse. Traditsiooniliste energiallikate hinnad võivad ka mõjutada taastuenergiat kogust. Mida kallim on energia, seda rohkem riik soovib seda odavamalt toota, ehk võtta kasutusele roheline energia. Taastuenergia tekitab lühiajalises perspektiivis elektrihindade langust, sest nende piirkulud on madalamad, kui fossiilkütutste omad. Heaolu ehk riigi majanduslik seisund mõjutab taastuenergiat kasutuselevõttu. Kõrgema SKP-ga inimese kohta riikidel on arvatavasti rohkem vahendeid ja ressursse, et uurida ning arendada taastuenergiat. Mida rohkem panustatakse traditsioonilist energiat tootmisse, seda vähem on tõenäoline, et riik osaleb taastuenergiat kasutuselevõtmises. Kui energiatootmisel ollakse liiga palju mugavustsoonis, ei viida ellu olulisi keskkonnapoliitikaid. Energia vajaduse kaks muutujat on energiatarbimine ja rahvastiku kasv. Kuid kummagi muutuja mõju ei ole artiklis kindel, sest rahvastiku kasvu tagajärjel võib energiat juurde toota nii fossiilkütustest, kui ka taastuenergiast. (Aguirre, Ibikunle 2014)

Riikidele spetsiifilised faktorid võivad olla taastuenergiat potentsiaal, elektrituru reguleerimise vähendamine ning järjekindel pühendumine taastuenergiat arendamiseks. Kuna igal riigil on erinevad soovid ja vajadused, võivad riikide faktorid olla väga erinevad. Seetõttu ei saa neid ka kaasata OECD riikide üldisesse uuringusse. (Aguirre, Ibikunle 2014)

Omri ja Nguyen (2014) mainivad oma artiklis aga veidi teistsuguseid tegureid. Uuring on aastate 1990-2011 kohta. Kuna kasvuhoonegaaside emissioon keskkonda on väga oluline, siis käsitletakse CO₂ emissiooni hulka inimese kohta mõjutegurina. Rahvusvaheline kliimamuutuste rühm (IPCC ehk Panel on Climate Change) rõhutas 2007. aasta aruandes, et umbes 77% kasvuhoonegaasidest on süsihappegaas. Samuti lisati, et 75% CO₂-te tuleneb fossiilkütuste tootmisest ja kasutusest. Kuna taastuenergia on toornafta aseaine, siis on ka nafta hind oluline faktor. Eeldatakse, et nafta hinna tõus peaks ettevõtteid ja majapidamisi ajendama vähendama oma naftatarbimist, ostma energiatõhusamaid tooteid ja vaatama rohkem taastuenergiat allikate poole. Majanduse avatus on samuti oluline teema. See võib läbi uute tehnoloogiate soodustada taastuenergiat vahendamist riikide vahel, mis omakorda vähendaks CO₂ emissiooni. Majanduse avatus suurendab ka majanduskasvu. Majanduskasv omakorda võimaldab riikidel panustada rohkem aega ja raha taastuenergiat uurimisele ning tehnoloogiatele. Mainitakse ka SKP elaniku kohta olulisust. (Omri, Nguyen 2014)

Omri ja Nguyen-i uuringus tuli ilmsiks, et ka nafta hinnad avaldavad väikest ning negatiivset mõju taastuenergiat tarbimisele. See näitab seda, et taastuenergia võib küll täiendada, kuid

siiski ei asenda toornafta tarbimist. Oluliseks faktoriks on ka riigi SKP. Mida rikkam on riik, seda suurem tundub olevat taastuenergia tarbimise hulk. Kõrgema sissetulekuga riigi elanikud on rohkem mures keskkonna pärast ning nad on valmis planeedi heaolusse investeerima suuremaid summasid, kui halvemal järjel elanikud. Selliste riikide valitsused peaksid hõlmama head fiskaal- ja eelarvepoliitikat, korrupsioonivaba majandust ning hästi toimivad tööturges, mis on suunatud säästvale majanduskasvule. (Omri, Nguyen 2014)

Sadorsky artikli kohaselt võivad olla olulised muutujad taastuenergia tarbimise osas SKP elaniku kohta, rahvaarv, CO2 emissioon elaniku kohta, ning nafta hind. Uuringu tulemused näitavad, et kui SKP elaniku kohta kasvab, siis pikas perspektiivis kasvab ka taastuenergia kasutuse hulk. Samuti mõjutab CO2 emissiooni kasvamine inimesi vaatama rohkem alternatiivsete energiallikate poole. (Sadorsky 2009)

Tabel 1. Erinevate uuringute meetodid ja mõjutegurid

Uuring	Valim	Periood	Meetod	Mõjutegurid
Omri ja Nguyen (2014)	64 riiki	1990-2011	GMM paneel mudel	1) CO2 emissioon elaniku kohta 2) toornafta hind 3) SKP elaniku kohta 4) majanduse avatus
Aguirre ja Ibikunle (2014)	38 riiki: EU, OECD ja BRICS	1990-2010	FEVD ja PCSE meetod	1) poliitilised faktorid 2) sotsiaalmajanduslikud faktorid (CO2 emissioon elaniku kohta, nafta hind) 3) riikide spetsiifilised faktorid
Apergis ja Payne (2010)	20 OECD riiki	1985-2005	kointegratsioon ja vea korrektsiooni mudel	1) SKP elaniku kohta 2) kapitali kogumahutus põhivarasse 3) töajõud
Sadorsky (2009)	G7 riigid	1980-2005	kointegratsiooni mudel	1) SKP elaniku kohta 2) rahvaarv 3) CO2 emissioon elaniku kohta 4) nafta hind

Allikas: Autori koostatud Excel programmis.

3. ANDMED JA METOODIKA

3.1. Kasutatud meetod ja andmed

Töös kasutatavad andmed on pärit OECD ja World Bank andmebaasidest. Valimisse on hõlmatud 36 OECD liikmesriiki ning andmed pärinevad aastatest 2001-2014. Seega on tegu paneelandmetega. Analüüsis on sõltuvaks muutujaks taastuenergia osakaal koguenergiast kasv (%) ja sõltumatuteks muutujateks SKP aastane kasv (%), majanduse avatus ehk impordi-eksporti osakaal SKP-st (%), CO₂ emissioon (tonni inimese kohta) ning kapitali kogumahutus põhivarasse osakaal SKP-st (%). Sõltumatud muutujad on valitud lähtuvalt varasemast teaduskirjandusest ja andmete kättesaadavusest. Lõputöös kasutatakse Gretl programmi ning seal viiakse läbi vajalik analüüs. Hinnatakse fikseeritud efektidega mudel. Kuna vaadeldavad tegurid võivad sõltuvale muutujale avaldada mõju viitajaga, siis hinnatakse ka ühe- ja kaheaastase viitajaga mudelid. Viiakse läbi neli testi mudeli asjakohasuse hindamiseks:

- 1) F-test regressorite olulisuse testimiseks
- 2) F-test objektispetsiifiliste vabaliikmete olulisuse testimiseks
- 3) White'i test ehk heteroskedastiivsuse test
- 4) Durbin-Watsoni aurokorrelatsiooni test

3.2. Kirjeldav statistika

Mudelites on sõltuvaks muutujaks taastuenergia osakaal koguenergiast kasv (protsentides). Sõltumatud muutujad on SKP kasv protsentides, majanduse avatuse osakaal SKP-st, CO₂ emissioon tonn/inimese kohta, kapitali kogumahutus põhivarasse osakaal SKP-st.

Tabelis on välja toodud muutujate aritmeetiline keskmine, standardhälve, variatsioonikordaja ning miinimum ja maksimum ning eeldatav seos sõltuva muutujaga.

Tabel 2. Mudelisse kaasatud muutujate kirjeldav statistika

Muutuja	Keskmine	Standardhälve	Variantsiooni-kordaja	Min	Max	Eeldatav seos taastuvenergia kasutusega
Taastuvenergia protsent koguenergiast kasv	5,05	10,93	2,17	-67,73	73,29	-
SKP kasv	4,29	4,31	1,003	-13,17	23,81	Positiivne
Majanduse avatus % SKP-st	93,007	53,7	0,577	19,79	382,29	Positiivne
CO2 emissioon tonn/inimese kohta	8,8	4,21	0,478	2,98	24,82	Positiivne
Kapitali kogumahutus põhivarasse % SKP-st	22,75	3,89	0,171	11,54	36,74	Positiivne

Allikas: autori koostatud Excel programmis.

Tabelist saab lugeda, et aastatel 2001-2014 oli keskmine taastuvenergia kasvu protsent koguenergiast 5,05% aastas. Samuti on SKP kasvanud aastas 4,29%. See näitab, et mida jõukamad on riigid, seda rohkem nad soovivad ka panustada keskkonna heaolusse. CO2 emissioon inimese kohta on kasvanud aastas 8,8 tonni, kuigi taastuvenergia protsent on tõusnud. See näitab seda, et kuigi inimkond pöörab küll aastatega rohkem tähelepanu taastuvenergia kasutusele, kuid ikkagi tõuseb CO2 emissioon. Seda seetõttu, et pidevalt kaevandatakse ka rohkem fossiilkütuseid, sõidetakse rohkem mootorsõidukitega ning rajatakse rohkem kasvuhoonegaase atmosfääri paiskavaid tehaseid.

3.3. Hinnatava mudeli püstitus

Lõputöös kasutatava ilma viitaegadeta mudeli väljakirjutus on järgmine:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \beta_4 X_{4it} + u_{it}$$

kus

Y – taastuvenergia osakaal koguenergiast kasv (%),

β_0 – vabaliige,

X_1 – SKP aastane kasv (%),

X_2 – majanduse avatus (%),

X_3 – CO2 emissioon (tonn/inimese kohta),

X_4 – kapitali kogumahutuse osakaal SKP-st (%),

u_{it} – jääkliikmed.

Indeks i loendab riike ja t ajaperioode. Ühe- ja kaheaastase viitaegadega mudelites on sõltumatute muutujate indeksid vastavalt $it - 1$ ja $it - 2$.

4. ÖKONOMEETRILISE ANALÜÜSI TULEMUSED

Peatüki eesmärk on kirjeldada analüüsi tulemusi ning tuua välja eripärad, mis mudelite hindamises ilmsiks tulevad.

4.1. Korrelatsioonimaatriks

Töös olevate muutujate vahelise seose kindlaks tegemiseks kasutatakse korrelatsioonimaatriksit. Tabelist näeb, kui tugevad on muutujate omavahelised seosed ning kui palju nad on seotud sõltuva muutujaga ehk taastuvenergia osakaal koguenergiast kasvuga.

Tabel 3. Korrelatsioonimaatriks

	Taastuvenergia kasv	SKP kasv	Majanduse avatus	CO2 emissioon inimese kohta	Kapitali kogumahutus põhivarasse
Taastuvenergia kasv	1		-	-	-
SKP kasv	-0,126	1	-	-	-
Majanduse avatus	0,201	0,134	1	-	-
CO2 emissioon inimese kohta	0,051	-0,091	0,258	1	-
Kapitali kogumahutus põhivarasse	-0,103	0,351	-0,023	0,066	1

Allikas: Autori koostatud Excel programmis.

Tabelist võib lugeda välja, et kõige tugevam seos taastuvenergia kasvul on majanduse avatusega. Mida rohkem on majandus avatud, seda enam soovivad inimesed kasutada taastuvenergiat. Seda ilmselt seetõttu, et majanduse avatuse korral on riikide omavaheline töövalmidus kõrgem ning koos on võimalik rohkem investeerida keskkonnahoidu.

4.2. Esialgne ökonomeetriline mudel

4.2.1. Esialgse mudeli tulemused

Kuna taastuvenergia tarbimise mõjutegurid võivad mõju avaldada viitajaga, siis hinnati kolme fikseeritud efektiga mudelit:

- 1) Ilma viitaegadeta
- 2) Üheaastase viitajaga sõltumatutes muutujates
- 3) Kaheaastase viitajaga sõltumatutes muutujates

Kolmeaastase viitajaga mudelis ei olnud enam ükski muutuja statistiliselt oluline, seega võib järeldada, et üheaastasest ja kaheaastasest viitajast piisab, et saada adekvaatsed mudelid.

Tabel 4. Mudel ilma viitaegadeta

Muutuja nimi	Koefitsent (standardviga)	P-väärtus
Konstant	9,23 (7,94)	0,244
SKP kasv	-0,36 (0,038)	0,0058***
Majanduse avatus % SKP-st	0,030 (0,03)	0,434
CO2 emissioon tonn/inimese kohta	-0,75 (0,58)	0,1950
Kapitali kogumahutus põhivarasse % SKP-st	0,05 (0,2)	0,808

N	504
LSDV R-ruut	0,191

Allikas: Autori koostatud Exceli programmis

Märkused:

*** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 1% ($p < 0,01$)

Tabel 5. Mudel üheaastase viitajaga

Muutuja nimi	Koefitsent (standardviga)	P-väärtus
Konstant	-18,63 (8,33)	0,025**
SKP kasv	0,019 (0,13)	0,880
Majanduse avatus % SKP-st	0,089 (0,04)	0,033**
CO2 emissioon tonn/inimese kohta	2,212 (0,64)	0,0007***
Kapitali kogumahutus põhivarasse % SKP-st	-0,17 (0,21)	0,429

N	468
LSDV R-ruut	0,206

Allikas: Autori koostatud Excel programmis.

Märkused:

*** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 1% ($p < 0,01$)

** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 5% ($p < 0,05$)

Tabel 7. Mudel kaheaastase viitajaga

Muutuja nimi	Koefitsent (standardviga)	P-väärtus
Konstant	-20,073 (9,29)	0,031**
SKP kasv	-0,082 (0,139)	0,551
Majanduse avatus % SKP-st	0,041 (0,045)	0,364
CO2 emissioon tonn/inimese kohta	1,939 (0,748)	0,009***
Kapitali kogumahutus põhivarasse % SKP-st	-0,218 (0,235)	0,35

N	432
LSDV R-ruut	0,212

Allikas: Autori koostatud Excel programmis.

Märkused:

*** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 1% ($p < 0,01$)

** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 5% ($p < 0,05$)

4.2.2. F-test regressorite olulisuse testimiseks

F-testi regressorite olulisuse testimiseks kasutatakse ühendatud testi regressoritele (ingl *joint test on named regressors*). P-väärtused on:

- 1) Viitaegadeta mudelis $0,009 < 0,05$
- 2) Üheaastase viitajaga mudelis $0,003 < 0,05$
- 3) Kaheaastase viitajaga mudelis $0,044 < 0,05$

Kui $p < 0,05$, kehtib sisukas hüpotees ja vähemalt üks regressor on statistiliselt oluline.

4.2.3. F-test objektispetsiifiliste vabaliimete olulisuse testimiseks

Fikseeritud efektiga mudeli ja ühendatud mudeli võrdlemiseks kasutatakse F-testi objektispetsiifiliste vabaliikmete olulisuse testi (ingl *test for differing group inerecepts*).

Nullhüpotees on väide, et gruppidel on ühine vabaliige. Väärtused on:

- 1) Viitaegadeta $0,0005 < 0,05$
- 2) Üheaastase viitajaga $3,98 \times 10^{-5} < 0,05$
- 3) Kaheaastase viitajaga $4,46 \times 10^{-5} < 0,05$

Kui $p < 0,05$, siis tuleb vastu võtta sisukas hüpotees ja objektspetsiifilised vabaliikmed on statistiliselt olulised - parem on fikseeritud efektidega mudel.

4.2.4. Wald'i heteroskedastiivsuse test

Wald'i grupisisese heteroskedastiivsuse testiga määratakse, kas mudelis esineb heteroskedastiivsus. Nullhüpotees kehtib juhul, kui p-väärtus on suurem, kui 0,05. Mudelis tulid järgmebad väärtused Wald'i testiga:

- 1) Viitaegadeta p-väärtus $0 < 0,05$
- 2) Üheaastase viitajaga $0 < 0,05$
- 3) Kaheaastase viitajaga $0 < 0,05$

Kehtib sisukas hüpotees ning mudelis esineb heteroskedastiivsus. Empiiriliste andmete puhul on heteroskedastiivsuse olemasolu väga tavaline nähtus. Seega pole algne mudel korrektne ning tuleb kasutada robustseid standarddivigu ning hinnata uus mudel. Peale mudeli korrigeerimist on esitatud usaldusvahemikud adekvaatsed.

4.2.5. Durbin-Watsoni autokorrelatsiooni test

Durbin-Watsoni testi kasutatakse regressorite jääkide autokorrelatsiooni hindamiseks. Kui $0 < DW < 2$, siis on positiivne autokorrelatsioon. Kui $DW \approx 2$, siis autokorrelatsioon puudub. Kui $2 < DW < 4$, siis esineb negatiivne autokorrelatsioon. Töös on järgnevad väärtused:

- 1) Viitaegadeta mudelis $DW=2,05$ ning p-väärtus $0,80 > 0,05$
- 2) Üheaastase viitajaga $DW= 2,08$ ning p-väärtus $0,86 > 0,05$
- 3) Kaheaastase viitajaga $DW= 2,11$ ning p-väärtus $0,92 > 0,05$

Kuna kõigis mudelites kehtib Durbin-Watsoni testi puhul nullhüpotees, siis mudelites autokorrelatsiooni ei esine.

4.2.6. Multikollineaarsus

Multikollineaarsus võib esineda, kui sõltumatute muutujate vahel esineb tugev korrelatsioon. Kennedy (2008) järgi võib mudeli seisukohast kahjulikku multikollineaarsust kahtlustada olukorras, kus kahe sõltumatu muutuja vahelise korrelatsioonikordaja absoluutväärtus on suurem kui 0,8. Peatükis 4.1 toodud korrelatsioonimaatriksi kohaselt on kõige tugevam korrelatsioonseos 0,351 ehk seos SKP kasvu ja kapitali kogumahutus põhivarasse vahel. Seega antud mudelis olulist multikollineaarsuse probleemi ei esine.

4.2. Lõppmudeli analüüs

Veendumaks mudeli õigsuses, tuleb autoril üritada lahendada mudelis esinevaid probleeme. Esinenud heteroskedastiivsuse tõttu tuleb kasutada mudelites robustseid standardvigu. Bakalaureusetöö lõppmudelid ehk robustsete standardvigadega mudelid on esitatud järgmistes tabelites.

Tabel 8. Mudel ilma viitaegadeta

Muutuja nimi	Koefitsent (standardviga)	P-väärtus
Konstant	9,25 (12,03)	0,447
SKP kasv	-0,36 (0,135)	0,011***
Majanduse avatus % SKP-st	0,030 (0,05)	0,611
CO2 emissioon tonn/inimese kohta	-0,75 (0,91)	0,418
Kapitali kogumahutus põhivarasse % SKP-st	0,05 (0,16)	0,76

N	504
LSDV R-ruut	0,191

Allikas: Autori koostatud Excel programmis.

Märkused:

*** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 1% ($p < 0,01$)

Tabel 9. Mudel üheaastase viitajaga

Muutuja nimi	Koefitsent (standardviga)	P-väärtus
Konstant	-18,63 (6,1)	0,004***
SKP kasv	0,019 (0,16)	0,907
Majanduse avatus % SKP-st	0,089 (0,03)	0,012**
CO2 emissioon tonn/inimese kohta	2,212 (0,61)	0,001***
Kapitali kogumahutus põhivarasse % SKP-st	-0,17 (0,2)	0,414

N	468
LSDV R-ruut	0,206

Allikas: Autori koostatud Excel programmis.

Märkused:

*** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 1% ($p < 0,01$)

** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 5% ($p < 0,05$)

Tabel 10. Mudel kaheaastase viitajaga

Muutuja nimi	Koefitsent (standardviga)	P-väärtus
Konstant	-20,073 (8,55)	0,024**
SKP kasv	-0,082 (0,14)	0,569
Majanduse avatus % SKP-st	0,041 (0,06)	0,508
CO2 emissioon tonn/inimese kohta	1,939 (0,72)	0,011**
Kapitali kogumahutus põhivarasse % SKP-st	-0,218 (0,2)	0,295

N	432
LSDV R-ruut	0,212

Allikas: Autori koostatud Excel programmis.

** - muutuja on statistiliselt oluline nivool 5% ($p < 0,05$)

Ilma viitajata mudelis on oluliseks muutujaks vaid SKP kasv. Kui SKP kasvab aastas 1% võrra, siis taastuenergia osakaal koguenergiast kasv kahaneb 0,36 protsendipunkti võrra. Viitaegadega mudelites SKP kasv oluline tegur ei ole. Teoreetilises osas on räägitud, et SKP kasv võib mõjutada taastuenergia kasutuse kasvu, sest rikkama elanikkonnaga riikidel on suurem soov ning võimalus panustada rohkem aega ja raha keskkonna säästmisesse. Tabelitest võib järeldada, et sõltuval muutujal on vaja vähemalt üks aasta aega, et reageerida sõltumatu muutuja muutuste peale.

Üheaastase viitajaga mudelis on oluline tegur ka majanduse avatus. Kui majanduse avatuse osakaal SKP-st suureneb 1% võrra, siis taastuenergia osakaal koguenergiast kasv tõuseb 0,089 protsendipunkti võrra. See näitab seda, et kui riigi majandus on rohkem avatud ning kauplemine riikide vahel on lihtsustatud, siis soovitakse rohkem aega ja raha investeerida ka rohelistesse energiasse. Riigid teevad omavahel koostööd ning soovitakse panustada aina rohkem Maa keskkonna paranemisse tehes ühiseid projekte ning koostöölepinguid. Näiteks võib tuua Euroopa riikide vahelise koostöö. Riikide vahel kehtib vabakaubandus, mis ei piira importi ega eksporti. Võidakse ilma komplikatsioonideta omavahel vahetada kaupu ning teenuseid ja seeläbi ollakse rohkem ühenduses ka poliitilistes suhtetes. Euroopas kehtivad mitmed keskkonda kaitsvad lepingud ning aktid. Euroopa Liidu Säästva Arengu Strateegia keskendub sellele, kuidas leida lahendusi olemasolevatele keskkonnaprobleemidele. Soovitakse kaitsta nii loomade, taimede kui ka keskkonna heaolu. Proovitakse seletada, et majanduskasv ei pea olema keskkonna halvenemisega positiivses seoses (Uuendatud Euroopa Liidu säästva arengu strateegia 2006).

Üheaastase ja kaheaastase viitajaga mudelites on oluline muutuja ka CO₂ emissioon inimese kohta. Ilma viitajata mudelis see tunnus oluline pole, sest samal aastal CO₂ emissioon ei mõjuta veel inimeste tahtmist kasutada rohkem taastuvenergiat. Kuid mida rohkem läheb aeg edasi, seda enam saadakse aru, et süsihappegaasi paiskamine atmosfääri on ohtlik ning tuleks vaadata rohkem alternatiivsete energiaallikate poole. Üheaastase viitajaga mudelis suureneb ühe tonni inimese kohta CO₂ emissiooni kasvamisel taastuvenergia hulk koguenergiast kasv 2,21 protsendipunkti ning kaheaastase viitajaga mudelis 1,93 protsendipunkti. Eesti põhjal võib tuua näiteks aastad 2007 ja 2008. Aastal 2007 oli Eestis CO₂ emissioon umbes 13 tonni inimese kohta ning taastuvenergia kasv sel aastal 1,2%. 2008 oli CO₂ tase ka 13 tonni inimese kohta, kuid taastuvenergia taseme kasv koguenergiast oli juba 11,35%. Seega on näha, et inimesed saavad väikese aja möödudes aru, et tuleks oma teguviise muuta ning proovida keskkonda parandada.

Ainuke mudelisse kaasatud muutuja, mis ei olnud üheski mudelis oluline, on kapitali kogumahutus põhivarasse. Seega võib antud lõputöö valimi põhjal järeldada, et investeringud ei mängi suurt rolli taastuvenergia kasutuse suurenemises.

KOKKUVÕTE

Taastuvenergia on oluline energiaallikas säästmaks planeedi keskkonda. Inimkond on sunnitud lähitulevikus minema üle 100% taastuvenergia tarbimisele, sest traditsioonilised energiaallikad on otsakorral ning samuti saastavad keskkonda ülimal määral. Fossiilkütuste kaevandamine ning kasutamine paiskab atmosfääri mitmeid toksilisi kasvuhoonegaase, mis on inimestele ohtlikud ning omakorda põhjustavad kliima soojenemist. Viimase 800 000 aasta jooksul ei ole Maa kasvuhoonegaaside kogus olnud kunagi suurem, kui praegusel ajahetkel. Globaalne soojenemine põhjustab jäämägede sulamist, meretasemel tõusu, loomade elupaikade hävinemist ning metsatulekahjusid. Kliima soojenemine on suures osas inimtegevuse tagajärg ning fossiilkütused on üks suurim faktor, mis seda põhjustab. Seega üleminek taastuvenergiale pääsataks otseses mõttes Maa elu ning keskkonna.

Lõputöö eesmärk oli välja selgitada, millised tegurid mõjutavad taastuvenergia tarbimist. Mudelistest võib järeldada, et olulised muutujad on SKP kasv, CO₂ emissioon inimese kohta ning majanduse avatus. Kapitali kogumahutus põhivarasse ei olnud ühegi kolme mudeli puhul oluline muutuja. Samuti püstitati neli hüpoteesi. Esimeseks oli, et riigi majanduskasv on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega. See hüpotees peab paika, sest muutuja oli oluline vähemalt ühes mudelis. Ka teine hüpotees peab paika. Majanduse avatus on positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega, sest muutuja oli oluline kaheaastase viitajaga mudelis. CO₂ emissioon oli samuti oluline nii ühe- kui kaheaastase viitajaga mudelis, seega ka kolmas hüpotees peab lõputöös paika. Neljas hüpotees, paika ei pea. Kapitali kogumahutus põhivarasse osakaal SKP-st ei ole lõputöö andmeanalüüsi kohaselt positiivselt seotud taastuvenergia tarbimisega

Säästev areng ning tarbimine tähendavad seda, et inimesed elaksid elu nii, et ka tulevastel põlvedel oleks samaväärne või parem keskkond, kus eksisteerida. Praeguse tempoga võib juhtuda, et tulevastel põlvedel ei olegi planeeti, kus elada, sest see on muutunud elamiskõlbmatuks saastumise tagajärjel. SKP kasv, CO₂ emissioon ning majanduse avatus on olulised faktorid taastuvenergia tarbimise osas. Majanduslikud näitajad on olulised, kuid

suurim muutus keskkonna säästmise osas võiks tulla inimeste endi soovist parandada keskkonda, kus nende järeltulijad saaks üles kasvavad.

SUMMARY

DETERMINANTS OF RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION IN OECD COUNTRIES

Susanna Kõrkjas

The issue of renewable energy is topical in today's world, because traditional energy sources are starting to come to an end and mankind will be forced to switch to renewable energy in the near future.

At this point in time, the world's largest source of energy is oil. Though oil can be easily transported, it is one of the most dangerous sources of energy to the environment. When oil spills into the ocean, it can damage the ecosystem. When oil burns, dangerous greenhouse gases are released to the atmosphere, causing Earth's climate to become warmer.

The purpose of this Bachelor's thesis is to analyse what are the factors that are relevant in the consumption of renewable energy.

There are four hypotheses raised:

- 1) The growth of SKP of the country is positively linked to the consumption of renewable energy
- 2) Trade openness % of GDP is positively linked to the consumption of renewable energy
- 3) CO₂ emission per capita is positively linked to the consumption of renewable energy
- 4) Gross fixed capital formation % of GDP is positively linked to the consumption of renewable energy.

The main sources of renewable energy are hydropower, bioenergy, geothermal energy, solar power, wind power, wave power and tidal power. More solar energy reaches the ground in one

hour than any human is able to use in one year. This thesis talks about how the mankind could use green energy more and more efficiently and why is it necessary.

The data in this thesis is derived from the OECD and World Bank databases. Sample size is 36 OECD countries and the data is from 2001 to 2014. The dependent variable is the growth of the share of renewable energy from total energy. Independent variables are annual GDP growth, trade openness (% of GDP), CO2 emission (tonnes per capita) and gross fixed capital formation (% of GDP). A fixed effect groupwise model was used analysing panel data. Gretl software was used.

The author tested three models. First model is without a lag in explanatory variables, the second model is with a one year lag in explanatory variables and the third model is with a two year lag in explanatory variables. Four test were performed to refine the results:

- 1) Joint test on named regressors
- 2) Test for differing group intercepts
- 3) White's test
- 4) Durbin-Watson autocorrelation test

In three different models, it can be seen that important factors that are relevant in the consumption of renewable energy are annual GDP growth, CO2 emission (tonnes per capita) and trade openness (% of GDP). Some factors need one or two years to become relevant, that is why models with lagged explanatory variables are included in this thesis.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Aguirre, M., Ibikunle, G. (2014). Determinants of renewable energy growth: A global sample analysis. - *Energy Policy*. Vol. 69, 374-377.
- Apergis, N., Payne, J.E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. - *Energy policy*. Vol. 38, No. 1, 659.
- Chang, T-H., Huang, C-M., Lee M-C. (2009). Threshold effect of the economic growth rate on the renewable energy development from a change in energy price: Evidence from OECD countries. – *Energy Policy*. Vol 37, No. 12, 5796-5797.
- Chiu, C-L., Chang T-H. (2009). What proportion of renewable energy supplies is needed to initially mitigate CO2 emissions in OECD member countries? – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 13, No. 6-7, 1670, 1674.
- Eesti Taastuvenergia Koda. (2019). Kättesaadav: <http://www.taastuvenergeetika.ee/taastuvenergia-eestis/#1482065136293-0ea9767f-f12b>
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospect and their enabling technology. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 39, 751.
- Enefit Green. (2019). Kättesaadav: <https://www.enefitgreen.ee/et/energia-tootmine>
- Gan, J., Smith, C.T. (2011). Drivers for renewable energy: A comparison among OECD countries. - *Biomass and Bioenergy*. Vol. 35, No. 11, 4497-4498.
- Goldemberg, J. Coelho, S.T. (2004). Renewable energy—traditional biomass vs. modern biomass. - *Energy Policy*. Vol. 32, No. 6, 711.
- Johansson, T. B., Kelly H., Reddy A. K. N., Williams R. H. (1993). Renewable Fuels and Electricity for a Growing World Economy: Defining and Achieving the Potential. – *Energy Studies Review*. Vol. 4, No. 3, 201.
- Joselin Herbert G.M., Iniyar S., Sreevalsan E., Rajapandian S. (2007). A review of wind energy technologies. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 11, No. 6, 1117
- Karlstrøm, H. and Ryghaug, M. (2014). Public attitudes towards renewable energy technologies in Norway. The role of party preferences. – *Energy Policy*. Vol. 67, 656-657.

- Lewis, N. S. (2007). Toward Cost-Effective Solar Energy Use. - *Science*. Vol. 315, No. 5813, 798.
- Kennedy, P. (2008). *A Guide to Econometrics*. 6th ed. Malden: Blackwell Publishing.
- Madani, K., Guegan, M., Uvo, C. B. (2014). Climate change impacts on high-elevation hydroelectricity in California. – *Journal of Hydrology*. Vol. 510, 153.
- Mehrara, M., Rezaei, S. and Razi, D.H. (2015). Determinants of renewable energy consumption among eco countries; based on Bayesian model averaging and weighted-average least square. - *International Letters of Social and Humanistic Sciences*. Vol. 54, 96.
- Mudelisse kaasatud riikide algandmed.
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1yKfIYUhxI9InFb8mrZRsJ6LR9TPgP8Y_YXdus-hIUuU/edit?usp=sharing
- Nawri, N., Petersen, G.N., Bjornsson, H., Hahmann, A.N., Jónasson, K., Hasager, C.B., Clausen, N.E. (2014). The wind energy potential of Iceland. - *Renewable energy*. Vol. 69, 290.
- OECD andmebaas. About the OECD. (2019). <http://www.oecd.org/about/>
- OECD taastuvenergia andmebaas. (2019). Kättesaadav:
<https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm>
- Omri, A., Nguyen, D.K. (2014). On the determinants of renewable energy consumption: International evidence. – *Energy*. Vol. 72, 559.
- Panwar, N.L., Kaushik S.C., Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 15, No. 3, 1514-1515, 1517, 1519-1520.
- Uuendatud Euroopa Liidu säästva arengu strateegia. (2006). Kättesaadav:
https://riigikantselei.ee/sites/default/files/riigikantselei/strateegiaburoo/el_sa_strateegia_eeesti_keeles.pdf
- Rio+20. (2019) Kättesaadav: http://www.rio20.gov.br/en/press_room/faq/perguntas-e-respostas.html#what-is-rio-20
- Rosenberg, E., Lind, A., Espegren, K. A. (2013) The impact of future energy demand on renewable energy production e Case of Norway. – *Energy*. Vol 61, 420.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the C7 countries. – *Energy Economics*. Vol. 31, No. 3,456.
- Salim, R.A., Hassan, K. Shafiei, S. (2014). Renewable and non-renewable energy consumption and economic activities: Further evidence from OECD countries. - *Energy Economics*. Vol. 44, 350.

- Shell International BV. (2017). World Energy Model. A View to 2100. Lk 6. Kättesaadav: https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenarios-energy-models/world-energy-model/_jcr_content/par/textimage.stream/1510344160326/d62f12b8fe88e85dc3349c38b1ca5e44cc22c5ccc6f70beed634020cfb527c82/shell-world-energy-model.pdf
- Solomon, S., Plattner, G-K., Knutti, R., Friedlingstein, P. (2008). Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. – *PNAS*. Vol. 106, No. 6, 1704, 1708-1709.
- Public attitudes towards renewable energy technologies in Norway. The role of party preferences. – *Energy Policy*. Vol. 67, 656.
- Towards green growth. (2011) Kättesaadav: <https://www.oecd.org/greengrowth/48012345.pdf>
- Välisministeerium. (2017). OECD- Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsioon. Kättesaadav: <https://vm.ee/et/oecd-majandusliku-koostoo-ja-arengu-organisatsioon>
- Weiland, P. (2009). Biogas production: current state and perspective. – *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. 85, No 4, 849.
- Yildirim, E., Saraç, Ş., Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16, No. 9, 67