

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
Majandusteaduskond  
Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Desiree Danielle Lillemets

**HARIDUSTASEME JA TEHNOLOOGIA ARENGU VAHELINE  
SEOS**

Bakalaureusetöö

Õppekava TAAB, peaeriala rakenduslik majandusanalüüs

Juhendaja: Jelena Matina, lektor

Tallinn 2021

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 6008 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Desiree Danielle Lillemets .....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 185194TAAB

Üliõpilase e-posti aadress: desireelillemets@gmail.com

Juhendaja: Jelena Matina, Lektor

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

## SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE .....	4
SISSEJUHATUS .....	5
1. HARDISUTASEME JA TEHNOLOOGIA ARENGU TEOREETILISED KÄSITLUSED .....	7
1.1. Haridus kui tehnoloogilise arengu eelkäija.....	7
1.2. Varasemad empiirilised ja teoreetilised käsitlused .....	9
1.3 Haridustase OECD riikides.....	11
2. ANDMED JA METOODIKA .....	14
2.1. Kasutatavad andmed.....	14
2.2. Metoodika ja mudelite kirjeldus .....	16
2.3 Kirjeldav statistika.....	18
3. ÕKONOMEETRILINE ANALÜÜS .....	26
3.1 Õkonomeetrilise analüüsi tulemused.....	26
KOKKUVÕTE .....	31
SUMMARY .....	33
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU.....	36
LISAD .....	39
Lisa 1. Õkonomeetriliseks mudeliks kasutatavad andmed perioodil 2009-2017 .....	39
Lisa 2. Juhuslike efektide ja Hausmani testi tulemused.....	40
Lisa 3. Fikseeritud efektidega esialgne mudel.....	41
Lisa 4. Regressioonanalüüsi mudel.....	42
Lisa 5. Waldi test .....	43
Lisa 6. Regressioonanalüüs kohandatud standarvigadega .....	44
Lisa 7. Regressioonanalüüsi mudel.....	45
Lisa 8. Regressioonanalüüsi mudel.....	46
Lisa 9. Regressioonanalüüsi lõplik mudel.....	47
Lisa 10. Belsley-Kuh-Welchi test .....	48
Lisa 11. Lihtlitsents .....	49

## LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaurusetöö eesmärgiks on leida haridustasemete ja tehnoloogilise arengu vaheline seos. Töö on tehtud OECD riigi alusel aastatel 2009-2017. Eesmärk on leida seoste esinemine põhi-, kesk- ja kõrghariduse ja tehnoloogilise arengu vahel ning esinemise korral, kas esineb positiivne või negatiivne seos.

Eemärgi saavutamiseks analüüsitakse OECD riikide paneelandmeid. Valimis on kolmteist OECD riiki, mille kohta andmed olid kättesaadavad ja asjakohased. Õkonomeetriapakettis Gretl teostatakse paneelandmete analüüs, kus valitakse sobiv mudel, millega viiakse läbi erinevad testid ja tehakse lõplik mudeli kuju selgeks. Sõltuvaks muutujaks on sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevusele protsendina SKP-st ja sõltumatuteks muutujateks on põhi-, kesk- ja kõrgharidus tasemed, investeeringud kolmanda taseme haridusse õppija kohta, info-ja kommunikatsiooni vara protsent põhivarast ning SKP kasv.

Analüüsi tulemus ei võimaldanud kõiki töö algul püstitatud hüpoteese vastu võtta. Tulemus näitas, et tehnoloogilise arengu ning põhihariduse vahel esineb positiivne kuid nõrk seos. Samuti oli statistiliselt oluline sõltumatu muutuja SKP kasv.

Võtmesõnad: tehnoloogiline areng, OECD, haridustasemed, paneelandmed

## SISSEJUHATUS

Tänapäeval on väga tähtis ühiskonna heaolu, mis sõltub suuresti majanduskasvust. Tehnoloogia ning haridus on alati olnud tähtsal kohal majandustegevuse kasvatamisel. Käesoleval ajal on rahuldamatu nõudlus üha uuema ja suurema koguse tehnoloogia järele. Tehnoloogia areng võimaldab tõhusamalt toota kaupu ja teenuseid, langetades toodete hindu, kui on võimalik toota rohkem väiksemate kuludega. Tootlikkuse kasv toob ka kaasa töötajate reaalspalga suurenemise, seega on tehnoloogia arengu mõju majandusele kasulik. Kõrgem haridustase soodustab tehnoloogia alast teadus- ja arendustegevust, mis edendab innovatsioonitehnoloogia loomist, muutes riigi tugevamaks. Tehnoloogia arenguks on vaja kvalifitseeritud inimesi, kes on oma valdkonna tundjad, sest töökohad muutuvad keerulisemaks ja uuenduslikumaks. Läbi hariduse on võimalik riigil oma ühiskonda arendada. Haridust on majandusteadlaste poolt alati üheks tähtsamaks inimkapitali komponendiks loetud, kuid alles alates 1960ndate lõpust on hakatud ka tulemeid hindama tervikuna majanduskasvule.

Töö tähtsaim eesmärk on leida seos haridustaseme ja tehnoloogia arengu vahel valitud OECD riikide näitel. Autor püstatab hüpoteesid:

- 1) haridustaseme ja tehnoloogia arengu vahel on positiivne seos;
- 2) erinevate haridustasemete juures ja tehnoloogia arengu vahel on erineva ulatusega seosed.

Peamised uurimisküsimused, millele autor töö käigus vastuseid soovib leida on:

- Kuidas kirjeldab teaduskirjandus haridustaseme ja tehnoloogia arengu vahelist seost?
- Kas erinevate haridustasemete ja tehnoloogia arengu näitajate vahel esineb seos ning kas tegu on positiivse või negatiivse ehk samasuunalise või vastassuunalise muutusega?
- Kas haridustase ning tehnoloogia areng oli erinevates OECD riikides sarnane? Kui olid erinevused, siis millised?

Andmete analüüsimisel on kasutatud paneelandmete analüüsi. Haridustaset kirjeldavateks näitajateks on põhi-, kesk- ja kõrgharidus 25-64 aastaste elanike haridustasemed valitud riikides. Tehnoloogia arengut kirjeldavateks näitajateks on valitud teadus- ja arendustegevus ja tehnoloogia

arengut näitav indikaator, mis näitab sisemajanduse kogukulutusi teadus- ja arendustegevusele protsendina SKP-st (GERD). Teadus- ja arendustegevus omab olulist osa ühiskonna heaolus ning riigi majanduskasvus (Karo 2019). Sõltuvaks muutujaks on sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevuseks protsendina SKP-st. Analüüsitavad on OECD riikide andmed aastatel 2009-2017. Ajalise piirangu seab tehnoloogia arengut kirjeldavate andmete kättesaadavus. Selline valim peaks andma mitmekülgse vaate ning OECD riikide kohta on andmed väga kättesaadavad ja usaldusväärsed. Andmete analüüsimiseks kasutatakse ökonomeetriapaketti Gretl ja Microsoft Excel-it. Andmed pärinevad OECD ja World Bank andmebaasidest.

Bakalaureusetöö on jaotatud kolme peatükki. Esimeses osas antakse ülevaade varasemast empiirilisest ja teoreetilisest käsitlusest. Lisaks kirjeldatakse OECD riikide üldist haridustaset ning milline tähtsus on haridusel tehnoloogilise arengu eelkäijana. Teises osas kirjeldatakse, milliseid andmeid ja meetodeid kasutatakse antud töös analüüsimisel. Samuti antakse ülevaade kirjeldavast statistikast, tuues välja riikide keskmised ning dünaamika. Kolmandas osas testitakse teises osas välja toodud etapid, et leida sobiv mudel. Valitud mudeli andmetega viiakse läbi analüüsid ning tehakse peamised järeldused.

# **1. HARDISUTASEME JA TEHNOLOOGIA ARENGU TEOREETILISED KÄSITLUSED**

Järgnevalt uuritakse, mis moel on haridus seotud tehnoloogia arenguga, seejärel antakse ülevaade eelnevatest empiirilistest ja teoreetilistest käsitlustest. Viimaseks on ülevaade OECD riikide üldisest haridustasemest. Antud töös peetakse tehnoloogia arengut näitavaks teguriks peamise teaduse- ja tehnoloogia indikaatori ehk sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevusele protsendina SKP-st (GERD) arengut ning integreerimist riigi majandusse, mis on väljatoodud OECD andmebaasis.

## **1.1. Haridus kui tehnoloogilise arengu eelkäija**

Haridussüsteem loob raja tulevikku, lapsed peavad õppima pidevalt muutuva elukeskkonnaga toime tulema. Haridustase omab tähtsat rolli nii töökoha saamisel, palga suurusel, oskuste omandamisel, tervislikul seisundil, õnnel kui ka kodanikuaktiivsusel. (Golden 2020) Haridus on suuresti mõjutatud digitaalsest ajastust. Vana haridussüsteem seisab uue väljakutse ees: valmistada õpilasi ette uueks automatiseeritud majanduseks ja ühiskonnaks. Sealhulgas varustada õpilaste oskuseid uute digioskustega, et aidata kaasa digitaliseerimise arengule. OECD riigid on üha enam hakanud investeerima digitaalsesse haridusse, et toetada kooliõpilasi 21. sajandisse üleminekuga. Näiteks võib välja tuua, et Eesti infoühiskonna tegevuskava aastaks 2020 oli õppekava ajakohastamine info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) oskuste omandamisega, mida tulevikus erinevates sektorites ja ametites vaja läheb. Eesmärgiks oli riigi majanduskasvu, arengut ning elanike heaolu toetava IKT-tarsistu loomine. (Vlies 2020)

Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) on integreeritud pea igasse valdkonda. Kokkupuude tehnoloogiaga on kõikjal, alustades hariduse teekonnal ja lõpetades arsti juures käiguga (Watson 2006). IKT areng on kaasa toonud suured muutused maailma majanduses: riikidevaheline transport on suurenenud, inimeste elatustase on paranenud ning nõudmine uute teadmiste ja innovatsiooni järele on kasvanud. Selleks, et IKT areng toimuks, on vaja, et haridussektor võimaldaks tehnoloogia alaseid baasteadmiseid. Haridussektor on üks enim mõjutatud sektor IKT

arengust, see sektor omab suurt mõju, milliseks kujuneb riigi tulevik. (Kozma 2005) Juba algklassides võiks tehnoloogia kasutamine olla abivahendiks lastele, et suurendada õppijate oskuseid ja valmistada neid ette tehnoloogiamaailmaks (Lewis 1999, 50).

Tehnoloogia kasutamist ei õpita teoreetiliselt, vaid läbi praktika. OECD riigid on juba alates 1980-ndatest uurinud, kuidas käsitletav tehnoloogia koolides muudab õppimist nii reaals- kui ka humanitaarainete puhul. On mõistetud, et IKT kasutamine koolides on tee tulevikku, kus õpitud teadmised tulevad kasuks digitaalsete ressursside turul. (Istance, Kools 2013) Nõudlus tehnoloogia järele koolides on kasvanud viimase aastakümne jooksul ning koos sellega kasvab ka nõudlus vastavalt haritud inimeste järele, kes mõistavad andmetöötlust, programmeerimist ning omavad arvutialaseid teadmiseid. 90ndatel sai IKT kasutamine koolides igapäevaseks, kuid rõhku hakati panema kasutamise eesmärgile. Varem kasutati IKT-t koolides õppimise edendamiseks, siis nüüd on eesmärk läbi IKT valmistada õpilasi ette kiirelt arenevaks ühiskonnaks. (Watson 2006)

On tähtis, et lisaks tehnoloogia kasutamise oskusele mõistaks õpilased, miks see oskus neile kasuks tuleb (Kirkwood, Price 2005, 206). Praeguse generatsiooni tuleviku töökohad näevad ette, et oleks olemas tehnoloogiline kirjaoskus, innovaatiline mõtlemine, tõhus kommunikatsioon ja suur tootlikus. Neid nimetab USA-s tegutsev *North Central Regional Education Laboratory of en9\*Gauge* 21. sajandi oskusteks. Autor on öelnud, et „Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) tõstab 21. sajandil edu saavutamiseks vajalike pädevuste latti“. Lapsed on digitaalse maailma tulevik, mis tähendab, et haridusasutustel on kohustus õpetada 21. sajandi oskuseid ning näidata tehnoloogia arengu positiivset mõju. 90ndatel vajadis kõigest 61% teadmiste põhistest töökohtadest kõrgharidust, kuid tänapäeval on vajadus tõusnud juba 85%-ni. Tehnoloogia valdkonnas on kõige paremini tasustatavad töökohad, mis tähendab, et haridus on vajalik, et töötada selles valdkonnas. (Lemke 2002)

Tehnoloogiaühiskond muudab varasemate töökohtade iseloomu, nõudes üha enam haritumaid inimesi nende kohtade täitmiseks. Sellist vaatepunkti nimetatakse võidujooksuks tehnoloogia ja hariduse vahel. Eksperdid näevad sellest erinevaid stsenaariumeid, osad usuvad, et tehisintellektid võtavad tööturul suure osa, lihttöölised jäävad töödest ilma ning vajadus oskuse põhisele tööjõule kasvab. Näiteks saab tuua toidupoodides asuvad iseteeninduskassad. Sellest vaatepunktist nähakse just haridust kõige alusena. (Brown, Keep 2018, 31-39) Hariduse kvaliteet riikides omab tähtsat rolli, et haridust omandades oleks tulemuseks selle efektiivne kasutamine. (Vliamos, Tzeremes 2006, 120)



## 1.2. Varasemad empiirilised ja teoreetilised käsitlused

Majandusteadlased Goldin ja Katz toovad oma raamatus „Hariduse ja tehnoloogia vaheline võidujooks“ välja, et 20. sajandil algas inimkapitali suurem areng ja innovaatiline mõtlemine, mis omakorda lõi uusi tehnoloogilisi lahendusi. Nende mudeli kohaselt suurendab tehnoloogiline areng nõudlust oskuste järele, kuid pakkumise pool ei jõua järele, kui ei tehta piisavalt investeeringud inimkapitali, mille tõttu tekib ebavõrdsus. Teadlased keskenduvad mudeli pakkumise poolele: kuidas tööliste oskused on mõjutatud haridusest, kuidas inimkapital on majanduskasvu peamine tegur ning inimkapitali investeerides on tagatud tehnoloogiline areng. Eeldades, et läbi hariduse suurenevad indiviidide oskused ning tootlikus, mis omakorda tagab tehnoloogilise protsessi. Üks dissonants teadlaste arusaamas on, nimelt arvavad nad, et keskmise tasemega haridusele ei tohiks enam panustada. Keskmise tasemega hariduse all nähakse haridust, mis vajab keskkoolist kõrgemat taset, kuid ei vaja ülikooli diplomit. Teadlaste arvates pole tulevikus niiõelda keskmise tasemega töökohti, sest need automaatiseeritakse, kuid see järelendus ei pea paika, nimelt jäävad alles tööd elektrikutele, ehitajatele jne. Keskmise taseme hariduse omandamine on justkui hüppelaud kõrgema hariduse poole. (Acemoglu, Autor 2012)

Makrouuringu käigus vaadeldi kõrgkoolide poolt läbiviidud teadus- ja arendustegevuse (T&A) mõju tootlikuse kasvule seitsmeteistkümnnes OECD riigis aastatel 1981-2006. Nõudlus kõrgharidusele on tõusnud, et pakkuda kvalifitseeritud tööjõudu teaduspõhistele ametitele. Kuigi OECD riikide kogukulutused erasektorile on suuremad, kui avalikule sektorile ehk koolidele, siis leitakse, et tootlikuse kasv on positiivselt mõjutatud kõrgkoolide T&A-st. Tulemuse leidmiseks võrreldi iga sektori: hariduse-, äri- ja valitsusesektori paneelaruandeid, mis pärinevad OECD peamiste teaduse- ja tehnoloogia indikaatorite andmebaasist. Tulemusena leiti, et kõrgkoolide poolt teostatav T&A omab märgatavat rolli riikide tootlikuse kasvule. See näitab, et kõrgharitud inimesed suurendavad T&A-d, sealhulgas ka tehnoloogia arengut. (Eid 2010, 53-68) Kõige tõhusam viis tehnoloogia integreerimiseks on arendada riigi inimkapitali T&A kaudu (Nelson, Phelps 1966, 69-75).

Kõrge sissetulekuga riikides uuriti aastate 1990-2015 põhjal, kas IKT, hariduse, T&A ning sisemajanduse koguprodukt (SKP) elaniku kohta vahel on seos. Tulemuseks saadi, et IKT ja T&A vahel on lühiajaliselt kahesuunaline seos ning IKT ja hariduse vahel on pikaajaline kahesuunaline seos. (Saidi, Chebli 2018, 810-825) Rikkad arenenud riigid saavad suunata rohkem vahendeid T&A-sse, kuna inimeste elatustase on piisavalt kõrge. See on nendele riikidele positiivne olukord, kus kõrgema inimkapitaliga kaasneb tehnoloogia areng ning sellega elavdub ka majandus. Pidevalt arenevas ühiskonnas on vaja vastavalt haritud indiviide, kes oma teadmistega oskaks hallata uusi tehnoloogiaid. Pikaajalise arengu tagamiseks on vaja lisaks inimkapitali arendamisele ka intellektuaalse kapital integreerimist majandusse. (Bucciarelli *et al.* 2010)

Uuringuid on teostatud ka mitte ainult arenenud riikides. Näiteks võeti uurimisobjektiks Hiina eri piirkonnad ning koguti paneelandsmeid aastatel 2006-2019. Ruumilist Dublini mudelit kasutades töötati välja kõrghariduse arendamise, tehnoloogilise innovatsiooni taseme ja tööstusstruktuuri täiendamise indeksüsteem. Uuringu käigus leiti, et kõrgharidusel ja tehnoloogilistel uuendustel on positiivne kõrvalmõju tööstusstruktuuri täiendamisele. Kõrgharidus tagab inimkapitali arengu ning haritud inimkapitali rakendamisel toimub tehnoloogiline innovatsioon. Seetõttu tuleb tööstusstruktuuri täiendamiseks arendada kõrgharidust, mille kaudu areneb ka tehnoloogia. (Wu, Liu 2021) Tehnoloogilise arengu resultaadina tekib vajadus personali koolitada tööpostil, kui ettevõtted hakkavad kasutama uusi tehnoloogiaid, mis näitab kindlat seost haridusega (Emad 2010, 875-879).

Hispaania näitel uuriti, kas IKT kasutamine koolides on ka õpitulemustes näha. Aluseks võeti PISA (*Program for International Student Assessment*) testi tulemused aastatel 2009, 2012 ja 2015. Riigid on teinud suuri investeeringud IKT seadmete paigutamiseks koolidesse. Kuigi IKT kasutamisel ja matemaatika ning lugemise tulemuste vahel seost ei leitud, siis IKT kasutamise ja teaduspõhiste ainete vahel oli positiivset seos. Tulemusena võib öelda, et IKT haridualasel kasutamisel peab kindlaks tegema, millise valdkonnale rõhku panna, et digimaailmas tulemusi näha oleks. (Fernández-Gutiérrez *et al.* 2020)

Malaisia näitel uuriti aastatel 1978 kuni 2007, kuidas põhi-, kesk- ja kõrgharidus mõjutavad majanduskasvu. Põhihariduse läbinute mõjuna väheneb sündide arv, keskhariduse läbinud inimesed omavad teadmised tehnoloogia kasutamisest ning kõrharitud inimesed oskavad arendada uut tehnoloogiat. Esmalt uuriti, kas haridustasemel on mõju ning teiseks, millisel tasemel on kõige suurem mõju. Tulemuseks saadi, et lühiajaliselt on kõik haridustasemed majanduskasvu

mõjutajaks, kuid pikaajaliselt on mõjutajaks ainult kõrgharitud elanikkond. Kõrgharitus on väga tähtis, et koolitada välja oskuslikke töötajaid, kes läbi tehnoloogiliste saavutuste riigi majandust elavdavad. (Shaihani *et al.* 2012) Ka Solow on oma majanduskasvu teoorias väitnud, et tehnoloogilisel progressil on märkimisväärne osa majanduskasvu jätkusuutlikkusel (Solow 1956, 65-94).

Majandusteadlaste poolt püstitatud hüpotees ütleb, et haritud inimesed suurendavad inimkapitali tähtsust majanduses. Haritus suurendab tehnoloogia tootmist, arengut ja integreerimist. Indiviidi otsus harida ennast võib mõjutada ka teda ümbritsevaid inimesi. USA farmipidajate näitel on täheldatud, et haritud farmer kasutab paremaid lahendusi, saab suuremaid kasumeid ning omandab uusi tehnoloogiaid paremini kui harimata farmer. Selle tulemusena võib hakata ka naaber farmipidaja samasid meetodeid kasutama. Investeerides inimkapitali on tasuvusmäär suurem, kui koheselt tehnoloogiasse investeerides. Nende vaheline seos on selgelt nähtav. (Nelson, Phelps 1966, 69-75)

Eeldades, et majapidamistel on kaks valikut: valida kõrgharitus või kutseharitus. Tulemusena, et kõrgaharitud inimene loob ja omandab uusi tehnoloogiaid, kui kutseharidusega inimene on efektiivne juba olemasoleva tehnoloogia kasutamisel. Selleks, et tehnoloogiline progress jätkuks, on tähtis, et riik võimaldaks oma elanikele vähemalt teise taseme hariduse kättesaadavuse. Võrreldes Euroopat ja USA-d, siis on Euroopa majanduskasv madalam, kuna Euroopa hariduselu juhtimine keskendub oskustespetsiifilisele haridusele ning seetõttu ei suudeta nii edukalt uusi tehnoloogiaid vastuvõtta. (Krueger, Kumar 2003; Krueger, Kumar 2004).

### **1.3 Haridustase OECD riikides**

2018. aasta seiuga oli peaaegu 20% OECD riikide elanikkonnast lõpetanud oma haridustee kõige madalama tasemega ehk põhiharidusega, kui 2012. aastal oli selleks arvuks 25% elanikkonnast. 41,51% elanikest oli omandanud hariduse kuni teise taseme ülemise astmeni ehk keskhariduseni, võrreldes 43,64% 2012. aastal. 2018. aastal omandasid 36,94 % OECD riigi elanikest kolmanda astme hariduse ehk kõrghariduse, võrreldes 32,22% 2012. aastal. Kolmanda astme hariduse osatähtsust on kõige enam suurendanud üliõpilased, kes lõpetasid bakalaureusekraadiga. Kõrgharitud inimesed kannatavad vähem tööpuuduse käes, kui teise taseme ülemise astmega haridusega inimesed. Samuti on kolmanda astme haridusega täiskasvanute palk suurem, 23-34

aastased teenivad eakaaslastest 38% rohkem ning 45-54 aastased lausa 70% rohkem. 2017. aasta seisuga said kõigest 4% lõpetanutest kraadi info- ja kommunikatsioonitehnoloogia valdkonnas, olgugi et, see valdkond vajab hädasti üha enam tööjõudu. 2016. aastal olid keskmised kulutsed üliõpilase kohta 13064 eurot, millest 1/3-ndik läks teadus- ja arendustegevusse. Tasuta kõrgharidus paljudes OECD riikides on muutnud kraadi omandamise paljudele kättesaadavamaks. (OECD *Education...* 2019)

Viimati 2018. aastal läbiviidud rahvusvaheline õpilaste õpitulemuslikkuse hindamisprogramm (PISA) oli fokuseeritud funktsionaalsele lugemisele, lisaks testiti teadmiseid matemaatikas ja loodusteadustes. PISA on OECD poolt läbiviidav ülemaailmne uurimus, mida tehakse nii liikmesriikides kui ka mitteliikmesriikides, mille käigus uuritakse 15-aastaste õpilaste õpitulemusi. PISA eesmärk on hinnata õpilaste pädevust, mis aitab neil ette valmistuda eluks. 2018. aasta seisuga olid Eesti noored OECD riikide hulgas lugemises ja loodusteadustes esimesed, Jaapani noored olid matemaatikas esimesed. Ligikaudu 8,7% OECD riikide õpilastest saavutasid lugemises tippaseme ehk lugemistesti 5. või 6. taseme. Matemaatikas saavutasid kõigest keskmiselt 2,4% OECD riikide õpilastest tippaseme. Keskmiselt iga neljas 15-aastane ei saavutanud miinimumtasemist matemaatikas või lugemises, see näitab, et arenguruumi veel OECD riikides on. (OECD Pisa... 2019)

Kaasaegse areneva majandusega käib kaasas nõue uute oskuste järele. Hetkel pakutavad oskused ei jõua järele muutuva maailmaga. Tehnoloogia areng, globaliseerumine, demograafilised- ja struktuurimuutused nõuavad pidevalt uusi spetsiifilisi oskuseid. Selleks, et riigid saaks tagada oskuste puudujäägid ning aidata oma kodanikel teha õigeid karjääri otsuseid, on OECD koos USA suure testimiskeskusega Educational Testing Service (ETS) väljatöötanud rahvusvahelise täiskasvanute oskuste uuringu PIAAC. PIAAC-i raames uuritakse 16-64 aastaste kodanike funktsionaalset lugemisoskust ja selle aluseks olevaid baasoskusi, matemaatilist kirjaoskust ja tehnoloogiarikas keskkonnas probleemilahendusoskust. See annab riikidele võimaluse näha, milliseid oskuseid on vaja arendada ning kuidas toimib nende haridussüsteem. Noortele on vaja ühtset haridussüsteemi, on tähtis investeerida varajasse haridus- ja arendustöösse, pakkuda kõikidele kvaliteetset põhiharidust ning haridussüsteem peab põhinema kaasaegsel süsteemil. (Martin 2018)

Kanadas olid 2018. aasta seisuga kõige rohkem kolmanda astmega haritud elanikke ning kõige väiksem oli kolmanda astmega haritud elanikke Lõuna-Aafrika Vabariigis. (OECD *Education at*

a *Glance* 2019) Haridutase sõltub riigiti palju sellest, kas õppevõimalused on igale õpilasele võrdsed. OECD Põhja-Euroopa riikides on väga väike koolidevaheline ebavõrdsus, kuid Mandri-Euroopas esineb suur sotsiaalmajanduslik segregatsioon koolides. On täheldatud, et OECD riigid, kus lasteaiad ning eelkoolid on tavapärased, siis nendes riikides on väiksem ebavõrdsus. (Causa, Chapuis 2009)

## **2. ANDMED JA METOODIKA**

Järgenevalt antakse töö teises osas ülevaade, milliseid uurimismeetodeid ning andmeid kasutatakse. Töö teine pool keskendub püstitatud hüpoteesidele kinnituse leidmisele ning küsimustele vastuste leidmisele. Esmalt on kasutatavate andmete kirjeldus ning põhjendused, miks need andmed on valitud. Lisaks valitakse mudelisse lõplik riikide valik ning esitatakse nende riikide alusel kirjeldav statistika. Andmete analüüsil ja mudeli koostamisel kasutas töö autor Microsoft Excelit ja Gretl programme. Andmed pärinevad OECD ning World Bank andmebaasidest.

### **2.1. Kasutatavad andmed**

Antud alapeatükis tuuakse välja, milliseid andmeid kasutatakse. Fundamentaalselt teguriteks on kolm haridustaset, investeeringud kolmanda taseme haridusse ning tehnoloogilise arengu näitaja. Haridustaseme ja tehnoloogilise arengu seose leidmiseks võtab autor analüüsi aluseks OECD riikide sekundaarsed andmed, mis pärinevad OECD andmebaasist. Ajavahemiku valimisel oli oluline, et andmed oleks ajakohased ning ei esineks puudulikkust kättesaadavuse osas. Antud töös kasutatakse paneelandmeid, kuna tegu on ajalise perioodiga ning mitme erineva tunnusega. Emad (2010) kasutas oma makroandmete analüüsis paneelandmeid, et vaadata, kuidas kõrgharidusel ja tehnoloogilisel arengul on mõju tööstusstruktuuri täiendamisele.

Haridustaseme kajastajaks on autor valinud põhi-, kesk- ja kõrghariduse näitajad. Analüüsi läbiviimiseks kasutatakse OECD andmebaasi andmeid täiskasvanute ehk 25-64 aastaste elanike haridustasemete kohta vastavates OECD riikides. Indikaatoreid mõõdetakse protsendina samavanuselise elanikkonna seast. Analüüsitavaks vahemikuks on valitud aastad 2009-2017. Ka Shaihani *et al* (2012) on kasutanud oma makrouuringus haridustasemeid, vaadates erinevate haridustasemete mõju majanduskasvule.

Lisaks on autor mudelisse kaasanud ka investeeringud kolmanda taseme haridusse ühe õppija kohta, sealhulgas IKT sektorisse tehtavad investeeringud ja majanduskasv, et jõuda täpsema tulemuseni. Kõik näitajad on antud töös sõltumatud muutujad. Investeeringud haridusse on näitaja, mis kirjeldab, milliseid ressursse ja teenuseid hariduse rahastamiseks iga riik oma valuutas kulutab ühe täiskohaga õppiva õpilase kohta. Eid (2010) leidis oma makrouuringu käigus, et investeerides haridusse suureneb kõrgkoolide poolt teostatav teadus- ja arendustegevus (T&A), mis on oluline osa sisemajanduse kogukulutustest teadus- ja arendustegevuseks. IKT sektori investeeringud mõõdetakse protsendina kogu kapitali kogumahust põhivaras. Investeeringuna määratlatakse seadmete ja arvutitarkvara soetamist tootmisesse, mida kasutatakse tootmises rohkem kui üks aasta. Majanduskasvu näitajaks valis autor SKP kasvu World Bank andmebaasist, nagu tegid ka majandusteadlased Saidi ja Chebli (2018) oma makroandmete uuringus, kus vaatluse all olid IKT, haridus, T&A ning SKP. Antud töös on tegu SKP kasvuga, mis on näidatud protsentides. Tehnoloogilise arengu näitajaks on autor valinud OECD andmebaasist teadus- ja arendustegevust (T&A) kajastava näitaja ehk sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevuseks protsendina SKP-st (GERD) aastate 2009-2017 kohta. GERD-i alla kuuluvad kõik riigi tasandil tehtud kulutused T&A-le, kaasaarvatud välismaalt saadud rahastus. See näitaja on antud töös sõltuvaks muutujaks.

Tabel 1. Andmete lühendid ja ühikud

Näitaja	Lühend	Ühik
Tehnoloogiline areng	GERD	Protsent
Põhiharidusega elanikud	HAR1	Protsent
Keskharidusega elanikud	HAR2	Protsent
Kõrgharidusega elanikud	HAR3	Protsent
Investeeringud kolmanda taseme haridusse	INV1	US dollari ostujõu pariteet
Investeeringud IKT sektorisse	INV2	Protsent
SKP kasv	SKP	Protsent

Allikas: autori koostatud

Enne andmete analüüsi eemaldas autor riigid, millel olid andmed osaliselt puudulikud nii haridustasemete, investeeringud haridusse, SKP kasvu kui ka GERD näitaja kohta. Esialgu oli valimis 37 riigi andmed, vastavalt valitud perioodile niwng andmete mitte kättesaadavuse tõttu jäi valimisse alles 13 riiki. Järgmised riigid jäid alles valimisse: Ameerika Ühendriigid, Eesti, Prantsusmaa, Iisrael, Itaalia, Läti, Leedu, Mehhiko, Holland, Poola, Portugal, Sloveenia ja Ungari.

Nende riikide seast on OECD (2017) andmete põhjal Iisrael kõige suurema kõrgharitud elanikkonnaga ning Mehhiko kõige väiksema kõrgharitud elanikkonnaga.

Töös vaadatakse tehnoloogilise arengu muutust ning areng on pikaajaline muutus, järelikult analüüsimeetodiks sobib täpsemalt paneelandmete analüüs. Paneelandmete mudel kirjeldab majandusprotsesside- ja nähtuste vastastikke mõjusid ajas (Paas 1995). Tuleb silmas pidada, kas tegu on fikseeritud efektiga või juhusliku efektiga (Vörk 2003).

Paneelandmeid kasutatamine on levinud riikidevaheliste erinevuste uurimisel, kuna see aitab tuvastada riigipõhised mõjud. Paneelandmete kasutamisel on mitmeid eeliseid. Esimeseks eeldatakse, et heterogeensus on ajas konstantne. Teiseks annavad paneelandmed rohkem informatsiooni ja varieeruvust, esineb vähem kollineaarsust muutujate vahel ning hinnangud on suurema efektiivsusega. Kolmandaks saab konstrueerida ja testida komplitseeritud käitumuslikke mudeleid, mida ristanemete ja aegridadega ei ole võimalik teha. (Gujarati, Porter 2010)

## 2.2. Metoodika ja mudelite kirjeldus

Bakalauresusetöö eesmärk on leida, kas haridustasemete ning tehnoloogia arengu vahel on seos. Enne matemaatilise mudeli loomist viiakse läbi paneelandmete analüüs vabavarana kasutuses olevas programmis Gretl. Analüüsi läbi viimiseks on töödeldud andmeid programmis Microsoft Excel. Paneelandmete analüüsimiseks on peamiselt kolm erinevat meetodit: fikseeritud efektiga meetod (FEM), juhusliku efektiga meetod (REM) ning harilik vähimruutude meetod ühendatud mudeliga (*pooled OLS*). Lõplik meetodi valik tehakse läbi erinevate katsetuste ja testide. Andmeanalüüsi käigus kasutatakse olulisuse nivood 0,1, et võtta vastu sisukas hüpotees.

Käesolevas töös pole vaja statsionaarsust kontrollida, kuna objektide arv on 13 ning ajaperiood jääb alla Levin-Lin-Chu testis ettenähtud vahemikule 25-250, antud töös on vahemikuks 9. aastat. Samuti on teada, et tegu on balansseeritud paneelandmetega, kuna kõikide objektide korral on vastavalt ka vaatlusi ehk aegread on samapikkused.

Esmalt kirjeldab autor fikseeritud efektiga mudelit (FEM), mis jaguneb omakorda kaheks peamiselt kasutatavaks meetodiks: fiktiivsete muutujate kasutamine (*least square dummy variable*



LSDV) ning grupisisene. Teiseks kirjeldab autor juhusliku efektiga mudelit (REM). Meetodeid võrreldakse ühendatud harilike vähimruutude meetodiga (OLS), mis ei arvesta erinevusi objektid vahel ega ajas. (Gujarti, Porter 2009)

Fiktiivsete muutujate meetodit saab kasutada ainult paneelandmete analüüsil. Sobib kasutamiseks, kui objekte on vähe, kuid sellele eelistatakse tihti grupisisest modelleerimist. Mudel sisaldab diferentsiaalseid vabaliikmeid, mis näitavad objektide erinevust. Fiktiivsete muutujate mudeli kasuks otsustatakse, kui kitsenduste F-test näitab, et fiktiivsete tunnuste parameetrid on nullist erinevad, vastasel juhul tuleks jätkata ühendatud vähimruutude meetodiga mudeliga. Hüpoteesid on  $H_0$ : Fiktiivsete tunnuste parameetrid on nullid, parem on ühendatud mudel ja  $H_1$ : Fiktiivsete tunnuste parameetrid on nullist erinevad, parem on LSDV mudel. (*Ibid.*)

Juhusliku efektiga meetodi korral ei tohi kasutada vähimruutude meetodit, kuna esineb jääkliikmete autokorrelatsioon. Selle asemel tuleb kasutada üldistatud vähimruutude meetodit (GLS). Selle käigus teisendatakse andmed, et eemaldada autokorrelatsioon ning seejärel kasutatakse OLS meetodit. RE kasutamine põhjendatakse Breusch-Pagani testiga. Hüpoteesiks on  $H_0$ : objektispetsiifilised veakomponendid on võrdsed nulliga ehk parem on ühendatud mudel ning  $H_1$ : objektispetsiifilised veakomponendid on nullist erinevad ehk kasutada juhusliku RE mudelit. (Vörk 2003)

Juhusliku efektiga meetodit eelistatakse, kui objektid on kogul ajaperioodil samad. Juhusliku efektiga meetodi puhul on valitud juhuslikud objektid ehk valimid suuremast üldkogumist. (Gujarati, Porter 2008) Selleks, et otsustada, kumb mudel sobib paremini, viiakse läbi Hausmani spetsifikatsiooni test.  $H_0$ : hinnangute vahel erinevus puudub, järelikult on mõjus hinnang ja puudub korrelatsioon juhuslike liikmete ning regressorite vahel ja  $H_1$ : hinnangutes on erinevus, järelikult ei ole mõjus hinnang ja esineb korrelatsioon juhuslike liikmete ning regressorite vahel.  $H_0$  korral tuleb vastu kasutada RE mudelit ning  $H_1$  korral FE mudelit. (Vörk 2003)

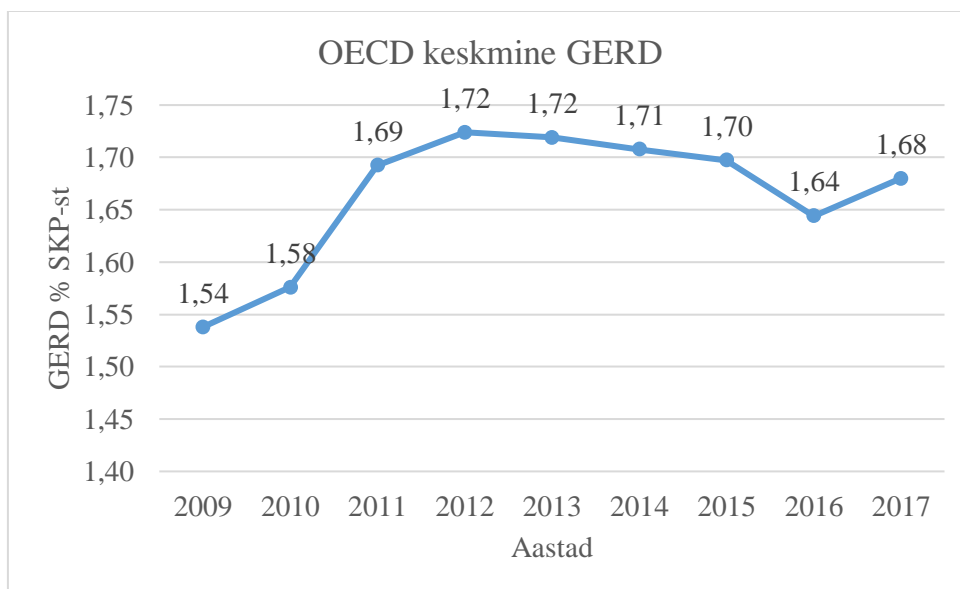
Andmete testimise protsess on jagatud kuueks järgnevaks etapiks:

- 1) Esialgu viiakse läbi fikseeritud efektiga mudeli hindamine olulisuse nivool 0,1;
- 2) Teiseks viiakse läbi juhusliku efektiga mudeli hindamine olulisuse nivool 0,1;
- 3) Valitakse testimiseks sobiv mudel Hausmani-i testi abil;
- 4) Eemaldatakse mudelist tunnused, mis ei ole olulised vähemalt olulisuse nivool 0,1;

- 5) Lõpliku mudeliga viiakse läbi heteroskedatiivsuse hindamiseks *White test* ning *Belsley-Kuh-Welch test* multikollineaarsuse hindamiseks;
- 6) Viimaseks hinnatakse mudeli kirjeldusvõimet ning vaadatakse seletavate tunnuste olulisust ja suunda.

## 2.3 Kirjeldav statistika

Joonisel 1 on näha vasakpoolisel teljel antud töö sõltuva tunnuse GERD keskmiseid väärtuseid aastatel 2009-2017. Näitaja on aastatel 2009-2012 pidevas positiivses tõusus. Märkatav muutus on toimunud GERD-i näitajaga alates aastast 2015 kuni 2017, kus aastaga näitaja väheneb ja taas suureneb pea poole protsendi punkti võrra. Langus on seotud SKP vähenemisega ülemaailma aastal 2015. Taas suurenemise põhjuseks on ettevõtete T&A kuludele maksusoodustuse andmine (OECD 2017). Keskmine on osaliselt mõjutatud ka Mehhiko poolt, kes on riikidest ainus, kelle SKP-st panustatakse teadus- ja arendustegevusele alla viie protsendi punkti võrra. Valimis olevate aastate jooksul oli kõrgeim GERD osakaal SKP-st aastal 2012, mil jäi näitaja stabiilseks kuni aastani 2015.

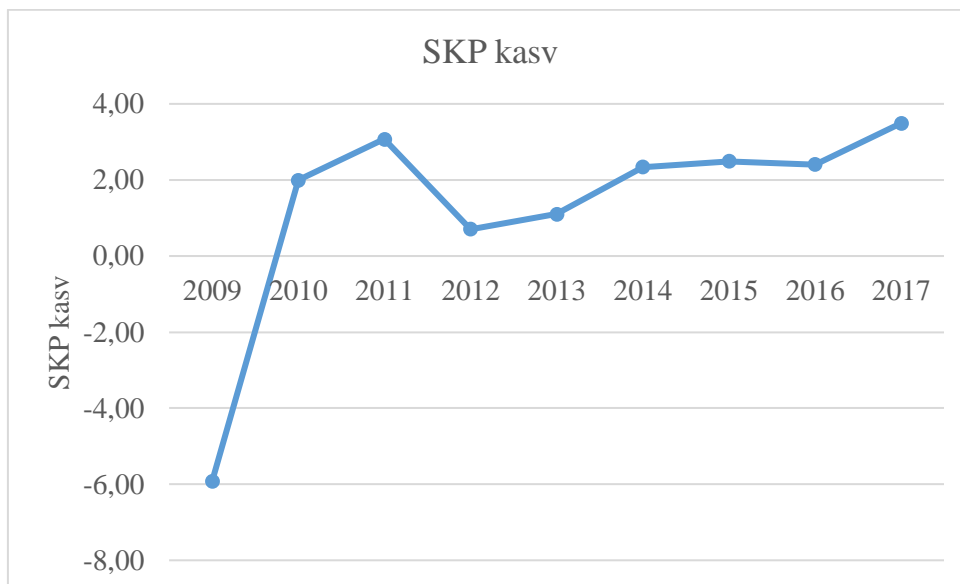


Joonis 1. OECD riikide sisemajanduse keskmine kogukulutuste osakaal teadus- ja arendustegevustele

Allikas: autori koostatud OECD andmebaasi põhjal

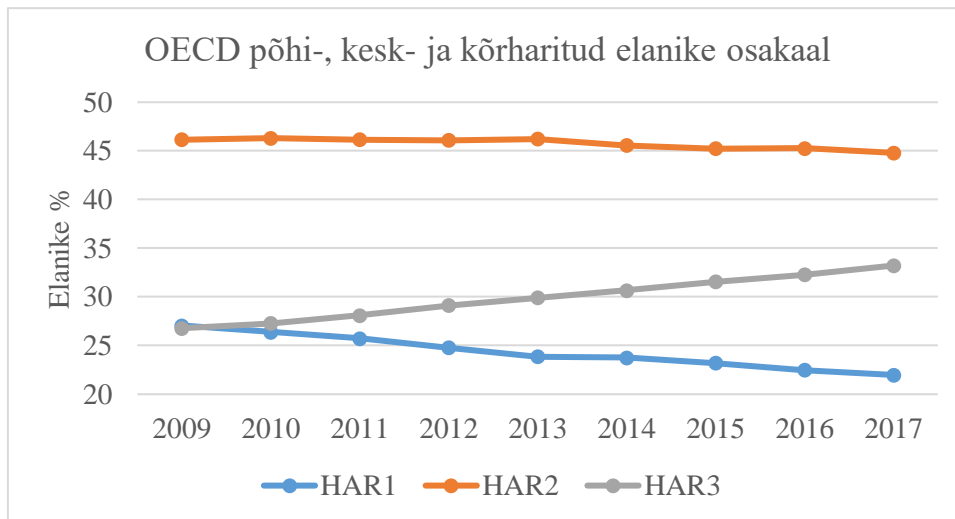
Joonisel 2 on autor näidanud SKP kasvu aastatel 2009-2017. Eesmärgis on näidata, et aastatel 2013 kuni 2015 oli SKP langus, mis on põhjustanud ka muutused joonisel, kus on välja toodud GERD

muutuja langus aastal 2014. Märgatav muutus on aastast 2009, kus tabas maailma majanduslangus. Viimane valimis olev aasta on ka suurima SKP kasvu protsendiga aasta. Aastal 2009 alanud majanduskriis on põhjuseks miks SKP on olnud languses.



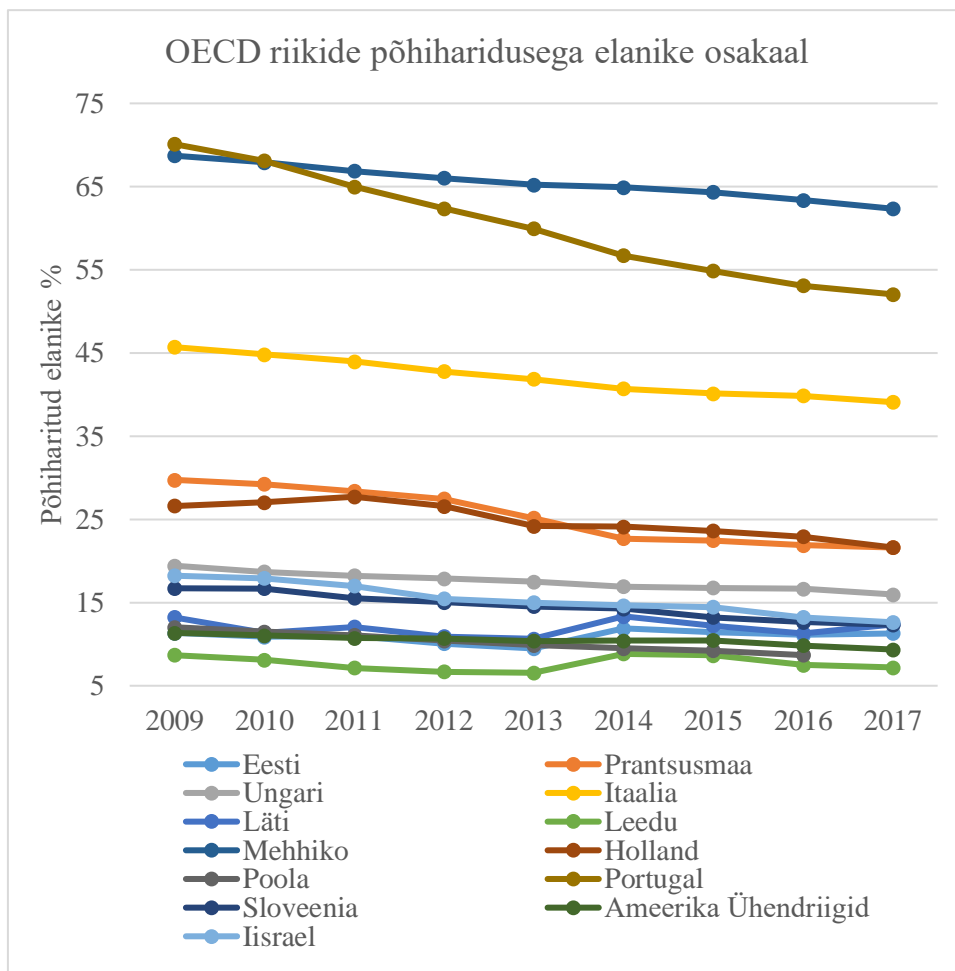
Joonis 2. OECD riikide keskmine SKP kasv  
Allikas: autori koostatud OECD andmebaasi põhjal

Joonisel 3 on välja toodud vasakpoolsel teljel OECD riikide põhi-, kesk- ja kõrgharitud elanikkonna keskmised väärtused aastatel 2009-2017. Antud joonis näitab, et elanike osakaal, kes on omandanud ainult põhihariduse, väheneb stabiilselt aastate jooksul. Sellegipoolest on kõrgharitud elanike osakaal vastavalt stabiilses positiivses tõusus, kasvades peaaegu ühe protsendi võrra aastas. Stabiilse kasvu taga võib olla tõsiolu, et inimesed on rohkem huvitatud kõrgemast haridusest, mis tagab neile ka paremad töökohad ja suurema palga. Keskhariiduse omanud inimeste osakaal aastate jooksul oluliselt ei muutu, kõikumine on umbes ühe protsendi suurune.



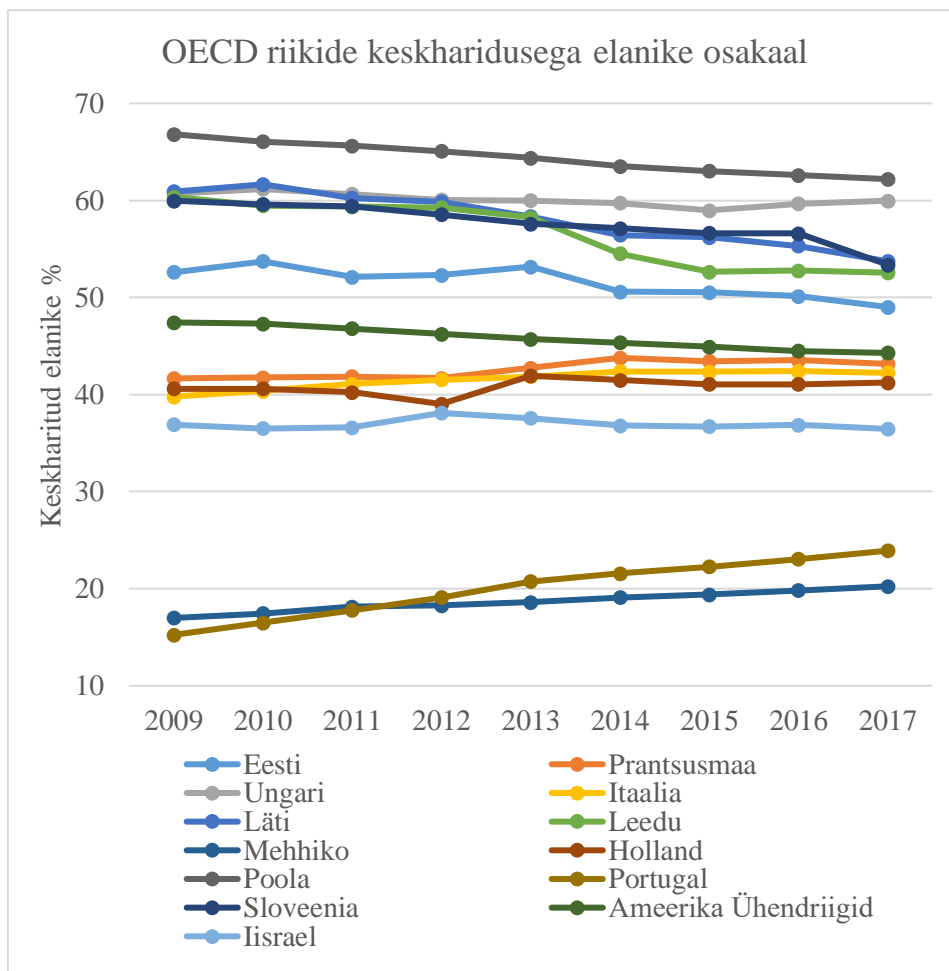
Joonis 3. OECD põhi-, kesk- ja kõrgharitud inimeste keskmine osakaal  
 Allikas: autori koostatud OECD andmebaasi põhjal

Joonisel 4 on vasakpoolsel teljel põhihariduse omandanud 25-64 aastast elanike osakaal valitud OECD riikides aastatel 2009-2017. Jooniselt võib näha, et aastate jooksul väheneb stabiilselt elanike arv, kes on omandanud ainult põhihariduse. Mehhikos ja Portugalis on endiselt 2017. aasta seisuga üle 50% elanikes põhihariduse tasemega piirdunud. Enamus valimis olevate riikide elanikud on ligikaudu kaheksakümne protsendiliselt omandanud kesk- või kõrghariduse. Leedu on riikide seas kõigi aastate jooksul esimesel kohal. Samuti eristub Itaalia teistest valimis olevatest OECD riikidest, kus ligikaudselt 50% inimestest on omandanud ainult põhihariduse. Varieeruvus on ligikaudu viie kuni seitsmekümne viie protsendipunkti ulatuses.



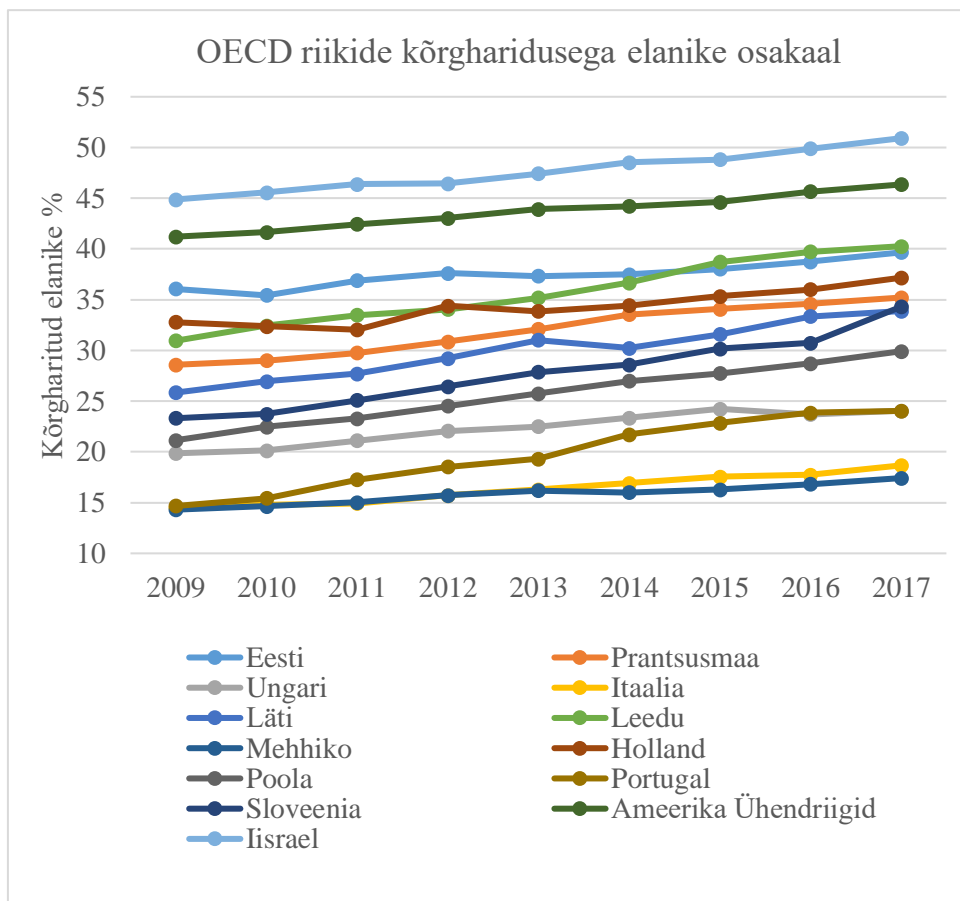
Joonis 4. OECD riikide elanike osakaal, kes on omandanud ainult põhihariduse  
Allikas: autori koostatud OECD andmebaasi põhjal

Joonisel 5 on keskhari tud 25-64 aastaste elanike osakaal OECD riikide elanike seas. Aastate 2009-2017 on kõikumist vähe. Enamus riikides on osakaal muutunud kõigest ligikaudu viie protsendipunkti võrra. Mehhiko ja Portugal omasid suurimat põhiharidusega elanike osakaalu, sellest tulenevalt on nende riikide keskhari tud elanike osakaal märgatavalt väiksem. Enim keskhari tudusega piirdunud elanikke on Poolas. Varieerumine on ligikaudu viietesit kümne kuni seitsmekümne protsendipunkti ulatuses.



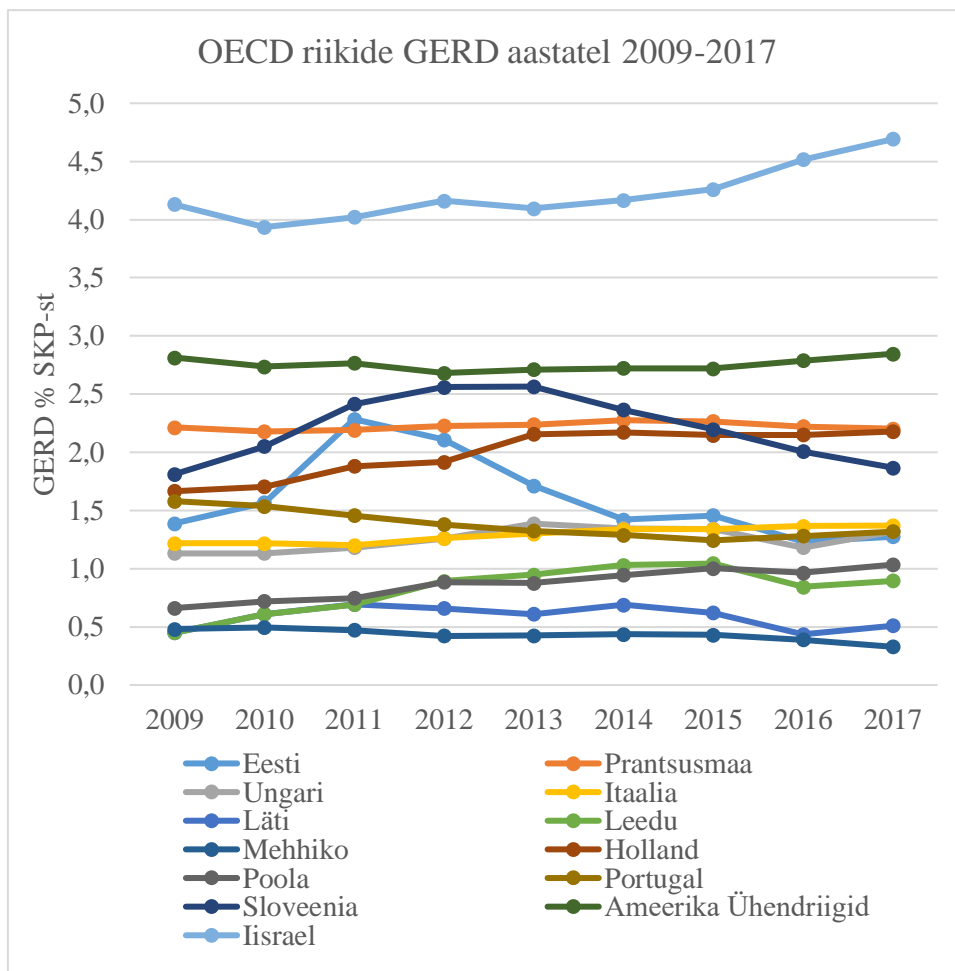
Joonis 5. OECD riikide elanike osakaal, kes on omandanud ainult keskhariduse  
Allikas: autori koostatud OECD andmebaasi põhjal

Joonisel 6 on 25-64 aastaste kõrghariduse omandanud elanike osakaal. Jooniselt on nähtav, et kõik kolmteist valimis olevat riiki on tõusujoones. Mehhiko on endiselt väljapaistvate riikide seas, olles kõige väiksema kõrgharitud elanikega riik, kuid Portugal on kõrgharitud elanikega juhtima läinud Itaaliat. Itaalia jääb Mehhikoga peaaegu samade protsenipunktide hulka. Kõige suurema kõrghariduse osakaaluga riik on Iisrael, kus 2017. aastal oli üle viiekümne protsendi elanikes omandanud kõrghariduse. Baltikumi riikide osas on Eesti ja Leedu sarnase osakaaluga, kuid Lätis on ligikaudu 5% vähem kõrgharitud elanikke. Keskmiselt on valimis olevate riikide seas kõrgaharitud inimeste osakaal aastatel 2009-2017 tõusnud ligikaudu viie protsendipunkti võrra. Varieeruvus on ligikaudu viieteistkümne ja viiekümne protsenipunkti vahel.



Joonis 6. OECD riikide elanike osakaal, kes on omandanud kõrghariduse  
Allikas: autori koostatud OECD andmebaasi põhjal

Joonisel 7 on 2009-2017 aasta seisuga riikide lõikes toodud töö sõltuva tunnuse GERD protsendiline väärtus. Iisrael on juhtimas teisi riike peaaegu kahe protsendi punkti võrra ning teisele kohale jääb Ameerika Ühendriik. Kõige vähem panustab Mehhiko oma SKP-st teadus- ja arendustegevusele. Eesti juhib Balti riikidest, olles aastatel 2014-2017 samal tasemel Itaalia, Ungari ja Portugaliga.



Joonis 7. OECD riikide GERD aastatel 2009-2017  
Allikas: autori koostatud OECD andmebaasi põhjal

Tabel 2. Kasutusel olevate näitajate kirjeldav statistika

Muutuja	Keskmine	Mediaan	Standardhälve	Miinumum	Maksimum
GERD	1,6643	1,3664	1,0130	0,3283	4,6912
HAR1	24,3676	15,9738	18,8968	6,5574	70,0953
HAR2	24,3676	45,7178	14,0966	15,2379	66,8213
HAR3	29,8785	30,1733	9,8624	14,3084	50,9161
INV1	8534,1960	8416,5700	3233,3408	3071,5580	17992,7000
INV2	10,8574	11,0773	4,1155	4,0375	20,1038
SKP%	1,2992	2,0246	3,6850	-14,8000	7,2631

Allikas: Autori koostatud OECD ja World Bank andmebaasi põhjal.

Tabelis on võimalik näha sõltuva ja sõltumatute tunnuste keskmist, mediaani, standardhälvet, miinumumi ja maksimumi. Sõltuva muutuja GERD miinumum pärineb Mehhikost aastal 2017, kus samal aastal oli kõrgaharitud elanikke 17%. Suurim kõrgaharitud elanike protsent on Iisrealis



ehk ligikaudu 51% elanikest on omandanud kolmanda taseme hariduse. Antud valimis on keskmiselt 30% elanikest omandanud kõrghariduses. Enim jääb silma, kui suur on erinevus investeeringutes kolmanda taseme haridusse miinimumi (3071,6 US dollarit) ja maksimumi (17992,7 US dollarit) vahel. See on tingitud ka osaliselt sellest, et riikide rahvastiku arv ja pindala on erinevad. SKP miinimumi (-15 %) ja maksimumi (7%) erisus tuleneb majanduslangusest, mis leidis aset nii 2009. aastal kui ka 2015. aastal.

### 3. ÖKONOMEETRILINE ANALÜÜS

Kolmandas peatükis analüüsitakse paneelandmete tulemusi, mis uurimise käigus leiti. Selleks kasutatakse ökonomeetriapaketti Gretl. Andmete töötlemiseks ning kokku panemiseks on kasutatud programmi Microsoft Excel. Saadud tulemuste põhjal leitakse, kas püstitatud hüpoteesid peavad paika ja saadakse vastused uurimisprobleemidele. Antud peatükis esimeses pooles on välja toodud ökonomeetrilise analüüsi tulemused ja teises pooles tõlgendatakse analüüsi tulemusi ja tehakse järeldused saadud mudeli põhjal.

#### 3.1 Ökonomeetrilise analüüsi tulemused

Paneelandmeid on võimalik modelleerida erinevat viisi, populaarseimad on fikseeritud efektiga meetod (FEM) ning juhusliku efektiga meetod (REM). Selleks, et leida tehnoloogilise arengu ja haridustasemete vahel esinevat seost, alustab autor paneelandmete analüüsi, leides sobiv mudel Breusch-Pagan ja Hausman-i testi abil. Seejärel viib autor antud mudeliga läbi erinevaid teste, võttes vastu hüpoteese olulisuse nivool 0,1. Testides kontrollitakse multikollineaarsuse esinemist, heteroskedastiivsuse olemasolu ja viimaseks vadatakse mudeli kirjeldusvõimet  $R^2$  abil. Kasutatavad andmed on leitavad lisas 1. Välja on toodud mitmed regressioonanalüüsi mudelid, kuni jõutakse lõpliku mudelini. Täispikkuses analüüs ja testide tulemused on väljatoodud lisades kaks kuni üheksa.

Esimesena on läbi viitud fikseeritud efektiga meetodi testimine, kui tulemuste *p-value* on statistiliselt olulised nivool 0,1, siis fikseeritud efektiga meetod on parem, kui ühendatud mudeliga harilike vähimruutude mudel. Breusch-Pagan testi kasutatakse juhuslike efektide leidmiseks ning kui tulemuste *p-value* on oluline nivool 0,1, tuleb lisaks viia läbi Hausmani-i test, et valida järgenvolt juhuslike efektidega või fikseeritud efektidega mudeli vahel. Hausman-i testi überlökkamisel on fikseeritud efektiga meetod parem kui juhusliku efektiga meetod. Saadud tulemused meetodite kohta on toodud tabelis 3, kus on näidatud mudelite tulemused ja olulisuse tõenäosused. (Gujarti, Porter 2009)

Tabel 3. Fikseeritud ja juhuslike efektidega meetodite mudelite tulemused

Paneelandmete mudel	Mudeli tulemused	<i>P-value</i>
Fikseeritud efektiga meetod	5,5695	$5,68 \cdot 10^{-005}$
Juhusliku efektiga meetod	258,089	$4,48 \cdot 10^{-058}$
Hausman test	314,4046	0,0254

Allikas: Lisa 2 ja lisa 3 põhjal koostatud autori poolt

Tabelis 3 on näha kahe erineva meetodi – fikseeritud efektiga ja juhusliku efektiga mudelite tulemusi. Tulemuste põhjal on näha, et fikseeritud efektiga mudeli p-value on oluline nivool 0,05 ning fiktiivsete tunnuste parameetrid on nullist erinevad, millest saab järeldada fikseeritud efektide olemasolu. Breusch-Pagan test juhuslike efektide kohta oli samuti oluline nivool 0,05, mis näitab ka juhuslike efektide esinemist. Kahe mudeli vahel valiku tegemiseks viidi läbi Hausman-I test. Testi tulemus oli samuti statistiliselt oluline nivool 0,05, mis tähendab, et esineb sisukas hüpotees. Tulemus näitab, et hinnangutes on erinevus, järelikut ei ole mõjus hinnang ja esineb korrelatsioon juhuslike liikmete ja regressorite vahel, kasutada tuleb fikseeritud efektiga mudelit. (Lisa 2, 3) (*Ibid.*)

Esialgse mudeli regressioonanalüüsi käigus on näha, et kõik tunnused ei ole olulised nivool 0,1, saadud tulemused on välja toodud tabelis 4. Seetõttu pole antud mudel sobiv edasi uurimiseks ning 27aramete eemaldati 27arameter HAR3.

Tabel 4. Esialgne regressioonanalüüsi mudel

Sõltuv muutuja	Hinnang	Standardhälve	T-statistik	Olulisuse tõenäosus	Nivoo
HAR1	0,0051	0,0013	3,895	0,0002	***
HAR2	0,0226	0,0116	2,144	0,0345	**
HAR3	-0,0033	0,0029	-1,137	0,2583	
INV1	$6,5175 \cdot 10^{-05}$	$2,1659 \cdot 10^{-05}$	2,885	0,0048	***
INV2	-0,0261	0,0150	-1,737	0,0856	*
SKP	0,0113	0,0048	2,340	0,0213	**

Allikas: Autori koostatud lisa 2 andmete alusel

Tabelis 5 on toodud mudel peale HAR3 muutuja eemaldamist. Vastavalt iga mudeli tulemusele eemaldati mudelites kõige vähem oluline muutuja ning seda on korratud, kuni kõik mudelis olevad muutujad on statistiliselt olulised nivool 0,1. Lõplik tulemus on tabelis 5 ning nende muutujatega viiakse läbi testid.

Tabel 5. Regressioonanalüüsi mudel 2

Sõltuv muutuja	Hinnang	Standardhälve	T-statistik	Olulisuse tõenäosus	Nivoo
HAR1	0,0052	0,013	4,054	0,0001	***
HAR2	0,0223	0,0106	2,110	0,0374	**
INV1	$6,3496 \cdot 10^{-05}$	$12,2580 \cdot 10^{-05}$	2,812	0,0059	***
INV2	-0,0279	0,0145	-1,862	0,0656	*
SKP	0,0107	0,0048	2,228	0,0281	**

Allikas: Autori koostatud lisa 4 andmete alusel

Fikseeritud efektiga mudeli puhul tuleb testida heteroskedastiivsust, hinnata multikollineaarsust ja vaadata autokorrelatsiooni esinemist. Paneelandmete korral võivad erinevate gruppide vealiikmed olla erineva dispersiooniga ning sel juhul esineb grupiviisiline heteroskedastiivsus. (Sauga 2017) Selle kontrollimiseks viiakse läbi Wald-i test. Heteroskedastiivsuse esinedes, tuleb mudeli hindamisel kasutada robustseid standardvigu. Lisas 5 on Wald-i testi olulisuse tõenäosus, mis on väiksem kui olulisuse nivoo 0,1. Seega võetakse vastu sisukas hüpotees, et esineb heteroskedastiivsus. Selle vabanemiseks tuleb mudelit kohandada Arellano standardvigadega, mis võtavad heteroskedastiivsuse arvesse, aga ei kaota seda. Tulemused on toodud tabelis 6 (Lisa 6), seal on näha, et keskhariduse näitaja HAR2, info- ja kommunikatsiooni tehnoloogia protsent põhivarast INV2 ja SKP kasv pole enam olulised nivool 0,1.

Tabel 6. Regressioonanalüüsi mudel 3

Sõltuv muutuja	Hinnang	Standardhälve	T-statistik	Olulisuse tõenäosus	Nivoo
HAR1	0,0052	0,0017	3,104	0,0091	***
HAR2	0,0223	0,0163	1,365	0,1974	

INV1	$6,3496 \cdot 10^{-05}$	$3,4224 \cdot 10^{-05}$	1,855	0,0883	*
INV2	-0,0279	0,0232	-1,202	0,2526	
SKP	0,0107	0,0068	1,583	0,1393	

Allikas: Autori koostatud lisa 6 andmete alusel

Edasi eemaldas autor mudelist 4 kõige vähem ebaolulise muutuja ehk INV2 (Lisa 7), kuid endiselt oli ebaoluline ka muutuja INV1. See järel eemaldas autor mudelist 5 INV1 (Lisa 8) kuni jäi alles all kaks olulist muutujat HAR1 ja SKP (Lisa 9). Saadud tulemused on alltoodud tabelis.

Tabel 7. Regressioonanalüüsi mudel 6

Sõltuv muutuja	Hinnang	Standardhälve	T-statistik	Olulisuse tõenäosus	Nivoo
HAR1	0,0041	0,0014	2,922	0,0128	**
SKP	0,0122	0,0027	4,557	0,0007	***

Allikas: Autori koostatud lisa 9 andmete alusel

Kohandatud standardvigadega fikseeritud efektiga mudelil kontrollib autor multikollineaarsust Belsley-Kuh-Welchi testi abil. Testi eesmärk on hinnata muutuja seost kahe või enama muutuja dispersiooniga. Tugev multikollineaarsus esineb, kui mudel on statistiliselt oluline, kuid suurem osa tunnuseid on statistiliselt mitteolulised ning standardvead on suured. Samuti on kollineaarsuse oht, kui parameetrite märgid on ebaloogilised. (Sauga 2017) Lias 10 toodud test näitab, et esineb multikollineaarsus, kuid hetkel tuleb ignoreerida probleemi, sest parameetrite märgid on analüüsi järgselt loogilised ja mõlemad parameetrid on statistiliselt olulised nivool 0,1.

Viimaseks on autor analüüsinud saadud mudeli tulemusi ja vastanud püstitatud hüpoteesidele ning küsimustele. Pärast testide tegemist jäi valikusse fikseeritud efektiga mudel, mida pidi kohandama standardvigadega, kuna esines heteroskedastiivsus. Samuti näitas multikollineaarsuse hinnang selle esinemist, aga tunnused on statistiliselt olulised ja märgi loogilised, seepärast ignoreeriti multikollineaarsust. Sõltumatuteks muutujateks jäid 25-64 aastaste elanike haridustasemena algharidus ning SKP kasv protsendina. Mudeli lõplik matemaatiline kuju on järgmine: (Lisa 10)

$$GERD = 1,55344 + 0,0041 \cdot HAR1 + 0,0122 \cdot SKP$$

$$(0,0339) \quad (0,0014) \quad (0,0027)$$

kus

*GERD* – sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevuseks protsendina SKP-st  
*HAR1* – 25-56 aastased elanike osakaal, kes on omandanud ainult põhihariduse

(1)

## *SKP* – sisemajanduse koguprodukti kasv

Mudel on statistiliselt oluline nivool 0,05, HAR1 on oluline nivool 0,05 ning SKP on oluline nivool 0,01. Mudeli kirjeldusvõime  $R^2$  on 0,976. mis tähendab, et 97,6%, sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevuseks protsendina SKP-st on tingitud esimese taseme hariduse omandamisest ja SKP kasvust. Selle põhjal saab järeldada, et haridusel on mõju teadus- ja arendustegevuse kaasaaitamisele, mistõttu toimub ka tehnoloogiline areng.

Esmapilgul on lõpliku mudeli hinnangud üllatavad. Muutujad on statistiliselt olulised, kuid ei õnnestunud tuvastada kõrghariduse ja tehnoloogia arengu vahelist seost, mille esinemist eeldas autor kõige rohkem. Autor oletab, lühikese ajaperioodi tõttu ei ilmnenud seost kõrghariduse ja tehnoloogilise arengu vahel. Töö algul püstitatud hüpoteesi saab sellest tulenevalt osaliselt vastu võtta, haridustasemete ja tehnoloogia arengu vahel esineb nõrk seos. Teisele hüpoteesile, et erinevate haridustasemete juures on erinevate ulatustega seosed tehnoloogia arengule, ei saa antud mudeli korral vastust. Teisalt võib märgata, et grupisisene determinatsioonikordaja on 0,17 ehk seletusvõime mudelil on nõrk. Edaspidi soovitab autor võtta suurema aegridade pikkuse, et seosed paremini välja kujuneks.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli hinnata haridustasemete ja tehnoloogilise arengu vahel esinevat seost. Selleks otsiti välja tehnoloogilise arengu peamised näitajad ja valiti sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevuseks protsendina SKP-st (GERD). Haridustasemete osas valiti põhi-, kesk- ja kõrghariduse näitajad 25-64 aastaste elanike kohta. Haridustasemete näitaja korral on protsendina välja toodud, kui suur osakaal elanikest omandas ainult põhi-, kesk- või kõrghariduse oma riigis. Lisaks valiti seose leidmiseks investeeringud kolmanda taseme haridusse õppija kohta, info- ja kommunikatsiooni vara protsent põhivarast ning SKP kasv. Valimi aluseks olid OECD riigid, kuid alles jäid 13 riiki. Aegriks jäi 9 aastat, sest andmeid olid puudulikud osade riikide ja aastate kohta. Riikideks oli Ameerika Ühendriigid Eesti, Holland, Iisrael, Itaalia, Leedu, Läti, Mehhiko, Poola, Portugal, Prantsusmaa, Sloveenia ja Ungari aastatel 2009-2017. Uurimise käigus selgus, et fundamentaalseteks mõjutajateks on tehnoloogilise arengu korral põhiharitud elanikud ning SKP kasv.

Töö eesmärgi saavutamiseks on autor püstitanud töö alguses järgnevad hüpoteesid:

- 1) haridustaseme ja tehnoloogia arengu vahel on positiivne seos;
- 2) erinevate haridustasemete juures ja tehnoloogia arengu vahel on erineva ulatusega seosed.

Hüpoteesi number üks võttis autor vastu. Haridustaseme ja tehnoloogilise arengu vahel esineb nõrk positiivne seos. Hüpoteesile number kaks ei õnnestunud vastust leida, kuna ainus oluline haridust kajastav muutuja, mis jäi mudelisse oli põhiharidus.

Töö esimene peatükk sisaldab ülevaadet majandusteadlaste teooriate kohta. Nelsoni ja Phelps (1966) ning Solowi (1956) varasemates uuringutes on mainitud majanduskasvu ja haridustasemete vahelise seose leidmisest või majanduskasvu ja tehnoloogilise arengu vahelise seose leidmisest. Nelsoni ja Phelps (1966) poolt püstitatud hüpotees võeti vastu, et haritud inimesetel on suurem osatähtsus riigi majanduses. Solow (1956) on oma teoorias väitnud, et tehnoloogiline areng viitab jätkusuutlikule majanduskasvule. Üksikud empiirilised kirjandused, näiteks Emad (2010) ning Saidi ja Chebli (2018) teadusartiklid rääkisid ka tehnoloogilise arengu ja kõrgharitud rahvastiku vahel esinevast seosest. Emad (2010) leidis, et tööjõud vajab vastavat haridust ja koolitust, et leida

tänapäeval pidevalt arenevates tööpostides tööd. Läbivaks teguriks lisaks haridustasemetele on ka SKP, mida Saidi ja Chebli (2018) oma uuringusse kaasasid, uurides IKT ja hariduse vahelist seost. Palju on mainitud, et parema hariduse omandamisel suureneb riikides ka majanduskasv, mis omakorda võimaldab investeerida tehnoloogia arengusse.

Töö teine peatükk sisaldab ülevaadet kasutatud andmetes, metoodika seletust ning kirjeldavat statistikat. Kirjeldava statistika raames on välja toodud joonisel 7 2009-2017 aasta seisuga OECD riikide dünaamika sisemajanduse kogukulutustest teadus- ja arendustegevuseks protsendina SKP-st, mille autor valis tehnoloogilise arengu näitajaks. Riikide vahelised erinevused jäävad silma, eriti eristub Iisrael. Balti riikide erisus on 2017. aastal kõigest poole protsendi punkti võrra, kuid kõigi üheksa aasta jooksul on Eesti panustanud oma SKP-st rohkem teadus- ja arendustegevusse. Kõige vähem on panustanud oma SKP-st teadus- ja arendustegevusele Mehhiko. Kirjeldavas statistikas on ka näidatud OECD riikide haridustasemete dünaamika. Hariduse poole pealt võib märkida, et enim kõrgharitud elanikke on Iisraelis. Viimaste hulka jäävad aga Itaalia ja Mehhiko, kus kõigest ligikaudu 15-20 protsenti elanikest omandanud omale kõrghariduse.

Tehnoloogilise arengu ja põhihariduse vaheline seos on näha peatükis number 3. Analüüsi käigus valis autor meetodiks juhuslike efektidega mudeli Hausman-i testi abil. Selle mudeliga kontrollis autor multikollineaarsuse esinemist Belsley-Kuh-Welchi testi abil. Samuti kontrollis autor heteroskedastiivsuse esinemist Wald-i testiga. Heteroskedastiivsuse esinemise tõttu kohandas autor mudelit Arellano standavigadega. Lõpliku mudeli põhjal sai autor järeldada, et tegu on samasuunalise seosega. Tulemusena saadi, et 97,6%, sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevuseks protsendina SKP-st on tingitud esimese taseme hariduse omandamisest ja SKP kasvust. Kesk- ja kõrghariduse vahelist seost tehnoloogilise arenguga autor ei leidnud. Teemat saaks kindlat edasi arendada, lisades mudelisse ka teisi tehnoloogilise arengu näitajaid.



## **SUMMARY**

### **THE RELATIONSHIP BETWEEN EDUCATIONAL ATTAINMENT AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT**

Desiree Danielle Lillemets

The aim of this bachelor's thesis was to assess the relationship between educational attainment and technological development. The main indicators of technological development were identified and gross domestic expenditure for research and development was selected as a percentage of GDP (GERD). For educational levels, the indicators of below secondary, secondary and tertiary education were selected for the population aged 25-56 years. In addition, investments per student in tertiary education, the percentage of information and communication assets per fixed asset and GDP growth were selected to find a connection. The sample was based on OECD countries, but 13 countries and 9 years remained because data could not be found for each country and year. The countries were Estonia, the Netherlands, Hungary, Israel, Italy, Lithuania, Latvia, Mexico, Poland, Portugal, France, Slovenia and the United States from 2009 to 2017. The investigation revealed that fundamental influences in the case of technological development are below secondary education level and GDP growth.

In order to achieve the goal of the work, the author has also set the following hypotheses at the beginning of the work:

- 1) there is a positive connection between the level of education and the development of technology;
- 2) there are different scope of connections between different levels of education and technological development.

To find if the hypotheses need to be accepted or refuted, the following data testing steps are done:

- 1) Initially, an assessment of the model with a fixed effect is carried out;
- 2) Secondly, an assessment of a model with a random effect is carried out;

- 3) A model suitable for testing is chosen;
- 4) Features that are not significant at least a materiality level of 0.01 are removed from the model;
- 5) The final model will be used to assess heteroskedativity white test and Belsley-Kuh-Welch test to assess multicollinearity;
- 6) Finally, the description capacity of the model is assessed and the importance and direction of the explanatory characteristics are looked at.

Hypothesis number one was accepted by the author. There is a weak positive link between educational attainment and technological development. Hypothesis number two could not be answered because the only important variable reflecting education that remained in the model was basic education. The author also set out research questions to which the author found answers during the work:

- How does scientific literature describe the relationship between educational attainment and technological development?
- Were the levels of education and technological progress similar in different OECD countries? If there were differences, which ones?
- Is there a relationship between different levels of education and indicator of technological development, and is there a positive or negative change, i.e. in the same direction or in the opposite direction?

The first chapter of the work contains an overview of the theories of economists. Previous studies by Nelson and Phelps (1966) and Solow (1956) mention finding a link between economic growth and educational attainment or finding a link between economic growth and technological development. Individual empirical literatures, such as Mothers (2010) and the research papers of Said and Chebli (2018), also spoke of the connection between technological development and a highly educated population. A pervasive factor in addition to educational attainment is GDP. There has been a lot of mentioning that technological development will also increase in order to get a better education, which in turn will increase economic growth.

The second chapter of the work contains an overview of the data used, an explanation of the methodology and descriptive statistics. Within the framework of descriptive statistics, Figure 4 as of 2017 shows gross domestic expenditure for research and development as a percentage of GDP, which the author chose as an indicator of technological development. Differences between

countries stand out, especially Israel. The difference between the Baltic states is only half a point. Mexico has contributed the least of its GDP to R&D.

The relationship between technological development and basic education can be seen in chapter 3. It is a relationship in the same direction. As a result, 97.6%, gross domestic expenditure on research and development as a percentage of GDP, is due to the acquisition of first-level education and GDP growth. The author found no connection between secondary and higher education. The issue could be developed firmly further by including other indicators of technological development in the model.

## KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Acemoglu, D., Autor, D. (2012). What Does Human Capital Do? A Review of Goldin and Katz's The Race between Education and Technology. *Journal of Economic Literature*, 2 (50), 426-463.
- Brown, P., Keep, E. (2018). Rethinking the Race Between Education & Technology. *Issues in Science and Technology*, 1 (35), 31-39.
- Bucciarelli, E., Odoardi, I., Muratore, F. (2010). What role for education and training in technology adoption under an advanced socio-economic perspective? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, (9), 573-578.
- Causa, O., Chapuis, C. (2009). Equity in Student Achievement Across OECD Countries: An Investigation of the Role of Policies. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 708.
- Education at a Glance 2019: OECD Indicators. (2019). OECD.
- Eid, A. (2010). Higher education R&D and productivity growth: an empirical study on high-income OECD countries. *Education Economics*, 1 (20), 53-68.
- Emad, G. R. (2010). Introduction of technology into workplace and the need for change in pedagogy. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2 (2), 875-879.
- Fernández-Gutiérrez, M., Gimenez, G., Calero, J. (2020). Is the use of ICT in education leading to higher student outcomes? Analysis from the Spanish Autonomous Communities. *Computer & Education*, 1 (157).
- Gujarati, D. N., Porter, D. C. (2010). *Essentials of econometrics* (4<sup>th</sup> ed). New York, USA: McGraw-Hill/Irwin.
- Gujarati, D. N., Porter, D. C. (2008). *Basic econometrics* (5th ed). New York, USA: McGrawHill/Irwin.
- Golden, G. (2020). Education policy evaluation: Surveying the OECD landscape. *OECD Education Working Papers*, No. 236.
- Istance, D., Kools, M. (2013). OECD Work on Technology and Education: innovative learning environment as an integrating framework. *European Journal of Education*, 1 (48), 43-57.
- Karo, E. (2019). Teadus- ja arendustegevuse ühiskondlkust tähtsusest ja tulevikust Eestis. K. Raudvere (toim), *Eesti teadus 2019*, 57-63. Eesti: Eesti Teadusagentuur.

- Kirkwood, A., Price, L. (2005). Learners and learning in the twenty-first century: What do we know about students' attitudes towards and experiences of information and communication technologies that will help us design courses? *Studies in Higher Education*, 3 (30), 257-274.
- Kozma, R. (2005). National Policies that Connect ICT-Based Education Reform to Economic and Social Development. *Human Technology*, 2 (1).
- Kruger, D., Kumar, K. B. (2003). US-Europe differences in technology-driven growth: quantifying the role of education. *Journal of Monetary Economics*, 1 (51), 161-190.
- Kruger, D., Kumar, K. B. (2004). Skill-Specific rather than General Education: A Reason for US-Europe Growth Differences? *Journal of Economic Growth*, 2 (9), 167-207.
- Lemke, C. (2002). *enGauge 21st Century Skills: Digital Literacies for a Digital Age*. Kättesaadav: <https://www.semanticscholar.org/paper/enGauge-21st-Century-Skills%3A-Digital-Literacies-for-Lemke/bca13734ca8e5f8c7603d7078c30acc05d574b0a>, 15. märts 2021.
- Lewis, T. (1999). Research in Technology Education-Some Areas of Need. *Journal of Technology Education*, 2 (10).
- Martin, J. P. (2018). Skills for the 21st century: Findings and policy lessons from the OECD survey of adult skills. *OECD Education Working Papers*, No. 166.
- Nelson, R. R., Phelps, E. S. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, 1/2 (56), 69-75.
- OECD (2017). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The digital transformation*. Pariis: OECD Publishing.
- OECD (2021). Share of population by educational attainment. Educational attainment and labour-force status (database) [Online]. Kättesaadav: OECD Statistics 25. november 2021.
- OECD (2021). GERD as a percentage of GDP. Main Science and Technology Indicators (database) [Online]. Kättesaadav: OECD Statistics, 25. november 2021.
- OECD (2020). ICT equipment, SNA08. 8A. Capital formation by activity ISIC rev4 (database) [Online]. Kättesaadav: 8A. Capital formation by activity ISIC rev4 (oecd.org), 26. november 2021.
- OECD (2021). Educational Finance Indicators. C1.1: Total expenditure on educational institutions per full-time equivalent student (database) [Online]. Kättesaadav: OECD Statistics, 13. november 2021.
- Paas, T. (1995). *Sissejuhatus ökonomeetriasse*. 329. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- PISA 2018 Results: What Students Know and Can Do. (2019). OECD.

- Saidi, K., Chebli, M. (2018). The Effect of Education , R&D and ICT on Economic Growth in High Income Countries. *Economics Bulletin*, 2 (38), 810-825.
- Sauga, A. (2017) *Statistika õpik majanduseriala üliõpilastele*. Tallinn: TalTech Kirjastus.
- Shaihania, A. L., Harisb, A., Ismaila, N. W., Saida, R. (2012). LONG RUN AND SHORT RUN EFFECTS ON EDUCATION LEVELS: CASE IN MALAYSIA. *Journal for international management studies*, (20), 17-33.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 1 (70), 65-94.
- Vliamos, S. J., Tzeremes, N. G. (2006). Education Efficiency and Labor Market Achievements: An Evaluation for Twenty OECD Countries. *The Journal of Economic Asymmetries*, 2 (3), 103-124.
- Vlies, Reyer van der. (2020). Digital strategies in education across OECD countries: Exploring education policies on digital technologies. *OECD Education Working Paper*, No. 226.
- Võrk, A. (2002). Dünaamilised paneelandmete mudelid. Kättesaadav: <https://www.yumpu.com/xx/document/view/28048042/da-1-4-naamilised-paneelandmete-mudelid-tartu-alikooli->, 1.mai 2020.
- Võrk, A. (2003). Staatilised paneelandmete mudelid. Kättesaadav: <https://docplayer.net/54534682-Staatilised-paneelandmete-mudelid-andres-vork.html>, 1. mai 2021.
- Watson, D. (2006). Forty Years of Computers and Education: A Roller-Coaster Relationship. In J. Impagliazzo (Ed), *History of Computing and Education 2*. IFIP International Conference on the History of Computing, 21-24 August, Santiago (1-48). Boston: Springer.
- Watson, D. (2006). Understanding the relationship between ICT and education means exploring innovation and change. *Education and Information Technologies*, 11, 199-216.
- Worldbank (2021). GDP growth (annual %) (database) [Online]. Kättesaadav: GDP growth (annual %) | Data (worldbank.org), 7. detsember 2021.
- Wu, N., Liu, Z. (2021). Higher education development, technological innovation and industrial structure upgrade. *Technological Forecasting and Social Change*, (162).

## **LISAD**

### **Lisa 1. Ökonomeetriliseks mudeliks kasutatavad andmed perioodil 2009-2017**

Lillemets lõputöö algandmed. Google Sheets. Kättesaadav:

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1EGDBUK6mFnmzZTkd\\_vIUztnPZiqtI9WbMqrUE5brdzY/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1EGDBUK6mFnmzZTkd_vIUztnPZiqtI9WbMqrUE5brdzY/edit?usp=sharing), 10.12.2021.

## Lisa 2. Juhuslike efektide ja Hausmani testi tulemused

Model 11: Random-effects (GLS), using 117 observations  
 Included 13 cross-sectional units  
 Time-series length = 9  
 Dependent variable: GERD

	coefficient	std. error	z	p-value	
const	0,582073	0,559155	1,041	0,2979	
HAR1	0,00473001	0,00129857	3,642	0,0003	***
HAR2	0,0146387	0,00922234	1,587	0,1124	
HAR3	-0,00272726	0,00297041	-0,9181	0,3585	
INV1	6,76225e-05	2,23615e-05	3,024	0,0025	***
INV2	-0,0188781	0,0150732	-1,252	0,2104	
SKP	0,00953434	0,00492466	1,936	0,0529	*

Mean dependent var	1,664254	S.D. dependent var	1,013029
Sum squared resid	116,9150	S.E. of regression	1,026298
Log-likelihood	-165,9733	Akaike criterion	345,9466
Schwarz criterion	365,2818	Hannan-Quinn	353,7965
rho	0,578300	Durbin-Watson	0,754489

'Between' variance = 0,709829  
 'Within' variance = 0,0256093  
 theta used for quasi-demeaning = 0,936812  
 corr(y,yhat)^2 = 0,0260738

Joint test on named regressors -  
 Asymptotic test statistic: Chi-square(6) = 30,7438  
 with p-value = 2,83699e-005

Breusch-Pagan test -  
 Null hypothesis: Variance of the unit-specific error = 0  
 Asymptotic test statistic: Chi-square(1) = 258,089  
 with p-value = 4,47834e-058

Hausman test -  
 Null hypothesis: GLS estimates are consistent  
 Asymptotic test statistic: Chi-square(6) = 14,4046  
 with p-value = 0,0254295

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 1 toodud andmete põhja



### Lisa 3. Fikseeritud efektidega esialgne mudel

---

Model 2: Fixed-effects, using 117 observations  
 Included 13 cross-sectional units  
 Time-series length = 9  
 Dependent variable: GERD

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	0,322350	0,565138	0,5704	0,5697	
HAR1	0,00505655	0,00129826	3,895	0,0002	***
HAR2	0,0226294	0,0105550	2,144	0,0345	**
HAR3	-0,00328680	0,00289092	-1,137	0,2583	
INV1	6,51754e-05	2,25947e-05	2,885	0,0048	***
INV2	-0,0260814	0,0150177	-1,737	0,0856	*
SKP	0,0113272	0,00484025	2,340	0,0213	**

Mean dependent var	1,664254	S.D. dependent var	1,013029
Sum squared resid	2,509713	S.E. of regression	0,160029
LSDV R-squared	0,978917	Within R-squared	0,254269
LSDV F(18, 98)	252,8001	P-value(F)	1,04e-73
Log-likelihood	58,74152	Akaike criterion	-79,48304
Schwarz criterion	-27,00174	Hannan-Quinn	-58,17628
rho	0,578300	Durbin-Watson	0,754489

Joint test on named regressors -  
 Test statistic:  $F(6, 98) = 5,5691$   
 with p-value =  $P(F(6, 98) > 5,5691) = 5,28961e-005$

Test for differing group intercepts -  
 Null hypothesis: The groups have a common intercept  
 Test statistic:  $F(12, 98) = 188,065$   
 with p-value =  $P(F(12, 98) > 188,065) = 5,67676e-062$

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -  
 Null hypothesis: No first-order autocorrelation ( $\rho = -0.5$ )  
 Test statistic:  $F(1, 12) = 37,0277$   
 with p-value =  $P(F(1, 12) > 37,0277) = 5,459e-005$

Test for normality of residual -  
 Null hypothesis: error is normally distributed  
 Test statistic: Chi-square(2) = 26,2064  
 with p-value = 2,03866e-006

---

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 1 toodud andmete põhja

## Lisa 4. Regressioonanalüüsi mudel

Included 13 cross-sectional units

Time-series length = 9

Dependent variable: GERD

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	0,270086	0,564097	0,4788	0,6331	
HAR1	0,00523295	0,00129086	4,054	0,0001	***
HAR2	0,0222962	0,0105665	2,110	0,0374	**
INV1	6,34959e-05	2,25797e-05	2,812	0,0059	***
INV2	-0,0278517	0,0149588	-1,862	0,0656	*
SKP	0,0107392	0,00481964	2,228	0,0281	**
Mean dependent var	1,664254	S.D. dependent var	1,013029		
Sum squared resid	2,542816	S.E. of regression	0,160265		
LSDV R-squared	0,978639	Within R-squared	0,244432		
LSDV F(17, 99)	266,8060	P-value(F)	1,19e-74		
Log-likelihood	57,97494	Akaike criterion	-79,94989		
Schwarz criterion	-30,23076	Hannan-Quinn	-59,76453		
rho	0,588149	Durbin-Watson	0,745203		

Joint test on named regressors -

Test statistic:  $F(5, 99) = 6,40546$

with p-value =  $P(F(5, 99) > 6,40546) = 3,39225e-005$

Test for differing group intercepts -

Null hypothesis: The groups have a common intercept

Test statistic:  $F(12, 99) = 240,482$

with p-value =  $P(F(12, 99) > 240,482) = 1,67809e-067$

Distribution free Wald test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: the units have a common error variance

Asymptotic test statistic:  $\text{Chi-square}(13) = 5275,24$

with p-value = 0

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic:  $\text{Chi-square}(2) = 24,092$

with p-value =  $5,86792e-006$

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 3 toodud andmete põhja

## Lisa 5. Waldi test

Distribution free Wald test for heteroskedasticity:

Chi-square(13) = 5275,24, with p-value = 0

Pooled error variance = 0,0217335

unit	variance
1	0,106998 (T = 9)
2	0,00137320 (T = 9)
3	0,00600379 (T = 9)
4	0,0353621 (T = 9)
5	0,0151988 (T = 9)
6	0,00142473 (T = 9)
7	0,00779856 (T = 9)
8	0,00666386 (T = 9)
9	0,0108546 (T = 9)
10	0,00616173 (T = 9)
11	0,0128928 (T = 9)
12	0,0682561 (T = 9)
13	0,00354693 (T = 9)

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 4 toodud andmete põhja

## Lisa 6. Regressioonanalüüs kohandatud standardvigadega

```

Model 7: Fixed-effects, using 117 observations
Included 13 cross-sectional units
Time-series length = 9
Dependent variable: GERD
Robust (HAC) standard errors

      coefficient      std. error      t-ratio      p-value
-----
const      0,270086      0,784679      0,3442      0,7367
HAR1       0,00523295     0,00168563     3,104      0,0091 ***
HAR2       0,0222962      0,0163379      1,365      0,1974
INV1       6,34959e-05    3,42236e-05    1,855      0,0883 *
INV2      -0,0278517     0,0231756     -1,202      0,2526
SKP        0,0107392      0,00678236     1,583      0,1393

Mean dependent var      1,664254      S.D. dependent var      1,013029
Sum squared resid      2,542816      S.E. of regression      0,160265
LSDV R-squared          0,978639      Within R-squared        0,244432
Log-likelihood          57,97494      Akaike criterion        -79,94989
Schwarz criterion      -30,23076      Hannan-Quinn            -59,76453
rho                    0,588149      Durbin-Watson           0,745203

Joint test on named regressors -
  Test statistic: F(5, 12) = 7,23098
  with p-value = P(F(5, 12) > 7,23098) = 0,00245012

Robust test for differing group intercepts -
  Null hypothesis: The groups have a common intercept
  Test statistic: Welch F(12, 40,2) = 118,391
  with p-value = P(F(12, 40,2) > 118,391) = 2,14529e-027

Test for normality of residual -
  Null hypothesis: error is normally distributed
  Test statistic: Chi-square(2) = 24,092
  with p-value = 5,86792e-006

```

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 4 toodud andmete põhjal

## Lisa 7. Regressioonanalüüsi mudel

Model 8: Fixed-effects, using 117 observations  
Included 13 cross-sectional units  
Time-series length = 9  
Dependent variable: GERD  
Robust (HAC) standard errors

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	0,269147	0,726663	0,3704	0,7175	
HAR1	0,00542750	0,00145955	3,719	0,0029	***
HAR2	0,0182406	0,0152240	1,198	0,2540	
INV1	4,96311e-05	4,07133e-05	1,219	0,2463	
SKP	0,00915608	0,00617805	1,482	0,1641	
Mean dependent var	1,664254	S.D. dependent var	1,013029		
Sum squared resid	2,631857	S.E. of regression	0,162230		
LSDV R-squared	0,977891	Within R-squared	0,217975		
Log-likelihood	55,96153	Akaike criterion	-77,92305		
Schwarz criterion	-30,96609	Hannan-Quinn	-58,85911		
rho	0,620179	Durbin-Watson	0,722345		

Joint test on named regressors -

Test statistic:  $F(4, 12) = 9,57417$   
with p-value =  $P(F(4, 12) > 9,57417) = 0,00102705$

Robust test for differing group intercepts -

Null hypothesis: The groups have a common intercept  
Test statistic: Welch  $F(12, 40, 0) = 147,584$   
with p-value =  $P(F(12, 40, 0) > 147,584) = 3,64402e-029$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed  
Test statistic: Chi-square(2) = 28,0764  
with p-value = 8,00374e-007

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 6 toodud andmete põhja

## Lisa 8. Regressioonanalüüsi mudel

Model 9: Fixed-effects, using 117 observations  
Included 13 cross-sectional units  
Time-series length = 9  
Dependent variable: GERD  
Robust (HAC) standard errors

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	1,21359	0,382581	3,172	0,0080	***
HAR1	0,00429763	0,00127127	3,381	0,0055	***
INV1	3,99590e-05	4,48557e-05	0,8908	0,3905	
SKP	0,00816956	0,00605362	1,350	0,2021	
Mean dependent var	1,664254	S.D. dependent var	1,013029		
Sum squared resid	2,711795	S.E. of regression	0,163858		
LSDV R-squared	0,977220	Within R-squared	0,194222		
Log-likelihood	54,21114	Akaike criterion	-76,42229		
Schwarz criterion	-32,22750	Hannan-Quinn	-58,47975		
rho	0,668463	Durbin-Watson	0,664247		

Joint test on named regressors -

Test statistic:  $F(3, 12) = 11,4827$   
with p-value =  $P(F(3, 12) > 11,4827) = 0,000769297$

Robust test for differing group intercepts -

Null hypothesis: The groups have a common intercept  
Test statistic: Welch  $F(12, 39,9) = 167,91$   
with p-value =  $P(F(12, 39,9) > 167,91) = 3,22215e-030$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed  
Test statistic: Chi-square(2) = 34,5375  
with p-value = 3,16433e-008

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 7 toodud andmete põhja

## Lisa 9. Regressioonanalüüsi lõplik mudel

Model 10: Fixed-effects, using 117 observations  
Included 13 cross-sectional units  
Time-series length = 9  
Dependent variable: GERD  
Robust (HAC) standard errors

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	1,55344	0,0339001	45,82	7,61e-015	***
HAR1	0,00412345	0,00141117	2,922	0,0128	**
SKP	0,0121562	0,00266747	4,557	0,0007	***

Mean dependent var	1,664254	S.D. dependent var	1,013029
Sum squared resid	2,808445	S.E. of regression	0,165933
LSDV R-squared	0,976408	Within R-squared	0,165504
Log-likelihood	52,16245	Akaike criterion	-74,32489
Schwarz criterion	-32,89228	Hannan-Quinn	-57,50376
rho	0,675530	Durbin-Watson	0,650258

Joint test on named regressors -

Test statistic:  $F(2, 12) = 11,3644$   
with p-value =  $P(F(2, 12) > 11,3644) = 0,00170197$

Robust test for differing group intercepts -

Null hypothesis: The groups have a common intercept  
Test statistic: Welch  $F(12, 40, 1) = 284,035$   
with p-value =  $P(F(12, 40, 1) > 284,035) = 8,17322e-035$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed  
Test statistic: Chi-square(2) = 22,0779  
with p-value = 1,60639e-005

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -

Null hypothesis: No first-order autocorrelation ( $\rho = -0.5$ )  
Test statistic:  $F(1, 12) = 35,1743$   
with p-value =  $P(F(1, 12) > 35,1743) = 6,91553e-005$

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 8 toodud andmete põhja

## Lisa 10. Belsley-Kuh-Welchi test

Belsley-Kuh-Welsch collinearity diagnostics:

variance proportions

lambda	cond	const	HAR1	SKP
3,000	1,000	0,000	0,000	0,000
0,00029374979,188		0,001	0,002	0,906
0,000428024646,747		0,999	0,998	0,094

lambda = eigenvalues of inverse covariance matrix (smallest is 1,63751e-017)

cond = condition index

note: variance proportions columns sum to 1.0

According to BKW, cond  $\geq 30$  indicates "strong" near linear dependence, and cond between 10 and 30 "moderately strong". Parameter estimates whose variance is mostly associated with problematic cond values may themselves be considered problematic.

Count of condition indices  $\geq 30$ : 2

Variance proportions  $\geq 0.5$  associated with cond  $\geq 30$ :

const	HAR1	SKP
1,000	1,000	1,000

Count of condition indices  $\geq 10$ : 2

Allikas: Autori arvutused programmis Gretl lisas 9 toodud andmete põhja



## Lisa 11. Lihtlitsents

### Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>

Mina Desiree Danielle Lillemets (*autori nimi*)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Haridustaseme ja tehnoloogia arengu vaheline seos,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on Jelena Matina,  
(*juhendaja nimi*)

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)

---

<sup>1</sup> 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 loomingu 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. jq 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.