

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Majandusteaduskond
Majandusanalüüsi ja rahanduse instituut

Geret Perv

**Digitaliseerimise mõju töäjõu tootlikkusele Balti riikide ja
Põhjamaade näitel**

Bakalaureusetöö

Õppekava Rakenduslik majandusteadus, peeriala majandusanalüüs

Juhendaja: Kaja Lutsoja

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 7717 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Geret Perv

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 185969TAAB

Üliõpilase e-posti aadress: geret.perv@gmail.com

Juhendaja: Kaja Lutsoja

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	4
SISSEJUHATUS	5
1. DIGITALISEERIMINE JA TÖÖJÕU TOOTLIKKUS	7
1.1. Tootlikkuse olemus	7
1.2. Digitaliseerimise olulisus tööjõu tootlikkuse kontekstis	8
1.3. Digitaliseerimine Eestis ja Euroopas	10
1.4. OECD nõuanded poliitika kujundajatele	13
1.5. Lühilevaade varasematest digitaliseerimise mõju käsitlevatest uuringutest	15
2. ANDMED, METOODIKA JA EMPIIRILINE ANALÜÜS	19
2.1. Andmete kirjeldus	19
2.2. Metoodika	24
2.3. Analüüs	25
3. ANALÜÜSI JÄRELDUSED	29
KOKKUVÕTE	31
SUMMARY	34
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	37
LISAD	40
Lisa 1. Kasutatud andmed	40
Lisa 2. Normaaljaotuse testi tulemused	42
Lisa 3. Korrelatsiooni maatriks	43
Lisa 4. Kulutuste teaduse- ja arengutegevusele mudeli raport	44
Lisa 5. Internetile ligipääsetavuse mudeli raport	45
Lisa 6. Inimarengu indeksi mudeli raport	46
Lisa 7. Kõrgtehnoloogiate ekspordi mudeli raporti	47
Lisa 8. Kõrgharitud inimeste osakaalu mudeli raport	48
Lisa 9. IKT kasutatavus ettevõtete seas mudeli raport	49
Lisa 10. Turvaliste internetiserverite arvu mudeli raport	50
Lisa 11. Keskkonnatehnoloogiate patentide osakaalu mudeli raport	51
Lisa 12. Lihtlitsents	52

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on leida, millist mõju avaldab digitaliseerimine tööjõu tootlikkusele. Töös on kasutatud viie Euroopa riigi andmeid aastatel 2013 kuni 2018. Riigid, kelle andmeid kasutatakse on Läti, Leedu, Eesti, Soome ja Rootsi. Tööjõu tootlikkuse näitajaks on töös valitud SKP hõivatu kohta. Tootlikkust mõjutavateks teguriteks on valitud internetiühenduse kättesaadavus, ettevõtete arv, kellel on veebi- või koduleht, keskkonnatehnoloogiate patentide osakaal, turvaliste internetiserverite arv, kõrgtehnoloogia eksport, siseriiklikud kulutused teadus- ja arengutegevusele, täiskasvanute haridustase ja inimarengu indeks. Kuue näitaja puhul on kasutatud logaritmitud tulemusi. Nendeks näitajateks on tootlikkus, kulutused teadus- ja arengutegevusele, internetiühenduse kättesaadavus, kõrgtehnoloogia eksport, turvaliste internetiserverite arv ja inimarengu indeks. Nende näitajate põhjal koostatakse eraldi paarisregressiooni mudelid kõikide sõltumatute muutujatega. Mudelite põhjal analüüsib autor kõikide muutujate mõju ja olulisust individuaalselt.

Töö alguses püstitati kaks hüpoteesi: digitaliseerimine kasvatab tootlikkust ning digitaliseerimine toob kaasa muudatused tööjõuturul. Analüüsi käigus selgus, et digitaliseerimisel on positiivne mõju tööjõu tootlikkusele. Samuti said kinnitust mõlemad hüpoteesid.

Võtmesõnad: tööjõu tootlikkus, paarisregressiooni mudel, digitaliseerimine

SISSEJUHATUS

Digitaliseerimise teema on olnud aktuaalne juba viimased aastad. Eriti oluliseks on muutunud erinevad digilahendused just peale koroonapandeemia algust. Teema aktuaalsust näitab ka see, et Arenguseire Keskus on toonud viiruskriisi mõjude ülevaates välja, et just digitaliseerimine ja automatiseerimine on ettevõtete ellujäämisel kesksel kohal (Arenguseire Keskus 2020). Samuti on Euroopa Komisjon öelnud, et digitaliseerimine on üks võtmesõnu selle viirusega võitlemisel. Digitaalsed tehnoloogiad pole kunagi varem olnud meie elus olulisemad. Euroopa Komisjoni missioon on tagada, et Euroopas oleks koroonaviirusele reageerimiseks ning inimeste turvalisuseks korralik võrgu infrastruktuur, internetiühendus ja kindlad eeskirjad tehnoloogiate kasutuselevõtuks. (Euroopa Komisjon 2021)

Digitaliseerimine on olnud üks peamine tegur, mis mõjutab nii tööjõu produktiivsust kui ka majanduskasvu. Selle kohta on tehtud nii praegu kui ka aastaid varem palju uuringuid. Tuntuim teoreetiline käsitlus, mis kirjeldab tehnoloogia mõju näiteks majanduskasvule, on Solow-Swani kasvumudel. Solow kasvumudelis on eksogeenseteks muutujateks säästumäär, rahvastiku kasv ja tehnoloogia areng. Mudelis on kaks sisendit. Nendeks on kapital ja tööjõud ning see põhineb Cobb-Douglassel tootmisfunktsioonil. (Mankiw *et al.* 1992, 409) Käesoleva töö raames teeb autor ka lühiülevaate varasematest digitaliseerimise mõju käsitlevatest uuringutest.

Bakalaureuse töö eesmärgiks on välja selgitada, kas digitaliseerimisel on positiivne mõju tööjõu tootlikkusele. Selleks kasutatakse viie riigi andmeid aastatel 2013 kuni 2018. Riigid, mida uuriti on Läti, Leedu, Eesti, Soome ja Rootsi. Tootlikkust kirjeldavaks muutujaks on antud töös valitud sisemajanduse koguprodukt (SKP) hõivatu kohta. Tootlikkust mõjutatavateks teguriteks on digitaliseerimisega seotud näitajad nagu internetile ligipääsetavus, ettevõtete seas info- ja kommunikatsioonitehnoloogiate (ITK) kasutatavus, keskkonnatehnoloogia patentide osakaal, turvaliste internetiserverite arv ning kõrgtehnoloogiate ekspordi tase. Et arvestada ka inimkapitali mõju, on autor valinud ka sellised muutujad nagu kõrgharidusega inimeste osakaal ning inimarengu indeks. Investeeringute poole pealt on veel lisatud ka siseriiklikud kulutused teadus-

ja arengutegevusele. Andmete põhjal tehakse korrelatsioonanalüüs ning koostatakse paarisregressiooni mudelid.

Autor on püstitanud uurimisküsimused, millele loodetakse leida vastused teoreetilise osa uurimisel ning empiirilise analüüsi läbiviimisel.

Küsimused, millele autor soovib selle töö käigus vastuseid leida on:

- 1) Kas digitaliseerimine mõjub tööjõu tootlikkusele positiivselt või negatiivselt?
- 2) Milliseid töökohti digitaliseerimine ohustab?
- 3) Kuidas on muutunud Euroopa riikide investeeringud tehnoloogiasse?
- 4) Kuidas on mõjutanud Covid-19 viiruskriis digitaliseerimist?

Samuti on autor püstitanud kaks hüpoteesi, millele kinnitust loodetakse saada.

Hüpoteesid:

H1: Digitaliseerimine kasvatab tootlikkust.

H2: Digitaliseerimine toob kaasa muudatused tööjõuturul.

Töö jaguneb kolmeks osaks. Esimeses osas uuritakse digitaliseerimise ja tööjõu tootlikkuse tausta ja trende. Samuti on uuritud, milliseid soovitusi on toonud välja Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsioon (OECD — *Organization for Economic Co-operation and Development*) riikidele, et ettevõtete seas digitaliseerimist soodustada. Veel analüüsitakse teoreetilisi raamistikke ning varasemaid empiirilisi uuringuid antud teema kohta. Teises osas kirjeldatakse andmeid, mida autori koostatud empiirilises analüüsi kasutati. Samuti kirjeldatakse analüüsi metoodikat ja käiku. Kolmandas osas tuuakse välja analüüsi tulemused. Kokkuvõttes tehakse kogu töö kohta järeldused ning antakse soovitusi edasisteks uuringuteks.

1. DIGITALISEERIMINE JA TÖÖJÕU TOOTLIKKUS

Käesolev peatükk on jagatud viieks osaks. Esimeses osas on kirjeldatud tootlikkuse üldist olemust ja mõju majandusele. Teises osas kirjeldatakse, millist olulist rolli mängib digitaliseerimine tööjõu tootlikkuse kontekstis. Kolmandas osas uuritakse, millised on digitaliseerimise trendid Eestis ja mujal Euroopas. Neljandas osas on toodud välja OECD raporti põhjal punktid, kuidas riigid peaksid digitaliseerimist juhtima. Viimases osas on analüüsitud varasemaid uuringuid käsitleva teema kohta.

1.1. Tootlikkuse olemus

Tootlikkust määratletakse tavaliselt sisendi ja väljundi mahu suhtena. Teise sõnaga, mõõdetakse seda, kui tõhusalt kasutatakse majanduses tootmissisendeid, näiteks tööjõudu ja kapitali, et jõuda mingi väljundmahu tasemeni. Tootlikkust peetakse majanduskasvu ja konkurentsivõime peamiseks allikaks. Produktiivsust kasutatakse peamise statistilise näitajana mõõtmaks näiteks erinevate riikide tulemuslikkust. Tootlikkuse andmeid kasutatakse toodete ja tööturu mõju uurimiseks. See võimaldab analüütikutel määrata, näiteks, millise majandustsükli hetkel ollakse ning see omakorda aitab prognoosida tulevast majanduskasvu. (OECD *Defining and measuring...* 2016)

On erinevaid võimalusi kuidas tootlikkust mõõta. Üks laialdasemalt kasutatav mõõdik on sisemajanduse koguprodukt töötatud tunni kohta. See annab tööjõu tootlikkuse kohta täpsema tulemuse, kui mõõta lihtsalt näiteks sisemajanduse koguprodukti töötaja kohta. Kuigi SKP töötatud tunni kohta on kõige täpsem näitaja, millega produktiivsust mõõta, siis selle arvutamisel on endiselt mõningaid probleeme. Peamine probleem esineb selles, et riigiti kasutavad andmete kogumisel erinevaid eeskirju ehk mõõdikuid võrreldes võivad olla tulemused erinevad. (*Ibid.*)

Tööjõu tootlikkuse kasv sõltub kolmest peamisest tegurist: säästmisest, investeeringutest kapitali ja tehnoloogiasse ning inimkapitalist. Tootlikkus on otseselt seotud elustaseme paranemisega, mis omakorda loob võimaluse tarbida rohkem. Kui majanduse produktiivsus kasvab, toodab see

sama tööajaga rohkem kaupu ja teenuseid. Tootlikkuse muutused majanduses võivad viidata lühiajalistele ja tsüklilistele muutustele. Kui toodang suureneb, aga tööd tehakse sama palju, siis annab see märku, et tööjõud on muutunud tootlikumaks. Tootlikkus üldiselt kasvab siis kui kasvavad kas üks või mitu eelnevalt mainitud teguritest. Samuti on täheldatud, et tootlikkus võib kasvada ka majanduslanguse ajal. Põhjus on selles, et tööpuudus kasvab, ning et vältida koondamist, pingutavad töötajad rohkem. (*Labor Pro...* 2020)

1.2. Digitaliseerimise olulisus tööjõu tootlikkuse kontekstis

Mida aeg edasi, seda enam otsitakse uusi võimalusi, kuidas tootlikkust tõsta. Viimaste aastate märksõnadeks on digitaliseerimine ja tööprotsesside automatiseerimine. Üha enam otsitakse viise, kuidas aeganõudvaid töid efektiivsemalt teha. See on toonud kaasa ka ohu, et mõne töö tegemiseks polegi enam inimest vaja, vaid sellega saab hakkama robot.

Et digitaliseerimine on üks olulisi märksõnu ettevõtete ja majanduse arenguks ja tootlikkuse tõstmiseks, tõestab ka selle väljatoomine erinevate riikide arengukavades. Selle olulisus tuli eriti päevakorda just Covid-19 tingitud viiruskriisis, kus füüsiliselt tööl käimine on takistatud. Arenguseire Keskuse koostatud uurimuses „Viiruskriisi mõju Eesti majandusele” on toodud selgelt välja, et just digitaliseerimine ja automatiseerimine on tõusnud ellujäämiseks keskele kohale ning esile on kerkinud virtuaalsed lahendused (Arenguseire Keskus 2020, 9). Ka OECD on esitanud väljavaated digitaalse majanduse osas, milles öeldakse, et maailm pole kunagi varem olnud nii palju sõltuv digitaaltehnoloogiast kui praegu, sest väga suur osa meie igapäeva elust möödub internetis (OECD *Digital...* 2020, 13). Selle tõttu tuleb tehnoloogiaid edasi arendada ja muuta poliitikat, et need soosiks ettevõtetel veel enam oma tööprotsesside digitaliseerimist.

Peale töö kiirendamisele on digitaliseerimisel ka teisi tootlikkusele positiivselt mõjuvaid külgi. Näiteks on järjest olulisemal kohal suurandmete vajalikkus ning oskus neid taaskasutada. Suurandmete analüüsi põhjal saab teha targemaid müügiotsuseid, kaardistada praeguseid kliente ning potentsiaalseid tulevaseid turge ning kliente. Selle tulemusel võiks ka müügitulu kasvada. OECD digitaalse majanduse väljavaates on toodud, et 2017. aastal keskmise suurusega OECD riikide ettevõtetest 12 protsenti ning suurtest ettevõtetest 33 protsenti kasutasid suurandmete analüütikat. (*Ibid.*, 14)

Digitaalsed tehnoloogiad muudavad meie elu ja majandust. Need muudavad ettevõtete kaupade ja teenuste tootmise viisi ja uuendusi. Samuti suhtlemist teiste ettevõtete, töötajate, tarbijate ja valitsustega. Uued tehnoloogiad pakuvad suurt potentsiaali ettevõtte tootlikkusele. Näiteks annab pilvepõhine andmetöötlus ettevõtetele juurdepääsu paindlikele andmesalvestus- ja töötlemisvõimalustele, veebiplatvormid muudavad suhtlemise tarbijatega sujuvamaks ning tehisintellekt võimaldab automatiseerida üha keerukamaid ülesandeid. Produktiivsuse aeglustumine peegeldab madalat mitme teguri tootlikkust ning nõrka kapitali akumulatsiooni. Üldiselt aeglustub produktiivsus enne majanduskriisi ning majanduskriisi tagajärgede tulemusel. (OECD *Economic...* 2019)

OECD kirjeldab majanduse väljavaates, et digitaliseerimise potentsiaali tootlikkuse kasvatamise osas pole piisavalt ära kasutatud. Välja on toodud, et produktiivsuse kasv pole olnud nii suur kui ta võiks olla. Väljavaates on toodud, et võrreldes eelmise digitaliseerimise lainega 90ndatel, mis oli seotud personaalsete arvutite turule tulekuga, on praegune efektiivsuse kasv tunduvalt väiksem. Põhjuseid, miks kasv pole piisavalt kiire olnud, on mitmeid. Näiteks toob OECD välja selle, et erinevatel firmadel on ebavõrdsed võimalused moodsate tehnoloogiate kasutamiseks. Eelisseisus on need ettevõtted, kelle on parem ligipääs tehnoloogiatele ning kes on digitaliseerimise võimalustest teadlikumad. Tänu nendele eelistele on firmad ka tootlikkust kiiremini kasvatanud. Näiteks rohkem digitaalsiseeritud ettevõtted, kellel on paremad tingimused digitaliseerimisele, on kasvatanud 7 aastaga tootlikkust 20 protsendi võrra. Teiste firmade puhul on see näitaja vaid 5 protsenti. Nende ettevõtete puhul, kes digitaliseerimisest nii palju mõjutatud ei ole, on eelisseisus ettevõtted kasvatanud tootlikkust 7 aastaga umbes 5 protsenti. Ettevõtete seas, kes uutest tehnoloogiatest nii teadlikud pole, on aga produktiivsuses kehvemaks muutunud. Produktiivsuse tase on langenud umbes 2,5 protsenti. (*Ibid.*)

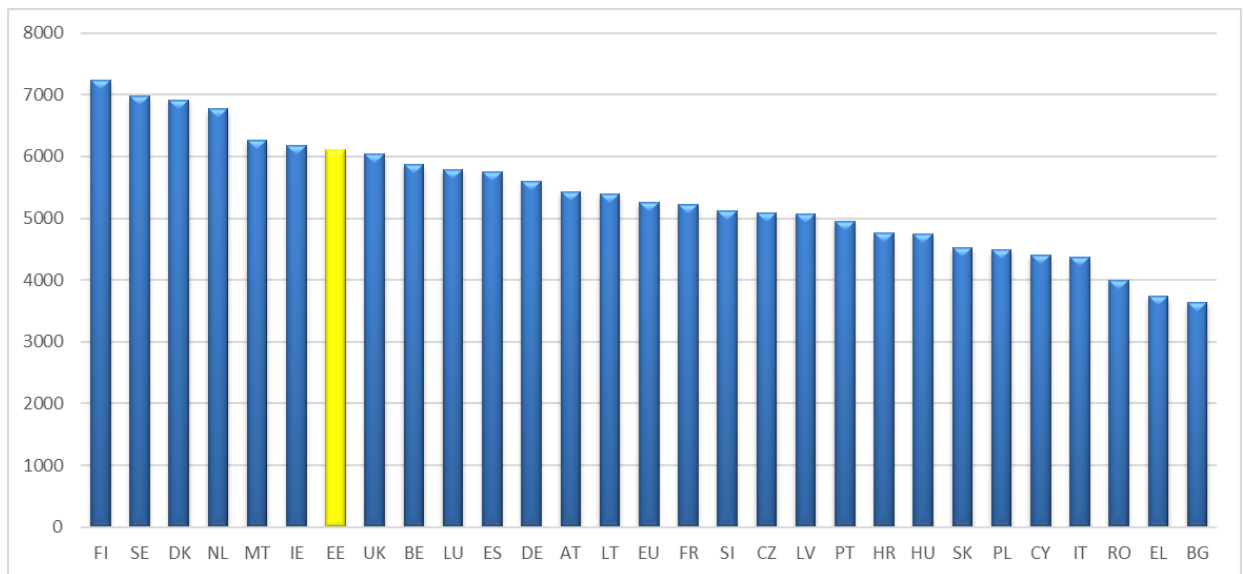
Varasematest uuringutest võib järeldada, et digitaliseerimisprotsessi juures on väga oluline teadlikkus. Kui ettevõtted pole piisavalt teadlikud, siis ei osata ka uusi tehnoloogiaid ära kasutada. Kui tahetake näha märkimisväärseid kasve tootlikkuses, tuleb keskmiste ettevõtete infotehnoloogia (IT) teadlikkust kasvatada.

1.3. Digitaliseerimine Eestis ja Euroopas

Digitaliseerimine ja automatiseerimine on üks kiireim võimalus, kuidas kulusid kokku hoida ja tootlikkust kasvatada. See on väga oluline just rahvusvahelises konkurentsipüsimeks. Koroonapandeemia puhkemine tõstis digitaliseerimise vajaduse esile, et ka inimfaktorist tulenevaid riske vähendada. Digitaliseerimine tundub ideena lihtne, aga sellel on mitmesugused barjäärid, mida tuleb ületada. Esiteks on uue tehnoloogia rakendamine ja arendamine üsna kulukas. (Arenguseire Keskus 2020, 20) Et ettevõtete äriprotsesside digitaliseerimist soodustada, saavad ettevõtted Ettevõtluse Arendamise Sihtasutusest taotleda digitaliseerimise teekaardi toetust. Digitaliseerimise teekaardis annab ettevõtja hinnangu digitaliseerimise mõjule, eesmärkide saavutamiseks vajalikele investeeringutele, nende tasuvusele ja ajakavale. Sellise hüvitise eesmärgiks on toetada digitaliseerimist ning seeläbi suurendada ettevõtjate teadlikkust oma digitaliseerimise hetkeolukorrast ning tulevikuvõimalustest. (Digitaliseerimise teekaardi ... 2021) Veel üks kulu, millega digilahenduste kasutuselevõtmisel tuleb arvestada, on ajaline kulu. Lahenduste toimimise hakkamine ja juurutamine võib olla ebamugav, aga tuleb meeles pidada, mis kasu see tulevikus toob.

Ettevõttele võib digitaliseerimine tuua palju kasu, aga tööturule toob see kaasa nii mõnedki muudatused. Esiteks väheneb madalama kvalifikatsiooniga töötajate vajadus ning suurenevad allesjäänud töötajate kvalifikatsiooninõuded. Samuti on vaja juurde spetsialiste, kes uute tehnoloogiatega töötada oskavad. Selliseid spetsialiste on Eesti aga pigem vähe ning tekib vajadus tuua asjatundjaid välismaalt. (Arenguseire Keskus 2020, 20)

Kuigi Eestit on peetud alati väga tuntud ja tugevaks digiriigiks, siis Euroopa Komisjoni poolt arvutatava digimajanduse indeksi (DESI) järgi on Eesti alles seitsmendal kohal. (Joonis 1)



Joonis 1. Digimajanduse indeks 2020

Allikas: Euroopa Komisjon 2020, autori koostatud joonis

Indeks mõõdab kokku viit erinevat näitajat, mille põhjal pannakse kokku lõplik indeks. Nendeks näitajateks on „ühenduvus“, mis näitab serverite või ruuterite infrastruktuuri kasutatavust ja kvaliteeti, „elanikud“, mis näitab inimeste digitaalset oskusi, „internetiteenused“, mis näitab, palju rahvastikust internetti kasutab, „digitaalse tehnoloogia integratsioon“, mis mõõdab ettevõtete ja e-kaubanduse digitaliseerimist ning „digitaalsed avalikud teenused“, mis mõõdab digitaliseeritud avalike teenuste hulka. Digitaalsete avalike teenuste poolest on Eesti esimesel kohal. Kõige digitaliseeritum riik DESI indeksi järgi on Soome, kes on esikohal nii elanike digitaalsete oskuste poolest kui ka digitaalsete teenuste kasutatavuse poolest. Samuti on väga tugevad riigid ka Rootsi ja Taani. (*Digital Economy... 2020*)

Euroopa Komisjon toob välja, et Soome tugevuseks on see, et avalik ja erasektor teevad digitaliseerimise osas tihedalt koostööd. Samuti on Soomes väga aktiivne *start-up* sektor. Veel tuuakse välja, et Soome elanikest lausa 76 protsendil on põhitasemel või sellest kõrgemad digioskused. Euroopa keskmine näitaja on 18 protsenti madalam ehk 58 protsenti. Soome paistab silma tänu uuenduslikule mõtlemisele, mis on seotud sotsiaalse vastutusega. Valitsuse toetused on pikaajased, seades regulatiivseid stiimuleid ja rahastades alusuuringuid. Soomes on välja töötatud õiglase ja kaasava infoühiskond. Info- ja kommunikatsioonitehnoloogiate (IKT) tõhus kasutamine erinevates sektorites viib ka tootlikkuse kasvuni. Soome riik on välja töötanud näiteks tasuta tehisintellekti kursuse, et tõsta inimeste ja ettevõtete teadlikkust ning huvi erinevate tehnoloogiate, näiteks masinõppe vastu. (*Digital Economy and Society...Finland 2020*)

Eesti paistab silma heade digitaalsete avalike teenuste ja inimkapitali näitajate poolest. Mis Euroopa Komisjon Eesti kohta välja toob, on see, et sidusrühmade püsivat tegutsemist on vaja arendada. Tuleb teha tööd, et inimestel oleks piisavalt digioskusi, sest just see on üks peamisi takistusi ettevõtete investeringutele. Eesti investeerib jätkuvalt digitaalse infrastruktuuri arendamisesse, kuid riigi 5G kasutuselevõtu eesmärkide täitmine sõltub uute sageduste eraldamisest. Eesti majanduse peamine väljakutse on nende ettevõtete digitaliseerimise toetamine, kes seda veel ei tee ning ei oska kasutada ära täielikult digitehnoloogiate pakutavaid võimalusi. (*Digital Economy and Society...Estonia 2020*)

Viie aasta jooksul on DESI näitaja põhjal kõige suuremat progressi näidanud Iirimaa, järgnevad Holland, Malta ja Hispaania. Need riigid on ka DESI skoori poolest üle Euroopa keskmise. Nende riikide ühiseks jooneks on kindel poliitika ja suunatud investeringud nendesse valdkondadesse, mida ka DESI raames mõõdetakse. Nagu ka eelnevalt mainitud, on Soome ja Rootsi DESI poolest Euroopas liidrid. Kui vaadata viie aasta keskmist DESI näitaja muutust, siis on need kaks riiki tõusnud indeksi kasvu poolest üle keskmise taseme. Sarnast kasvu on näidanud ka Belgia ja Saksamaa. Keskmise DESI kasv on olnud viie aasta jooksul 14 protsenti. Nii Soome, Rootsi, Belgia kui ka Saksamaa kasv on jäänud umbes 15 ja 16 protsendi vahele. (*Digital Economy and Society... Thematic chapters 2020*)

Taani, Eesti ja Luksemburg on digitaliseerimise osas viimase viie aasta jooksul näidanud suhteliselt madalat progressi, kuigi üldise DESI näitaja poolest jäävad nad esimese kümne riigi hulka. Taanis on suurimaks väljakutseks parendada keskmise taseme digioskuseid. Luksemburgis on aga ettevõtete digitaliseerimine suhteliselt madal. Eestis on nõrgad kohad näiteks korralik internetiühendus ja ettevõtete digitaliseerimine. Märkimisväärne on see, et enamus riike, mis jäävad DESI näitaja poolest alla Euroopa Liidu (EL) keskmise, pole viimase viie aasta jooksul eriti edasi arenenud. See kehtib eriti selliste riikide puhul nagu Bulgaaria, Kreeka ja Rumeenia. Samas on nendes kõikides riikides alustatud erinevate projektidega, mis peaks progressi näitama järgnevate aastate jooksul. (*Ibid.*)

1.4. OECD nõuanded poliitika kujundajatele

Et ettevõtete digitaliseerimist soodustada, on vaja palju abi riigilt. OECD on toonud välja seitse märksõna poliitika kujundajatele, mida tuleks silmas pidada digitaliseerimist soodustava keskkonna loomiseks. Nendeks võtmesõnadeks on: **ligipääs, kasutus, innovatsioon, töökohad, ühiskond, usaldus** ja **avatus**. Täpsemad kirjeldused märksõnade kohta on toodud Tabelis 1.

Tabel 1. OECD nõuanded poliitika kujundajatele

Märksõna	Milliseid näitajaid sisaldab	Kirjeldus
Ligipääs	4G leviala, majapidamiste võrguühendus, ettevõtetes kasutavad serverid	Kuna nõudlus internetiühenduse järele järjest kasvab, siis peaks riik toetama oma tegevusega hea ühenduse kättesaadavust kõigile. Selleks tuleks valitsusel vähendada kaubanduse ja investeerimisega tulenevaid tõrkeid, lihtsustada haldusega seotud protsettuure ning tegema hea interneti kättesaadavaks ka maapiirkondades. Samuti on olulisel kohal andmed. Sellega seonduvalt tuleks andmete kättesaadavust parandada. Samuti peaks parandama andmete kogumise mehhanisme ja ka seadusi, mis andmete kogumist ja levitamist reguleerivad.
Kasutus	Ettevõtetes pilveserverite kasutus, väikesetes ettevõtetes internetikaubanduse osakaal, inimeste interneti kasutus	Kuigi enamik inimesi ja ettevõtteid kasutavad juba praegu erinevaid digivahendeid, siis ei kasutata digilahenduste võimalusi täielikult. Näiteks teeb suurandmete analüüsi vaid 33 protsenti suurtest ettevõtetest ja vaid 11 protsenti väikestest ettevõtetest. Et seda lünka täita, tuleks tõsta inimeste teadlikkust ja oskusi digilahendusi kasutada. Selleks peaks valitsus toetama neid, kellel on juba oskused digilahendusi kasutada ning innustama väikeseid ja keskmise suurusega ettevõtteid võtma kasutusele uusi tehnoloogilisi tööriistu ja tarkvarasid.
Innovatsioon	<i>Start-up</i> ettevõtete arv, IKT patendid, IKT investeeringud	Andmepõhine ja digitaalne innovatsioon on aastatega palju kasvanud. 2018. aasta esimeses pooles said tehisintellektidega seotud <i>start-up</i> 'id 12 protsenti erakapitali investeeringutest ning see osakaal on veel kasvamas. Kuid mitte kõik riigid ei arene nii kiiresti kui võiks. Näiteks aastatel 2013 kuni 2016 oli Hiinas väljastatud patentidest 60 protsenti IT sektoris, OECD riikide seas oli see osakaal aga vaid 33 protsenti. Et innovatsiooni veel kasvatada, peaksid riigid soodustama ettevõtlikkust, leevendama rahastamisnõudeid, toetama alusuuringuid ning tegema avalikuks rohkem riigiga soetud andmeid. Samuti peaksid valitsused julgustama ettevõtlikel inimestel katsetada uusi lahendusi ja ärimudeleid.
Töökohad	IT teadmisi nõudvad töökohad, IT sektori	Tööjõuturg muutub pidevalt ja kiiresti. 14 protsendil töökohtadest üle OECD riikide, on väga suur oht

	töökohad, töötajate IT-alane arenguvõimalus	automatiseerimisele ning 32 protsendil on suur võimalus, et muutused on tulemas 10-20 aasta jooksul. Et tagada kõigile head tingimused töötamiseks, tuleb olla valmis väga intensiivseks ümberõppeks. Selleks peaks riik aitama ettevõtjaid ja tööandjaid üleminekul uutele töökohtadele. Samuti tuleks riigil panustada vajalikule väljaõppele. Peamine eesmärk on, et oleks tasakaal kiirelt muutuva keskkonna ning kindlustunde vahel, et inimestele jäävad stabiilsed töökohad alles.
Ühiskond	Madalapalgaliste internetikasutus, regulaarne kaugtöö tegemine, õpilased väga heade tulemustega matemaatikas, reaalteadustes ja lugemises	Nii nagu töökohad, muutub ka ühiskond tervikuna digitaalsemaks. Inimestel on võimalik andmeid ja informatsiooni saada internetist. Ühiskonnas on siiski ebavõrdsus digitaalsete võimaluste osas. Näiteks on programmeerimise oskused enamasti noortel meestel. Sellest tulenevalt peaks riik suunama juba varakult potentsiaalseid õpilasi näiteks programmeerimist õppima. See annab võimaluse ka noortele naistele ja tüdrukutele selle alaga tutvuda. Samuti on halvemas seisus madalama palgatasemega ning vanemad inimesed. Neil puudub kas lihtsalt juurdepääs internetile või on nad vähe informeeritud. Väheste teadmistega inimestel on suurem oht sattuda internetis varitsevate pettuste ohvriks. Seetõttu peaks riik ka halvemas seisus inimesi toetama ja harima IT-alaselt.
Usaldus	Terviseandmete jagamine, IT ja andmete turvalisuse tagamise oskus, internetist kauba ostmisega seotud tegurite turvalisus	Usaldus on üks olulisemaid asju digitaalse arengu juures. On oluline, et inimesed teaksid kuhu ja kellele nad oma andmeid jagavad. Tuleb välja, et ainult 30 protsenti interneti kasutajatest ei avalda oma personaalset infot internetis ja ainult 17 protsenti kasutajatest loevad läbi privaatsustingimused. Et inimesed oleksid teadlikumad ja rohkem kaitstud, peaks valitsus inimesi ja ettevõtteid suunama tähelepanu pöörama ka digitaalsele turvalisusele ja privaatsusriiskidele.
Avatus	IT toodete ja teenuste müük nii riigisiselt kui ka rahvusvaheliselt	Digitaalsed tehnoloogiad mõjutavad palju ettevõtete konkurentsivõimet. Ettevõtetel, kes kasutavad uusi tehnoloogiaid, on suuremad võimalused kasvuks ja arenemiseks. Et ettevõtted saaksid tegutseda edukalt ka piiriülevalt, peaks valitsus vähendama takistusi piiriüleste investeeringut tegemisel ja kaubandusel. Samuti tuleks arendada rahvusvahelisi finatsturge ning tegeleda maksuprobleemidega, mis rahvusvaheliselt tegutsedes võivad tekkida.

Allikas: OECD *Digital Eco...* (2020), autori koostatud kokkuvõte

1.5. Lühiülevaade varasematest digitaliseerimise mõju käsitlevatest uuringutest

Antud teema kohta on tehtud palju varasemaid uuringuid ja püstitatud erinevaid hüpoteese. Selles peatükis analüüsib autor neid uuringuid ja varasemaid teoreetilisi käsitlusi.

Feng (2016) on uurinud Tianjini avatuse mõju majanduskasvule laiendatud Solow mudeli põhjal. Analüüsis kasutati 2002. - 2013. aasta paneeländmeid Pekingi-Tianjini-Hebei regiooni kohta. Kasutatud andmete seas oli näiteks SKP elaniku kohta, populatsiooni kasv, investeeringud, kooliõpilaste arv ja andmete avatus. Uuringu tulemustest tuli välja, et regiooni avatusel on väga suur roll majanduse arengule ja kasvule. Samuti tõi Feng (2016) välja, et inimkapitali areng toob kaasa ka kõrgtehnoloogiate hõlpsama kasutuselevõtu, mis omakorda mõjutab positiivselt regiooni majanduskasvu.

Varem kasutusel olevates mudelites võib olla eripärasid, mida tuleb kindlasti arvestada. Näiteks on uuritud perioodilisi tsükleid Solow mudelis koos muutuja viitajaga. Kulikov *et al.* (2019) on toonud välja kolm võimalikku viisi, kuidas viitaja tegurit valemisse tuua. Uuring tõestas, et viitaja efekt võib oluliselt muuta klassikalise Solow mudeli lahenduste dünaamikat. (Kulikov *et al.* 2019)

Digitaliseerimisel on järjest suurenev mõju paljudele valdkondadele nii majanduses kui ka sotsiaalses elus ning nii era- kui ka avalikus sektoris. Sellistes tingimustes on inimeste digitaalsete oskuste tagamine järjest kriitilisema tähtsusega, et tagada edu erinevates valdkondades, mida digitaliseerimine mõjutab. Vasilescu *et al* (2020) analüüs uuris, kuidas mõjutab digitaliseerimine erinevaid sihtgrupe. Parameetrid, mille järgi inimesi jaotati, olid näiteks vanus, haridustase, palgatase ja võimekus maksta arveid. Analüüsi meetodiks oli klasteranalüüs. Tulemustest tuli välja, et digitaalsemalt kõige haavatavamais grupis oli 90 protsenti madala või keskmise haridusega inimesed, 56 protsenti naised, 60 protsenti neist oli üle 55 aasta vana, 71 protsenti inimesi, kes teevad tööd manuaalselt ning pooltel neist oli probleeme arvete tasumisega. Peaaegu 50 protsenti selle grupi inimesi oli pärit Rumeeniast, Bulgaariast, Ungarist, Portugalist ja Kreekast. Analüüsi autorid tegid järelduse, et mida teadlikumad ja informeeritumad inimesed digitaliseerimisega on, seda positiivsemalt nad ka sellesse suhtuvad ning seda vähem neid digitaliseerimise kasv mõjutab. (Vasilescu *et al.* 2020)

Kui eelnev uuring keskendus digitaliseerimise mõjule majanduslikus mõttes, siis võib uute tehnoloogiate kasutamine mõjuda ka sotsiaalsetele teguritele. Ajakirjas „*Computers in Human Behavior*“ on toodud välja, kuidas võivad digitehnoloogiad mõjutada loovate ideede genereerimist ja rakendamist töökohtadel. On oluline, et töötajad looksid uusi innovaatilisi lahendusi ning seal juures on ka oluline, et ettevõtte läheks kaasa nende ideedega. Tänu sellisele koostööle on võimalik kasvatada nii ettevõtet kui ka selle efektiivsust. Autorid on jõudnud järeldusele, et erinevad digiseadmed ja nendele ligipääs aitab töötajate innovatiivsust tõsta, kuna siis on neil suurem ligipääs erinevale informatsioonile ning neil on kergem leida inimesi, kes nende ideid toetavad ja kaasa mõtlevad. Samas toovad autorid välja, et selline ligipääs erinevale infole võib ka kahjulikult mõjuda. Näiteks toovad nad välja, et tänapäeval on infot nii palju, et on raskes eristada, milline informatsioon on õige ja milline vale. Samuti toovad nad välja selle, et võib tekkida konflikt nende töötajate vahel, kes kasutavad palju digilahendusi ja kes ei kasuta üldse. (Oldham, Da Silva 2015)

Järgmises uuringus analüüsitakse konkreetselt digitaalsete tehnoloogiate kasutuselevõtu mõjusid ettevõtte tootlikkusele. Empiirilises analüüsis kasutatakse tehnoloogia leviku seletamiseks neo-Schumpeteriani kasvuteooriat. Mudelit hinnatakse Wooldridge meetodi abil. Muutujad, mida mudelites kasutati olid erinevate tehnoloogiate kasutus, näiteks kiirete ruuterite kasutus, ja pilveteenused. Veel mõõdeti ettevõtet iseloomustavaid mõõdikuid, näiteks kasv, töötajad ja investeeringud. Samuti mõõdeti erinevate oskuste tasemeid. Mudelites on ka mõningaid andmeid logaritmitud ja ka kasutatud viitaega. Tulemustes tuuakse välja, et erinevate tehnoloogiate kasutuselevõtt tõstab ettevõtte produktiivsust ning mõju on suurem just tööstusettevõtetes. Samuti on tulemused tugevamad suurema produktiivsusega ettevõtetes ja nõrgemad seal, kus digitaalseid oskusi on vähem. Tuuakse välja, et riikide poliitika peaks võimaldama ettevõtetel tehnoloogia tasemel jõuda järgi edasijõudnutele ning looma juurde võimalusi just oskuste arendamiseks. (Gal *et al.* 2019)

Sellel aastal on ilmunud kokkuvõtte kolmest uuringust, mis viidi läbi aastatel 2015, 2017 ja 2019 Saksamaa metalli- ja elektritööstuse sektoris. Kolmes uuringus analüüsi, kuidas mõjutab digitaliseerimisprotsess produktiivsust, juhtimist ja inimtööd. Uuringud viidi läbi kvalitatiivsel meetodil. Sektori ettevõtete seas viidi läbi korduvalt küsitlus. Küsitluse tulemusi võrreldi ning analüüsi nende põhjal arengutendentse. Küsimused olid peamiselt ärimudeli, tööstustehnika, tootlikkuse juhtimise, strateegiate ja ettevõtte kultuuri kohta. Tulemustest selgus, et ettevõtted nägid aastaks 2020 22 protsendilist ning aastaks 2027 38 protsendilist produktiivsuse kasvu. Valdkonnad, kus ettevõtted digitaliseerimist eriti oluliseks pidasid, olid näiteks planeerimine ja

juhtimine, logistika, tarneahelate juhtimine ja kvaliteedi kontrollimine. Veel uuriti ettevõtetelt ka seda, kuidas digitaliseerimine võib mõjutada nende erinevate valdkondade töötajate arvu. Toodi välja, et kõrgema palgaga töötajate ning töötajate, kes on väga spetsiifilise ala peal, nende arv kasvab. Langeb madalama palgaga töötajate arv. Olulisteks omadusteks, mida ettevõtted töötaja kohta välja tõid, on see, et töötajad peavad olema kõrgharitud ning samuti kasvab nõudlus spetsialistide osas. (Jeske *et al.* 2021)

Kui eelnevad uuringud on keskendunud produktiivsuse tõstmise teooriale, siis Balsmeier ja Woerter (2019) on teinud empiirilise uuringu selle kohta, kuidas digitaliseerimine mõjutab töökohtade loomist ja kaotamist. Enamasti väidetakse, et automatiseerimine asendab keskmise ja madala kvalifikatsiooniga töötajate tööd ning loob juurde töökohti kõrgema kvalifikatsiooniga inimestele. Analüüsi autorid tõestavad seda väidet Šveitsi andmete põhjal. Autorid küsitlesid juhuslikult valitud tootmis-, ehitus ja teenindussektori ettevõtteid, kus oli rohkem kui 5 töötajat. Mõõdeti erineva haridustasemega töötajate arvu ning investeeringuid uutesse tehnoloogiasse ning teadus- ja arengutegevustele. Autorid koostasid fikseeritud efektiga mudeli, kus sõltuvaks muutujaks oli töötajate oskuste tase ning sõltumatuteks muutujateks olid investeeringud digitaliseerimisse, teadus- ja arengutegevustele ja töötajate arv. Tulemustest tuli välja, et 100 000 Šveitsi frangi (CHF) suurune investeering digitaliseerimisse tähendab 5,8 võrra rohkem töökohti kõrgelt haritud töötajatele, 4 võrra vähem töökohti keskmiselt haritud töötajatele ja 2,3 võrra vähem kohti vähem haritud töötajatele. Kokkuvõttes tähendab 100 000 CHF suurune investeering 1,6 töökoha juurde tekkimist. (Balsmeier, Woerter 2019)

Novakova (2020) on analüüsinud tehnoloogia mõju tööjõuturule Slovakkia näitel. Kuna üha enam võetakse kasutusele tehnoloogilisi lahendusi, on oluline uurida, kuidas see võib mõjutada erinevate sektorite töötajaid. Kuna Slovakkias umbes 41 protsenti tööstussektori töötajatest on hõivatud masina- ja metallitööstuses, siis autor keskendubki selle turu mõjudele. Autor keskendub erinevaid potentsiaalseid stsenaariumeid kasutades Cobb-Douglassi tootmisfunktsioonile. Kui algses tootmisfunktsioonis on tööjõud mänginud olulist rolli, siis nüüd, kui üha enam tööprotsesse automatiseeritakse, on algmudel ümberkujunemas selliseks, kus tööjõul enam nii suurt rolli pole ning võtmerolli võtavad hoopis masinad. Uuringu tulemustes tuleb välja, et umbes 33 protsendil kõikidest töökohtadest on oht automatiseerimisele. Võrdluseks võib tuua Norra, kus see risk on ainult kuus protsenti. Kui esialgu võib mõelda, et automatiseerimine on kallis, siis reaalsus on see, et tehnoloogilised lahendused lähevad järjest odavamaks ja tööjõud järjest kallimaks. Näiteks roboti hind tunnis on 8\$, samas kui tööjõu hind tunnis on 20\$ Slovakkias ja 35\$ Saksamaal. Selle

põhjal võib järeldada, et ettevõtetel on soodsam osta robot kui hoida palgal töötaja. (Novakova 2020)

Teoreetilise poole pealt on Isaksson, Harjunoski ja Sand (2018) teinud analüüsi, kuidas digitaliseerimine just kontrolli ja erinevaid toiminguid mõjutab. Tööstustel on oluline leida uus toimiv optimeerimisskeem. Uued tekkivad kommunikatsioonitehnoloogiad võimaldavad koguda ja vahetada teavet palju detailsemalt kui varem, mis loob uusi võimalusi erinevate aspektide kaasamiseks. Andmete üha suurenev kättesaadavus ning suurem automatiseeritus on järjest olulisemad näiteks protsesside juhtimisel ja tootmise ajastamisel. Kuigi erinevaid toimivaid lahendusi on juba kasutusele võetud, on ettevõtteid, kes pole nõus välja vahetama oma väljakujunenud protsesse enne kui on tõestatud, et uued lähenemised toovad kaasa võimaliku kasu. (Isaksson *et al.* 2018)

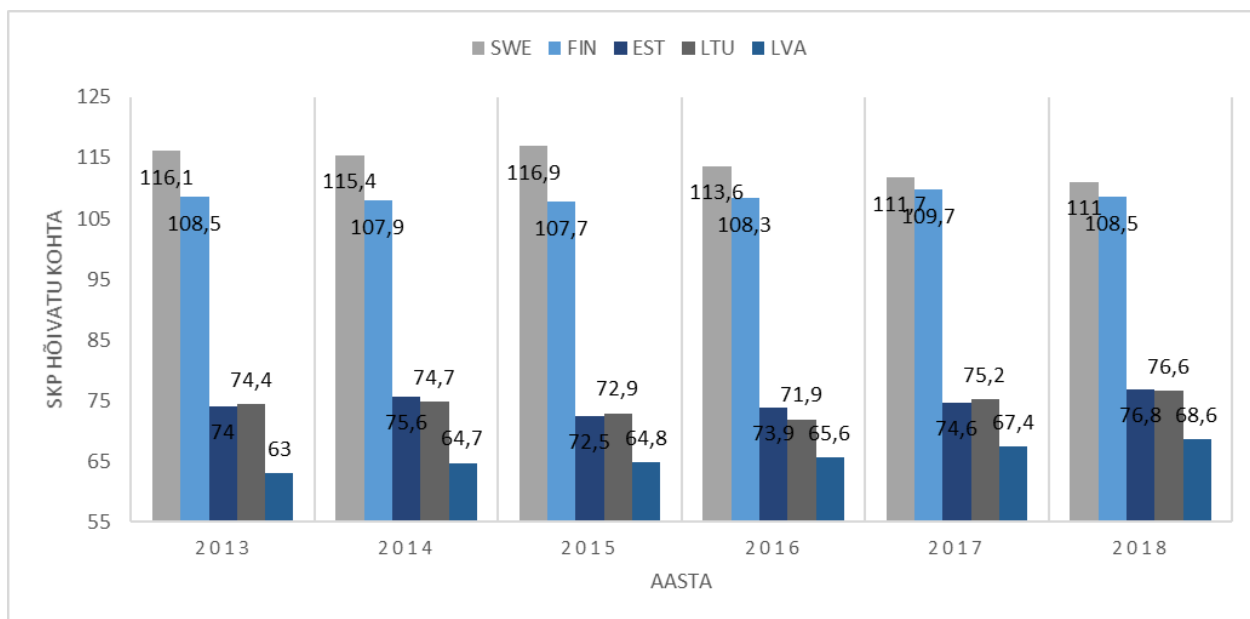
2. ANDMED, METOODIKA JA EMPIIRILINE ANALÜÜS

Antud peatükk on jaotatud kolmeks. Esimeses osas kirjeldatakse kasutatavaid andmeid ning meetodikat. Samuti tuuakse välja eeldatav mudel. Teises osas kirjeldatakse analüüsi erinevad etappe ning tuuakse välja mudelite testimise tulemused.

2.1. Andmete kirjeldus

Käesolevas bakalaureusetöös on kasutatud kvantitatiivset analüüsimeetodit. Töö regressioonanalüüsis on kasutatud viie Euroopa Liidu riigi paneelandmeid. Andmed on võetud aastate 2013 - 2018 kohta. Riigid, kelle andmeid analüüsitakse, on Eesti, Soome, Rootsi, Läti ja Leedu. Autor valis just nende riikide andmed, kuna rohkemate riikide kaasamisel läksid andmete varieeruvused väga suureks ning selget trendi andmetes oli keeruline leida. Need viis riiki on ka Eesti jaoks olulised ja autor hindas nende andmete kasutust kõige mõistlikumaks. Andmed on pärit OECD, World Bank, Eurostat ja United Nations e-andmebaasidest.

Mudeli sõltuvaks muutujaks on autor valinud sisemajanduse koguprodukti hõivatu kohta. Autori arvates kirjeldab just see näitaja kõige paremini tööjõu produktiivsust. Andmed on võetud World Bank andmebaasist. SKP on majandustegevuse mõõdupuu. Seda määratletakse kui kõigi toodetud kaupade ja teenuste väärtust, millest on lahutatud nende loomisel kasutatud kaupade ja teenuste väärtus. SKP hõivatu kohta on näitaja, mis on mõeldud andma ülevaadet tööjõu tootlikkuse kohta. Kasutatud andmebaasis on näitajad võrreldud 2020. aasta Euroopa keskmisega, mille konverteeritud väärtus on 100. See tähendab, et kõik riigid, kelle näitaja on rohkem kui 100, neil on tootlikus parem kui Euroopa keskmine ning kõik kellel on väiksem kui 100, neil on tootlikus halvem kui Euroopa keskmine. (Eurostat, tabel TEC00116) Sõltuv muutuja on mudelis nimega GDPPC.



Joonis 2. SKP hõivatu kohta aastatel 2013-2018

Allikas: autori koostatud joonis Eurostat andmete põhjal

Joonisel 2 on toodud välja viie analüüsitava riigi SKP hõivatu kohta näitajad aastatel 2013 kuni 2018. On näha, et valitud riikide seast on Rootsis ja Soomes produktiivsus suurem kui Euroopa keskmine. Nende riikide näitajad aastal 2018 on vastavalt 111 ja 108,5. Eesti ja Leedu jäävad keskele ning nende näitajad on väga sarnased. 2018 olid nende riikide näitajad vastavalt 76,8 ja 76,6. Lätis on näitaja kõige madalam, 2018. aastal 68,6. See tähendab, et Lätis oli SKP tootlus 2018. aastal 31,4 protsenti madalam kui Euroopas keskmiselt.

Sõltumatud muutujad on autor jaganud kahte gruppi. Esimene grupp muutujaid kirjeldavad konkreetselt digitaliseerimist. Nendeks muutujateks on ligipääs internetiühendusele, ettevõtted, kellel on veebi- või koduleht, keskkonnatehnoloogiate patendid, turvaliste internetiserverite arv ning kõrgtehnoloogia eksport. Nende andmete täpsemad kirjeldused ja allikad on järgmised:

- 1) **Internetiühendus** – internetiühendus on näitaja, mis iseloomustab mitmel protsendil kõikidest leibkondadest on ligipääs internetile. Enamasti on kasutatud internetis käimiseks isiklikku arvutit. Ligipääs saadakse erinevate kaabel- või ruuterühenduste kaudu. (OECD, tabel *Intrenet Access*) Mudelis on muutuja nimega INTER_ACC.
- 2) **IKT juurdepääs ja ettevõtete kasutus** – selle näitaja puhul on mõõdetud nende ettevõtete osakaalu, kellel on veebi- või koduleht. Osakaal mõõdetakse nende ettevõtete seas, kus on vähemalt 10 töötajat. (OECD, tabel *ICT Access...*) Mudelis on muutuja nimega BUS_W.

- 3) **Keskkonnatehnoloogia patendid** – kuna praegu on väga olulised teemad seotud just kliima ja keskkonnaga, siis on ka oluline keskkonnaga seotud tehnoloogiaid arendada. Selleks on tähtis ka rahvusvaheline koostöö just teadusuuringute ja tehnoloogia valdkonnas. On oluline, et ettevõtted saaksid üha enam olemasolevaid tehnoloogiaid kasutusele võtta. Et aga ettevõtted sellest teaks, on väga oluline taevitustöö. Tehnoloogiate arendajad otsivad kaitset riikidelt, kuhu nad oma tehnoloogiaid loovad ja turustavad. Sageli tehakse seda mitmes riigis. Patendi andmed on hea innovatsioonimõõdik, kuna need andmed on laialdaselt kättesaadavad, kvantitatiivsed, võrreldavad ja orienteeritud. Kasutatud andmestik on toodud kõikidest patentidest keskkonnatehnoloogia patentide osakaal. (OECD, tabel *Patents on...*) Mudelis on muutuja nimega PATENT_ENV.
- 4) **Turvaliste internetiserverite arv (1 miljoni elaniku kohta)** – selle näitaja puhul on välja toodud *Netcraft Secure Serveri* uuringust leitud eraldiseisvate, avalikult usaldusväärsete TLS / SSL-sertifikaatide arv. Andmestik on toodud välja serverite arv 1 miljoni elaniku kohta. (World Bank, tabel IT.NET.SECR.P6) Autor on mudelis kasutanud näitaja aastast muutust protsentides. Mudelis on muutuja nimega SEC_INT.
- 5) **Kõrgtehnoloogia eksport** – Kõrgtehnoloogia eksport näitab kõrge teadus- ja arendustegevuse intensiivsusega toodete ekspordi. Nende toodete hulka kuuluvad näiteks lennundusseadmed, arvutid, farmaatsiatooted, teadustegevuseks vajalikud seadmed ja elektrimasinad. Andmed on toodud USA dollarites. (World Bank, tabel TX.VAL.TECH.CD) Autor on mudelis kasutanud näitaja aastast muutust protsentides. Mudelis on muutuja nimega HIGHTECH_EX.

Teises sõltumatute muutujuate grupis on andmed, mis nii palju ei kirjelda digitaliseerimist, kuid on autori arvates olulised tootlikkuse näitajad. Nendeks näitajateks on siseriiklikud kulutused teadus- ja arengutegevusele, täiskasvanute haridustase ja inimarengu indeks. Nende andmete täpsemad kirjeldused ja allikad on järgmised:

- 1) **Siseriiklikud kulutused teadus- ja arendustegevusele** – sisemajanduse kogukulutused teadus- ja arendustegevuseks on määratletud kui kogu riigi ettevõtete, uurimisinstituutide, ülikoolide ja valitsuslaborite jms teadus- ja arendustegevuse kogukulud. See hõlmab välismaalt rahastatud teadus- ja arendustegevust, kuid ei hõlma kodumaiseid teadus- ja arendustegevus kulutusi, mis toimuvad väljaspool majandust. Näitaja võrdlusaastaks on 2010 ning näitaja on esitatud protsendina SKPst. (OECD, tabel *Gross domestic...*) Mudelis on muutuja nimega GD_R&D.

- 2) **Täiskasvanute haridustase** – see näitaja vaatleb haridustaset 25–64-aastaste elanike seas. Indikaatorit mõõdetakse protsendina samas vanuses elanikkonnast. Haridustaset mõõdetakse kolmes tasemes. Esimene tase näitab põhiharidusega inimeste osakaalu, teine tase näitab keskharidusega inimeste osakaalu ning kolmas tase näitab kõrgema haridusega inimeste osakaalu protsentides. (OECD, tabel *Adult edu...*) Autor on valinud mudelisse kolmanda taseme haridusega elanike osakaalu. Mudelis on muutuja nimega EDU_ADULT.
- 3) **Inimarengu indeks** – koondindeks, mis mõõdab keskmisi saavutusi inimarengus kolmes põhidimensioonis - pikk ja tervislik elu, teadmised ja inimväärne elatustase. (United Nations Development Programme, tabel *Human Dev...*) Mudelis on muutuja nimega HDI.

Peale andmete valikut koostas autor analüüsitava andmete kohta kirjeldava statistika tabeli. Tulemused on näha Tabelis 2. Kõik kasutatavad andmed on toodud välja lisades (vt Lisas 1).

Tabel 2. Valimit kirjeldav statistika

Muutujad	Keskmine	Mediaan	Standardhälve	Min	Max	Variatsiooni kordaja
GDPPC	87,40	75,40	20,20	63,00	117,00	0,23
GD_R&D	1,82	1,42	1,09	0,44	3,36	0,60
EDU_ADULT	38,60	39,20	3,99	30,20	45,20	0,10
INTER_ACC	83,40	87,00	9,35	64,70	94,70	0,11
BUS_W	80,00	78,10	12,60	55,70	96,30	0,16
PATENT_ENV	12,50	13,10	4,32	3,48	23,90	0,35
HDI	0,68	0,74	0,16	0,39	0,84	0,23
SEC_INT	81,80	41,80	85,00	12,50	307,00	1,04
HIGHTECH_EX	13,96	8,82	18,72	0,05	99,91	1,34

Allikas: OECD, United Nations, Eurostat ja World Bank andmebaasid, autori koostatud tabel

Tabelis 2 on näha, et keskmine SKP hõivatu kohta on analüüsitavas viies riigis olnud viimase kuue aasta jooksul 87,4, mis on madalam kui Euroopa keskmine. Täpsemalt kirjeldas autor seda näitajat ka peatüki alguses. Keskmised kulutused teadus- ja arengutegevusele on olnud 1,82 protsenti (Tabel 2). Kõige kõrgem kulutuste tase on olnud Rootsis, kus 2018. aastal ulatusid kulutused teadus- ja arengutegevusel 3,32 protsendini SKPst. Kõige madalam on olnud näitaja Lätis. 2018. aastal oli näitaja seal ainult 0,64 protsenti SKPst. Kuigi alatest 2013. aastast kulutuste osakaal langes paari aasta jooksul kõikides vaadeldavates riikides, siis alates 2015. aastast on osakaal taas

tõusnud. See näitab, et teadusesse ja arengusse investeerimine on järjest olulisema tähtsusega. (Lisa 1)

Kõrgharitud täiskasvanute osakaal on keskmiselt 38,6 protsenti 25 kuni 64 aastases elanikonnast (Tabel 2). Kõige rohkem on kõrgharitud inimesi Soomes, kus see osakaal ulatus 2018. aastal 45,19 protsendini. Madalaim tulemus on jällegi Lätis, kus kõrgharitud inimeste osakaal jäi 2018. aastal 33,94 protsendi juurde. Eestis oli see näitaja samal ajal 41,13 protsenti. (Lisa 1)

Interneti ligipääsu keskmine protsent on 83,4 (Tabel 2). Aastal 2018 oli see näitaja Eestis, Soomes ja Rootsis üle 90 protsendi. Lätis ja Leedus jäi sama näitaja 80 protsendi kanti. Üsnagi sarnased on tulemused ka ettevõtete seas, kellel on veebi- või koduleht. Rootsis ja Soomes on tulemus kõige kõrgem, vastavalt 92,44 ja 95,64 protsenti. Eesti, Lätis ja Leedus olid samad tulemused vastavalt 78,36, 63 ja 78,15 protsenti. (Lisa 1)

Keskkonnatehnoloogiate patente anti kõige rohkem välja Leedus aastal 2015. Kõikidest patentidest oli just keskkonnatehnoloogia patente 23,87 protsenti. Aastatega on see arv vähenenud, kuigi võiks arvata just vastupidist. Enamasti jääb see näitaja 10 kuni 13 protsendi kanti. Lätis on olnud näitaja enamasti alla 10 protsendi. (*Ibid.*)

Kuigi Läti teiste näitajate poolest on olnud pigema madalamal tasemel, siis inimarengu indeksi poolest oli Läti analüüsitava riikide seas teisel kohal. Tulemuseks oli 2018. aastal 0,76. Esimesel kohal oli Rootsi tulemusega 0,84. Soomes, Eestis ja Leedus on tulemused vastavalt 0,75, 0,66 ja 0,40. (*Ibid.*)

Nii turvaliste internetiserverite arvu ning kõrgtehnoloogia kasvu kohta on toodud aastane kasv. Need näitajad on ka kõige varieeruvamad. Esimese näitaja puhul on kõige kiiremat kasvu aastate jooksul näidanud Läti, kus kasv aastal 2017 oli lausa 300 protsenti. 2016 ja 2017 olid ka teistes vaadeldavates riikides väga kiired kasvuaastad. Näitajad jäid kõikides riikides 100 ja 200 protsendi vahele. Kõrgtehnoloogiate ekspordi poolest on samuti kõige rohke kasvu teinud just Läti. Kasv on olnud keskmiselt 103 protsenti aastas. Teistes riikides on olnud muutus aastate jooksul negatiivne. (*Ibid.*)

2.2. Metoodika

Autor viib analüüsi alguses läbi korrelatsioonanalüüsi, et näha, kuidas valitud tunnused käituvad ühiselt. Korrelatsioonanalüüsi käigus selguvad tunnuste seosed, mida väljendatakse korrelatsioonikordajaga. Peale korrelatsioonanalüüsi koostatakse iga sõltumatu muutujaga eraldi lineaarsed mudelid vähimruutude meetodil. Mudelite abil hinnatakse järjest erinevate muutujate statistilist olulisust ning samuti mõju sõltuvale muutujale. Andmete analüüsimiseks ja mudelite modelleerimiseks kasutati Exceli programmi ja Gretli ökonomeetriapaketti.

Mudelite üldkujud:

$$GDPPC = \beta_I + \beta_1 \times GD_R\&D + u_t$$

$$GDPPC = \beta_{II} + \beta_2 \times EDU_ADULT + u_t$$

$$GDPPC = \beta_{III} + \beta_3 \times INTER_ACC + u_t$$

$$GDPPC = \beta_{IV} + \beta_4 \times BUS_W + u_t$$

$$GDPPC = \beta_V + \beta_5 \times PATENT_ENV + u_t$$

$$GDPPC = \beta_{VI} + \beta_6 \times HDI + u_t$$

$$GDPPC = \beta_{VII} + \beta_7 \times SEC_INT + u_t$$

$$GDPPC = \beta_{VIII} + \beta_8 \times HIGHTECH_EX + u_t$$

GDPPC – SKP hõivatu kohta

GD_R&D – siseriiklikud kulutused teadus- ja arendustegevusele

EDU_ADULT – täiskasvanute haridustase

INTER_ACC – internetiühendus

BUS_W – IKT juurdepääs ja ettevõtete kasutus

PATENT_ENV – keskkonnatehnoloogia patendid

HDI – inimarengu indeks

SEC_INT – turvaliste internetiserverite arv

HIGHTECH_EX – kõrgtehnoloogia eksport

$\beta_I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII$ – vabaliige

$\beta_1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ – koefitsiendid

u – vealiige

t – perioodide arv

Et kõik näitajad alluks normaaljaotusele tehakse ka igale valitud tunnusele normaaljaotuse test. Tunnused, mis ei allu normaaljaotusele logaritmitakse. Samuti tehakse mudelitele ka vajalikud testid. Olulisemad on näiteks normaaljaotuse, heteroskedastiivsuse ja autokorrelatsiooni test. Kuna käesolevas töös ei ole kasutatud klassikalist paneelandmete mudelit, siis autokorrelatsiooni esinemist poleks vaja kontrollida, kuid autor soovis siiski ka need näitajad töös välja tuua.

Autokorrelatsioon näitab seda, et üldkogumi liikmete vahel on korrelatsioon. Autokorrelatsiooni probleem esineb üldiselt aegridades. Peamiselt põhjustavad autokorrelatsiooni näiteks majandusnähtuste arengu inertsus. Kõige sagedamini kasutatakse autokorrelatsiooni hindamiseks Durbin-Watsoni testi. Kriteeriumi väärtused võivad jääda 0 kuni 4 vahele. Kui väärtus on väga väike, siis järelikult on valimi liikmete vahel positiivne autokorrelatsioon, kui aga väga suur, siis on autokorrelatsioon negatiivne ehk autokorrelatsioon puudub. Üldiselt peaks jääma Durbin-Watsoni kriteeriumi väärtus 2 lähedale. (Paas 1995, 208-214)

Heteroskedastiivsus tähendab, et juhuslike liikmete dispersioonid ei ole konstantsed ning sõltuvad eksogeensetest muutujatest. Majandusmudelites on heteroskedastiivsuse kontroll väga oluline, kuna vastasel juhul võib regressioonmudelit valesti hinnata. Väga sageli testitakse heteroskedastiivsust graafilisel viisil. Selline viis on lihtne ja sobib paremini väikeste andmestike korral. (*Ibid.*, 216-223) Käesolevas töös kasutatakse heteroskedastiivsuse testimiseks White'i testi.

Kuna käesolevas töös on kasutatud paneelandmeid, mis sisaldavad aegridu, siis oleks üldjuhul vaja kontrollida ka statsionaarsust. Paneelandmete korral kehtib statsionaarsuse kontrollimise olulisus siis, kui aegread on pikad. (Baltagi 2005) Kuna käesolevas töös on objektide arv 5 ja perioodide arv 6 ning väikese valimi korral võivad statsionaarsuse analüüsi tulemused anda valed vastused, siis antud töös kasutatud andmete puhul ei ole statsionaarsust kontrollitud.

2.3. Analüüs

Kuna peatükis 2.1 olevas tabelis (vt Tabel 2) on näha, et osade muutujate seas on väga suur varieeruvus, võttis autor vastu otsuse osasid andmeid kasutada mudelis logaritmitud kujul. Selleks viis autor läbi kõikide muutujate seas normaaljaotuse testi. Testide tulemused on toodud lisades (vt Lisa 2). Testidest selgus, et üheksast muutujast kuus ei allunud normaaljaotusele. Nendeks muutujutakse olid GDPPC ($1,53 \cdot 10^{-5}$), GD_RD (0,000538361), INTER_ACC (0,0338655), HDI

($8,67 \cdot 10^{-5}$), SEC_INT ($4,14 \cdot 10^{-5}$) ja HIGHTECH_EX ($1,99 \cdot 10^{-18}$). Nende näitajate puhul võeti mudelisse logaritmitud tulemused.

Peale tulemuste teisendamist koostas autor näitajatest korrelatsioonimaatriksi, et näha, millised seosed näitajate vahel eksisteerivad. Korrelatsioonimaatriks on välja toodud lisades (vt Lisa 3). Kriitiline korrelatsioonikordaja olulisuse nivool 0,05 on 0,3610. Korrelatsioonanalüüsi tulemustes võib näha, et sõltuval muutujal, logaritmitud SKP hõivatu kohta (I_GDPPC), on mitme muutujaga tugev seos. Kõige tugevam on seos logaritmitud sisemajanduse kulutustega teadus- ja arengutegevusele (I_GD_RD). Seose väärtus on 0,9481. Veel on tugev seos ettevõtete IKT kasutusega (BUS_W), mis on 0,9143. Samuti on seos veel tugev interneti ligipääsul (I_INTER_ACC) ja täiskasvanute haridustasemel (EDU_ADULT). Seoste tugevused on vastavalt 0,7588 ja 0,7271. Sellised positiivsed tugevad seosed näitavad, et kui sõltumatute muutujate näitajad kasvavad, siis kasvab ka sõltuvmuutuja ehk antud juhul tootlikkus. Kahel juhul on seos ka negatiivne. Nimelt turvaliste internetiserverite arvul (I_SEC_INT) ning kõrgtehnoloogia ekspordil (I_HIGHTECH_EX) vastavalt -0,2656 ja -0,427. Negatiivsed seosed näitavad, et sõltumatute tunnuste kasv toob kaasa tootlikkuse languse. Analüüsis tuleb välja ka see, et osadel sõltumatutel muutujatel on omavahel tugev seos. Näiteks ettevõtete IKT kasutuse ja logaritmitud sisemajanduse kulutuste teadus- ja arengutegevusele omavaheline seos on 0,929. Hetkel jätab autor siiski mõlemad muutujad analüüsi ning vaatab kuidas käituvad näitajad mudelites. Enamiku näitajate tugev positiivne seose sõltuva muutujaga on ootuspärane. Seoste olemust on ka kinnitanud juba varasemad uuringud. Kahe muutuja negatiivne seos ei olnud ootuspärane, kuna autor eeldas, et kõik muutujad on positiivse seosega.

Esimesena koostab autor lineaarse mudeli, kus sõltuvaks muutujaks on I_GDPPC ja sõltumatuks muutujateks on I_GD_RD. Peale seda koostab autor veel kuus lineaarset mudelit, kus ühe kaupa sõltumatuteks muutujateks on I_INTER_ACC, I_HDI, I_SEC_INT, I_HIGHTECH_EX, EDU_ADULT, BUS_W ja PATENT_ENV. Mudelite tulemused on välja toodud allolevas tabelis (vt Tabel 3). Mudelite täielikud raportid on toodud lisades (vt Lisa 4 kuni Lisa 11).

Tabel 3. Mudelite tulemused

Sõltumatu muutuja	Koefitsient	Standardviga	t-statistik	P-väärtus	Selgitusvõime
I_GD_RD	0,318786	0,0202152	15,77	1,86E-15	89,50%
I_INTER_ACC	1,48353	0,240655	6,165	1,18E-06	56,10%
I_HDI	0,385408	0,141788	2,718	0,0111	18,10%
I_SEC_INT	-0,0624912	0,0428691	-1,458	0,156	3,70%
I_HIGHTECH_EX	-0,0684180	0,027381	-2,499	0,0186	15,30%
EDU_ADULT	0,0414016	0,0073872	5,604	5,33E-06	51,20%
BUS_W	0,016477	0,0013791	11,95	1,65E-12	83,00%
PATENT_ENV	0,0105245	0,0097472	1,08	0,2895	0,56%

Allikas: Autori koostatud tabel Lisas 1 toodud andmete põhjal, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapaketiga

Mudeli, mis kirjeldab siseriiklike kulutuste teadus- ja arengutegevusele (I_GD_RD) mõju tööjõu produktiivsusele, kirjeldatavus on 89,5 protsenti. Muutuja P-väärtus näitab, et näitaja on mudelis statistiliselt oluline. Selline tulemus on ootuspärane, kuna ka korrelatsioonanalüüs näitas, et nende kahe muutuja vahel on tugev seos. Regressioonikordaja näitab, et kui kulutused suurenevad 1 protsendi võrra, siis produktiivsus suureneb 0,32 protsenti. (Tabel 3) White'i testi väärtus esimeses mudelis on 0,470702, mis tähendab, et esineb heteroskedastiivsus. Samuti esineb mudelis autokorrelatsioon. Normaaljaotuse testi väärtus on antud mudelis 0,16353, mis kinnitab nullhüpoteesi. See tähendab, et jääkliikmed alluvad normaaljaotusele. Täpsem mudeli raport on toodud Lisas 4.

Teises mudelis analüüsiti interneti ligipääsetavuse (I_INTER_ACC) mõju tootlikkusele. Mudeli selgitusvõime on 56,1 protsenti. Selline tulemus on samuti ootuspärane, kuna ka selle muutuja puhul näitas korrelatsioonanalüüs tugevat seost sõltuva muutujaga (I_GDPPC). Regressioonikordaja näitab, et kui internetile ligipääsetavus kasvab 1 protsendi võrra, siis produktiivsuse kasv on 1,5 protsenti. (Tabel 3) Ka selles mudelis esineb nii heteroskedastiivsus kui ka autokorrelatsioon. Samuti alluvad jääkliikmed normaaljaotusele. Mudeli raport on toodud Lisas 5.

Ka kolmandas mudelis kasutatav muutuja (I_HDI) on statistiliselt oluline, aga mudeli seletusvõime võrreldes eelmise kahe mudeliga on tunduvalt väiksem. Seletusvõime väärtus on kõigest 18,1 protsenti. Regressioonikordaja näitab, et kui inimarengu indeks (I_HDI) kasvab 1 protsendi võrra, siis tootlikkus kasvab 0,39 protsenti. (Tabel 3) Mudelile tehtud testid näitavad, et

heteroskedastiivsust ei esine. White'i testi väärtuseks on 0,00603139. Küll aga ei allu jääkliikmed normaaljaotusele ning esineb autokorrelatsioon. Mudeli raport on toodu Lisas 6.

Viiendas mudelis analüüsiti kõrgtehnoloogiate ekspordi muutuse (I_HIGHTECH_EX) mõju tootlikkusele. Muutuja on statistiliselt oluline. Mudeli selgitusvõime on üpris nõrk. Selgitusvõime väärtus on kõigest 15,3 protsenti. See on ka üks muutujatest, mille regressioonikordaja on negatiivse väärtusega. See tähendab, et kui tehnoloogiate eksport muutub 1 protsendi võrra, siis produktiivsus langeb 0,07 protsenti. (Tabel 3) Autor arvab, et vastassuunalise mõju võib põhjustada näiteks ajaline nihe. Ajaline nihe tähendab seda, et näitaja mõju avaldub hiljem ehk näiteks mõne aasta pärast. Autor proovis mudelis kasutada ka näitajat viivitusega, aga see ei muutnud tulemust. Autori arvates võib vastassuunalise seose luua ka see, kui eksporditavaid tehnoloogiaid lihtsalt eksportööriis ei kasutada. See tähendab, et ka need tehnoloogiad ei saa ka produktiivsust mõjutada. Mudelis esineb nii heteroskedastiivsus ning autokorrelatsioon. Samuti ei allu jääkliikmed normaaljaotusele. (vt Lisa 7)

Järgmises mudelis analüüsiti, kuidas mõjutab kõrgharitud inimeste osakaal (EDU_ADULT) tootlikkust. Muutuja on P-väärtuse järgi statistiliselt oluline. Mudeli selgitusvõime on 51,2 protsenti. 1 protsendiline kõrgharitud inimeste osakaalu kasv mõjutab tootlikkuse kasvu 0,04 protsendi võrra. (Tabel 3) Mudelis esineb nii heteroskedastiivsus kui ka autokorrelatsioon. Mudel allub normaaljaotusele. (vt Lisa 8)

Seitsmendas mudelis on toodud välja, kuidas mõjutab produktiivsust see, kui palju kasutavad erinevaid IT lahendusi ettevõtted (BUS_W). Muutuja on statistiliselt oluline. Mudeli seletatavus on kõrge – 83 protsenti. Mudel näitab, et kui ettevõtted kasutavad 1 protsendi võrra rohkem IT võimalusi, siis kasvab tootlikkus 0,02 protsenti. (Tabel 3) Mudelis esineb nii heteroskedastiivsus kui ka autokorrelatsioon. Mudel allub normaaljaotusele. (vt Lisa 9)

Neljandas ja kaheksandas mudelis on muutujad, mis pole statistiliselt olulised. Nendeks muutujateks on turvaliste internetiserverite arv (I_SEC_INT) ning keskkonnatehnoloogiate patentide osakaal (PATENT_ENV). Mõlema mudeli tulemused on Tabelis 3 märgitud paksu kirjaga. Mudelite täpsemad raportid on toodud Lisas 10 ja Lisas 11.

3. ANALÜÜSI JÄRELDUSED

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks oli välja selgitada kas ja kuidas mõjutab digitaliseerimine tööjõu tootlikkust. Töös tehti läbi empiiriline analüüs, mille tulemusena loodi paarisregressiooni mudelid iga muutujaga eraldi. Mudelitesse valiti kaheksa tootlikkust mõjutavat muutajat, millest statistiliselt oluliseks osutusid kuus näitajat. Nendeks näitajateks olid logaritmitud näitaja siseriiklikest kulutustest teaduse- ja arengutegevusele, logaritmitud näitaja internetile ligipääsetavusest, logaritmitud inimarengu indeks, logaritmitud kõrgtehnoloogia ekspordi taseme muutus, kõrgharidusega inimeste osakaal ja ettevõtete seas IKT kasutus.

Lõplikud mudelid:

$$1_GDPPC = 4,32 + 0,32 \times 1_GD_R\&D + u_t$$

(0,02) (0,02)

$$1_GDPPC = 2,85 + 0,04 \times EDU_ADULT + u_t$$

(0,29) (0,007)

$$1_GDPPC = -2,11 + 1,48 \times 1_INTER_ACC + u_t$$

(1,06) (0,24)

$$1_GDPPC = 3,13 + 0,02 \times BUS_W + u_t$$

(0,11) (0,001)

$$1_GDPPC = 4,61 + 0,39 \times 1_HDI + u_t$$

(0,07) (0,14)

$$1_GDPPC = 4,58 + (-0,07) \times HIGHTECH_EX + u_t$$

(0,07) (0,03)

GDPPC – SKP hõivatu kohta

GD_R&D – siseriiklikud kulutused teadus- ja arendustegevusele

EDU_ADULT – täiskasvanute haridustase

INTER_ACC – internetiühendus

BUS_W – IKT juurdepääs ja ettevõtete kasutus

HDI – inimarengu indeks

HIGHTECH_EX – kõrgtehnoloogia eksport

u – vealiige

t – perioodide arv

Heteroskedastiivsus esines kõikides mudelites peale selle mudeli, kus analüüsiti inimarengu indeksi mõju töajõu tootlikkusele. Normaaljaotusele allusid nelja mudeli jääkliikmed. Näitajad, mille jääkliikmed normaaljaotusele allusid olid `1_GD_RD`, `1_INTER_ACC`, `EDU_ADULT`, `BUS_W`. Nende muutujate mudelitel oli ka kõrgem selgitusvõime. Nendes mudelites oli selgitusvõime kõrgem kui 50 protsenti.

Mudelitest sai välja lugeda, et kõige suurema positiivse mõjuga näitajad on internetile juurdepääs, kulutused teadus- ja arengutegevusele ning inimarengu indeks. Kui interneti juurdepääs kasvab 1 protsendi võrra, kasvab tootlikkus 1,48 protsenti. Kui HDI kasvab 1 protsendi võrra, kasvab tootlikkus 0,38 protsenti. Kui aga kulutused teadus- ja arengutegevusele kasvavad 1 protsendi võrra, siis kasvab tootlikkus 0,32 protsenti. Näitajad on seotud nii tehnoloogia arenguga kui ka inimkapitaliga. Need näitajad on ka Solow kasvumudelil olulised.

Analüüs andis kinnituse ühele autori püstitatud hüpoteesile ja andis vastuse kahele uurimisküsimusele. Kinnituse sai hüpotees, et digitaliseerimine kasvatab tootlikkust. Samuti saab vastata küsimusele, kas digitaliseerimine mõjub tootlikkusele positiivselt või negatiivselt. Töajõu tootlikkusele on digitaliseerimine mõjunud positiivselt. Kuna mudelis on kõrgtehnoloogiate ekspordi osakaalu muutuja negatiivse seosega, siis otsustas autor, et see tulemus võib olla tingitud kas viitajast, või sellest, et tehnoloogiaid mida eksporditakse, lihtsalt ei kasutata eksportööriis nii palju, et see võiks tootlikkust mõjutada. Kui analüüsida siseriiklike kulutusi teadus- ja arengutegevusele, siis on näha, et riigid investeerivad innovatsiooni üha enam. Kaks näitajat osutusid mudelites statistiliselt mitteolulisteks. Nendeks näitajateks olid `1_SEC_INT` ja `PATENT_ENV`. Statistiline olulisus näitab seda, milline on tõenäosus, et mõju sõltuvale muutujale on saadud juhuslikult. Mida väiksem on P-väärtus, seda kindlam on, et tulemus ei ole saadud juhuslikult. Tulemuse statistiline olulisus sõltub üldiselt kahest tegurist: valimi maht ja mõju suurus. (Viltrop 2021) Autor arvab, et praegusel juhul on statistiline mitteolulisus tingitud just sellest, et valimi maht oli väike.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas mõjutab digitaliseerimine töajõu tootlikkust. Tootlikkust iseloomustavaks tunnuseks oli autor valinud SKP hõivatu kohta. Seda mõjutavateks teguriteks olid valitud järgmised näitajad: internetiühenduse ligipääs, ettevõtted, kellel on veebi- või koduleht, keskkonnatehnoloogiate patendid, turvaliste internetiserverite arv, kõrgtehnoloogia eksport, siseriiklikud kulutused teadus- ja arengutegevusele, täiskasvanute haridustase ja inimarengu indeks. Statistiliselt olulisteks muutujutakes jäid logaritmitud näitaja siseriiklikest kulutustest teadus- ja arengutegevusele, logaritmitud näitaja internetile ligipääsetavusest, logaritmitud inimarengu indeks, logaritmitud kõrgtehnoloogia ekspordi taseme muutus, kõrgharidusega inimeste osakaal ja ettevõtete seas IKT kasutus. Autor analüüsis Eesti, Soome, Läti, Leedu ja Rootsi näitajaid aastatel 2013 – 2018.

Empiirilise analüüsi käigus selgus, et kõige rohkem mõjutab tootlikkust internetile ligipääsetavus. 1 protsendiline kasv muutujas toob kaasa 1,48 protsendilise tootlikkuse kasvu. Teine tugevam mõjutaja oli inimarengu indeks. 1 protsendiline indeksi kasv parandab tootlikkust 0,39 protsenti. Veel oli tootlikkusele tugevam mõju kulutustel teadus- ja arengutegevustele. 1 protsendiline kulutuste kasv toob kaasa 0,32 protsendilise tootlikkuse kasvu. Ühe näitaja puhul oli mõju negatiivne. Selleks näitajaks oli kõrgtehnoloogiate eksport. Autor arvab, et negatiivse seose põhjustab ajalise viite võimalus. Ehk mõju tootlikkusele on selle näitaja puhul alles mõne aasta pärast. Samuti võib olla vastassuunalise seose põhjuseks see, et tehnoloogiaid, mida eksporditakse, lihtsalt ei kasutata eksportöörriigis. Esialgsetest muutujatest statistiliselt mitteoluliseks osutus kaks näitajat. Nendeks on turvaliste internetiserverite arv ja keskkonnatehnoloogiate patentide osakaal. Autor usub, et antud töö käigus osutusid muutujad statistiliselt mitteoluliseks kuna valimi maht on väike.

Varasematest uuringutest selgus, et sellistes analüüsides on väga oluline valida näitajateks nii digitaliseerimisega kui ka inimkapitaliga seotud näitajaid. Statistiliselt olulised mudelid andsid kinnituse, et see nii on. Teoreetiliste raamistike ja varasemate uuringute analüüsis selgus ka, et digitaliseerimisel on väga suur roll tootlikkuse mõjutamisele ja see kasvas järsult just Covid-19

pandeemiaga. Kuigi digilahendused annavad meile väga palju uusi võimalusi, toob see kaasa üsna suuri muutusi töajõuturul. Ohus on tööstussektori töökohad, mida on võimalik robotite ja masinatega asendada (Novakova 2020). Samuti on pigem ohus nende inimeste tööd, kes on vähem haritud ja töötavad madalama palgaga ametikohtadel (Vasilescu *et al.* 2020).

Empiirilise analüüsi ja teoreetiliste aspektide analüüs kinnitas mõlemat autori püstitatud hüpoteesi. Esimeses hüpoteesis väitis autor, et digitaliseerimine kasvatab tootlikkust. Seda kinnitavad mudeli muutujate positiivsed seosed ning ka varasemad uuringud. Näiteks Jeske, Würfels ja Lennings (2021) uurisid, kuidas näevad ettevõtted produktiivsuse kasvu seoses tehnoloogiate suurema kasutusega tulevikus. Küsitluses selgus, et ettevõtjad ootavad tehnoloogiate mõjul aastaks 2027 38 protsendilist produktiivsuse kasvu. Teises hüpoteesis väitis autor, et digitaliseerimine toob kaasa muudatused töajõuturul. Seda väidet kinnitavad varasemad tööturu uuringud näiteks Slovakkias ning uuring, kus tõestati, et digitaliseerimine mõjutab just vähem haritud ja madala palgaga inimesi. Novakova (2020) analüüsis Slovakkia tööstusettevõtteid ning tulemustest selgus, et lausa 33 protsendil kõikidest töökohtadest on oht automatiseerimisele. Mis digitaliseerimise kasvu veel soodustab, on see, et mida aeg edasi, seda odavamaks lähevad erinevad tehnoloogiad, ja seda kallimaks muutub töajõud.

Käesoleva töö käigus leidis autor vastused ka püstitatud uurimisküsimustele. Küsimused, millele autor soovis selle töö käigus vastuseid leida olid:

- 1) Kas digitaliseerimine mõjub tööjõu tootlikkusele positiivselt või negatiivselt?
- 2) Milliseid töökohti digitaliseerimine ohustab?
- 3) Kuidas on muutunud Euroopa riikide investeringud tehnoloogiasse?
- 4) Kuidas on mõjutanud Covid-19 viiruskriis digitaliseerimist?

Esimesele küsimusele leidis autor vastuse nii mudelite koostamise kui ka varasemate uuringute analüüsimisel. Paarisregressiooni mudelid, mille autor koostas, näitavad et digitaliseerimine mõjutab tootlikkust positiivselt. Seda kinnitavad ka varasemalt tehtud uuringud.

Teisele küsimusele andis vastuse varasemate uuringute analüüs. Kõige rohkem mõjutab digitaliseerimine tööstusettevõtete nii-öelda lihttöid, kus peamiselt töötavad madalama haridustasemega inimesed. Samuti mõjutab digitaliseerimine kõige enam neid inimesi, kes on rahalistes raskustes. Digitaliseerimine loob tulevikus juurde töökohti spetsialistidele ning pigem

kõrgemapalgalistele inimestele. Selleks, et digipööre võimalikult valutult mööduks, tuleb nii ettevõtteid kui ka inimesi harida tehnoloogiliste võimaluste kohapealt.

Kolmandale ja neljandale küsimusele andis vastuse lähteandete ning riikide arengukavade analüüs. Mudeli modelleerimisel tehtud andmete analüüsis selgus, et riigid panustavad üha enam digitaliseerimise soodustamisele ning ka Euroopa Komisjon ning OECD on teinud sellekohased soovitused ja ettekirjutused. Eriti oluliseks muutus digitehnoloogiate kasutuselevõtt koroonapandeemia tulekuga. Meie eludes pole kunagi digilahendused nii suurt rolli mänginud kui praegu. Selle tõttu andis pandeemia digitaliseerimisele kindlasti kõvasti hoogu juurde. Seda tõestavad ka erinevad OECD analüüsid ja ka Eesti oma arengukava.

Tulevastes uuringutes soovib autor kindlasti uurida just koroonamõju digitaliseerimisele. Autor usub, et paari aasta pärast uuringuid tehes on digipöörde punkt praeguses ajas konkreetselt näha. Samuti saaks tulevastes uuringutes veel enam digitaliseerimisega seotud andmeid mudelisse võtta ning samuti näitajaid, mis iseloomustaks rohkem ka inimkapitali poolt. Veel võiks teha analüüsi näiteks teiste geograafiliste asukohtade kohta.

SUMMARY

THE IMPACT OF DIGITALISATION ON LABOR PRODUCTIVITY ON EXAMPLE OF BALTIC STATES AND NORDIC COUNTRIES

Geret Perv

The purpose of this bachelor's work was to find out how digitalisation affects labour productivity. The author chose GDP per employee as a measure of productivity. The following indicators were selected as affecting factors: internet access, companies' usage of ICT, patents for environmental technologies, the number of secure internet servers, high-tech export, domestic spending on research and development, adult education level and human development index. Statistically significant variables were the logarithmic indicator of national expenditure on research and development, internet access, human development index and high-tech export. Also the adult education level and the use of ICT among enterprises were statistically significant. The author analysed the figures for Estonia, Finland, Latvia, Lithuania and Sweden in 2013–2018.

The empirical analysis revealed that internet accessibility has the strongest impact on productivity. An increase of 1 per cent in the variable leads to an increase in productivity of 1,48 percent. Another strong influence was the human development index. A 1 percent increase in the index improves productivity by 0,39 percent. Spending on research and development activities also have a strong impact on productivity. A 1 percent increase in spending leads to a 0,32 percent increase in productivity. For one of the indicators, the export of high-tech, the effect was negative. The author proposes that the negative relationship is caused by time lag. Perhaps the impact on productivity will not be visible until a few years from now. The opposite link may also be due to the fact that the technologies exported are simply not used in the exporting country. Two indicators proved to be statistically insignificant. These include the number of secure internet servers and the proportion of patents for environmental technologies. The author believes that in the course of this work, the changes turned out to be statistically insignificant because the sample size is small.

Previous studies have shown that in such analyses it is very important to select both digitalisation and human capital indicators. The final models confirmed that importance. The analysis of theoretical frameworks and previous studies also showed that digitalisation plays a very important role in influencing productivity and it has grown sharply because of the corona pandemic. Although digital solutions give us a great deal of new opportunities, they also bring about many changes in the labour market. Jobs in the industrial sector, which are possible to replace with robots and machines, are at risk (Novakova 2020). The jobs of people who are less educated and work in lower-paid positions are also at risk (Vasilescu *et al.*)

An empirical analysis and theoretical aspects confirmed both hypotheses set by the author. In the first hypothesis, the author stated that digitalisation increases productivity. This is confirmed by the positive relationships between the model variables, as well as by previous studies. For example, Jeske, Würfels and Lennings (2021) explored how companies see productivity gains as a result of increased adoption of technology in the future. The survey found that businesses expect productivity growth of 38 percent by 2027. In the second hypothesis, the author stated that digitalisation leads to changes in the labour market. This argument is confirmed by previous labour market survey in Slovakia. The study proved that digitalisation affects less educated and lower-paid people. Novakova (2020) analysed the Slovakian industrial sector and concluded that as many as 33 percent of all jobs are at risk of automation. What is still conducive to the growth of digitalisation as more time goes on, technologies will become cheaper and the cost of labour will be more expensive.

In the course of this work, the author also found answers to the research questions. The questions were:

- 1) Does digitalisation have a positive or negative effect on labour productivity?
- 2) Which jobs are threatened by digitalisation?
- 3) How have investments in technology changed in European countries?
- 4) How has Covid-19 affected digitalisation?

To the first question, the author found an answer both in the preparation of the models and in the analysis of previous studies. The models compiled by the author show that digitalisation has a positive effect on productivity.

The second question was answered by an analysis of previous studies. Digitalisation has the greatest impact on the so-called simple jobs of an industrial enterprise, where people with a lower level of education mainly work. Digitalisation also has the impact on people who are struggling with money. Digitalisation will create more jobs for specialists in the future and rather for higher-paid people. To be ready for digital revolution, countries have to educate both the companies and the people about new technologies and digital skills.

The third and fourth questions were answered by data analyses and analyses of countries development plans. An analysis of the data revealed that countries are increasingly contributing to digitalisation. European Commission and the OECD have also made recommendations accordingly. The introduction of digital technologies has become particularly important with the corona pandemic. Digital solutions have never played such a big of a role in our lives as they do today. Because of this, the pandemic certainly gave a big boost to digitalisation. This is also proved by various OECD analyses and also by Estonia's own development plan.

For future research, the author recommends analyses of the effects of the Covid-19 pandemic on digitalisation. The author believes that in a few years the effects will be concretely visible. In future studies, even more data related to digitalisation can be included in the model, as well as indicators that are more representative of human capital. An analysis could also be made of other geographical locations.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Arenguseire Keskus (2020). Viiruskriisi mõju Eesti majandusele. Stsenaariumid aastani 2030. Kokkuvõte. Tallinn: Arenguseire Keskus. Kättesaadav: https://www.riigikogu.ee/wpcms/wp-content/uploads/2021/01/2020_covid-19_viiruskriisi_moju_Eesti_majandusele_kokkuvote.pdf, 6. aprill 2021.
- Balsmeier, B., Woerter, M. (2019). Is this time different? How digitalization influences job creation and destruction. *Research Policy*, Vol 48 (8)
- Baltagi, B., H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (3rd ed.). Chichester, West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Ettevõtlike Arendamise Sihtasutus, 2021. Digitaliseerimise teekaardi toetus. Kättesaadav: <https://www.eas.ee/teenus/digiteekaart/>, 6. aprill 2021.
- Euroopa Komisjon (2020). Digital Economy and Society Index. Kättesaadav: [https://digital-agenda-data.eu/charts/desi-composite#chart={%22indicator%22:%22desi_sliders%22,%22breakdown%22:{%22desi_1_conn%22:5,%22desi_2_hc%22:5,%22desi_3_ui%22:3,%22desi_4_idt%22:4,%22desi_5_dps%22:3},%22unit-measure%22:%22pc_desi_sliders%22,%22time-period%22:%222020%22}](https://digital-agenda-data.eu/charts/desi-composite#chart={%22indicator%22:%22desi_sliders%22,%22breakdown%22:{%22desi_1_conn%22:5,%22desi_2_hc%22:5,%22desi_3_ui%22:3,%22desi_4_idt%22:4,%22desi_5_dps%22:3},%22unit-measure%22:%22pc_desi_sliders%22,%22time-period%22:%222020%22},), 6. aprill 2021.
- Euroopa Komisjon (2020). Digital Economy and Society Index (DESI) 2020: Estonia. Kättesaadav: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-estonia>, 4. mai 2021.
- Euroopa Komisjon (2020). Digital Economy and Society Index (DESI) 2020: Finland. Kättesaadav: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-finland>, 4. mai 2021.
- Euroopa Komisjon (2020). Digital Economy and Society Index (DESI) 2020: Thematic chapters. Kättesaadav: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>, 4. mai 2021.
- Euroopa Komisjon (2021). Digital technologies - actions in response to coronavirus pandemic. Kättesaadav: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/content/digital-technologies-actions-response-coronavirus-pandemic>, 13. aprill 2021.
- Eurostat (2021). TEC00116: Nominal labour productivity per person employed (ESA 2010) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tec00116/default/table?lang=en>, 11. aprill 2021.
- Feng, F. (2016). The Effects of Tianjin's Openness on Economic Development in Beijing-Tianjin-Hebei Region Based on Extended Solow Model. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(3), 1151-1154.

- Gal, P., Nicoletti, G., von Riiden, C., Sorbe, S., Renault, T. (2019). Digitalization and Productivity: In Search of the Holy Grail - Firm-level Empirical Evidence from European Countries. *International productivity monitor*, Issue 37, 39-71.
- Investopedia (2020). Labor Productivity. Kättesaadav: <https://www.investopedia.com/terms/l/labor-productivity.asp>, 26. aprill 2021
- Isaksson, A., J., Harjunkoski, I., Sand, G. (2018). The impact of digitalization on the future of control and operations. *Computers & Chemical Engineering*. Vol 114, 122-129.
- Jeske, T., Würfels, M., Lennings, F. (2021). Development of Digitalization in Production Industry – Impact on Productivity, Management and Human Work. *Procedia computer science*, Vol.180, 371-380.
- Kulikov, A., Kulikov, D., Radin, M. (2019). Periodic cycles in the Solow model with a delay effect. *Mathematical modelling and analysis*, Vol.24, No 2, 297-310.
- Mankiw, N.G., Romer, D., Weil, D.N. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. – *The Quarterly Journal of Economics*, May, 409.
- Novakova, L. (2020). The impact of technology development on the future of the labour market in the Slovak Republic, *Technology in Society*, Vol 62.
- Oldham, G., R., Da Silva, N. (2015). The impact of digital technology on the generation and implementation of creative ideas in the workplace. *Computers in Human Behavior*, Vol 24, 5-11.
- OECD (2016). Defining and measuring productivity. Kättesaadav: <https://www.oecd.org/sdd/productivity-stats/40526851.pdf>, 24. aprill 2021.
- OECD (2019). OECD Economic Outlook. Kättesaadav: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/5713bd7d-en/index.html?itemId=/content/component/5713bd7d-en>, 4. mai 2021.
- OECD, (2020). OECD Digital Economy Outlook, OECD Publishing, Paris. Kättesaadav: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/bb167041-en/index.html?itemId=/content/publication/bb167041-en&_csp_=509e10cb8ea8559b6f9cc53015e8814d&itemIGO=oecd&itemContentType=book, 6.aprill 2021.
- OECD (2021). Adult education level [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://data.oecd.org/eduatt/adult-education-level.htm>, 11. aprill 2021.
- OECD (2021). Gross domestic spending on R&D [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>, 11. aprill 2021.
- OECD (2021). ICT Access and Usage by Businesses [E-andmebaas]. Kättesaadav: https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=ICT_BUS&lang=en, 11. aprill 2021.

- OECD (2021). Internet Access [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://data.oecd.org/ict/internet-access.htm>, 11. aprill 2021.
- OECD (2021). Patents on environment technologies [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://data.oecd.org/envpolicy/patents-on-environment-technologies.htm>, 11 aprill 2021.
- Paas, T. (1995). Sissejuhatus Ökonomeetriasse. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- United Nations Development Programme (2021) [Online]. Human Development Index (HDI). Kättesaadav: <http://hdr.undp.org/en/indicators/137506#>, 11. aprill 2021.
- Vasilescu, M., D., Serban, A., C., Dimian, G., C., Aceleanu, M., I., Picatoste, X. (2020). Digital divide, skills and perceptions on digitalisation in the European Union—Towards a smart labour market. PLoS One, 15(4).
- Viltrop, A. Statistiline olulisus valimivõtt ja valimimaht. 7 peatükk. Kättesaadav: http://www.eau.ee/~viltrop/7.Stat_Valim.pdf, 5. mai 2021.
- World Bank (2021). IT.NET.SECR.P6: Secure Internet servers (per 1 million people) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.SECR.P6>, 11. aprill 2021.
- World Bank (2021). TX.VAL.TECH.CD: High-technology exports (current US\$) [E-andmebaas]. Kättesaadav: <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.TECH.CD>, 11. aprill 2021.

LISAD

Lisa 1. Kasutatud andmed

Riik	Aasta	GDPPC	GD_R&D	EDU_ADULT	INTER_ACC	BUS_W	PATENT_ENV	HDI	SEC_INT	HIGHTECH_EX
EST	2013	74,00	1,71	37,35	79,31	75,74	6,12	0,65	28,51	8,06
EST	2014	75,60	1,42	37,50	82,90	77,56	18,50	0,65	35,99	6,39
EST	2015	72,50	1,46	38,03	87,73	79,73	17,58	0,66	42,19	24,20
EST	2016	73,90	1,23	38,76	86,19	77,93	16,25	0,66	245,65	2,59
EST	2017	74,60	1,28	39,66	88,27	78,09	15,00	0,66	170,07	12,46
EST	2018	76,80	1,41	41,13	90,47	78,36	12,33	0,66	67,84	99,91
FIN	2013	108,50	3,27	40,55	89,24	93,64	13,84	0,74	14,52	14,24
FIN	2014	107,90	3,15	41,78	89,83	95,10	14,74	0,74	19,14	8,70
FIN	2015	107,70	2,87	42,74	89,93	95,20	13,15	0,74	12,84	16,69
FIN	2016	108,30	2,72	43,60	91,95	95,33	13,09	0,75	110,04	6,69
FIN	2017	109,70	2,73	44,30	94,42	96,28	12,64	0,75	213,04	11,05
FIN	2018	108,50	2,75	45,19	94,28	95,64	12,52	0,75	52,30	2,50

Lisa 1 järg

LTU	2013	74,40	0,95	35,20	64,73	75,20	11,64	0,39	41,45	11,39
LTU	2014	74,70	1,03	36,67	65,97	74,53	7,20	0,40	18,34	9,76
LTU	2015	72,90	1,04	38,72	68,26	77,28	23,87	0,40	57,41	8,25
LTU	2016	71,90	0,84	39,73	71,75	77,03	12,33	0,39	269,35	2,24
LTU	2017	75,20	0,90	40,27	74,97	78,03	10,02	0,40	198,30	18,06
LTU	2018	76,60	0,94	41,65	78,38	78,15	12,99	0,40	39,89	8,56
LVA	2013	63,00	0,61	31,01	71,60	55,66	16,94	0,74	26,68	39,29
LVA	2014	64,70	0,69	30,23	73,38	55,86	14,51	0,75	28,76	22,82
LVA	2015	64,80	0,62	31,59	76,00	58,95	5,92	0,76	43,49	2,86
LVA	2016	65,60	0,44	33,36	77,34	63,49	5,25	0,76	123,84	6,81
LVA	2017	67,40	0,51	33,88	78,61	62,93	6,34	0,76	306,61	17,43
LVA	2018	68,60	0,64	33,94	81,58	63,00	3,48	0,76	21,39	33,16
SWE	2013	116,10	3,26	37,03	92,59	88,93	13,43	0,84	12,46	1,53
SWE	2014	115,40	3,10	38,70	89,57	89,16	14,14	0,84	17,03	2,02
SWE	2015	116,90	3,22	39,79	91,03	90,35	13,48	0,84	33,64	11,36
SWE	2016	113,60	3,25	41,14	93,80	89,74	13,62	0,84	47,48	0,67
SWE	2017	111,70	3,36	41,94	94,73	91,18	13,44	0,84	119,45	8,93
SWE	2018	111,00	3,32	43,25	93,42	92,44	11,72	0,84	36,63	0,05

Allikas: OECD, United Nations, Eurostat ja World Bank andmebaasid, autori arvutused

Lisa 2. Normaaljaotuse testi tulemused

Muutuja	Doornik-Hanseni test
GDPPC	$1,53 \cdot 10^{-5}$
GD_RD	0,000538361
EDU_ADULT	0,297432
INTER_ACC	0,0338655
BUS_W	0,197742
PATENT_ENV	0,210638
HDI	$8,67 \cdot 10^{-5}$
SEC_INT	$4,14 \cdot 10^{-5}$
HIGHTECH_EX	$1,99 \cdot 10^{-18}$

Allikas: Autori koostatud tabel, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettig

Lisa 3. Korrelatsiooni maatriks

I_GDPPC	I_GD_RD	I_INTER_AC C	I_HDI	I_SEC_IN T	I_HIGHTECH_E X	EDU_ADUL T	BUS_ W	PATENT_EN V	
1	0,9481	0,7588	0,456 9	-0,2656	-0,427	0,7271	0,9143	0,1999	I_GDPPC
	1	0,7717	0,420 2	-0,3117	-0,3874	0,7532	0,929	0,3276	I_GD_RD
		1	0,729 4	-0,0361	-0,2675	0,6389	0,7098	0,1288	I_INTER_ACC
			1	-0,1958	-0,1831	0,0164	0,2038	-0,0933	I_HDI
				1	0,0192	0,1336	-0,1153	-0,0546	I_SEC_INT
					1	-0,2888	-0,3592	-0,0183	I_HIGHTECH_E X
						1	0,9069	0,2723	EDU_ADULT
							1	0,3065	BUS_W
								1	PATENT_ENV

Allikas: Autori koostatud tabel, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 4. Kulutuste teaduse- ja arengutegevusele mudeli raport

Model 11: Pooled OLS, using 30 observations
 Included 5 cross-sectional units
 Time-series length = 6
 Dependent variable: l_GDPPC

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	4,31872	0,0156575	275,8	<0,0001 ***
l_GD_RD	0,318786	0,0202152	15,77	<0,0001 ***
Mean dependent var	4,445361	S.D. dependent var		0,227397
Sum squared resid	0,151756	S.E. of regression		0,073620
R-squared	0,898800	Adjusted R-squared		0,895186
F(1, 28)	248,6799	P-value(F)		1,86e-15
Log-likelihood	36,73198	Akaike criterion		-69,46397
Schwarz criterion	-66,66157	Hannan-Quinn		-68,56746
rho	0,753936	Durbin-Watson		0,284618

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic: LM = 1,50706

with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 1,50706) = 0,470702$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 3,62156

with p-value = 0,163527

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -

Null hypothesis: No first-order autocorrelation ($\rho = 0$)

Test statistic: $t(4) = 13,7642$

with p-value = $P(|t| > 13,7642) = 0,000161442$

Allikas: Autori koostatud andmestik, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 5. Internetile ligipääsetavuse mudeli raport

Model 12: Pooled OLS, using 30 observations
 Included 5 cross-sectional units
 Time-series length = 6
 Dependent variable: l_GDPPC

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	-2,10790	1,06342	-1,982	0,0573 *
l_INTER_ACC	1,48353	0,240655	6,165	<0,0001 ***
Mean dependent var	4,445361	S.D. dependent var		0,227397
Sum squared resid	0,636167	S.E. of regression		0,150732
R-squared	0,575767	Adjusted R-squared		0,560616
F(1, 28)	38,00143	P-value(F)		1,18e-06
Log-likelihood	15,23421	Akaike criterion		-26,46842
Schwarz criterion	-23,66602	Hannan-Quinn		-25,57191
rho	0,947561	Durbin-Watson		0,080958

White's test for heteroskedasticity -
 Null hypothesis: heteroskedasticity not present
 Test statistic: LM = 0,494359
 with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 0,494359) = 0,781$

Test for normality of residual -
 Null hypothesis: error is normally distributed
 Test statistic: Chi-square(2) = 5,2526
 with p-value = 0,0723457

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -
 Null hypothesis: No first-order autocorrelation ($\rho = 0$)
 Test statistic: $t(4) = 56,1038$
 with p-value = $P(|t| > 56,1038) = 6,04313e-007$

Allikas: Autori koostatud andmestik, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 6. Inimarengu indeksi mudeli raport

Model 13: Pooled OLS, using 30 observations
 Included 5 cross-sectional units
 Time-series length = 6
 Dependent variable: l_GDPPC

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	4,60675	0,0702697	65,56	<0,0001 ***
l_HDI	0,385408	0,141788	2,718	0,0111 **
Mean dependent var	4,445361	S.D. dependent var		0,227397
Sum squared resid	1,186484	S.E. of regression		0,205850
R-squared	0,208784	Adjusted R-squared		0,180526
F(1, 28)	7,388565	P-value(F)		0,011136
Log-likelihood	5,884896	Akaike criterion		-7,769791
Schwarz criterion	-4,967397	Hannan-Quinn		-6,873281
rho	0,960733	Durbin-Watson		0,007625

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic: LM = 10,2216

with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 10,2216) = 0,00603139$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 10,6329

with p-value = 0,00491021

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -

Null hypothesis: No first-order autocorrelation ($\rho = 0$)

Test statistic: $t(4) = 183,236$

with p-value = $P(|t| > 183,236) = 5,32133e-009$

Allikas: Autori koostatud andmestik, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 7. Kõrgtehnoloogiate ekspordi mudeli raporti

Model 15: Pooled OLS, using 30 observations
 Included 5 cross-sectional units
 Time-series length = 6
 Dependent variable: l_GDPPC

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	4,58022	0,0661238	69,27	<0,0001 ***
l_HIGHTECH_EX	-0,0684180	0,0273810	-2,499	0,0186 **
Mean dependent var	4,445361	S.D. dependent var		0,227397
Sum squared resid	1,226151	S.E. of regression		0,209263
R-squared	0,182332	Adjusted R-squared		0,153129
F(1, 28)	6,243715	P-value(F)		0,018605
Log-likelihood	5,391610	Akaike criterion		-6,783220
Schwarz criterion	-3,980825	Hannan-Quinn		-5,886710
rho	0,855474	Durbin-Watson		0,214181

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic: LM = 3,91921

with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 3,91921) = 0,140914$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 7,17887

with p-value = 0,0276139

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -

Null hypothesis: No first-order autocorrelation ($\rho = 0$)

Test statistic: $t(4) = 12,6749$

with p-value = $P(|t| > 12,6749) = 0,000223135$

Allikas: Autori koostatud andmestik, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 8. Kõrgharitud inimeste osakaalu mudeli raport

Model 16: Pooled OLS, using 30 observations
 Included 5 cross-sectional units
 Time-series length = 6
 Dependent variable: l_GDPPC

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	2,84630	0,286788	9,925	<0,0001 ***
EDU_ADULT	0,0414016	0,00738722	5,604	<0,0001 ***
Mean dependent var	4,445361	S.D. dependent var		0,227397
Sum squared resid	0,706745	S.E. of regression		0,158874
R-squared	0,528702	Adjusted R-squared		0,511870
F(1, 28)	31,41035	P-value(F)		5,33e-06
Log-likelihood	13,65609	Akaike criterion		-23,31218
Schwarz criterion	-20,50979	Hannan-Quinn		-22,41567
rho	0,897465	Durbin-Watson		0,087268

White's test for heteroskedasticity -
 Null hypothesis: heteroskedasticity not present
 Test statistic: LM = 6,6335
 with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 6,6335) = 0,0362705$

Test for normality of residual -
 Null hypothesis: error is normally distributed
 Test statistic: Chi-square(2) = 1,96206
 with p-value = 0,374925

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -
 Null hypothesis: No first-order autocorrelation ($\rho = 0$)
 Test statistic: $t(4) = 83,1805$
 with p-value = $P(|t| > 83,1805) = 1,25212e-007$

Allikas: Autori koostatud andmestik, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 9. IKT kasutatavus ettevõtete seas mudeli raport

Model 17: Pooled OLS, using 30 observations
 Included 5 cross-sectional units
 Time-series length = 6
 Dependent variable: l_GDPPC

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	3,12693	0,111666	28,00	<0,0001 ***
BUS_W	0,0164770	0,00137906	11,95	<0,0001 ***
Mean dependent var	4,445361	S.D. dependent var		0,227397
Sum squared resid	0,245896	S.E. of regression		0,093712
R-squared	0,836022	Adjusted R-squared		0,830166
F(1, 28)	142,7547	P-value(F)		1,65e-12
Log-likelihood	29,49248	Akaike criterion		-54,98497
Schwarz criterion	-52,18257	Hannan-Quinn		-54,08846
rho	0,890103	Durbin-Watson		0,109406

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic: LM = 2,08016

with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 2,08016) = 0,353426$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 2,85234

with p-value = 0,240227

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -

Null hypothesis: No first-order autocorrelation ($\rho = 0$)

Test statistic: $t(4) = 32,4508$

with p-value = $P(|t| > 32,4508) = 5,37655e-006$

Allikas: Autori koostatud andmestik, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 10. Turvaliste internetiserverite arvu mudeli raport

Model 14: Pooled OLS, using 30 observations
 Included 5 cross-sectional units
 Time-series length = 6
 Dependent variable: l_GDPPC

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	4,69143	0,173647	27,02	<0,0001 ***
l_SEC_INT	-0,0624912	0,0428691	-1,458	0,1560
Mean dependent var	4,445361	S.D. dependent var		0,227397
Sum squared resid	1,393793	S.E. of regression		0,223111
R-squared	0,070538	Adjusted R-squared		0,037343
F(1, 28)	2,124950	P-value(F)		0,156043
Log-likelihood	3,469370	Akaike criterion		-2,938741
Schwarz criterion	-0,136346	Hannan-Quinn		-2,042231
rho	0,953208	Durbin-Watson		0,081474

White's test for heteroskedasticity -
 Null hypothesis: heteroskedasticity not present
 Test statistic: LM = 2,87199
 with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 2,87199) = 0,237879$

Test for normality of residual -
 Null hypothesis: error is normally distributed
 Test statistic: Chi-square(2) = 6,72183
 with p-value = 0,0347036

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -
 Null hypothesis: No first-order autocorrelation ($\rho = 0$)
 Test statistic: $t(4) = 60,1941$
 with p-value = $P(|t| > 60,1941) = 4,56181e-007$

Allikas: Autori koostatud andmestik, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 11. Keskkonnatehnoloogiate patentide osakaalu mudeli raport

Model 18: Pooled OLS, using 30 observations
 Included 5 cross-sectional units
 Time-series length = 6
 Dependent variable: l_GDPPC

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-ratio</i>	<i>p-value</i>
const	4,31343	0,129012	33,43	<0,0001 ***
PATENT_ENV	0,0105245	0,00974717	1,080	0,2895
Mean dependent var	4,445361	S.D. dependent var		0,227397
Sum squared resid	1,439627	S.E. of regression		0,226749
R-squared	0,039974	Adjusted R-squared		0,005687
F(1, 28)	1,165863	P-value(F)		0,289466
Log-likelihood	2,984048	Akaike criterion		-1,968097
Schwarz criterion	0,834298	Hannan-Quinn		-1,071587
rho	0,910930	Durbin-Watson		0,064942

White's test for heteroskedasticity -

Null hypothesis: heteroskedasticity not present

Test statistic: LM = 7,4908

with p-value = $P(\text{Chi-square}(2) > 7,4908) = 0,0236262$

Test for normality of residual -

Null hypothesis: error is normally distributed

Test statistic: Chi-square(2) = 12,104

with p-value = 0,0023531

Wooldridge test for autocorrelation in panel data -

Null hypothesis: No first-order autocorrelation ($\rho = 0$)

Test statistic: $t(4) = 44,8827$

with p-value = $P(|t| > 44,8827) = 1,47367e-006$

Allikas: Autori koostatud andmestik, arvutused tehtud Gretl ökonomeetriapakettiga

Lisa 12. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Geret Perv

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Digitaliseerimise mõju tööjõu tootlikkusele Balti riikide ja Põhjamaade näitel”, mille juhendaja on Kaja Lutsoja,

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)

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 loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.