

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Tõnno Tint

**ENERGIAKULUDE MÕJU TÖÖSTUSSEKTORI
KONKURENTSIVÕIMELE VALITUD EUROOPA LIIDU
RIIKIDE NÄITEL**

Magistritöö

Õppekava majandusanalüüs

Juhendaja: Heili Hein, MA

Tallinn 2023

Deklareerin, et olen koostanud magistritöö 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 10 801 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Tõnno Tint 09.05.2023

(kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	5
SISSEJUHATUS	6
1. ENERGIAKULUDE JA KONKURENTSIVÕIME SEOSTE TEOREETILISED NING EMPIIRILISED LÄHTEKOHAD	9
1.1. Energiahindade ja konkurentsivõime seoste teooria	9
1.1.1 Saaste varjupaiga hüpotees	9
1.1.2 Porteri hüpotees	12
1.1.3 Energiahindade seos konkurentsivõimega läbi keskkonnapoliitika	13
1.2. Energia ühikukulu näitaja olemus ja gravitatsioonimudeli põhimõtte kirjeldus	15
1.2.1 Energia ühikukulu näitaja	15
1.2.2 Gravitatsioonimudeli põhimõte	17
1.3. Varasemad empiirilised uuringud ja nende tulemused	18
2. ANDMED JA METOODIKA	25
2.1. Kasutatavate andmete ülevaade	25
2.2. Andmete kirjeldav statistika	29
2.2.1 Energia ühikukulu dekompositsioon	32
2.2.2 Ekspordandmete kirjeldav statistika	35
2.3. Empiiriline mudel ja hindamismeetodid	37
3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED	39
3.1. Mudelite hindamise tulemused	39
3.1.1 Hariliku vähimruutude meetodi ja Poissoni kvasi-maksimaalse tõepära meetodil hinnatud mudelite tulemused	39
3.1.2 Mudelite hindamistulemused energiaintensiivsete tööstuste kohta	42
3.2. Järeldused ja arutelu	43
KOKKUVÕTE	47
SUMMARY	49
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	52
LISAD	56
Lisa 1. Tööstusharude jaotus kasutatud andmestikes	56
Lisa 1 jätk	57
Lisa 2. Elektrienergiale kehtestatavate maksude osakaal tööstussektori tarbijate lõpptarbijahinnas valitud EL riikide puhul	58

Lisa 3. Maagaasile kehtestatavate maksude osakaal tööstussektori tarbijate lõpptarbimishinnas valitud EL riikide puhul.....	58
Lisa 4. Valitud EL riikide tööstussektori ja tööstusharude kogu energiasaastatavuse perioodil 2005-2020.....	59
Lisa 5. Saksamaa energia ühikukulu dekompositsioon.....	60
Lisa 6. Prantsusmaa energia ühikukulu dekompositsioon.....	60
Lisa 7. Itaalia energia ühikukulu dekompositsioon.....	61
Lisa 8. Hispaania energia ühikukulu dekompositsioon.....	61
Lisa 9. Hollandi energia ühikukulu dekompositsioon.....	62
Lisa 10. Riikide grupi energia ühikukulu muutuse dekomponeerimise valem.....	63
Lisa 11. Tööjõu ühikukulu dünaamika vaadeldaval perioodil valitud riikides.....	64
Lisa 12. Lihtlitsents.....	65

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärk on uurida energiakulude mõju tööstussektori konkurentsivõimele viie suurima majandusega Euroopa Liidu liikmesriigi näitel. Selleks hinnatakse tööstussektori elektri- ja maagaasi lõpptarbimishindade, nende energiakandjate tööstusharudes tarbitud koguste ja tööstusharude kogutoodangu põhjal arvatud energia ühikukulu mõju valitud viie Euroopa Liidu riigi bilateraalsele ekspordile, kasutades hariliku vähimruutude ja Poissoni kvasi-maksimaalse tõepära meetodil hinnatud gravitatsioonimudeleid.

Teoorias on energiakulude ja konkurentsivõime omavahelist seost selgitatud peamiselt lähtudes kahest hüpoteesist – saaste varjupaiga hüpotees ja Porteri hüpotees. Esimese kohaselt on suuremad energiakulud konkurentsivõimele negatiivse mõjuga, sest kõrgematest energiakuludest tulenevad kõrgemad sisendhinnad vähendavad riigi konkurentsieelist võrreldes teiste riikidega, kus energia on odavam (eeskätt tulenevalt leebemast keskkonnapoliitikast). Teisalt Porteri hüpoteesi kohaselt võivad kõrgemate energiahindade tõttu suurenevad energiakulud mõjuda konkurentsivõimele positiivselt, sest see motiveerib ettevõtteid konkurentsivõime säilitamiseks oma tooteid ja teenuseid innoveerima.

Töö tulemusena leitakse, et suuremad energiakulud mõjutavad tööstussektori ekspordi negatiivselt ja seejuures on negatiivne mõju energiantensiivsetele sektoritele nagu metallitööstus, mittemetalliliste mineraalide tööstus ja paberi-, tselluloosi ja trükitööstus, kaks korda suurem võrreldes tööstussektoriga üldiselt. Ühelt poolt viitavad saadud tulemused saaste varjupaiga hüpoteesi esinemisele ehk kasvavatest energia lõpptarbimishindadest tingitud kõrgemad energiakulud mõjuvad konkurentsivõimele negatiivselt. Samas energia ühikukulu dekomponeerides on näha, et valitud Euroopa Liidu riikide tööstussektorid on suutnud vaadeldaval perioodil enda energiantensiivsust vähendada, mis võib olla indikatsioon Porteri hüpoteesi nõrga vormi esinemisele, kuid selle kinnitamine nõuab lähemat uurimist.

Võtmesõnad: konkurentsivõime, energiahinnad, energiakulud, energiaefektiivsus

SISSEJUHATUS

Energia on industrialiseerunud majanduste tööstussektori üks peamiseid alustalasid, pakkudes olulist ja universaalset sisendit, mida nõuavad tootmisprotsessid pea kõikides tööstusharudes. Seejuures on odava energia lihtne kättesaadavus üks võtmefaktoreid pikaajalise majanduskasvu saavutamisel ja tööstusettevõtete konkurentsivõime tagamisel rahvusvahelistel turgudel (Roegen, 1975). Sellest tulenevalt on energiahindade ja konkurentsivõime omavaheliste seoste uurimine muutunud ajas üha populaarsemaks, arvestades et lähtuvalt karmimast keskkonnapoliitikast on üha intensiivsemalt hakatud mitmel pool maailmas ja eeskätt Euroopa Liidus maksustama süsinikheitmeid, mis ühtlasi tõstab energiakandjate lõpptarbimishindu (Marin & Vona, 2021). Seega on üha kasvavad energiahinnad tekitanud poliitikakujundajate ja äriühingute vahel aktiivse diskussiooni Euroopa ettevõtete konkurentsivõime jätkusuutlikuse osas, eriti võrreldes suuremate globaalsete konkurentidega nagu Hiina ja Ameerika Ühendriigid (Faiella & Mistretta, 2022).

Veelgi aktiivsemaks on see arutelu muutunud viimasel ajal, kui lisaks rohepöördega seotud energiakulude kasvule (tulenevalt CO₂-heitmete kõrgemast maksustamisest ning mitmete fossiilsetel kütustel põhinevate elektrijaamade sulgemisest) on just Euroopa riikide energiahindadele väga lühikese aja jooksul suurt mõju avaldanud Venemaa sõda Ukraina vastu ning sellega kaasnenud sanktsioonid. Kuna mitmed EL riigid on varasemalt Venemaa energiakandjatest oluliselt sõltunud, siis on energiaimpordi piiramine Venemaalt tekitanud Euroopas tõsise energiakriisi. (Steffen & Patt, 2022)

Eelmainitud faktoritest tulenevalt on tähtis mõista, kuidas muutused energiahindades mõjutavad Euroopa majandust ja täpsemalt tööstussektorit, mis energia heast kättesaadavusest olulisel määral sõltub. Arvestades eeskätt elektri- ja gaasihindade järsku tõusu viimastel aastatel ja selle ümber tekkinud poleemikat, on selle töö kontekstis samuti otsustatud keskenduda vastavate energiakandjate hinnaerinevustele EL liikmesriikides ja nende mõjule EL riikide konkurentsivõimele nii omavahelises kaubanduses kui ka kaubanduses suurimate väliskaubanduspartneritega. Lisaks on elekter ja gaas selles mõttes huvitavad energiakandjad, et tulenevalt nende omadustest ei ole nad niivõrd kergesti rahvusvahelistel turgudel kaubeldavad kui

paljud teised levinud energiakandjad nagu näiteks naftatooted ja tahked fossiilsed kütused. Piiratud kaubeldavus võib aga tihti tähendada suuremaid regionaalseid hinnaerinevusi.

Seega on käesoleva magistritöö eesmärk uurida elektri ja maagaasi hindade ning tarbimisandmete põhjal energiakulude mõju tööstussektori konkurentsivõimele viie suurima majandusega EL liikmesriigi (Saksamaa, Prantsusmaa, Itaalia, Hispaania ja Holland) näitel. Konkurentsivõime näitajana on töös kasutatud vaadeldavate riikide eksporti teistesse EL liikmesriikidesse ja lisaks ka Hiina, Ühendkuningriiki, Jaapanisse ja Ameerika Ühendriikidesse, mis on vaadeldavate riikide suurimad globaalsed kaubanduspartnerid. Töös uuritakse energiakulu ja konkurentsivõime vahelisi seoseid vaid viie EL riigi näitel, et vältida andmemahutude kasvamist liiga suureks, mille analüüsimine muutuks liiga keeruliseks ja ajamahukaks. Töö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud kolm uurimisküsimust:

- 1) Kuidas on energia ühikukulu viies suurimas EL liikmesriigis ajas muutunud ja millest need muutused on tingitud?
- 2) Kas energiakulud on mõjutanud vaadeldavate EL liikmesriikide tööstussektorite konkurentsivõimet lühiperspektiivis?
- 3) Kui suurt mõju avaldavad energiakulud vaadeldavate EL liikmesriikide tööstussektori konkurentsivõimele lühiperspektiivis?

Selle töö lisandväärtuseks on Faiella ja Mistretta (2022) poolt välja pakutud energia ühikukulu (*unit energy cost – UEC*) näitaja arvutamine uuemate uuemate andmetega¹, et selle abil hinnata energiakulude ja konkurentsivõime vahelisi seoseid muuhulgas perioodil, kus on toimunud pöördelised geopoliitilised, sotsiaalsed ja majanduslikud sündmused (Brexit, COVID-19 pandeemia algus ja üha intensiivsem kliimapoliitika rakendamine), mis on oluliselt mõjutanud nii elektri- kui maagaasi hindu erinevates EL liikmesriikides ja veelgi enam kasvatanud energiahindade vahet võrdluses EL suurimate kaubanduspartneritega.

Magistritöö struktuur koosneb kolmest peatükist. Töö esimeses peatükis antakse esmalt ülevaade energiakulude ja konkurentsivõime omavahelistest majandusteoreetilistest seostest. Peatükis seletatakse ka lahti energia ühikukulu näitaja ning gravitatsioonimudeli põhimõte, eesmärgiga kirjeldada töös kasutatavate näitajate ja mudelite teoreetilist tausta. Peatükk lõpeb ülevaatega varasemate empiiriliste tööde tulemustest.

¹ Faiella ja Mistretta (2022) vaatlevad perioodi 1995-2015.

Töö teises peatükis kirjeldatakse töös kasutatavaid andmeid ja uurimismeetodeid. Peatükis tuuakse esmalt välja empiiriliseks analüüsiks vajaminevad andmed ja nende allikad ning seejärel antakse andmetest ülevaade kirjeldava statistika abil. Lisaks dekomponeeritakse selles peatükis ka UEC näitaja viie suurima EL majanduse tasemel, mis annab vastuse esimesele uurimisküsimusele. Peatüki kolmandas osas kirjeldatakse töös kasutatavaid ökonomeetrilisi meetodeid ja hinnatava mudeli ülesehitust.

Töö kolmandas peatükis antakse esmalt ülevaade mudeli hindamise tulemustest, kasutades erinevaid mudeli spetsifikatsioone. Peatüki lõpus arutletakse saadud tulemuste üle lähtudes töö esimeses peatükis kirjeldatud majandusteooriast ja varasemate empiiriliste tööde tulemustest.

1. ENERGIAKULUDE JA KONKURENTSIVÕIME SEOSTE TEOREETILISED NING EMPIIRILISED LÄHTEKOHAD

1.1. Energiahindade ja konkurentsivõime seoste teooria

Energiahindade ja konkurentsivõime omavahelisi seoseid on varasemates uurimustes peamiselt selgitatud lähtudes kahest konkureerivast teooriast ja mõlema puhul mõjutab energiahindade muutus konkurentsivõimet erinevalt. Ühelt poolt väidab saaste varjupaiga hüpotees (*pollution haven hypothesis*), edaspidi SVH, et energiahindade kui tootmise sisendi kasvades ühes riigis väheneb selle riigi konkurentsivõime võrreldes teiste riikidega, kus energia hind püsib muutumatuna, kuna kõrgemate energiahindadega riigi tööstus kaotab enda kulueelise võrreldes välismaiste tööstustega (Sato & Dechezlepretre, 2017). Vastukaaluks SVH-le väidab Porteri hüpotees (*Porter hypothesis*), et kõrgemad energiahinnad võivad läbi innovatsiooni stimuleerimise kaasa tuua hoopis ettevõtete konkurentsivõime paranemise (Porter & van Linde, 1995). Mõlema teooria põhiideid, vastuargumente ja seost energiahindade ning konkurentsivõime omavahelise suhtega kirjeldatakse põhjalikumalt järgnevatel alapeatükkides.

1.1.1 Saaste varjupaiga hüpotees

SVH-d on varasemas teoreetilisest kirjanduses selgitatud lihtsa kahe riigi ja tööstusharuga rahvusvahelise kaubanduse mudeli abil, milles eeldatakse, et üks kahest tööstusharust saastab keskkonda ja mõlemad riigid erinevad üksteisest vaid keskkonnapoliitika osas (s.t. kummalgi riigil ei ole suhtelist eelist tulenevalt mõne tootmissisendi suhtelisest rikkusest või mõnest teisest tegurist). Rangema keskkonnapoliitika kehtestamisel ühes riigis, mille tulemusena maksustatakse tootmisel tekkivat saastet, muutub saastava toote tootmine suhteliselt kallimaks võrreldes puhta toote tootmisega. Samaaegselt tekib lõdvema keskkonnapoliitikaga riigil suhteline eelis saastava kauba tootmisel, kuna sealsed tootmiskulud on madalamad. Sellest tulenevalt spetsialiseerub lõdvema keskkonnapoliitikaga riik saastava kauba tootmisele ja rangema keskkonnapoliitikaga riik seevastu puhta kauba tootmisele ning range keskkonnapoliitikaga riik impordib saastava tööstuse kaupu lõdva keskkonnapoliitikaga riigist. Vastav kaupade tootmise migreerumine teeb lõdvema keskkonnapoliitikaga riigist saaste varjupaiga, sest võimaldab läbi impordi rangema

keskkonnapoliitikaga riigil saastavat kaupa tarbida ilma seda ise tootmata ja selle tootmisest tekkivaid keskkonnakulusid kandmata. (Copeland & Taylor, 1994)

Karmima keskkonnapoliitika kehtestamist on käsitletud uurimustes nii eksogeense faktorina, aga ka tingituna sissetulekute erinevusest mõlemas riigis (*Ibid*). Keskkonnapoliitika sõltuvus sissetulekutest põhineb seejuures keskkonna Kuznetsi kõvera hüpoteesil. Selle hüpoteesi kohaselt domineerib madalamate sissetulekute juures sissetuleku efekt, millest tulenevalt on vaesemad riigid ka valmis rohkem keskkonda ohverdama suurema sissetuleku eesmärgil. Seevastu alates teatud sissetulekutasemest on murdepunkt, millest edasi sissetulekute kasvades on marginaalne kasu puhtamast keskkonnast suurem, kui kasu täiendavast sissetulekust. Seega on endogeense keskkonnapoliitikaga SVH mudelis rangema keskkonnapoliitika kehtestajaks rikkam riik. (Dinda, 2004)

Samas on SVH puudustena välja toodud nii nõrk teoreetiline alus kui ka empiiriline tõendus. Hüpoteesi üheks olulisemaks teoreetiliseks kitsaskohaks on eeldus, mille kohaselt riikide tööstussektori konkurentsieelis sõltub vaid erinevusest keskkonnapoliitikas ja seega on see erinevus ka ainus motiiv kauplemiseks. Tegelikuses sõltuvad tööstuste asukohad ja sellest tulenevad kaubandusvood veel mitmetest teguritest, millest paljud on keskkonnaregulatsioonidest määravama tähtsusega. (Copeland & Taylor, 2004)

Üheks oluliseimaks selliseks faktoriks, mis rahvusvahelise kaubanduse vooge mõjutab, on tootmiseks vajalike ressursside kättesaadavus (*Ibid*). Lähtuvalt Heckscher-Ohlini kaubandusmudeli aluseks olevast faktori külluse teooriast (*factor endowment theory*) sõltub kaubandusvoogude suund kapitali- ja tööjõuressursside kättesaadavusest kauplevates riikides. Kui üks riik on suhteliselt rikkam kapitaliressursi poolest ja teine riik suhteliselt rikkam tööjõuressursi poolest, siis on mõlemas riigis ka suuremate varudega ressursi hind suhteliselt odavam võrreldes väiksemate varudega ressursi hinnaga. Seega on neil odavam ka toota kaupa, mille tootmiseks neil on ressursi suhteliselt rohkem. Nii on mõlemal riigil mõistlik keskenduda nendele tööstustele, milles neil on tootmise peamise sisendina kasutatava ressursi osas eelis. (Jones, 1956)

Selle tulemusena koonduvad kapitalimahukad tootmised suure kapitaliressursiga riikidesse ja tööjõumahukad tootmised suure tööjõuressursiga riikidesse. Eeldades, et kapitalimahukad tööstused on rohkem saastavamad, siis toimub selline jaotus isegi siis, kui suure kapitaliressursiga riigi keskkonnapoliitika on karmim, kuid kapitali paremast kättesaadavusest ja odavamast hinnast tulenev suhtelise konkurentsieelise efekt on siiski tugevam. (Copeland & Taylor, 2004)

Seega võib selgitada ka saastavamate ja kapitalimahukamate kaupade tootmise ja ekspordi suhtelist kasvu esialgu kapitalivaesemates (eeskätt arengumaades) riikides pigem nende riikide üldise majandusarenguga kui keskkonnapoliitika karmistamisega suure kapitaliressursiga jõukates riikides. Majanduse arenedes akumuleerub kapital, mida on võimalik üha intensiivsemalt rakendada kapitalimahukates tööstustes, mille tulemusena areneb kapitalimahukas tööstus ja seeläbi ka vastavate tööstusharude eksport. Seega võib liikuda saastavamate tööstusharude (eeldades, et kapitalimahukad tööstused on saastavamad) tootmine vaesematesse riikidesse ka ilma, et seda oluliselt mõjutaks keskkonnapoliitika karmistumine või mõni muu energiahindu tõstev sündmus suure kapitaliressursiga riigis. Alternatiivselt, kui keskkonnapoliitika tingimusi karmistatakse väikese kapitaliressursiga riigis, kus samaaegselt toimub kiire kapitali akumulatsioon, siis võib saastavate tööstuste osatähtsus ekspordis kasvada olenemata karmimast keskkonnapoliitikast. (*Ibid*)

Lisaks sellele on veel toodud mitmeid, pigem praktilist laadi vastuargumente SVH paikapidavuse kohta. Näiteks võtavad ettevõtted arvesse juba tehtud investeeringutega kaasnenud pöördumatuid kulusid ja ei pruugi oma tootmisüksuste migreerimises täiendavat kasu näha, kui juba tehtud investeeringud tuleb teha uuesti. Samuti iseloomustavad leebete keskkonnaregulatsioonidega riike üldiselt nõrgem justiitssüsteem, kus on puudulik seadusandlus ja ebaefektiivne seaduste jõustamine ning seega eelistavad kõrgemate riskide tõttu rahvusvahelised ettevõtted ka sinna vähem investeerida. (Gill *et al.*, 2018) Teisalt võib just praegusel tegevusasukohal olla lisaks tööjõu või kapitali rohkusele veel mitmeid täiendavaid asukohapõhiseid eeliseid, mis motiveerivad ettevõtjat esialgsesse tegevuspaika pidama jääma. Sellisteks eelisteks on näiteks parem ligipääs sihtturule ja strateegiline koostöö teiste ettevõtetega. (Letchumanan & Kodama, 2000)

Kuigi erinevalt puhtas SVH-s eeldatust ei ole keskkonnapoliitika ainus tegur, mis majandusteoorias rahvusvahelise kaubanduse voo määrab, on see siiski kahtlemata üks mitmest olulisest. Keskkonnapoliitika endogeense tegurina käsitletavates mudelites sõltub keskkonnapoliitika rangus ja selle mõju kaubandusele oluliselt marginaalsest keskkonnakahju elastsusest, mis kõrgemate sissetulekute puhul kipub olema suurem. Seega kui marginaalne kahju täiendava tootmisega kaasnevast saastest on piisavalt suur, siis võib saastava kauba toodang väheneda ka suhtelise kapitaliressursi eeliseiga (mis on eeldus saastava tööstuse suhtelisele konkurentsieelisele) riigis, kuna täiendavast saastest tekkiv kahju on piisavalt suur, et üle kaaluda täiendavast saastava kauba tootmisest saadav tulu. Sellisel juhul väheneb ka globaalne saaste, sest

tööjõuressursi poolest rikas riik keskendub endiselt puhtama kauba tootmisele. (Copeland & Taylor, 2004)

1.1.2 Porteri hüpotees

Porteri hüpoteesi kohaselt mõjutavad konkurentsivõimet hoopis rohkem dünaamilised konkurentsivõime faktorid võrreldes neoklassikalistes kaubandusmudelites oluliste staatiliste faktoritega (tööjõud, kapital ja SVH kontekstis ka nõrk keskkonnapoliitika). (Letchumanan & Kodama, 2000) Dünaamilise konkurentsivõime puhul sõltub ettevõtte konkurentsieelis eelkõige tehnoloogilistest uuendustest ehk ettevõtetel on läbi innovatsiooni võimalik tõsta enda tootlikkust ja seejuures nihutada ka olemasolevaid tootmispiiranguid. (Porter & van der Linde, 1995)

Arvestades et neoklassikalisel majandusteoorial põhinev SVH eeldab samuti, et kasutatav tootmistehnoloogia on parim võimalik ja ettevõtted teevad tootmise osas täielikult ratsionaalseid otsuseid, siis Porteri hüpotees väidab hoopis vastupidist. Ettevõtted tegutsevad piiratud informatsiooni tingimustes ja kõik võimalikud parimad tootmistehnoloogiad ei ole ettevõtetele koheselt teada. Samas on võimalik läbi ettevõttesisese teadus- ja arendustöö individuaalsetel firmadel enda tootmistehnoloogiaid parandada, kui ettevõttel on selleks piisav stiimul. (*Ibid*)

Seejuures võib rangem keskkonnapoliitika olla üheks väga tugevaks innovatsiooni stiimuliks, kuna uute regulatsioonidega kaasnevad suured kulud sunnivad ettevõtteid enda tooteid ja tootmisprotsesse ümber hindama ja otsima aktiivselt võimalusi muutusteks, mis aitavad regulatsioonidega seotud kulusid vähendada. Lisaks annavad regulatsioonid kindlust, et uued reeglid jäävad kestma ja samuti tekitavad need võrdse keskkonna kõigi kohalikul turul tegutsevate ettevõtete jaoks ehk keegi ei saa innovatsiooni panustajate arvelt võita vana ja saastavama tehnoloogiaga jätkates. Nii aitavad regulatsioonid ka oluliselt vähendada innovatsiooni tehtavate investeeringutega seotud ebakindlust. (*Ibid*)

Protsessis, milles üritatakse tootmisega tekitatavat saastet vähendada, võib ettevõtte jõuda uute toodete või tootmisprotsesside loomiseni, mis muudavad tooted kvaliteetsemaks (mida on võimalik seeläbi ka paremate omaduste pärast kallimalt müüa) või tootmise odavamaks. Seeläbi võib uus innovatsioon tõsta ettevõtte ka turuliidriks teistel turgudel, kuna uue toote või tootmisprotsessi omadused on paremad võrreldes ka teistel turgudel pakutavaga. (*Ibid*) Kodama (1995) on seda nähtust nimetanud ka „tehnoloogiakasumi teenimiseks“, mille puhul ettevõtted kasutavad karmimate keskkonnaregulatsioonidega seotud piiranguid võimalusena liikuda

keskkonnasõbralikemate toodete ja tootmisprotsesside kasutuselevõtu suunas, et tekitada endale konkurentsieelis teiste turul tegutsevate ettevõtete ees.

Samas on mitmed majandusteadlased avaldanud eelmainitud kujul Porteri hüpoteesi suhtes ka kriitikat tuues välja, et hüpotees ei arvesta kasumi maksimeerimise eeldusega ehk ettevõtte ignoreerivad muidu võimalusi enda kasumlikkust tõsta läbi produktiivsuse parandamise ja täiendava innovatsiooni toob alles kaasa rangem keskkonnapoliitika. Nii peaks rangem keskkonnaregulatsioon olema isegi soositav siis, kui jätta kõrvale keskkonnaprobleemide vähendamine ja sellega kaasnev sotsiaalne kasu, mille saavutamiseks regulatsioon kehtestati. Teisalt eeldab neoklassikaline majandusteooria, et konkurentsiturul on ettevõtte niigi juba kasumioptimeerija ning rangem keskkonnapoliitika ei paku seetõttu täiendavat stiimulit ettevõtte produktiivsust parandavaks innovatsiooniks. (Jaffe *et al.*, 1995)

Kriitika tulemusena on varasemas kirjanduses laialdaselt käsitletud ka Porteri hüpoteesi nõrka vormi, mille puhul soodustab rangem keskkonnaregulatsioon vaid teatud tüüpi innovatsiooni ja seega tuleb arvestada ka alternatiivkuluga (Costantini & Mazzanti, 2012). Reorganiseerides enda arendustegevust, et kohaneda regulatsioonide seatud piirangutega saavad ettevõtte piirangutega kohanemiseks tehtavat innovatsiooni teha vaid teiste potentsiaalsete innovatsioonide arvelt. Veelgi enam, uus regulatsioon kehtestab täiendava piirangu tootja maksimeerimisprobleemile, mis ei võimalda tootjal enda potentsiaalset erakasu võrreldes varasema olukorraga samaväärselt maksimeerida, kuna regulatsioonide poolt soositava innovatsiooni alternatiivkulu on suurem selle tulust. (Jaffe & Palmer, 1997) Sellest tulenevalt võib küll rangema keskkonnaregulatsiooni kehtestamine soodustada innovatsiooni, mille eesmärgiks on regulatsiooniga seatud piirangutega kohanemine (nt. energiaefektiivsuse ja keskkonnatehnoloogiatega seotud innovatsioon), kuid majanduse üldist konkurentsivõimet see ei tõsta, sest vastavad innovatsioonid tulevad teiste potentsiaalselt tootlikkust tõstvate innovatsioonide arvelt. (Rubashkina *et al.*, 2015).

1.1.3 Energiahindade seos konkurentsivõimega läbi keskkonnapoliitika

Kuigi kirjeldatud hüpoteeside keskmes on põhiliselt konkurentsivõime ja keskkonnapoliitika omavaheliste seoste selgitamine, siis on neid kasutatud ka ühe olulise lähtekohana energiahindade ja konkurentsivõime omavahelisi seoseid uurivas kirjanduses. Vastavate teooriate testimine on enimlevinud uurimustes, mis keskenduvad keskkonnasaaste vähendamise poliitikatele ja nende poliitikate eesmärkide saavutamiseks kasutatavatele majandusmehhanismidele. Seejuures on keskkonnapoliitika üheks levinumaks rakendamismehhanismiks energiatarbimise kui ühe

olulisema saasteallika maksustamine. (Costantini & Mazzanti, 2012; Marin & Vona, 2021; Faiella & Mistretta, 2022)

Energiatarbimise maksustamine on varasemates empiirilistes uurimustes välja toodud kui üks peamisi riikidevahelisi energiahindade erinevust põhjustavaid tegureid. Sato *et al.* (2019) leiavad, et maksukomponent seletab valitud OECD riikide puhul 80%-90% söe hinna, 30-70% elektri hinna ja 40%-80% nafta hinna variatsioonist. Seejuures on energia maksustamine valdavalt väga riigispetsiifiline ja selle tulemusena võivad riikidevahelised energiahinna erinevused maksupoliitika erisuste tõttu olla märkimisväärsed. Samas uuringus tuuakse ka välja, et keskmise energiahinna vahe 10% kõige kallima energiahinnaga riikide ja 10% kõige madalama energiahinnaga riikide vahel on tervelt 2,4 kordne. Kõrgeimate energiahindadega riikide hulka kuuluvad suuresti tugevalt industrialiseeritud EL majandused nagu Saksamaa, Prantsusmaa ja Itaalia, kuid samas OECD riikide hulgas on USA-s energiahinnad ühed madalaimad (*Ibid*).

Tulenevalt energia lõpptarbimishindade tugevast korrelatsioonist energiale kehtestatavate maksudega, on varasemates keskkonnapoliitika ja konkurentsivõime omavahelist seost uurivates empiirilistes töödes eelistatud kasutada just energia lõpptarbimishindade erinevust keskkonnapoliitika ranguse mõõdikuna (Faiella & Mistretta, 2022; Marin & Vona, 2021; Kumar & Prabhakar, 2020; Aldy & Pizer, 2015). Seda enam, et energiahindade andmed on üldiselt hõlpsasti kättesaadavad ja hästi võrreldavad riikide vahel. (Sato & Dechezlepretre, 2015).

Samas on oluline energiahindade kasutamisel keskkonnapoliitika ranguse mõõdikuna arvestada ka maksustamise kõrval teiste riikidevahelisi energiahindade erinevusi kujundavate faktoritega nagu energiaressursside olemasolu, energiaturu struktuur, tootmiskulud, transpordikulud ja kaubanduspiirangud (Sato *et al.*, 2019). Kuigi nafta oma kõrge energiatiheduse ja hõlpsasti transporditavuse tõttu on globaalsetel turgudel võrdlemisi ühtlaselt hinnastatud ja võimalikke suuri pikaajalisi hinnaerinevusi aitab vältida turuarbitraaž, siis gaasi (Erdos, 2012) ja elektri (Grave *et al.*, 2015) transpordipiirangute tõttu võivad vastavate energiakandjate hinnad nõudluse ja pakkumissõkkide tõttu oluliselt erineda ka pikka aega.

Lisaks on energiahindade kasutamisel keskkonnapoliitika ranguse mõõdikuna oluline arvestada, et maksusüsteem võib ka tööstusettevõtteid toetada ja seda üldjuhul tööstusharu spetsiifiliselt (Sato *et al.*, 2019). Kui ühest küljest on arenenud riigid hakanud energiat üha kõrgemalt maksustama, et vöidelda kliimamuutuste ja teiste õhusaastega kaasnevate probleemidega, siis teisalt võivad riigid rakendada ka poliitika, mis aitavad eeskätt energiaintensiivseid tööstusi kaitsta kõrgete

energihindade eest. Üheks levinumaks selliseks meetmeks on energiahindade lõpptarbimishinna alandamine läbi aktsiiside langetamise või maksuvabastuste pakkumise tööstus- ja muu äri sektori tarbijatele. Selliseid meetmeid on praktikas tööstusharu põhiselt rakendatud mitmetes EL riikides (Saksamaa, Prantsusmaa, Holland jne), kus energiantensiivsete ettevõtete energiakulude vähendamiseks ja konkurentsivõime toetamiseks vabastatakse vastavad ettevõtted aktsiisi- ja taastuvenergia tasude maksmisest. (Grave *et al.*, 2015) Sellest tulenevalt võib eksisteerida risk, et maksusoodustustega arvestamata jättes ülehinnatakse energiahinna mõju konkurentsivõimele.

1.2. Energia ühikukulu näitaja olemus ja gravitatsioonimudeli põhimõtte kirjeldus

1.2.1 Energia ühikukulu näitaja

Energiakulude mõõtmiseks kasutatakse töös energia ühikukulu näitajat kujul, mille on pakkunud enda uurimuses välja Faiella ja Mistretta (2022). Sarnase näitaja kasutamise võimaliku süsniklekke uurimise otstarbel pakkusid esimesena oma artiklis välja Speck ja Salmons (2007), kes lähtusid vastava näitaja koostamisel OECD lahtisidumise suhtarvust (*decoupling ratio*), mis mõõdab energiatarbimise või mõne teise keskkonnamõju iseloomustava näitaja muutust võrreldes majanduskasvu muutusega.

Kuigi lahtisidumise suhtarvu eesmärk on mõõta riikide majanduskasvu ja selle keskkonnamõju omavahelist suhet, hindamaks kuidas riigiti täiendav majanduskasv survestab keskkonda (*Ibid*), on selle põhjal loodud energia ühikukulu näitaja hakanud üha enam kasutust leidma ka energia ja majanduse (sh konkurentsivõime) omavahelisi seoseid käsitlevates uurimustes (FitzGerald *et al.*, 2009; Kaltenegger *et al.*, 2017; Faiella & Mistretta, 2022). Seejuures on energia ühikukulu näitaja puhul erinevalt lahtisidumise indeksist energiatarbimine läbi korrutatud energiahinnaga, mõõtmaks samuti energiahinna mõju erinevatele konkurentsivõime näitajatele. Faiella ja Mistretta (2022) järgi arvutatakse energia ühikukulu (*unit energy cost - UEC*) tööstusharus kasutades järgnevat valemit 1.1:

$$UEC_i = \sum_e P_e \frac{E_{ei}}{Y_i} \quad (1.1)$$

kus

UEC_i – energia ühikukulu tööstusharus i

P_e – energiakandja e lõpptarbimishind

E_{ei} – energiakandja e kasutatud energiakogus tööstusharus i

Y_i – tööstusharu i kogutoodang

Energia ühikukulu näitaja kasutamise eeliseks on see, et see võimaldab lisaks hinnaerinevustele arvestada vaadeldavate riikide tööstussektori struktuuriga ning samuti täpsemalt analüüsida energiahinna muutuste mõju erinevatele tööstussektori harudele, kus energiantensiivsus võib väga suuresti varieeruda. (Kaltenegger *et al.*, 2017) Näiteks oli EL liikmesriikide energiantensiivsus väljendatuna energiakulu jagatisena lisandväärtusesse perioodil 2000-2015 põhimetallide tööstuses vahemikus 74-110%, mittemetalliliste mineraalide tööstuses vahemikus 48-61%, paberi- ja trükitööstuses 36-39% ja keemiatööstuses 21-34%. Teisalt madalama energiantensiivsusega tööstustes nagu toidutööstus, tekstiilitööstus ja transpordivahendite tootmine oli energiantensiivsus vastavalt vahemikes 12-15%, 8-14% ja 3-5%. (Balaž & Bayer, 2019)

Sellest tulenevalt võib riigi üldine konkurentsivõime ja selle tundlikkus energiahinna suhtes väga palju oleneda riigi tööstussektori struktuurist. Ootuspäraselt on varasemate empiiriliste uurimuste tulemustes täheldatud, et kõige suuremat mõju omab energia ühikukulu just energiantensiivsete tööstusharude nagu metallitööstuse, mittemetalliliste mineraalide tööstuse, paberi-, tselluloosi- ja trükitööstuse ning keemiatööstuse ekspordile (Faiella & Mistretta, 2022; Sato & Dechezlepretre, 2015).

Teisalt on Kaltenegger *et al.* (2017) välja toonud, et eelpool mainitud kujul ei võta energia ühikukulu arvesse kaudset energiakulu, mis tekib sisendkaupade kasutamisel, mis ei ole energiakaubad, aga mille tootmiskulu mõjutavad samuti kõrgemad energiahinnad. Seega võivad kõrgemad energiahinnad avaldada mitte energiantensiivsetele tööstusharudele, kus otsene energia ühikukulu on madala energiantensiivsuse tõttu võrdlemisi väike, kuid teisi energiantensiivseid sisendeid kasutatakse palju, olulist mõju hoopis läbi kaudsete energiakulude. Enda otseseid ja kaudseid energiakulusid uurivas töös leiavad Kaltenegger *et al.* (2017), et kui otsese energiakulude poolest energiantensiivsetes tööstustes, nagu metallitööstus, domineerivad otsesed energiakulud, siis tavapäraselt mitte energiantensiivsetes tööstustes, nagu masinatööstus ja transpordivahendite tootmine, domineerivad kaudsed energiakulud. Seejuures ületavad nendes tööstustes kaudsed energiakulud otseseid energiakulusid kuni kolm korda.

Seega kaudsete kuludega mittearvestades, ei ole võimalik ka täpsemalt analüüsida energiahindade tõusu kogumõju madala otsese energiantensiivsusega tööstustele. Teisalt on kaudsete

energiakuludega arvestamine väga keeruline ja ajamahukas, kuna nõuab detailset sisend-väljund tabelite analüüsi mitmete riikide, ajaperioodide ja tööstuste lõikes. (*Ibid*)

1.2.2 Gravitatsioonimudeli põhimõte

Gravitatsioonimudelid on rahvusvahelist bilateraalselt kaubandust ja seda mõjutavaid tegureid analüüsivas kirjanduses ühed levinumad. Nende mudelite põhiidee on esialgselt tuletatud Newtoni gravitatsiooniseadusest ehk gravitatsioonimudeli eelduste kohaselt mõjutab kahe riigi omavahelist kaubandust nende riikide suurus ja kaugus üksteisest nagu Newtoni seaduse kohaselt sõltub kehade vastastikmõju nende suuruselt ja kaugusest üksteisest. Seega koosneb gravitatsioonimudeli spetsifikatsioon lisaks mudeliga hinnata soovitud kaubavahetust mõjutavatele teguritele nii kaubavahetuse lähte- kui ka sihtriiki iseloomustavatest näitajatest. (Kepaptsoglou *et al.*, 2010)

Peamiselt hõlmab bilateraalselt kaubandust seletava gravitatsioonimudeli spetsifikatsioon pakkumispoolseid tegureid (eksportiva riigi SKP ja populatsioon), nõudluspoolseid tegureid (importiva riigi SKP ja populatsioon) ja lisaks erinevaid kaubandust soodustavaid ja tõkestavaid tegureid nagu näiteks kaubanduslepped või transpordikulud, millest viimaste hindamiseks üldjuhul kasutatakse geograafilisi näitajaid nagu kauplevate riikide kaugus üksteisest. (Egger & Pfaffermayr, 2003) Seejuures eeldatakse, et suurem SKP (nii eksportija kui ka importija puhul) mõjutab riikide omavahelise kaubanduse mahtu positiivselt, kuna suuremate majanduste puhul on tõenäoliselt omavaheline kaubavahetus samuti suurem. (Costantini & Crespi, 2008)

Teisalt mõjutab suurem populatsioon (nii eksportija kui ka importija puhul) ja riikide omavaheline kaugus kaubandust negatiivselt. Suurem populatsioon (nii eksportivas kui ka importivas riigis) vähendab sissetulekut elaniku kohta ja kui kaubeldav toode on kapitaliintensiivne luksuskaup, siis suurem populatsioon vähendab eksportivas riigis kapitaliintensiivsete kaupade toodangu osakaalu kogutootmises ja teisalt vähendab suurem populatsioon importivas riigis nõudlust kõrge nõudluse hinnaelastsusega luksuskaupade järele (Bergstrand, 1989). Vahekauguse suurenemine riikide vahel suurendab samuti erinevaid kaubandusega kaasnevaid kulusid ja piiranguid, mis takistavad kaubavahetuse mahu kasvu (Egger & Pfaffermayr, 2003).

Lisades nimetatud muutujad gravitatsioonimudelisse, avaldub selle üldkuju Anderson (1979) järgi:

$$M_{cpk} = \alpha_0 Y_c^{\beta k} Y_p^{\gamma k} N_c^{\xi k} N_p^{\epsilon k} D_{cp}^{\mu k} U_{cpk} \quad (1.2)$$

kus

M_{cpk} – kauba k eksport riigist c riiki p

$Y_{c,p}$ – Eksportiva riigi c ja importiva riigi p sissetulek

$N_{c,p}$ – Eksportiva riigi c ja importiva riigi p rahvaarv

D_{cp} – Eksportiva riigi c ja importiva riigi p omavaheline kaugus

U_{cpk} – lognormaaljaotusega vealiige

α_0 – mudeli vabaliige

Kuna gravitatsioonimudeli üldkuju avaldub multiplikatiivses vormis, siis ökonomeetrilise analüüsi jaoks mudel üldjuhul logaritmitakse (Silva & Tenreyro, 2006), mille puhul ka lognormaaljaotusega jääkliikmest logaritmi võtmisel saadakse normaaljaotusega vealiige:

$$\ln M_{cpk} = \ln \alpha_0 + \beta \ln Y_c^k + \gamma \ln Y_p^k + \xi \ln N_c^k + \epsilon \ln N_p^k + \mu \ln D_{cp}^k + \ln U_{cpk} \quad (1.3)$$

Gravitatsioonimudelid on rahvusvahelist kaubandust käsitlevates uurimustes laialdast kasutust leidnud nende hea seletusvõime ja empiirilise robustsuse tõttu bilateraalsete kaubavoogude modelleerimisel. (Kepaptsoglou *et al.*, 2010) Teisalt on mudelit ka suuresti majandusteadlaste poolt kritiseeritud, kuna sellel on puudunud tugev majandusteoreetiline põhi (*Ibid*), mistõttu on ajapikku mudeli sobivust bilateraalsete kaubavoogude modelleerimisel põhjendatud ka teoreetiliselt (Anderson, 1979; Anderson & Van Wincoop, 2003), kuid selle töö kontekstis fookuse piiritlemise tõttu neid teooriaid lähemalt ei käsitleta.

1.3. Varasemad empiirilised uuringud ja nende tulemused

Varasemates uurimustes on energiahindade seost konkurentsivõime ja erinevate majandusaktiivsuse näitajatega uuritud nii makroandmete põhjal riikide ja tööstusharude lõikes, aga ka mikroandmete põhjal ettevõtete lõikes.

Faiella ja Mistretta (2022) uurivad enda töös elektri ja maagaasi hindadel ja tarbimisel põhineva energia ühikukulu (UEC) näitaja mõju EL-i riikide tööstussektori konkurentsivõimele tööstusharude lõikes. Konkurentsivõime näitajana on töös kasutatud nominaalväärtuses EL

liikmesriikide bilateraalset eksporti teistesse EL liikmesriikidesse, USA-sse, Hiina ja ülejäänud maailma. Uuringu valimis olid kõik 28 EL liikmesriiki ja vaadeldavaks perioodiks oli 1995-2015.

Kasutades Poissoni kvasi maksimaalse tõepära (*Poisson quasi maximum likelihood – PQML*) meetodit gravitatsioonimudeli hindamisel saadakse tulemuseks, et ekspordi ja UEC vahel on statistiliselt oluline negatiivne seos ja ekspordi elastsus UEC suhtes on vahemikus -0,07 kuni -0,09 üle erinevate mudeli spetsifikatsioonide. Arvestades, et perioodil 1995-2015 kasvas UEC EL riikides keskmiselt 29%, siis sellele vastab keskmiselt ligi 2,5 protsendipunkti suurune langus EL riikide tööstussektori ekspordis. Veelgi suurem on UEC suurenemise mõju energiaintensiivsetele tööstustele, mille puhul ekspordielastsus UEC suhtes on vahemikus 1,02-1,09 ehk UEC suurenemisel 1% võrra väheneb energiaintensiivsete EL riikide bilateraalne eksport 1,02-1,09%. (*Ibid*)

Saadud tulemustest järeldavad autorid, et energia ühikukulu suurenemine on negatiivses seoses EL riikide konkurentsivõimega, mistõttu peaks EL institutsioonina rohkem keskenduma liikmesriikide vaheliste energiahinna erinevusest tingitud energia ühikukulu erinevuste vähendamisele. Üheks selliseks oluliseks meetmeks oleks energiaturu, seejuures eeskätt gaasi- ja elektrituru, suurem omavaheline integreerimine. Samuti tuleks tähelepanu pöörata EL-i kliima- ja energiapoliitika paremale ühisele koordineerimisele, mis hõlmab ühtlast emissioonide maksustamist ja stiimuleid energiaefektiivsuse soodustamiseks. Viimase saavutamiseks oleks aga esmalt soovituslik regulaarselt mõõta ja analüüsida liikmesriikide energia ühikukulu indikaatoreid, mis annaks paremini aimu olemasoleva kliima- ja energiapoliitika, ettevõtete kulude ja spetsialiseerumise omavahelistest seostest ja samas ka EL tööstusettevõtete võimest konkureerida rahvusvahelistel turgudel. (*Ibid*)

Kumar ja Prabhakar (2020) uurivad energiahindade erinevuste mõju India tööstussektori ekspordi konkurentsivõimele. Ühtlasi on see üks väheseid uurimusi, mis käsitleb energiahindade mõju konkurentsivõimele arenevas majanduses, samas kui valdav osa uurimusi on pigem keskendunud arenenud OECD riikidele. Kasutades GMM meetodiga hinnatud dünaamilist gravitatsioonimudelit analüüsitakse India ja India kaubanduspartnerite tööstussektori energiahindade vahe mõju India ekspordile 11 tööstusharu lõikes aastatel 1998-2009. Mudelis kasutati sõltuva muutujana bilateraalset eksporti India ja India suurimate kaubanduspartnerite vahel tööstusharude lõikes ja peamise selgitava muutujana varieeruvate kaaludega (kaalud varieeruvad vastavalt erinevate energiakandjate kasutamise muutusele tööstusharudes) energiahinnaindeksi erinevust võrreldes India kaubanduspartneritega.

Töö tulemusena leitakse, et 10% suhteline energiahinnatõus vähendab tööstussektori eksporti püsivalt (väljendatuna kolme energiahinnamuutuja viitaja kumulatiivse efektina) ligikaudu 1%, seejuures 0,9% keemiatööstuses ja 1,4% mitteraudmetallide tööstuses ehk suhtelise energiahinna kasvu mõju on suurim energiantensiivsetes tööstustes. Teisalt arvestades, et eksport on siiski võrdlemisi ebaelastne energiahinna suhtelise muutuse suhtes, siis järeldavad autorid, et kuigi võimaliku süsiniklekke oht eksisteerib, on mure selle osas ületähtsustatud. (*Ibid*)

Energihindade mõju konkurentsivõimele impordinäitajate põhjal on uurinud Sato ja Dechezlepretre (2015). Töös hinnatakse 42 riigi ja 62 tööstusharu andmete põhjal ajavahemikus 1996-2011 energiahindade suhtelise muutuse mõju uuritavate riikide bilateraalsele impordile. Töös kasutatud PQML meetodil hinnatud gravitatsioonimudel on peamine selgitav näitaja eelmise perioodi tööstusharu energiahindade vahe omavahel kauplevate riikide tööstussektorite energiahindade vahel. Seejuures energiahindade mõõdikuna kasutatakse energiahinnaindeksit, mis koosneb nelja peamise energiakandja (elekter, gaas, süsi ja nafta) hindadest ja mille väärtused tööstusharude kohta arvutatakse korrutades energiakandja hinna läbi vastava energikandja tarbimise osakaaluga tööstusharus. Tööstusharude heterogeensuse hindamiseks jaotatakse tööstusharud vastavalt reaalse energia ühikukulu põhjal energiantensiivseteks ja mitte energiantensiivseteks tööstusharudeks ning mõlemat tüüpi tööstusharude puhul hinnatakse mudelit eraldi.

Empiirilise analüüsi tulemusena leiavad autorid, et suhteline energiahinna tõus omab impordile statistiliselt olulist positiivset mõju, kuid selle mõju ulatus on väga väike. Tulemuste kohaselt toob 10% kasv energiahindade erinevuses kaasa üleüldise tööstuskaupade impordi suurenemise 0,2% võrra. Kuigi ootuspäraselt leitakse, et energiantensiivsete tööstuste puhul mõjutab energiahinna vahe impordi rohkem kui mitte energiantensiivsete tööstuste puhul, siis mõlemat tüüpi tööstuste puhul mõjutab energiahinna vahe impordi siiski vähe. Energiaintensiivsete tööstuste puhul toob 10% energiahinna vahe kasv kaasa impordi suurenemise 0,24% võrra ja mitte energiantensiivsete tööstuste puhul 0,17% võrra. (*Ibid*)

Saadud tulemustest järeldavad autorid sarnaselt Kumar ja Prabhakarile (2020), et mure võimaliku süsiniklekke pärast pole põhjendamata, kuid üldjuhul pigem ületähtsustatud, kuna isegi arvestatava energiahinna vahe tekkimise korral on süsiniklekke risk marginaalne. Samas mõnivad autorid, et läbiviidud uuring põhineb minevikuandmete põhjal, mis paremal juhul kirjeldavad olemasolevaid poliitikaid, kuid üha ambitsoonikamate kliimaeesmärkide ja nende saavutamiseks rakendatavate poliitikate valguses on oluline edaspidistes uuringutes

identifitseerida tööstused, kus süsiniklekke risk on tõenäolisem ja poliitikakujundamisel arvestada võimalustega vähendada negatiivset mõju nende tööstuste konkurentsivõimele. (*Ibid*)

Marin ja Vona (2021) on uurinud energiahindade mõju energiatarbimisele, CO₂-emissioonidele, tööhõivele, palgatasemele ja tootlikkusele ettevõtete tasandil, kasutades enda töös andmeid Prantsusmaa tööstusettevõtete kohta. Töös vaadeldavaks ajaperioodiks on 1997-2015. Energiahindade näitajana kasutavad autorid töös ettevõtte kaalutud keskmist energiaühiku kulu, mis on arvutatud ettevõtetes kasutatud energiakandjate (kokku 12 erinevat energiakandjat) kilovatt-tunni keskmise kulu ja nende kasutamise osakaalude põhjal. Endogeensuse vältimiseks hinnatakse fikseeritud efektidega instrumenteeritud muutujaga (FE-IV) mudelit, milles instrumendina kasutatakse energiaühiku kulu näitajat, kus energiakandja kasutamise osakaalud on fikseeritud valimieelse perioodi tarbimise osakaalude põhjal.

Töö tulemusena leitakse, et energiahindade tõus omab kõige suuremat mõju energiatarbimisele ja CO₂-emissioonidele ja vastavate näitajate elastsus energiahinna suhtes on vastavalt -0,52 ja -1,14. Statistiliselt oluline on ka mõju tööhõivele ja produktiivsusele, kuid mõlema näitaja elastsus energiahinna suhtes on oluliselt väiksem, vastavalt -0,08 ja -0,13. Teisalt mõju palgale on statistiliselt ebaoluline. Energiahindade muutuse mõju energiatarbimisele, CO₂-emissioonidele ja tööhõivele erinevat tüüpi ettevõtete puhul uurides leiavad autorid, et energiahindade tõusul on kõige suurem negatiivne mõju suurte rahvusvaheliste energiaintensiivsete eksportivate ettevõtete tööhõivele. Samuti vähendab energiahindade tõus energiatarbimist ja CO₂-emissioone täiendavalt suurtes rahvusvahelistes ettevõtetes. Lisaks lühiajalistele efektidele hindavad autorid ka energiahinna muutuse pikaajalist mõju eelnimetatud sõltuvatele tunnustele kasutades mudelis energiahinna kahte viitaega. Analüüsi tulemusena leiavad nad, et energiahinna muutuse pikaajaline mõju on CO₂-emissioonide puhul 50%, energiatarbimise puhul 100% ja tööhõive puhul 130% suurem, kuid produktiivsuse puhul 22% väiksem võrreldes lühiajalise efektiga. (*Ibid*)

Saadud tulemuste põhjal järeldavad autorid, et keskkonna ja majanduse eesmärkide puhul esineb kompromiss, kuna kõrgematest energiahindadest tingitult väheneb küll energiatarbimine ja õhusaaste, kuid samas ka tööhõive ja produktiivsus. Arvestades, et energiahinna mõju tööhõivele on suurem suurtele rahvusvahelistele energiaintensiivsetele eksportivatele ettevõtetele ja mõju energiatarbimisele ning CO₂-emissioonidele on suurem suurtes rahvusvahelistes ettevõtetes, siis on võimalik, et ekspordile avatud energiaintensiivsed ettevõtted kannatavad energiahinnatõusu tõttu kõige rohkem, kuid rahvusvahelistel ettevõtetel on võimalus nihutada tootmist välismaa tütarettevõtetesse, kus tingimused on soodsamad. Kuigi energiahindade mõju tööhõivele ja

produktiivsusele on võrdlemisi väike, aga siiski püsivalt negatiivne, siis saadud tulemused ei kinnita tugeva Porteri hüpoteesi paikapidavust ka pikas perspektiivis ehk ei leita tõendeid selle kohta, et energiahindade kasvust tulenev konkurentsivõime langus võiks paraneda ajapikku läbi täiendava innovatsiooni. (*Ibid*)

Costantini ja Mazzanti (2012) uurivad enda töös Porteri hüpoteesi paikapidavust nii selle tugevas kui ka kitsalt tugevas vormis, millest viimane eeldab, et rangem keskkonnaregulatsioon suurendab rohetehnoloogiliste tööstuste konkurentsivõimet rahvusvahelistel turgudel. Kasutades gravitatsioonimudelit hindavad autorid eelmise perioodi tööstussektori spetsiifilise innovatsioonimuutuja (teadmistevaru akumulatsioon tööstussektoris väljendatud uute patentide väljastamise ja vanade aegumisega) ja energiamaksu muutuja mõju 15 EL riigi (kõik valimiperioodi alguses Euroopa Liitu kuulunud riigid) bilateraalsele ekspordile 145 teise riiki tööstusharude gruppide lõikes. Töös vaadeldavaks perioodiks on 1996-2007. Porteri hüpoteesi testimisel tugevas vormis jaotatakse tööstusharud nelja gruppi, sh. kõrgtehnoloogiliste, üle keskmise tehnoloogiliste, alla keskmise tehnoloogiliste ja vähetechnoloogiliste tööstuste gruppi. Porteri hüpoteesi testimisel kitsalt tugevas vormis hinnatakse innovatsioonimuutuja ja elektrimaksude mõju eraldi rohetehnoloogiliste tööstuste grupi ekspordile. Seejuures kuuluvad rohetehnoloogiliste tööstuste gruppi reostuse vähendamise, taastuvenergeetika, energiaefektiivsuse tehnoloogiate ja elektrisõidukite ning nende komponentide tootmisega tegelevad ettevõtted.

Porteri hüpoteesi testimisel tugevas vormis leitakse, et rangem keskkonnapoliitika tõstab nii kõrgtehnoloogiliste² kui ka alla keskmise tehnoloogiliste³ tööstusharude konkurentsivõimet. Seejuures kõrgtehnoloogilises tööstuses leitakse energiamaksude mõju (0,36%) ekspordile olevat isegi suurem kui turutingimustel (väljendatud kauplevate majanduste suuruse (0,25%) ja sarnasusega (0,29%)) ja innovatsioonivõimekusel (0,16%). Alla keskmise tehnoloogiliste tööstuste puhul on ekspordi elastsus energiamaksude 1% kasvu suhtes suurim (0,38%) rohetehnoloogia tööstuste järel. Arvestades, et sellesse gruppi kuuluvad peamiselt energiantensiivsed tööstused järeldavad autorid, et nende tööstuste puhul soodustavad energiamaksud konkurentsivõime paranemist, motiveerides ettevõtteid enda efektiivsust suurendama, mis ühtlasi on tugev indikaator Porteri hüpoteesi esinemisele tugevas vormis. (*Ibid*)

² Kõrgtehnoloogiliste tööstuste hulka kuuluvad õhusõidukite, ravimite, arvutite, telekommunikatsiooniseadmete ja meditsiini-, täpsus- ja optiliste instrumentide tootmine

³ Alla keskmise tehnoloogiliste tööstuste hulka kuuluvad laevaehitus, põhimetallide ja mittemetalliliste mineraalide tööstus, koksi, rafineeritud petrooleumtoodete ja tuumakütuse tootmine ja kummi- ja plastiktoodete tootmine.

Ülejäänud tööstusharu gruppide (üle keskmise tehnoloogiliste ja vähetehnoloogiliste tööstuste) puhul leitakse energiamaksude muutuja mõju olevat ebaoluline ehk Porteri hüpoteesi tugeva vormi esinemine on tööstusharugrupi spetsiifiline, soodustades innovatsiooni peamiselt suure innovatsioonivõimekusega tööstustes ja tööstustes, kus energiamaksude tõus toob kaasa olulise kulude suurenemise. Innovatsioonimuutuja osas leitakse, et selle mõju tööstusharu gruppide ekspordile kahaneb vastavalt tehnoloogia intensiivsuse vähenemisele ehk kõige rohkem mõjutab ekspordi innovatsioon kõrgtehnoloogilistes tööstustes, kuid samas vähetehnoloogilistes tööstustes on innovatsiooni mõju konkurentsivõimele ebaoluline. (*Ibid*)

Porteri hüpoteesi esinemist kitsalt tugevas vormis uurides leiavad autorid, et energiamaksud mõjutavad statistiliselt oluliselt rohetehnoloogia tööstuste ekspordi (ekspordi elastsus 0,5% energiamaksu 1% muutuse suhtes), kuid samas see mõju kaob kui mudelisse lisada innovatsiooninäitajana vastavate tööstuste teadmistevaru või teadus- ja arendustegevuse kulude muutujad. Seda seletavad autorid asjaoluga, et kuigi energiamaksude muutuja seletab osaliselt innovatsioonist tingitud mõju rohetööstuste ekspordile (näiteks energiaefektiivsusega seotud innovatsioonide kontekstis), siis innovatsiooniga otsesemalt seotud näitajad seletavad innovatsiooni ja ekspordi omavahelist dünaamikat üldisemalt ehk lisaks energiamaksude poolt soodustatud innovatsioonidele ka teiste innovatsioonide kontekstis. (*Ibid*)

Rubashkina *et al.* (2015) uurivad enda töös rangema keskkonnapoliitika mõju 17 Euroopa riigi tööstussektori konkurentsivõimele perioodil 1997-2009. Töös kasutatakse keskkonnapoliitika ranguse mõõdikuna keskkonnasaaste vähendamise ja kontrolli kulusid ja konkurentsivõime teguriteks innovatsiooniaktiivsust (teadus-ja arendustegevus kulude ning patendiavalduste arvu põhjal) ning koguteguri tootlikkust. Seejuures tuuakse ka välja, et keskkonna saaste vähendamisele ja kontrollimisele kulutavad oluliselt rohkem energiaintensiivsed tööstused (nt. põhimetallide tööstus) võrreldes teiste tööstusharudega.

Töö tulemusena leitakse, et rangem keskkonnapoliitika soodustab küll innovatsiooni mõjutades positiivselt patentide arvu (10% suurenemine keskkonnasaaste vähendamise ja kontrolli kulusel eelmisel perioodil suurendab käesoleva perioodi patendiavalduste arvu 0,1%), kuid seevastu teadus-ja arenduskulusid ning produktiivsust mitte. Saadud tulemustest järeldavad autorid, et Euroopa riikide tööstuses esineb küll Porteri hüpotees nõrgas vormis ehk rangem keskkonnaregulatsioon soodustab innovatsiooni läbi suurenenud patendiavalduste arvu, kuid mõju puudumine teadus-ja arendustegevuse kuludele võib viidata keskkonnavalaste tehnoloogiate arendamise finantseerimisele teiste innovatsioonitegevuste arvelt. Teisalt ei leitud tõendeid Porteri

hüpoteesi esinemise kohta tugevas vormis, mis eeldanuks kogutootlikkuse paranemist rangemast keskkonnapoliitikast stimuleeritud innovatsiooni tulemusena. (*Ibid*)

Varasemate empiiriliste uuringute tulemused näitavad, et energiahinna ja -kulude seosed konkurentsivõime ja majandusaktiivsuse näitajatega võivad olla erinevad ja ühest vastust nende seoste tugevuse ja suuna osas ei ole. Ühest küljest on leitud, et energiahindade ja -kulude tõusul on oluline negatiivne mõju konkurentsivõimele, mis viitab SVH esinemisele. Samas ei ole see mõju leitud üldjuhul olevat suur ja seda isegi energiantensiivsete tööstuste puhul (kus küll vastav mõju on leitud olevat suurem võrreldes tööstussektoriga üldiselt), sest üldlevinud konkurentsivõime näitajad on küllaltki ebaelastsed energiahinna ja -kulude muutuse suhtes. Teisalt on varasemas kirjanduses tõendeid leitud ka Porteri hüpoteesi esinemise kohta, mille kohaselt võib rangem keskkonnapoliitika läbi kõrgemate energiamaksude soodustada teatud tööstuste konkurentsivõimet, kuid samas teiste tööstuste konkurentsivõimele on energiamaksude mõju neutraalne.

Seega on oluline energiakulude ja selle mõjutegurite (eeskätt energiahindade) ning konkurentsivõime omavahelist seost jätkuvalt uurida, kuna varasemate tulemuste põhjal ei ole mure võimaliku süsiniklekke ja konkurentsivõime nõrgenemise pärast kõrgemate energiahindade tõttu põhjendamata, kuid samas võib juhtuda, et seda ülehinnatakse tugevalt. Teisalt on oluline ka uurida lähemalt mehhanisme, mille abil võib rangem keskkonnapoliitika tööstusektori konkurentsivõimet suurendada, kuna varasemad tulemused on vastava seose olemasolule samuti tõendeid leidnud.

2. ANDMED JA METOODIKA

2.1. Kasutatavate andmete ülevaade

Käesoleva töö eesmärgiks on hinnata gaasi- ja elektrienergia kulude mõju viie suurima majandusega EL-i riigi tööstussektori konkurentsivõimele. Lähtudes Faiella ja Mistretta (2022) artiklist, kasutatakse antud töös energiakulude mõõdikuna energia ühikukulu (UEC) näitajat. Selle näitaja arvutamiseks kogutakse andmeid elektri- ja maagaasi tööstustarbija lõpptarbimishindade kohta riikide lõikes ja vastavate energiakandjate tarbimise ning kogutoodangu kohta riikide ja tööstusharude lõikes.

Konkurentsivõime näitajana on töös kasutatud nominaalset bilateraalselt eksporti lähteriigist sihtriiki. Varasemas kirjanduses on ekspordandmeid kasutatud nii nominaal- (Faiella & Mistretta, 2022; Baldwin & Taglioni, 2006) kui ka reaalväärtuses (Kumar & Prabhakar, 2020). Samas on mitmetes artiklites, mis uurivad gravitatsioonimudelite kasutamist rahvusvahelise kaubanduse modelleerimiseks, soovitatud kasutada vastavates mudelites bilateraalse kaubanduse ja majanduse suurust iseloomustavate näitajate (nt. SKT) andmeid nominaalväärtuses (Baldwin & Taglioni, 2006; Bacchetta *et al.*, 2012; Shepherd, 2016). Peamine argument selle kasuks on, et andmete väärtuste deflateerimine sobimatu hinnaindeksiga (nt. eksportiva riigi SKT deflaator, tarbijahinnaindeksid) ei võimalda õigesti hinnata mittevaadeldavate multilateraalsete (sh. kaubandust mõjutavate mittevaadeldavate bilateraalselt hinnaindeksite) kaubandustingimuste mõju ja see võib omakorda viia eksitavate tulemusteni (Baldwin & Taglioni, 2006; Shepherd, 2016). Sellest tulenevalt on otsustatud ka selles töös kasutada nominaalseid andmeid nii ekspordi kui ka SKP puhul.

Ekspordi andmeid on kogutud viie suurima EL majanduse (Saksamaa, Prantsusmaa, Itaalia, Hispaania ja Holland) ekspordi kohta kõikidesse teistesse EL riikidesse ja lisaks veel Ameerika Ühendriikidesse, Hiina, Jaapanisse ning Ühendkuningriiki. Regressioonimudelite hindamiseks kasutatakse vaid viie suurima EL riigi andmeid, et vältida liiga suuri andmemahte (16 aastase perioodi puhul lisandub iga riigiga valimisse 5280 vaatlust), mille analüüsimine muutuks muidu liiga keeruliseks ja ajamahukaks. Samamoodi energia ühikukulu arvutamiseks kasutatud energiatarbimise andmetega on ekspordandmeid kogutud tööstusharude lõikes.

Lähtuvalt teooriaosas kirjeldatud gravitatsioonimudeli kujust on kasutatavasse regressioonmudelisse lisatud ka bilateraalse kaubanduspartnerite (eksportija ja importija) nominaalse SKP ning rahvaarvu näitajad. Kuigi gravitatsioonimudelite hindamine üldjuhul hõlmab ka andmeid kauplevate riikide omavahelise vahemaa kohta (Anderson, 1979), siis on samuti levinud riikidevahelise kauguse andmete asendamine bilateraalse fikseeritud efektidega (Egger & Pfaffermayer, 2003; Faiella & Mistretta, 2022).

Sarnaselt Faiella ja Mistretta (2022) tööga on täiendavate kontrollmuutujatena mudelisse ka lisatud eksportiva riigi tööjõu ühikukulu (*unit labor cost* - *ULC*), teiste energiakandjate kasutamise osakaal tööstusharus, tööstusharu osakaal tööstussektori kogutootmises ja eksportiva ning importiva riigi majanduse sektoriaalne kompositsioon⁴ (mis põhineb erinevate majandustegevuste osakaalul eksportiva või importiva majanduse lisandväärtuses). Tööjõu ühikukulu võimaldab energia ühikukulu kõrval arvesse võtta ka tööjõukulude muutumisest tingitud võimalikku mõju tööstussektori ekspordile. Kuna UEC näitaja arvutamiseks kasutatakse vaid gaasi- ja elektrienergia kulu, siis teiste energiakandjate osakaalu lisamine mudelisse võimaldab arvesse võtta vaadeldavate energiakandjate asendamisega kaasnevat mõju. Nii tööstusharu osakaalu tööstussektoris kui ka majanduse sektoriaalse kompositsiooni muutujad võimaldavad kontrollida tööstusharu olulisust tööstussektoris ja üleüldise tööstussektori olulisust terve majanduse kogutoodangus. Kõik töös kasutatavad andmed võetakse Eurostati andmebaasist ja vaadeldavaks perioodiks on 2005-2020. Tabelis 1 on välja toodud töös kasutatavad näitajad ning nende aluseks olevad andmeallikad.

⁴ Vastavalt Eurostati National accounts aggregates by industry (nama_10_a64) tabelile on majanduse kogutoodang jaotatud kümneks erinevaks laiemaks tegevusalaks, mille hulka kuuluvad põllumajandus, kalandus ja metsandus; tööstus; ehitus; hulgi- ja jaekaubandus, transporditeenused, majutus- ja toitlustustegevused; info ja kommunikatsioon; finants- ja kindlustustegevus; kinnisvaraga seotud tegevused; professionaalsed ja teaduslikud tegevused; avalik haldus, riigikaitse, haridus, tervishoid- ja sotsiaaltöö; kunstitegevus ja meelelahutus. Mudelisse on lisatud kõik tegevusalad peale finants- ja kindlustustegevuse, mis referentsmuutujana on mudelist välja jäetud multikollineaarsuse vältimiseks.

Tabel 1. Töös kasutatud andmed ja nende allikad

Muutuja	Allikas
Eksport	EU trade 1988-2022 by CPA 2008
Energia ühikukulu (UEC)	Elektri- ja maagaasi hinnad: Gas prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) (nrg_pc_203); Electricity prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) (nrg_pc_205); Gas prices for industrial consumers - bi-annual data (until 2007) (nrg_pc_203_h); Electricity prices for industrial consumers - bi-annual data (until 2007) (nrg_pc_205_h); Energiatarbimine tööstusharude lõikes: Simplified energy balances (nrg_bal_s) Kogutoodang tööstusharude lõikes: National accounts aggregates by industry (nama_10_a64)
Tööjõu ühikukulu (ULC)	Kompensatsioon töötajatele ja kogutoodang tööstusharude lõikes: National accounts aggregates by industry (nama_10_a64)
Teiste energiakandjate osakaal tarbimises (Osa_muu)	Simplified energy balances (nrg_bal_s)
Tööstusharu osakaal tööstussektori kogutootmises (Osa_haru)	Kogutoodang tööstusharude lõikes: National accounts aggregates by industry (nama_10_a64)
Sisemajanduse kogutoodang (SKP)	GDP and main components (output, expenditure and income) (nama_10_gdp)
Rahvaarv (POP)	Population on 1 January by age and sex (demo_pjan)
Eksportiva/importiva majanduse sektoriaalse kompositsiooni muutujad	Majanduse lisandväärtus tegevusalade lõikes: National accounts aggregates by industry (nama_10_a64)

Allikas: Autori koostatud

Andmed maagaasi ja elektri tööstussektori lõpptarbimishindade kohta UEC arvutamiseks on poolaastaste intervallidega kättesaadavad riikide tasandil ja erinevate tarbimisvahemike lõikes. Kuna tarbitud energiakoguste andmed on kättesaadavad vaid agregeeritult tööstusharude lõikes ehk täpsemat energiakulu näitajat lähtudes erinevates tarbimisvahemikes tarbitud kogustest ja vastavatest hindadest ei ole võimalik arvutada, kasutatakse töös mediaan tarbimisvahemiku hindu.

Andmed tööstusharude energiatarbimise kohta energiakandjate lõikes on kättesaadavad riiklikest energiabilanssidest. Riiklikes energiabilanssidest kajastatakse 13 tööstusharu energiatarbimist 11

energiakandja⁵ lõikes. Nende tööstusharude hulka kuuluvad raua- ja terasetööstus, keemiatööstus, mitteraudmetallide tööstus, mittemetalliliste mineraalide tööstus, paberi-, tselluloosi- ja trükitööstus, transpordivahendite tootmine, masinatööstus, toidu- ja tubakatööstus, puidu- ja puittoodete tööstus, naha- ja tekstiilitööstus ning liigitamata toodete (mööbel, mänguasjad, juveelid jne) tööstus ja lisaks ka kaevandus ning ehitus. Seejuures töös kasutatakse andmeid 11 tööstuse kohta jättes välja ehituse. Lisaks metallitööstuse puhul on andmed ekspordi ja kogutoodangu kohta kättesaadavad NACE Rev. 2⁶ põhimetallide peakategooria järgi, mistõttu energiatarbimise andmed raua ja terase ning mitteraudmetallide tööstusharude kohta agregeeritakse. Täpsem info tööstusharude jaotuse ja agregeerimise kohta erinevate andmete puhul on toodud lisas 1.

UEC arvutamiseks kasutatakse järgnevat valemit, mille kohaselt aasta jooksul tarbitud energiakogus riigi tööstusharudes vaadeldavate energiakandjate lõikes korrutatakse läbi energiakandjate tööstussektori tarbija lõpptarbimishindadega ning jagatakse tööstusharu kogutoodanguga (Faiella & Mistretta, 2022):

$$UEC_{EU5t} = \frac{\sum_{cie} E_{ciet}(P_{cet})}{\sum_{ci} Q_{cit}} \quad (2.1)$$

kus

UEC_{EU5t} – energia ühikukulu näitaja valitud viie suurima Euroopa Liidu riigi ($EU5$) tasemel aastal t

E_{ciet} – tarbitud energiakandja e kogus riigi c tööstuses i ajaperioodil t

P_{cet} – energikandja e lõpptarbimishind riigis c ajaperioodil t

Q_{cit} – kogutoodang riigi c tööstusharus i ajaperioodil t

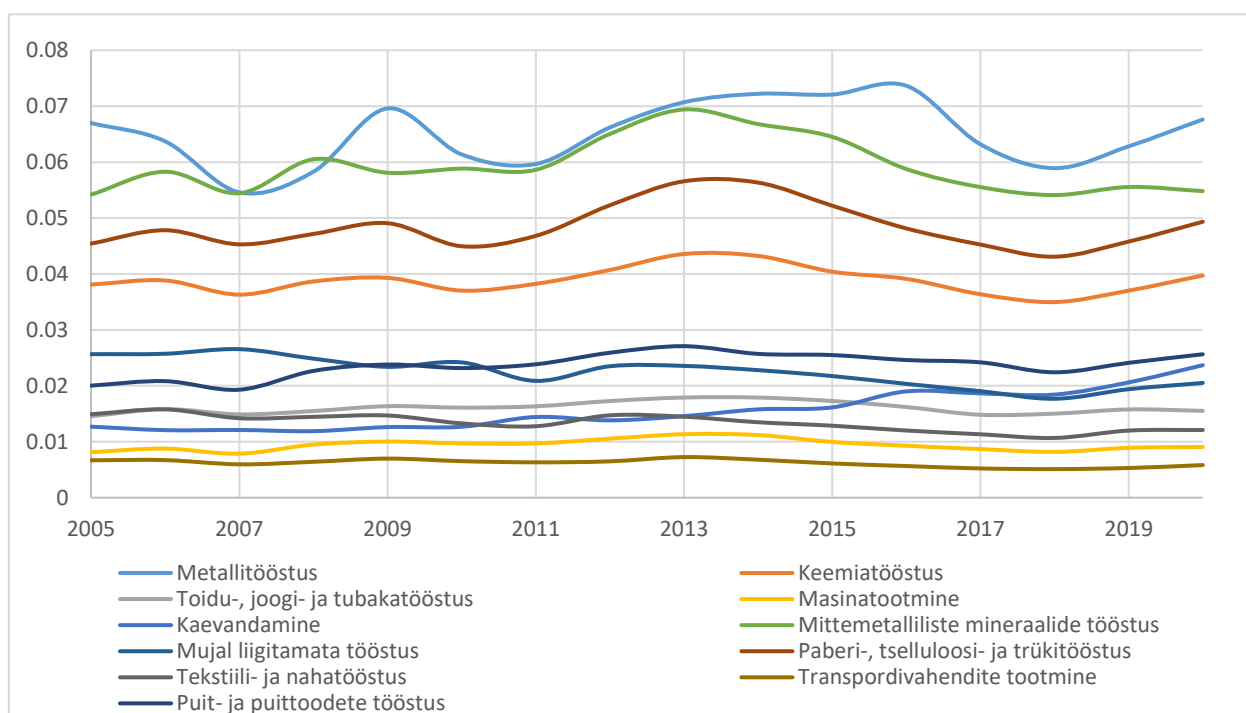
Lisaks UEC näitajale lisatakse kasutatavasse mudelisse ka tööjõu ühikukulu näitaja (ULC), et lisaks energia ühikukulule võtta arvesse tööjõukulude mõju ekspordile. ULC näitaja arvutatakse jagades tööstusharus makstava tööjõu kompensatsiooni (palgad + muud hüvitised) kogutoodanguga.

⁵ Energiabilansi 11 energiakandja hulka kuuluvad tahked fossiilsed kütused (erinevad söetooted), fossiilsete tahkekütuste baasil toodetud gaasid, turvas- ja turbatooted, põlevkivi ja naftaliivad, maagaas, nafta- ja petrooleumtoided, taastuvenergiaallikad ja biokütused, mittetaastuvad jäätmed, tuumaenergia, elekter ja soojusenergia. Energiakandjad (nt. tuumaenergia, taastuvenergia), mida kasutatakse lõpptarbimises transformeeritult elektri- või soojusenergiana on tööstustarbija tarbimises juba transformeeritud vastavalt kas elektri- või soojusenergiaks.

⁶ Euroopa Ühenduse majanduse tegevusalade uuendatud klassifikaator (*Nomenclature of Economic Activities*).

2.2 Andmete kirjeldav statistika

Arvutatud UEC muutus tööstuste lõikes viie EL-i suurima majanduse andmete põhjal on kujutatud joonisel 1. Kooskõlas varasemate uurimuste tulemustega on kõige energiakulukamad tööstused metallitööstus, mittemetalliliste mineraalide tööstus ja paberi-, tselluloosi- ja trükitööstus. Teisalt kõige madalama energiaintensiivsusega tööstused on masinate- ja seadmete tootmine ning transpordivahendite tootmine, mis on samuti kooskõlas varasemate uurimuste tulemustega. Perioodi esimeses pooles on kõige rohkem kasvanud mittemetalliliste mineraalide tööstuse ja paberi-, tselluloosi- ja trükitööstuse energia ühikukulu, mis aga alates 2013. aastast on märkimisväärselt langenud. Teisalt kaevanduse energia ühikukulu on perioodi jooksul kasvanud rohkem kui kahekordseks (0.012 pealt 0.025 peale), kuid siiski on kaevandus jäänud küllaltki madala energiakuluga tööstusharuks võrreldes tööstusharu kogutoodanguga.



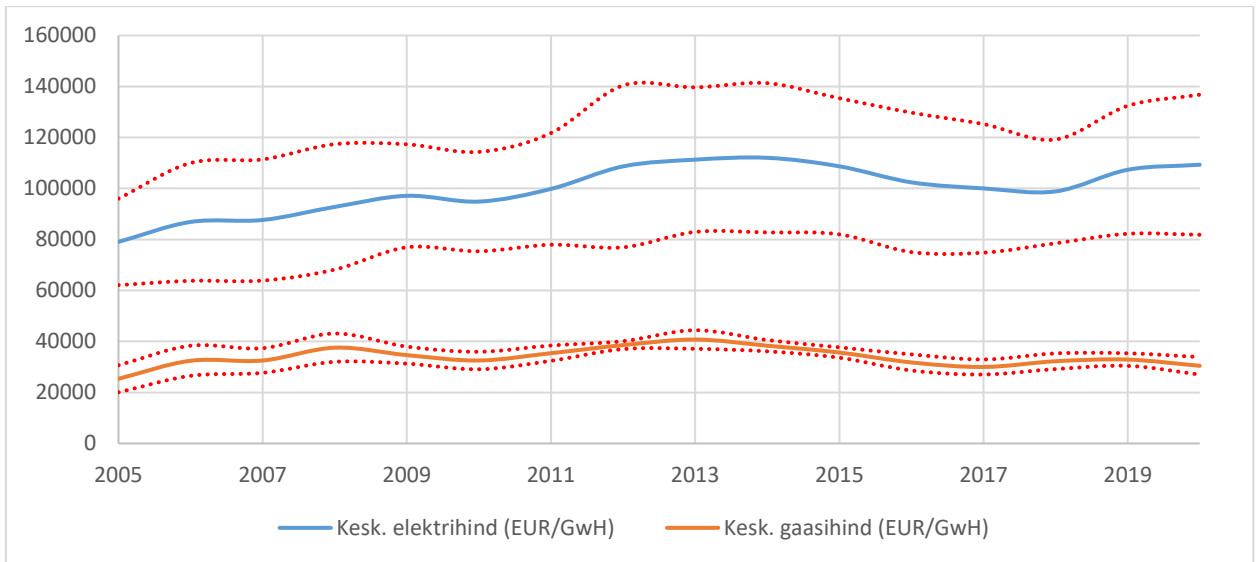
Joonis 1. UEC perioodil 2005-2020 analüüsitavates viies suurimas EL riigis tööstusharude lõikes
Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Uurides lähemalt joonistel 2 ja 3 toodud UEC arvutamise aluseks olevaid komponente on näha, et energiahinnad valitud riikides on vaatlusperioodi esimesel poolel tõusnud, kuid alates 2013. aastast on energiahindade kasvutrend pöördunud ja hinnad on olnud kerges languses või püsinud võrdlemisi stabiilsena. Alles vaatlusperioodi lõpus on elektri hind hakanud taas aeglaselt tõusma. Vaadates standardhälve põhjal mõlema energiakandja hinna variatsiooni vaatlusperioodil on

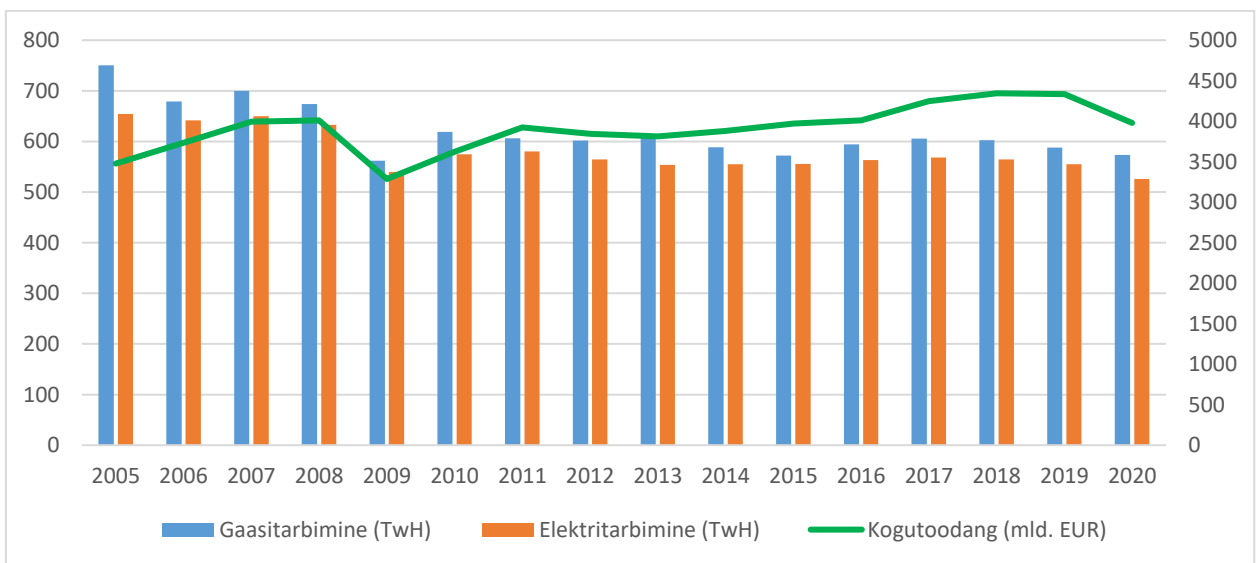
selgelt elektri hinna puhul riikide vahel oluliselt suuremad erinevused kui gaasi hinna puhul, mille varieerumine riikide vahel on tervel perioodil üllatavalt väike ja samuti ajas vähenev. See võib ühest küljest viidata maagaasi paremale transporditavusele võrreldes elektriga, aga teisalt ka piiratud elektri ülekandesüsteemide integreeritusele EL liikmesriikide vahel.

Tarbitud energiakogused ja reaalne kogutoodang (parema võrreldavuse huvides tarbitud energiakogustega on kogutoodang deflateeritud vaadeldavate riikide SKP deflaatoriga (Eurostat, tabel nama_10_gdp)) on kogu vaatlusperioodil liikunud selgelt samasuunaliselt. Samas alates 2010. aastast on kogutoodangu kasv märgatavalt edestanud tarbitud elektri- ja gaasikoguste kasvu, mis võib viidata tööstussektori suurenenud energiaefektiivsusele või alternatiivselt tööstussektori suundumust suurema mitte energiaintensiivsete tööstuste osakaalu poole.

Üha süveneva kliimakriisi kontekstis on aktuaalseks muutunud ka rohepööre, mis on endaga kaasa toomas üha enam energiaturgu mõjutavaid meetmeid, sealhulgas energiakandjate üha intensiivsemat maksustamist otseselt ja läbi erinevate lisatasude. Seega on huvitav vaadata, kuidas on maksukoormus vaadeldaval perioodil energiakandjate lõpptarbimishindadele mõju avaldanud. Töö analüütilises osas on kasutatud energiahindu, mis lisaks energiakandja tarbimishinnale (koos jaotusvõrgu tasudega) sisaldab ka mittetagastatavaid makse (sh. taastuvenergiatasud, võimsustasud, keskkonnamaksud, aktsiisimaksud ja muud maksud), et arvestada tegelikku tööstuse lõpptarbija poolt makstavat hinda. Samas pakub Eurostat ka andmeid energiakandjate neto tarbimishindade kohta. Neid andmeid kasutades on töös välja arvatud tagastamatute energiamaksude suhe lõpptarbija poolt makstavasse energiahinda ning seda dünaamikat kirjeldavad lisad 2 ja 3. Aja jooksul on olnud selge trend energiakandjate kõrgema maksustamise kasuks, mis kajastub maksude osakaalu suurenemises energiakandjate lõpptarbimishindades. Maksude osakaal on kasvanud eriti vaatlusperioodi teises pooles ehk kui vaadeldavate energiakandjate hinnad on olnud perioodil 2013-2018 languses, siis maksude osakaal hindades on jõudsalt kasvanud.



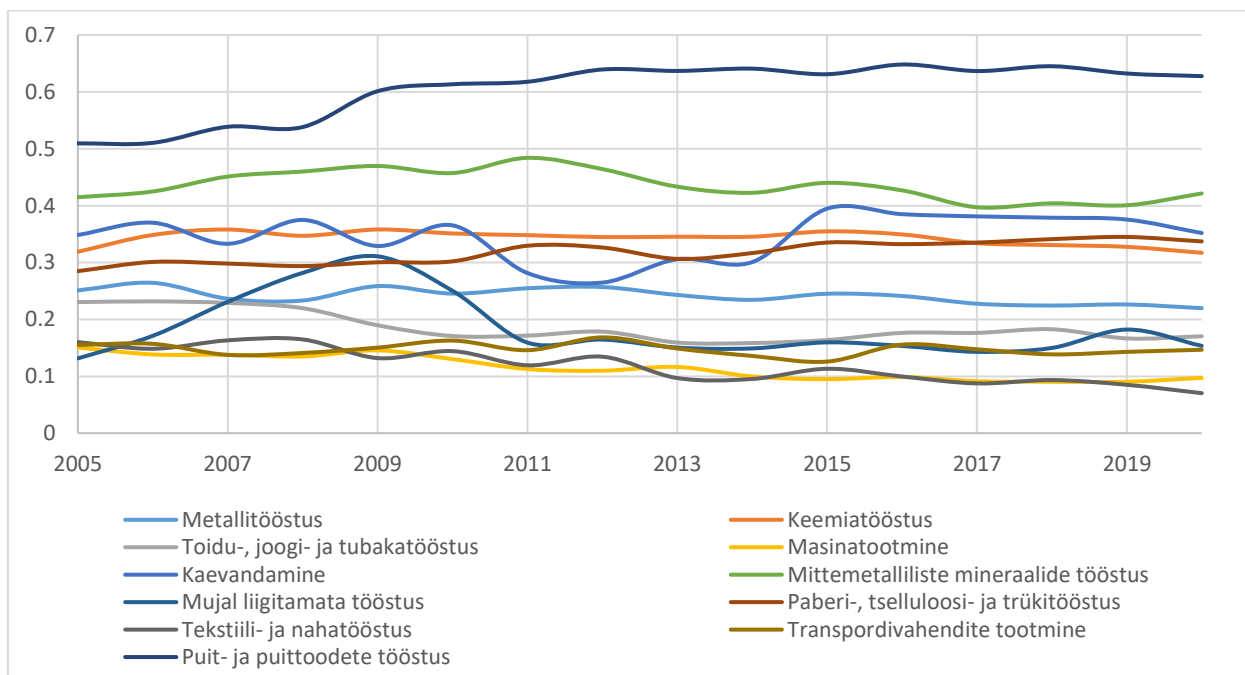
Joonis 2. Viie suurima EL riigi keskmine elektri ja maagaasi lõpptarbimishind tööstustarbijale perioodil 2005-2020. Katkendlikud punased jooned tähistavad +/- 1 standardhälvet. Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal



Joonis 3. Viie suurima EL riigi tööstussektori gaasi ja elektri kogutarbimine (vasakul) ja reaalne kogutoodang (paremal) perioodil 2005-2020. Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Kuigi pideva gaasi- ja elektrihinna kasvu põhjal vaatlusperioodi esimeses pooles võiks eeldada, et tööstused on üha kulukamad energiakandjad asendanud teiste energiakandjatega, siis teiste energiakandjate tarbimise osakaalude muutused sellele enamike tööstusharude puhul ei viita. Joonisel 4 on toodud teiste energiakandjate tarbimise osakaalu trend tööstusharudes, mille kohaselt enamikes tööstusharudes on teiste energiakandjate tarbimine võrreldes elektri ja gaasiga vaatlusperioodil langenud või püsinud stabiilsena. See tähendab, et ajas on pigem gaas ja elekter

muutunud enamikes tööstusharudes üha olulisemaks energiakandjaks, mis samuti toetab energiaefektiivsuse paranemise eeldust. Kuigi mittemetalliliste mineraalide tööstuses on teiste energiakandjate tarbimise osakaal perioodi alguses jõudsalt kasvanud, siis alates 2011. aastast kuni 2019. aastani on see olnud püsivas languses. Vaid puidu- ja puittoodete tööstuses ning paberi-, tselluloosi- ja trükitööstuses on teiste energiakandjate osakaal perioodil arvestataval määral kasvanud.



Joonis 4. Teiste energiakandjate⁷ tarbimise osakaal viie suurima EL riigi tööstussektoris tööstusharude lõikes perioodil 2005-2020

Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

2.2.1 Energia ühikukulu dekompositsioon

Selleks, et täpsemalt mõista kuidas on erinevad komponendid energia ühikukulu dünaamikat vaatlusperioodil mõjutanud, on võimalik UEC näitaja dekomponeerida. Riikide grupi põhise energia ühikukulu arvutades on võimalik eristada viie erineva teguri efekti: energiantensiivsuse efekt, hinnaefekt, maksuefekt, tööstusharu kompositsiooni efekt ja riigi kompositsiooni efekt. Seejuures on võimalik ka energiantensiivsuse, hinna- ja maksuefekti arvutada erinevate energiakandjate lõikes. Analüüsimaiks detailsemalt elektri ja gaasi hindade ning maksude mõju energia ühikukulu muutusele on vastavad efektid seega välja arvatud ka energiakandjate lõikes.

⁷ Fossiilsed tahkekütused, fossiilsete tahkekütuste baasil toodetud gaasid, nafta- ja petrooleumtooted, taastuvad energiaallikad ja biokütused, mittetaastuvad jäätmed ja soojusenergia

Erinevate komponentide mõju täpsemaks hindamiseks reaalse energia ühikukulu põhjal on energiakandjate hindade ja maksude ning kogutoodangu andmed teisendatud ka reaalkaardusse, kasutades selleks vastava riigi SKP deflaatorit (Eurostat, tabel nama_10_gdp). Reaalkaarduseid on UEC dekomponeerimisel kasutatud seetõttu, et vältida nominaalsest hinnakasvust tulenevat hinnaefekti ülehindamist ja seejuures energiaintensiivsuse efekti alahindamist. Olulise märkusena tuleb siinkohal lisada, et kuigi tegelikkuses sõltub erinevate tööstusharude reaalne kogutoodang tööstusharu põhistest hinnaindeksitest, siis vastavad andmed on Eurostatis kättesaadavad vaid kahe valitud riigi (Saksamaa ja Holland) kohta. Seega ei ole SKP deflaatoriga deflateerimine ideaalne lahendus, kuid teisalt võimaldab see reaalse energia ühikukulu ja selle põhikomponendid välja arvutada kõikide riikide jaoks.

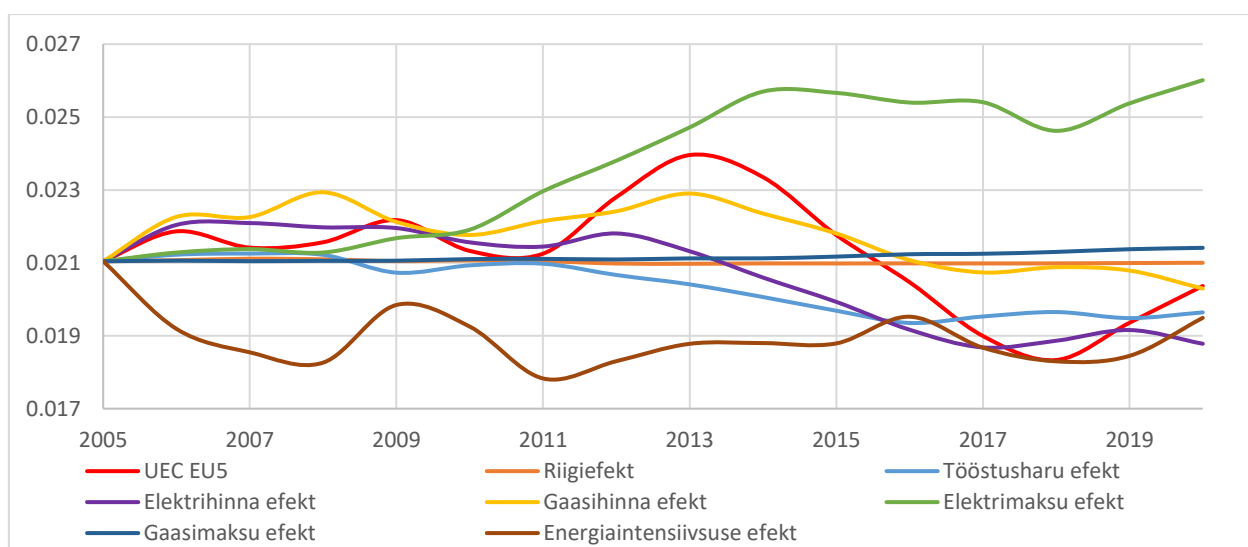
Joonisel 5 on toodud energia ühikukulu kumulatiivne muutus koos selle olulisemate komponentidega valitud viie EL riigi tasandil. Koostatud jooniselt on näha, et üle valitud EL riikide on energia ühikukulule kõige suuremat ülespidist survet avaldanud elektrimaksu efekt, kuid selle efekti mõju on kõige tugevamalt esile kerkinud alles perioodi teises pooles. Teisalt maagaasi maksustamise efekt on olnud minimaalne. Kõige tugevamat allapoole survet seevastu on UEC muutusele avaldanud energiaintensiivsuse vähenemise efekt. Ühtlasi näitab see tulemus selgemalt, et valitud EL riikide tööstusettevõtted on vaadeldaval perioodil suutnud enda energiaefektiivsust tõsta läbi energiaintensiivsuse vähendamise. Samas on oluline märkida, et kogu intensiivsuse vähenemist täies ulatuses ka efektiivsuse paranemise arvele kirjutada ei saa, kuna joonis 4 näitab, et vastupidiselt üldisele trendile on mõnes tööstusharus vaatlusperioodil teiste mittevaadeldavate energiakandjate tarbimise osakaal kasvanud. Seega kogu energiaintensiivsuse paremaks hindamiseks on lisas 4 toodud joonis, mis näitab kogu energiaintensiivsust (mis hõlmab ka teiste energiakandjate tarbimist) terve tööstussektori ja eraldi tööstusharude lõikes. Sellelt jooniselt on näha, et kuigi nendes tööstusharudes, kus alternatiivsete energiakandjate tarbimine on kasvanud⁸, on kasvanud ka energiaintensiivsus, kuid ülejäänud tööstuste kui ka terve tööstussektori tasandil on energiaintensiivsus järjepidevalt langenud, mis jätkuvalt viitab paranenud energiaefektiivsusele.

Samas suurim energiaintensiivsuse vähenemine on toimunud vaatlusperioodi esimesel poolel, kui energia ühikukulu kasvu on rohkem vedanud elektri ja gaasi netohindade kasv kui maksutõusud. Vaatlusperioodi teises pooles on intensiivsuse mõju olnud võrdlemisi neutraalne ja energiaintensiivsus on veidi isegi tõusnud, kuid seejuures on energia ühikukulu langusele üha

⁸ Puit- ja puitoodetetööstus ja paberi-, tselluloosi- ja trükitööstus

suuremat mõju hakanud avaldama ka tööstusharu kompositsiooniefekt. See viitab sellele, et vaadeldavate EL riikide tööstussektori kompositsioon on ka hakanud liikuma üha enam mitte energiaintensiivsete tööstuste poole.

Energiahindade puhul on mõlemad, nii gaasi- kui ka elektri hind panustanud energia ühikukulu kasvu perioodi esimesel poolel, kuid nende järjepidev langus perioodi teisel poolel on samuti aidanud efektiivselt energia ühikukulu langetada. Sarnaselt maagaasi maksustamise efektile on vaid marginaalne mõju ka riigiefektile ehk vaadeldaval perioodil on valitud riikide kogutoodangu osakaalud jäänud põhimõtteliselt samaks.



Joonis 5. Viie suurima majandusega EL riigi grupi tasemel energia ühikukulu ja selle olulisemate komponentide muutus perioodil 2005-2020

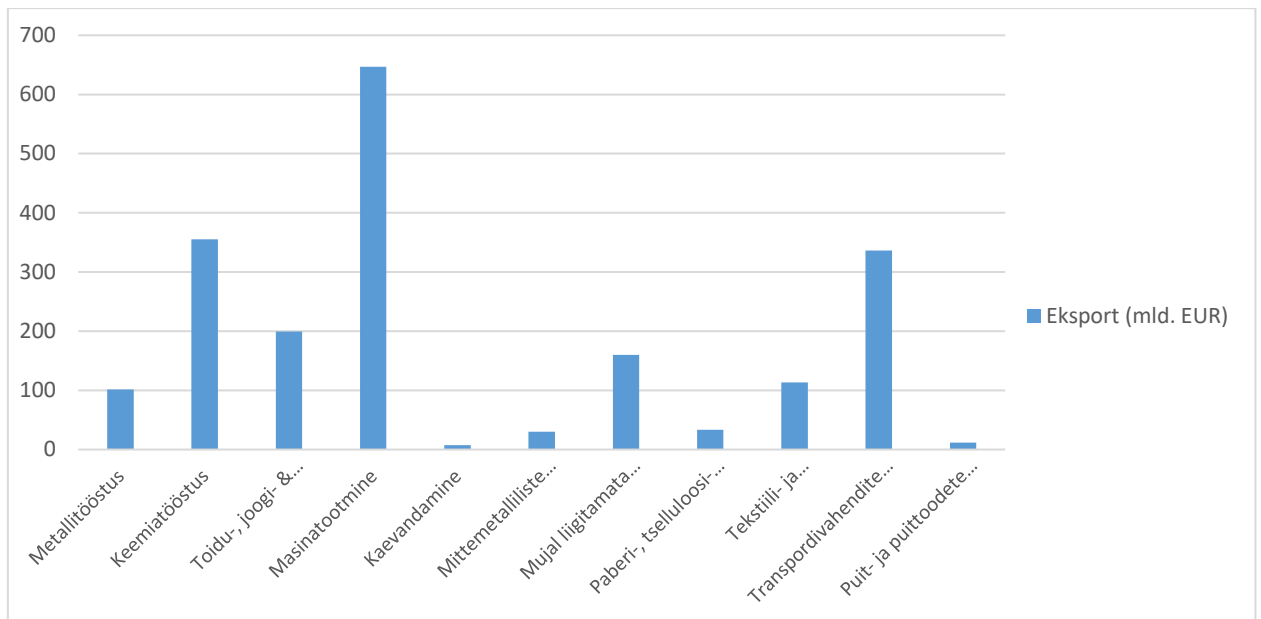
Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal.

Vaadates energia ühikukulu muutust eraldi riikide tasemel on ootuspäraselt näha üldjoontes sarnaseid trende – perioodi alguses on energia ühikukulule avaldanud kõige rohkem ülespidist survet kasvavad energiahinnad, mille asemel hakkab hiljem domineerima elektrimaksude mõju. Samuti on kõik riigid suutnud vähendada energiaintensiivsust, kuid perioodi teises pooles on hakanud üha tugevamalt UEC vähenemisele mõju avaldama langevad energiahinnad ja tööstusharu kompositsiooniefekt. Natuke erinevad on seejuures aga Hispaania ja Holland. Hispaania puhul on omapärane, et energia ühikukulule ei ole suurt mõju avaldanud maksud, kuid teisalt on energiakandjate netotarbimishinnad oluliselt kasvanud ja seeläbi ka vedanud energia ühikukulu kasvu. Sellele anomaaliale annab vastuse Eurostati energiahinna statistika metaandmed ehk tulenevalt regulatiivsetest erinevustest kajastatakse Hispaania andmetes teatud lõpptarbimishinna komponendid elektrihinna (elektritootmise maks) või ülekandetasude

(taastuenergiatasud) komponendina, mis samas teistes liikmesriikides on kajastatud maksukomponendina (Eurostat, 2023). Hollandi eripäraks on olnud võimekus vähendada energia ühikukulu kõige rohkem, mis tervel vaatlusperioodil on suuresti tulenenud järjepidevast energiaintensiivsuse vähenemisest, kuid perioodi teisel poolel on sellesse olulise panuse andnud ka tööstusharu kompositsiooniefekt. Eksportivate riikide tasemel UEC dekompositsioon on toodud lisades 5-9. Riikide grupi tasemel UEC dekomponeerimiseks kasutatud valem (mis hõlmab ühtlasi kõigi viie efekti arvutamise valemeid) on toodud lisas 10.

2.2.2 Ekspordiandmete kirjeldav statistika

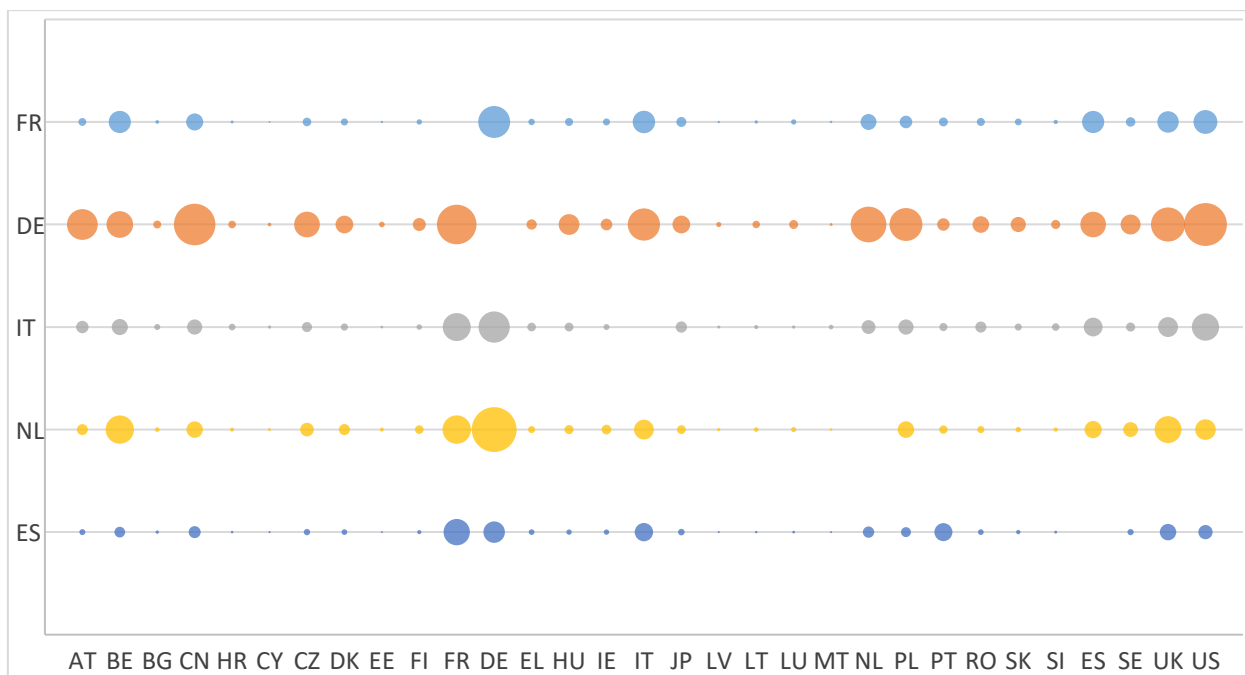
Vaatlusperioodi viimase aasta ekspordistatistika tööstusharude lõikes on toodud joonisel 6 ja selle kohaselt ekspordivad viis valitud EL riiki kõige rohkem masinaid ja seadmeid ning teisel ja kolmandal kohal on keemiatööstus ning transpordivahendite tootmine, mis energia ühikukulu näitaja järgi on pigem madala energiaintensiivsusega tööstusharud. Peamiste energiaintensiivsete tööstusharude nagu metallitööstus, mittemetalliliste mineraalide tööstus ja paberi-, tselluloosi ja trükitööstuse eksport on võrreldes teiste tööstusharudega võrdlemisi madal. Samas tuleb arvestada, et näiteks metallitööstuse ja mittemetalliliste mineraalide tööstuse puhul on tegemist oluliste põhitööstustega, mille toodangut kasutavad laialdaselt mitmed teised tööstusharud. See tähendab, et isegi kui nende toodangut otse ei ekspordita, siis on see oluliseks sisendiks teistele tööstusharudele, mille eksport on suurem. Seejuures on oluline ka siinkohal taas meenutada, et täieliku arusaama EL-i tööstusharude energiaintensiivsusest annaks ka kaudsete energiakuludega arvestamine (nt. energiakulud, mis sisalduvad masinatööstuse tarbeks soetatud metalltoodetes), kuid selliste andmete kogumine on äärmiselt keeruline ja ajamahukas.



Joonis 6. Valitud viie suurima majandusega EL riigi eksport tööstusharude lõikes aastal 2020 miljardites eurodes.

Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Eksporti sihtriikide lõikes kirjeldab joonis 7. Jooniselt on näha, et valitud riikide ekspordi peamised sihtriigid EL riikide seas on teised suurimad EL majandused ehk valitud riikide omavahelisel kaubandusel on suur osatähtsus. Samuti on neil riikidel aktiivne kaubavahetus suurimate EL väliste globaalsete majandustega. Eriti silmapaistev seejuures on Saksamaa, kes tulenevalt oma suurusel kaupleb kõige rohkem kõigi valitud EL-i väliste riikidega ja kes samuti erinevalt teistest ekspordib väga palju ka Hiina. Samas teistel valitud riikidel on ka oluline kaubavahetus Ühendkuningriigi ja Ameerika Ühendriikidega.



Joonis 7. Viie suurima majandusega EL riigi ekspordi maht teistesse EL riikidesse ja suurimatesse globaalsetesse majandustesse aastal 2020
Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

2.3. Empiiriline mudel ja hindamismeetodid

Rahvusvahelist kaubandust ja selle mõjutegureid uurivas kirjanduses on standardiks kujunenud gravitatsioonimudelite kasutamine, mistõttu rakendatakse sama meetodit ka käesolevas töös. Selleks, et uurida gaasi- ja elektrienergia hindadel ja tarbimisel põhineva energia ühikukulu mõju valitud EL-i riikide tööstussektori konkurentsivõimele gravitatsioonimudeli põhjal kasutatakse järgnevat mudelit:

$$Eksport_{cpit} = \alpha_0 UEC_{cit}^{\beta} X_{cit}^{\gamma} Y_{pt}^{\delta} \varepsilon_{cpit} \quad (2.2)$$

kus

$Eksport_{cpit}$ – lähteriigi c tööstusharu i bilateraalne eksport sihtriiki p ajaperioodil t

UEC_{cit} – lähteriigi c tööstusharu i energia ühikukulu ajaperioodil t

X_{cit} – lähteriigi c kontrollmuutujad riigi (SKT, populatsioon, majandussektorite osakaal majanduse lisandväärtuses) ja tööstusharu i (ULC, tööstusharu osakaal tööstuses, teiste energiakandjate tarbimise osakaal) tasandil ajaperioodil t

Y_{pt} - sihtriigi p kontrollmuutujad riigi tasandil (SKT, populatsioon, majandussektorite osakaal majanduse lisandväärtuses) ajaperioodil t

α_0 – mudeli vabaliige

Hindamaks koostatud mudelit statistikatarkvaras R, viiakse mudel lineaarsele kujule läbi logaritmime. Samuti lisatakse hinnatavasse mudelisse riigi-partneri-sektori ($\lambda D1_{cpi}$) ja sektori-ajaperioodi ($\mu D2_{ti}$) põhised fiktiivsed tunnused. Riigi-partneri-sektori põhiste fiktiivsete tunnuste lisamine võimaldab arvesse võtta riikidevaheliste mittevaadeldavate kaubandust mõjutavate tunnuste mõju (nt. riikidevaheline kaugus, teised geograafilised eripärad, kaubanduspoliitika jms) ja seeläbi vältida mittevaadeldavate tunnuste väljajätmisest tingitud hinnangunihet (Baldwin & Taglioni, 2006). Sektori-ajaperioodi põhised tunnused võimaldavad arvestada võimaliku aegridade autokorrelatsiooni (*Ibid*) ja sektoripõhiste šokkidega vaadeldaval ajaperioodil (Faiella & Mistretta, 2022). Logaritmitud mudel koos fiktiivsete tunnustega avaldub kujul:

$$\ln Eksport_{cpit} = \alpha_0 + \beta \ln UEC_{cit} + \gamma \ln X_{cit} + \delta \ln Y_{pt} + \lambda D1_{cpi} + \mu D2_{ti} + \varepsilon_{cpit} \quad (2.3)$$

Koostatud mudelit hinnatakse kasutades hariliku vähimruutude (*ordinary least squares - OLS*) ning Poissoni kvasi-maksimaalse tõepära meetodeid (*Poisson quasi-maximum likelihood - PQML*). PQML meetodi kasutamine on kujunenud rahvusvahelist kaubandust uurivas kirjanduses gravitatsioonimudelite hindamise standardiks. Meetodi kasutamist on eelistatud eeskätt seetõttu, et see toimib paremini ja annab täpsemaid tulemusi suure heteroskedastiivsuse tingimustes, mille puhul võivad OLS meetodil hinnatud log-lineariseeritud mudelite elastsuste koefitsendid olla nihkega. Lisaks sobib vastav meetod hästi loendatavate andmete analüüsimiseks ja võimaldab seejuures arvestada rohkete 0 väärtusega vaatlustega kasutatud andmestikus (mida rahvusvahelise kaubanduse andmetes väga tihti esineb tulenevalt kaubavahetuse puudumisest mitmete riikide paaride vahel). (Silva & Tenreyro, 2006).

Mudeli hindamisel hariliku vähimruutude meetodiga logaritmitakse ka sõltuv muutuja ehk eksport. PQML mudeli hindamisel sõltuvast muutujast logaritme ei võeta, kuna vastav meetod juba eeldab logaritmifunktsiooni kasutamist sõltuva tunnuse ja regressorite vahel.

3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED

3.1 Mudelite hindamise tulemused

Selles peatükis antakse ülevaade töös hinnatud regressioonmudelite tulemustest. Oluline on seejuures märkida, et kuna parema võrreldavuse huvides on kõik töös kasutatavad andmed võetud Eurostati andmebaasist, milles puuduvad EL-i väliste kaubanduspartnerite kontrollmuutujate arvutamiseks vajalikud andmed, siis kõikide valitud kaubanduspartneritega (sh. USA, Hiina, Jaapani ja Ühendkuningriigiga) mudelid on hinnatud ilma importiva riigi põhiste kontrollmuutujateta. Samas näitavad läbiviidud regressioonanalüüsi tulemused, et UEC kui peamise muutuja koefitsent on väga sarnane olenemata erinevatest mudeli spetsifikatsioonidest ja kasutatud hindamismeetoditest.

3.1.1 Hariliku vähimruutude meetodi ja Poissoni kvasi-maksimaalse tõepära meetodil hinnatud mudelite tulemused

Nii OLS kui ka PQML mudelite hindamisel saadud tulemused näitavad üle erinevate spetsifikatsioonide, et vaadeldavates riikides on UEC suurenemine negatiivses seoses ekspordiga. Vastav tulemus on kooskõlas saaste varjupaiga hüpoteesiga, mille kohaselt kaotavad kõrgemate sisendhindadega riikides tegutsevad tööstused turuosa madalamate sisendhindadega tööstustele mujal. Samas on UEC mõju ulatus võrdlemisi väike ehk 1% kasv energia ühikukulus on seotud vaid 0,1% vähenemisega ekspordis, mis on sarnane Faiella ja Mistretta (2022) tulemustega.

Vaadates energia ühikukulu dekomponeerimise alapeatükis toodud tööstussektori UEC kumulatiivset muutust valitud riikide grupi tasandil vaadeldaval perioodil, on see näitaja olnud päris muutlik. Aastal 2013 oli UEC näitaja 14% kõrgem võrreldes 2005. aasta tasemega, kuid langes alates 2016. aastast isegi alla 2005. aasta taseme ja alla selle on UEC püsinud kuni vaatlusperioodi lõpuni 2020. aastal. Seega on viimastel aastatel vähenenud energia ühikukulu isegi aidanud valitud riikide konkurentsivõimet parandada.

Lisaks UEC-le on ka teised mudelite koefitsendid majandusteoreetiliselt loogilise märgiga ja mõistliku suurusega. Eksportiva- ja importiva riigi SKP positiivne seos ekspordiga kajastab

pakkumis- ja nõudluspoolseid tegureid, mille kohaselt suurem SKP eksportivas riigis võimaldab suuremat eksporti ja teisalt kasvavad sissetulekud importivas riigis võimaldavad suuremat importtoodete tarbimist. SKP suurusjärgus ühikelastsed koefitsendid (1% SKP kasv eksportivas või importivas riigis suurendab bilateraalselt eksporti ligikaudu 1% võrra) on samuti kooskõlas varasema kirjanduse tulemustega.

Populatsiooni muutujate koefitsendid on samuti ootuspäraselt negatiivsed, kuigi võrreldes Faiella ja Mistretta (2022) töö tulemustega on koefitsentide väärtused üle kahe korra suuremad. Teisalt ei saa selles töös saadud tulemusi üks ühele nimetatud uurimusega võrrelda, kuna hoolimata EL-i riikidele keskendumisest on valim ja valimiperiood oluliselt erinevad. Majandusteoreetiliselt selgitatakse eksportiva riigi populatsiooni negatiivset koefitsenti eksporditavate kaupade suure kapitaliintensiivsusega ehk populatsiooni kui tööjõu suurenedes väheneb kapitaliintensiivsete sektorite toodangu, mida peamiselt eksporditakse, osakaal kogutoodangus. Importiva riigi populatsiooni negatiivset koefitsenti selgitab sissetuleku vähenemine elaniku kohta, mis võimaldab importivas riigis vähem importtooteid tarbida. Üldiselt eeldatakse seejuures ka, et ekspordi puhul on pigem tegu luksuslikumate toodetega, mida madalamate sissetulekute juures tarbitakse üldiselt vähem.

Tööjõu ühikukulu ehk ULC koefitsent on küll ootuspäraselt negatiivne, kuid samas statistiliselt ebaoluline. Seejuures näitab lisas 11 toodud joonis, mis kajastab ULC trendi vaatlusperioodil valitud riikide tööstusharude lõikes, et ULC on vaadeldaval perioodil püsinud võrdlemisi stabiilsena. See võib olla üks võimalik selgitus, miks vastav näitaja vaadeldaval perioodil niivõrd hästi ekspordi variatsiooni ei selgita.

Teiste energiakandjate osakaalu näitaja ei ole statistiliselt oluline üheski mudelis. Teisalt tööstusharu osakaal tööstussektoris muutuja on kõikides regressioonmudelites positiivse koefitsendiga ja regressioonmudelites 3-6 ka statistiliselt oluline. See tulemus on ootuspärane ehk kui tööstusharu osakaal tööstussektori kogutoodangus suureneb, siis tõenäoliselt suureneb ka vastava tööstusharu eksport.

Kuna ratsionaalselt võib eeldada, et ettevõtjad ei ole võimelised koheselt kasvanud energiahindadega kohanema ja oma efektiivsust tõstma, on hinnatud ka kahte viitajaga mudelit, et näha kas eelmise perioodi energiakulude kasv võiks motiveerida ettevõtjaid läbi innovatsiooni enda konkurentsivõimet tõstma, mille tulemusena võiks paraneda ka riigi üldine konkurentsivõime läbi ekspordi suurenemise järgneval perioodil. Regressioonmudelite tulemus näitab, et UEC viitaja

koefitsent on negatiivne, kuid statistiliselt ebaoluline. Selline tulemus võib viidata turu kiirele kohanemisele sisendhindade muutustega, mistõttu eelmiste perioodide hinnamuutused enam käesoleva perioodi kaubandust ei mõjuta. Teisalt ei indikeeri ka saadud tulemus, et eelmise perioodi energiakulude kasv oleks seotud tööstussektori võimega enda konkurentsivõimet kiiresti parandada, et suurenenud energiakuludest tingitud negatiivne efekt võimalikuks konkurentsieeliseks pöörata. Kirjeldatud mudelite tulemused on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Regressioonmudelite tulemused, mis hõlmavad kõiki tööstusharusid

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
UEC	-0,096** (0,039)	-0,103** (-0,040)	-0,107** (0,048)	-0,088* (0,039)		
UEC(-1)					-0,061 (-0,044)	-0,043 (-0,037)
ULC	-0,07 (0,187)	-0,07 (0,117)	-0,138 (0,137)	-0,125 (0,128)	-0,133 (-0,136)	-0,177 (-0,125)
Osa_Muu	-0,005 (0,015)	-0,008 (0,013)	-0,005 (0,016)	-0,024 (0,014)	0,000 (0,016)	0,018 (0,014)
Osa_haru	0,140 (0,097)	0,117 (0,095)	0,255** (0,104)	0,211* (0,089)	0,303*** (0,105)	0,254** (0,093)
SKP_Exp	1,096*** (0,204)	1,199*** (0,203)	0,98*** (0,232)	1,087*** (0,205)	0,799*** (0,255)	1,000*** (0,239)
POP_Exp	-3,621*** (0,483)	-3,654*** (0,447)	-2,65*** (0,612)	-2,026*** (0,451)		-1,943*** (0,452)
SKP_Imp		0,873*** (0,063)		0,867*** (0,068)		0,826*** (0,068)
POP_Imp		-0,928*** (0,159)		-1,312*** (0,213)		-1,294*** (0,205)
α_0	64,109*** (7,732)	68,531*** (7,950)	50,872*** (9,727)	48,506*** (7,362)	50,772*** (9,858)	47,742*** (7,201)
R ²	0,983	0,986	0,990	0,994	0,991	0,994
N	26400	22880	26400	22880	24750	21450

Allikas: Autori poolt statistikatarkvaras R läbiviidud regressioonanalüüside tulemused Eurostati andmete põhjal

Märkused: 1. Mudelid 1-2 on hinnatud kasutades OLS meetodit, mudelid 3-6 on hinnatud kasutades Poissoni kvasi-maksimaalse tõepära meetodit.

2. * - muutuja on statistiliselt oluline 10% nivool, ** - muutuja on statistiliselt oluline 5% nivool, ***- muutuja on statistiliselt oluline 1% nivool. Riigi-partneri-sektori tasandil klasterdatud standardvead on toodud sulgudes.

3. PQML mudelite puhul on arvatud Pseudo R².

3.1.2 Mudelite hindamistulemused energiantensiivsete tööstuste kohta

Energia ühikukulu kirjeldava statistika uurimine eelmises peatükis indikeeris, et vaadeldavate Euroopa Liidu majanduste tööstussektoris on tööstusharud, mille energiantensiivsus eristub selgelt ülejäänud tööstussektori energiantensiivsusest. Seetõttu on otsustatud ka hinnata regressioonmudelid eraldi energiantensiivsete tööstuste jaoks, mille hulka kuuluvad metallitööstus, mittemetalliliste mineraalide tööstus ja puidu-, tselluloosi ja trükitööstus.

Analüüsi tulemustest on näha, et võrreldes kogu tööstussektorit sisaldava mudeliga on vaid energiantensiivseid tööstuseid sisaldava mudeli energia ühikukulu näitaja koefitsent ligi kaks korda suurem. Samas saadud tulemus on oluliselt madalam võrreldes Faiella ja Mistretta (2022) töös saadud tulemusega, mille kohaselt eksport on energia ühikukulu suhtes ligikaudu ühikelasne ehk 1% suurenemine toob kaasa 1% vähenemise energiantensiivsete tööstuste ekspordis. Üks selgitus niivõrd erinevatele tulemustele võib olla erinevate andmete kasutamine energia ühikukulu arvutamiseks ehk Faiella ja Mistretta (2022) töö viitab läbivalt (kasutatud andmetabelite kirjelduses ja energiahindade kohta toodud kirjeldava statistika osas) ekslikult kodumajapidamiste elektrihindade, mis on tööstustarbija hindadega võrreldes oluliselt kõrgemad, kasutamisele tööstussektori UEC arvutamiseks. Lisaks on tööde erinevuseks ka see, et käesolevas töös on vaatluse all teine periood, mille jooksul energiantensiivsete tööstuste energia ühikukulu kasv ei ole olnud niivõrd järsk.

Samas oluline on see, et peamine järeldus mõlema töö tulemustest jääb samaks ehk energia ühikukulu kasvul on oluliselt suurem ja seejuures ka arvestatav mõju energiantensiivsete tööstuste konkurentsivõimele võrreldes tööstussektoriga üldiselt. Energiantensiivsete tööstusharude andmetel läbiviidud regressioonmudelite tulemused on toodud tabelis 3.

Üllatuslikult on energiantensiivsete tööstusharude mudelis eksportiva riigi SKP näitaja koefitsent oluliselt väiksem võrreldes kogu tööstussektorit hõlmava mudeliga ja lisaks ka statistiliselt ebaoluline. See võib tuleneda asjaolust, et jõukamates majandustes areneb koos majanduskasvuga pigem rohkem mitte energiantensiivsete tööstuste nagu masinatööstuse, elektroonika- ja elektriseadmete ning transpordivahendite eksport, millel on kõrgem lisandväärtus. Seejuures energiantensiivsete põhitööstuste ekspordi SKP kasv enam oluliselt ei mõjuta.

Tabel 3. Regressioonimudelite tulemused energiaintensiivsete tööstuste puhul

	(1)	(2)
UEC	-0,200*** (-0,053)	-0,185*** (0,050)
ULC	0,060 (0,144)	0,053 (0,142)
Osa_Muu	-0,024 (0,028)	-0,034 (0,024)
Osa_haru	0,396** (0,122)	0,340*** (0,112)
SKP_Exp	0,289 (0,359)	0,330 (0,376)
POP_Exp	-1,986** (0,705)	-1,767** (0,063)
SKP_Imp		0,793*** (0,096)
POP_Imp		-1,440*** (0,306)
α_0	54,133*** (11,560)	63,697*** (11,981)
Pseudo R ²	0,991	0,994
N	7200	6240

Allikas: Autori poolt statistikatarkvaras R läbiviidud regressioonanalüüside tulemused Eurostati andmete põhjal

Märkused: * - muutuja on statistiliselt oluline 10% nivool, ** - muutuja on statistiliselt oluline 5% nivool, ***- muutuja on statistiliselt oluline 1% nivool. Riigi-partneri-sektori tasandil klasterdatud standardvead on toodud sulgudes.

3.2 Järeldused ja arutelu

Sarnaselt mitmete varasemate uurimuste tulemustele viitavad selle töö empiirilise analüüsi tulemused samuti SVH poolt välja pakutud seosele energiakulude ja konkurentsivõime vahel ehk suurenevatest energiakuludest tulenevad kõrgemad sisendhinnad mõjutavad valitud riikide tööstussektori konkurentsivõimet negatiivselt. Seejuures mõjutavad kõrgemad energiakulud oluliselt rohkem (kuni kaks korda) energiaintensiivseid tööstuseid, mille hulka kuuluvad metallitööstus, mittemetalliliste mineraalide tööstus ja paberi-, tselluloosi-, ja trükitööstus. Kuigi analüüsi tulemuste põhjal on inkrementaalne tõus energiakuludes väikese mõjuga tööstussektori üldisele konkurentsivõimele ja seda ka isegi energiaintensiivsete tööstusharude puhul, siis järjepidev energiakulude kasvutrend võib pikas perspektiivis hakata konkurentsivõimele avaldama olulist mõju. Samas on alates 2013. aastast kuni 2018. aastani energia ühikukulu suurimates EL riikides olnud tugevas langustrendis ja selle tulemusena on energia ühikukulu olnud ka 2020. a

madalam kui vaatlusperioodi alguses, 2005. aastal. Peamiselt on see langus tingitud langevatest energiahindadest, aga ka tööstusharude kompositsiooni muutumisest mitte energiantensiivsete tööstuste kasuks.

Energia ühikukulu dekomponeerimine näitab, et vaatlusperioodi esimesel poolel (2005-2013) on energia ühikukulu kasvu vedanud kõige rohkem elektri- ja maagaasi neto tarbimishindade kasv. Samal ajal on energia ühikukulu kasvu aidanud pärssida eeskätt energiantensiivsuse vähenemine, mis viitab teatud määral tööstussektori energiaefektiivsuse paranemisele. Selle tulemusena on oluline märkida, et SVH esinemist toetavad tulemused ei tähenda samaaegselt Porteri hüpoteesi ümberlukkamist vähemalt selle nõrgas vormis. Kõrgemate energiahindade tingimustes samaaegne energiantensiivsuse vähenemine võib viidata sellele, et ettevõtted on otsinud aktiivselt võimalusi ja töötanud välja lahendusi kuidas energiakulu minimeerimise eesmärgil tarbitavat energiat efektiivsemalt kasutada.

Seega Porteri hüpoteesi esinemise lähemaks uurimiseks tuleks ettevõtete reaktsiooni kõrgemale energiahinnale lähemalt analüüsida, kuid seejuures tuleks kindlasti arvestada Porteri hüpoteesi erinevaid vorme. See on oluline hindamaks, kas intensiivne ressursi panustamine energiaefektiivsuse parandamiseks võib tulla muu olulise arendustegevuse arvelt nagu eeldab Porteri hüpoteesi nõrk vorm. Sellisel kujul võib küll innovatsioon tööstusettevõtete energiaefektiivsust parandada ja aidata neil seeläbi ka saavutada enda energiaefektiivsuse eesmärgid, mis läbi energia ühikukulu kasvu piiramise aitab mingil määral kaasa ka konkurentsivõime halvenemise pidurdamisele. Teisalt ei pruugi väljatõrje efekti tõttu piisavalt areneda pakutavate toodete kvalitatiivsed omadused ja väärtuspakkumine, mis omakorda hakkab piirama konkurentsivõime paranemist.

Samas perioodi teisel poolel (2013-2020) on energiakulude suurenemisele hakanud jõudsalt ülespidist survet avaldama tööstustarbivate elektritarbimisele kehtestatavate maksude efekt. Teisalt väheneva energiantensiivsuse mõju energia ühikukulu vähendamisesse on pidurdunud ja peamiste energia ühikukulu kasvu pärssivate ja isegi selle langust soodustavate teguritena on esile kerkinud maagaasi- ja elektri hinnaefektid ja tööstusharu kompositsiooniefekt. Seejuures on huvitav, et olenemata langevatest energiahindadest on hakanud siiski vähenema ka energiantensiivsete tööstusharude osakaal EL suurimate majanduste tööstussektoris.

Üks põhjuseid võib olla see, et aja jooksul majanduse kasvades keskendub tööstussektor suuremat lisandväärtust loovatele tööstustele, mis üldiselt on vähem energiantensiivsed nagu masinatööstus

ja transpordivahendite tootmine. Teisalt võivad tööstustarbijad tõusvaid elektrimakse näha kui püsivalt kõrge elektrihinna põhjustajana ja ühtlasi ka edaspidise rangema energia maksupoliitika indikaatorina, mis vähendab energiantensiivsete tööstusharude kasvuks vajalikke investeeringuid. Seejuures arenevatest majandustest pärit energiantensiivsete tööstuskaupade esilekerkimist globaalsetel turgudel on enda töös täheldanud Kaltenegger *et al.* (2017), kes lisaks kogu energia ühikukulu hindamisele on uurinud ka energiantensiivsete kaupade rahvusvahelist liikumist. Selles osas on nad leidnud, et üha enam kaudseid energiakulusid imporditakse Euroopa Liitu läbi energiantensiivsete kaupade impordi peamiselt Hiinast, Brasiiliast ja Indiast. See indikeerib, et ka EL riikide koduturgudel on saavutanud üha tugeva konkurentsieelise arenevatest majandustest pärit energiantensiivsed tööstuskaubad.

Kuigi saadud tulemused on valdavalt nii teooria kui ka varasemate tulemustega kooskõlas, siis tuleb nende tõlgendamise osas olulise tähelepanekuna märkida, et eksisteerib ka võimalus, et saadud tulemusi on mõjutanud vastupidine kausaalsus. Näiteks võivad rohkem ekspordile suunatud ja seeläbi rahvusvahelisele konkurentsile avatumad tööstussektori ettevõtted panustada rohkem energiaefektiivsuse suurendamisesse võrreldes pigem kohalikule turule keskendunud ettevõtetega. Teisalt võib eeldada, et energiaefektiivsuse saavutamine üldjuhul võtab aega, kuna tootmises tehtavad muudatused mõjutavad mitmeid protsesse ja seega ei jõuta energiahindade tõusule koheselt efektiivsuse suurendamisega reageerida. Selleks viisid Faiella ja Mistretta enda töös läbi robustsustesti, millega hinnati energia ühikukulu viitaja seost ekspordiga (mis eelmiste perioodide energia ühikukulu mõjutama ei peaks) ja leidsid, et ka möödunud perioodide energia ühikukulu mõjutab veel käesoleva perioodi ekspordi negatiivselt. (Faiella & Mistretta, 2022) Käesolevas töös küll ei leitud, et energia ühikukulu viitaegade mõju oleks statistiliselt oluline, kuid samas ei ole see kindel indikatsioon vastupidise kausaalsuse esinemisest.

Lisaks on käesolevas töös läbiviidud analüüsi üks märkimisväärne piirang kaudsete energiakuludega mitteametamine, mis Kaltenegger *et al.* (2017) järgi domineerivad masinatööstuses ja transpordivahendite tootmises ning samuti omavad olulist tähtsust ka ülejäänud tööstusharudes. Samas indikeerib juba otseste energiakulude negatiivne mõju konkurentsivõimele, et kaudsete energiakulude arengutega on samuti oluline poliitikakujundamisel arvestada, sest sarnaselt otsestele kuludele tõstab energiahinna – ja maksude kasv ka kaudseid energiakulusid läbi sisendtoodete tootmises tehtud energiakulude. Seejuures on küll võimalus, et energiantensiivsetes toodetes sisalduvaid kaudseid energiakulusid imporditakse arenevatest majandustest, kus vastav toodang on tõenäoliselt madalamate keskkonnastandardite tõttu odavam, kuid see süvendab

omakorda saaste varjupaiga efekti esinemist ja õõnestab seeläbi keskkonnanäesmärkide saavutamist ning samuti tekitab täiendavaid geopoliitilisi riske.

Töös saadud tulemused pakuvad olulisi tähelepanekuid edasiste uurimuste ja poliitika kujundamise protsesside jaoks. Mõlemal juhul on olulisemaks lähtekohaks energiasektori ja eksportiva tööstuse omavaheliste keeruliste ja mitmekülgsete suhete põhjalik mõistmine. See hõlmab arusaama energiakulusid mõjutavatest teguritest ja energiakulude suhtest eksportiva tööstusega üleüldiselt kui ka erinevate tööstusharude lõikes; nii otseste kui kaudsete (läbi teiste tööstusharude sisendite) energiakulude mõjudega arvestamist; hinnangut ettevõtete võimele kõrgemate energiahindade tingimustes konkurentsivõimet säilitada (läbi suutlikkuse protsesse ja tooteid innoveerida) ja samuti seejuures arvestamine potentsiaalsete kõrvalmõjudega, mis kaasnevad erinevate meetoditega, mille eesmärk on mõjutada tööstusettevõtteid saavutama kõrgemat energiaefektiivsust.

Sarnaselt mitmete varasemate uuringute tulemustele (nii EL kui ka teiste riikide põhjal) indikeerivad käesoleva töö tulemused, et Euroopa Liidu suurimate majanduste eksportival tööstusel pigem esineb probleeme konkurentsivõime säilitamisega kõrgemate energiakulude tingimustes. Samuti on see probleem oluliselt suurem energiaintensiivsetes tööstusharudes. Seega on tähtis edaspidiste ambitsioonikate energiareformide läbiviimisel põhjalikult analüüsida nende mõju tööstussektori energiakuludele ja keskenduda sellele, et energiakulud suhtena toodangusse oluliselt ei kasvaks. See nõuab meetmeid ja lahendusi, mis eeskätt aitavad piirata energia lõpptarbimishindade kasvu, aga ka soodustavad innovatsioonilist tegevust, mis ühest küljest aitab saavutada suurema energiaefektiivsuse, kuid samas ei nõua energiaefektiivsuse saavutamist teiste oluliste toote – ja protsessiarendusega seotud innovatsioonide arvelt, milles ettevõtja ise näeb suurimat kasutegurit enda konkurentsivõime parandamisele.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on uurida Euroopa Liidu viie suurima majanduse näitel energiakulude mõju tööstussektori konkurentsivõimele. Töö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud kolm uurimisküsimust:

- 1) Kuidas on energia ühikukulu viies suurimas EL liikmesriigis ajas muutunud ja millest need muutused on tingitud?
- 2) Kas energiakulude muutus on mõjutanud vaadeldavate EL liikmesriikide tööstussektori konkurentsivõimet lühiperspektiivis?
- 3) Kui suurt mõju avaldavad muutused energiakuludes vaadeldavate EL liikmesriikide tööstussektori konkurentsivõimele lühiperspektiivis?

Uurimusküsimuste lahendamiseks arvutatakse välja maagaasi- ja elektrihindadel ning tarbimisandmetel põhinev energia ühikukulu (UEC) näitaja tööstusharude tasemel Euroopa Liidu viie suurima majanduse (Saksamaa, Prantsusmaa, Itaalia, Hispaania ja Holland) jaoks perioodil 2005-2020. Arvutatud energia ühikukulu näitajat kasutatakse gravitatsioonimudelis, hindamaks UEC mõju valitud riikide konkurentsivõimele. Konkurentsivõime mõõdikuna kasutatakse valitud viie suurima majandusega EL riigi bilateraalset eksporti tööstusharude tasemel teistesse EL riikidesse ja suurimatesse globaalsetesse EL välistesse majandustesse (Ameerika Ühendriigid, Hiina, Jaapan ja Ühendkuningriik).

Töö tulemusena leitakse, et energia ühikukulu on vaadeldaval perioodil eksporti mõjutanud negatiivselt, kuid vastav mõju on olnud marginaalne. Vastavalt hinnatud regressioonmudeli tulemustele on 1% UEC kasv vähendanud EL-i suurimate majanduste tööstussektori eksporti 0,1%. Vastav tulemus on kooskõlas mitmete varasemate uuringutega, mis on samuti leidnud, et suuremad energiakulud mõjutavad riikide tööstussektori eksporti negatiivselt, kuid üldjuhul jääb see mõju tagasihoidlikuks. Energiaintensiivsete tööstusharude puhul, mis hõlmavad metallitööstust, mittemetalliliste mineraalide tööstust ja paberi-, tselluloosi ja trükitööstust, on UEC mõju olnud ekspordile kuni kaks korda suurem. Teisisõnu 1% UEC suurenemine on nende tööstuste eksporti vähendanud ligikaudu 0,2%.

Kuigi vaatlusperioodi esimeses pooles on energia ühikukulu EL viie suurima majanduse grupi tasandil kasvanud, siis perioodil 2013-2018 on see järjepidevalt langenud ja alates 2016. aastast kuni vaatlusperioodi lõpuni püsinud alla vaatlusperioodi alguse ehk 2005. aasta taseme. Seega on vaadeldaval perioodil otseste energiakulude kumulatiivne langus EL-i suurimate majanduste tööstussektori konkurentsivõime paranemist isegi soodustanud.

Analüüsidest põhjalikumalt energia ühikukulu mõjutavaid tegureid on näha, et vaatlusperioodi esimesel poolel (2005-2013) on energia ühikukulu kasvu peamiselt vedanud elektri ja maagaasi netohindade kasv, aga teisalt on seda tugevalt tasakaalustanud energiaintensiivsuse vähenemine. Vastav tulemus indikeerib, et tööstussektori ettevõtted on suutnud enda energiaefektiivsust parandada, kuid energiaintensiivsuse languse pidurdumine aja möödudes võib viidata sellele, et võimalused energiaefektiivsust pidevalt kasvatada on piiratud. Seejuures perioodi teisel poolel, kui UEC-le on hakanud peamiselt ülespidist survet avaldama maksutõusud, on üha suuremat mõju UEC vähendamisele lisaks energiakandjate hinnalangusele hakanud avaldama ka tööstusharu kompositsiooniefekt ehk EL suurimate majanduste tööstuses on suurenenud mitte energiaintensiivsete tööstuste osakaal.

Saadud tulemustest saab järeldada, et energiakulude ja konkurentsivõime vaheline seos EL suurimate majanduste põhjal vaadeldaval perioodil ühtib saaste varjupaiga hüpoteesi põhieeldusega, mille kohaselt mõjutavad kõrgemad energiakulud (mis on peamiselt tingitud kõrgematest energiahindadest ja maksudest) tööstussektori konkurentsivõimet negatiivselt. Samas ei lükka need tulemused ümber Porteri hüpoteesi esinemist vähemalt selle nõrgas vormis, sest energiaintensiivsuse vähenemine tööstussektoris viitab suurema energiaefektiivsuse saavutamisele, kuid teisalt selle kinnitamine nõuab lähemat uurimist. Edasise energiapoliitika kujundamise seisukohast on aga kahtlemata oluline arvestada energia ühikukulu mõjuga tööstussektori konkurentsivõimele, kuna tulenevalt nende negatiivsest omavahelisest seosest võib järsk ja pidev energiakulude tõus hakata ajapikku EL tööstuse konkurentsivõimele olulist mõju avaldama. Isegi kui seejuures ettevõtjad suudavad läbi energiaefektiivsuse suurendamise kasvavate hindade või maksude mõju teatud määral tasakaalustada, siis on ka nendel võimalustel piirid. Lisaks tuleb arvestada sellega, et täiendav energiaefektiivsuse saavutamine võib kaasa tuua ka väljatõrje efekti, mille puhul jäävad teised olulised toote- või protsessiarendusega seotud innovatsioonid teostamata, millel oleks konkurentsivõime parandamisele samuti oluline mõju.

SUMMARY

IMPACT OF ENERGY COSTS ON THE INDUSTRIAL SECTOR'S COMPETITIVENESS IN SELECTED EUROPEAN UNION COUNTRIES

Tõnno Tint

The aim of this thesis is to research impact of energy costs on the industrial sector's competitiveness in five largest EU economies. To achieve the stated goal of the thesis, three research questions are formulated:

- 1) How the unit energy cost has changed over time in five largest EU member states and what factors have caused that change?
- 2) Does change in energy costs have an impact on the industrial sector's competitiveness in selected EU member states in the short-term?
- 3) How large impact do changes in energy costs have on the industrial sector's competitiveness in selected EU member states in the short-term?

To answer the research questions, the unit energy cost (UEC) based on natural gas and electricity prices and consumption data is calculated on the industry level for the five largest economies in the European Union (Germany, France, Italy, Spain and the Netherlands) for the period of 2005-2020. The calculated UEC indicator is used in a gravity model to assess the impact of UEC on the industrial sector's competitiveness in selected countries. As a measure of competitiveness, bilateral exports of selected countries at the industry level to other EU countries and the largest non-EU economies (United States, China, Japan and the United Kingdom) are used.

The results show that the UEC has negative, but marginal impact on industrial exports during the observed period. According to the estimated regression models, a 1% increase in UEC reduces industrial exports of the EU largest economies by approximately 0.1%. This result is consistent with numerous previous studies that have also found that energy costs have negative impact on industrial exports, but in general, the effect is found to be modest. For energy-intensive industries, such as basic metals, non-metallic minerals and paper, pulp and printing, the impact of UEC has

been up to twice as large on exports. In other words, a 1% increase in UEC has reduced bilateral exports of these industries by approximately 0.2%.

Although the unit energy cost for the group of five selected EU countries has increased in the first half of the observation period, then between 2013 and 2018 it has substantially decreased and since 2016 to the end of the observation period it has remained below the level of the beginning of the observation period in 2005. Therefore, during the observed period, the cumulative reduction in energy costs has even facilitated the improvement of the competitiveness of the industrial sector of the EU's largest economies.

Analyzing the factors that influence unit energy costs more closely, it can be seen that in the first half of the observation period (2005-2013), the growth of unit energy cost was mainly driven by the increase in net prices of electricity and natural gas, but it was strongly balanced by the decrease in energy intensity. This result indicates that industrial companies have been able to improve their energy efficiency, but the plateauing of the energy intensity decline over time may indicate that the opportunities to continuously increase energy efficiency have become more limited. Meanwhile in the second half of the period, when the upward pressure to UEC has been mostly driven by tax increases, the industry composition effect has become one of the key contributors along with decrease in electricity and natural gas net prices to reduce unit energy costs.

The results obtained indicate that the relationship between energy costs and the industrial sector's competitiveness in the EU's largest economies during the observed period corresponds to the main assumption of the pollution haven hypothesis, according to which higher energy costs (mainly due to higher energy prices and taxes) negatively affect the industrial sector's competitiveness. However, these results do not refute the existence of Porter hypothesis, as the decrease in energy intensity in the industrial sector suggests achieving greater energy efficiency, but confirming this requires further research. From the perspective of shaping further energy policy, it is undoubtedly important to take into account the impact of unit energy costs on the industrial sector's competitiveness, as the sharp and continuous increase in energy costs can gradually have a significant detrimental impact on the EU industry's competitiveness resulting from their negative mutual relationship. Even if entrepreneurs can balance the impact of rising prices or taxes to some extent through improving energy efficiency, there are still potential limits to these opportunities. In addition, it should be noted that achieving additional energy efficiency may also lead to a displacement effect, where other important innovations related to product or process development

are not implemented, which could also start to significantly hinder the improvement of competitiveness.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Aldy, J. E., & Pizer, W. A. (2015). The Competitiveness Impacts of Climate Change Mitigation Policies. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 565-595.
- Anderson, J. E. (1979). A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *The American Economic Review*, 106-116.
- Anderson, J. E., & Van Wincoop, E. (2003). Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *The American Economic Review*, 170-192.
- Bacchetta, M., Beverelli, C., Cadot, O., Fugazza, M., Grether, J.-M., Helble, M., . . . Piermartini, R. (2012). *A Practical Guide to Trade Policy Analysis*. Genf: World Trade Organization.
- Balaž, P., & Bayer, J. (2019). ENERGY PRICES AND THEIR IMPACT ON THE COMPETITIVENESS OF THE EU STEEL INDUSTRY. *Prague Economic Papers*, 547-566.
- Baldwin, R., & Taglioni, D. (2006). Gravity for dummies and dummies for gravity equations. *National Bureau of Economic Research*, 1-31.
- Bergstrand, J. H. (1989). The Generalized Gravity Equation, Monopolistic Competition, and the Factor-Proportions Theory in International Trade. *The Review of Economics and Statistics*, 143-153.
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (1994). North-South Trade and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 755-787.
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2004). Trade, Growth, and the Environment. *Journal of Economic Literature*, 7-71.
- Costantini, V., & Crespi, F. (2008). Environmental regulation and the export dynamics of energy technologies. *Ecological Economics*, 447-460.
- Costantini, V., & Mazzanti, M. (2012). On the green and innovative side of trade competitiveness? The impact of environmental policies and innovation on EU exports. *Research Policy*, 132-153.
- Dechezlepretre, A., & Sato, M. (2017). The Impacts of Environmental Regulations on Competitiveness. *Review of Environmental Economics and Policy*, 183-206.

- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 431-455.
- Egger, P., & Pfaffermayr, M. (2003). The proper panel econometric specification of the gravity equation: A three-way model with bilateral interaction effects. *Empirical Economics*, 571-580.
- Erdos, P. (2012). Have oil and gas prices got separated? *Energy Policy*, 707-718.
- Eurostat. (2019). *Energy balance guide*. Brussels: European Commission.
- Eurostat. (2023). *DEMO_PJAN: Population on 1 January by age and sex*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/demo_pjan/default/table?lang=en
- Eurostat. (2023). *DS-057009: EU trade 1988-2022 by CPA 2008*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/newxtweb/>
- Eurostat. (2023). *Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) (nrg_pc_204)*. Kasutamise kuupäev: 21. aprill 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/EN/nrg_pc_204_sims_es.htm
- Eurostat. (2023). *NAMA_10_A64: National accounts aggregates by industry (up to NACE A*64)*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NAMA_10_A64__custom_1252979/default/table?lang=en
- Eurostat. (2023). *NAMA_10_GDP: GDP and main components (output, expenditure and income)*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NAMA_10_GDP/default/table?lang=en
- Eurostat. (2023). *NRG_BAL_S: Simplified energy balances*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_s/default/table?lang=en
- Eurostat. (2023). *NRG_PC_203: Gas prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards)*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_203/default/table?lang=en
- Eurostat. (2023). *NRG_PC_203_H: Gas prices for industrial consumers - bi-annual data (until 2007)*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_203_h/default/table?lang=en
- Eurostat. (2023). *NRG_PC_205: Electricity prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards)*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_205/default/table?lang=en

- Eurostat. (2023). *NRG_PC_205_H: Electricity prices for industrial consumers - bi-annual data (until 2007)*. Kasutamise kuupäev: 25. märts 2023. a., allikas https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_pc_205_h/default/table?lang=en
- Faiella, I., & Mistretta, A. (2022). The Net Zero Challenge for Firms' Competitiveness. *Environmental and Resource Economics*, 85-113.
- FitzGerald, J., Keeney, M., & Scott, S. (2009). Assessing vulnerability of selected sectors under environmental tax reform: the issue of pricing power. *Journal of Environmental Planning and Management*, 413-433.
- Gill, F. L., Viswanathan, K. K., & Karim, M. Z. (2018). The Critical Review of the Pollution Haven Hypothesis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 167-174.
- Grave, K., Hazrat, M., Boeve, S., von Blücher, F., & Bourgault, C. (2015). *Electricity Costs of Energy Intensive Industries*. Ecofys.
- Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997). Environmental regulation and innovation: a panel data study. *The Review of Economics and Statistics*, 610-619.
- Jaffe, A. B., Peterson, S. R., Portney, P. R., & Stavins, R. N. (1995). Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us? *Journal of Economic Literature*, 132-163.
- Jones, R. W. (1956). Factor Proportions and the Heckscher-Ohlin Theorem. *The Review of Economic Studies*, 1-10.
- Kaltenegger, O., Löschel, A., Baikowski, M., & Lings, J. (2017). Energy costs in Germany and Europe: An assessment based on a (total real unit) energy cost accounting framework. *Energy Policy*, 419-430.
- Kepaptsoglou, K., Karlaftis, M. G., & Tsamboulas, D. (2010). The Gravity Model Specification for Modeling International Trade Flows and Free Trade Agreement Effects: A 10-Year Review of Empirical Studies. *The Open Economics Journal*, 1-13.
- Kodama, F. (1995). *Emerging Patterns of Innovation*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kumar, S., & Prabhakar, P. (2020). Industrial energy prices and export competitiveness: evidence from India. *Environmental Economics and Policy Studies*, 1-20.
- Letchumanan, R., & Kodama, F. (2000). Reconciling the conflict between the "pollution-haven" hypothesis and an emerging trajectory of international technology transfer. *Research Policy*, 59-79.
- Marin, G., & Vona, F. (2021). The impact of energy prices on socioeconomic and environmental performance: Evidence from French manufacturing establishments, 1997-2015. *European Economic Review*, 1-19.

- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 97-118.
- Roegen, N. G. (1975). Energy and Economy Myths. *Southern Economic Journal*, 347-381.
- Rubashkina, Y., Galeotti, M., & Verdolini, E. (2015). Environmental regulation and competitiveness: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from European manufacturing sectors. *Energy Policy*, 288-300.
- Sato, M., & Dechezlepretre, A. (2015). Asymmetric industrial energy prices and international trade. *Energy Economics*, 130-141.
- Sato, M., Singer, G., Dussaux, D., & Lovo, S. (2019). International and sectoral variation in industrial energy prices 1995-2015. *Energy Economics*, 235-258.
- Shepherd, B. (2016). *The Gravity Model of International Trade: A User Guide*. Thailand: United Nations.
- Silva, J. M., & Tenreyro, S. (2006). The Log of Gravity. *The Review of Economics and Statistics*, 641-658.
- Speck, S., & Salmons, R. (2007). Leakage analysis within a decoupling framework. rmt: M. S. Andersen, T. Barker, E. Christie, P. Ekins, J. F. Gerald, J. Jilkova, . . . S. Speck, *Competitiveness Effects of Environmental Tax Reforms* (lk 420-468). Taani: Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.
- Steffen, B., & Patt, A. (2022). A historical turning point? Early evidence on how the Russia-Ukraine war changes public support for clean energy policies. *Energy Research & Social Science*, 1-10.

LISAD

Lisa 1. Tööstusharude jaotus kasutatud andmestikes

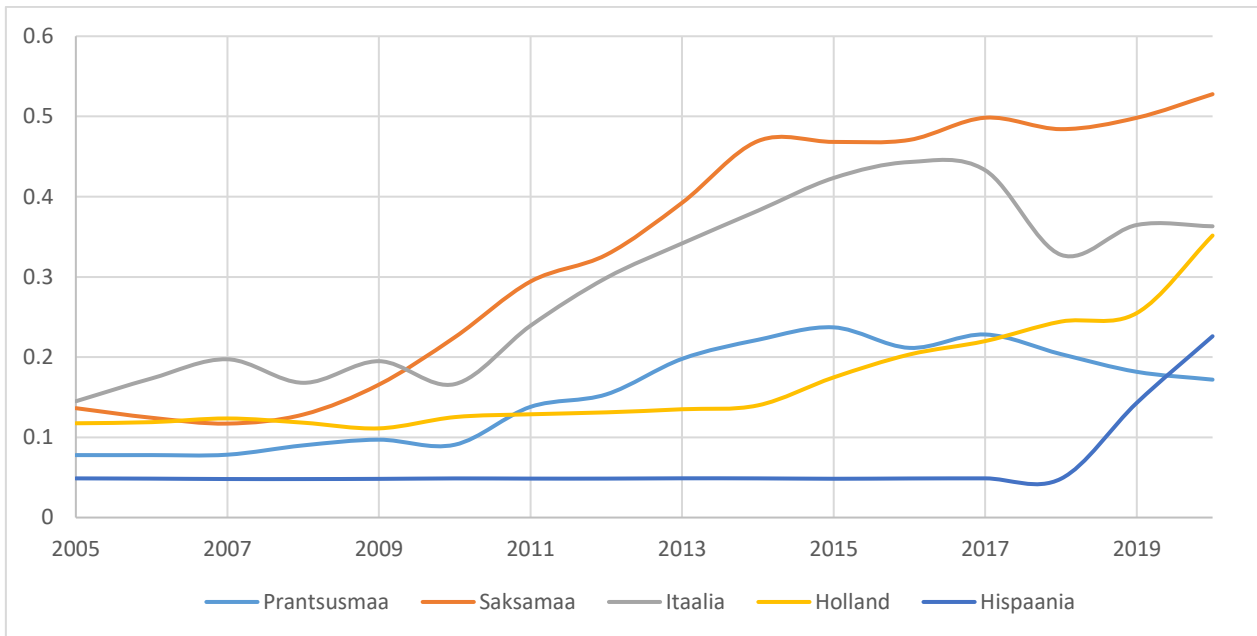
Energiabilanss	Kogutoodang	Eksport
Raud ja teras	Põhismetallid	Põhismetallid
Mitteraudmetallid		
Kemikaalid ja naftakemikaalid	Kemikaalid ja keemiatooted	Kemikaalid ja keemiatooted
	Põhifarmaatsiatooted ja ravimpreparaadid	Põhifarmaatsiatooted ja ravimpreparaadid
Mittemetallilised mineraalid	Muud mittemetallilised mineraalid	Muud mittemetallilised mineraalid
Masinatööstus	Töödeldud metalltooted, v.a. masinad ja seadmed	Töödeldud metalltooted, v.a. masinad ja seadmed
	Arvuti-, elektroonika- ja optikatooted	Arvuti-, elektroonika- ja optikatooted
	Elektriseadmed	Elektriseadmed
	Mujal klassifitseerimata masinad ja seadmed	Mujal klassifitseerimata masinad ja seadmed
Transpordivahendid	Mootorsõidukite, haagiste- ja poolhaagiste tootmine	Mootorsõidukite, haagiste- ja poolhaagiste tootmine
	Muud transpordivahendid	Muud transpordivahendid
Kaevandus	Rauamaak	Rauamaak
	Mittetuldm metallide maagid ja kontsentratsioonid	Mittetuldm metallide maagid ja kontsentratsioonid
	Dekoratiiv- ja ehituskivi, lubjakivi, kips, kriit ja kiltkivi	Dekoratiiv- ja ehituskivi, lubjakivi, kips, kriit ja kiltkivi
	Kruus, liiv, savi ja kaoliin	Kruus, liiv, savi ja kaoliin
	Kemikaalide ja väetismineraalide kaevandamine	Kemikaalide ja väetismineraalide kaevandamine
	Sool ja puhas naatriumkloriid; merevesi	Sool ja puhas naatriumkloriid; merevesi
	Muud mujal liigitamata kaevandus- ja karjääratooted	Muud mujal liigitamata kaevandus- ja karjääratooted
Toidu-, joogi- ja tubakatooted	Toidutooted	Toidutooted
	Joogid	Joogid
	Tubakatooted	Tubakatooted

Lisa 1 jätk

Paberi-, tselluloosi ja trükitööstus	Paber ja pabertooted	Paber ja pabertooted
	Trüki- ja salvestusteenused	Trüki- ja salvestusteenused
Puit ja puittooted	Puit ning puit- ja korktooted, v.a. mööbel; õlgedest ja punumismaterjalidest tooted	Puit ning puit- ja korktooted, v.a. mööbel; õlgedest ja punumismaterjalidest tooted
Tekstiili- ja nahatooted	Tekstiil	Tekstiil
	Rõivad	Rõivad
	Nahk ja seotud tooted	Nahk ja seotud tooted
Mujal liigitamata tooted	Mööblitootmine	Mööblitootmine
	Kummi-ja plasttooted	Kummi-ja plasttooted
	Muud toodetud tooted	Muud toodetud tooted

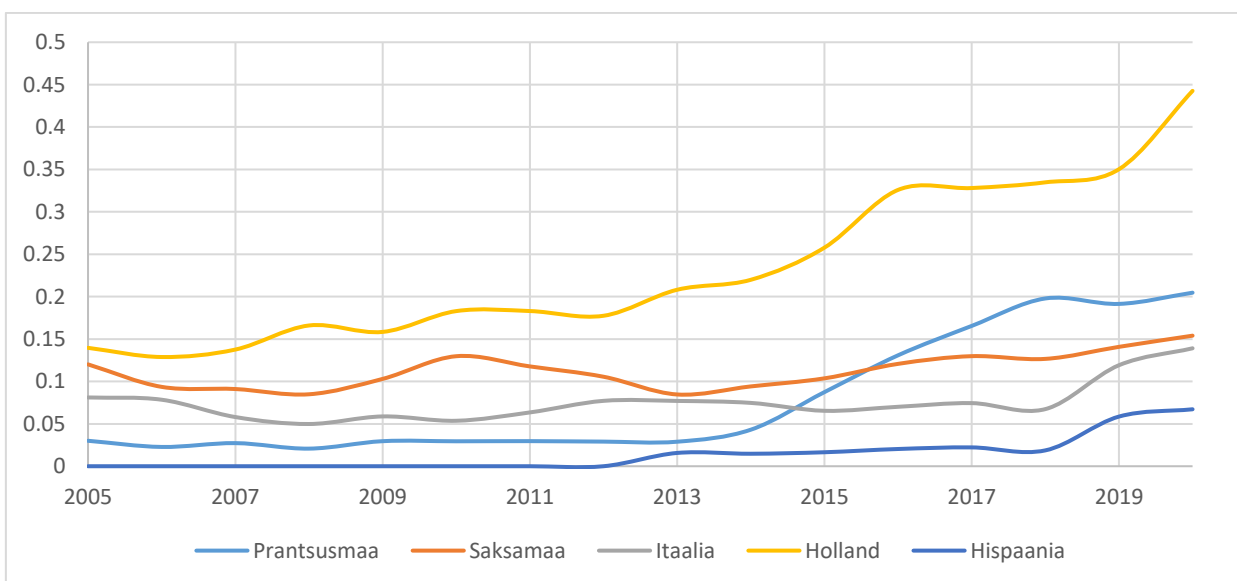
Allikas: Autori koostatud Eurostati energiabilansi juhendi (Eurostat, 2019) põhjal

**Lisa 2. Elektrienergiale kehtestatavate maksude osakaal tööstussektori
tarbijate lõpptarbimishinnas valitud EL riikide puhul.**



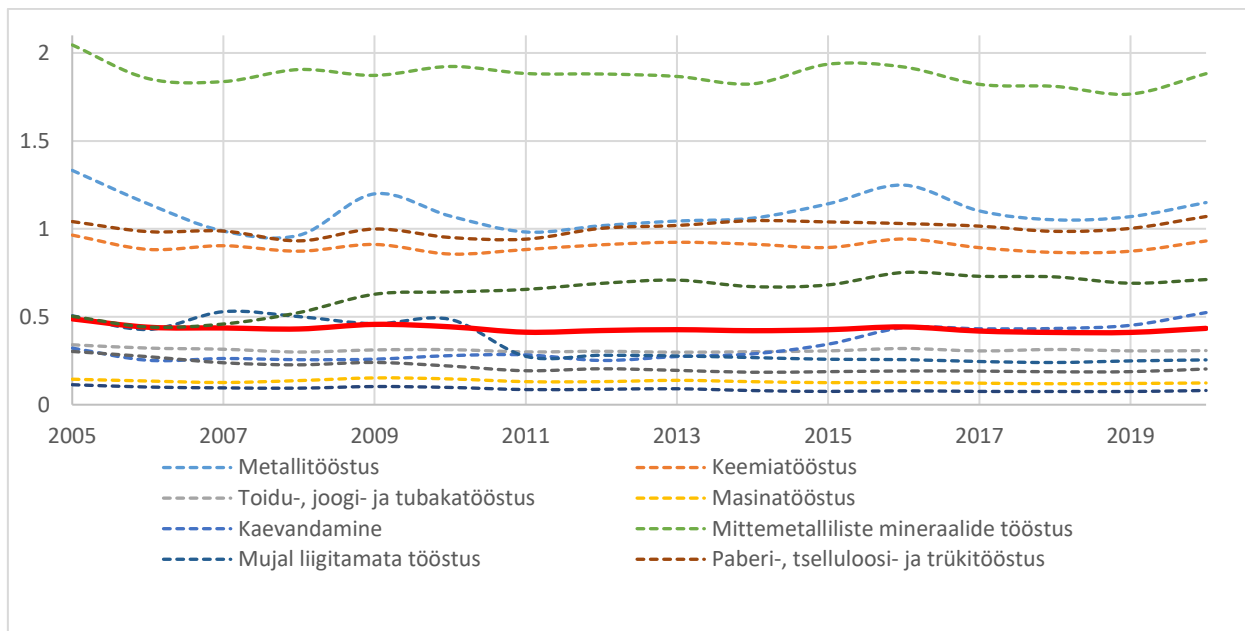
Allikas: autori arvutused Eurostati andmete põhjal

**Lisa 3. Maagaasile kehtestatavate maksude osakaal tööstussektori tarbijate
lõpptarbimishinnas valitud EL riikide puhul.**



Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Lisa 4. Valitud EL riikide tööstussektori ja tööstusharude kogu energiantsiivsus perioodil 2005-2020

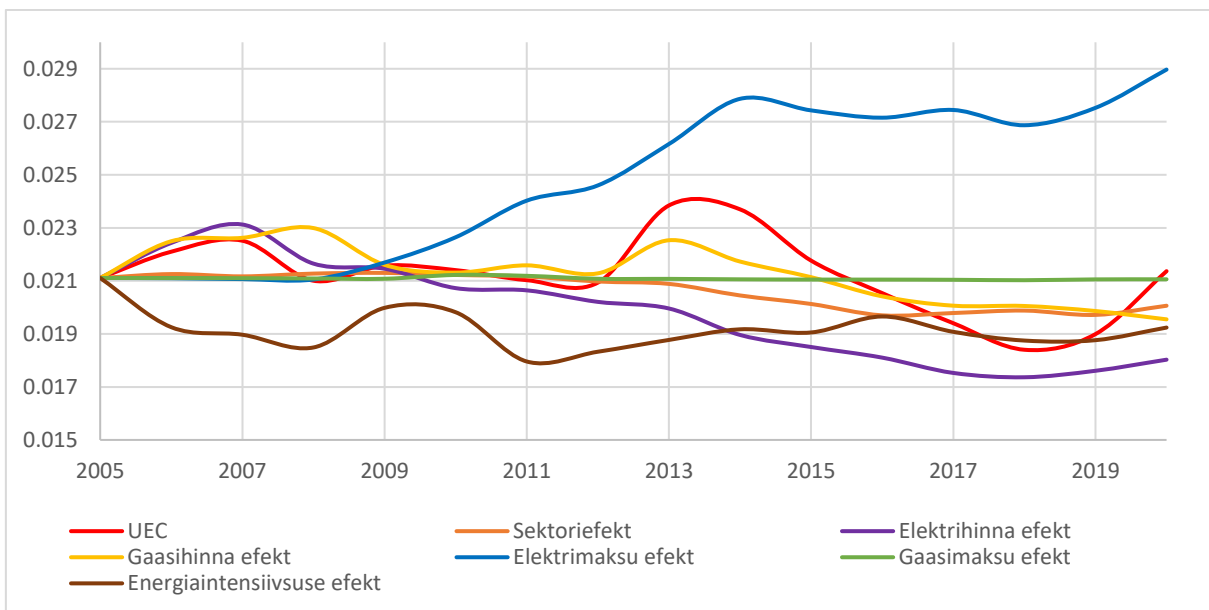


Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Märkus: 1. Kogu energiantsiivsuse mõõtühikuna on joonisel kasutatud kilovatt-tundi (KwH) ühe euro kogutoodangu kohta.

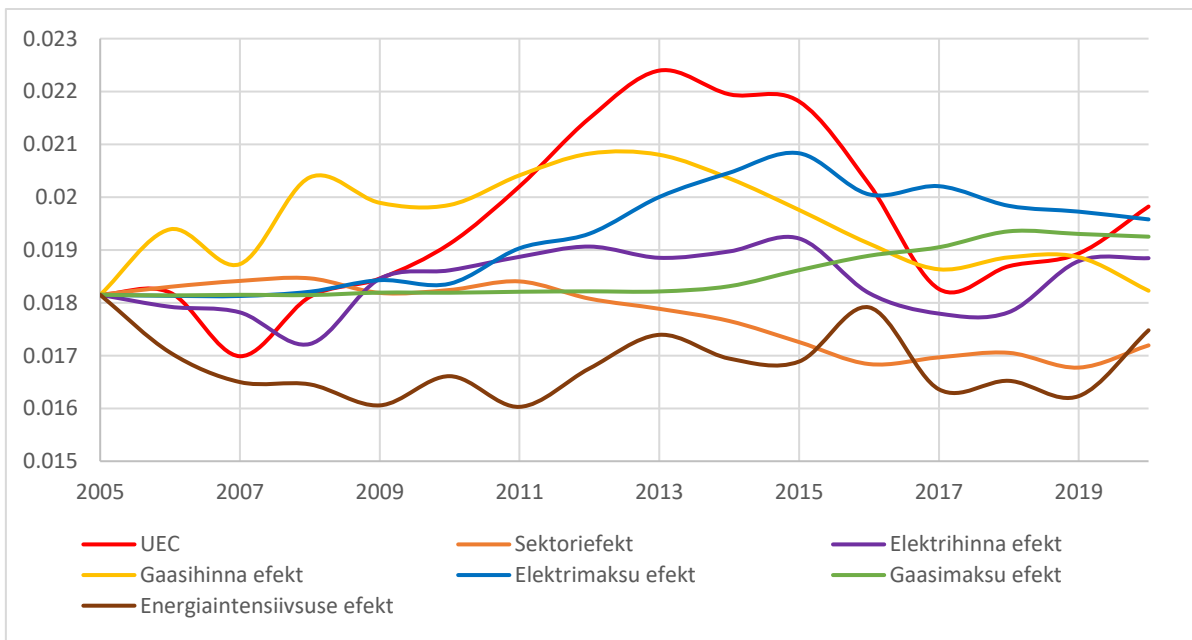
2. Terve tööstussektori energiantsiivsuse arvutamise puhul on kasutatud perioodi algul fikseeritud kogutoodangu kaale, et vältida tööstusharu kompositsiooni muutusest tulenevat mõju

Lisa 5. Saksamaa energia ühikukulu dekompositsioon



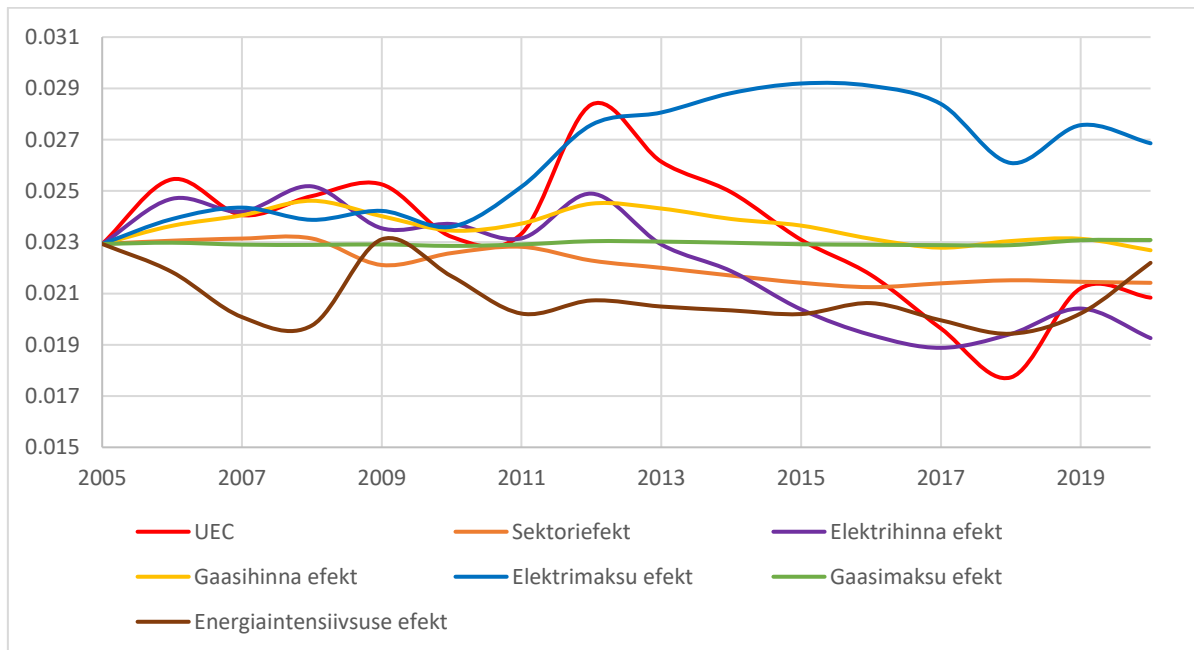
Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Lisa 6. Prantsusmaa energia ühikukulu dekompositsioon



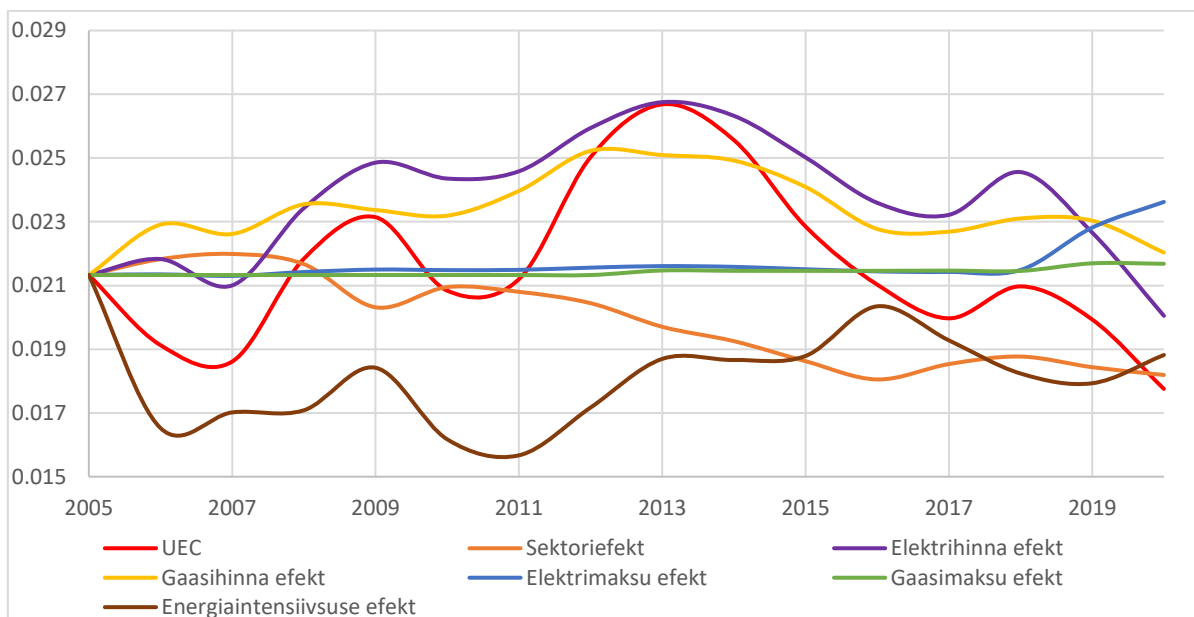
Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Lisa 7. Itaalia energia ühikukulu dekompositsioon



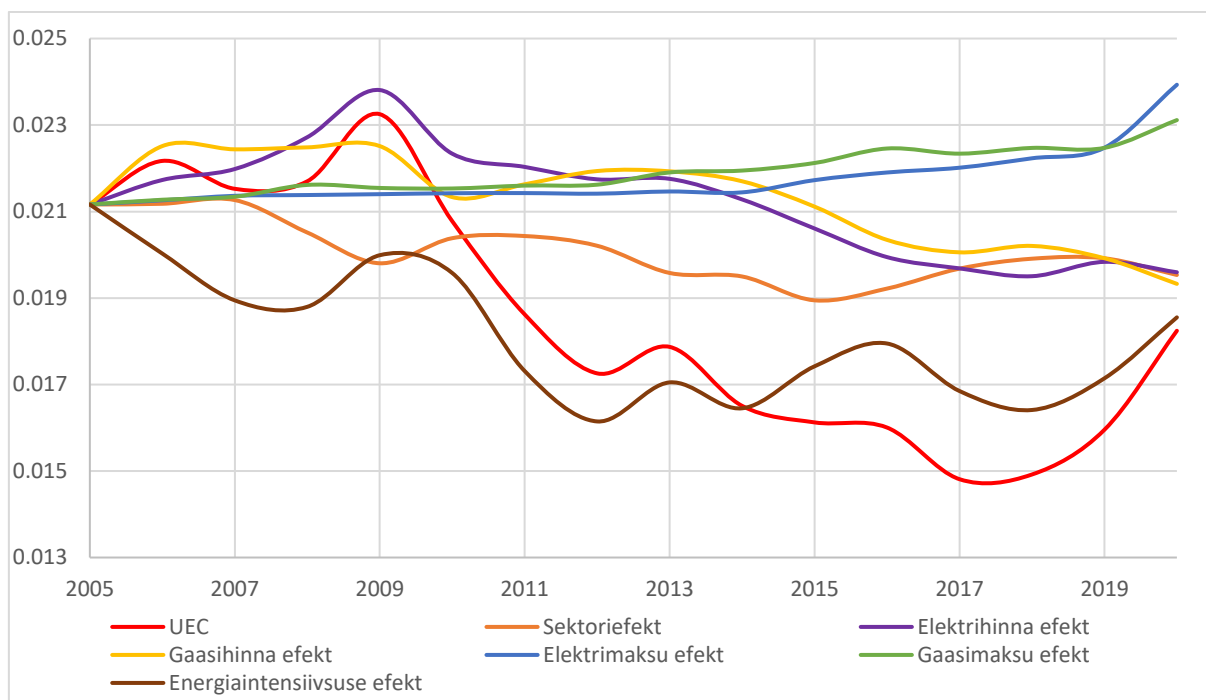
Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Lisa 8. Hispaania energia ühikukulu dekompositsioon



Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Lisa 9. Hollandi energia ühikukulu dekompositsioon



Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Lisa 10. Riikide grupi energia ühikukulu muutuse dekomponeerimise valem

$$\begin{aligned}\Delta UEC_{EU5} = & \sum_c z_{ct-1} \sum_i q_{cit-1} \sum_e (\hat{p}_{cet-1} + \hat{\tau}_{cet-1}) \Delta_t I_{iec} + \sum_c z_{ct-1} \sum_i q_{cit-1} \sum_e I_{ciet} \Delta_t \hat{p}_{ce} \\ & + \sum_c z_{ct-1} \sum_i q_{cit-1} \sum_e I_{ciet} \Delta_t \hat{\tau}_{ce} + \sum_c z_{ct-1} \sum_i UEC_{cit} \Delta_t q_{ci} \\ & + \sum_c UEC_{ct} \Delta_t z_c\end{aligned}$$

kus

$$q_{cit} = \frac{Q_{cit}}{\sum_i Q_{cit}} - \text{Riigi } c \text{ tööstusharu } i \text{ kogutoodangu osakaal tööstussektori kogutoodangus}$$

ajaperioodil t

$$z_{ct} = \frac{Q_{ct}}{\sum_c Q_{ct}} - \text{Riigi } c \text{ tööstussektori kogutoodangu osakaal riikide grupi tööstussektori}$$

kogutoodangus ajaperioodil t

$$I_{cit} = \frac{\sum_e E_{ciet}}{\hat{Q}_{cit}} - \text{Riigis } c \text{ tööstusharu } i \text{ energiantensiivsus ajaperioodil } t$$

$$\hat{Q}_{cit} = \frac{Q_{cit}}{defl_{cit}} - \text{Riigi } c \text{ tööstusharu } i \text{ reaalne kogutoodang ajaperioodil } t \text{ (deflateeritud SKP}$$

deflaatoriga)

$$\hat{p}_{cet} = \frac{p_{cet}}{defl_{cit}} - \text{Riigis } c \text{ energiakandja } e \text{ reaalne netotarbimishind tööstustarbijale ajaperioodil } t$$

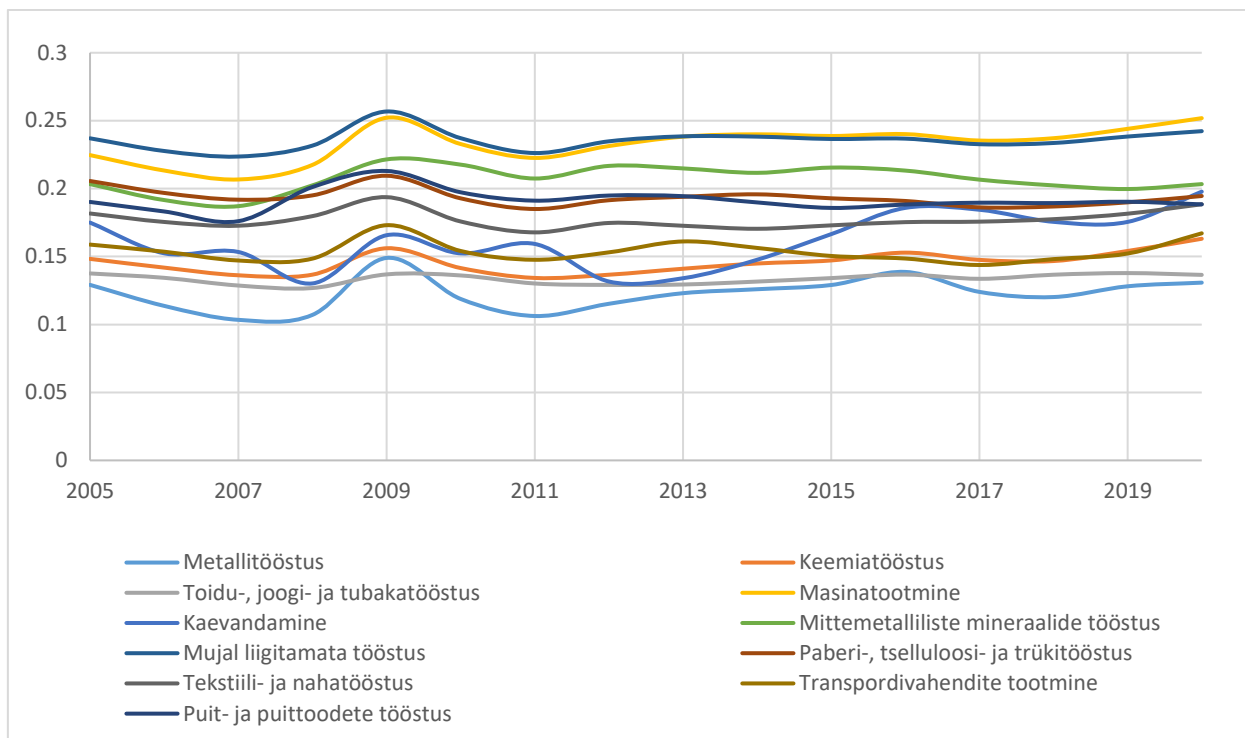
(deflateeritud SKP deflaatoriga)

$$\hat{\tau}_{cet} = \frac{\tau_{cet}}{defl_{cit}} - \text{Riigis } c \text{ energiakandja } e \text{ tarbimisele kehtestatavad tagastamatud maksud}$$

reaalväärtuses ajaperioodil t (deflateeritud SKP deflaatoriga)

Allikas: Faiella & Mistretta, 2022

Lisa 11. Tööjõu ühikukulu dünaamika vaadeldaval perioodil valitud riikides



Allikas: Autori arvutused Eurostati andmete põhjal

Lisa 12. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks⁹

Mina Tõnno Tint

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Energiakulude mõju tööstussektori konkurentsivõimele valitud 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.

_____ (kuupäev)

⁹ 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 tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. jq 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.