

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Merilin Talimets

**TEHNOLOOGIA KASUTAMISE SEOS EESTI ÕPILASTE  
ÕPITULEMUSTEGA**

Magistritöö

Õppekava majandusanalüüs

Juhendaja: Heili Hein-Sula, MA

Tallinn 2024

Deklareerin, et olen koostanud magistritöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele selle koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks.

Töö pikkuseks on 11 901 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Merilin Talimets 07.05.2024

(kuupäev)

## SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE.....	4
SISSEJUHATUS.....	5
1. HARIDUST MÕJUTAVATE TEGURITE TEOREETILISED JA EMPIIRILISED KÄSITLUSED.....	7
1.1. Inimkapitali olemus ja tehnoloogia areng .....	7
1.2. Akadeemilisi tulemusi mõjutavad tegurid.....	10
1.3. Varasemad uuringud.....	16
2. ANDMED JA METOODIKA .....	22
2.1. Andmebaas ja valim .....	22
2.2. Metoodika.....	25
2.3. Kirjeldav statistika.....	30
3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED .....	33
3.1. Tulemused .....	33
3.2. Järeldused .....	37
KOKKUVÕTE .....	42
SUMMARY.....	46
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU .....	50
LISAD .....	54
Lisa 1. Tehnoloogia muutujate kirjeldus .....	54
Lisa 2. Korrelatsioonimaatriks .....	55
Lisa 3. Nullmudelite tulemused Eesti lähiriikidel .....	56
Lisa 4. Lihtlitsents .....	57

## LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on analüüsida tehnoloogia kasutamise seoseid Eesti õpilaste õpitulemustega. Töös hinnatakse tehnoloogia kasutamise seost nii matemaatika-, loodusteaduse- kui funktsionaalse lugemise õppeainete õpitulemustega. Lisaks uuritakse, kuidas on õpilaste sotsiaalmajanduslik taust seotud akadeemiliste saavutustega. Empiirilises analüüsis kasutatakse rahvusvahelise haridusuuringu PISA 2022. aasta vooru andmeid.

Töös hinnatakse tehnoloogia kasutamise seost kahetasandilise lineaarse mudeliga, mis võimaldab hinnata erinevusi nii individuaalsel (õpilased) kui grupi tasandil (koolid). Mudelite sisenditeks on neli tehnoloogia kasutamise indeksit ning õpilaste ja koolide taseme kontrollmuutujad. Mudeli väljunditeks on õpilaste õpitulemused nii matemaatikas, loodusteaduses kui lugemises.

Tehnoloogia kasutamine kodus koolitööde tegemiseks on positiivselt seotud kõigi kolme õppevaldkonnaga ning samuti on tehnoloogia sagedane koolis kasutamine positiivselt seotud nii matemaatika kui loodusteaduse tulemustega. Tehnoloogia sage kasutamine kodus õpitulemustega seost ei oma, kuid liialt sagedane tehnoloogia kasutamine vaba aja tegevusteks on negatiivse seosega kõigi kolme õppeaine puhul. Oodatult ilmneb, et mida kõrgema sotsiaalmajandusliku taustaga on õpilased, seda paremad on nende õpitulemused.

Üldiselt on õppetöös tehnoloogia kasutamine positiivses seoses õpilaste õpitulemustega ning sagedasem digitehnoloogia kasutamine õpiesmärgil võib tulla kasuks õpilaste õpitulemuste edendamisel.

Võtmesõnad: PISA, kahetasandiline lineaarne mudel, tehnoloogia kasutamine, hariduslikud saavutused.

## SISSEJUHATUS

Investeeringud inimkapitali moodustavad olulise osa majandusarengupoliitikast, kus haridus on keskne vahend inimkapitali arendamiseks. Inimkapital hõlmab endas töötajate oskusi ja teadmisi ning selleks, et majandus kasvaks ja toimuks areng, on vaja kvaliteetset haridust. Investeeringud haridusse, tervisesse, koolitustesse suurendavad inimkapitali, parandades samaaegselt tööjõu tootlikkust ning luues aluse jätkusuutlikule majanduskasvule. (Bawono & Widarni, 2021) Kasvava majanduse jaoks on kvaliteetne haridus oluline, kuna suurem haritud töötajate osakaal soodustab riigi majandusel olla tootlikum. Haritud töötajad suudavad tõhusamalt täita tööülesandeid ning lisaks töötajate varustamisele vajalike oskuste ja teadmistega, soodustab see ka innovatsiooni, loovust ning tehnoloogilist arengut. (Zeira, 2009) Tehnoloogia mõju avaldub igas võimalikus majandusvaldkonnas ning üheks oluliseks valdkonnaks on haridus (Nagasubramani & Raja, 2018).

Tehnoloogia kasutamine haridusvaldkonnas on viimastel aastakümnetel jõudsalt kasvanud ning COVID-19 pandeemia on kasvu veelgi soodustanud. Pandeemia ilmnemine suurendas digitaalsete õpikeskkondade kasutamise levikut, nõudes tehnoloogia kasutamise olulisuse hindamist õpilaste õpitemumustele. (Inci & Kaya, 2021) Traditsioonilised õppemeetodid ei ole nii vastuvõtlikud muutustele ning seeläbi on tehnoloogial potentsiaali muuta haridus paindlikumaks ning kättesaadavamaks. Kuigi tehnoloogia kaasamine õppeprotsessidesse on olnud üks haridusreformi kava peamisi prioriteete kogu maailmas, siis varasemate uuringute tulemused info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) kasutamise osas on andnud vastakaid tulemusi. (Fernandez-Gutierrez *et al.*, 2023; Li & Petersen, 2022)

Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsioon (OECD) on aastaid korraldanud rahvusvahelist haridusuuringut PISA (*Programme for International Student Assessment*), mis uurib 15-aastaste noorte teadmisi ning oskusi. PISA 2022. aasta tulemustes ilmnes, et OECD riikide keskmised on langenud võrreldes varasemate aastatega. Pandeemia ilmnemisel olid koolid sunnitud õppetöö viima internetivahendusele ning nii õpetajad kui ka õpilased pidid kohanema veebipõhise õpikeskkonnaga. (Henno *et al.*, 2023) Madalamad akadeemilised tulemused võivad osaliselt olla põhjustatud tehnoloogia mõjust ning kiirest üleminekust digitaalsele keskkonnale. Seetõttu toovad

PISA 2022 tulemused välja olulise aspekti uurimisprobleemile, tuues esile vajaduse sügavamaks mõistmiseks tehnoloogia mõjust õpilaste saavutustele. Kuna tehnoloogia kasutamine on mitmekülgne, siis on oluline uurida kohalikul tasandil, millist rolli tehnoloogia kasutamine õpilaste õpitulemustele avaldab.

Antud töö eesmärgiks on analüüsida tehnoloogia kasutamise seoseid Eesti õpilaste õpitulemustega. Eesmärgi saavutamiseks otsitakse magistritöös vastuseid järgmistele uurimisküsimustele:

1. Milline on tehnoloogia kasutamise seos Eesti õpilaste õpitulemustega?
2. Kas tehnoloogia kasutamise seose osas esineb erinevusi haridusvaldkondade lõikes nagu matemaatika, funktsionaalne lugemine ja loodusteadus?
3. Kuidas on seotud sotsiaalmajanduslikud erinevused Eesti õpilaste tulemustega?

Käesolevas magistritöös kasutatakse kahetasandilist lineaarset mudelit, kus mudel võimaldab hinnata erinevusi nii individuaalsel (õpilase) kui grupi tasandil (koolid). Empiirilises analüüsis kasutatakse OECD poolt avaldatud 2022. aasta PISA uuringu andmeid. Graafikud ning tabelid loodi Microsoft Exceli abil ning andmete töötlemiseks ja analüüsiks kasutati vabavaralist statistikapaketti RStudio ning statistika paketti Stata.

Magistritöö on jaotatud kolmeks sisupeatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade haridust mõjutavate tegurite käsitlesest, kus selgitatakse lahti inimkapitali olemus, tuuakse välja peamised akadeemilisi tulemusi mõjutavad tegurid ning avatakse varasemate uuringute põhjal selgunud tulemused, kuidas tehnoloogia kasutamine on mõjutanud õpilaste õpitulemusi. Järgnevas peatükis antakse ülevaade andmestikust ja valimist, kirjeldatakse kasutatavat meetodikat ja kasutatud muutujaid ning esitatakse muutujate kirjeldav statistika. Viimasest peatükis esitatakse eelmises peatükis tutvustatud meetodikale tuginedes teostatud analüüsi tulemused ning analüüsil põhinevad järeldused.

# 1. HARIDUST MÕJUTAVATE TEGURITE TEOREETILISED JA EMPIIRILISED KÄSITLUSED

Käesoleva magistritöö antud peatükis kirjeldatakse inimkapitali teguri olulisust riigi majanduskasvuks ning antakse ülevaade kuidas tehnoloogia integreerimine haridusse mõjutab inimkapitali arengut. Samuti antakse kirjanduse põhjal ülevaade akadeemilisi tulemusi mõjutavatest teguritest. Lisaks uuritakse varasemate empiiriliste uuringute põhjal, millist rolli tehnoloogia kasutamine omab õpilaste õpitulemustele. Tehnoloogia kasutamise tulemuste uurimisel on keskendunud PISA andmestikke kasutatavatele uuringutele, kuna käesoleva töö empiirilises analüüsis kasutatakse PISA 2022 andmestikku.

## 1.1. Inimkapitali olemus ja tehnoloogia areng

Majandusteadlased on inimkapitali mõistet määratlenud erineval moel, kuid ühiselt leitakse, et inimkapitali all mõistetakse peamiselt inimese omandatud oskusi, mida saab oma töös rakendada. Laiendatult on inimkapital majanduslik mõiste, mis viitab inimeste oskustele, teadmistele, tervisele ja muudele isikliku arengu aspektidele, mis suurendavad nende majanduslikku tootlikkust ja väärtust. Adam Smith (1776) oli esimene klassikaline majandusteadlane, kes juba 18. sajandil propageeris inimkapitali olulisust majanduskasvus. Ta rõhutas inimeste hariduse ja oskuste tähtsust nende majanduslikus panuses, mis kujundas aluse mõistele, et inimeste investeeringud enda arengusse mõjutavad nende tootlikkust ja majanduslikku seisundit. Seejärel inimkapitali konseptsioon suures osas vaibus, kuni 20. sajandi alguseseni, mil see teadlaste Beckeri (1964), Schultzi (1961) ning Mincer (1958) kirjutistega taas esile tõsteti. (Laroche *et al.*, 1999)

Teadlane Theodore W. Schultz (1961) laiendas inimkapitali mõistet, tuues sisse täiendavaid aspekte majanduslikust perspektiivist. Tema teooria keskendus ideele, kuidas haridus, koolitused ning muud investeeringud inimeste arengusse, suurendavad nende majanduslikku tootlikkust, mis omakorda tõstavad töötajate sissetulekut kogu elu jooksul. Ta tõi välja viis peamist kategooriat, läbi mille saab inimkapitali kvaliteeti ning tootlikkust tõsta. Esimeseks on tervishoiasutused- ja teenused ehk investeeringud, mis mõjutavad inimeste oodatavat eluiga, vastupidavust ning

elujõulisust. Teiseks rõhutas ta hariduse ja koolituste tähtsust inimeste arengus, uskudes, et need suurendavad teadmisi, oskusi ja üldist võimekust, mõjutades seeläbi inimeste majanduslikku panust. Kolmandaks on riigi poolt korraldatud haridussüsteem alg-, kesk- ja kõrghariduse tasandil. Neljandana tõi välja õppekavad ning nõustamisprogrammid täiskasvanutele ning viimasena nii üksikainimeste kui pere migratsiooni, mis võimaldab inimestel kohaneda muutuvate töövõimalustega. Need kategooriad moodustavad Schultzi laiapõhjalise lähenemise inimkapitali mõistele, mis aitab kaasa sügavamale arusaamisele inimkapitali olemusest ning sellest, kuidas erinevad eluaspektid kujundavad majanduslikku arengut.

Lisaks eelnevale välja toodud investeerimise viisidele, lisas Becker (1964) üheks inimkapitali panustamise vormiks ka töökoha poolt pakutavad koolitused. Ta tõi välja, et tööandja poolt läbiviidud koolitusi saab liigitada kaheks – üldkasutatavad- ning konkreetse ametikohaga seotud teadmised. Eristamine on oluline, kuna esimese koolitusliigi puhul on töötajatel võimalik omandada laiapõhjalisi teadmisi ning õpitut rakendada ka tulevikus teistes ettevõtetes, kuid teisel juhul saab töötaja realiseerida õpitut vaid siis, kui töösuhe koolituse pakkujaga jätkub. Üldkasutatavad koolitused võimaldavad töötajatel rakendada õpitut mitmesugustes olukordades ning ettevõtetes, mis muudavad töötajad tööturul paindlikumaks ning produktiivsemaks. Töötajate teadmiste lai pagas võimaldab neil kiiremini kohaneda uute olukordadega ning luua lisandväärtust ettevõtte tegemistesse.

Mitmekesiste teadmiste ning kvaliteetse haridusega töötajaid on tööandjatele väärtuslikud, kuna ettevõtte eesmärk on maksimeerida oma kasumit ning seeläbi panustada riigi majanduskasvu. Kui algselt neoklassikalise kasvuteooria põhiselt, tuntud kui Solow (1956) mudel, mis põhineb Cobb-Douglassi tootmisfunktsioonil, on majanduse edasiviivaks jõuks eksogeensed tegurid nagu säästmine, rahvastiku kasv ning tehnoloogiline areng, siis endogeense kasvuteooria rajajad Romer (1986) ning Lucas (1988) tõi välja, et majanduskasv on peamiselt tingitud just endogeensetest ehk sisemistest jõududest. Sisemisteks jõududeks peetakse ennekõike investeringuid inimkapitali, innovatsiooni ning teadmistesse. Nad rõhutavad inimkapitali ja teadmiste tähtsust majanduse arengus, pidades neid endogeenseteks ehk sõltuvateks teguriteks majanduskasvu sisemistest protsessidest. Nende teooria kohaselt on haridus ning tehnoloogia dünaamilised muutujad ning investeringud neisse valdkondadesse on majanduskasvu aluseks. (Roberts & Setterfield, 2007) Endogeensete majanduskasvu mudelite kohaselt on majanduskasvu arengu võtmeteguriks just tehnoloogiline protsess, mille tulemusel luuakse kas uusi ning paremaid tooteid või parandatakse ning arendatakse juba olemasolevaid. (Barro, 2002)



Alates tööstusrevolutsioonist on tehnoloogia mõjutanud mitte ainult tootmist vaid ka haridussüsteeme ning inimeste oskuste arengut. 21. sajand on tehnoloogiline ajastu ning tehnoloogia kiire areng on avaldanud mõju kogu maailmale. Riigid, kes ei suuda tehnoloogia kiirusega sammu pidada, on jäänud majanduskasvu kiirest arengust maha. (Kücük, 2023) Tehnoloogia mitmekülgne panus majandusse avaldub mitmel moel. Esiteks lihtsustab see tööprotsesse ning suurendab efektiivsust. Automatiseerimine, digitaalsed süsteemid aitavad vähendada inimtööjõu koormust rutiinsete ülesannete täimisel, võimaldades ressurside paremat jaotust keerukamate ülesannete ja innovatsiooni jaoks. Teiseks võimaldab tehnoloogia ettevõtetel ja inimestel oma aega tõhusamalt kasutada. Kaugtöö võimalused, virtuaalsed koosolekud, digitaalsed platvormid ning muud tehnoloogilised lahendused aitavad luua paindlikumaid töökeskkondi, võimaldades juurdepääsu ressurssidele ja võrgustikele ilma geograafiliste piiranguteta. (Lortie, 2020) Seejuures on oluline välja tuua, et tehnoloogia areng ei mõjuta mitte ainult ettevõtteid, vaid ka üksikisikuid.

Kiiresti muutuv tööturg vajab inimesi, kes suudavad kohaneda uute tehnoloogiatega, olla digitaalselt kirjaoskajad ning omada tehnilisi pädevusi. Seetõttu on üks olulisemaid valdkondi just haridus, kus tehnoloogia kasutamise vajalikkus tõuseb esile. On oluline, et riigi haridussüsteem toetab tehnoloogia integreerimist õppekavasse alatest varasest koolieast kuni kõrgema hariduseni. Kaasaegsete oskuste arendamine on üks peamisi eeliseid, mida tehnoloogiline integreerimine haridusse pakub. Õpilastel on võimalus omandada digitaalne kirjaoskus, probleemilahendusoskus, kriitiline mõtlemine ja meeskonnatöö olulisuse omadused, mis on hindamatud väärtused tänapäeva dünaamilises töökeskkonnas. Tehnoloogia võimaldab õpilastel omandada tehnilisi pädevusi, sealhulgas programmeerimine, andmete analüüs ja robotika, tagades nende valmisoleku hakkama saamiseks digitaalses maailmas. Teine oluline aspekt, mida tehnoloogiline integratsioon hariduses toetab, on iseseisev õppimine. Õpilastel on tehnoloogia abiga juurdepääs mitmekesistele õppematerjalidele, kohandatud õppekavadele ja interaktiivsetele õppemeetoditele, mis soodustavad nende iseseisvat õppimist. Samuti avardab tehnoloogia globaalset ühenduvust, võimaldades õpilastel suhelda ja koostööd teha üle maailma, soodustades kultuuridevahelist õppimist ja aidates neil olla globaalselt konkurentsivõimelised. (Nagasubramani & Raja, 2018)

Lisaks koolis õpetatavatele konkreetsetele tehnilistele oskustele, tuleb haridussüsteemis keskenduda ka muudele olulistele faktorile, mis mõjutavad õpilaste akadeemilisi tulemusi. Koolisüsteemis on oluline tasakaalustada lähenemine, mis hõlmab nii tehnilisi kui ka üldiseid oskusi. Järgnevalt vaatleme lähemelt ka teisi tegureid, mis õpilaste õpitulemusi mõjutavad.

## 1.2. Akadeemilisi tulemusi mõjutavad tegurid

Kaasaegses ühiskonnas, kus teadmistepõhine majandus ja inimkapitali roll on muutunud väga oluliseks, on üha enam läbi viidud uuringuid, et mõista tegureid, mis võivad mõjutada õpilaste õpitulemusi. Inimkapitali kvaliteet, mille moodustavad individuaalsed oskused, teadmised ja tervis, on otseselt seotud haridustaseme ja õpilaste akadeemiliste tulemustega. Akadeemilised tulemused on koolis peetavatel kursustel arendatud oskused, mis määratakse kindlaks õpetajate poolt antud hinnete ning omandatud teadmiste väljendamisega. (Karaman & Yelgün, 2015) Koolisüsteemid määratlevad enamasti kognitiivsed eesmärgid, näiteks kriitiline mõtlemine, mis kehtivad mitmes ainevaldkonnas või hõlmavad teadmiste ja mõistmise omandamist konkreetses intellektuaalses valdkonnas, näiteks arvutamisoskus, kirjaoskus, teadus, ajalugu. Õppeedukuse valdkond on väga laiaulatuslik ning hõlmab väga erinevaid haridustulemusi, seega sõltub õpiedukuse määratlus selle mõõtmiseks kasutatavatest näitajatest. Ka riigiti hindamissüsteemid erinevad ning akadeemiliste tulemuste hindamiseks võib olla mitmeid eri meetodeid. Ühed enim levinumad meetodid, mis tulemuste hindamisel on kasutusel, on näiteks kursuste hinded, tasemetööd, riigieksamid, kutsekoolide ja ülikoolide diplomid või ka osalemine erinevates rahvusvahelistes uuringutes, näiteks noortele suunatud PISA uuringus. Selliste meetodite tulemused annavad teavet rahva akadeemiliste saavutuste erinevate näitajate kohta, mida kasutatakse riigi haridussüsteemi tugevate ning nõrkade külgede analüüsimiseks ja selle põhjal hariduspoliitiliste otsuste suunamiseks. (Meibner *et al.*, 2014) Riigi üheks eesmärgiks peaks olema kvaliteetse hariduse pakkumine, kuid sama oluline on kaardistada ka tegureid selle juures, mis suunaksid õpilasi rohkem õppetööle keskenduma ning uut informatsiooni vastu võtma. Akadeemilised saavutused omavad märkimisväärset tähtsust ka õpilaste edasistes valikutes, määratledes nende võimalused ülikooli pääsemisel või näiteks töökoha saamisel. (Briones *et al.*, 2021)

Majandusteadlane Hanushek (1979) pühendus oma töös haridussüsteemide mõju uurimisele majandusliku arengu perspektiivist ning keskendus hariduskvaliteedi mõõtmisele ja mõju analüüsimisele. Tema teoreetiline raamistik on mõjutanud arusaama hariduse rollist majanduskasvu ja individuaalse edenemise kontekstist. Kontseptuaalselt võiks hariduse tootmisfunktsiooni lihtsustada järgmise võrrandiga (Alexander & Simmons, 1975):

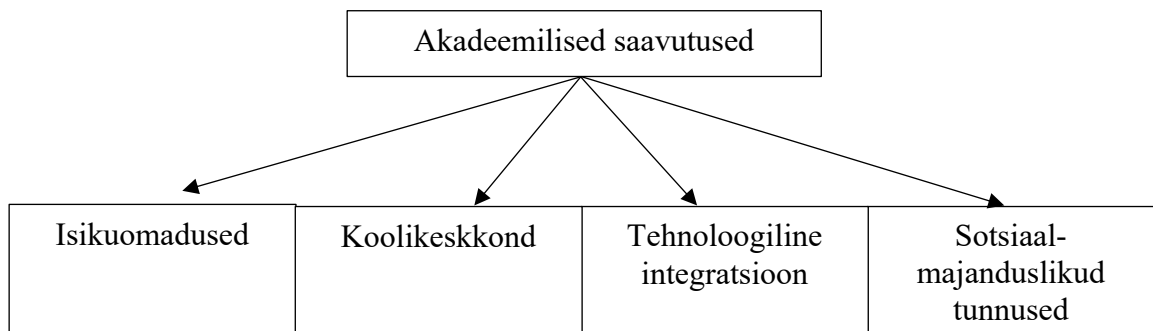
$$Y_{it} = f(F_{i(t)}, P_{i(t)}, S_{i(t)}, I_{i(t)}, U_t) \quad (1)$$

kus

$Y_{it}$  = Õpilase  $i$  tulemus, mis esindab  $i$ -nda õpilase tulemust ajal  $t$

$F_{i(t)}$  = Vektor, õpilase  $i$  individuaalsetest ja perekondlikest taustateguritest kumulatiivselt ajani  $t$   
 $P_{i(t)}$  = Vektor, õpilase  $i$  kohta käivatest kaasõpilaste omadustest kumulatiivselt ajani  $t$   
 $S_{i(t)}$  = Vektor, õpilase  $i$  olulistest koolisestest sisenditest kumulatiivselt ajani  $t$   
 $I_{i(t)}$  = Vektor, õpilase  $i$  muudest välismõjudest kumulatiivselt ajani  $t$   
 $U_t$  = vealiige

Aastate jooksul on hariduse valdkonnas toimunud märkimisväärseid muutusi, kus traditsioonilised akadeemilisi mõjutavad tegurid on püsinud olulised, kuid lisandunud on ka uusi faktoreid, eelkõige seoses tehnoloogilise integratsiooniga. Läbi on viidud mitmeid uuringuid, kus vaadeldakse erinevaid aspekte õpitulemuste kujunemisel ning uuringutest selgub, et õpilaste edukuse saavutamise taust on väga laiapõhjaline. Õpilaste õpitulemusi mõjutavad mitmeid tegurid, kuid peamiselt saab need grupeerida nelja kategooriasse. Joonisel 1 on välja toodud neli kategooriat, mis osutavad otsest või kaudset mõju akadeemilistele saavutustele ning nendeks on õpilaste isikuomadused, koolikeskkond, tehnoloogiline integratsioon ning sotsiaalmajanduslikud tunnused. Järgnevalt tuuakse välja põhjalikum taust iga faktori olemusest ning selgitatakse millist mõju tegur tulemustele avaldab.



Joonis 1. Õpilaste õpiedukust mõjutavad tegurid  
 Allikas: autori koostatud varasema kirjanduse põhjal

Üheks oluliseks ning ka õpilasest enim endast sõltuvaks mõjutavaks teguriks akadeemiliste saavutuse puhul on õpilase isikuomadused. Isikuomaduste alla jaotatakse mitmeid tegureid, mille hulka kuuluvad näiteks sugu, õpilase motivatsioon koolitööde tegemisel, järjepidevus, õpioskus ja õppimisstiil. Sugu mõjutab õpitulemusi mitmel viisil ning sõltub paljudest teguritest. Esiteks võivad sotsiaalsed ootused ja stereotüübid mõjutada nii naiste kui meeste haridustee valikuid ning õpitegevust. Näiteks võivad stereotüübid mõjutada naiste ja meeste huvi teatud õppeainete vastu ning seeläbi ka nende motivatsiooni nendes valdkondades. Lisaks võivad bioloogilised erinevused kaasa tuua ka erinevusi õppimisstiilides ja -võimetes. Ackah et al., (2023) leidsid, et tüdrukutel võib olla parem suuline suhtlemisoskus ja poistel paremad matemaatilised võimed. Küll aga üldistust teha ei saa ning erinevused on individuaalsed.

Samuti omab olulist rolli õppimise protsessis õpilase motivatsioon, mis väljendub õpilase soovis ja pühendumuses temalt nõutavate kohustuste osas. Õpilased, kes tunnetavad koolitööde tegemise osas kõrgemat motivatsiooni, on kõrgemate tulemustega kui need, kes seda ei tunne. Tundide läbiviimise struktuur on samuti olulise tähtsusega õpilaste motivatsioonile, mis loob eeldused kõrgemate tulemuste saavutamisele. Omrod (2018) väidab, et õpilased erinevad selles osas, et milline õppimisviis on nende jaoks kõige tõhusam. Ta toob välja neli erinevat õppestiili, milleks on visuaalsed õppijad, suulised-/kuulmisõppijad, lugemis-/kirjutamisõppijad ning kineetilised õppijad. Visuaalsete õppijate all peetakse silmas õpilasi, kes eelistavad, et teave oleks esitatud tahvlil, graafikul või näiteks värviliste piltidena. Kuulmisõppijad ei tee palju märkmeid ning neile jääb teave paremini meelde, kui saavad segamatult kuulata ning võimaluse korral loengute salvestusi hiljem taas esitada. Kirjutamisõppijad eelistavad teavet ise lugeda ning teha palju märkmeid. Nemad õpivad kõige tõhusamalt konspekte koostades ning uut informatsiooni läbi kirjutades. Kineetilised õppijad ei suuda aga pikalt paigal istuda ning neile meeldib olla õppimisse aktiivselt kaasatud. On selge, et klassis, kus kasutatakse ainult ühte õppemeetodit, on suur tõenäosus, et paljudele õpilastele tundub selline õppekeskkond vähem optimaalne ning see võib mõjutada negatiivselt nende õpilaste õpitulemusi. Erinevad õpetamisstiile propageerivad teadlased nõustuvad, et tõhusat õpetamist saab läbi viia ainult siis, kui õppija õpieelistused ja õpetaja õpetamisstiili vahel esineb hea kooskõla. (Bjork *et al.*, 2008)

Teiseks oluliseks faktoriks, mis võib mõjutada õpilaste õpitulemusi, on koolikeskkond. Ozcan (2021) uuris oma töös õpilaste tulemusi mõjutavaid tegureid ning tõi välja, et kui õpilaste füüsilised tingimused on head, siis ka tulemused on kõrgemad. Füüsiliste tingimuste all peeti silmas head koolikeskkonda, motiveeritud õpetajaid ja tehnoloogia olemasolu. Kui need tingimused on tagatud, on motivatsioon tundide vastu suurem. Koolikeskkonna all peetakse silmas ka kooli võimalusi pakkuda õpilastele mitmekesiseid õppevõimalusi. Leitakse, et koolid, millel on olemas raamatukogu, väli- ja sisespordisaal, labor, arvutiklass ning mitmed struktureeritud klassiruumid, siis nende koolide õpilaste õpitulemused võivad olla tulemuslikumad. (Bakar *et al.*, 2022; Karaman & Yelgün, 2015; Ozcan, 2021) Samuti on oluliseks teguriks koolikeskkonna kujunemisel ka eakaaslased ning õpetajad. Positiivsed suhted eakaaslastega võivad pakkuda toetust ja motivatsiooni õppimiseks ning arendada õpilase sotsiaalseid oskusi. Samuti eakaaslastega koostöös tegutsemine võib parandada grupitöö ja koostööoskusi, mis omakorda mõjutavad õpitulemusi. Küll aga eakaaslaste seas esinev võrdlus ja konkurents luua nii positiivset kui negatiivset mõju, kus sotsiaalne surve võib kujundada õpilaste käitumist ning valikuid

õppimisega seotud teemadel. Seetõttu on oluline, et õpilaste ümber oleks toetav ja positiivse õpikeskkond, mis soodustaks õpilaste arengut ja akadeemilisi saavutusi. Samuti ka kvalifitseeritud õpetajate olemasolu on õpetamise valdkonnas õpilaste edukuse võti. Õppeedukus on teadmised, oskused, edu ja areng õpilastes, mille on õpetaja koolis neisse sisendanud. (Briones *et al.*, 2021) Õpilaste kooliteekond algab sageli väga varajases eas, kus tihtipeale on õpetajad õpilastele ka eeskujuks ning juhendajad õpilaste kasvamisel. Varajases eas õpivad lapsed mitte ainult akadeemilisi põhioskusi vaid hakkavad kujundama ka väärtusi, suhtumist õppimisse ning sotsiaalseid oskusi. Õpetajate suhtumine ja käitumine mõjutavad otseselt õpilaste kognitiivset, emotsionaalset ning käitumusliku arengut. Ozcan (2021) toob välja, et õpetajat võib kirjeldada kui vundamenti, mis aitab kaasa õpilase kognitiivsele ja käitumuslikule arengule, annab karjäärivõimalusi, kasvatab ühiskonnale sobilikke inimesi, edendab mõtlemisstiile ja laia maailmavaadet ning kujundab tulevikuühiskonda. Seetõttu on õpetajatel oluline vastutus aidata kujundada õpilaste hariduslikku teekonda, luua positiivne õppekeskkond ning inspireerida huvi teadmiste vastu.

Õpetaja sümpaatne lähenemine, tolerantsus vigade osas, ajaga kaasas käimine ning õpilastega suhestumine mõjutab positiivselt õpetaja ja õpilase vahelist suhtlust. Õpitulemuste arendamiseks, tuleks õpetajatel näidata käitumist, mille eesmärgiks on tunnis aktiivselt kaasata õpilasi. Uut teavet tuleb selgitada kõigile arusaadaval meetodil ning nagu eelnevalt mainitud, on õpilastel erinevad õppimeetodid. Leitakse, et efektiivne ning tõhus õpetaja kasutab klassiruumis varieeritud õppemeetodeid, mis tähendab, et ta on avameelne uutele lahendustele ning kaasab õpilaste ideid tunni kujundamisel. (Bakar *et al.*, 2022) Küll aga liialt sagedane ning mitte läbi mõeldult õpetamisstiilide vahetamine mõjub negatiivselt õpitulemustele, kuna see lisab tundide struktuuri segadust, liigseid muutusi ning õpilaste tähelepanu kadu (Karaman & Yelgün, 2015). Õpilased tahavad tunda, et nende arvamust võetakse kuulda ning nende poolt välja pakutavaid lahendusi kasutatakse. Kui koos õpilastega seatakse paika tunni reeglid, siis tunnevad nad vastutust ning seotust, mis võib soodustada reeglitest kinni pidamist ning motiveerida õpilasi tunnis keskenduma. Oluline on, et reeglid oleksid selged, mõistetavad ning kohandatud vastavalt õpilaste vajadustele. (Agaoglu, 2002)

Hiljutine info- ja kommunikatsioonitehnoloogia esile kerkimine haridussüsteemis, on toonud kaasa mitmeid uuendusi. Seetõttu on üheks õpitulemusi mõjutavaks teguriks ka tehnoloogia integratsioon, mis on mõjutanud õpetajate ning õpilaste igapäevast kogemust klassiruumis ning väljaspool. Õpetajatel on oluline mõista, kuidas õpetamismetoodikad ning tehnoloogia koostöös

toimivad ning kuidas paremini tegureid optimeerida, et õpilased saavutaksid parimad võimalikud tulemused. Uuel tehnoloogia ajastul tuleks koolijuhtidel pöörata tähelepanu õpetajate õppemeetoditele, et olla kindel kasutatavate meetodite kaasaegsuses. Leitakse, et innovatsiooni pooldavate õpetajate ning õpilaste tulemuste vahel esineb positiivne seos, juhul, kui õpetajad on läbinud koolitused, kuidas tulemuslikult tehnoloogiat õppetöös rakendada. (Karaman & Yelgün, 2015) Costello *et al.* (2021) uuringus leitakse, et õpetajad, kes pelgavad tehnoloogia kasutamist õppetundides, nende õpilaste tulemused on kehvemad kui neil õpetajatel, kes integreerivad tehnoloogia oma õppemeetoditesse. Küll aga on ka hulk uuringuid, mis leiavad, et liigne tehnoloogia kasutamine mõjub negatiivselt õpitulemustele, kuna see soodustab õpilaste tähelepanu kadu ning tunnis muude asjadega tegelemist (Agasisti *et al.*, 2020; Cano *et al.*, 2019; Fernandez-Gutierrez *et al.*, 2023) Tehnoloogia laiema mõju üle õpilaste õpitulemustele arutletakse järgmises alapeatükis.

Viimase kategooriana tuleb välja tuua perekonna mõju õpilaste akadeemilistele tulemustele, mida võib pidada ka üheks olulisemaiks teguriks. Perekonna tegurid, mis võivad laste saavutusi mõjutada, hõlmavad nii sotsiaalmajanduslikku tausta, füüsilist ja vaimset tervist, vanemate haridust, perekonna sissetuleku taset, eakaaslaste mõju kui ka lastega koos veedetud aega. Laps saab oma esimese hariduse perekonnast, seega on tema esmaseks õpetajaks tema vanemad. (Ozcan, 2021; Bakar *et al.*, 2022) Esmalt annavad vanemad lastele kaasa mõtlemisviisi, väärtushinnangud, tulevikulootuse ning ennekõike usu enda tegemistesse. Vanemate emotsionaalne roll lapse elus on fundamentaalne ning sellel on pikaajaline mõju lapse arengule, väljendudes hilisemas eas nii läbi õpikäitumise kui ka õpitulemuste. Perekond võimaldab luua lapsele tugeva aluse, edendades kohusetundlikkust, järjepidevust, vastutustunnet ning sotsiaalseid rolle. Need kõik omadused on olulised lapsele, et saavutada edukaid akadeemilisi tulemusi. (Mlambo, 2011) Lapsed, kes tunnevad, et nende emotsionaalne vajadus on rahuldatud, on tõenäolisemalt motiveeritud rohkem õppima ning on paremad stressiga toimetulekul. Vanemad, kes on oma laste osas toetavad, nende lapsed saavutavad ka edukamaid õpitulemusi, kuna on motiveeritud, saavutuste puhul tunnustatud ning neil ei ole eksimise hirmu. (Briones *et al.*, 2021) Küll aga vanemate emotsionaalne roll ei seisne ainult selles, kuidas nad reageerivad positiivsetele emotsioonidele, vaid ka sellele, kuidas nad aitavad lapsel toime tulla negatiivsete emotsioonidega. Õpetades last mõistma, tunnetama ja väljendama oma emotsioone, aitavad lapsevanemad kaasa lapse sotsiaalsete oskuste arengule. (Sheikh-Khalil & Wang, 2014)

Vanemate toetus lapse füüsilisele ja vaimsele tervisele on märkimisväärse tähtsusega, kuid pakutava toe tugevus on otseselt seotud vanemate enda haridustaseme ja hakkama saamisega. Haridustase, mida vanemad omavad, väljendub nende võimes oma lapsi mõista ja toetada haridusportsessis. Haritumad vanemad on sageli teadlikumad hariduse tähtsusest ning suudavad luua stimuleeriva õpikeskkonna. Kõrgema haridustasemega omavate vanemate ning nende laste vahel esineb positiivne seos. Akadeemiliselt edukamad on õpilased, kelle vanemad näitavad üles huvi laste kooli kohustuste osas ja aitavad lapsi koduste ülesannetega. Need vanemad distsiplineerivad ka oma lapsi kooliteed jätkama ning ei lase kergekäeliselt haridusest loobuda. (Bakar *et al.*, 2022; Mlambo, 2011; Ozcan, 2021)

Briones *et al.* (2021) jaotab vanemate kasvatusstiilid kolme kategooriasse, mis jagunevad toetavaks-, karmiks- ning demokraatlikuks kasvatusstiiliks. Nad leiavad oma uuringus, et lapsed, kelle vanemad on toetava kasvatusstiiliga, saavutavad paremaid tulemusi kui teised. Toetav kasvatus hõlmab emotsionaalset sidet ja mõistmist vanemate ja lapse vahel. Vanemad julgustavad avatud suhtlust, kuulavad lapse arvamust ja pakuvad toetust ja mõistmist. Selline kasvatusviis soodustab positiivset enesehinnangut, usaldust ja kõrgemat motivatsiooni oma kohustuste täitmisel. Laps tunneb ennast armastatuna ja toetatuna, mis avaldab positiivset mõju tema õpimotivatsioonile ja akadeemilistele saavutustele. Karmim kasvatus hõlmab selgemaid reegleid, distsipliini ja kõrgeid ootusi lapse käitumisele. Sellise kasvatusviisiga vanemad eelistavad seada piiranguid ning nõuavad nende järgimist. Lapsele range stiil võib luua selged juhised ja vastutustunnet, kuid samas võib see tekitada survet ning ärevust reeglite vastu eksimise osas. Demokraatlik kasvatus tähendab koostööd ning kaasamist otsuste tegemisele. Lapsed võivad vastavalt oma tahtele teha mida nad soovivad seniks, kuni hinded on korras. Selline viis aga soodustab nõrgemate õpitulemuste tekkimist, kuna lapsed soovivad saada vanemate tähelepanu ning tunnevad, et vanemad sekkuvad alles siis, kui õpitulemused on kehvemad. Uuringust selgus, et toetava kasvatusstiiliga lapsed saavutavad kõrgemaid tulemusi just seetõttu, et nad tunnevad pidevalt vanemate toetust ning tuge.

Vanemate kasvatusstiili olemus on seotud ka perekonna sotsiaalmajanduslike tunnustega, nagu näiteks sissetuleku tasemega. Kõrgema sissetulekuga vanematel on rohkem aega oma lapse tegemistele tähelepanu suunata, kuna stress perekonna ülalpidamise osas on väiksem. Lapsevanemad, kelle sissetulekud jäävad alla nende pere vajadustele, on tihtipeale emotsionaalselt kurnatud, mis soodustab negatiivseid emotsioone kodustesse tingimustesse. Hariduslikust aspektist, mõjutab perekonna majanduslik olukord ligipääsu haridusressurssidele, õppevahenditele

ja toetustele. Kõrgema sissetulekuga perekondadel on sageli paremad võimalused tagada oma lapsele kvaliteetne haridus ning selleks vajalikud ressursid. Parema majandusliku järjega perekondadel on võimalus pakkuda lastele täiendavat tuge ja juhendamist väljaspool kooli. Lisatunnid, eraõpetajad või täiendavad õppematerjalid on kättesaadavad, suurendades õpilaste võimalusi kõrgemate tulemuste saavutamiseks. Vanemad on võimelised investeerima lapse arengusse, pakkudes neile laiemat valikut huvialasid ning harivaid kogemusi. (Fang *et al.*, 2020)

Lisaks mõjutab perekonna sissetuleku tase ka ligipääsu tehnoloogilistele vahenditele, mis on tänapäeva haridusmaailmas üha olulisemaks muutunud. Kõrgema sissetulekuga perekondadel on suurem tõenäosus omada kodusid, kus on arvutid, internetiühendus ja muud tehnoloogilised seadmed. See võimaldab õpilastel kasutada e-õppe platvorme, tehnoloogilisi abivahendeid, suhelda klassikaaslastega ning otsida internetist täiendavat info õppematerjali osas. Sageli saavad lapsed kasu digitaalsest haridusest, mis võib tõsta nende akadeemilisi saavutusi ja arendada vajalikke oskusi tulevikus. (Bettayeb *et al.*, 2020) Küll aga tehnoloogia integreerimisel haridusse leidub ka varjupool, mis võib suurendada riigis sotsiaalseid lõhesid ning ebavõrdsust hariduses. Perekondadel, kelle sissetulek on madalam, võib olla piiratud juurdepääs tehnoloogilistele vahenditele. See toob kaasa olukorra, kus osa õpilasi jääb ilma digitaalsest haridusest, kuna perekonna rahalised võimalused ei võimalda tehnoloogia kättesaadavust kodustes tingimustes.

### **1.3. Varasemad uuringud**

Järgnevas alapeatükis keskendutakse põhjalikumalt varasematele uuringutele, mis käsitlevad tehnoloogia kasutamise mõju õpitulemusele. Uuritakse, millist rolli omab tehnoloogia kasutamine õpilaste õpitulemustele ning kuidas pandeemia tulek on tehnoloogia osakaalu haridusprotsessides muutnud.

Tehnoloogia kiire areng on toonud kaasa olulised muutused kõigis eluvaldkondades. Erinevate info- ja kommunikatsioonitehnoloogiate kasutamise osakaal õpetamisel ja õppimisel on viimastel kümnenditel märgatavalt kasvanud, kajastudes nii riiklike poliitikate kui ka koolides tehtud investeeringutena. Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia hõlmab enda all, interneti ühendusega või ilma, arvuteid, tahvelarvuteid, telefone ja ka elektroonilisi süsteeme nagu heliseadmed, televiisorid ja projektoreid. Aina rohkem integreeritakse koolides arvutiõpetust, e-õppe platvorme, veebipõhiseid tunde ning muid IKT lahendusi. (Agasisti *et al.*, 2020). IKT on muutunud inimeste



igapäevaelu osaks ning sel põhjusel tunnistavad poliitikakujundajaid üha enam, et koolid peavad õpilastele digimaailma juba varasest east tutvustama, et aidata infomaailma külluses orienteeruda ning tulevikus tööturule pääseda. Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia osakaalu suurendamist hariduses on juba varasemalt hariduspoliitikute poolt peetud oluliseks ning pandeemia ilmnemisel suunati sellele veelgi suurem tähelepanu. (Fernandez-Gutierrez *et al.*, 2023)

Varasemalt on läbi viidud mitmeid uuringuid, kus on uuritud tehnoloogia mõju erinevate riikide kooliõpilastele, kuid ühtsele tulemusele jõutud ei ole. Varasema kirjanduse ülevaate andmisel keskendutakse PISA andmestikku kasutatavatele uuringutele, kuna käesoleva töö empiirilises osas kasutatakse samuti PISA andmestikku. Eelnevad uuringud on jõudnud vastandlikele tulemustele tehnoloogia mõjust õpitulemustele ning seetõttu on teema muutunud üha vastuolulisemaks nii teoreetilisest kui ka empiirilisest vaatenurgast. IKT roll hariduses on pidevalt kasvav ning pärast COVID-19 pandeemiat veelgi aktuaalsemaks muutunud, kuna osakaal on haridusvaldkonnas suurenenud. Mitmed uuringud leiavad, et IKT kasutamine hariduses on positiivse mõjuga (Bulut & Delen, 2011; Calero *et al.*, 2020; Li & Petersen, 2022), kuid sarnaselt on uuringuid, kus selgus vastupidine mõju (Dogan & Kumlu, 2020; Fernandez-Gutierrez *et al.*, 2023; Navarro-Martinez & Pena-Acuna, 2022). Kirjanduses on uuritud nii tehnoloogia kasutamise- kui ka kättesaadavuse mõju, õpilaste hoiakuid IKT osas, õpetajate tehnoloogia kompetentsusest lähtuvat mõju kui ka tehnoloogiale juurdepääsust sõltuvat mõju õpilaste akadeemilistele tulemustele.

Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kasutamise mõju õpilaste akadeemilistele tulemustele on varasemalt käsitletud nii riikide võrdluse põhised kui riigi siseselt. Varasemates PISA andmestikku kasutatavates uuringutes on IKT mõju uuritud nii matemaatika, loodusteaduse kui lugemise tulemustele eraldi kui ka nende koosmõjule. Calero *et al.* (2020) on esile toonud vajaduse uurida IKT mõju valdkondade kaupa, kuna arvesse tuleb võtta ainete erinevaid eesmärke ning nõudeid õpilaste kognitiivsetele oskustele. Matemaatika keskendub loogilisele mõtlemisele ning probleemilahendusoskustele, loodusteadused toetuvad uurimisoskustele ja teaduslikule mõtlemisele ning lugemine arendab arusaamist ja keelelist osavust. Oma töös uurisid nad IKT kasutamise mõju erinevates Hispaania regioonides. Omavahel võrdlesid nad erinevaid regioone, kus osades piirkondades suurendati IKT kasutamise osakaalu haridusvaldkonnas ning teistes mitte. Nad leidsid, et IKT kasutamine koolis avaldas õpilaste seas positiivset mõju loodusteaduse tulemustele, kuid matemaatika ning lugemise tulemustele mõju ei leitud. Vastupidiselt aga Gallo-Rivera *et al.* (2021) leidsid, et tehnoloogia kasutamise ning õpitulemuste vahel esineb positiivne seos loodusteaduse ning lugemise tulemuste vahel, kuid mitte matemaatika puhul. IKT mõju võib

erinevatele valdkondadele olla mitmekülgne ning väljenduda erinevalt õpioskuste arengus. Kui üks valdkond vajab rohkem individuaalset õpet ning paremat keskendumisvõimet, siis teine valdkond soosib info otsimist ning seoste leidmist. Siiski on oluline märkida, et õpilaste kogemused IKT kasutamisel võivad olla tihedalt seotud nende igapäevaeluga. Õpilaste eesmärk ning ajaline tehnoloogia kasutamine varieerub suuresti, mistõttu on väärtuslik uurida ka tehnoloogia mõju õppimise valdkondadele koos, kombineerides tulemused üheks tervikuks. Selline lähenemine võimaldab paremini mõista, kuidas IKT kasutamine üldiselt mõjutab õpilaste akadeemilisi tulemusi, kuna elus õpioskused ning teadmised ei piirdu ühe konkreetse õppevaldkonnaga.

Koosmõju uurimine võimaldab pakkuda terviklikumat arusaama tehnoloogia kasutamise mõjust õpilaste hariduslikule arengule. Tehnoloogia kasutamise mõjust on vastakaid tulemusi ning ühtsele tulemusele jõutud ei ole. Arengumaade õpilaste jaoks võib tehnoloogia kasutamine avaldada negatiivsemat mõju tulemustele, kuna infrastruktuur võib olla ebatäiuslik. Puudulik juurdepääs arvutitele, internetile ja muudele vahenditele võib piirata õpilaste võimalusi kasutada neid hariduslikel eesmärkidel. Seetõttu võib negatiivne mõju tuleneda ressursipuudusest kui IKT enda kasutamisest. Ka sealsetel õpetajatel võib puududa vajalik koolitus tehnoloogia vahendite tõhusaks kasutamiseks haridusprotsessis. Kui õpetajad ei ole teadlikud efektiivsest kasutamise viisist õppetöös, siis õpilaste juhendamine võib olla puudulik ning seeläbi ka IKT mõju õpitulemustele negatiivne. (Fernandez-Gutierrez *et al.*, 2023) Õpetajate oskuslik tehnoloogia põimimine haridussüsteemi muudab omandatud teadmised püsivamaks ning usaldusväärsemaks. Tehnoloogia aktiivne kaasamine mitte ainult ei täienda traditsioonilisi õpetamismeetodeid, vaid võimaldab ka kujundada kriitilise mõtlemise ja infootsingu oskusi. Lisaks on õpetajatel oluline roll tutvustada õpilastele tehnoloogilisi tööriistu ja õpetada neile oskuslikult navigeerida digitaalses keskkonnas, et eristada usaldusväärset teavet ebatäpsest või eksitavast. (Kücü, 2023) See on oluline, kuna internetist teabe otsimine kajastub positiivsete muutustena koolitulemustes, kuid samal ajal liialt intensiivne tehnoloogia integreerimine avaldab negatiivset mõju nii madala kui ka kõrge sooritusvõimetega õpilaste saavutustele. Liigne teiste õpilastega suhtlemine internetis, võib kaasa tuua negatiivse mõju, kuna õpilased hakkavad oma tulemusi teistega võrdlema ja oma arvamust vääraks pidama. Koolitööde jagamine, jututubades koolitööde arutamine ning pidevalt e-kirjade saatmine õpetajatele, vähendab õpilaste individuaalset mõtlemist ning iseseisvalt otsuse langetamise võimet. (Agasisti *et al.*, 2020; Cano *et al.*, 2019)

Määravaks tehnoloogia kasutamise mõju suunaks tuleb välja tuua ka õpilaste huvi tehnoloogia osas. Huvi IKT vastu on oluline faktor, mis soodustab positiivsemaid õpitulemusi. Õpilaste huvi IKT vastu innustab aktiivselt osalema digitaalsetes õpikeskkondades ning julgustab iseseisvat uurimist ja õppimist. Kui õpilased tunnevad, et tehnoloogia vastab nende isiklikele huvidele ja vajadustele, suureneb tõenäosus, et nad kasutavad seda tõhusalt õppimiseks ja teadmiste omandamiseks. Õpilaste huvi tehnoloogia vastu suurendab nende motivatsiooni õppimise osas ning aitab neil leida sobilikemaid õppemeetodeid ning rakendada õpitut praktilistes projektides. Oskuslik tehnoloogia kasutamine aitab kaasa õpimotivatsiooni tõusule ning seeläbi õpitulemused paranevad. Seeläbi on oluline mõista, et pelgalt IKT vahendite pakkumine ning kasutamine ei pruugi tagada edu õpilaste tulemuslikkusele, vaid sama suurt rolli mängib õpilaste endi huvi, õpetajate oskuslik integreerimine ning tehnoloogia kättesaadavuse lihtsus. (Li & Petersen, 2022)

Akadeemiliste saavutuste edu on tihedalt seotud tehnoloogia kasutamise eesmärgiga. Mõned väidavad, et nii koolitööde kui ka vabaaja jaoks mõeldud tehnoloogia kasutamine võib vähendada tähelepanu võimet ja toimida segava faktorina. Sotsiaalsete võrgustike liigne kasutamine nii nädala sees kui ka nädalavahetustel osutab pikas perspektiivis negatiivset mõju koolitulemustele, eriti kui õpilaste perekondlikku sotsiaalmajanduslikku tausta hoitakse muutumatuna. Kui õpilased kasutavad märkimisväärselt palju aega tehnoloogilistele seadmetele ja platvormidele, siis viib see kognitiivsete ressursside hõivamiseni, mis on vajalikud keskendumiseks õppetööle. Sotsiaalmajanduslikule tausta mõju seisneb õpilaste toetavas kodukeskkonnas. (Liu & Zhang, 2016; Navarro-Martinez & Pena-Acuna, 2022) Mida tugevam on perekonna taust, seda edukam on õpilane oma kohustustes (Li & Petersen, 2022). Lisaks mõjutab perekonna taust ka tehnoloogia kättesaadavuse võimalikkust. Õpilased, kellel puuduvad võimalused tehnoloogia juurdepääsule, on suurema tõenäosusega ka madalama akadeemilise sooritusega, kuna esineb piiratud juurdepääs hariduslikele vahenditele ning seetõttu suureneb ka riigiti hariduse ebavõrdsus.

Õpitulemuse edukusega on lisaks tehnoloogiale, seotud ka õppija migratsioonistaatus. Immigrantidel esineb haridusprotsessis erinevaid väljakutseid, mis mõjutavad negatiivselt nende tulemusi. Kultuurilised erinevused, keelebarjäärid ja kohanemiskõhivad võivad olla faktorid, mis mõjutavad õpilaste võimet osaleda aktiivselt õppetöös ning seeläbi mõjutada tema õpitulemusi. Erinevusi esineb ka meeste ja naiste osas, kus tuuakse välja, et meestel on kõrgemad tulemused nii matemaatikas kui loodusteaduses, kuid naistel seeläbi lugemises. (Calero *et al.*, 2020; Gallo-Rivera *et al.*, 2021; Liu & Zhang, 2016) Kuigi meestel võivad olla kõrgemad akadeemilised saavutused teatud valdkondades, on tehnoloogiaga seotud mõjud soolise erinevuse kontekstis

keerukamad. Uuringud on näidanud, et meestel esineb suurem negatiivne seos tehnoloogia kasutamisega, eriti vaba aja kasutamise eesmärgiga. Kui Gomez-Fernandez & Mediavilla (2021) leidsid, et mida varasemas eas hakatakse tehnoloogiat kasutama, seda positiivsem seos esineb akadeemiliste tulemuste vahel, siis Navarro-Martinez & Pena-Acuna (2022) väitsid, et just liialt varajane algus on põhjuseks, miks meestel esineb tugevam negatiivne tehnoloogia mõju õpitulemustele. Mehed alustavad liialt vara tehnoloogia kasutamist ning seetõttu tarbivad sotsiaalmeediat sagedamini kahjulikeks ning mitte arendavateks tegevusteks. Siiski, vastupidine järeldus tuleneb uuringust, kus Gomez-Fernandez & Mediavilla (2021) toovad esile, et akadeemilise tulemuslikkuse ja IKT kasutamise positiivne seos on seotud just tehnoloogia kasutamisega meelelahutuseks kodustes tingimustes.

Tehnoloogia kasutamise mõju on vaadeldud ka asukoha põhised ning leitud, et tehnoloogia mõju võib erineda ka vastavalt koolis või kodus kasutatavusele. Oma töö tulemustena tõid Inci & Kaya (2021) välja, et tehnoloogia liialdane kasutamine koolis on negatiivselt seotud õpitulemustega, kuidas sama aegselt on negatiivse mõjuga ka IKT kasutamine kodus koolitööde jaoks. Positiivselt mõjutab tulemuslikkust IKT vahendid, ainepõhine IKT kasutamine õppetöös ja IKT kasutamise pädevus. Ka Akin & Güzeller (2014) ja Liu *et al.* (2015) leidsid, et koolis IKT kasutamine on negatiivselt seotud õpitulemustega, kuid õpilaste IKT kasutamine kodus on positiivse mõjuga. Õpilased, kes kodus kasutavad tehnoloogia abi õppe eesmärgil, nende tulemused on paremad võrreldes nendega, kes kasutavad tehnoloogiat ainult meelelahutuslikul eesmärgil. Kolmest õppeainest, mõjus matemaatika tulemustele kodune tehnoloogia kasutamine enim positiivselt, kuna matemaatika ülesanded on keerulised ning õpilased saavad internetist lisa informatsiooni ning abi kaasõpilastelt ülesannete lahendamisel. (Akin & Güzeller, 2014; Hew & Tan, 2019) Vastakaid tulemusi leitakse ka IKT vahendite mõju osas õpitulemustele. Ühed leiavad, et mida rohkem tehnoloogia vahendeid õpilase kohta majapidamises on, siis seda paremad on tulemused (Gomez-Fernandez & Mediavilla, 2021). Samal ajal leiavad Hew & Tan (2019), et mida vähem on majapidamises erinevaid tehnoloogia vahendeid, seda kõrgemad on õpitulemused, kuna tähelepanu kõrvalejuhtimise võimalusi on vähem. Ka Gong *et al.* (2018) tõdevad, et liigne sõltuvus tehnoloogiast haridusele toob kaasa negatiivse mõju õpitulemustele ning seetõttu on oluline säilitada tasakaal traditsiooniliste õppevormide ja tehnoloogiapõhise õppimise vahel.

Kuigi tehnoloogia on oluline tööriist kaasaegses hariduses, võib selle liigkasutamine põhjustada mitmeid väljakutseid. Varasemad uuringuid on selgelt näidanud, et tehnoloogia kasutamise mõju haridussüsteemile ei ole universaalne, vaid sõltub mitmetest teguriteks, sealhulgas riikidest,

piirkondadest ja kasutamise kontekstist. Erinevate kultuuride, haridussüsteemide ning majandus- ja sotsiaalmajanduslike tingimuste tõttu võib tehnoloogia mõju olla mitmekesine. Riikide vahelised erinevused võivad tuleneda infrastruktuuri, ressursside ja koolide varustatuse tasemest. Samuti võivad haridusstrateegiad ja õpetajate pädevus IKT kasutamises erineda, mis omakorda mõjutab lõpptulemust. Ka kasutamise asukoht mängib olulist rolli, kus koolis suunatud tehnoloogia kasutamine võib olla tõhus õppemeetod, kuid kodustes tingimustes mitte või vastupidi. Väidetakse, et kui näiteks ühel juhul mõjub koolis kasutamine tulemusi negatiivselt, siis sama aegselt kodus tehnoloogia kasutamine on jällegi positiivse seosega. Sellised kompleksed tulemused näitavad tehnoloogia uurimise keerukust ning et tulemusi ei saa üldistada üle riikide ning väita, et igas riigis on tehnoloogia kasutamine sarnase mõjuga õpilaste tulemuslikkusele.

Seetõttu on oluline läbi viia uuring ka Eesti tasandil kooliõpilaste seas, et mõista paremini tehnoloogia rolli Eesti haridussüsteemis. Enne, kui astuda samme tehnoloogia osakaalu suurendamise suunas haridusvaldkonnas, on oluline uurida seda nähtust kohalikul tasandil. Kohandatud lähenemine aitab mõista millist rolli tehnoloogia hariduses omab õpilaste tulemustele ja kuidas seda tõhusalt integreerida, tagades seeläbi hariduse kvaliteedi ja kõigi õpilaste arengu.

## 2. ANDMED JA METOODIKA

### 2.1. Andmebaas ja valim

Käesolevas töös kasutatakse OECD poolt korraldatud PISA 2022 uuringu tulemusi, mis uurib 15-aastaste noorte teadmisi ja oskusi matemaatikas, loodusteaduses ja funktsionaalses lugemises. Haridusuuringu eesmärk on pakkuda rahvusvahelist võrdlusinfot õpilaste oskuste kohta, kui nad on umbes 15-aastased, kuna enamikes haridussüsteemides on see vanus kohustusliku koolihariduse lõpu lähedal. PISA testid mõõdavad õpilaste omandatud oskusi ning pädevusi, hinnates noorte valmidust lahendada reaalses elus esilekerkivaid probleeme ning nende võimet kasutada omandatud teadmisi praktilistes olukordades. Igal aastal sooritavad õpilased testid kõigis kolmes õppeaines, kuid testide fookus varieerub, keskendudes erinevatel aastatel erinevatele õppeainetele. Uuringus hindamisele kuuluvaid õppeaineid kirjeldatakse järgnevalt: (Henno *et al.*, 2023)

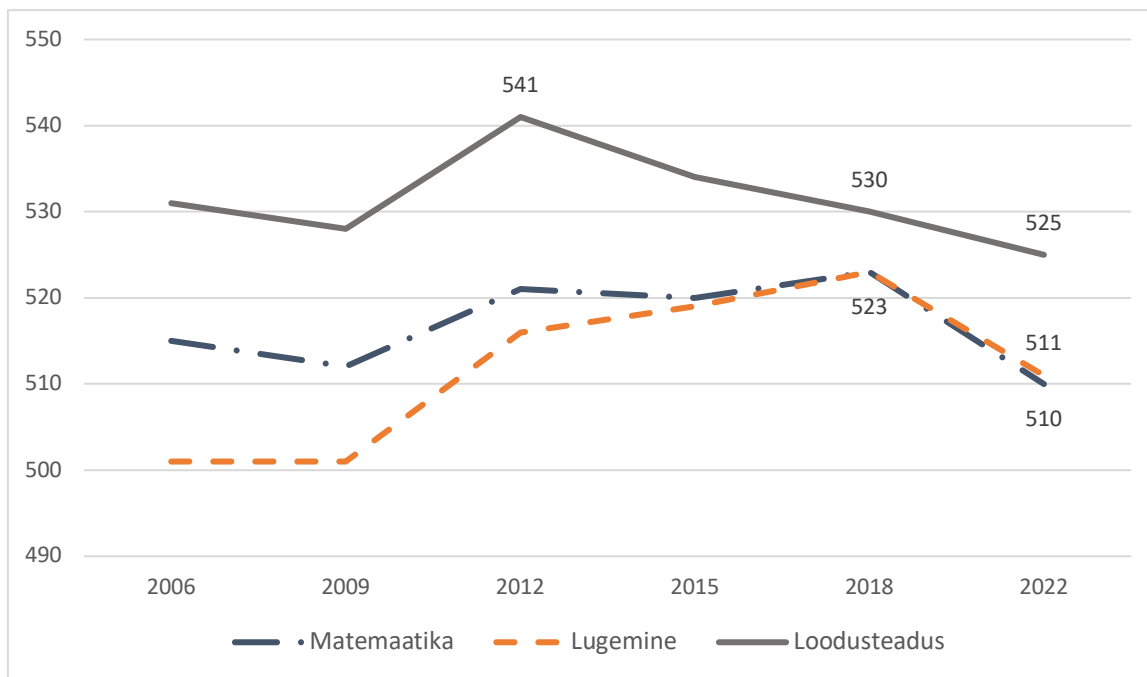
1. matemaatika – keskendub õpilaste võimetele rakendada matemaatilisi mõisteid reaalses olukordades, toetades nende kriitilist mõtlemist ja otsustusvõimet;
2. loodusteadus – mõõdab õpilaste võimet käsitleda loodusteadustega seotud küsimusi ja ideid, rõhutades valmisolekut arutleda teaduse ja tehnoloogia üle ning arendada teaduslikku mõtlemist ja oskust tõlgendada andmeid;
3. funktsionaalne lugemine – hõlmab õpilaste võimet mõista, hinnata ja suhelda erinevate tekstidega, võimaldades neil saavutada isiklikke eesmärgi, laiendada teadmisi ja aktiivselt osaleda ühiskonnas.

Alates 2000. aastast viiakse uuringut läbi iga kolme aasta tagant nii OECD kui partnerriikides. COVID-19 pandeemia ilmnemise tõttu lükkus 2021. aastal toimuma pidanud uuring edasi ning seetõttu viidi PISA uuring läbi 2022 aastal, mille tulemused avaldati 2023 aasta detsembris. 2022. aasta tulemuste põhivaldkonnaks oli matemaatika. Osalevate riikide arv on pidevas kasvus, kus 2000. aastal osales 32 riiki ning 2022. aastal 81 riiki, millest 37 olid OECD riigid ning 44 partnerriigid. 2022. aasta uuringust võttis osa 690 000 õpilast, kes esindavad ligikaudu 29 miljonit 15-aastast õpilast. PISA uuringus kasutatakse valimi moodustamisel kahes järgus toimuvat

metoodikat, kus algselt valitakse välja uuringus osalevad koolid ning teises järgus õpilased. Riigil tuleb esitada nimekiri kõikidest õppeasutustest, kus õpivad 15-aastased õpilased ning selle alusel koostatakse uuringus osalevate koolide valim, võttes arvesse kooli õppekeelt, asukohta, suurust ning tüüpi. Osalevad õpilased võivad õppida mis tahes õppeasutustes, osaledes täis- või osalise ajaga õppes, akadeemilistes või kutseõppeprogrammides ning käia riigi piires riiklikes või era- või ka välismaa koolides. Testid sooritatakse suuremas osas arvutipõhiselt ning testi ajaline pikkus on umbes kaks tundi. Lisaks kolmele õppeainele, kogub PISA uuring andmeid ka viiele lisa küsimustikule, mis on vabatahtlikud. Õpilased täidavad küsimustiku sotsiaalmajanduslike tunnuste lõikes kui ka haridustee, tehnoloogia kasutamise ning heaolu tunnuste osas. Lisaks viiakse läbi nii koolijuhtidele suunatud küsimustik kui ka õpetajatele ja lapsevanematele suunatud küsimustik. (OECD, 2023a)

Käesolev uuring keskendub Eesti õpilaste õpitulemuste hindamisele, kus uuritakse põhjalikumalt tehnoloogia kasutamise rolli akadeemilistele saavutustele. Varasematest uuringutest selgus, et tehnoloogia kasutamise roll õpilaste akadeemilistele tulemustele on riigiti erinev. Seetõttu on oluline hinnata IKT rolli riigi tasandil, et poliitika kujundajad mõistaksid millist mõju võib tehnoloogia kasutamine haridusele avaldada. Esimest korda osales Eesti haridusuuringus 2006. aastal, mil uuringut sooritas 4865 õpilast. 2022. aastaks on õpilaste arv suurenenud 6392. õpilaseni, kes on valitud 196. eri koolist. Joonisel 3 on välja toodud Eesti õpilaste tulemused PISA uuringutes.

Joonisel 2 näeme, et 2022. aasta tulemused on võrreldes 2018. aastaga langenud, kuid loodusteaduse õppeaine langus on alanud juba varasematel aastatel. Eesti õpilased võrreldes OECD keskmisega on saavutanud kõigis õppeainetes kõrgemaid tulemusi, kus OECD keskmine matemaatikas 2022. aastal oli 472, lugemises 476 ning loodusteaduses 485 punkti. OECD riikide keskmine tulemus langes 2022. aastal võrreldes 2018. aastaga pea 17 punkti matemaatikas, 11 punkti lugemises ning 4 punkti loodusteaduses ning näeme, et Eesti õpilaste tulemuste langus on olnud võrdväärne. (Henno *et al.*, 2023)



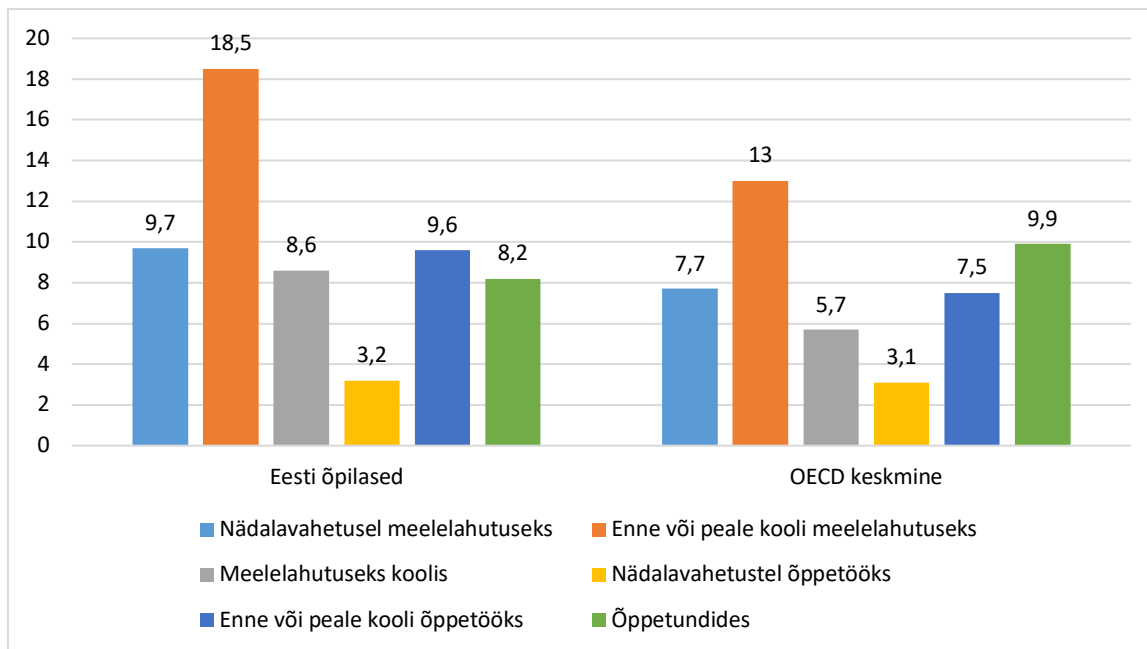
Joonis 2. Ülevaade Eesti õpilaste tulemustest kõikides PISA uuringutes  
Allikas: autori koostatud OECD andmete põhjal

Suurim muutus haridussüsteemis võrreldes 2018. aastaga on olnud pandeemia ilmnemine, kus koolidel üle maailma tuli üle minna koduõppele. Akadeemiliste tulemuste langust ei saa täielikult põhjendada pandeemia ilmnemisega, kuna osades riikides algas õpitulemuste langus juba varasematel aastatel, kuid osaliselt on pandeemia põhjustanud kooliõpilaste tulemuste kahanemist. (OECD, 2023a) See tähendab aga suurenenud tehnoloogia osakaalu haridusvaldkonnas, kus teatud perioodil toimus kogu õpe läbi veebikeskkonna. 2022. aasta tulemustest selgus, et kui 2012. aastal oli Eesti digitehnoloogia kasutamises esimesel kohal, siis 2022. aastal on tehnoloogia kasutamise osakaal Eesti haridussüsteemis madalam kui OECD keskmine. 47,5% õpilastest väitsid, et kasutavad igal nädalal kord või enam arvuteid õppetöös, kuid samal ajal on näiteks Hiina õpilaste seas tulemuseks 72,5% või Singapuris 71%. Antud tulemus näitab, et Eesti ei ole viimastel aastatel jõudsalt digitehnoloogia osakaalu haridussüsteemis suurendanud, kuid samaaegselt on teinud seda teised riigid. Edukaimad digitehnoloogia kasutajad on Ukraina, Taani ning Norra, kus õppetöös kasutatakse tehnoloogiat üle kolme tunni päevas, kuid Eestis 1,6 tundi päevas. Riikide keskmisest on Eestil 0,3 punkti vähem.

Joonisel 3 on välja toodud kui mitu tundi ning millisteks tegevusteks kasutavad Eesti õpilased ühe nädala jooksul tehnoloogiat võrreldes OECD keskmisega. Nädala jooksul kasutavad Eesti õpilased digitehnoloogiat 57,8 tunni jagu ning OECD riikides keskmiselt 46,9 tunni võrra. Andmetest



näeme, et kokkuvõttes kasutavad Eesti õpilased tehnoloogiat keskmisest rohkem, kuid samuti näeme, et 64% ulatuses kasutatakse tehnoloogiat meelelahutuseks ning 36% õppetööks. OECD riikide puhul on jaotus vastavalt 56% ning 43%, mis tähendab, et Eesti õpilased õppetöö eesmärgil kasutavad tehnoloogiat riikide keskmisest vähem. (Henno *et al.*, 2023)



Joonis 3. Digitehnoloogia kasutamine tundides ühe nädala jooksul  
Allikas: autori koostatud OECD PISA 2022 tulemuste põhjal

Enne, kui koolides hakatakse suurendama digitehnoloogia kasutamist, tuleb põhjalikumalt uurida tehnoloogia kasutamise rolli õpilaste õpitulemustele. On oluline teada, kas digitehnoloogia osakaalu suurendamine haridussüsteemis võib kaasa tuua positiivset või negatiivset mõju akadeemilistele saavutustele ning seeläbi tuleb uurida olemasolevate andmete põhjal, millist rolli tehnoloogia kasutamine, nii koolis kui kodus, õpitulemustele omab.

## 2.2. Metoodika

PISA andmetega töötades tuleb enne ökonomeetrilist analüüsi teha rida kohandusi. Üheks on töötamine võimalike väärtustega (*plausible values*), mida PISA andmestikus on õppeaine kohta loodud kümme iga õpilase puhul. Võimalikud väärtused on laialdaselt kasutuses suuremahulistes hindamistest, mida kasutatakse õpilaste oskuste hinnangute tegemisel. Väärtused loovad mitu hinnangulist tulemust, kajastades õpilaste oskuste tõenäosuslikku jaotust. Meetod tugineb

mitmekordsetele täiendustele, kasutades õpilaste vastuseid juhuslikult määratud testiküsimustele ja taustaküsimustikele. (OECD, 2023b) Selline meetod on kasutuses, kuna PISA uuring viiakse läbi piiratud aja jooksul ning eesmärgiks on pakkuda võrreldavat teavet õpilaste võimete ning teadmiste kohta. Selleks, et katta suurt hulka testimaterjali, jaotatakse testitud üksused mitmeks blokiks, kuna kõigilt õpilastelt ei ole võimalik küsida vastuseid kõikidele testi osadele. See tähendab, et iga õpilane vastab ainult osale küsimustest, mis omakorda toob kaasa mõõtmisvea esinemise. (Aparicio *et al.*, 2020) Seetõttu kasutataksegi võimalikke väärtusi, et leida usaldusväärseid oskuste hinnanguid piiratud hulga tehtud küsimuste ning õpilaste taustateabe põhjal.

Empiirilistest analüüsides kasutatakse võimalike väärtuste esinemisel sageli kahte erinevat lähenemist ökonomeetriliste mudelite puhul, mis mõlemad viivad tulemuste moonutamiseni. Esiteks valitakse sageli kõigist kümnest võimalikust väärtusest sõltuvaks muutujaks vaid üks, kuid sel juhul alahinnatakse tulemuste standardvigu, muutes hinnangud liialt enesekindlaks. Samuti ei võeta arvesse mõõtmisviga, mis võib viia tulemuste moonutamiseni. (OECD, 2023b) Teiseks meetodiks on olemasolevate võimalike väärtuste keskmise arvutamine ning seejärel keskmise kasutamine nagu see oleks ainus kättesaadav õpilaste soorituste hinnang. Sellisel juhul on probleemiks tugev standardvigade alahindamine, mis võib viia eksitavate tulemusteni. Seetõttu ei soovitata kumbagi neist lähenemistest võimalike väärtustega ümberkäimisel ning lähtuda tuleks andmestike tehnilistes aruannetes kirjeldatavatest juhtnööridest. (Aparicio *et al.*, 2020)

Teiseste analüüside läbiviimiseks tuleks iga võimaliku väärtuse suhtes viia läbi eraldi arvutused, tagamaks sobivad hinnangud populatsiooni statistikale, nii keskmistele kui dispersioonile. Tuginedes OECD suunistele PISA andmete ettevalmistamiseks, on võimalike väärtustega töötamiseks ette antud viis sammu (OECD, 2024):

1. arvutage hinnangud iga võimaliku väärtuse kohta;
2. arvutage lõplik hinnang, keskmistes kõigi esimese sammu (1) käigus saadud hinnangutega;
3. arvutage valimi dispersioon (võrdse hinnangu saab kasutades ühte võimalikku väärtust);
4. arvutage imputatsiooni dispersioon (mõõtmisvea dispersiooni hinnang iga võimaliku väärtuse kohta ning seejärel keskmiselt üle kõigi võimalike väärtuste);
5. arvutage lõplik standardviga, kombineerides sammud (3) ja (4).

Käesolevas töös on kõiki neid kaalutlusi arvesse võetud akadeemiliste saavutuste hindamise puhul. Iga õppeaine puhul viidi läbi kümme mudelit, kus sõltuvaks muutujaks võeti vastav võimalik väärtus ning arvutati lõplik hinnang ja standardviga punktide (2), (3) ning (4) põhjal.

PISA uuringul on kompleksne uuringukujundus, kus nagu varasemalt mainitud, kasutatakse valimi moodustamisel kahes järgus toimuvat meetodikat. Selline meetodika rikub vaatluste sõltumatuse eeldust, kuna koolid valitakse peamise valimisühikuna ning õpilased on koolides „rühmitatud“. Seetõttu esineb andmetes hierarhiline mitmetasandiline struktuur, kus õpilased on pesitsetud koolidesse. Sellise struktuuri tõttu ei ole traditsiooniline vähimruutude meetod (OLS) sobiv, kuna kui andmed sõltuvad kõrgema taseme üksusest, siis korreleeruvad gruppide sisesed indiviidide vealiikmed, mis rikub standardse ühetasandilise regressiooni vaatluste sõltumatuse eeldust. Varasemates uuringutest lähtuvalt ning toetudes eelkõige Gomez-Fernandez & Mediavilla (2018) tööle, kasutatakse uurimisprobleemi lahendamiseks mitmetasandilist modelleerimist (*hierarchical linear modelling – HLM*). HLM mudel on sobilik pesitsetud andmete analüüsimiseks, kuna see võimaldab arvesse võtta hierarhilist struktuuri, kus vaatlused on grupeeritud erinevate tasemete vahel. Mudel võimaldab hinnata nii õpilaste (*Level 1*) kui ka koolide tasandi (*Level 2*) muutujaid, kus jaotatakse õpilaste akadeemiliste saavutuste erinevused koolide vahel ning koolide sees ning mille jääkide jaotumine on normaalne ja mida hinnatakse maksimaalse tõenäosus meetodiga. (Anderson, 2012)

Selleks, et hinnata tehnoloogia kasutamise seost õpilaste õpitulemustele, koostati kaheksa erinevat mudelit, kus algselt luuakse nullmudel iga õppeaine puhul ning seejärel kombineeritud nullmudel, et selgitada välja kui palju õpilaste saavutuste erinevust saab omistada rühmasisestele ja rühmadevahelistele komponentidele. Nullmudeliks nimetatakse baasmudelit, mis on samaväärne ühesuunalise dispersioonanalüüsiga (ANOVA). Nullmudel on algne mudel, mis ei sisalda selgitavaid muutujad õpilase tasandi ega koolide tasandi vaheliste erinevuste selgitamiseks. Mudeli eesmärgiks on võrrelda järgnevaid mudeleid ning hinnata, kui suur osa üldvarieeruvusest on tingitud taseme 2 ehk koolide vahelistest erinevustest. See võimaldab mõõta kui palju varieeruvust on andmetes olemas ning kui olulised on koolide tasandi muutujate vahelised erinevused. Nullmudeli võrrandi saab esitada alljärgnevalt (Anderson, 2012):

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij} \quad (2)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad (3)$$

kus

$Y_{ij}$  – õppeaine saavutuse skoor õpilase  $i$  pool koolis  $j$ ,  
 $\beta_{0j}$  – tase 1 hinnanguline koefitsient,  
 $r_{ij}$  – tase 1 vealiige,  
 $\gamma_{00}$  – tase 2 hinnanguline koefitsient,  
 $u_{0j}$  – tase 2 vealiige.

Seejärel arvutatakse baasmudeli põhjal klassidevaheline korrelatsioonikoefitsient (ICC), mille väärtus jääb vahemikku 0 kuni 1 ning mis kirjeldab, kui suur osa kogu varieeruvusest sõltub grupiliikmelisusest. ICC väärtust arvutatakse järgneva valemiga (*Ibid*, 2012):

$$\rho = \frac{\tau_{00}}{(\sigma^2 + \tau_{00})} \quad (4)$$

kus

$\rho$  – ICC väärtus,  
 $\tau_{00}$  – tase 2 varieeruvus,  
 $\sigma^2$  – tase 1 varieeruvus.

Mõned autorid, näiteks Lee (2000), soovivad ICC väärtust tõlgendada HLM mudeli vajalikkuse hindamiseks, et teha kindlaks, kas ühetasandiline regressioon oleks piisav. Lee (2000) väidab, et kui kõrgema taseme gruppidel on varieeruvuse osakaal kogu varieeruvusest väike, siis võib ühetasandilise regressiooni eeldus iseseisvuse suhtes olla minimaalselt rikutud ning võib jääda lihtsama mudeli juurde. Siiski märgib Roberts (2007), et väikesed ICC väärtused ei õigusta HLM meetodi mitte kasutamist, sest täiendav sõltuvus võib tekkida pärast sõltumatute muutujate lisamist mudelisse.

Lõplikusse HLM mudelisse lisatakse tehnoloogia kasutamise muutujad ja ka nii õpilase tasandi kui kooli tasandi kontrollmuutujad. Lõpliku mudeli võrrandid esitatakse järgnevalt (*Feldstain et al.*, 2012):

Tase 1 - üksuse sisene:

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} X_{ij} + r_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \quad (5)$$

kus

$Y_{ij}$  – tähistab õppeaine saavutuse skoori õpilase  $i$  poolt koolis  $j$ ,  
 $X_{kij}$  – tähistab sõltumatut tunnust õpilase  $i$  kohta koolis  $j$ ,  
 $\beta_{0j}$  ja  $\beta_{1j}$  – tase 1 hinnangulised koefitsiendid,  
 $r_{ij}$  – tase 1 vealiige.

Tase 2 - üksuse vaheline:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} G_j + u_{0j} \quad (6)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11} G_j + u_{1j} \quad (7)$$

kus

$G_j$  – kooli  $j$  tunnuste sõltumatu muutuja,

$\gamma_{00}$  ja  $\gamma_{10}$  – tase 2 hinnangulised koefitsiendid,

$u_{0j}$  ja  $u_{1j}$  – tase 2 vealiikmed.

Selleks, et võimaldada muutujate ja koefitsientide klassifitseerimist nende mõjutavate hierarhia taseme järgi, luuakse kombineeritud mudel (8), asendades võrrandid 6 ja 7 võrrandisse 5.

Tase 3 – kombineeritud kahetasandiline:

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}X_{ij} + \gamma_{01}G_j + u_{1j}X_{ij} + u_{0j} + r_{ij} \quad (8)$$

Juhuslik komponent  $u_{0j}$  on see, mis eristab HLM mudelit standardsest ühetasandilisest regressioonist, kuna see võimaldab koolide (Tase 2) vealiikmel varieeruda. Ühetasandilistest regressioonides arvutatakse ainult üks vealiige, mida eeldatakse fikseerituks või võrdseteks, kuid HLM mudeli puhul on tase 2 vealiikme varieeruvus lubatud. Kombineeritud lõplik kahetasandiline mudel sisaldab 1. ja 2. tasandi muutujaid ning sageli nimetatakse mudelit segamudeliks, kuna mudel sisaldab nii fikseeritud kui ka juhuslikke mõjusid. Fikseeritud mõjud ei varieeru gruppide vahel, milleks antud töös on nendeks õpilase tasandi ning koolide tasandi muutujad. Juhuslikud mõjud võtavad arvesse varieeruvust ning erinevusi erinevate üksuste lõikes, milleks antud töös on erinevad koolid.

HLM mudeli puhul on oluline arvestada ka mudeli standardvigadega. Üks peamisi väljakutseid HLM mudeli rakendamisel on standardvigade õige hindamine. Maksimaalse tõenäosuse meetodil põhinevad hinnangud eeldavad normaaljaotust, kuid mitmetasandilised andmestruktuurid võivad põhjustada standardvigade ebatäpsust ning valehindamisi olulisuse teste tehes. Selleks, et vähendada hinnangute ebatäpsust ning tagada mudeli robustsus, on HLM mudelis rakendatud robustsed standardvead. Robustsete standardvigade kasutamine tagab mitmetasandiliste mudelite ning kõrge arvuga gruppide puhul korrektsemad ja usaldusväärsemad tulemused ning vähendavad ebatäpsuste mõju olulisuse hindamisel.

Eelnevalt mainitult, valitakse PISA lõplikku valimisse kaasatud õpilased juhuslikult, kuid õpilaste valiku tõenäosus on siiski erinev. Seetõttu tuleb analüüsi kaasata ka uuringu kaalud, tagamaks, et iga valimisse kaasatud õpilane esindab õiget arvu õpilasi kogu PISA populatsioonile ning et vältida standardvigade kõrvale kaldumist. (Gomez-Fernandes & Mediavilla, 2021) Käesolevasse tööse lisati lõplikud õpilaste kaalud ( $W\_FSTUWT$ ) ja lõplikud koolide kaalud ( $W\_SCHGRNRABWT$ ), et vähendada valimi kõrvalekaldeid.

Järgnevas alapeatükis esitatakse mudelis kasutatavate muutujate kirjeldused ning kirjeldav statistika. Kirjeldava statistika esitamisel võetakse arvesse andmete struktuuri ning kasutatakse replikatsioonikaale, et arvestada keeruka valimistruktuuri mõju ning hinnata statistilist täpsust ja usaldusväärsust.

### 2.3. Kirjeldav statistika

Käesolevas töös on sõltuvate muutujatena kasutatud nii õpilaste matemaatika, loodusteaduse kui lugemise testide tulemusi. Järgnevalt kirjeldatakse analüüsis kasutatavaid tehnoloogia, õpilase tasandi ja kooli tasandi muutujaid ning selgitatakse PISA uuringu poolt esitatud kombineeritud muutujate tausta.

Tehnoloogia kasutamise muutujatena kasutatakse PISA uuringu enda poolt loodud indekseid, milleks on ICTOUT, ICTSCH, ICTHOME ja ICTWKDY. Tulemuste tõlgendamisel on oluline arvestada erinevate muutujate olemust ning nende skaleerimise meetodit. Tehnoloogia kasutamise muutujad on skaleeritud *Item Response Theory* (IRT) mudeli abil. Kaalutud tõenäosuse hinnangud (*Weighted Likelihood Estimates*) latentsete mõõtmete jaoks on teisendatud skaaladeks keskmisega null ning standardhällbega üks üle OECD riikide, mis tähendab, et tulemuste tõlgendamisel tuleb indeksite väärtusi võrrelda OECD keskmisega. Negatiivsed indeksite väärtused näitavad, et õpilase tulemus oli vähem positiivne kui keskmise OECD õpilase ning positiivsed indeksite väärtused vastupidist. Tehnoloogia muutujate kirjeldus on esitatud tabelis 1 ning detailsem kirjeldus lisas 1 (vt. Lisa 1).

Tabel 1. Töös kasutatud tehnoloogia muutujate kirjeldus

Muutuja	Kirjeldus
ICTOUT	Õpilase hinnanguline sagedus, kui tihti ta kasutab digitaalseid ressursse erinevate kooliga seotud tegevuste jaoks väljaspool klassiruumi
ICTSCH	Õpilase hinnanguline sagedus, kui tihti ta kasutab erinevaid digitaalseid ressursse koolis
ICTHOME	Õpilase hinnanguline sagedus, kui tihti ta kasutab erinevaid digitaalseid ressursse kooliväliselt
ICTWKDY	Õpilase hinnanguline sagedus, kui tihti ta kasutab digitaalseid ressursse vaba aja tegevusteks

Allikas: autori koostatud OECD PISA 2022 andmete põhjal

Lisaks tehnoloogia kasutamise muutujatele kaasatakse uuringusse ka kontrollmuutujad nii õpilase kui kooli tasandil. Kõik mudelis kasutatavad kontrollmuutujad ning nende selgitused on esitatud

lisas 2 (vt. lisa 2). Õpilase tasandil lisatakse mudelisse kontrollmuutujatena sugu, immigratsiooni indeks (IMMIG), sotsiaalmajandusliku tausta indeks (ESCS), koolist puudunud päevade arv viimase kahe nädala jooksul, klassi kordamine ning kodune keel. Kooli tasandi kontrollmuutujatena lisatakse mudelisse kooli õppekeel, asukoht ning klassi õpilaste arv. PISA majandusliku, sotsiaalse ja kultuurilise staatuse indeks (ESCS) põhineb kolmel komponendil, milleks on kõrgeima vanema ametialane staatus, vanemate kõrgeim haridustase aastates ning koduvara. Need komponendid sisaldavad sotsiaalmajanduslikku staatust, kuna otsene sissetuleku mõõtmine PISA andmetes puudub. Samuti võetakse arvesse ka õpilase immigratsiooni taust, kus eristatakse õpilasi kolmel tasemel. Baastasemeks on koduriigis sündinud õpilased, kellel vähemalt üks vanem on sündinud Eestis. Teise põlvkonna õpilased on need, kes on sündinud Eestis, kuid kelle mõlemad vanemad on sündinud muus riigis ning esimese põlvkonna õpilasteks peetakse neid, kes ise kui ka tema vanemad on sündinud muus riigis. (OECD, 2023b)

2022. aastal võttis PISA uuringust osa 6392 Eesti õpilast. Valimi moodustasid 3120 tüdrukut ning 3272 poissi. Andmestikus esines puuduvaid väärtusi, kuid Gomez-Fernandez & Mediavilla (2021) tõid oma töös välja, et lõplikud tulemused sellest ei muutu, sõltuvalt kas puuduvate väärtuste puhul imputeerimisprotsessi teostatakse või mitte. Seetõttu eemaldas autor valimist kõik need vaatlused, millel vähemalt ühe muutuja puhul väärtus puudus ning lõplikusse valimisse jäi 5484 õpilast. Mudelisse lisatud muutujate seas on nii pidevad, binaarsed kui ka kategoorilised muutujad ning kõigi muutujate kirjeldav statistika on esitatud tabelis 2.

HLM mudelisse on integreeritud mitmeid tehnoloogia muutujaid ning usaldusväärse tagamiseks viis autor läbi multikollineaarsuse analüüsi, kus hinnati muutujate vahelisi seoseid ja vastastikust sõltuvust. Multikollineaarsuse probleemi tuvastamiseks, vaadeldi muutujate vahelisi korrelatsioone, mis esitati korrelatsioonimaatriksina. Korrelatsioonimaatriks aitab tagada, et mudelis kasutatud muutujad ei oleks omavahel liigselt seotud, tagades seeläbi tulemuste stabiilsuse ja usaldusväärse. Korrelatsioonikordajate väärtused varieeruvad -1 kuni +1 vahel. Kui korrelatsioonikordaja on üle 0,8 ehk muutujate vahel esineb tugev seos, siis tuleks muutujate valikul olla ettevaatlik, kuna võib olla keeruline eristada ühe muutuja mõju teisest. (Kaart, 2022) Korrelatsioonimaatriks on esitatud lisa 2 (vt. Lisa 2) ning näeme, et ühegi muutuja vahel tugevat seost ei esine. Kõige tugevam seos esineb muutujate ICTSCH ja ICTHOME vahel, mille korrelatsioonikordaja on 0,47 ehk esineb keskmine seos.

Tabel 2. Kirjeldav statistika

Muutujad	Kirjeldus	Kõik Keskmine/% (Std.dev)	Mehed Keskmine/% (Std.dev)	Naised Keskmine/% (Std.dev)
<b>TEHNOLOOGIA TASAND</b>				
ICTOUT	Tehnoloogia kasutamine väljaspool kooli seotud tegevusteks	0,1 (0,88)	-0,02 (0,9)	0,2 (0,85)
ICTSCH	Tehnoloogia kasutamise sagedus koolis seotud tegevusteks	0,2 (0,77)	0,1 (0,85)	0,2 (0,67)
ICTHOME	Tehnoloogia kasutamise sagedus kodus seotud tegevusteks	0,1 (0,84)	0,05 (0,93)	0,1 (0,75)
ICTWKDY	Tehnoloogia kasutamise sagedus vaba aja tegevusteks	0,1 (0,87)	0,1 (0,97)	0,1 (0,76)
<b>ÕPILASE TASAND</b>				
Sugu	Mees (=0); Naine (=1)	49,9%	100%	100%
IMMIG	Koduriigis sündinud (=0)	92%	91%	93%
	II põlvkonna immigrandid (=1)	7%	8%	6%
	I põlvkonna immigrandid (=2)	1%	1%	1%
	Klassi kordamine	Mitte kunagi (=0); Vähemalt ühe korra (=1)	3%	4%
Koolist puudumine	Mitte kordagi (=0)	82%	84%	80%
	1-2 korda (=1)	14%	12%	16%
	3+ korda (=2)	4%	4%	4%
ESCS	Sotsiaalmajanduslik tunnus	0,2 (0,78)	0,2 (0,77)	0,2 (0,79)
Kodune keel	Testi läbiviimise keel (=0); Muu keel (=1)	5%	5%	6%
<b>KOOLI TASAND</b>				
Kooli õppekeel	Eesti keel (=0); Vene keel (=1)	22%	22%	22%
Asukoht	Suurlinn (=0)	35%	34%	35%
	Väike linn (=1)	51%	52%	50%
	Küla/Alevik (=2)	14%	14%	15%
	Õpilaste arv klassis	15 õpilast ja vähem (=0)	7%	7%
	16-35 õpilast (=1)	91%	91%	31%
	35+ õpilast (=2)	2%	2%	1%
<b>SÕLTUV MUUTUJA</b>				
Matemaatika	Õpilase matemaatika tulemus	516	523	513
		(83,89)	(84,94)	(80,62)
Lugemine	Õpilaste lugemise tulemus	518	509	533
		(89,99)	(90,39)	(86,16)
Loodusteadus	Õpilase loodusteaduse tulemus	532	534	531
		(87,63)	(88,93)	(84,12)
		n= 5484	n = 2750	n = 2734
		(100%)	(50,1%)	(49,9%)

Allikas: autori koostatud OECD PISA 2022 andmete põhjal

Märkus: keskmine ja standardhälve esitatakse pidevatel muutujatel; vastajate protsendid esitatakse binaarsetel ja kategoorilistel muutujatel.



## 3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED

### 3.1. Tulemused

Esialgvalt koostati nullmudel Eesti õpilaste jaoks kõigi kolme õppeaine puhul eraldi, mis võimaldas uurida, kui palju akadeemilistest tulemustest on võimalik selgitada koolide vaheliste erinevuste kaudu. Tabelis 3 on esitatud nende mudelite klassidevaheline korrelatsioonikoefitsient (ICC) väärtus, mis näitab, kui suur osa tulemuste varieeruvusest on tingitud Eestis koolide erinevustest.

Tabel 3. Nullmudelite tulemused

	Matemaatika	Loodusteadus	Lugemine
Klassidevaheline korrelatsioonikoefitsient	17%	15%	12%

Allikas: autori koostatud programmis Stata

Tulemustest näeme, et Eesti õpilaste puhul matemaatika tulemuste osas moodustab koolidevaheline varieeruvus 17% kogu tulemuste varieeruvusest, jättes 83% varieeruvusest individuaalsele tasandile, mis esineb õpilaste vahel koolides. Loodusteadustes on tulemused 15% ja lugemises 12%. Matemaatika tulemuste puhul on ICC väärtus kõrgeim, mis viitab sellele, et matemaatika osas on koolide mõju õpilaste tulemustele suurem, võrreldes teiste õppeainete puhul. Selleks, et paremini mõista, kas Eestis on koolide erinevuse tõttu suur erinevus õpilaste õpitulemuste vahel, koostas autor nullmudeli ka Eesti lähiriikidele. Tulemused on leitavad lisa 3 (vt. Lisa 3). Tulemustest näeme, et Soome õpilaste õpitulemuste varieeruvusest on kõigi kolme õppeaine puhul 10% koolide erinevuse tõttu. Küll aga nii Läti, Rootsi kui Leedu osas näeme, et nendes riikides on koolide erinevusest tulenevalt õpilaste akadeemiliste saavutuste osas suuremad erinevused. Enim esineb koolide erinevusest tingitud tulemuste varieeruvust Leedus, kus 30% varieeruvusest on tingitud koolide erinevustest. Järgnevalt viidi läbi HLM mudel kõigi kolme õppeaine puhul eraldi Eesti õpilaste õpitulemuste osas (tabel 4).

Tabel 4. HLM mudeli tulemused

	Matemaatika	Loodusteadus	Lugemine	Kombineeritud mudel
KONSTANT	523,09*** (13,37)	543,25*** (13,32)	510,52*** (13,00)	525,62*** (206,30)
<b>TEHNOLOOGIA TASAND</b>				
ICTOUT	4,51*** (1,68)	6,25*** (2,08)	10,42*** (2,09)	7,06 (7,65)
ICTSCH	5,8*** (2,24)	7,55*** (2,81)	5,02 (3,17)	6,12* (3,47)
ICTHOME	-2,08 (2,25)	-3,37 (2,34)	-1,47 (2,78)	-2,31 (2,81)
ICTWKDY	-15,88*** (1,74)	-16,82*** (1,87)	-17,62*** (1,93)	-16,77*** (2,05)
<b>ÕPILASE TASAND</b>				
Sugu	-12,70*** (2,70)	-1,99 (2,69)	19,54*** (4,23)	1,62 (196,67)
IMMIG_1	-2,33 (5,70)	-0,30 (8,57)	-2,18 (8,69)	-1,60 (7,90)
IMMIG_2	0,01 (19,23)	-1,29 (52,66)	1,72 (69,37)	0,15 (43,46)
Klassi kordamine	-40,28*** (11,49)	-48,20** (20,37)	-45,53 (45,64)	-44,67 (35,35)
Koolist puudumine_1	-16,04*** (3,61)	-19,87*** (4,89)	-13,83** (6,35)	-16,58* (10,34)
Koolist puudumine_2	-26,38*** (9,04)	-31,81 (23,55)	-30,46*** (7,83)	-29,55* (17,41)
ESCS	28,40*** (1,91)	24,68*** (2,40)	23,10*** (2,38)	25,39*** (6,60)
Kodune keel	-13,89** (5,74)	-30,02*** (8,12)	-31,01** (14,09)	-24,97*** (73,57)
<b>KOOLI TASAND</b>				
Kooli õppkeel	-23,26*** (4,57)	-29,38*** (5,1)	-15,40** (7,13)	-22,68 (38,15)
Asukoht_1	-10,28** (5,32)	-10,58** (4,99)	-14,55*** (5,28)	-11,80* (7,53)
Asukoht_2	-7,95 (12,74)	-13,40 (10,21)	-11,50 (8,05)	-10,95 (14,12)
Õpilaste arv klassis_1	13,25 (9,45)	8,64 (11,98)	15,76 (9,71)	12,55 (17,76)
Õpilaste arv klassis_2	-9,99 (16,96)	-13,40 (25,70)	3,79 (37,87)	-6,53 (84,13)
Koolide arv	193	193	193	193
ICC	6,5%	5,5%	4,2%	5,4%

Allikas: autori koostatud programmis Stata

Märkus: 1. Sulgudes robustsed standardvead.

2. \* $p < 0.1$ ; \*\* $p < 0.05$ ; \*\*\* $p < 0.01$

Käesoleva töö uuringu tulemuste põhjal näeme, et tehnoloogia kasutamise seos Eesti õpilaste õppetulemustega on veidi erinev õppeainete lõikes, kuid märkimisväärseid erinevusi ei esine.

Kõigis kolmes õppeaines on tehnoloogia kasutamine koolist väljaspool koolitöödega seonduvalt (ICTOUT) positiivses seoses õpilaste õpitulemustega, mis viitab sellele, et tehnoloogia sagedasem kasutamine väljaspool kooli kodutöödeks on seotud paremate tulemustega Eesti õpilaste seas võrreldes keskmise OECD õpilasega. Lugemise õppeainel on ICTOUT muutuja kõige olulisem muutuja, mis on positiivselt seotud õpilaste saavutustega. Matemaatika ja loodusteaduse puhul on aga koolis tehnoloogia kasutamise sagedusnäitaja (ICTSCH) kõige olulisemaks muutujaks, kus mida tihemini õpilased koolis tehnoloogiat kasutavad, seda kõrgemad on nende akadeemilised saavutused. Lugemise tulemuste ja koolis tehnoloogia kasutamise sageduse vahel seost ei leitud.

Lisaks näeme, et kõigi kolme õppeaine puhul kodustes tingimustes tehnoloogia sage kasutamine omaks justkui negatiivset seost õpitulemustega, kuid statistiliselt oluliseks seos ei osutunud. Küll aga oluliseks näitajaks on vaba aja eesmärgil tehnoloogia kasutamine nädala sees, kus näeme, et muutuja on negatiivses seoses kõigi kolme õppeaine tulemustega. Tulemus viitab sellele, et tehnoloogia sagedane kasutamine vaba aja eesmärgil nädala sees on seotud madalama tulemusega Eesti õpilaste seas võrreldes keskmise OECD õpilase tulemusega. Kokkuvõttes võib öelda, et õppeainete puhul esinevad minimaalsed erinevused tehnoloogia kasutamise muutujate osas, kuid üldjoones on tehnoloogia kasutamine õppeesmärgil positiivselt seotud õpitulemustega.

Õpilase tasandi kontrollmuutujate puhul näeme, et nii matemaatika kui lugemise tulemuste põhjal esineb sooline lõhe naiste ja meeste vahel. Naiste tulemused on võrreldes meestega madalamad matemaatika tulemuste lõikes, kuid lugemises on jällegi naiste tulemused kõrgemad. Negatiivne seos esineb nii matemaatika kui ka loodusteaduse õppeaine puhul ka klassi korranud õpilaste seas, kus need, kes on vähemalt üks kord pidanud klassi kordama, nende tulemused on madalamad. Sarnane seos on ka koolist puuduvate koolitundide arvu osas, kus mida rohkem kahe nädala jooksul koolipäevi on puudunud, seda kehvemad on õpilase tulemused. Lisaks selgub tulemustest, et õpilased, kellel on parem sotsiaalmajanduslik taust, nende õpitulemused on edukamad ning samuti need, kelle koduseks keeleks on keel, milles nad sooritasid testi, nende tulemused on kõrgemad. Ehk et õpilased, kes sooritasid PISA testi mitte kodus kõnelevas keeles, nende tulemused on madalamad.

Kooli tasandi kontrollmuutujate osas näeme, et vene õppekeelega koolides on õpilase tulemused madalamad kui eesti keelega õppekoolides, ja seda kõigi kolme õppeaine puhul. Lisaks tuleb koolide puhul välja, et õpilased, kes õpivad väikestes linnades, nende tulemused on madalamad kui suurtes linnades õppivate õpilaste tulemused. Väiksemates küladel käivate õpilaste puhul on

seos negatiivse suunaga, kuid tulemus statistiliselt oluliseks ei osutunud. Samuti ei osutunud ka õpilaste arv klassides statistiliselt oluliseks õpitulemuste kirjeldamisel. Lisaks näeme tabelist 3, et peale tehnoloogia kasutamise muutujate kui ka kontrollmuutujate lisamist mudelisse, on mudelite ICC väärtus vähenenud, mis viitab sellele, et lisatud muutujad selgitasid osa varieeruvusest, mis oli algse kõrgema ICC väärtuse taga.

Selleks, et kontrollida, et kõigi IKT-muutujate kaasamine samasse mudelisse ei põhjustaks tulemuste moonutamist, viis autor iga tehnoloogia muutuja jaoks läbi eraldi analüüsi (tabel 5). Tulemused kinnitavad, et iga sõltumatu muutuja puhul on hinnangute suunad samad, mis kõigi koos kaasamisel. Küll aga seisneb erinevus statistilise olulisuse osas IKT kasutamise puhul kodus koolitöödeks, kus nii matemaatika kui ka loodusteaduse õppeaine puhul, muutuja statistiliselt oluliseks ei osutunud. Lisaks ilmnes erinevus ka kooli tehnoloogia sagedusnäitaja osas, kus eraldi analüüsid osutus muutuja ka lugemise õppeaines statistiliselt oluliseks.

Tabel 5. Tehnoloogia muutujate usaldusväärsuse kontroll

	Matemaatika	Loodusteadus	Lugemine
<b>TEHNOLOOGIA TASAND</b>			
ICTOUT	1,4 (1,65)	2,9 (2,18)	7,0*** (2,12)
ICTSCH	5,8*** (1,84)	6,9*** (1,89)	5** (2,47)
ICTHOME	-0,7 (1,69)	-0,1 (1,66)	-0,9 (2,16)
ICTWKDY	-15,3*** (1,77)	-16,0*** (2,0)	-16,0*** (1,97)

Allikas: autori koostatud programmis Stata

Märkus: 1. Sulgudes robustsed standardvead.

2. \* $p < 0.1$ ; \*\* $p < 0.05$ ; \*\*\* $p < 0.01$

Lisaks hindas autor robustsuse tõestamiseks ka täiendavat mudelit, mis sisaldas kolme õppeaine tulemuse koondindeksit (vt tabel 4). Iga õpilase koondindeks on arvutatud õpilase poolt matemaatika-, loodusteaduse- ja lugemistestides saadud väärtuste keskmistamise teel. Kombineeritud mudeli tulemuste seose suunad on samad, mis õppeainete puhul eraldi. Mudel kinnitab, et digitehnoloogia sagedane kasutamine vaba aja veetmise eesmärgil on negatiivse suunaga õpilaste õpitulemustele ning koolis sagedasem tehnoloogia kasutamine positiivse suunaga. Küll aga tehnoloogia kasutamine kodus koolitööde tegemiseks ning kodus sagedane digitehnoloogia kasutamine ei ole statistiliselt olulise seosega õpilaste õpitulemustele. Samuti kinnitab mudel, et õpilaste akadeemilised saavutused on madalamad neil, kes on puudunud koolist

vähemalt ühe koolipäeva viimase kahe nädala jooksul võrreldes nendega, kes puudunud ei ole. Õpilastel, kes käivad koolis väike linnades, on madalamad õpitulemused, kui suurlinnas käivatel õpilastel ning samuti õpilastel, kes sooritasid testi erinevas keeles, kui kodus kõneldav keel, on madalamad tulemused kui neil, kes sooritasid testi oma kodus kõnelevas keeles. Õpilaste sotsiaalmajandusliku tausta põhjal näeme, et kõrgema sotsiaalmajandusliku taustaga õpilaste tulemused on kõrgemad.

### 3.2. Järeldused

Käesolev uuring aitab laiendada teadmisi info- ja kommunikatsioonitehnoloogia ja õppeedukuse vahelise seose kohta erinevate õppeainete lõikes ning selgitada võimalikke tehnoloogia kasutamise eeliseid ja puudusi. Nullmudelite põhjal nägime, et kõige vähem esines varieeruvust õpilaste õpitulemuste vahel koolide erinevusest tulenevalt Soomes, mis tähendab, et Soomes on erinevad koolid küllaltki võrdsed oma tulemuste põhjal. Küll aga nägime ka seda, et nii Lätis, Rootsis kui ka Leedus oli koolide erinevusest tulenev varieeruvus mitme protsendipunkti võrra suurem, kui Eesti koolide vahel, mis tähendab seda, et Eesti koolide puhul on erinevus siiski väike. Kõrgem koolide vaheline erinevus võib tuleneda mitmest tegurist, kus erinevused võivad tingitud olla nii riigi investeeringute suuruse osas haridussüsteemi, õpetajate kvaliteedis ja koolide ressurssides kui ka üldise hariduspoliitika tõttu. Leedu õpilaste õpitulemuste puhul oli 30% varieeruvusest tingitud koolide erinevusest, mis näitab, et riigis on koolide vahel küllaltki kõrge erinevus, võrreldes teiste lähiriikidega. Kuigi nii Leedus, Rootsis kui ka Lätis oli koolidest tulenev erinevus suurem võrreldes Eestiga, siis Eesti õpilaste tulemused erinesid enim õppeainete lõikes. Teistes riikides olid kolme õppeaine lõikes erinevus omavahel kuni 2%, siis Eesti õpilaste tulemuste puhul matemaatika tulemuste osas esines viis protsendipunkti suurem erinevus kui lugemise tulemuste osas. Osaliselt võib selline erinevus tuleneda nii klasside suurusest, õpetajate kvaliteedist, kooli ressurssidest kui ka õppemeetodist. Henno *et al.* (2023) leidsid, et PISA 2022 andmete puhul tuli välja, et märkimisväärselt on kasvanud linna- ja maakoolide vaheline erinevus võrreldes PISA 2018 tulemustega, kuid siiski antud analüüsi puhul näeme, et võrreldes Eesti naaberriikidega, on Eestis siiski võrdsed koolid.

HLM lõpliku mudeli põhjal selgus, et ilmneb positiivne seos IKT kasutamise vahel kodustest tingimustes koolitöödeks ja õpilaste tulemuste vahel. Sarnase tulemuseni jõudsid ka Akin & Güzeller (2014), Hew & Tan (2019) ja Liu *et al.* (2015), kuid nende uuringus oli tugevaim seos

matemaatika tulemuste puhul, kuid käesolevas uuringus lugemise puhul. Nad väitsid, et matemaatika tulemuste ja kodus tehnoloogia kasutamise vahel koolitöödeks esineb tugevaim positiivne seos sellepärast, et matemaatika ülesanded on keerulised ning õpilased saavad internetist lisa informatsiooni ning abi kaasõpilastelt ülesannete lahendamisel. Käesolevas töös leiti, et just lugemise tulemustele esineb kõrgem positiivne seos, mis võib tuleneda mitmekesistest võimalustest suhtlemiseks ja keeleõppeks. Veebipõhised lugemismaterjalid, interaktiivsed e-raamatud ja keeleõppeplatvormid võimaldavad õpilastel arendada lugemis-, kirjutamis- ja keeleoskusi neile sobilike ning kaasahaaravatel viisidel. Samuti võimaldab tehnoloogia ligipääsu suurele hulgale lugemismaterjalidele erinevatest teemadest, kus kõigile leidub neile sobilik.

Küll aga suuremas osas on varasemates uuringutes jõutud vastupidisele tulemusele, kus kodusteks töödeks tehnoloogia kasutamine väljas pool kooli on negatiivse seosega õpitulemustele (Gallo-Rivera *et al.*, 2021; Gomez-Fernandez & Mediavilla, 2021; Inci & Kaya, 2021). Negatiivse seose üheks põhjuseks on varasemalt toodud asjaolu, et õpilased, kellel on madalamad akadeemilised tulemused, võivad olla sunnitud rohkem aega kulutama koduste ülesannete ja õppimise jaoks. Seetõttu kasutavad nad ka tehnoloogiat rohkem ning see võib näiliselt luua tulemuse, nagu oleks kodus tehnoloogia sagedasem kasutamine seotud madalamate õpitulemustega, kuid tegelikult on seos põhjustatud vastupidistest tulemustest. Lisaks põhjendatakse võimalikku negatiivset seost ka õpetajate vähesest juhendamisest koolitööde jaoks. Käesoleva töö autor leiab, et osaliselt võivad ka käesoleva töö tulemused olla näiliselt moonutatud, kus õpilased, kellel on kõrgemad akadeemilised tulemused, on rohkem motiveeritud ning pühendunud oma õppetööle ja seeläbi kulutavad nad rohkem aega koduste ülesannete ja õppimise jaoks. Neil võib olla suurem huvi ja võimekus tehnoloogia kasutamiseks õppeprotsessides, mis näiliselt võib luua positiivse seose. Küll aga leiab autor, et positiivne seos on loogiline, kuna tehnoloogia abiga on õpilastel võimalus internetist leida lisamaterjale ning seeläbi abi, et koolis õpitut kodus kinnistada ning edukalt kodutööd sooritada. Oluline on aga õpetajate panus, kes õpetaksid kriitiliselt hindama saadud informatsiooni usaldusväärsust, et leitud informatsiooni põhjal ei tehta liigselt ennatlikke järeldusi.

Lisaks esineb positiivne seos ka õpitulemuste ja tehnoloogia sagedase kasutamise vahel koolis nii matemaatika kui loodusteaduse tulemuste puhul. Calero *et al.* (2020) jõudsid enda töös sarnase tulemuseni, kus sagedasem IKT kasutamine avaldas positiivset mõju loodusteaduse tulemustele, kuid matemaatika ning lugemise tulemustele seost ei leitud. Tulemuste erinevus õppeaine lõikes on eeldatav, kuna õppeainete olemused ning vajadused tehnoloogia integreerimisel on erinevad. Õppeainete puhul tuleb arvesse võtta erinevaid eesmärke ning nõudeid õpilaste kognitiivsetele

oskustele. Küll aga on hulk varasemaid uuringuid, mis leidsid, et sagedane tehnoloogia kasutamine koolis on negatiivse seosega õpitulemustele (Cutumisu *et al.*, 2020; Gomez-Fernandez & Mediavilla, 2021; Li & Petersen, 2022; Liu & Zhang, 2016). Negatiivne seos viitab IKT ebapiisavale kasutamisele koolides, mis võib olla tingitud õpetajate tehnoloogia kompetentsuse puudumisest või kooli ressursi puudumisest. Kui koolides ei ole piisavalt digitehnoloogia vahendeid ning ühte vahendit tuleb jagada mitme õpilaste vahel, võib see kaasa tuua tähelepanu hajuvust ja tulemuste langust. Eesti õpilaste tulemuste puhul näeme, et sagedane IKT kasutamine koolis on positiivse seosega, mille üheks põhjuseks võib olla, et Eesti koolides on piisavalt digitehnoloogia vahendeid, mis võimaldab õpilastel olla kaasatud õppeprotsessidesse. Samuti võib positiivse seose tulemuseks olla interaktiivsed õppematerjalid, toetav õppekeskkond või tugi kaasõpilastelt.

Henno *et al.* (2023) tõi esile, et Eesti koolide tehnoloogia kasutamise tase on OECD riikide keskmisest all pool, kuid antud töö tulemustest näeme, et sagedasem tehnoloogia kasutamine toob kaasa positiivse seose õpitulemustega. Kuigi esmapilgul võib tunduda, et loogiline järeldus oleks suurendada digitehnoloogia kasutamist, siis ei tasu liialt ennatlikeks järeldusteks. Edasiseks oleks oluline uurida ka Eesti koolide õpetajate kompetentsust tehnoloogia integreerimisel haridusse. Õpetajate vähene kogemus tehnoloogia vahenditega võivad põhjustada piiranguid IKT kasutamisel õppeprotsessidel ning seeläbi tuua hoopiski kaasa õpitulemuste languse. Käesoleva töö tulemused on autori arvates heaks alguspunktist, et süvitsi edasi uurida millised tegurid konkreetselt on positiivse seose taga ning kuidas veelgi tehnoloogia kasutamist õppeprotsessidesse integreerida, et positiivse seose suund jätkuks.

Kodus sagedase tehnoloogia kasutamise ning õpitulemuste vahel seost ei leitud. Tulemustest nägime, et seose suund võib olla negatiivne, kuid kuna statistiliselt seos oluline ei tulnud, siis tulemusi kinnitada ei saa. Küll aga statistiliselt olulise negatiivse seoseni jõudsid nii Inci & Kaya (2021) kui ka Cutumisu *et al.* (2020). Kuigi tehnoloogia pakub palju võimalusi hariduslikuks kasutamiseks, võib sagedane tehnoloogia kasutamine kodus kaasa tuua liigkasutamise, mis väljendub tähelepanu hajuvuse ning õppimisele pühendatud aja vähenemisega. Dogan & Kumlu (2020) leidsid oma töös positiivse seose kodus tehnoloogia kasutamise sageduse ja õpitulemuste vahel, tuues välja just tehnoloogia kui abivahendi kodutööde tegemisel. Autori arvates võib saadud tulemus Eesti õpilaste lõikes olla moonutatud keele barjääri lõikes. Edasiseks oleks oluline uurida kodus tehnoloogia kasutamise seost õpitulemustega nende õpilaste vahel, kelle kodune keel erineb koolis kõnelevast. Eesti haridussüsteemis võib esineda erinevusi eesti ning vene keelt kõnelevate õpilaste vahel, kus tehnoloogia kasutamise sagedus koolitööde lõikes erineb. Emakeeleks vene

keelt kõnelevad õpilased kasutavad võib olla tehnoloogiat ka tõlke eesmärgil, et materjalidest paremini aru saada. Seeläbi võib ka kodus tehnoloogia kasutamise sagedus olla erineva seosega õpilaste lõikes.

Ka käesolevas töös tehnoloogia vaba aja veetmise sagedusnäitaja on negatiivse seosega õpitulemustele. Nii nagu varasemalt välja toodud, siis Eesti õpilased kasutavad nädala lõikes OECD riikidega keskmisest rohkem tehnoloogiat, kuid 64% ulatuses vaba aja veetmise tegevusteks. Seeläbi on negatiivne seos oodatav, kuna nädala jooksul kõigest 36% ulatuses kasutatakse tehnoloogiat õppetöökse ning seeläbi võib arvata, et tehnoloogia on suuremas osas segavaks faktoriks kui abiteguriks. Näiteks leidsid nii Dogan & Kumlu (2020), Gallo-Rivera *et al.* (2021), Gong *et al.* (2018) kui ka Liu & Zhnag (2016), et sagedane tehnoloogia kasutamine vaba aja eesmärgil on positiivse seosega akadeemilistele saavutustele. Nad tõid välja, et tehnoloogia kasutamine on oluline õpilaste kognitiivsuse ja visuaalse intelligentsuse arenguks. Samuti vaba aja eesmärgil veedetud aeg mõjub positiivselt õpilaste stressi ja ärevuse maandamisele, mis omakorda aitab paremini keskenduda hiljem õppetööle. Küll aga tuuakse samuti välja ka liig kasutamine, kus tehnoloogia kasutamine hakkab segama nii õppetööd kui ka vähendab päevas vajalikku aktiivset liikumise aega, mistõttu võib positiivne seos pöörduda negatiivseks.

Eesti õpilaste tulemuste puhul on selge, et õppe eesmärgil tehnoloogiat kasutatakse minimaalselt ning seeläbi prioriteetide jaotus on koolitöödelt nihkunud. Vähene ajaressursside jaotus ning enesedistsipliini puudumine tehnoloogia kasutamisel toob kaasa õpitulemuste languse. Seetõttu oleks oluline haridussüsteemi perspektiivist leida atraktiivseid viise, kuidas õppetöösse integreerida tehnoloogia kasutamist. Näiteks on erinevaid keeleõppe platvorme, interaktiivseid programmeerimiskursusi või erinevas vormis loodud viktoriine, et õpitud paremini kinnistada. Kui tehnoloogia kasutamine õppeprotsessidesse on integreeritud meelelahutuslike elementidega, siis võib see suurendada õpilaste huvi suunata tehnoloogia kasutamine hariduslike eesmärkide poole.

Kokkuvõtvalt võib käesoleva uuringu tulemustest järeldada, et tehnoloogia kasutamise seos õpitulemustele on kompleksne ning individuaalne mitmel tasandil. Kuigi tõestatud põhjuslikku seost antud töö ei edasta vaid pigem näitab suunda, siis arvestades tulemuste asjakohasust, arvab autor, et saadud seosed on alguspunktiks tulevastele uuringutele. Näiteks oleks huvitav võrrelda riikides rakendatud IKT-poliitikaid õppetöös omavahel, et leida kõige edukamad meetmed. Samuti tasuks tulevastesse uuringutesse kaasata ka õpetajate tehnoloogia kompetentsuse näidik, kuna selleks, et tehnoloogia saaks kaasa tuua positiivse seose õppeprotsessidesse, on ennekõike oluline,



et õpetajatel oleksid vastavad oskused ning pädevus seda integreerivalt siduda. Samuti Eesti haridussüsteemi perspektiivis tuleks kaaluda ka eesti ja vene õppekeele koolide eraldi analüüsi, kuna tehnoloogia kasutamise eesmärgid võivad lähtuvalt keelelisest kontekstist ning õppekeskkonna eripäradest varieeruvad. Seeläbi võib tehnoloogia kasutamise seos erineda ka Eesti haridussüsteemis kooli õppekeele kontekstis.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärk oli analüüsida tehnoloogia kasutamise seoseid Eesti õpilaste õpitulemustega PISA 2022 andmete näitel. Töös hinnati tehnoloogia kasutamise seoseid nii matemaatika-, loodusteaduse- kui funktsionaalse lugemise õppeaine õpitulemustega. Lisaks uuriti kuidas on õpilaste sotsiaalmajanduslik taust seotud akadeemiliste saavutustega. Eesmärkide täitmiseks uuriti varasemat teoreetilist ja empiirilist kirjandust, kus anti ülevaade inimkapitali teooriast, akadeemilisi saavutusi mõjutavatest teguritest ning vaadeldi süvitsi varasemaid uuringuid tehnoloogia kasutamise mõjust õpitulemustele.

Inimkapital on olnud läbi aegade keskne mõiste majanduslikus kontekstis, viidates inimeste oskustele, teadmistele, tervisele ja muudele arenguaspektidele, mis tõstavad nende majanduslikku tootlikkust. Kui neoklassikalise kasvuteooria põhiselt, oli majanduse edasiviivaks jõuks eksogeensed tegurid, siis endogeense kasvuteooria põhiselt on majanduskasv peamiselt tingitud just endogeensetest teguritest. Teooria kohaselt on investeeringud haridusse ning tehnoloogiasse majanduskasvu võtmeteguriks. Riigid, kes ei suuda tehnoloogia kiirusega sammu pidada, on jäänud majanduskasvu kiirest arengust maha. Selleks, et riigis saaks toimuda innovatsioon, on vaja haritud ja oskuslikku tööjõudu. Kiiresti muutuv tööturg vajab inimesi, kes suudavad kohaneda uute tehnoloogiatega ning omaada tehnilisi pädevusi. Seetõttu on haridusvaldkond üks olulisemaid, kus tehnoloogia kasutamise vajalikkus tõuseb esile.

Tehnoloogia kasutamine haridusvaldkonnas on peale COVID-19 pandeemia ilmnemist jõudsalt kasvanud, suurendades digitaalsete õpikeskkondade kasutamist. Riigi haridussüsteemi vaateväljast on oluline, et tehnoloogia integratsioon haridussüsteemis oleks läbimõeldud ning võimalikult efektiivne, et vältida vastupidiseid tulemusi, kus õpilaste õpitulemused langevad ning seeläbi ka tuleviku tööjõu kvaliteet. Küll aga lisaks tehnoloogia kasutamisele on teisigi olulisi tegureid, mis mõjutavad õpilaste akadeemilisi saavutusi ning mis loovad aluse nende edule tulevikus. Oluliste teguritena tõusevad esile ka õpilaste isikuomadused, sealhulgas motivatsioon ja õpioskus, koolikeskkond, mille hulka kuuluvad nii füüsiline keskkond, eakaaslaste mõju kui ka õpetajate roll õppimisprotsessis ning nende poolt kasutatav õpetamisstiil. Lisaks on oluliseks teguriks perekonna mõju, hõlmates endas sotsiaalmajanduslikku tausta. Kõrgema

sotsiaalmajandusliku taustaga õpilastel on tehnoloogiale parem ligipääsetavus ning seeläbi võimalused digitaalsetele õppematerjalidele, kuid seeläbi on suurem tõenäosus, et tehnoloogia kasutamise puhul fookus hajub õpitegevustelt ning hariduslikel eesmärkidel tehnoloogia kasutamise aeg väheneb.

Varasemaid uuringuid analüüsid selgus, et tehnoloogia kasutamise ning õpilaste õpitulemuste seose puhul ühtsele tulemusele jõutud ei ole. Tulemused erinevad nii riigiti, õppeainete kohaselt kui ka kas kodus või koolis tehnoloogia kasutamise puhul. Ühed uuringud väitsid, et tehnoloogia kasutamine on positiivselt seotud õpilaste õpitulemustega, sama aegselt teised vastupidi. Leiti, et vaba aja veetmise eesmärgil tehnoloogia kasutamine oli kasulik õpilastele, et tutvuda erinevate võimalustega ning viia end kurssi digitehnoloogia võimalustega, kuid liigne tehnoloogia kasutamine oli jällegi negatiivse suunitlusega. Seeläbi tuli esile käesoleva teema uurimise olulisus, kus enne, kui haridussüsteemis tehnoloogia kasutamise osakaalu suurendada, tuleb riigi tasandil uurida tehnoloogia kasutamise võimalikku seost Eesti õpilaste õpitulemustega.

Empiirilises analüüsis uuriti tehnoloogia kasutamise seost Eesti õpilaste õpitulemustega PISA 2022 andmete põhjal. Uurimus viidi läbi kahetasandilise lineaarse mudeliga (HLM), mis võimaldas hinnata erinevusi nii individuaalsel (õpilase) kui grupi tasandil (koolid). Valimi moodustasid 5484 õpilast ning erinevaid koole oli mudelis 193. Mudeli sisenditeks olid neli tehnoloogia kasutamise indeksit ning õpilaste ja koolide taseme kontrollmuutujad. Tehnoloogia kasutamise indeksite hulka kuulusid kodus tehnoloogia kasutamine koolitööde tegemiseks (ICTOUT), nii koolis (ICTSCH) kui kodus (ICTHOME) tehnoloogia kasutamise sagedusnäitaja kui ka nädala sees vaba aja eesmärgil tehnoloogia kasutamise sagedusnäitaja (ICTWKDY). Mudeli väljunditeks olid PISA 2022 aasta õpilaste tulemused nii matemaatikas, loodusteaduses kui funktsionaalses lugemises.

Esialgsest baasmudeli analüüsi tulemustest selgus, et koolidevaheline varieeruvus kolme õppaine puhul jäi vahemikku 12% - 17%, mis tähendas, et osaline erinevus akadeemiliste tulemuste vahel esineb koolide vaheliste erinevuste tõttu. Võrreldes Eesti lähiriikidega, selgus, et kuigi Soomes on koolide vahel väiksem erinevus kui Eestis, siis Läti, Leedu ja Rootsiga võrreldes, on Eesti koolide vaheline erinevus minimaalne. Seejärel viidi läbi HLM mudel, kuhu olid kaasatud kõik tehnoloogia kasutamise muutujad ja mõlema tasandi kontrollmuutujad. Mudeli tulemustest selgus, et tehnoloogia kasutamise ja õpilaste õpitulemuste vahel õppeainete lõikes suuri erinevusi ei esine. Kodus koolitöödeks tehnoloogia kasutamine on positiivse seosega õpilaste akadeemiliste

saavutustega kõigi kolme õppeaine lõikes. Tehnoloogia toel on õpilastel võimalus pääseda ligi täiendavatele õppematerjalidele, saada internetist abi kodutööde lahendamiseks ning küsida abi kaasõpilastelt. Küll aga võib esineda osaline tulemuste moonutus, kus tekib näiline positiivne seos kodus koolitöödeks tehnoloogia kasutamise ning õpitulemuste vahel. Tulemustest on raske eristada, et kas positiivne seos esineb, kuna õpilased saavad tehnoloogia kasutamise võimalustest kasu õppetööl, või esineb positiivne seos, kuna kodutöid sooritavad rohkem kõrgemate akadeemiliste saavutustega õpilased ning madalamate tulemustega õpilased nii tihti kodutöid ei soorita.

Veel leiti, et koolis sagedane tehnoloogia kasutamine on positiivse seosega nii matemaatika kui loodusteaduse õppeaine tulemuste puhul, kuid lugemise tulemustega seost ei leitud. Ka varasemate uuringute puhul selgus, et õppeainete lõikes tehnoloogia kasutamise eesmärk varieerub ning seeläbi ka kasutegur võib õppeainete puhul erineda. Üheks võimalikuks positiivse seose põhjuseks võib olla Eesti koolide piisavate ressursside olemasolu, kus kõigil õpilastel on võimalus olla kaasatud tunni teemas ning seeläbi ka tähelepanu hajuvus on vähem. Samuti on tehnoloogia kasutamisel oluline ka õpetajate kompetentsus tehnoloogia integreerimisel. Kui õpetajad on suutelised oskuslikult tehnoloogia abiga tunni materjali esitama, võib õpilaste huvi olla teema vastu suurendatud, mis võib väljenduda kõrgemates õpitulemustes. Küll aga on siinkohal oluline, et enne, kui tehakse ennatlikke järeldusi ning hakatakse tehnoloogia kasutamist õppetundides suurendama, on oluline mõista täpsemaid asjaolusi, et mis on positiivse seose põhjuseks ning kuidas seda jätkakata ilma, et suund muutuks vastupidiseks.

Eraldi uuriti ka kodus tehnoloogia sagedusenäitaja ja õpilaste õpitulemuste vahelist seost, kus esines negatiivse suunaga seos, kuid kuna tulemus statistiliselt oluliseks ei osutunud, siis tulemust tõlgendada ei saanud. Viimaks uuriti ka nädala sees vaba aja veetmise eesmärgil tehnoloogia kasutamise seost õpilaste õpitulemustega, kus leiti, et mida sagedamini vaba aja eesmärgil tehnoloogiat kasutatakse, seda madalamad on õpitulemused. Antud seos on loogiline, kuna liialt sagedane vaba aja veetmise eesmärgil tehnoloogia kasutamine vähendab õppetöödele kasutatavat aega ning toob kaasa tähelepanu hajuvuse.

Lisaks tehnoloogia kasutamise indeksitele leiti antud uuringust, et naiste tulemused on võrreldes meestega madalamad nii matemaatika kui loodusteaduse õppeainete puhul, kui kõrgemad lugemise õppeaines. Samuti õpilased, kes puuduvad koolist vähemalt ühe päeva kahe nädala jooksul, on madalamate õpitulemustega kui need, kes koolist ei puudu. Ka klassi kordamise osas

leiti, et nii matemaatika kui loodusteaduse õppeaine osas, õpilased, kes on klassi pidanud kordama vähemalt ühe korra, on madalamate tulemustega kui need, kes ei ole klassi korranud. Eesti õpilaste sotsiaalmajandusliku tausta puhul leiti, et parema sotsiaalmajandusliku taustaga õpilaste tulemused on kõrgemad. Koduse keele osas leiti, et õpilased, kelle kodune keel on erinev testi sooritamise keelest, nende õpitulemused on madalamad, kui neil, kelle kodune keel on sama testi soorituse keelega.

Kooli tasandi muutujate puhul leiti, et vene õppekeelega õpilaste õpitulemused on madalamad kõigi õppeainete puhul võrreldes eesti õppekeelega koolide puhul. Samasugusele järeldusele on jõutud ka varasemate aastate PISA tulemuste puhul. Lisaks leiti, et õpilased kes õpivad väike linnades, nende tulemused on kõigi õppeainete lõikes madalamad võrreldes suurlinnas elavate õpilastega. Koolide tasandil klasside suuruse vahel erinevusi õpitulemustes ei leitud.

Saadud tulemuste põhjal saab öelda, et kuigi antud töö põhjuslikku seost ei edasta vaid näitab suunda, siis arvestades andmete ajakohasust ning saadud tulemusi, on töö aluseks edaspidisteks uuringuteks, et süvitsi edasi uurida seoste tagamaid. Samuti on antud analüüsi võimalik täiustada võttes arvesse Eesti õpetajate tehnoloogia kompetentsust. Lisaks oleks huvitav analüüsida eraldi ka eesti ja vene õppekeelega koole, et selgitada välja, kas tulemused ühtiksid või leiduks erinevusi.

## SUMMARY

### THE RELATIONSHIP BETWEEN TECHNOLOGY USE AND ACADEMIC PERFORMANCE IN ESTONIAN STUDENTS

Merilin Talimets

Human capital has historically been a central concept in economic discourse, referring to individuals' skills, knowledge, health, and other developmental aspects that enhance their economic productivity. (Laroche *et al.*, 1999; Schultz, 1961) While according to neoclassical growth theory, exogenous factors were the driving force of economic progress, endogenous growth theory attributes economic growth mainly to endogenous factors. According to the theory, investments in education and technology are key drivers of economic growth. (Roberts & Setterfield, 2007) Countries that fail to keep pace with technological advancements have fallen behind in economic development. (Küçük, 2023) In order for innovation to occur within a country, educated and skilled labor is essential. The rapidly evolving job market requires individuals who can adapt to new technologies and possess technical competencies. (Lortie, 2020) Therefore, the education sector emerges as one of the most crucial areas where the necessity of technology integration becomes apparent.

The purpose of this master's thesis was to analyse the relationship between technology use and academic performance of Estonian students. The following research questions were set to fulfil the objectives of this master's thesis:

1. What is the relationship between technology use and performance of Estonian students?
2. Are there differences in the relationship between technology use and academic performance across educational domains such as mathematics, functional reading, and science?
3. How are socioeconomic differences associated with the academic performance of Estonian students?

The use of technology in the education sector has seen significant growth, especially after the emergence of the COVID-19 pandemic, which has increased the utilization of digital learning environments. From the perspective of the national education system, it is crucial that the integration of technology in the education system is well-thought-out and as efficient as possible to avoid adverse outcomes where students' academic achievements decline, thus impacting the quality of the future workforce. However, in addition to technology use, there are other significant factors that influence students' academic achievements and lay the foundation for their future success. Key factors include students' personal characteristics, including motivation and learning skills, the school environment encompassing both the physical environment and the influence of peers, as well as the role of teachers in the learning process and their teaching style. Additionally, technological integration is also an important factor and the influence of the family, including socioeconomic background.

Previous analyses have revealed that there is no consensus regarding the relationship between technology use and students' academic performance. Results vary both across countries and according to subjects, as well as whether technology use occurs at home or at school. Some studies have claimed that technology use is positively associated with students' academic achievements, while others have found the opposite. Therefore, the importance of investigating this topic emerged, emphasizing the need to examine the potential relationship between technology use and the academic performance of Estonian students at the national level before increasing the proportion of technology use in the education system.

The relationship between technology use and academic performance of Estonian students was examined based on the PISA 2022 data. The study was conducted using a hierarchical linear model (HLM), which allowed for assessing differences at both individual (student) and group (school) levels. The sample consisted of 5484 students from 193 different schools. The inputs of the model included four technology use indices and control variables at both student (Level 1) and school (Level 2) levels. At the student level, control variables included gender, immigration status, absenteeism from school, grade retention, socioeconomic status, and home language. At the school level, control variables included the school's language of instruction, location, and class size.

The technology use indices comprised using technology for schoolwork at home (ICTOUT), frequency indicators of technology use both in school (ICTSCH) and at home (ICTHOME), and

the frequency of technology use for leisure purposes during weekdays (ICTWKDY). The outputs of the model were the PISA 2022 academic results in mathematics, science, and functional reading.

Initial analysis of the baseline model revealed that inter-school variation in academic performance across the three subjects ranged from 12% to 17%, indicating partial differences in academic outcomes due to variations between schools. Subsequently, an HLM model incorporating all technology use variables and control variables at both levels was conducted. The results of the model indicated that there were no significant differences in the relationship between technology use and academic performance across subjects. However, using technology for schoolwork at home showed a positive association with students' academic achievements across all three subjects. Technology provides students with access to additional learning materials, assistance in homework through the internet, and the ability to seek help from peers.

Furthermore, frequent technology use in school showed a positive association with academic results in mathematics and science but not in reading. Previous studies have also shown that the purpose of technology use varies across subjects, which might lead to differing benefits. Separately, the relationship between the frequency of technology use at home and students' academic performance was examined, showing a negative association, although the result was not statistically significant. Finally, the relationship between the frequency of technology use for leisure purposes during weekdays and students' academic performance was investigated, revealing that higher frequency of leisure technology use led to lower academic performance. This association is logical, as excessive leisure technology use reduces the time allocated for studies and leads to distraction.

In addition to technology use indices, the study found gender differences, with females performing lower in mathematics and science but higher in reading compared to males. Furthermore, students who were absent from school for at least one day within two weeks had lower academic outcomes than those with no absences. Regarding grade retention, students who repeated a grade at least once had lower academic performance in mathematics and science compared to those who did not. Concerning socioeconomic background, students from better socioeconomic backgrounds achieved higher results. Regarding home language, students whose home language differed from the language of the test performed lower than those whose home language matched the language of the test.



At the school level, it was found that students in schools with Russian as the language of instruction achieved lower results across all subjects compared to those in schools with Estonian as the language of instruction. Additionally, students studying in small towns achieved lower results across all subjects compared to those living in urban areas. However, no differences in academic performance were found based on class size at the school level.

Based on the results obtained, it can be concluded that while this study does not establish causality but rather indicates directionality, considering the timeliness of the data and the results obtained, it serves as a basis for further research to delve deeper into the underlying relationships. Additionally, the analysis could be enhanced by considering the technological competence of Estonian teachers. Moreover, it would be interesting to analyse Estonian and Russian-language schools separately to determine whether the results align or differ.

## KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

- Ackah, C. G., Frimpong, L. K., Wrigley-Astane, C. (2023). Gender differences in academic performance of students studying Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) subjects at the University of Ghana. *SN Social Sciences*, 3(12).
- Agaoglu, E., (2002). Classroom management (Edt. Z. Kaya). *General phenomenon on classroom management. Ankara: Pegem.*
- Agasisti, T., Gil-Izquierdo, M., Han, S. W. (2020). ICT use at home for school-related tasks: what is the effect on a student's achievement? Empirical evidence from OECD PISA data. *Education Economics*, 28(6), 601-620.
- Akin, A., Güzeller, C. O. (2014). Relationship between ICT variables and mathematics achievement based on PISA 2006 database: international evidence. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(1).
- Alexander, L. Simmons, J. (1975). The Determinant of School Achievement in Developing Countries: The Educational Production Function. *Population and Human Resources Division.*
- Anderson, D. (2012). Hierarchical Linear Modeling (HLM): An Introduction to Key Concepts Within Corss-Sectional and Growth Modeling Frameworks. *Behavioral Research and Teaching.*
- Aparicio, J., Ferrera, J. M. C., Ortiz, L., Sancho, J. (2020). Plausible values in the PISA report and their treatment in efficiency analysis using educational data. *Center of Operations Research (CIO).*
- Bakar, A., Fadhli, R., Komariah, A., Kurniady, D., A., Munir, Thahir, M. (2022). Factors that influence student's achievement. *Journal of Positive School Psychology*, 6(4), 5931-5944.
- Barro, R. J. (2002). Education and Economic Growth. *Harvard University.* Kättesaadav: <https://www.oecd.org/innovation/research/1825455.pdf>.
- Bawono, S., Widarni, E. L. (2021). Human Capital, Technology, and Economic Growth: A Case Study of Indonesia. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(5), 29-35.
- Becker, G. S. (1964). Investment in Human Capital: Effects on Earnings. *National Bureau of Economic Research*, 13-44.
- Bettayeb, A. M., Omer, R. I., Talib, M. A. (2021). Analytical study on the impact of technology in higher education during the age of COVID-19: Systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 26, 6719-6746.

- Bjork, R. A., Mcdaniel, M. A., Rohrer, D., Pashler, H. (2008). Learning Styles: Concepts and Evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105-119.
- Briones, S. K. F., Dagamac, R. J. R., David, J. D., Landerio, C. A. B. (2021). Factors Affecting the Student's Scholastic Performance: A Survey Study. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology*, 2(1), 97-102.
- Bulut, O., Delen, E. (2011). The relationship between students' exposure to technology and their achievement in science and math. *The Turkish Online Journal of Educational Techonology*, 10(3).
- Calero, J., Fernandez-Gutierrez, M., Gimenez, G. (2020). Is the use of ICT in education leading to higher student outcomes? Analysis form the Spanish Autonomous Communities. *Computers & Education*, 157.
- Cano, E. V., Diaz, L. M. B., Garcia, L. S. (2019). Effects on academic performance in secondary students according to the use of ICT. *International Journal of Educational Research and Innovation*, 12, 90-108.
- Costello, A., Hickey, G., O'Brien, M., Winter, E. (2021). Teachers' use of technology and the impact of Covid-19. *Irish Educational Studies*, 40(2), 235-246.
- Cutumisu, M., Galovan, A. M., Odel,, B. (2020). The Relationship between ICT and Science in PISA 2015 for Bulgarian and Finnish Students. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2020, 16(6).
- Dogan, N., Yurttas Kumlu, G. D. (2020). How does the ICT Access and Usage Influence Student Achievement in PISA 2009 and 2012? *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 11(3), 219-242.
- Fang, S., Henrichsen, C., Huang, J., Jin, M., Kim, Y., Wu, S. (2020). Family assets, parental expectation, and child educational achievement in China: A validation of mediation analyses. *Children and Youth Services Review*, 11.
- Feldstain, A., MacKay, J. C., Rocchi, M., Woltman, H. (2012). An introduction to hierarchical lineaar modeling. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 8(1), 52-69.
- Fernandez-Gutierrez, M., Gimenez, G., Vargas-Montoya, L. (2023). ICT use for learning and students' outcomes: Does the country's development level matter? *Socio-Economic Planning Sciences*, 87.
- Gallo-Rivera, M. T., Garrido-Yserte, R., Martinez-Gautier, D. (2021). Educational performance and ICTs: Availability, use, misuse and context. *Journal of Business Research*, 135, 173-182.
- Gomez-Fernandez, N., Mediavilla, M. (2021). Exploring the relationship between Information and Communication Technologies (ICT) and academic performance: A multilevel analysis for Spain. *Socio-Economic Planning Sciences*, 77.

- Gong, Y., Hu, X., Lai, C., Leung, F. K. S. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis. *Computers & Education*, 125.
- Hew, K. F., Tan, C. Y. (2019). The Impact of Digital Divides on Student Mathematics Achievement in Confucian Heritage Cultures: a Critical Examination Usin PISA 2012 Data. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17.
- Henno, I., Jukk, H., Kitsing, M., Konstabel, K., Kraav, T., Lindemann, K., Lorenz, B., Puksand, H., Tire, G., Täht, K. (2023). Suurim Rahvusvaheline Õpilaste Õpitulemuslikkuse uuring: PISA 2022 Eesti tulemused. *Haridus- ja Noorteamet*. Kättesaadav: [https://harno.ee/sites/default/files/documents/2023-12/Pisa\\_tulemused\\_2022\\_veebi.pdf](https://harno.ee/sites/default/files/documents/2023-12/Pisa_tulemused_2022_veebi.pdf)
- Inci, S., Kaya, V. H. (2021). How does Information and Communications Technology Influence Turkish Students' Science Achievement? *Journal of Computer and Education Research*, 9(18).
- Kaart, T. (2022). Matemaatiline statistika ja modelleerimine. Kasutatud 11.03.2024. [http://ph.emu.ee/~ktanel/DK\\_0007/DK\\_loeng31.pdf](http://ph.emu.ee/~ktanel/DK_0007/DK_loeng31.pdf)
- Karaman, I., Yelgün, A. (2015). What Are The Factors Reducing the Academic Achievement in a Primary School Located in a Neighborhood With a Low Socioeconomic Status? *Education and Science*, 40(179), 251-268.
- Küçük, T. (2023). Technology Integrated Teaching and Its Positive and Negative Impacts on Education. *International Journal of Social Sciences & Educational Studies*, 10(1).
- Laroche, M., Merette, M., Ruggeri, G. C. (1999). On the Concept and Dimensions of Human Capital in a Knowledge-Based Economy Context. *Canadian Public Policy*, 25(1), 87-100. DOI: <https://doi.org/10.2307/3551403>.
- Lee, V. E. (2000). Using hierarchical linear modeling to study social contexts: The case of school effects. *Educational Psychologist*, 35, 125-141.
- Li, S. C., Petersen, K. B. (2022). Does ICT matter? Unfolding the Complex Multilevel Structural Relationship between Technology Use and Academic Achievements in PISA 2015. *Educational Technology & Society*, 25(4), 43-55.
- Liu, L., Skryabin, M., Zhang, D., Zhang, J. (2015). How the ICT development level and usage influence student achievement in reading, mathematics, and science. *Computers & Education*, 85, 49-58.
- Liu, L., Zhang, D. (2016). How Does ICT Use Influence Students' Achievements in Match and Science Over Time? Evidence from PISA 2000 to 2012. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(9), 2431-2449.
- Lortie, K. L. (2020). Impact of Modern Technology on Education. *International Digital Organization for Scientific Research*, 6(1), 40-44.

- Meibner, A., Steinmayr, R., Weidinger, A. F., Wirthwein, L. (2014). Academic Achievement. Oxford Bibliographies. Kasutatud 24.01.2024. Kättesaadav: <https://www.oxfordbibliographies.com/display/document/obo-9780199756810/obo-9780199756810-0108.xml>
- Mlambo V. (2011). An analysis of some factors affecting student academic performance in an introductory biochemistry course at the University of the West Indies. *Caribbean Teaching Scholar*, 1(2), 79-92.
- Nagasubramani, P. C., Raja, R. (2018). Impact of modern technology in education. *Journal of Applied and Advanced Research*, 3(1), 33-35.
- Navarro-Martinez, O., Pena-Acuna, B. (2022). Technology Usage and Academic Performance in the Pisa 2018 Report. *Journal of New Approaches in educational research*, 11(1), 130-145.
- OECD. (2024). How to prepare and analyse the PISA database. Kättesaadav: <https://www.oecd.org/pisa/data/httpoecdorgpisadatabase-instructions.htm>, 04.03.2024.
- OECD. (2023a). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. PISA. *OECD Publishing*. Kättesaadav: <https://doi.org/10.1787/19963777>
- OECD. (2023b). PISA 2022 Technical Report. *OECD Publishing*. Kättesaadav: <https://www.oecd.org/pisa/data/pisa2022technicalreport/>
- Omrod, J. E. (2008). Educational psychology: developing learners. Sixth Edition. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education.
- Ozcan, M. (2021). Factors Affecting Students' Academic Achievement according to the Teachers' Opinion. *Educational Reform Journal*, 6(1).
- Roberts, J. K. (2007). Group dependency in the presence of small intraclass correlation coefficients: An argument in favor of NOT interpreting the ICC. *American Educational Research Association*.
- Roberts, M., Setterfield, M. (2007). What is endogenous growth theory? *Economic Growth – New Directions in Theory and Policy*, 14-31.
- Schultz, T. W. (1961). Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, 51(1), 1-17.
- Sheikh-Khalil, S., Wang, M. (2014). Does Parental Involvement Matter for Student Achievement and Mental Health in High School? *Society for Research in Child Development*, 85(2), 610-625.
- Zeira, J. (2009). Why and how education affects economic growth. *Review of International Economics*, 17(3).

## LISAD

### Lisa 1. Tehnoloogia muutujate kirjeldus

Muutuja	Kirjeldus
ICTOUT	Õpilaste hinnangulised sagedused, kui tihti nad kasutavad digitaalseid ressursse erinevate kooliga seotud tegevuste jaoks väljaspool klassiruumi ("Mitte kunagi või peaaegu mitte kunagi", "Umbes kord või paar korda aastas", "Umbes kord või paar korda kuus", "Umbes kord või paar korda nädalas", "Iga päev või peaaegu iga päev") järgnevatiks tegevusteks: Vaata oma hindeid; Sirvi Internetis koolitööde jaoks; Võta vastu või laadi alla ülesandeid või juhiseid õpetajalt; Laadi üles oma töö kooli portaali või teisele platvormile materjalide jagamiseks õpetaja ja/või kaasõpilastega; Kommunikeeri õpetajaga; Kommunikeeri teiste õpilastega koolitööde teemal; Otsi teavet kooliga seotud tegevuste või ülesannete kohta
ICTSCH	Õpilaste hinnangulised sagedused, kui tihti nad kasutavad järgnevaid erinevaid digitaalseid ressursse koolis ("Üldse mitte või peaaegu mitte kunagi", "Umbes kord või kaks kuus", "Umbes kord või kaks nädalas", "Iga päev või peaaegu iga päev", "Mitu korda päevas", "See ressurss pole minu jaoks koolis kättesaadav"): Lauaarvuti või sülearvuti; Nutitelefon; Tahvelarvuti või e-luger; Internetiühendus (välja arvatud nutitelefonides); Kooliportaal; Õppetarkvara mängud või muud rakendused; Kooli infosüsteemi või muud õppimiseks kasulikke platvorme.
ICTHOME	Õpilaste hinnangulised sagedused, kui tihti nad kasutavad järgnevaid erinevaid digitaalseid ressursse kooliväliselt ("Üldse mitte või peaaegu mitte kunagi", "Umbes kord või kaks kuus", "Umbes kord või kaks nädalas", "Iga päev või peaaegu iga päev", "Mitu korda päevas", "See ressurss pole minu jaoks kooliväliselt kättesaadav"): Lauaarvuti või sülearvuti; Nutitelefon; Tahvelarvuti või e-luger; Internetiühendus (välja arvatud nutitelefonides); Õppetarkvara mängud või muud rakendused; Videomängud või online-mängud.
ICTWKDY	Õpilaste hinnangulised sagedused, kui tihti nad tegid erinevaid vaba aja tegevusi ICT abil tüüpilisel nädalapäeval ("Üldse mitte aega", "Vähem kui 1 tund päevas", "1 kuni 3 tundi päevas", "Üle 3 ja kuni 5 tunni päevas", "Üle 5 ja kuni 7 tundi päevas", "Üle 7 tundi päevas") läbi järgmiste tegevuste: Mängida videomänge; Sirvida sotsiaalvõrgustikke; Sirvida internetiavarusi (välja arvatud sotsiaalvõrgustikud) lõbu pärast; ; Otsida praktilist teavet internetist; Kommunikeerida ja jagada digitaalset sisu sotsiaalvõrgustikes või muudes suhtlusplatvormides; Lugeda, kuulata või vaadata informatiivset materjali, et õppida midagi uut; Luua või redigeerida oma digitaalset sisu.

Allikas: autori koostatud OECD PISA 2022 andmete põhjal

## Lisa 2. Korrelatsioonimaatriks

### Tehnoloogia kasutamise muutujad

	ICTOUT	ICTSCH	ICTHOME	ICTWKDY
ICTOUT	1	-0,03	-0,01	0,16
ICTSCH	-0,03	1	0,47	-0,09
ICTHOME	-0,01	0,47	1	-0,07
ICTWKDY	0,16	-0,09	-0,07	1

Allikas: autori koostatud OECD PISA 2022 andmete põhjal, kasutades programmis R

### Lisa 3. Nullmudelite tulemused Eesti lähiriikidel

Klassidevaheline korrelatsioonikoefitsient	Matemaatika	Loodusteadus	Lugemine
<b>Eesti õpilased</b>	<b>17%</b>	<b>15%</b>	<b>12%</b>
Soome õpilased	10%	10%	10%
Läti õpilased	21%	20%	19%
Rootsi õpilased	22%	22%	23%
Leedu õpilased	31%	30%	32%

Allikas: autori koostatud OECD PISA 2022 andmete põhjal, kasutades programmis R



## Lisa 4. Lihtlitsents

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

Mina Merilin Talimets

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Tehnoloogia kasutamise seos Eesti õpilaste õpitulemustega,  
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Heili Hein-Sula,

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.

---

07.05.2024 (kuupäev)

---

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