

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Majandusteaduskond
Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Marelle Tammjärv

**TEADUS- JA ARENDUSTEgevuse ning Inimkapitali
Mõju Tootlikkusele Euroopa Liidu Riikides**

Bakalaureusetöö

Õppekava rakenduslik majandusteadus, peeriala majandusanalüüs

Juhendaja: Artjom Saia, MA

Tallinn 2022

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 7108 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Marelle Tammjärv

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 193403TAAB

Üliõpilase e-posti aadress: marelle147@gmail.com

Juhendaja: Artjom Saia, MA:

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	4
SISSEJUHATUS	5
1. TEOREETILINE RAAMISTIK	7
1.1. Teoreetiline käsitlus	7
1.2. Teadus- ja arendustegevuse näitajate mõju tootlikkusele	11
1.3. Ülevaade varasemast kirjandusest	14
1.4. Uurimisküsimuste ja hüpoteeside püstitamine	18
2. ANDMED JA METOODIKA	20
2.1. Andmete valik ja kirjeldav statistika	20
2.2. Korrelatsioonanalüüs	22
2.3. Analüüsimetoodika	23
3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED	28
3.1. Tulemused	28
3.2. Järeldused	30
KOKKUVÕTE	32
SUMMARY	35
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	37
LISAD	41
Lisa 1. Euroopa Liidu T&A intensiivsus aastatel 2019, 2020 ning eesmärk aastaks 2020	41
Lisa 2. Mudelis kasutatavad tähised ja nende selgitused	43
Lisa 3. Korrelatsioonimaatriks – sõltuv muutuja SKP <i>per capita</i>	44
Lisa 4. Korrelatsioonimaatriks – sõltuv muutuja tööjõu tootlikkus	45
Lisa 6. Lihtlitsents	46

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on leida, millist mõju avaldavad teadus- ja arendustegevus ning inimkapital tootlikkusele Euroopa Liidu riikides. Eesmärgi saavutamiseks kasutab autor sekundaarseid andmeid 27 Euroopa Liidu riigi kohta aastatel 2009–2019. Paneelandmete põhjal viib autor läbi kaks regressioonanalüüsi, kus uurib teadus- ja arendustegevuse, inimkapitali, digitehnoloogia, rahvastiku kasvu, kapitali kogumahtuvuse põhivarasse, kaubanduse avatuse, valitsuse efektiivsuse, IKT kapitali ja tööjõu kvaliteedi mõju nii majanduskasvule kui ka tööjõu tootlikkusele.

Lõplikest fikseeritud efektidega mudelitest, kus mõlemas kasutatakse kohandatud standardvigu ja ajaperioodidele vastavaid fiktiivseid tunnuseid, selgub, et SKP *per capita* kasvu mõjutavad positiivselt kasv T&A kulutustes, rahvastikus ja kapitali kogumahtuvuses põhivarasse. Tööjõu tootlikkuse kasvu mõjutab vaid kasv T&A kulutustes.

Läbi viidud analüüside tulemusel leidsid kinnitust kaks hüpoteesi viiest. Teadus- ja arendustegevusel on positiivne mõju majanduskasvule ja tööjõu tootlikkusele. Inimkapital osutus mudelites statistiliselt mitteoluliseks, mistõttu ei leidnud kinnitust hüpoteesid, et inimkapitalil on positiivne mõju majanduskasvule ja tootlikkusele. Samal põhjusel ei saanud kinnitust ka viimane hüpotees, et digitehnoloogial on positiivne mõju tootlikkusele.

Analüüsist järeldub, et investeerides teadus- ja arendustegevusse ja soosides innovatsiooni läbi erinevate poliitikameetmete, on võimalik saavutada majanduse kasv tänu suurenenud tootlikkusele.

Võtmesõnad: Teadus- ja arendustegevus, inimkapital, tööjõu tootlikkus, majanduskasv

SISSEJUHATUS

Üheks suurimaks ja olulisemaks majanduskasvu teguriks on tootlikkus. Kasutades efektiivsemalt olemasolevaid ressursse on võimalik suurendada kogutoodangut, ilma kasutatavate sisendite hulka suurendamata. Praeguseks hetkeks on digitehnoloogia arenenud juba nii kaugele, et see on osa meid ümbritsevast igapäevaelust. Tehisintellekti ja robotite abil on paljud keerulised ning rutiinsed tööd automatiseeritud, et säästa kasutatavaid ressursse ja teha töö efektiivsemaks, säästes sellega aega ja raha (Xu *et al.* 2018). Aina edasiareneva tehnoloogia kasutamiseks ja arendamiseks on vaja aga haritud inimesi. Teadus- ja arendustegevusse investeerimine ning inimeste teadmiste ja oskuste suurenemine soosib innovatsiooni, mis viib tootlikkuse kasvule (Zhu *et al.* 2021). Teadus- ja arendustegevuse edendamine on olnud Euroopa Liidu eesmärgiks läbi mitmete projektide juba aastaid. Projektide eesmärkideks on toetada teadusuuringuid ja tehnoloogia arengut, seeläbi suurendades teadus- ja arendustegevuse majanduslikku mõju. (Leading innovation through EU research 2022)

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on leida, milline on teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõju tootlikkusele Euroopa Liidu riikides.

Eesmärgi saavutamiseks on töö autor püstitanud neli uurimisküsimust:

- 1) Millised tegurid mõjutavad teadus- ja arendustegevuse edenemise intensiivsust?
- 2) Milline on teadus- ja arendustegevuse mõju tootlikkusele?
- 3) Milline on inimkapitali mõju tootlikkusele?
- 4) Kuidas mõjutab tootlikkust tehnoloogia arengu tase?

Eesmärgini jõudmist toetavad ka järgmised autori poolt püstitatud hüpoteesid:

- 1) Teadus- ja arendustegevusel on positiivne mõju majanduskasvule.
- 2) Teadus- ja arendustegevusel on positiivne mõju tootlikkusele.
- 3) Inimkapitalil on positiivne mõju majanduskasvule.
- 4) Inimkapitalil on positiivne mõju tootlikkusele.
- 5) Digitehnoloogia edenemisel on positiivne mõju tootlikkusele.

Lõputöö eesmärgi täitmiseks on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

- 1) Anda ülevaade majanduskasvu, tootlikkust ja teadus- ja arendustegevuse intensiivsust mõjutavatest teguritest ja nende vahelistest seostest;
- 2) Anda ülevaade teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõjust tootlikkusele ja majanduskasvule, tuginedes varasematele teoreetilistele ja empiirilistele teadusuuringutele;
- 3) Analüüsida seoseid teadus- ja arendustegevuse, inimkapitali ja tootlikkuse vahel;
- 4) Analüüsida teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõju tootlikkusele ja majanduskasvule Euroopa Liidu riikides valitud ajavahemikul;
- 5) Teha analüüsi tulemuste põhjal järeldused.

Bakalaureusetöös on peamiseks analüüsitavateks objektideks tööjõu tootlikkus, teadus- ja arendustegevusele tehtavad kulutused ja inimkapital Euroopa Liidu riikides aastatel 2009–2019. Analüüsitavaks valimiks on Euroopa Liidu riigid sellepärast, et tegu on enamasti arenenud riikidega, kes püüavad pidevalt soosida teadus- ja arendustegevust. Ajaperiood 2009–2019 osutus valituks seoses andmete kättesaadavusega ning et tagada analüüsi usaldusväärsus võimalikult pika aegrea näol.

Käesolev bakalaureusetöö jaguneb kolmeks peatükiks. Esimene peatükk jaguneb omakorda neljaks alapeatükiks, kus antakse ülevaade majanduskasvu teooriatest, teadus- ja arendustegevuse teguritest ja nende mõjust tootlikkusele, tehakse ülevaade varasematest empiirilistest ja teoreetilistest uurimustest ning püstitatakse uurimisküsimused ja hüpoteesid. Teises peatükis kirjeldatakse analüüsitavaid andmeid ja analüüsimeetodeid ning viiakse läbi korrelatsioon- ja regressioonanalüüs. Kolmandas peatükis analüüsitakse saadud tulemusi ja tehakse järeldused.

1. TEOREETILINE RAAMISTIK

Käesoleva bakalaureusetöö esimene peatükk jaguneb neljaks alapeatükiks, kus antakse ülevaade peamistest majanduskasvu teooriatest ja tootlikkuse olemusest. Kirjeldatakse, mis tegurid mõjutavad teadus- ja arendustegevuse intensiivsust ning kuidas need mõjutavad tootlikkust. Tehakse ülevaade varasematest teoreetilistest ja empiirilistest uurimustest. Samuti püstitatakse uurimisküsimused ja hüpoteesid.

1.1. Teoreetiline käsitlus

Peamiselt põhjustavad majanduskasvu neli tegurit. Esiteks investeringud, mis võimaldavad soetada rohkem seadmeid ehk kapitali. Teiseks elanikkonna kasv, mis loob eelduse tööjõu kasvuks. Kolmandaks on tehnoloogia areng, mis tänu oskuste ja teadmiste arenemisele tähendab, et tööjõud ja nende poolt kasutatavad masinad muutuvad efektiivsemaks. Oluliseks majanduskasvu teguriks on ka tootlikkuse kasv, mis tuleb eelkõige innovatsiooni soosimisest ja kvaliteetsest haridusest. Seda võivad mõjutada ka riigi suurus ja arengutase. (Burda, Wyplosz 2005, 46)

Tootlikkus näitab kui tõhusalt kasutatakse toodangu valmistamiseks selleks vajaminevaid sisendeid. Kasutatavateks sisenditeks on enamasti kapital ja tööjõud. Reeglina defineeritakse tootlikkust kui suhet kogutoodangu ja kasutatud sisendite vahel, kuid tootlikkuse kasvu on võimalik mõõta mitmel erineval viisil, sõltuvalt eesmärgist ja kättesaadavatest andmetest. Üldjuhul jagunevad tootlikkuse mõõtmise viisid kaheks – ühe teguri tootlikkus ja mitme teguri tootlikkus. Ühe teguri tootlikkuse puhul seostatakse kogutoodang ühe sisendiga, näiteks tööjõu või kapitali tootlikkuse leidmisel. Mitme teguri tootlikkuse ehk koguteguritootlikkuse leidmisel kasutatakse sisendina kombinatsiooni erinevatest sisenditest. (Schreyer, Pilat 2001)

Üheks tuntuimaks majanduskasvu uurivaks mudeliks on 1950-ndatel Robert Solow ja Trevor Swani poolt välja töötatud kasvumudel, mida tuntakse kui Solow-Swani mudelit (Solow 1956). Tegemist on eksogeense mudeliga, millega püütakse selgitada, kuidas kapitali kasv, tööjõu kasv

ning tehnoloogia areng mõjutavad majanduse kogutoodangut pikal perioodil. Solow mudeli järgi on pikaajalise majanduskasvu ja püsivalt tõusva elatustaseme peamiseks põhjuseks tehnoloogia areng, mida käsitletakse mudelis eksogeense muutujana, mis aja jooksul suurendab tootmisvõimsust. Solow mudel põhineb Cobb-Douglase tootmisfunktsioonil, mille eelduseks on konstantne mastaabiefekt. (Mankiw 2019, 208-209, 266-269)

$$Y = F(K, L) \tag{1}$$

kus

Y – kogutoodang,

K – füüsiline kapital,

L – tööjõud.

Kui nii kapital kui ka tööjõud suureneb, saame võrrandi järgmisel kujul:

$$\Delta Y = (MPK \cdot \Delta K) + (MPL \cdot \Delta L) \tag{2}$$

kus

MPK tähistab kapitali piirprodukti ehk muutust kogutoodangus, mis tuleb tänu täiendava kapitaliühiku kasutamisest;

MPL tähistab tööjõu piirprodukti ehk muutust kogutoodangus, mis tuleb tänu täiendava ühiku tööjõu kasutamisest.

Võttes eelduseks, et kehtib konstantne mastaabiefekt saab võrrandi teisendada järgmiselt:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta L}{L} \tag{3}$$

kus

α – kapitali osakaal,

$1-\alpha$ – tööjõu osakaal.

Lisades funktsiooni lisaks kapitali ja tööjõu kasvule sisse ka tehnoloogia arengu, saame tootmisfunktsiooni

$$Y = AF(K, L) \tag{4}$$

kus

A – tehnoloogia tase.

Funktsiooni teisendades jõuame majanduskasvu seletava võrrandini, mis võtab arvesse kapitali ja töajõu kasvu ning tehnoloogia arengut.

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta A}{A} \quad (5)$$

Võrrandi viimane liige $\frac{\Delta A}{A}$ tähistab koguteguritootlikkust, mida kutsutakse sageli ka Solow jääkliikmeks. Sellega seletatakse see osa kogutoodangu kasvust, mida ei ole võimalik seletada kasvuga kasutatavates sisendites. Nii kasutatakse Solow jääkliiget tootlikkuse kasvu mõõtmiseks, mis on põhjustatud tehnoloogia arengust. Seetõttu saab seda kasutada tehnoloogia arengu mõõtmiseks. Solow jääkliiget saab kogutegurikasvu mõõtmiseks kasutada vaid juhul kui on täidetud järgmised tingimused (Comin 2010):

- 1) tegu on Cobb-Douglaste tootmisfunktsiooniga;
- 2) esineb täielik konkurents sisenditurgudel;
- 3) väljundi ja sisendite kasvumäärad on õigesti mõõdetud.

Põhjusel, et Solow mudelis käsitletakse tehnoloogia arengut eksogeense muutujana, ei ole sellega võimalik selgitada, mis põhjustab tehnoloogia progressi. Selgitamiseks, milline on tehnoloogia arengu mõju majanduskasvule kasutatakse endogeenset kasvumudelit. Endogeense kasvuteooria kohaselt toimub majanduskasv eelkõige mudelisiseste ehk endogeensete muutujate mõjul, milleks on inimkapital ja teadmiste akumulatsioon. (Kerem *et al.* 1998, 239) Romer (1986) võtab oma mudelis tehnoloogia progressi kui endogeenset tegurit ning leiab, et pikaajalist majanduskasvu juhib peamiselt teadmiste akumulatsioon, mida omakorda mõjutavad investeeringud uurimistehnoloogiasse (*research technology*). Uurimistehnoloogia investeeringutel on aga kahanev tulu ehk investeeringute kahekordistamisel ei kahekordistu teadmised. Samuti on Romeri mudelis leitud positiivne välismõju uutesse teadmistesse investeerimisel. Kuivõrd on peaaegu võimatu patenteerida või hoida uusi teadmisi saladuses, on ühe ettevõtte poolt uute teadmiste loomisel positiivne välismõju teise ettevõtte tootmisvõimalustele. Ühtlasi on teadmistel suurenev piirprodukt. Seda võib täheldada sellest, et tarbimiskaupade tootmine funktsioonina teadmistest ja muudest sisenditest näitab kasvavat tulu.

Endogeense kasvuteooria idee seisneb selles, et tehnoloogia progress ei kasva kindla kasvumääraga, vaid seda mõjutavad inimeste tehtud valikud. Parendused inimkapitalis, teadus- ja arendustegevuses ning tehnoloogias suurendavad tootlikkust, mis on aluseks majanduskasvule (Kerem *et al.* 1998). Selle teooria järgi sõltub pika perioodi majanduskasv mudelisestest muutujatest, mida on võimalik mõjutada erinevate poliitikameetmetega. Sellisteks meetmeteks võivad olla näiteks erinevad subsiidiumid ja investeeringud teadus- ja arendustegevusele ning haridusele, soosimaks innovatsiooni kasvu (Burda, Wyplosz 2005). Samuti mõjutab majanduskasvu ja tootlikkust info ja -kommunikatsioonitehnoloogia (IKT). Investeeringud IKT-sse suurendavad kapitali kasvu, seeläbi tõstes tööjõu tootlikkust. Laialdasem IKT kasutamine majanduses tõstab üldist efektiivsust alandades tehingukulusid, soodustades innovatsiooni ja tugevamat konkurentsi. (Qu *et al.* 2017)

Uute teadmiste ja oskuste omandamist saab käsitleda kui investeeringut iseendasse. Haritud ja paremini koolitatud töötajad osutuvad enamasti olema ka produktiivsemad. Oskuslikud töötajad mõistavad töö tegemiseks kasutada keerukamaid masinaid, oskavad juhtida teisi töötajaid ja tootmisprotsesse. Läbi selle tõstavad nad ka teiste tootlikkust. Kuna investeeringud inimkapitali panustavad olulisel määral majanduskasvu, läheb riikidel, kes teevad suuremaid investeeringuid haridusele ja täiendõppele, pikas perspektiivis paremini. Seetõttu võetakse endogeense kasvuteooria tootmisfunktsioonis arvesse lisaks töötatud tundidele ja füüsilisele kapitalile ka inimkapital. (Burda, Wyplosz 2005) Sellega võtab tootmisfunktsioon järgmise kuju, kus on kaasatud ka inimkapital ja IKT kapital:

$$Y = AF(K, L, H, C) \tag{6}$$

kus

A – tehnoloogia tase,

K – füüsiline ehk mitte-IKT kapital,

L – tööjõud,

H – inimkapital,

C – IKT kapital.

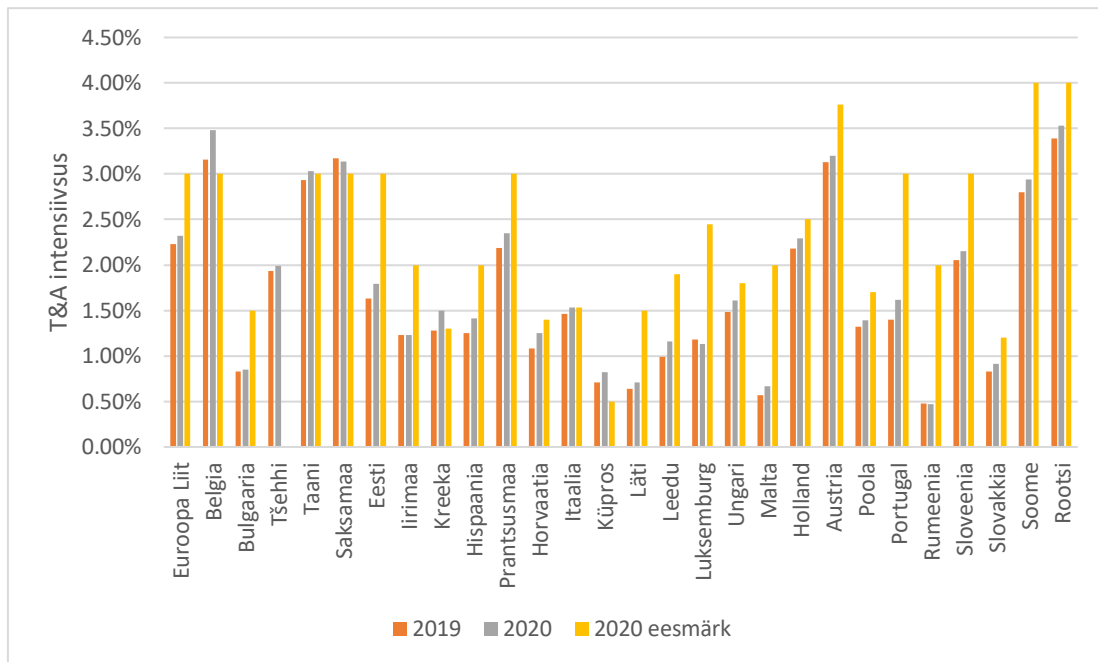
Haridus on oma olemuselt avalik hüvis, mistõttu selle tarbimine on konkurentsitu ja välistamatu. Ühe inimese poolne hüvise tarbimine ei mõjuta teiste võimalusi sama hüvise tarbimiseks ning üks tarbija ei saa takistada teistel samaaegselt hüvise tarbimist. Kui teadmised on aga mingil määral välistatavad, saavad uute teadmiste loojad õiguse enda teadmised litsentsida ja seeläbi teenida

nende pealt tulu. Teadmiste välistatavus võib sõltuda seadustest või teadmiste olemusest. Näiteks annab patendiseadus hüvise loojale õiguse enda disainide ja avastuste üle. Teadmiste kompleksus takistab aga teistel selle kasutamist ka ilma autoriõiguse kaitseta. Sellega võetakse tootmisfunktsiooni sisse teadus- ja arendustegevused, mida kasutatakse tehnoloogilise progressi mõõtmiseks. (Romer 2019)

1.2. Teadus- ja arendustegevuse näitajate mõju tootlikkusele

21. sajandit kirjeldatakse kui teadmispõhise majanduse ajastut, mis on loodud põhjaliku teadus- ja arendustegevuse käigus. Teadus- ja arendustegevus on hästi organiseeritud teadmiste loomise, tootmise, levitamise ja rakendamise protsess. See hõlmab uuendusi nii teadustehnoloogias, juhtimismeetmetes kui ka sotsiaalsetes ja poliitilistes süsteemides. (Wang 2010) Kõiges selles kasutatakse üha rohkem digitaalseid lahendusi, mistõttu on ka digitehnoloogiate arengul oluline roll jätkusuutlikkuse saavutamisel.

Teadus- ja arendustegevuse edenemine on oluline osa jätkusuutlikust arengust. Selleks, et olla kõige konkurentsivõimelisem ja teadmispõhisem majandus, seadis Euroopa Liit 2000. aastal eesmärgi suurendada investeeringuid teadus- ja arendustegevusse 3%-ni SKP-st aastaks 2010. Kuna 2010. aastaks ei olnud eesmärk täidetud, jätkati 3% eesmärgiga ka Euroopa 2020. aasta strateegias. Euroopa Liidu seatud eesmärk ajendas ka liikmesriike seadma enda eesmärgi teadus- ja arendustegevuse suuremaks rahastamiseks. Aastaks 2020 ei ole enam liikmesriikidest suutnud enda eesmärki täita, kuid võrreldes aastaga 2019 olid pea kõik riigid suutnud oma teadus- ja arendustegevuse (T&A) kulutusi suurendada. Joonisel 1 on välja toodud nii Euroopa Liidu kui ka 27 liikmesriigi T&A intensiivsus aastatel 2019 ja 2020 ning nende seatud eesmärk aastaks 2020. (Rakic *et al.* 2021)



Joonis 1. Euroopa Liidu T&A intensiivsus aastatel 2019, 2020 ning eesmärk aastaks 2020
 Allikas: Eurostat, Gross domestic expenditure on research and development (2022), Rakic *et al.* (2021), autori koostatud lisas 1 toodud andmete alusel

Teadus- ja arendustegevuse intensiivsust mõjutavad mitmed tegurid. Tudor ja Sova (2022) kasutasid T&A intensiivsuse mõjuteguritena innovatsiooni sisendeid ja väljundeid. Innovatsiooni sisendi mõõtmiseks valiti teadlaste arv teadus- ja arendustegevuses, mis tuvastati ka kõige olulisemaks teadus- ja arendustegevust edasiviivaks jõuks. Innovatsiooni väljunditeks võeti kõrgtehnoloogia eksport ja taastuvenergia tarbimine. Kõrgtehnoloogia ekspordil on statistiliselt oluline mõju T&A intensiivsusele vaid keskmise ja madala sissetulekuga riikides, mis näitab, et arengumaades on edenenud majanduse struktuurne ümberkujundamine. Samuti leiti empiirilises uurimuses, et kontrollmuutuja, kaubanduse avatus, vähendab T&A-le tehtavaid investeeringuid, sest tehnoloogia innovatsiooni kontekstis toimib see tehnosiirde kanalina teadmiste leviku kandjana. Teisel kontrollmuutujal, patentide arvu, ja taastuvenergia tarbimisel ei leitud mõju T&A intensiivsusele. Mõju avaldas nendest vaid patentide arv kõrge sissetulekuga riikides.

Koguteguritootlikkus on üheks olulisemaks majandust edasiviivaks jõuks. Erinevate tegurite seost koguteguritootlikkusega BRIC (Brasiilia, Venemaa, India, Hiina) ja CEE (Kesk- ja Ida Euroopa) regioonides uurinud Habib *et al.* (2019) leidsid, et mõlema regiooni puhul esineb inimkapitalil, intellektuaalse omandi kaitsel ja teadus- ja arendustegevusele tehtavatel kulutustel statistiliselt oluline positiivne seos koguteguritootlikkusega. Antud empiirilisest uurimisest (*Ibid.*) järeldati, et riigid, kes panustavad rohkem inimkapitali investeeringutesse, kogevad suuremat majanduskasvu

tänu tehnoloogiate ja innovatsiooni kasutamisele, mis võimaldab töötada efektiivsemalt ja suurendada seeläbi tootlikkust. Intellektuaalse omandi kaitse loob produktiivse keskkonna innovatsiooniks, kus ettevõtted saavad toota ja turustada oma tooteid ja teenuseid ilma konkureeriva osapoole riskita. Läbi selle suureneb ettevõtte väärtus, mis omakorda toob kaasa riigi majanduskasvu. Kulutused teadus- ja arendustegevusele on investeringud, mille tulemuseks on uued avastused ja leiutised, mis muudavad maailma efektiivsemaks. Seeläbi võib T&A kulutusi käsitleda ka kui innovatsiooni sisendit, mille tulemusel tekivad uued tehnoloogiad ja leiutised, tehes inimeste töö lihtsamaks ja efektiivsemaks.

Teadus- ja arendustegevus stimuleerib majanduskasvu otse läbi innovatsiooni ja kaudselt läbi tehnosiirde, osates mõista ja imiteerida teiste poolt välja töötatud avastusi (Griffith *et al.* 2004). Dilling-Hansen *et al.* (1999) uurisid kaudsete tootlikkuse mõjuteguritena innovatsiooni ja omandikontrolli. Viimase mõju uuriti kahel tasemel - kuidas mõjutab tootlikkust ettevõtte omanike arv ja see, kas tegemist on kodumaise või välismaise ettevõttega. Antud uurimuses leiti, et innovaatilised ettevõtted ei saa oma teadus- ja arendustegevusele tehtavatelt investeringutelt suuremat tootlikkust. Samuti ei leitud, et suuromanike arv ettevõttes mõjutaks T&A investeringute tootlikkust. Välismaise osalusega firmadel on leitud aga positiivne mõju tootlikkusele, mille mõju võib tuleneda tehnosiirdest.

Nii teadus- ja arendustegevus kui ka sellest tingitud välismõjud, nagu läbi kaubavahetuse edasikanduvad teadmised, on olulised mõjutegurid koguteguritootlikkuse kasvu määramisel. Sellegipoolest ei ole leitud, et inimkapitali muutujatel oleks oluline mõju koguteguritootlikkusele või oleks teadmiste omandamisel positiivne välismõju tehnoloogiate integreerumisele. (Jacobs *et al.* 2000)

Kasutades paneelandmeid 105 riigi kohta ajaperioodil 1994-2014, uurisid Choi ja Yi (2018), milline on interneti mõju T&A kulutuste ja majanduskasvu vahelisele seosele. Investeringud teadus- ja arendustegevusse on seotud uute teadmiste loomisega, seevastu interneti kasutamine on seotud loodavate teadmiste levitamisega. Nende empiirilisest uurimisest järeldus, et interneti kasutajate arvu suurenedes suureneb ka SKP kasvumäär. Kuigi T&A kulutused osakaaluna SKP-st osutusid statistiliselt mitteoluliseks, leiti siiski, et teadus- ja arendustegevuse kulutuste ja interneti kasutajate koosmõjul on statistiliselt oluline positiivne mõju majanduskasvule. Interneti kasutajate arv mõjutab positiivselt T&A kulutuste mõju majanduskasvule ning T&A kulutuste kasv mõjutab omakorda positiivselt interneti mõju majanduskasvule. Mudelisse kaasati ka

kontrollmuutujatena tegurid rahvastiku kasv, valitsuse kulutuste osakaal SKP-st ja kapitali kogumahtuvus põhivarasse. Kõik uuritavad kontrollmuutujad osutusid nimetatud uurimuses statistiliselt olulisteks majanduskasvu teguriteks. Valitsuse kulutused mõjutasid ainsa tegurina majanduskasvu negatiivselt.

1.3. Ülevaade varasemast kirjandusest

Mitmed majandusteadlased, kes on uurinud teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali seost innovatsiooni, tootlikkuse ja majanduskasvuga, on võtnud aluseks endogeensed kasvumudelid. Romeri mudelis käsitletakse, et majanduskasv on tingitud just tehnoloogia arenemisest (Mankiw 2019). Endogeense kasvuteooria kohaselt on olulisemateks majanduskasvuni viivateks teguriteks inimkapital, innovatsioon ja haridus (Burda, Wyplosz 2005).

Teadus- ja arendustegevus hõlmab loomingulist ja süstemaatilist tööd, mida tehakse teadmiste, s.h. inimkonna, kultuuri ja ühiskonna kohta käivate teadmiste, suurendamiseks ning olemasolevate teadmiste uute rakenduste väljatöötamiseks. See termin koondab enda alla alusuuringud, rakendusuuringud ja eksperimentaalse arenduse. (OECD 2015) Teadus- ja arendustegevusele tehtud kulutused mõjutavad tootlikkust läbi mitme erineva kanali. Esiteks on võimalik toota uusi tooteid ja teenuseid, kasutades juba olemasolevaid ressursse efektiivsemalt. Teiseks saab kasu lõigata teiste riikide tehnoloogilisest arengust. Samuti võib kasvada kodumaine tootlikkus tänu teiste riikide teadus- ja arendustegevustele, kas otseselt läbi uute tehnoloogiate ja protsesside õppimise käigus või kaudselt läbi uute tehnoloogiatega toodete ja teenuste impordi kaudu. (Coe, Helpman 1995)

Teadus- ja arendustegevus on oluline tegur kirjeldamaks ettevõtete tootlikkuse kasvu. Mitmed empiirilised uurimused kasutavad Cobb-Douglaste tootmisfunktsiooni, et leida, kas teadus- ja arendustegevusel on mingisugune mõju tootlikkusele. (Wieser 2005) Hispaania tootmisettevõtete andmetel läbiviidud uurimuses leiti, et tootlikkuse kasv on suurem nendes tegevusharudes, kus on innovaatilise tegevuse osakaal suurem. Ettevõtted, kes tegelevad teadus- ja arendustegevusega on suuremad võrreldes ettevõtetega, kes T&A-ga ei tegele. Samuti täheldati, et T&A-ga tegelevad ettevõtetel on rohkem potentsiaali kasvada aja jooksul veelgi suuremaks. (Doraszelski, Jaumandreu 2013)

Szarowská (2017) uuris, kas teadus- ja arendustegevusele tehtavatel kulutustel on mõju majanduskasvule Euroopa Liidu riikides aastatel 1995-2013. Enda läbiviidud uurimuses leidis ta, et avaliku sektori poolt tehtavatel investeeringutel teadus- ja arendustegevusse ning kõrgema haridustasemega tööjõul on majanduskasvule statistiliselt oluline positiivne mõju. Erasektori poolt tehtavate teadus- ja arendustegevuse investeeringute mõju osutus aga vastupidiseks – statistiliselt mitteoluliseks ja negatiivseks. Viimase põhjuseks võis tuua 2008. aasta majanduskriisi kui ettevõtteid olid sunnitud tegema kärpeid oma kulutustes.

Järeldusele, et avaliku sektori investeeringutel teadus- ja arendustegevusele on positiivne mõju ettevõtete T&A kulutustele jõudsid ka Becker (2015) ja Gonzales *et al.* (2005). Valitsuse kulutused teadus- ja arendustegevusele, läbi pakutavate subsiidiumite ja maksusoodustuste, mõjutavad ettevõtete otsuseid teha investeeringuid teadus- ja arendustegevusega seotud valdkondadesse. T&A-le tehtavatel kulutustel leidsid positiivse mõju majanduskasvule ka Freimane, Bāliņa (2016) ja Gumus, Celikay (2015). Mõlemas empiirilises uurimuses olid valimiks Euroopa Liidu riigid. Kui kulutused T&A-le jäävad alla 1% SKP-st, on teadus- ja arendustegevus veelgi suurema tähtsusega SKP kasvuks. Selleks, et saavutada jätkusuutlik majanduskasv tuleb eraldada rohkem ressursse teadus- ja arendustegevusele.

Üheks majandust edasiviivaks jõuks on innovatsioon, millest saavad kasu ettevõtteid, tarbijad ja ka majandus terviklikult. Majanduslikus kontekstis tähendab innovatsioon ideede ja tehnoloogiate väljatöötamist ja rakendamist, mis parandavad kaupu ja teenuseid või võimaldavad muuta nende tootmise ja kasutamise tõhusamaks. Tänu innovatsioonile ja uutele tehnoloogilistele lahendustele on võimalik sama sisendi koguse juures suurendada väljundit. Tootlikkuse suurenedes saab toota rohkem tooteid ja teenuseid, mis viitab majanduse arengule. (ECB 2017)

Innovatsiooni mõõtmiseks on mitmetes uurimustes kasutatud sõltumatu muutujana patentide arvu. Innovatsiooni mõju majanduskasvule uurinud Hasan ja Tucci (2010) kasutasid T&A-le väljastatud patentide arvu analüüsivaks, milline on innovatsiooni seos majanduskasvuga. Teadus- ja arendustegevusele tehtud kulutuste osakaal SKP-st on vaadeldav kui innovatsiooni sisend ning välja antud patentide ja T&A kulutuste suhet vaadeldakse kui innovatsiooni väljundit või kui innovatsiooni tõhususe mõõdikut. Nii innovatsiooni sisendil kui ka väljundil on positiivne mõju SKP kasvule, mistõttu väidetakse, et innovatsioon on oluline majanduskasvu selgitamiseks. Pece *et al.* (2015) kasutasid innovatsiooni muutujatena teadus- ja arendustegevuse kulutusi ning patentide arvu, leidmaks, milline on innovatsiooni mõju majanduskasvule kolmes Kesk- ja Ida-

Euroopa riigis. Analüüsist järeldus, et innovatsioonil on oluline mõju majanduskasvule. Täiendavalt leiti tugev positiivne seos inimkapitali ja majanduskasvu vahel, mis viitab sellele, et suurem kõrgharitud inimeste osakaal on oluliseks majanduskasvu teguriks.

Teadus- ja arendustegevuse investeeringute mõjutegureid uurinud Wang (2010) tuvastas, et oluline positiivne mõju T&A intensiivsusele on nii omandatud kõrgharidusel kui ka teadlaste osakaalul elanikkonnast. Kuna inimkapitalil on leitud tugev positiivne seos teadus- ja arendustegevusega, on oluline panustada ressursse kõrgharidusesse, et saada juurde inimkapitali, mis omakorda võimaldaks tegeleda veel rohkem innovaatilise teadus- ja arendustegevusega. Patendiõiguste kaitse poliitikaga manipuleerimisel ei leitud olevat piisavalt tõhus meede teadus- ja arendustegevuse soodustamiseks. Bilbao-Osorio ja Rodríguez-Pose (2004), kes kasutasid innovatsiooni mõõtmiseks patenditaotluste arvu miljoni elaniku kohta, leidsid samuti, et investeeringutel teadus- ja arendustegevusse on positiivne seos innovatsiooniga. Seda aga peamiselt erasektori poolt rahastatud investeeringute korral, mille põhjuseks tuuakse just konkreetses uurimuses innovatsiooni mõõtmiseks kasutatav patenditaotluste arv, mis on ühtmoodi erasektori rahastatud teadustööga, pigem ärilise suunitlusega. Võrreldes aga teadus- ja arendustegevuse seost innovatsiooniga Euroopa äärealadel ja keskaladel, leiti, et vajalike oskuste ja kõrgtehnoloogia sektorite olemasolu mängib olulist rolli regiooni võimekuses muuta T&A innovatsiooniks. Küll aga on innovatsiooni kasv üheks majanduskasvu võtmeteguriks just Euroopa äärealadel. Mitte-perifeersetel piirkondadel innovatsiooni ja majanduskasvu vahel seost ei leitud.

Inimkapital on defineeritud kui indiviidide teadmised, oskused, pädevused ja omadused, mis hõlbustavad nii isikliku, sotsiaalse kui ka majandusliku heaolu loomist (Botev *et al.* 2019). Üheks endogeense kasvuteooria rajajaks on Lucas (1988), kes toob alternatiivse majanduskasvu allikana välja just inimkapitali akumulatsiooni. Inimkapitali on võimalik akumuleerida formaalse teadmiste omandamise (*schooling*) ja tegutsemise käigus (*learning-by-doing*).

Mitmed varasemad uurimused on leidnud positiivse seose majanduskasvu ja inimkapitali vahel. De la Fuente ja Doménech (2006) leidsid, et investeeringud inimkapitali mõjutavad positiivselt majanduskasvu ja koguteguritootlikkust. Benhabib ja Spiegel (1994) ei tuvastanud inimkapitalil olevat mõju majanduskasvule kasutades Cobb-Douglaste tootmisfunktsiooni. Sellegipoolest leiti inimkapitalil oluline positiivne mõju koguteguritootlikkuse kasvule. Asteriou ja Agiomirgianakis (2001) leidsid samuti Kreeka andmeid analüüsid, et mida suurem on kooli sisseastumise määr esimeses ja teises kooliastmes, seda suurem on riigi majanduslik areng. Kõrgkoolidesse

sisseastumise määral ei leitud mõju SKP kasvule. Ka Ljungberg ja Nilsson (2009) leidsid, et inimkapital mõjutab positiivselt majanduskasvu, võttes inimkapitali muutujaks kooli sisseastumise määra.

Teadus- ja arendustegevus ei mõjuta majanduslikke tulemusi ainult seda teostavas ettevõttes, vaid sellel on mõju ka teistele ettevõtetele. Seda tänu tehnoloogia välismõjudele, mis tulenevad teadmiste avaliku hüvise iseloomust. (Wieser 2005) Chang *et al.* (2016) uuris, milline on inimkapitali välismõjude olulisus ning milline on nende mõju tootlikkusele Taiwani, äsja industrialiseerinud majanduse, näitel. Antud uurimuses võeti aluseks Romeri (1986) eeldus, et haridusel esineb positiivne välismõju. Läbiviidud uurimuses leiti, et kui kõrgharidusega töötajate osakaal suureneb, siis tootmisettevõtete puhul suureneb tootlikkus märkimisväärselt. Põhjuseks tuuakse *spillover* efekt - teadusparkidesse on koondunud kvalifitseeritud töötajad, kes omavahelise suhtluse käigus vahetavad teadmiseid.

Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia on viimaste aastakümnete jooksul teinud märkimisväärsed edusamme. Selle termini all vaadeldakse ka sotsiaalmeediat, erinevaid pilve platvorme, otsingumootoreid ja tehisintellekti. Lisaks tõsiasjale, et need lihtsustavad meie elu, on osadel tehnoloogiatel oluline koht ka majanduses. Laialdaselt kasutatavad veebilehed ja sotsiaalmeedia on avanud turge, loonud uusi võimalusi ja suurendanud konkurentsi. Digitehnoloogia levik, mida on võimalik mõõta interneti kasutajate arvuga, on näidanud pikas perspektiivis tugevat positiivset mõju majanduslikule kasvule. (Qu *et al.* 2017) Ka Najarzadeh *et al.* (2014) leidsid, et interneti kasutajate arv mõjutab positiivselt tööjõu tootlikkust, alandades tootmiskulusid. Positiivset mõju avaldasid tootlikkusele ka kulutused haridusele ja tervishoiule, kapitali kogumahtuvus põhivarasse ning kaubanduse avatus. Interneti kasutamisega vähenevad informatsiooni saatmise kulud, tänu millele suureneb lõpuks kogutoodang.

Üheks peamiseks tootlikkuse kasvu allikaks peetakse teadus- ja arendustegevust. Samuti on oluliseks tootlikkuse kasvu allikaks info- ja kommunikatsioonitehnoloogia. Kõrgtehnoloogilise tootmisega tegelevad ettevõtted saavad enda T&A investeeringutest rohkem kasu. Teadmispõhise majanduse arengus on olulisel kohal nii T&A kui ka IKT, mis soodustavad tootlikkuse kasvu. IKT ja T&A investeeringud mõjutavad toodetavat toodangut mitmel viisil. Esiteks läbi sisendite akumulatsiooni, mis keskendub investeeringutele teadmistesse, millel on tootlikkust suurendav mõju. Teiseks läbi välismõjude kanali, mis soodustab teadmiste levikut ettevõtete vahel. Samuti ka läbi tehniliste muutuste ja tõhususe. Analüüsides T&A ja IKT

koosmõju tootlikkusele tuvastati, et antud tegurid moodustavad ligi 95% koguteguritootlikkuse kasvust OECD riikides. (Pieri *et al.* 2018)

Ettevõtted muudavad erinevate digitaalsete lahendustega ja automatiseerimisega tööd lihtsamaks ja efektiivsemaks, mis majandusteooriate järgi peaks tõstma tööjõu tootlikkuse kasvu. Töötajatele, kes tegutsevad tehnoloogia valdkonnas, võib see tähendada palkade suurenemist. Teisalt muutuvad osad tööd vähem tähtsateks ja võivad aja jooksul üldse kaduda, mis tähendab nendele töötajatele aga töö kaotamist. (Chinoracký, Čorejová 2019) Relich (2017) on leidnud, et IKT komponentidel - ettevõtte ressursside planeerimisel, e-kaubanduse ja kliendisuhete haldamisel, IKT spetsialistidel – on oluline mõju tööjõu tootlikkuse kasvule. Suuremat tööjõu tootlikkuse kasvu IKT investeeringutest võib oodata pigem tehnoloogiliselt arenevates riikides kui arenenud riikides.

1.4. Uurimisküsimuste ja hüpoteeside püstitamine

Lähtudes eelnevatest peatükkidest, kus käsitleti majanduskasvu ning erinevate tootlikkust mõjutavate tegurite teoreetilist ja empiirilist tausta, püstitati käesoleva bakalaureusetöö eesmärk - leida, milline on teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõju tootlikkusele. Toetudes töö eesmärgile püstitatakse uurimisküsimused.

Ajendatult varasemast empiirilisest ja teoreetilisest kirjandusest, kus on nii teadus- ja arendustegevusel kui ka inimkapitalil leitud positiivne mõju tootlikkusele, seadis käesoleva lõputöö autor järgmised uurimisküsimused:

- 1) Millised tegurid mõjutavad teadus- ja arendustegevuse edenemise intensiivsust?
- 2) Milline on teadus- ja arendustegevuse mõju tootlikkusele?
- 3) Milline on inimkapitali mõju tootlikkusele?
- 4) Kuidas mõjutab tootlikkust tehnoloogia arengu tase?

Avaliku sektori poolt teadus- ja arendustegevusele tehtavatel kulutustel on leitud positiivne mõju innovatsioonile ja tootlikkusele, mis viib majanduskasvuni. Johtuvalt sellest on autor püstitanud esimesed kaks hüpoteesi, et teadus- ja arendustegevus mõjutab nii majanduskasvu kui ka tööjõu tootlikkust Euroopa Liidu riikide näitel positiivselt.

Käsitledes inimkapitali kui avalikku hüvist, on inimkapitalil leitud mitmed positiivsed välismõjud. Suurem oskuslike, haritud töötajate osatähtsus aitab kaasa teadmiste ülekandumisele, muutes seeläbi tehtava töö efektiivsemaks ja suurendades seeläbi tootlikkust ja soosides majanduskasvu. Sellest lähtudes, püstitas autor kolmanda ja neljanda hüpoteesi – inimkapitalil on majanduskasvule ja tootlikkusele Euroopa Liidu riikide näitel positiivne mõju.

Digitehnoloogia arenedes on internet muutunud paljudele kättesaadavamaks, mistõttu on suurenenud inimeste arv, kes kasutavad interneti. Samuti on parenenud inimeste oskused digitehnoloogia ja arvuti kasutamise vallas, mis muudab inimeste elu otseselt ja kaudselt hõlpsamaks. Lähtuvalt sellest püstitas töö autor viienda hüpoteesi – digitehnoloogia edenemisel on positiivne mõju tootlikkusele.

2. ANDMED JA METOODIKA

Käesoleva töö teises peatükis antakse ülevaade empiirilises analüüsis kasutatavatest andmetest, viiakse läbi korrelatsioonanalüüs ning kirjeldatakse analüüsimetoodikat, millega püütakse leida teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõju tootlikkusele.

2.1. Andmete valik ja kirjeldav statistika

Käesolevas bakalaureusetöös kasutatakse sekundaarseid andmeid Eurostat, Maailmapanga ning The Conference Board andmebaasidest, hindamaks, milline on teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõju tootlikkusele ja majanduskasvule. Kasutatavad andmed on makroandmed reaalne sisemajanduse koguprodukt *per capita*, tööjõu tootlikkus, teadus- ja arendustegevuse kulutused, kõrghariduse omandamine, interneti kasutamine, kaubanduse avatus, kapitali kogumahtuvus põhivarasse, rahvastiku kasv, valitsuse efektiivsus, tööjõu kvaliteedi kasv ja kapitali kasv IKT-st. Tegemist on paneelandmetega. Analüüsis kasutatavate andmete tähised koos selgitustega on kättesaadavad lisas 2.

Esimeses analüüsis kasutatakse sõltuva muutujana majanduskasvu, mida mõõdab reaalne SKP *per capita*. Teiseks sõltuvaks muutujaks on tööjõu tootlikkus, mis mõõdab toodangut tööjõu sisendi kohta. Antud töös kasutatakse tööjõu tootlikkuse mõõtmiseks reaalne SKP töötava elaniku kohta. Nii SKP *per capita* kui ka tööjõu tootlikkus on 2017. aasta rahvusvahelistes dollarites ja esitatud analüüsis tuhandetes. Mõlema muutuja andmed pärinevad Maailmapanga andmebaasist.

Sõltumatuteks muutujateks on mõlemas analüüsis teadus- ja arendustegevus ja inimkapital. Teadus- ja arendustegevuse mõõtmiseks kasutatakse Eurostat andmebaasist andmeid teadus- ja arendustegevusele tehtavate kulutuste kohta kõikide sektorite poolt kokku (äriettevõtete sektor, valitsussektor, kõrgharidussektor, erasektori mittetulundussektor). Ühikuks on euro elaniku kohta ja on analüüsis esitatud tuhandetes. Inimkapitali mõõtmiseks on valitud sarnaselt eelnevatele empiirilistele uurimustele omandatud kõrgharidus. Selleks on võetud Eurostat andmebaasist

populatsioon haridustaseme, soo ja vanuse järgi. Ühikuks on protsent rahvastikust, kes on vanusevahemikus 25-64 aastat (mehed ja naised kokku) ja on omandanud kõrghariduse.

Kontrollmuutujatena kasutatakse analüüsis digitehnoloogiat, kaubanduse avatust, kapitali kogumahtuvus põhivarasse, rahvastiku kasvu, valitsuse efektiivsust, tööjõu kvaliteeti ning IKT kapitali. Digitehnoloogia mõju mõõtmiseks on autor valinud varasemate empiiriliste uurimuste järgi Maailmapanga andmebaasist interneti kasutavate indiviidide osakaalu kogu elanikkonnast. Rahvastiku kasvu mõõtmiseks kasutatakse aastast rahvastiku kasvutempot Maailmapanga andmebaasist. Rahvastiku kasv on esitatud protsentides.

Kaubavahetuse käigus teiste riikidega kanduvad edasi teadmised, mistõttu on kaubanduse avatusel leitud positiivne mõju majanduskasvule. Et võtta mudelis arvesse kaubanduse avatust, kaasati mudelisse Maailmapanga andmebaasist kaupade ja teenuste impordi ja ekspordi osakaal SKP-st.

Valitsustel on võimalik soosida innovatsiooni ja teadustegevust läbi erinevate subsiidiumite ja toetuste. Selleks, et võtta mudelis arvesse valitsuse osatähtsust tootlikkusele ja majanduskasvule kaasatakse mudelisse kontrollmuutujana valitsuse efektiivsuse indeks. Maailmapanga poolt väljatöötatud indeks, mis on vahemikus -2,5 kuni 2,5, väljendab kui tõhus ja kvaliteetne on riigi valitsus. Mida tõhusam on valitsus, seda paremaid poliitikaid nad juurutavad. Seeläbi võivad suurened investeringud teadus- ja arendustegevusse. Tuginedes Añón Higón *et al.* (2017) uurimusele, teisendatakse ka käesolevas töös indeks normaalkujule, mis on vahemikus 0 kuni 1. Selleks liidetakse igale väärtusele 2,5 ning seejärel jagatakse saadud väärtused viiega.

Kontrollmuutujatena kaasati analüüsitavatesse mudelitesse ka tööjõu ja kapitali sisendid. Tööjõu ja IKT kapitali sisendid pärinevad The Conference Board andmebaasist. Tööjõu sisendiks on kasv tööjõu kvaliteedis. Kapitali sisendiks on valitud IKT kapitaliteenuste kasv. Mõlemad kasvumäärad on andmebaasis esitatud muutusena naturaallogaritmis. Mitte-IKT kapitali arvestamiseks kaasati mudelisse kapitali kogumahtuvus põhivarasse, mis on pärit Maailmapanga andmebaasist ja on esitatud 2015. aasta rahvusvahelistes dollarites. Töös on kapitali kogumahtuvus põhivarasse andmed toodud miljardites.

Bakalaureusetöö valimiks on 27 Euroopa Liidu riiki ajaperioodil 2009-2019. Autor valis analüüsimiseks Euroopa Liidu riigid, sest tegemist on arenenud maadega, kes panevad suurt rõhku teadus- ja arendustegevuse edendamisele. Ajaperiood osutus valituks, et tagada analüüsi

usaldusväärsus võimalikult pika aegrea näol ning seoses andmete kättesaadavusega. Kõikidest analüüsitavatest muutujatest on võetud naturaallogaritm, v.a. rahvastiku kasv, valitsuse efektiivsus, IKT kapital ja tööjõu kvaliteet. Analüüsis kasutatavate andmete kirjeldav statistika on välja toodud tabelis 1.

Tabel 1. Valimit kirjeldav statistika

	Aritmeetiline keskmine	Standard-hälve	Variatsiooni-kordaja	Miinum	Maksimum	Mediaan
LP	90,39	39,11	0,43	1529,57	41,54	251,60
GDP	40,82	18,54	0,45	343,65	17,77	116,52
RD	504,98	472,01	0,93	222790,37	24,70	1615,00
EDU	29,94	8,60	0,29	73,97	13,20	47,30
INTERNET	75,62	13,01	0,17	169,27	36,60	98,14
POP	0,22	0,84	3,82	0,71	-2,26	3,93
GFCF	102,65	162,25	1,58	26325,22	1,38	753,62
TRADE	127,71	66,41	0,52	4410,32	45,42	380,10
GE	0,72	0,11	0,16	0,01	0,43	0,95
ICT	11,68	5,49	0,47	30,12	-5,34	39,60
QUALITY	0,67	0,91	1,36	0,82	-3,76	8,17

Allikas: Maailmapanga andmebaas (2022), Eurostat andmebaas (2022), The Conference Board andmebaas (2022), autori arvutused

Tabelis 1 on esitatud analüüsis kasutatavate aegridade aritmeetiline keskmine, valimi standardhälve, variatsioonikordaja, miinum- ja maksimumväärtus ning mediaan. Kirjeldava statistika tabelist ilmneb, et rahvastiku kasvul ja tööjõu kvaliteedi kasvul on kõige kõrgem variatsioonikordaja, mis näitab, et antud näitajate aegread varieeruvad kõige enim. Selle põhjuseks võib olla riikide erinev suurus ja arengutase. Võrdlemisi suur on ka kapitali kogumahtuvuse ja IKT kapitali variatsioonikordajad, mis näitavad, et riigid kasutavad füüsilist ja IKT kapitali erinevalt.

2.2. Korrelatsioonanalüüs

Selgitamaks, millised on analüüsis kasutatavate muutujate vahelised seosed, viis autor esmalt läbi korrelatsioonanalüüsi. Korrelatsioonanalüüsi käigus leitakse kui tugev on seos uuritavate tunnuste vahel ning kas seos on positiivne või negatiivne. Muutujatevahelise seose tugevust ja suunda iseloomustab Pearson'i korrelatsioonikordaja, mis on absoluutväärtus vahemikus -1 kuni 1. Mida suurem on korrelatsioonikordaja, seda tugevam on muutujatevaheline seos. Korrelatsioon puudub kui korrelatsioonikordaja väärtus võrdub nulliga. Seose suunda näitab korrelatsioonikordaja ees olev märk – positiivne korrelatsioonikordaja viitab positiivsele seosele ning negatiivne

korrelatsioonikordaja muutujate vahelisele negatiivsele seosele. Korrelatsioonikordaja statistilise olulisuse testimiseks kasutatakse t-testi, mille käigus võrreldakse parameetrite empiirilist väärtust kriitilise väärtusega. Kui parameetri empiiriline väärtus on suurem kui kriitiline väärtus, on esinev korrelatsioon statistiliselt oluline. (Sauga 2017)

Korrelatsioonanalüüs viidi läbi vabavara programmis *Gretl*, kus leiti analüüsitavate aegriidade korrelatsioonimaatriks, mille elementideks on lineaarsed korrelatsioonikordajad (*ibid.*). Autor viis läbi kaks korrelatsioonanalüüsi erinevate sõltuvate muutujatega, milleks olid vastavalt SKP *per capita* ja tööjõu tootlikkus. Saadud korrelatsioonimaatriksid on toodud lisades 3 ja 4.

Esimesest korrelatsioonimaatriksist (lisa 3) on näha, et SKP *per capita*-l on statistiliselt oluline seos kõikide sõltumatute muutujatega, välja arvatud tööjõu kvaliteediga. Kõik seosed osutusid positiivseks ehk iga sõltumatu muutuja kasv toob kaasa SKP *per capita* kasvu. Kõige tugevamad seosed leiti majanduskasvu ja T&A kulutuste ning majanduskasvu ja valitsuse efektiivsuse vahel. Majanduskasvu ja inimkapitali vaheline seos osutus keskmise tugevusega positiivseks korrelatsiooniks.

Teises korrelatsioonanalüüsis (lisa 4) analüüsiti sõltumatute muutujate mõju tööjõu tootlikkusele. Ka selles analüüsis järeldus, et kõikidel sõltumatutel muutujatel on tööjõu tootlikkusega positiivne seos. Kõige tugevam on seos tööjõu tootlikkuse ja T&A kulutuste vahel. Tööjõu tootlikkusel on keskmise tugevusega korrelatsioon ka inimkapitali, digitehnoloogia, rahvastiku kasvu ja valitsuse efektiivsusega.

Valitsuse efektiivsusel leiti tugev positiivne seos ka teadus- ja arendustegevuse kulutustega. Sellest võib järeldada, et efektiivsem valitsus soosib oma poliitikameetmetega innovatsiooni ja teaduse edendamist. Saadud tulemused on vastavuses varasemate empiiriliste uurimustega, kus teadus- ja arendustegevusel ja inimkapitalil on leitud positiivne seos nii majanduskasvu kui ka tootlikkusega.

2.3. Analüüsimetoodika

Käesoleva bakalaureusetöö hüpoteeside kontrollimiseks viis autor läbi kaks regressioonanalüüsi paneelandmete põhjal, mille käigus uuritakse sõltumatute muutujate mõju sõltuvale muutujale. Kõik analüüsid viidi läbi programmis *Gretl*.

Paneelandmete modelleerimisel kasutatakse kas juhuslike efektidega mudelit või fikseeritud efektidega mudelit, mis võtavad arvesse erinevusi nii ajas kui ka objektide vahel. Otsustamiseks, kas rakendada juhuslike efektidega mudelit või fikseeritud efektidega mudelit viiakse läbi Breusch-Pagan'i test ja Hausman'i test. Breusch-Pagan'i testiga hinnatakse, kas mudelis esinevad objektispetsiifilised vealiikmed. Testi nullhüpoteesiks on, et gruppidevaheline dispersioon on 0 ehk vealiikmetes puudub objektispetsiifiline komponent. Kui testi p-väärtus on väiksem kui olulisuse nivoo 0,05, lükatakse nullhüpotees ümber – juhuslike efektidega mudel on parem kui ühendatud mudel. Hausman'i testiga hinnatakse, kas on õigem kasutada juhuslike efektidega mudelit või fikseeritud efektidega mudelit. Testi nullhüpoteesiks on, et vähimruutude hinnangud on mõjusad ja võib kasutada juhuslike efektidega mudelit. Kui testi p-väärtus on suurem kui 0,05, võetakse vastu nullhüpotees. Vastasel korral lükatakse nullhüpotees ümber ja kasutada tuleb fikseeritud efektidega mudelit.

Jõudes õige mudelini, kontrollitakse mudeli spetsifikatsiooni. Heteroskedastiivsusega kontrollitakse, kas juhusliku liikme dispersioonid on konstantsed. Selleks viiakse läbi grupipõhine heteroskedastiivsuse test. Kui testi tulemusel jõutakse p-väärtuseni, mis on väiksem kui olulisuse nivoo, võetakse vastu sisukas hüpotees ja mudelis esineb heteroskedastiivsus. Vastasel juhul võetakse vastu nullhüpotees – mudelis esineb homoskedastiivsus ja juhusliku liikme dispersioonid on konstantsed. Jääkliikmete allumist normaaljaotusele kontrollitakse Doornik-Hansen'i testiga. Kui testi p-väärtus on suurem kui olulisuse nivoo, siis võetakse vastu nullhüpotees, mille kohaselt jääkliikmed alluvad normaaljaotusele. Autokorrelatsiooni esinemist kontrollitakse Wooldridge'i testiga. Saades testi tulemuseks p-väärtuse, mis on suurem kui olulisuse nivoo, võetakse vastu nullhüpotees, et mudelis ei esine autokorrelatsiooni.

Kõigepealt hinnati sõltumatute muutujate mõju majanduskasvule. Selleks võeti sõltuvaks muutujaks reaalne SKP *per capita* ja sõltumatuteks muutujateks kulutused teadus- ja arendustegevusele, inimkapital, digitehnoloogia, rahvastiku kasv, kaubanduse avatus, kapitali kogumahtuvus põhivarasse, valitsuse efektiivsus, tööjõu kvaliteedi kasv ja kapitali kasv IKT varadest. Hindamiseks sõltumatute ja kontrollmuutujate mõju majanduskasvule ja tootlikkusele, loodi järgmine ökonomeetriline mudel:

$$Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{1,i,t} + \beta_2 \cdot X_{2,i,t} + \beta_n \cdot X_{n,i,t} + \varepsilon \quad (7)$$

kus

Y – sõltuv muutuja,
 β_0 – vabaliige ehk konstant,
 X_1, X_2, X_n – sõltumatud muutujad,
 $\beta_1, \beta_2, \beta_n$ – lineaarliikme kordaja,
 ε – juhuslik liige,
 i – riigi indeks,
 t – ajaperioodi indeks.

Esmalt viidi läbi ühendatud mudeli hindamine, kuhu lisati kõik sõltumatud muutujad. Seejärel viidi läbi mudeli spetsifikatsiooni hindamine, kasutades Breusch-Pagani ja Hausman'i test. Breusch-Pagani testi p-väärtuseks saadi $2,56 \cdot 10^{-212}$, mis on olulisuse nivoost väiksem. Sellega võeti vastu sisukas hüpotees – juhuslike efektidega mudel on parem kui ühendatud mudel. Edasi viidi läbi Hausman'i test, mille p-väärtuseks saadi $9,76 \cdot 10^{-10}$. Nullhüpotees lükati ümber, kasutada tuleb fikseeritud efektidega mudelit. Mudelist jäeti välja valitsuse efektiivsus, sest korrelatsioonimaatriksist selgus, et valitsuse efektiivsusel on tugev seos teiste sõltumatute muutujatega, mis võib tekitada mudelis multikollineaarsust.

Fikseeritud efektidega mudel on kujul:

$$\ln GDP_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 \ln RD_{i,t} + \beta_2 \ln EDU_{i,t} + \beta_3 \ln INTERNET_{i,t} + \beta_5 POP_{i,t} + \beta_6 \ln GFCE_{i,t} + \beta_7 \ln TRADE_{i,t} + \beta_{10} ICT_{i,t} + \beta_{11} QUALITY_{i,t} + u_{it} \quad (8)$$

kus

α_i – vabaliige ehk mittevaaeldav ajas muutumatu individuaalne efekt,

$GDP_{i,t}$ – SKP per capita,

$RD_{i,t}$ – teadus- ja arendustegevus,

$EDU_{i,t}$ – inimkapital,

$INTERNET_{i,t}$ – digitehnoloogia,

$POP_{i,t}$ – rahvastiku kasv,

$GFCE_{i,t}$ – kapitali kogumahtuvus põhivarasse,

$TRADE_{i,t}$ – kaubanduse avatus,

$ICT_{i,t}$ – IKT kapital,

$QUALITY_{i,t}$ – tööjõu kvaliteet,

u_{it} – vealiige,

i – riigi indeks,

t – ajaperioodi indeks.

Seejärel kontrolliti mudelis jääkliikmete allumist normaaljaotusele. Selle tulemusel saadi p-väärtuseks 0, mis on väiksem kui olulisuse nivoo 0,05. Seega lükati ümber nullhüpootees - jääkliikmed ei allu normaaljaotusele. Järgmiseks kontrolliti mudelis autokorrelatsiooni olemasolu Wooldridge'i testiga. Testi p-väärtuseks saadi $4,23 \cdot 10^{-14}$, mistõttu tuli vastu võtta sisukas hüpootees, et mudelis esineb autokorrelatsioon. Heteroskedastiivsust kontrolliti grupipõhise heteroskedastiivsuse testiga, mille tulemusel saadi p-väärtuseks 0. Nullhüpootees lükati ümber, mudelis esineb heteroskedastiivsus. Selleks, et võtta mudelis arvesse heteroskedastiivsuse ja autokorrelatsiooni olemasolu, kasutati robustseid standardvigu ja fiktiivseid ajatunnuseid. Wald'i testi tulemusel saadi p-väärtuseks $8,70 \cdot 10^{-07}$. Vastu võeti sisukas hüpootees ja fiktiivsete ajatunnuste kasutamine on õigustatud. Mudelist eemaldati samm-sammult statistiliselt mitteolulised tunnused – $l_INTERNET$, l_TRADE , $QUALITY$, ICT ja l_EDU . Nii jõuti lõpliku mudelini, kus kõik SKP *per capita* kasvu selgitavad tegurid on statistiliselt olulised.

Järgmisena kontrolliti sõltumatute muutujate mõju tööjõu tootlikkusele. Esmalt viidi läbi Breusch-Pagan'i test, mille p-väärtuseks saadi $4,73 \cdot 10^{-261}$. Sellega lükati ümber testi nullhüpootees – juhuslike efektidega mudel on parem kui ühendatud mudel. Hausman'i testi tulemusel saadi p-väärtuseks $6,77 \cdot 10^{-03}$. Nullhüpootees lükati ümber ja vastu tuli võtta sisukas hüpootees – fikseeritud efektidega mudeli kasutamine on parem kui juhuslike efektidega mudeli. Ka sellest mudelist jäeti välja valitsuse efektiivsus, et vältida multikollineaarsust.

Fikseeritud efektidega mudeli kuju:

$$l_LP_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 l_RD_{i,t} + \beta_2 l_EDU_{i,t} + \beta_3 l_INTERNET_{i,t} + \beta_5 POP_{i,t} + \beta_6 l_GFCF_{i,t} + \beta_7 l_TRADE_{i,t} + \beta_{10} ICT_{i,t} + \beta_{11} QUALITY_{i,t} + u_{it} \quad (9)$$

kus

α_1 – vabaliige ehk mittevaadeldav ajas muutumatu individuaalne efekt,,

$LP_{i,t}$ – tööjõu tootlikkus,

$RD_{i,t}$ – teadus- ja arendustegevus,

$EDU_{i,t}$ – inimkapital,

$INTERNET_{i,t}$ – digitehnoloogia,

$POP_{i,t}$ – rahvastiku kasv,

$GFCF_{i,t}$ – kapitali kogumahtuvus põhivarasse,

$TRADE_{i,t}$ – kaubanduse avatus,
 $ICT_{i,t}$ – IKT kapital,
 $QUALITY_{i,t}$ – tööjõu kvaliteet,
 u_{it} – vealiige,
 i – riigi indeks,
 t – ajaperioodi indeks.

Edasi kontrolliti mudelis heteroskedastiivsuse esinemist. Grupipõhise heteroskedastiivsuse testi p-väärtuseks saadi 0. Kuna p-väärtus oli väiksem kui olulisuse nivoo, võeti vastu sisukas hüpotees, et mudelis esineb heteroskedastiivus. Kontrollides mudelis jääkliikmete allumist normaaljaotusele, saadi p-väärtuseks 0, mistõttu lükati ümber nullhüpotees ja jääkliikmed ei allu normaaljaotusele. Viimaks kontrolliti mudelis autokorrelatsiooni. Testi p-väärtuseks saadi $1,59 \cdot 10^{-14}$. Vastu võeti sisukas hüpotees ja mudelis esineb autokorrelatsioon. Heteroskedastiivsuse ja autokorrelatsiooni arvesse võtmiseks kasutatakse mudelis robustseid standardvigu ja fiktiivseid ajatunnuseid. Wald'i testi p-väärtuseks saadi $8,78 \cdot 10^{-07}$ ja vastu võeti sisukas hüpotees – fiktiivsete ajatunnuste kasutamine mudelis on õigustatud. Järgmisena eemaldati mudelist samm-sammult statistiliselt mitteolulised tunnused, kuni jõuti lõpliku mudelini, kus kõik seletavad tunnused on statistiliselt olulised.

3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED

Käesoleva bakalaureusetöö kolmandas peatükis antakse ülevaade eesmärgi saavutamiseks läbi viidud analüüside tulemustest ja leitakse vastused püstitatud hüpoteesidele. Analüüside tulemuste põhjal tehakse järeldused.

3.1. Tulemused

Esimese regressioonanalüüsi käigus analüüsiti teadus- ja arendustegevuse kulutuste, inimkapitali, digitehnoloogia, rahvastiku kasvu, kaubanduse avatuse, kapitali kogumahtuvuse põhivarasse, tööjõu kvaliteedi kasvu ning kapitali kasvu IKT varadest mõju reaalsele sisemajanduse koguproduktile inimese kohta. Analüüsiks kasutati fikseeritud efektidega mudelit kohandatud standardvigade ja fiktiivsete ajatunnustega. Esimese analüüsi lõplikud hinnangud on kättesaadaval tabelis 2.

Tabel 2. Fikseeritud efektidega mudel, sõltuv muutuja SKP *per capita*

	Koefitsient	Standardviga	T-statistik	P-väärtus
Konstant	2,23	0,23	9,66	$4,30 \cdot 10^{(-10)}$ ***
I_RD	0,15	0,03	4,38	$2,00 \cdot 10^{(-04)}$ ***
POP	0,04	0,02	2,67	0,01**
I_GFCF	0,14	0,06	2,24	0,03**
dt_2	0,02	0,01	2,72	0,01*
dt_3	0,02	0,01	1,74	0,09
dt_4	0,01	0,01	0,90	0,38
dt_5	0,01	0,01	0,82	0,42
dt_6	0,02	0,01	1,44	0,16
dt_7	0,03	0,02	1,58	0,13
dt_8	0,05	0,02	2,78	0,01**
dt_9	0,07	0,02	2,95	$6,60 \cdot 10^{(-03)}$ ***
dt_10	0,07	0,02	3,10	$4,60 \cdot 10^{(-03)}$ ***
dt_11	0,08	0,03	2,96	0,01***

Allikas: Maailmapanga andmebaas (2022), Eurostat andmebaas (2022), The Conference Board andmebaas (2022), autori arvutused programmis *Gretl*

Märkused:

1. * tähistab statistilist olulisust nivool 0,1.

2. ** tähistab statistilist olulisust nivool 0,05.
3. *** tähistab statistilist olulisust nivool 0,01.

Esimese, fikseeritud efektidega mudeli determinatsioonikordaja oli 0,9881 ehk 98,81% SKP *per capita* muutusest on kirjeldatav analüüsis kasutatud sõltumatute muutujatega. Mudeli põhjal järeldati et SKP *per capita* kasvu mõjutavad positiivselt kasv T&A kulutustes, rahvastikus ja kapitali kogumahtuvuses põhivarasse. Kasv teadus- ja arendustegevusele tehtavates kulutustes mõjutab positiivselt kasvu SKP *per capita*-s. Sellega sai kinnitust esimene hüpotees, et teadus- ja arendustegevusel on positiivne mõju majanduskasvule. Inimkapitali muutuja osutus antud mudelis statistiliselt mitteoluliseks ja eemaldati mudelist. Seega tuli ümber lükata püstitatud kolmas hüpotees, et inimkapitalil on positiivne mõju majanduskasvule.

Teise regressioonanalüüsiga hinnati, kuidas mõjutavad sõltumatud muutujad tööjõu tootlikkust. Kõik sõltumatud muutujad jäid samaks, mis eelmises mudeliski. Analüüsiks kasutati fikseeritud efektidega mudelit kohandatud standardvigade ja fiktiivsete ajatunnustega. Teise analüüsi lõpliku mudeli hinnangud on toodud tabelis 3.

Tabel 3. Fikseeritud efektidega mudel, sõltuv muutuja tööjõu tootlikkus

	Koefitsient	Standardviga	T-statistik	P-väärtus
Konstant	3,85	0,15	25,43	6,79 ⁽⁻²⁰⁾ ***
l_RD	0,09	0,03	3,37	2,40 ⁽⁻⁰³⁾ ***
dt_2	0,02	0,01	4,39	2,00 ⁽⁻⁰⁴⁾ ***
dt_3	0,03	0,01	4,00	5,00 ⁽⁻⁰⁴⁾ ***
dt_4	0,03	0,01	3,29	2,90 ⁽⁻⁰³⁾ ***
dt_5	0,03	0,01	3,59	1,40 ⁽⁻⁰³⁾ ***
dt_6	0,04	0,01	3,54	1,50 ⁽⁻⁰³⁾ ***
dt_7	0,05	0,02	3,37	2,40 ⁽⁻⁰³⁾ ***
dt_8	0,07	0,02	4,47	1,00 ⁽⁻⁰⁴⁾ ***
dt_9	0,08	0,02	4,17	3,00 ⁽⁻⁰⁴⁾ ***
dt_10	0,08	0,02	3,79	8,00 ⁽⁻⁰⁴⁾ ***
dt_11	0,09	0,02	3,82	7,00 ⁽⁻⁰⁴⁾ ***

Allikas: Maailmapanga andmebaas (2022), Eurostat andmebaas (2022), The Conference Board andmebaas (2022), autori arvutused programmis *Gretl*

Märkused: *** tähistab statistilist olulisust nivool 0,01.

Teise, fikseeritud efektidega mudeli determinatsioonikordaja oli 0,9833 ehk 98,33% tööjõu tootlikkuse kasvust on seletatav analüüsis kasutatud sõltuvate muutujatega. Tööjõu tootlikkuse kasvu mõjutas positiivselt vaid kasv T&A kulutustes. Kui suureneb kasv teadus- ja arendustegevusele tehtavates kulutustes, siis suureneb ka kasv tööjõu tootlikkuses. Sellega leidis

kinnitust autori püstitatud teine hüpotees, et teadus- ja arendustegevusel on positiivne mõju tootlikkusele. Kuna ka selles mudelis osutus inimkapital statistiliselt mitteoluliseks, tuli see mudelist eemaldada. Ümber lükati neljas hüpotees, et inimkapital mõjutab tootlikkust positiivselt. Samuti ei leidnud kinnitust viies hüpotees, et digitehnoloogia arengul on positiivne mõju tootlikkusele.

3.2. Järeldused

Käesolevas bakalaureusetöös uuriti, millist mõju avaldavad teadus- ja arendustegevus ning inimkapital tootlikkusele Euroopa Liidu riikides ajaperioodil 2009–2019. Samuti analüüsiti, milline on tootlikkuse seos teadus- ja arendustegevuse ja inimkapitaliga. Selleks, et analüüs oleks usaldusväärsem, hinnati ka T&A ja inimkapitali mõju majanduskasvule. Mudelitesse kaasati kontrollmuutujatena digitehnoloogia, rahvastiku kasv, kapitali kogumahtuvus põhivarasse, kaubanduse avatus, valitsuse efektiivsus, IKT kapital ning tööjõu kvaliteet.

Seoste analüüsimiseks viidi esmalt läbi korrelatsioonanalüüs. Esimesest korrelatsioonimaatriksist järeldati, et majanduskasvul on tugev statistiliselt oluline positiivne seos teadus- ja arendustegevuse, valitsuse efektiivsuse ja rahvastiku kasvuga. Keskmise tugevusega positiivne seos on majanduskasvul inimkapitali ja digitehnoloogiaga. Teisest korrelatsioonimaatriksist selgus, et tööjõu tootlikkusel on statistiliselt oluline positiivne seos nii T&A, inimkapitali kui ka kõikide kontrollmuutujatega. T&A ja tööjõu tootlikkuse vahel esineb tugev positiivne korrelatsioon. Tööjõu tootlikkusel on keskmise tugevusega positiivne seos inimkapitali, digitehnoloogia, rahvastiku kasvu ja valitsuse efektiivsusega. Positiivse seose olemasolul ühe muutuja suurenedes suureneb ka teine muutuja.

Tugev positiivne korrelatsioon esineb teadus- ja arendustegevusel valitsuse efektiivsusega ning keskmise tugevusega korrelatsioon inimkapitali, digitehnoloogia ja rahvastiku kasvuga. Saadud tulemused vastavad antud töös käsitletud varasemate empiiriliste uurimustega, kus on leitud inimkapitalil, T&A-l ja innovatsioonil positiivne seos tootlikkuse ja majanduskasvuga (Habib *et al.* 2019; Choi, Yi 2018; Wang 2010). Samuti on leitud, et inimkapital ja innovatsioon on positiivselt seotud T&A-ga (Tudor, Sova 2022; Wang 2010; Bilbao-Osorio, Rodriguez-Pose 2004). Korrelatsioonanalüüsi tulemuste põhjal saab väita, et kõrgem haridustase, digitehnoloogia

areng, valitsuse efektiivsus ja teadus- ja arendustegevused on oluliselt seotud tootlikkuse ja majanduskasvuga Euroopa Liidu riikides.

Korrelatsioonanalüüsi käigus leitakse ainult seose suund ja tugevus. Sellega ei saa hinnata, kumb muutujatest mõjutab kumba. Selleks, et analüüsida sõltumatute muutujate mõju tööjõu tootlikkusele ja majanduskasvule, viidi läbi kaks paneelandmetel põhinevat regressioonanalüüsi. Esimeses analüüsis hinnati sõltumatute muutujate mõju majanduskasvule. Fikseeritud efektidega mudeli põhjal läbi viidud analüüsist järeldus, et SKP *per capita* kasvule avaldavad positiivset mõju kasv T&A kulutuste, rahvastiku ja kapitali kogumahtuvuse põhivarasse suurenemine. Esimese regressioonanalüüsi põhjal sai kinnitust üks hüpotees – T&A avaldab majanduskasvule positiivset mõju. Teine hüpotees, inimkapitalil on positiivne mõju majanduskasvule, kinnitust ei leidnud, sest inimkapital osutus mudelis statistiliselt mitteoluliseks ja tunnus eemaldati mudelist.

Teises analüüsis hinnati sõltumatute muutujate mõju tööjõu tootlikkusele, kasutades fikseeritud efektidega mudelit. Analüüsist järeldus, et statistiliselt olulist positiivset mõju tööjõu tootlikkusele avaldab T&A kulutuste suurenemine. Teise analüüsi käigus sai kinnitust kolmas hüpotees ja ümber lükati neljas hüpotees – T&A mõjutab tootlikkust positiivselt ning inimkapitalil tootlikkusele mõju ei tuvastatud. Kuna interneti kasutajate arvul ei tuvastatud statistiliselt olulist mõju tootlikkusele, lükati ümber viimane hüpotees – digitehnoloogia edenemine ei mõjuta positiivselt tootlikkust.

Regressioonanalüüsides tulemused on vastavuses varasemate empiiriliste uurimustega, kus teadus- ja arendustegevusel on leitud positiivne mõju tootlikkusele ja majanduskasvule. Erinevalt varasematest uurimustest, ei leitud käesolevas uurimuses tõestust, et inimkapital avaldab tootlikkusele või majanduskasvule positiivset mõju. Szarowská (2017), Freimane ja Bāliņa (2016), Gumus ja Celikay (2015), Hasan ja Tucci (2010) on leidnud, et T&A-l, inimkapitalil, innovatsioonil ja digitehnoloogial on positiivne mõju tootlikkusele ja majanduskasvule. Tulemused näitasid, et investeerides rohkem teadus- ja arendustegevusse, eriti avaliku sektori poolt, suureneb tootlikkus, mis on üheks majanduskasvu komponendiks.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli analüüsida, millist mõju avaldavad teadus- ja arendustegevus ning inimkapital tootlikkusele Euroopa Liidu riikide näitel, et mõista, kas suuremad investeeringud T&A-le ja kõrgem haridustase on määravad tegurid tootlikkuse kasvuks.

Esimeses peatükis anti ülevaade, millised on teadus- ja arendustegevuse tegurid ning kuidas on need seotud tootlikkusega. Tehti ka ülevaade, kuidas T&A, inimkapital, digitehnoloogia ja innovatsioon mõjutavad tootlikkust ja majanduskasvu, tuginedes varasematele teoreetilistele ja empiirilistele uurimustele.

Teadus- ja arendustegevus on oluline osa jätkusuutlikkust arengust, mis hõlmab teadmiste suurendamist ja olemasolevatele teadmistele uute rakenduste väljatöötamist. T&A intensiivsus on seotud mitmete teguritega, eelkõige innovatsiooni, digitehnoloogiate, kaubanduse avatuse ja haridustasemega. Innovatsiooni tulemusel tekivad uued tehnoloogiad ja leiutised, mis võimaldavad muuta hetkel inimeste poolt tehtavad tööd lihtsamaks ja efektiivsemaks. Läbi avatud kaubanduse tekib *spillover* efekt. Uute toodete ja teenuste ekspordi kaudu kanduvad edasi ka teadmised ja tehnoloogia, mida on kasutatud toote või teenuse välja töötamiseks. Innovaatilisteks saavutusteks on vaja aga inimesi, kellel on selleks vastavad teadmised ja oskused. Seetõttu on T&A arenguks vajalik ka kõrgema haridustasemega inimesed, mida käsitletakse siinkohal kui inimkapitali.

Tootlikkuse kasv on oluline komponent majanduskasvu saavutamisel. Peamiste tootlikkuse ning majanduskasvu teguritena on varasemates uurimustes välja toodud teadus- ja arendustegevus, inimkapital, innovatsioon, tehnoloogia areng ja tehnosiire. Kõikidel teguritel esineb positiivne mõju tootlikkuse kasvule. Tänu teadus- ja arendustegevusele ja innovatsioonile on võimalik kasutada juba olemasolevaid ressursse veelgi efektiivsemalt, et tulla välja uuenduslikke toodetega, lihtsustades nii igapäevast elu kui ka rutiinseid ülesandeid. Kuna teadmised on avalik hüvis, siis kanduvad need tehnosiirde kaudu edasi ning kodumaine tootlikkus saab sellisel moel kasvada tänu teiste riikide teadus- ja arendustegevusele. Panustades rohkem ressursse, et kõrgharidus oleks

kvaliteetne ja kättesaadav, on võimalik saada juurde inimkapitali. Suurem kõrgharidusega oskuslike inimeste osakaal võimaldab jällegi tegeleda veelgi rohkem erinevate innovaatiliste tegevustega.

Lähtudes eelnevatest uurimustest, püstitas töö autor viis hüpoteesi, et hinnata T&A ja inimkapitali mõju tootlikkusele ja majanduskasvule Euroopa Liidu riikides valitud ajaperioodil. Hüpoteeside kontrollimiseks viis autor läbi kaks paneelanalüüsi. Sõltumatuteks muutujateks olid mudelites kulutused T&A-le ja inimkapital. Kontrollmuutujatena kaasati mudelisse sarnaselt varasematele empiirilistele uurimustele innovatsioon, digitehnoloogia, rahvastiku kasv, kapitali kogumahtuvus põhivarasse, kaubanduse avatus, valitsuse efektiivsus, IKT kapital ning tööjõu kvaliteet. Andmed Euroopa Liidu riikide kohta aastatel 2009–2019 on võetud Maailmapanga, Eurostat'i ja The Conference Board andmebaasidest.

Esimeses regressioonianalüüsis hinnati sõltumatute ja kontrollmuutujate mõju majanduskasvule, kasutades fikseeritud efektidega mudelit robustsete standardvigade ja fiktiivsete ajatunnustega. Analüüsi tulemusel järeldati, et SKP *per capita* kasvule avaldavad positiivset mõju kasv T&A kulutustes, rahvastikus ja kapitali kogumahtuvuses põhivarasse. Esimese analüüsi tulemusel leidis kinnitust esimene hüpotees, et teadus- ja arendustegevusel on positiivne mõju majanduskasvule. Teine hüpotees lükati ümber, inimkapitalil ei leitud positiivset mõju majanduskasvule. Inimkapital osutus mudelis statistiliselt mitteoluliseks.

Teises regressioonianalüüsis hinnati, milline on sõltumatute ja kontrollmuutujate mõju tööjõu tootlikkusele kasutades fikseeritud efektidega mudelit robustsete standardvigade ja fiktiivsete ajatunnustega. Analüüsist järeldus, et tööjõu tootlikkuse kasvule avaldab positiivset mõju T&A kulutuste suurenemine. Teise analüüsi tulemuste põhjal sai kinnitust kolmas hüpotees. Teadus- ja arendustegevusel on positiivne mõju tootlikkusele. Neljas hüpotees kinnitust ei leidnud. Inimkapital osutus mudelis statistiliselt mitteoluliseks, mistõttu ei olnud võimalik tuvastada inimkapitali mõju tootlikkusele.

Töös püüti leida vastus ka sellele, kuidas on digitehnoloogia levik ja areng mõjutanud tootlikkust. Internet on viimaste aastakümnete jooksul muutunud kõigile kättesaadavamaks, võimaldades otsida ja edastada infot varasemast kiiremini. Selleks, et teha tööd efektiivsemalt on mitmed igapäevased ülesanded digitaliseeritud või automatiseeritud. See tähendab, et sama tööd saab teha kiiremini, kuid kasutades selleks senisest vähem ressursse. Muutes olemasolevad sisendid

tõhusamaks, on võimalik seeläbi tõsta tootlikkust ja alandada samaaegselt tootmiskulusid. Sellest lähtuvalt püstitas töö autor viienda hüpoteesi, et digitehnoloogia edenemisel on positiivne mõju tootlikkusele. Teise regressioonanalüüsi põhjal hüpotees kinnitust ei leidnud. Interneti kasutajate arv osutus mudelis statistiliselt mitteoluliseks ning selle mõju tuvastada ei õnnestunud.

Bakalaureusetöö eesmärk, tuvastada, millist mõju avaldavad teadus- ja arendustegevus ning inimkapital tootlikkusele Euroopa Liidu riikides, sai osaliselt täidetud. Teadus- ja arendustegevus mõjutab Euroopa Liidu riikides tootlikkust positiivselt. Inimkapitali mõju tootlikkusele tuvastada ei õnnestunud. Panustades rohkem teadus- ja arendustegevuse soosimisele, eriti läbi avaliku sektori investeeringute ja mitmete poliitikameetmete, on võimalik näha riigis märgatavat kasvu nii töajõu tootlikkuses kui ka majanduskasvus.

SUMMARY

THE IMPACT OF RESEARCH AND DEVELOPMENT AND HUMAN CAPITAL ON PRODUCTIVITY IN THE EUROPEAN UNION COUNTRIES

Marelle Tammjärv

Productivity is one of the most important factors of economic growth. The more productive a country is the more efficiently it uses its inputs, such as physical capital and labor, for producing output. To be more efficient, one must take full advantage of the possibilities of the digital age and resources. Nowadays a lot of previously man made work is automated and made easier. Therefore it is crucial to allocate more resources to research and development (R&D) and education to promote innovation and sustainable development.

The aim of this bachelor's thesis was to analyze the impact of R&D and human capital on productivity in the European Union countries, in order to understand whether higher investment in R&D and higher level of education are determinants of productivity growth. In order to achieve the goal of this study four research questions were put forward. First, what determinants affect the intensity of R&D? Second, what is the effect of R&D on productivity? Third, what is the effect of human capital on productivity? Fourth, how does the level of digitization affect productivity?

In order to be more competitive, countries must be innovative and make use of all the possibilities technology has to offer. R&D is one of the main forces for productivity growth because it allows us to make life easier and more efficient by digitalization and automatisation. R&D itself is driven by many factors. Through new knowledge and the advancement of digital technology more and more innovations are made that require the use of new technologies. Human capital in the form of employees with higher education has also been found to have a positive impact on productivity. For that reason human capital is also critical for the growth of R&D intensity. Skills and knowledge are essential for being able to come up with new ideas and to use them to make ideas into reality. Since knowledge is a public good, it also has a spillover effect. Through technology transfer, new

ideas and technologies are made accessible to others. That way it is possible to use foreign R&D to own advantage.

Based on previous theoretical and empirical research five hypotheses were put forward. Hypotheses that R&D affects both economic growth and productivity positively, were confirmed. It is important to allocate more resources and funding to R&D to reach higher productivity and thus higher economic growth. Next hypotheses that human capital affects both economic growth and productivity positively were rejected. In both conducted analyses human capital was statistically insignificant and hence omitted from the models. Last hypothesis that the advancement of digital technologies has a positive effect on productivity was also rejected. Internet users, which was used as a proxy for the level of digital technology in a country, turned out to be statistically insignificant and therefore omitted from the models.

For the empirical part of this research, correlation analysis and two regression analyses were performed. Secondary data for 27 European Union countries for the years 2009–2019 was collected from The World Bank, Eurostat, and The Conference Board databases. The dependent variables were *GDP per capita* and labor productivity. The independent variables were R&D expenditure, human capital, digital technology, population growth, gross fixed capital formation (GFCF), trade openness, ICT capital, and labor quality.

To test the effects of independent variables on economic growth and labor productivity, the author carried out two panel data analyses using fixed effects models. Because both regression models had heteroskedasticity and autocorrelation, robust standard errors and time dummy variables were used. As a result of the first analysis, it was found that growth in R&D expenditures, population, and GFCF had a statistically significant positive impact on the growth of *GDP per capita*. The results of the second analysis showed that only the growth in R&D expenditures had a statistically significant positive impact on the growth of labor productivity.

The results from this research are consistent with previous empirical analyses, who have found that R&D has a positive impact on economic growth and productivity. Many researchers have found that human capital also has a positive effect on productivity, which this research failed to find.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Añón Higón, D., Gholami, R., Shirazi, F. (2017). ICT and environmental sustainability: A global perspective. *Telematics and Informatics*, 34(4), 85–95.
- Asteriou, D., Agiomirgianakis, G. M. (2001). Human capital and economic growth: Time series evidence from Greece. *Journal of Policy Modeling*, 23 (5), 481-489.
- Becker, B. (2015). Public R&D Policies and Private R&D Investment: A Survey of the Empirical Evidence. *Journal of Economic Surveys*, 29 (5), 917-942.
- Benhabib, J., Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, 34 (2), 143-173.
- Bilbao-Osorio, B., Rodriguez-Pose, A. (2004). From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU. *Growth and Change*, 35 (4), 434-455.
- Botev, J., Égert. B., Smidova, Z., Turner, D. (2019). A new macroeconomic measure of human capital with strong empirical links to productivity. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 1575. Paris: OECD Publishing.
- Burda, M. C, Wyplosz, C. (2005). *Macroeconomics: A European Text* (4th ed). New York, USA: Oxford University Press.
- Chang, C. F., Wang, P., Liu, J. T. (2016). Knowledge spillovers, human capital and productivity. *Journal of Macroeconomics*, 47, 214-232.
- Chinoracký, R., Čorejová, T. (2019). Impact of Digital Technologies on Labor Market and the Transport Sector. *Transportation Research Procedia*, 40, 994–1001.
- Choi, C., Yi, M. H. (2018). The Internet, R&D expenditure and economic growth. *Applied Economics Letters*, 25 (4), 264-267.
- Coe, D. T., Helpman, E. (1995). International R&D spillovers. *European Economic Review*, 39 (5), 859-887.
- Comin, D. (2010). total factor productivity. In: Durlauf, S.N., Blume, L.E. (eds) *Economic Growth. The New Palgrave Economics Collection* (260-263). London: Palgrave Macmillan.
- de la Fuente, A., Doménech, R. (2006). Human Capital in Growth Regressions: How Much Difference Does Data Quality Make? *Journal of the European Economic Association*, 4 (1), 1-36.

- Dilling-Hansen, M., Eriksson, T., Madsen, E., Smith, V. (1999). *The Impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Manufacturing Firms*.
- Doraszelski, U., Jaumandreu, J. (2013). R&D and Productivity: Estimating Endogenous Productivity. *The Review of Economic Studies*, 80 (4), 1338-1383.
- European Central Bank (2017). *How does innovation lead to growth?* Kättesaadav: <https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/growth.en.html>, 30. Märts 2022.
- Eurostat (2022). GERD by sector of performance [E-andmebaas]. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RD_E_GERDTOT__custom_2590858/default/table, 27. aprill 2022.
- Eurostat (2022). Patent applications to the European Patent Office (source: EPO) [E-andmebaas]. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_09_40/default/table, 27. aprill 2022.
- Eurostat (2022). Population by educational attainment level, sex and age (%) [E-andmebaas]. Kättesaadav: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/EDAT_LFS_9903__custom_2440792/default/table, 27. aprill 2022.
- Freimane, R., Bāliņa, S. (2016). Research and Development Expenditures and Economic Growth in the EU: A Panel Data Analysis. *Economics and Business*, 29 (1), 5-11.
- González, X., Jaumandreu, J., Pazó, C. (2005). Barriers to Innovation and Subsidy Effectiveness. *The RAND Journal of Economics*, 36 (4), 930-950.
- Griffith, R., Redding, S., Reenen, J. Van. (2004). Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries. *Review of Economics and Statistics*, 86 (4), 883-895.
- Gumus, E., Celikay, F. (2015). R&D Expenditure and Economic Growth: New Empirical Evidence. *Margin: The Journal of Applied Economic Research*, 9 (3), 205-217.
- Habib, M., Abbas, J., Noman, R. (2019). Are human capital, intellectual property rights, and research and development expenditures really important for total factor productivity? An empirical analysis. *International Journal of Social Economics*, 46 (6), 756-774.
- Hasan, I., Tucci, C. L. (2010). The innovation–economic growth nexus: Global evidence. *Research Policy*, 39 (10), 1264-1276.
- Jacobs, B., Nahuis, R., Tang, P.J.G. (2000). Human Capital, R&D, Productivity Growth and Assimilation of Technologies in the Netherlands. In: van Ark, B., Kuipers, S.K., Kuper, G.H. (eds) *Productivity, Technology and Economic Growth* (293-315). Boston: Springer.

- Kerem, K., Lистра, E., Luiker, L., Pöder, K. (1998). *Makroökonomika teooriad ja mudelid*. Tallinn.
- Leading innovation through EU research*. Kättesaadav: https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/research-and-innovation_en, 06. mai 2022
- Ljungberg, J., Nilsson, A. (2009). Human capital and economic growth: Sweden 1870–2000. *Cliometrica*, 3 (1), 71-95.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22 (1), 3-42.
- Najarzadeh, R., Rahimzadeh, F., Reed, M. (2014). Does the Internet increase labor productivity? Evidence from a cross-country dynamic panel. *Journal of Policy Modeling*, 36(6), 986–993.
- OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, 43-79. Paris: OECD Publishing
- Pece, A. M., Simona, O. E. O., Salisteanu, F. (2015). Innovation and Economic Growth: An Empirical Analysis for CEE Countries. *Procedia Economics and Finance*, 26, 461-467.
- Pieri, F., Vecchi, M., Venturini, F. (2018). Modelling the joint impact of R&D and ICT on productivity: A frontier analysis approach. *Research Policy*, 47 (9), 1842-1852.
- Qu, J., Simes, R., O'Mahony, J. (2017). How Do Digital Technologies Drive Economic Growth? *Economic Record*, 93, 57-69.
- Rakic, R. *et al.* (2021). *Fostering R&D intensity in the European Union: Policy experiences and lessons learned*. Case study contribution to the OECD TIP project on R&D intensity. Kättesaadav: <https://community.oecd.org/community/cstp/tip/rdintensity>, 17. märts 2022.
- Relich, M. (2017). The impact of ICT on labor productivity in the EU The impact of ICT on labor productivity in the EU. *Information Technology for Development*, 23 (4), 706-722.
- Romer, D. (2019). *Advanced Macroeconomics* (5th ed). New York, USA: McGraw-Hill.
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94 (5), 1002-1037.
- Sauga, A. (2017). *Statistika õpik majanduseriala üliõpilastele*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.
- Schreyer, P., Pilat, D. (2001). Measuring Productivity. *OECD Economic Studies*, 33 (2), 127-170.

- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Szarowská, I. (2017). Does public R&D expenditure matter for economic growth? *Journal of International Studies*, 10 (2), 90-103.
- The Conference Board Total Economy Database (2022). Growth Accounting and Total Factor Productivity, 1990-2022 [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://www.conference-board.org/data/economydatabase/total-economy-database-productivity>, 27. aprill 2022.
- The World Bank (2022). GDP per capita, PPP (constant 2017 international \$) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://databank.worldbank.org>, 27. aprill 2022.
- The World Bank (2022). GDP per person employed (constant 2017 PPP \$) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://databank.worldbank.org>, 27. aprill 2022.
- The World Bank (2022). Gross fixed capital formation (constant 2015 US\$) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://databank.worldbank.org>, 27. aprill 2022.
- The World Bank (2022). Individuals using the Internet (% of population) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://databank.worldbank.org>, 27. aprill 2022.
- The World Bank (2022). Population growth (annual %) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://databank.worldbank.org>, 27. aprill 2022.
- The World Bank (2022). Trade (% of GDP) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://databank.worldbank.org>, 27. aprill 2022.
- The Worldwide Governance Indicators (2021). Government effectiveness estimate [E-andmebaas]. Kättesaadav: <http://info.worldbank.org/governance/wgi>, 27. aprill 2022.
- Tudor, C., Sova, R. (2022). Driving Factors for R&D Intensity: Evidence from Global and Income-Level Panels. *Sustainability*, 14 (3), 1854.
- Wang, E. C. (2010). Determinants of R&D investment: The Extreme-Bounds-Analysis approach applied to 26 OECD countries. *Research Policy*, 39 (1), 103-116.
- Wieser, R. (2005). Research And Development Productivity And Spillovers: Empirical Evidence At The Firm Level. *Journal of Economic Surveys*, 19 (4), 587-621.
- Xu, M., David, J. M., Kim, S. H. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90-95.
- Zhu, F., Li, Q., Yang, S., Balezentis, T. (2021). How ICT and R&D affect productivity? Firm level evidence for China. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, 1-19.

LISAD

Lisa 1. Euroopa Liidu T&A intensiivsus aastatel 2019, 2020 ning eesmärk aastaks 2020

Riik	2019	2020	2020 eesmärk
Euroopa Liit	2,23%	2,32%	3,00%
Belgia	3,16%	3,48%	3,00%
Bulgaaria	0,83%	0,85%	1,50%
Tšehhi	1,93%	1,99%	0,00%
Taani	2,93%	3,03%	3,00%
Saksamaa	3,17%	3,14%	3,00%
Eesti	1,63%	1,79%	3,00%
Iirimaa	1,23%	1,23%	2,00%
Kreeka	1,28%	1,50%	1,30%
Hispaania	1,25%	1,41%	2,00%
Prantsusmaa	2,19%	2,35%	3,00%
Horvaatia	1,08%	1,25%	1,40%
Itaalia	1,46%	1,53%	1,53%
Küpros	0,71%	0,82%	0,50%
Läti	0,64%	0,71%	1,50%
Leedu	0,99%	1,16%	1,90%
Luksemburg	1,18%	1,13%	2,45%
Ungari	1,48%	1,61%	1,80%
Malta	0,57%	0,67%	2,00%
Holland	2,18%	2,29%	2,50%

Lisa 1 järg

Austria	3,13%	3,20%	3,76%
Poola	1,32%	1,39%	1,70%
Portugal	1,40%	1,62%	3,00%
Rumeenia	0,48%	0,47%	2,00%
Sloveenia	2,05%	2,15%	3,00%
Slovakkia	0,83%	0,91%	1,20%
Soome	2,80%	2,94%	4,00%
Rootsi	3,39%	3,53%	4,00%

Allikas: Eurostat, Gross domestic expenditure on research and development (2022), Rakic *et al.* (2021)

Lisa 2. Mudelis kasutatavad tähised ja nende selgitused

Muutuja tähis mudelis	Muutuja selgitus
GDP	Reaalne SKP <i>per capita</i>
LP	Tööjõu tootlikkus
RD	Teadus- ja arendustegevuse kulutused
EDU	Kõrghariduse omandanute osakaal vanuseklassis 25-64
INTERNET	Interneti kasutajate osakaal elanikkonnast
POP	Rahvastiku kasvutempo
GFCF	Kapitali kogumahtuvus põhivarasse
TRADE	Kaupade ja teenuste impordi ja ekspordi osakaal SKP-st
GE	Valitsuse efektiivsuse indeks
ICT	IKT kapital
QUALITY	Tööjõu kvaliteet

Lisa 3. Korrelatsioonimaatriks – sõltuv muutuja SKP *per capita*

	I_GDP	I_RD	I_EDU	I_INTERNET	POP	I_GFCF	I_TRADE	GE	ICT	QUALITY
I_GDP	1,00									
I_RD	0,86***	1,00								
I_EDU	0,52***	0,52***	1,00							
I_INTERNET	0,62***	0,66***	0,45***	1,00						
POP	0,72***	0,53***	0,27***	0,46***	1,00					
I_GFCF	0,32***	0,53***	0,04	0,27***	0,05	1,00				
I_TRADE	0,29***	0,01	0,22***	0,07	0,39***	-0,53***	1,00			
GE	0,76***	0,85***	0,60***	0,52***	0,50***	0,31***	0,15***	1,00		
ICT	0,19***	0,05	0,16***	0,13***	0,21***	-0,19***	0,32***	0,17***	1,00	
QUALITY	-0,01	-0,08	-0,16***	-0,12***	0,02	-0,16***	0,02	-0,03	-0,08	1,00

Allikas: Maailmapanga andmebaas (2022), Eurostat andmebaas (2022), The Conference Board andmebaas (2022), autori arvutused programmis *Gretl*

Märkused: *** tähistab statistilist olulisust nivool 0,01.

Lisa 4. Korrelatsioonimaatriks – sõltuv muutuja tööjõu tootlikkus

	I_LP	I_RD	I_EDU	I_INTERNET	POP	I_GFCF	I_TRADE	GE	ICT	QUALITY
I_LP	1,00									
I_RD	0,82***	1,00								
I_EDU	0,43***	0,52***	1,00							
I_INTERNET	0,56***	0,66***	0,45***	1,00						
POP	0,64***	0,53***	0,27***	0,46***	1,00					
I_GFCF	0,34***	0,53***	0,04	0,27***	0,05	1,00				
I_TRADE	0,21***	0,01	0,22***	0,07	0,39***	-0,53***	1,00			
GE	0,65***	0,85***	0,60***	0,52***	0,50***	0,31***	0,15***	1,00		
ICT	0,12***	0,05	0,16***	0,13***	0,21***	-0,19***	0,32***	0,17***	1,00	
QUALITY	0,01	-0,08	-0,16***	-0,12***	0,02	-0,16***	0,02	-0,03	-0,08	1,00

Allikas: Maailmapanga andmebaas (2022), Eurostat andmebaas (2022), The Conference Board andmebaas (2022), autori arvutused programmis *Gretl*

Märkused: *** tähistab statistilist olulisust nivool 0,01.

Lisa 6. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Marelle Tammjärv

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Teadus- ja arendustegevuse ning inimkapitali mõju tootlikkusele Euroopa Liidu riikides“, mille juhendaja on Artjom Saia, MA,
 - 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.
-

12.05.2022

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