

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduste valdkond
Psühholoogia instituut

Danil Tervonen

**ÕPILASTE DIGIVAHENDITE KASUTAMISE SEOSED MATEMAATIKAÄREVUSE JA
-TULEMUSTEGA: PISA 2022 ANDMETE SEKUNDAARANALÜÜS**

Uurimistöö

Juhendaja: Karin Täht, *PhD*

Läbiv pealkiri: Digivahendite kasutus, matemaatikaärevus ja tulemused

**Õpilaste digivahendite kasutamise seosed matemaatikaärevuse ja -tulemustega:
PISA 2022 andmete sekundaaranalüüs**

Lühikokkuvõte

Käesoleva töö eesmärk oli selgitada digivahendite kasutamise (õppe- ja vabaajategevusteks), matemaatikaärevuse ja matemaatika tulemuste vahelisi seoseid PISA 2022 Eesti õpilaste andmete põhjal (N = 6392). Hüpoteesidele vastamiseks viidi läbi kovariatsioon-, korrelatsioon- ja medieerimisanalüüsid. Kovariatsioonanalüüsist selgus, et digivahendite kasutamise aja ja matemaatika tulemuste vahel olid tagurpidi U-kulised seosed: kõrgemaid matemaatika tulemusi said need õpilased, kes kasutasid digivahendeid mõõdukalt. Korrelatsioonanalüüsi järgi esines statistiliselt oluline positiivne seos matemaatikaärevuse ja digivahendite kasutamise vahel. Medieerimisanalüüsid näitasid, et matemaatikaärevus vahendab matemaatika tulemuste ja digivahendite kasutamise vahelist negatiivset seost nii õppe- kui ka vabaajategevusteks. Tööl on praktiline väärtus haridussüsteemi regulatsioonidele ja arendamisele. Uurimistöö piirangud ja edaspidised võimalikud arengusuunad on välja toodud.

Märksõnad: digivahendite kasutamine, matemaatikaärevus, matemaatika tulemused, PISA 2022

The Relationships Between Students' Digital Device Use, Mathematics Anxiety and Performance: A Secondary Analysis of PISA 2022 Data

Abstract

The aim of this study was to investigate the relationship between the use of digital devices (for academic and leisure activities), mathematics anxiety and mathematics performance based on data from Estonian students in PISA 2022 (N = 6392). Covariance, correlation and mediation analyses were conducted to test the hypotheses. The covariance analysis revealed that there were inverted U-shaped relationships between the frequency of use of digital devices and mathematics performance: higher mathematics performance was achieved by students who used digital devices moderately. According to the correlation analysis, there was a statistically significant positive relationship between mathematics anxiety and the use of digital devices. Mediation analyses showed that mathematics anxiety mediates the negative relationship between mathematics performance and the use of digital devices for both academic and leisure activities. The study has practical value for the regulation and development of the education system. The limitations of the research and possible directions of future studies are discussed.

Keywords: digital device use, mathematics anxiety, mathematics results, PISA 2022

Õpilaste digivahendite kasutamise seosed matemaatikaärevuse ja -tulemustega: PISA 2022 andmete sekundaaranalüüs

Viimastel aastatel on suurt tähelepanu pööratud digivahendite kasutamise võimalikule mõjule inimeste erinevatele valdkondadele. Digivahendid on muutunud meie elu lahutamatuks osaks ning neid aktiivselt kaasatakse ka hariduses. Noorukiiga pakub uurijatele eriti palju huvi, kuna selles vanuses toimuvad olulised bioloogilised, psühholoogilised ja sotsiaalsed muutused, mille pärast noored on väga tundlikud oma keskkonna suhtes (Orben jt, 2022). Näiteks on pakutud, et nooruki sotsiaalses ajus toimuvad olulised bioloogilised muutused, mis võivad olla mõjutatud sotsiaalmeedia kasutuse tõttu läbi järgmiste nähtuste: sotsiaalne tõrjumine ja heakskiitmine, eakaaslaste mõju arvamusele endast ja teistest ning emotsioonide roll meediakasutuses ja -mõjudes (Crone & Konijn, 2018). Siiski on terviklik pilt selles valdkonnas pigem puudu.

Näiteks on üha rohkem kirjandust, milles väidetakse, et digiseadmete kasutamine on noorte inimestele kahjulik. Twenge ja Campbell (2018) on näidanud suure valimi põhjal ($N = 40,337$), et noortel, kes kulutasid rohkem aega ekraanimeedia tarbimisele, oli psühholoogiline heaolu madalam kui vähese kasutuse korral: neil oli kehvem emotsioonide reguleerimine, suutmatust lõpetada ülesandeid, väiksem uudishimu ja suuremad raskused sõprade leidmisel. Varasemalt on Twenge koos kolleegidega (2017) näidanud, et sotsiaalmeedias või üldisemalt digiseadmetes veedetud aeg oli positiivses korrelatsioonis depressiivsete sümptomite ja enesetapumõtetega. Tang jt (2021) toovad aga süstemaatilises ülevaateartiklis välja, et pikaajalised uuringute efektid on pigem väikesed depressiooni sümptomite puhul ning teiste heaolu probleemide sümptomid (nt ärevuse, enesehinnangu jmt) seos üldse puudub. Miller jt (2023) 2-aastase fMRI uuringu kohaselt ei seostu 9-12 a. laste digivahendite kasutuse määr aju funktsionaalne organisatsiooniga ega maladaptiivse funktsioneerimisega. Kuigi mõned tulemused on vastuolulised ja nõuavad täpsustavaid pikaajalisemaid uuringuid, siis ei tähenda see, et digivahendite kasutamise mõjud kindlasti ei ole negatiivsed.

Heaolu näitajad ei ole ainukesed, mida uuringutes seostatakse digitehnoloogia kasutusega — negatiivsed seosed on leitud ka õpiedukusega. Näiteks, Kates jt (2018) metaanalüüsi järgi näib olevat üldises plaanis järjepidev negatiivne seos akadeemilise sooritusega eri riikides, akadeemiliste ülesannete ja õppeainete lõikes. PISA 2022 digikasutuse raport (OECD, 2024b) rõhutab, et õpilased, kes kasutasid digitaalseid seadmeid koolis rohkem kui üks tund päevas, said oluliselt madalama tulemuse matemaatika ülesannetes, ning mida suurem oli kasutusaeg, seda madalam oli nende sooritus. Sarnast trendi näitasid ka Rozgonjuk jt (2021) Eesti andmete põhjal, võttes arvesse lisaks PISA 2015 matemaatika tulemustele ka õpilaste kooli lõpueksamite matemaatika tulemusi: õpilastel, kes väitsid, et kasutavad Interneti kõige kauem, olid keskmiselt kõige madalamad matemaatika tulemused kõigis testides kolmel vaatluskorral (PISA 2015, põhikooli lõpueksam ja gümnaasiumi lõpueksam). Rozgonjuk koos kolleegidega (2021) on väitnud, et kuigi on olemas töid,

milles on uuritud Interneti ja muude informatsiooni- ja kommunikatsioonitehnoloogia vahendite kasutamise ning akadeemiliste saavutuste vahelisi seoseid, on uuringuid üldiste digitehnoloogia kasutusmudelite kohta seoses matemaatika tulemustega üsna vähe.

PISA ja matemaatiline sooritus

Käesolev töö käsitleb PISA 2022 uuringus osalenud Eesti õpilaste matemaatika tulemusi. PISA (*Programme for International Student Assessment*) on rahvusvaheline uuring, mis on korraldatud Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsiooni (OECD) poolt iga kolme aasta tagant (Tire jt, 2023). PISA põhifookuseks on 15-aastaste noorte teadmiste ja oskuste hindamine matemaatikas, funktsionaalses lugemises ja loodusteadustes ning uuringu peamiseks eesmärgiks on parandada hariduse kvaliteeti OECD riikides ja mujal maailmas.

PISA 2022 raamistiku kohaselt on matemaatiline kirjaoskus inimeste võime rakendada matemaatilisi teadmisi reaalses elus erinevate probleemide lahendamiseks (Tire jt, 2023). On olemas kolm matemaatika põhioskust, mida PISA 2022 testis käsitletakse: (1) oskus formuleerida igapäevaelu kontekstist tulenevaid olukordi matemaatika keeles, (2) oskus lahendada neid probleeme kasutades matemaatilisi teadmisi ning (3) oskus tõlgendada saadud tulemusi ehk teha nendest adekvaatseid ja ammendavaid järeldusi. Kuna Tire jt (2023) järgi PISA 2022 uuringu eesmärk on “vaadelda matemaatikat kiiresti muutuvast maailmast, mida juhivad uued tehnoloogiad ja suundumused”, digivahendite kasutus on oluline tegur, mis võib olla seotud matemaatika vilumusega. Näiteks, õpilased, kes teatasid, et nad on igas või enamikus matemaatikatundides häiritud digitaalsete seadmete kasutamise ajal koolis, said matemaatikas keskmiselt 15 punkti vähem punkte kui õpilased, kellel ei juhtu see kunagi või peaaegu mitte kunagi ning ka siis kui arvestada õpilaste ja koolide sotsiaal-majandusliku taustaga (OECD, 2023).

Mõned tööd on näidanud, et digivahendite kasutamise ja matemaatika tulemuste vahel olevad seosed ei ole lihtsalt lineaarsed, vaid pigem tagurpidi U-kujulised (Rozgonjuk jt, 2021; Przybylski ja Weinstein, 2017). Seda tulemust võib tõlgendada nii, et inimesed, kes kasutavad digivahendeid vähe või liiga palju, saavad oluliselt madalama tulemuse matemaatika testis kui need, kes kasutavad neid mõõdukalt (Rozgonjuk jt, 2021). Przybylski ja Weinstein (2017) varem leidsid, et sarnased tulemused tulevad ka heaolu näitajatega ning nimetasid seda Digitaalse Kuldkihara hüpoteesiks (ingl *Digital Goldilocks hypothesis*), mille järgi ainult liiga vähene või liiga suur digivahendite kasutamine on seotud probleemsete seisundite, käitumiste ja tulemustega. Need tulemused vajavad endiselt testimist ja kinnitamist, et vaadata, kas nad püsivad ka ajas ja erinevates tingimustes.

Matemaatikaärevus ja digivahendite kasutamine

Peale digivahendite kasutamise võivad matemaatika tulemused olla oluliselt seotud ka matemaatikaärevusega, mis on väga levinud probleem üle maailma eriti noorte seas (Luttenberger jt, 2018). PISA 2022 andmete kohaselt riigid, mille matemaatikaärevuse skoorid on üle keskmise,

saavutavad matemaatikas ka madalamaid tulemusi ning matemaatikaärevuse indeks seletab 25% õpilaste tulemuste variatiivsust matemaatika testis (OECD, 2023). Luttenberger jt (2018) definitsiooni järgi on matemaatikaärevus inimeste hirmutunne ja suurenenud füsioloogiline reaktiivsus, mida nad kogevad siis, kui nad puutuvad kokku matemaatika ülesannetega: näiteks kui nad peavad manipuleerima numbritega, lahendama matemaatilisi probleeme või kui nad satuvad matemaatikaga seotud hindamisolukorda (nt eksamile).

Matemaatikaärevus on nähtus, mis on põhjalikult uuritud juba eelmisest sajandist. Barroso jt (2020b) näitasid oma metaanalüüsis, et erinevate uuringute efektide keskmised annavad väikse kuni mõõduka negatiivse ja statistiliselt olulist korrelatsiooni matemaatikaärevuse ja soorituse vahel. Rozgonjuk jt (2021) väidab, et matemaatika ärevus võib motiveerida õpilasi kasutama rohkem digivahendeid matemaatika harjutuste asemel, kuna matemaatikaärevus on seotud pinnapealsema lähenemisega õppimisele, mis on omakorda seotud problemaatilise digivahendite kasutamisega. Vahedi ja Saiphoo (2018) toovad enda metaanalüüsis välja, et stressi ja erinevate ärevuse tüübid võivad olla assotsieeritud ka digivahendite kasutamisega ning selle seose suurus on väike kuni mõõdukas. Seega on alust oletada, et ainespetsiifiline ärevus ehk matemaatikaärevus võib olla ka digivahendite kasutusega seotud.

Viimastel aastatel on ilmunud mõnesid uuringuid, mis on näidanud, et problemaatiline mobiiltelefoni kasutamine võib olla seotud just matemaatikaärevuse ja sooritusega (Chen jt, 2022; Zhou jt, 2022; Elhai jt, 2018). Elhai jt (2016) ja Elhai jt (2018) on teinud kirjanduse (süsteematisel) ülevaated ning väidavad, et seni tehtud tööd viitavad sellele, et digivahendite ja ärevuse vahel võivad olla kahesuunalised seosed. Ühelt poolt inimesed, kes kogevad ärevust võivad kasutada digivahendeid tihedamini, et lülitada enda tähelepanu ümber, kogeda positiivseid emotsioone (mängud, sotsiaalmeedia) ja maandada stressi (Elhai jt, 2018). Teiselt poolt aga sagedasem digivahendite kasutus võib aja jooksul muuta problemaatiliseks ning põhjustada nt unetust ja stressi, mis omakorda põhjust ärevust (Elhai jt, 2016). Chen jt (2022) ning Zhou jt (2022) uuringutes on pakutud, et matemaatikaärevus vahendab problemaatilist digivahendite kasutamist ja matemaatika sooritust selle kaudu, et matemaatikaärevusega inimesed väldivad matemaatika ülesandeid ja on vastuvõtlikumad tähelepanu hajutamisele ning üks neis ongi digivahendid. Vaatamata statistiliselt olulistele seostele neis uuringutes vajavad tulemused nii kinnitamist kui ka täpsustamist.

Digivahendid õppimiseks ja vabaajategevusteks

PISA uuringute kontekstis on olemas ka info selle kohta, kui palju aega kasutavad õpilased digivahendeid erinevate eesmärkidega (õppetegevusteks ja vabaajategevusteks) ning mis tingimustes nad seda teevad (koolis, enne ja pärast seda või väljaspool kooli). On täheldatud, et digivahendite kasutuse seos matemaatika tulemustega võib olla tingitud sellest, kas õpilased teevad seda koolis või väljaspool kooli (Rozgonjuk jt, 2021), kuid on vähe uuritud seda, kas ja kuidas

võivad matemaatika skoorid olla seotud digivahendite kasutamise eesmärgiga: õppimiseks või vabaajaveetmiseks.

Kuigi digiseadmete kasutamine koolis on seotud matemaatika tulemustega peamiselt negatiivselt (Petko jt, 2016), siis vabal ajal kasutatud digivahendite seosed õpitulemustega on pigem hägusad. Ühelt poolt toovad Zhu ja Li (2022) enda töös välja, et vabaajategevused soodustavad õpilaste kognitiivset (kriitiline mõtlemine, probleemilahendus, loomingulisus jmt) ja metakognitiivset (enese kontroll, refleksioon, võimete taastamine jmt) arengut ning seega võib digivahendite kasutus olla heaks kasuteguriks. Võimalik, et just seetõttu on leitud tulemusi, kus meelelahutuslike eesmärkidega digivahendite kasutus väljaspool kooli ei ole seotud madalamate tulemustega nii drastiliselt (Zhu ja Li, 2022; Hu jt, 2018) või otse vastupidi — seos võib olla isegi positiivne (Hu jt, 2018). Teiselt poolt Petko jt (2016) ja Hatos (2020) tööd näitavad, et PISA 2012 matemaatika ja 2015 loodusteaduste üldised tulemused on seotud digivahendite kasutamisega vabaajategevusteks pigem neutraalselt ning üldiselt sõltuvad riigi tasemel olevatest näitajatest: mõnedes riikides on see seos negatiivne, teistes hoopis positiivne. Seega jääb veel lahtiseks, kas ja mil määral on digivahendite kasutus õppe- või vabaajategevusteks seotud matemaatika testi skooridega ning just Eesti õpilaste tasemel.

Käesoleva töö eesmärk ja hüpoteesid

Selle töö peamine eesmärk on teha selgeks seosed Eesti õpilaste PISA 2022 matemaatika tulemuste, matemaatikaärevuse ning nutiseadmete kasutamise õppe- ja vabaajategevusteks muutujate vahel, korrates varem läbiviidud uuringute strateegiaid. Eespool mainitud kirjanduse põhjal on alust püstitada kolm hüpoteesi ja üks uurimisküsimus. Esimene hüpotees tuleneb Rozgonjuk jt (2021) tööst ning toetub Digitaalse Kuldkihara hüpoteesile (Przybylski ja Weinstein, 2017): teha kindlaks, kas digivahendite kasutamise ja matemaatika testi tulemuste vahel esineb tagurpidi U-kujuline seos. Teiseks hüpoteesiks on see, et matemaatikaärevus on positiivses korrelatsioonis digivahendite kasutamisega. Kolmanda hüpoteesi aluseks on Zhou jt (2022) töö, et testida, kas matemaatikaärevus vahendab matemaatika tulemuste ja digivahendite kasutamise vahel oleva negatiivset seost. Uurimisküsimuseks on see, kas nende tulemuste vahel esineb olulisi erinevusi vastavalt digivahendite kasutamise eesmärgile: õppe- ja vabaajategevusteks.

Meetod

Valim

Töösse on kaasatud Eesti õpilaste PISA 2022. aasta uuringu andmed, mis olid kogutud Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsiooni (OECD) poolt. Valimi moodustamiseks oli kasutatud kahes järgus toimuvat metoodikat: esiteks valitakse välja uuringus osalevad koolid ja seejärel õpilased nendest koolidest (Tire jt, 2023). Andmestiku järgi osales uuringus 6392 Eesti põhikoolide ja gümnaasiumide õpilast sünniaastaga 2006, kellest mehi oli 3120 (48,8%) ja naisi oli 3272 (51,2%). Valimi moodustasid 15,33-16,33 a. noored, kes õppisid 7-12. klassis. Noorte keskmine vanus oli 15,8 aastat ($SD = 0,28$).

Muutujad

PISA 2022 uuringu käigus pidid õpilased peale matemaatika ja teiste testide sooritamise täitma ka ankeedi paljude erinevate küsimustega, sealhulgas ka sotsiaalmajandusliku staatuse, soo ja matemaatikaärevuse kohta ning kui palju nad kasutasid digivahendeid õppe- ja vabaajategevusteks. Matemaatika testi tulemuste ja muude küsimuste muutujate täpsem kirjeldus on toodud allpool.

Sotsiaalmajanduslik staatus ja sugu

PISA uuringu andmestik sisaldas erinevaid sotsiaaldemograafilisi muutujaid, millest on käesolevasse töösse valitud õpilase sugu ja sotsiaalmajanduslik staatus (SMS). PISA sotsiaalmajandusliku staatuse indeksit peetakse rahvusvaheliseks kuldstandardiks ning see pannakse kokku vanemate haridustasemest ja ametist ning kodus olemasolevate raamatute ja nutiseadmete arvust (OECD, 2024a). SMSi andmetest oli arvatud standardiseeritud muutuja nii, et keskmist skoori tähistas 0 ja standardhälve oli 1. Sugu oli kodeeritud järgmiselt: 1 = Mees ja 2 = Naine.

PISA 2022 Matemaatika testi tulemused

PISA 2022 matemaatika testi tulemused (MTT) näitavad matemaatilise kirjaoskuse taset ehk õpilaste võimet matemaatikat erinevates kontekstides formuleerida, rakendada ja tõlgendada (Tire jt, 2023). Matemaatikas saadud punktide arvu hõlpsamaks interpreteerimiseks konstrueeriti juba PISA 2003 uuringus punktiskaala nii, et keskmine tulemus oleks 500 punkti ning et ligikaudu kaks kolmandikku õpilastest asuksid oma tulemustega 400 ja 600 punkti vahel (Tire jt, 2023).

Digivahendite kasutamise aeg: õppetegevusteks

Uuringu osalejad andsid oma hinnangu digivahendite kasutamise aja kohta kahel viisil, vastates küsimusele “Ligikaudu mitu tundi päevas Sa tavaliselt sel õppeaastal kasutad digivahendeid järgmistes olukordades?”. Esiteks oli kolm küsimust selle kohta, mitu tundi päevas kasutasid õpilased digivahendeid õppetegevusteks (1) koolis, (2) enne ja pärast kooli ning (3) nädalavahetustel. Igale küsimusele sai vastata järgmisel skaalal: 1 = “Mitte ühtki”; 2 = “Kuni 1 tund päevas”; 3 = “1 kuni 2 tundi päevas”; 4 = “2 kuni 3 tundi päevas”; 5 = “3 kuni 4 tundi päevas”;

6 = “4 kuni 5 tundi päevas”; 7 = “5 kuni 6 tundi päevas”; 8 = “6 kuni 7 tundi päevas”; 9 = “Rohkem kui 7 tundi päevas”.

Digivahendite kasutamise aeg: vabaajategevusteks

Teiseks oli samuti esitatud kolm küsimust, vaid digivahendite kasutamise kohta vabaajategevusteks (1) koolis, (2) enne ja pärast kooli ning (3) nädalavahetustel. Digivahendite kasutamise määra vastuste skaala oli sama.

Matemaatikaärevus

Matemaatikaärevust mõõdetakse rahvusvahelises PISA uuringus (OECD, 2023; lk 57) 6-väitelise matemaatikaärevuse küsimustikuga. Õpilased said hinnata 4-pallisel skaalal (1 = “Ei nõustu üldse” kuni 4 = “Nõustun täiesti”), mil määral nad nõustusid järgmiste väidetega: (1) “Ma muretsen tihti, et mul läheb matemaatikatundides raskeks”; (2) “Ma olen väga pinges, kui pean tegema matemaatika kodutöid”; (3) “Ma lähen matemaatikaülesandeid lahendades väga närvi”; (4) “Ma tunnen end matemaatikaülesandeid lahendades abituna”; (5) “Ma muretsen, et saan matemaatikas halbu hindeid”; (6) “Olen mures, et võin matemaatikas läbi kukkuda”.

Matemaatikaärevuse indeks oli standardiseeritud: keskmisega 0 ja standardhällbega 1. OECD tehnilise raporti kohaselt oli küsimustiku Cronbach $\alpha = 0,91$ (2024a; lk 400).

Uuringu eetiline külg

Uuringus kasutatud andmed olid kogutud OECD PISA 2022 uuringu raames ning avalikud kõigile kasutamiseks (PISA Database, 2022). Uuringu andmed olid anonümiseeritud ehk nende järgi ei saa tuvastada osalenud õpilaste nimesid ning kõik muud eetilised aspektid olid käsitletud OECD poolt.

Andmeanalüüs

Andmeanalüüsiks kasutasin andmetöötlusprogrammi JASP (versioon 0.18.3). Hüpoteeside testimiseks kasutasin mitmeid analüüsimeetodeid: sõltumatute gruppide t-test, korrelatsioon, kovariatsioon, peakomponentide ja medieerimise analüüsid. Analüüsid on täpsemalt kirjeldatud käesoleva töö tulemuste osas.

Tulemused

Kirjeldav statistika

Tabelis 1 on esindatud SMSi, matemaatika testi tulemuste ja matemaatikaärevuse muutujate peamised kirjeldavad statistikud. On näha, et mitte kõikide osalejate skoorid on siinkohal esindatud (valimid olid vahemikus $N = 6018-6392$). Eesti õpilaste sotsiaalmajandusliku skoorid (SMS) olid üle keskmise ($M = 0,19$, $SD = 0,78$). Kuna pisa matemaatika testi tulemuste (MTT) keskmist tähistas 500 punkti, siis Eesti noorte skoorid olid üle keskmise ($M = 512,68$, $SD = 84,59$). Matemaatikaärevuse (MÄ) skoorid olid keskmise lähedal ($M = 0,01$, $SD = 1,17$). Kõigi vaadeldud muutujate ja järsakuse skoorid langesid -1 ja 1 piiride sisse ning seega täitsid normaaljaotuse kriteeriumeid.

Tabel 1

Kirjeldav statistika: SMS, matemaatika testi tulemused ja matemaatikaärevus

Muutuja	N	M	SD	Asümmeetria-kordaja	Järsakus	Min	Max
SMS	6291	0,19	0,78	-0,41	-0,50	-3,28	3,79
MTT	6392	512,68	84,59	0,08	-0,18	214,46	802,28
MÄ	6018	0,01	1,17	0,07	0,30	-2,39	2,66

Märkused. SMS = Sotsiaalmajanduslik staatus; MTT = PISA 2022 Matemaatika testi tulemused; MÄ = Matemaatikaärevuse keskmistatud skoor; SD = standardhälve; Min = miinimum; Max = maksimum.

Digivahendite kasutamise aja küsimustiku skooride kirjeldavad statistikud on esindatud Tabelis 2. Jällegi, mitte kõikide osalejate andmed on esitatud (valimid varieerusid vahemikus $N = 6206-6240$).

Tabel 2*Kirjeldav statistika: digivahendite kasutamise aja näitajad*

Muutuja	N	M	SD	Asümmeetria- kordaja	Järsakus	Min	Max
Õppe- tegevusteks							
Koolis	6240	3,10	1,90	1,71	2,36	1,00	9,00
Enne ja pärast kooli	6215	3,39	1,81	1,36	1,79	1,00	9,00
Nädala- vahetustel	6206	3,02	1,81	1,46	2,25	1,00	9,00
Vabaaja- tegevusteks							
Koolis	6214	3,15	1,86	1,46	1,98	1,00	9,00
Enne ja pärast kooli	6217	5,20	2,2	0,17	-0,80	1,00	9,00
Nädala- vahetustel	6221	6,38	2,23	-0,45	-0,74	1,00	9,00

Märkused. SD = standardhälve; Min = miinimum; Max = maksimum.

Selleks, et hõlbustada järgmiste statistiliste analüüside mõistmist, järgnev arutelu on esitatud hüpoteeside kaupa.

Hüpotees 1. *Digitaalse Kuldkihara hüpoteesi kohaselt võib liiga vähene või liigne digivahendite kasutamine olla seotud madalamate skooridega matemaatika testis ning seega on tulemuseks tagurpidi U-kujulised kõverad nii õppe- kui ka vabaajategevuste kohaselt.*

Esimese hüpoteesi testimiseks viisin läbi kovariatsioonanalüüsi (ANCOVA), enne mida oli vaja testida sotsiaalmajandusliku staatuse ja soo mõju matemaatika testile. Sellele vastavalt olid enne läbiviidud korrelatsioonanalüüs ja sõltumatu gruppide t-test.

Seos sotsiaalmajandusliku staatuse ja matemaatika testi tulemuste vahel

Sotsiaalmajandusliku staatuse (SMS) ja matemaatika tulemuste seose väljaselgitamiseks tegin korrelatsioonanalüüsi. Analüüs näitas, et SMSi ja matemaatika skooride vahel oli mõõdukas positiivne seos ($r = 0,35, p < 0,001$). Seega oli vaja kovariatsioonanalüüsi (ANCOVA) läbi viies SMS kontrolli alla võtta.

Sugudevahelised erinevused

Selleks, et teha selgeks, kas sugudevahelised erinevused võivad oluliselt mõjutada matemaatika tulemusi, viisin läbi sõltumatute gruppide t-testi. Kuna Levene'i test näitas, et tulemuste hajuvused ei olnud homogeenised ($p < 0,001$), kasutasin sõltumatute gruppide Welch'i t-testi. Welch'i t-testi tulemused näitasid, et sugude vahel esinevad väikesed statistiliselt olulised erinevused: naissoost õpilaste matemaatika skoorid ($M = 515,23$; $SD = 87,38$) olid kõrgemad kui meessoost õpilaste omad ($M = 510,01$; $SD = 81,48$), $t(6386,83) = 2,5$, $p = 0,013$, $d = 0,06$. Kuigi efekt oli väga väike, aga statistiliselt oluline, siis võtsin soo ANCOVA käigus kontrolli alla.

ANCOVA tulemused

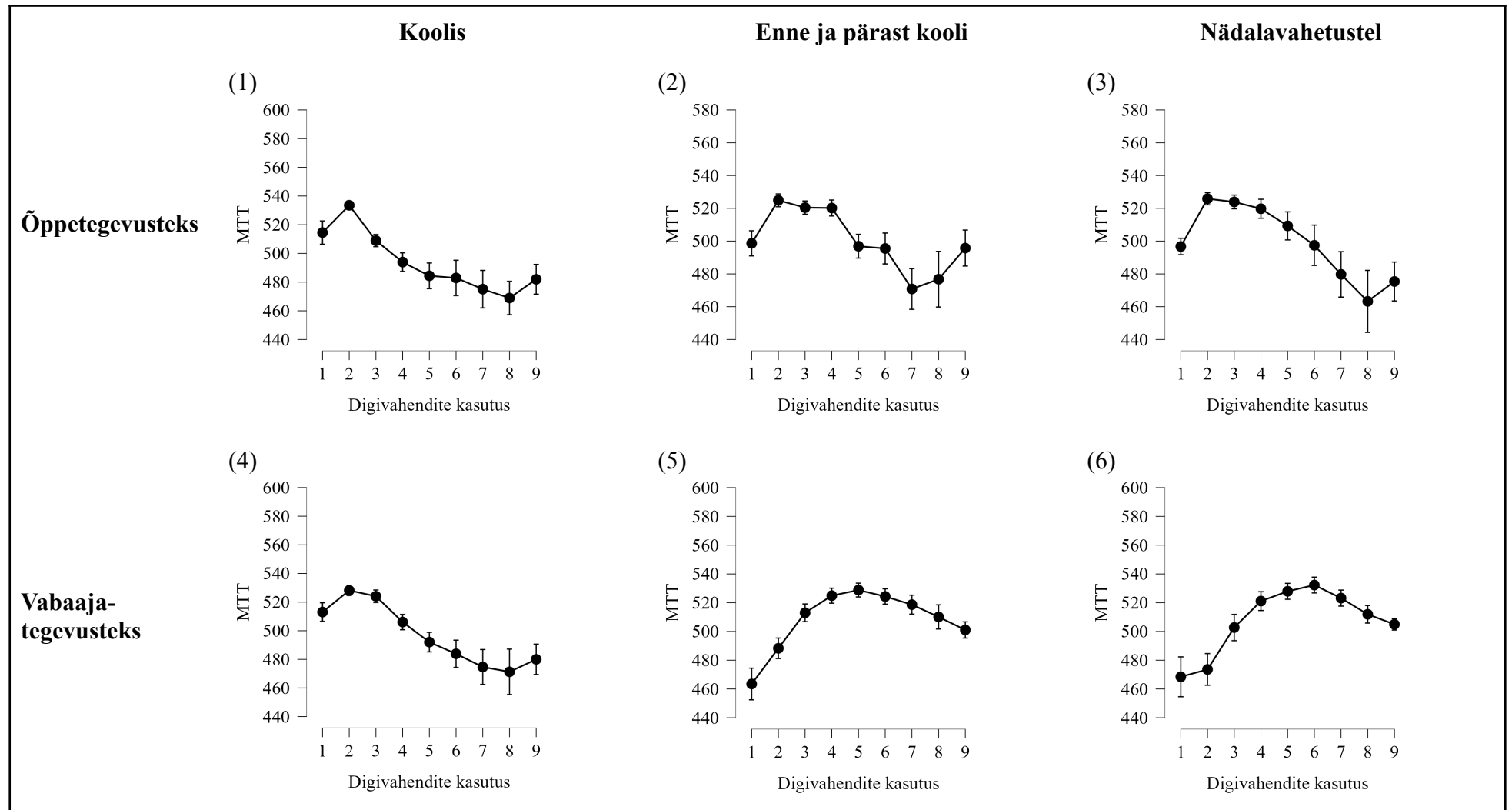
Viisin läbi kovariatsioonanalüüsi (ANCOVA) selleks, et vaadelda, kas ja kuidas digivahendite kasutamise aeg oli seotud matemaatika testi tulemustega. ANCOVA oli valitud sellepärast, et digivahendite kasutamise skaala oli vahemikkskaala. ANCOVA tulemused on toodud allpool Joonisel 1, Tabelis 3 ja 4.

Joonisel 1 on näha, et üldiseks tulemuseks olid tagurpidi U-kujule sarnased kõverad, mida saab tõlgendada nii, et nii liiga vähene kui ka üleliigne digivahendite kasutamine oli seotud madalamate tulemustega PISA 2022 matemaatika testis. Nagu on jooniselt näha, ei olnud pilt ühetaoline. Esiteks, mõned kõverade "sabad" läksid uuesti ülespoole (nt kõverad numbriga 1-4), kuid Holm'i *post hoc* testid näitasid, et viimaste rühmade tulemused ("Rohkem kui 7 tundi päevas") ei erinenud eelmiste tulemustest ("6 kuni 7 tundi päevas") statistiliselt oluliselt ($p_{holm} = 1,00$). Teiseks, olenevalt tingimustest oli kõige kõrgemad matemaatika tulemused seotud erinevate digivahendite kasutuse ajaga. Näiteks, 1-4. olukorra puhul oli kõrgemaid skoorid neil, kes kasutasid digivahendeid "kuni 1 tund päevas", aga 5 ja 6 olukorra puhul oli need tulemused kõrgemad neil, kes veetsid "3 kuni 4 tundi päevas" või "4 kuni 5 tundi päevas" digivahendeid kasutades vastavalt. Seega pikem digivahendite kasutamine vabaajategevusteks koolist väljaspool (enne ja pärast kooli ning nädalavahetustel) ei olnud nii tugevalt seotud matemaatikatesti tulemustega.

Tabelid 3 ja 4 näitavad, et nii digivahendite kasutuse kui ka SMSi ja soo muutujad olid kõigis mudelites PISA matemaatika testi tulemuste olulised ennustajad ($p < 0,001$). Vastavalt Richardsoni ülevaateartiklile (2011), mis käsitleb osalisi eta-ruudu (η^2_p) efekte hariduses, on levinud piirid 0,01 (väike), 0,06 (keskmine) ja 0,14 (suur). Kõige suurem efekt matemaatika tulemustele oli muutujal SMS (osaline eta-ruut η^2_p varieerub 0,116 ja 0,125 vahel). Soo efektid matemaatika tulemustele olid väikesed ($\eta^2_p = 0,003$ - $0,005$). Digivahendite kasutamise nii õppe- kui ka vabaajategevusteks efektid olid väikesed nii koolis ($\eta^2_p = 0,030$ ja $0,058$ vastavalt) kui ka väljaspool kooli (enne ja pärast kooli ning nädalavahetustel; $\eta^2_p = 0,020$ - $0,026$). Õppetegevuse eesmärgiga digivahendite kasutamine koolis andis natuke suurema efekti ($\eta^2_p = 0,058$) kui vabaajategevuse eesmärgiga ($\eta^2_p = 0,030$) ning väljaspool kooli olulisi erinevusi ei esinenud.

Joonis 1

PISA 2022 matemaatika testi tulemuste keskmiste erinevus digivahendite kasutuse aja rühmades, kontrolli all muutujad SMS ja sugu



Märkused. MTT = PISA 2022 matemaatika testi tulemused; Digivahendite kasutuse aeg: 1 = “Mitte ühtki”; 2 = “Kuni 1 tund päevas”; 3 = “1 kuni 2 tundi päevas”; 4 = “2 kuni 3 tundi päevas”; 5 = “3 kuni 4 tundi päevas”; 6 = “4 kuni 5 tundi päevas”; 7 = “5 kuni 6 tundi päevas”; 8 = “6 kuni 7 tundi päevas”; 9 = “Rohkem kui 7 tundi päevas”. Joonisel on kujutatud 95% usalduspiirid.

Tabel 3

PISA 2022 matemaatika testi tulemuste ja digivahendite kasutuse muutujate ANCOVA tulemused, kontrolli all muutujad SMS ja sugu: õppetegevusteks

Muutuja	df	F	p	η^2_p
Koolis				
Digivahendite kasutus	8	48,01	< 0,001	0,058
Sugu	1	20,95	< 0,001	0,003
SMS	1	889,71	< 0,001	0,125
Jäägid	6211			
Enne ja pärast kooli				
Digivahendite kasutus	8	16,16	< 0,001	0,020
Sugu	1	16,27	< 0,001	0,003
SMS	1	846,19	< 0,001	0,120
Jäägid	6186			
Nädalavahetustel				
Digivahendite kasutus	8	20,79	< 0,001	0,026
Sugu	1	21,80	< 0,001	0,004
SMS	1	843,82	< 0,001	0,120
Jäägid	6178			

Märkused. SMS = Sotsiaalmajanduslik staatus; η^2_p = osaline eta-ruut.

Tabel 4

PISA 2022 matemaatika testi tulemuste ja digivahendite kasutuse muutujate ANCOVA tulemused, kontrolli all muutujad SMS ja sugu: vabaajategevusteks

Muutuja	df	F	p	η^2_p
Koolis				
Digivahendite kasutus	8	23,93	< 0,001	0,030
Sugu	1	23,40	< 0,001	0,004
SMS	1	820,35	< 0,001	0,117
Jäägid	6185			
Enne ja pärast kooli				
Digivahendite kasutus	8	20,68	< 0,001	0,026
Sugu	1	24,20	< 0,001	0,004
SMS	1	829,87	< 0,001	0,118
Jäägid	6188			
Nädalavahetustel				
Digivahendite kasutus	8	17,90	< 0,001	0,023
Sugu	1	28,54	< 0,001	0,005
SMS	1	811,84	< 0,001	0,116
Jäägid	6192			

Märkused. SMS = Sotsiaalmajanduslik staatus; η^2_p = osaline eta-ruut.

Hüpotees 2. *Matemaatikaärevus on positiivses korrelatsioonis digivahendite kasutamisega nii õppe- kui ka vabaajategevusteks.*

Korrelatsioonanalüüsi läbiviimiseks oli vaja ennem kontrollida eelnevaid tingimusi, viies läbi peakomponentide analüüs: (1) kas digivahendite kasutuse küsimused on olulises omavahelises korrelatsioonis ning (2) kas see küsimustik on kahekomponentne ehk küsimused langevad kahe komponendi alla (digivahendite kasutamine õppe- ja vabaajategevusteks). Korrelatsioonanalüüs näitas, et digivahendite kasutuse küsimused olid omavahel oluliselt korreleeritud, välja arvatud küsimuste paarid 3 ja 5 ($p = 0,772$) ning 3 ja 6 ($p = 0,054$). Digivahendite küsimuste korrelatsioonanalüüsi tulemused on toodud Tabelis 5.

Tabel 5*Digivahendite kasutamise aja küsimuste korrelatsioonid*

Küsimused		K1	K2	K3	K4	K5
K1	Spearmani roo	—				
K2	Spearmani roo	0,41***	—			
K3	Spearmani roo	0,25***	0,53***	—		
K4	Spearmani roo	0,21***	0,18***	0,08***	—	
K5	Spearmani roo	0,11***	0,14***	0,004	0,41***	—
K6	Spearmani roo	0,13***	0,14***	0,02	0,32***	0,69***

Märkused. Digivahendite kasutamise aja küsimuste tähendus:

K1 = "...õppetegevusteks koolis"; K2 = "...õppetegevusteks enne ja pärast kooli";

K3 = "...õppetegevusteks nädalavahetustel"; K4 = "...vabaajategevusteks koolis";

K5 = "...vabaajategevusteks enne ja pärast kooli"; K6 = "...vabaajategevusteks nädalavahetustel";

*** $p < 0,001$.

Peakomponentide analüüs

Digivahendite kasutamise küsimustiku peamiste komponentide väljaselgitamiseks oli kasutatud peakomponentide analüüs. Rotatsiooni meetodiks oli *oblique oblimin*. Tulemuseks oli saadud kaks peakomponenti, millest igaüks hõlmas kolm küsimust (Tabel 6). Esimene peakomponent (DV1) hõlmas küsimusi 1, 2 ja 3, mis käisid digivahendite kasutamise õppetegevusteks kohta. Teine peakomponent (DV2) hõlmas küsimusi 4, 5 ja 6, mis olid digivahendite kasutamise vabaajategevusteks kohta. Lisaks olid KMO (Kaiser-Meyeri-Olkin) testi tulemuste väärtused üle 0,5, mis kinnitas andmete sobivuse peakomponentide analüüsiks. Peakomponentide analüüs näitas, et DV1 seletas 33,2% ja DV2 — 32% andmete variatiivsusest. Mudeli kogu seletusprotsent oli 65,2%.

Tabel 6*Digivahendite kasutamise küsimustiku komponentide laadungid*

Küsimused	DV1	DV2
K2	0,850	
K3	0,823	
K1	0,665	
K5		0,912
K6		0,867
K4		0,607

Märkused. Pööramise meetod on *oblique oblimin*. DV1 = esimene peakomponent; DV2 = teine peakomponent; Digivahendite kasutamise aja küsimuste tähendus: K1 = "...õppetegevusteks koolis"; K2 = "...õppetegevusteks enne ja pärast kooli"; K3 = "...õppetegevusteks nädalavahetustel"; K4 = "...vabaajategevusteks koolis"; K5 = "...vabaajategevusteks enne ja pärast kooli"; K6 = "...vabaajategevusteks nädalavahetustel".

Teise hüpoteesi testimiseks viisin läbi korrelatsioonanalüüsi matemaatikaärevuse ja digivahendite kasutamise peakomponentide vahel. Kuna digivahendite kasutuse skaalad olid vahemikskaalad, otsustasin kasutada Spearmani roo korrelatsiooni näitajat. Korrelatsioonanalüüs näitas, et matemaatikaärevuse ja digivahendite kasutamise peakomponentide vahel olid statistiliselt olulised ja positiivsed, kuid nõrgad seosed: DV1 puhul oli Spearmani roo 0,08 ($p < 0,001$) ja DV2 puhul oli Spearmani roo 0,09 ($p < 0,001$). Seega matemaatikaärevus oli nõrgalt positiivselt seotud digivahendite kasutamise küsimustiku nii õppe- kui ka vabaajategevuste peakomponentidega.

Hüpotees 3. *Matemaatika ärevus vahendab negatiivset seost matemaatika tulemuste ja digivahendite kasutamise vahel nii õppe- kui ka vabaajategevusteks.*

Medieerimisanalüüsi teostamiseks kontrollisin, kas digivahendite küsimustiku peakomponentid on olulises korrelatsioonis matemaatika tulemustega. Korrelatsioonanalüüs näitas, et mõlemad seosed olid negatiivsed ning DV1 (õppetegevusteks) seos matemaatika skooridega oli tugevam ($r = -0,16, p < 0,001$) kui DV2 (vabaajategevusteks) tulemustega ($r = -0,04, p = 0,005$). Seega oli alust viia läbi medieerimise analüüsi ning kontrollida, kas matemaatikaärevus vahendab negatiivset seost digivahendite kasutamise ja matemaatika tulemuste vahel.

Medieerimise analüüs: õppetegevus

Esimese medieerimise analüüsi viisin läbi digivahendite kasutuse küsimustiku esimese peakomponendiga (DV1) ehk õppetegevustega seoses küsimuste keskmistatud skooridega. Enne analüüsi rakendamist oli uuritud digivahendite kasutusaja õppetegevusteks otsest seost matemaatika testi tulemustega (DV1 → MTT). Tulemuseks oli õppetegevusteks digivahendite kasutamise aeg statistiliselt oluliselt ja negatiivselt seotud matemaatika testi skooridega ($\beta = -0,10, p < 0,001$). Matemaatikaärevuse otsene negatiivne efekt oli ikkagi suurem ($\beta = -0,36, p < 0,001$). Esimese peakomponendi seos matemaatikaärevusega oli positiivne ($\beta = 0,04, p < 0,001$). Kogu mudeli muutujate omavahelise seoste teekoeffitsiendid on esindatud Tabelis 7.

Tabel 7

Medieerimise analüüsi kõikide muutujate standardiseeritud teekoeffitsiendid: õppetegevus

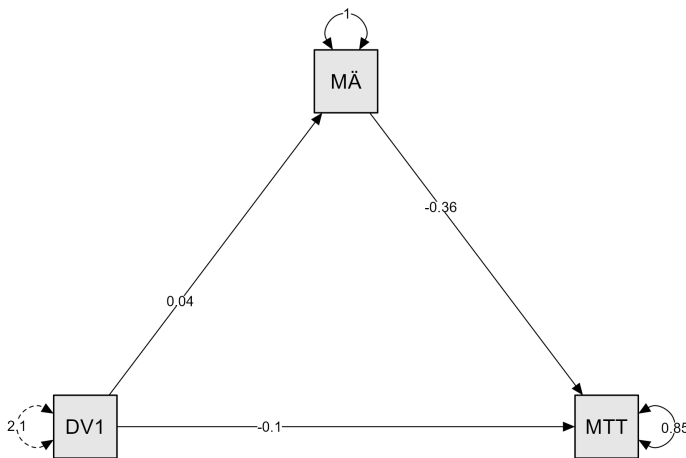
							95% Usaldusintervall	
							Alumine	Ülemine
			β	Standard Viga	z -skoor	p		
MÄ	→	MTT	-0,36	0,01	-29,85	< 0,001	-0,38	-0,33
DV1	→	MTT	-0,10	0,01	-12,49	< 0,001	-0,12	-0,09
DV1	→	MÄ	0,04	0,01	4,01	< 0,001	0,02	0,05

Märkused. DV1 = digivahendite kasutuse küsimustiku esimese peakomponendi küsimuste tulemuste keskmised skoorid õppetegevusteks; MÄ = matemaatikaärevus; MTT = PISA 2022 Matemaatika testi tulemused.

Kogu efektide (DV1 → MTT) tulemused olid ka negatiivsed ($\beta = -0,11, p < 0,001$). Õppetegevusteks digivahendite kasutamise (DV1) kaudne seos matemaatika testi skooridega (MTT) läbi matemaatikaärevuse (MÄ) muutuja omas väiksemat negatiivset mõju (DV1 → MÄ → MTT; $\beta = -0,01, p < 0,001$). Seega medieerimismudel näitab, et DV1 → MÄ → MTT on üks võimalik vahendustee: DV1 kasutus suurendab matemaatikaärevust (MÄ), mis omakorda vähendab matemaatika testi tulemust (MTT). Lisaks mõjutab DV1 MTT-d ka otseselt ja negatiivselt. Seega DV1 puhul medieerib matemaatikaärevus digivahendite kasutamise mõju matemaatika tulemustele vaid osaliselt. Siinkohal tuleb tähele panna, et seosed DV1 ja nii MÄ kui ka MTT vahel on väikesed, kuid siiski statistiliselt olulised. Mudeli kogu seletusprotsent oli 15,4% ($R^2 = 0,154$) ning mudeli visuaalne kujutus on leitav Joonisel 2.

Joonis 2

Medieerimise mudeli standardiseeritud tulemused: õppetegevus



Märkused. DV1 = digivahendite kasutuse küsimustiku esimese peakomponendi küsimuste tulemuste keskmised skoorid õppetegevusteks; MÄ = matemaatikaärevus; MTT = PISA 2022 Matemaatika testi tulemused.

Medieerimise analüüs: vabaajategevus

Teine medieerimise analüüs oli läbi viidud digivahendite kasutuse küsimustiku teise peakomponendiga (DV2) ehk vabaajategevustega seoses küsimuste keskmistatud skooridega. Enne analüüsi rakendamist oli uuritud digivahendite kasutusaja vabaajategevusteks otsest seost matemaatika testi tulemustega (DV2 → MTT). Tulemuseks ei olnud teine peakomponent oluliselt seotud matemaatika testi tulemustega ($p = 0,376$). Matemaatikaärevuse otsene negatiivne efekt oli endiselt olemas ($\beta = -0,36, p < 0,001$). Teise peakomponendi seos matemaatikaärevusega oli jällegi positiivne ja seekord natuke suurem ($\beta = 0,05, p < 0,001$). Kogu mudeli muutujate omavahelise seoste teekoefitsiendid on esindatud Tabelis 8.

Tabel 8

Medieerimise analüüsi kõikide muutujate standardiseeritud teekoefitsiendid: vabaajategevus

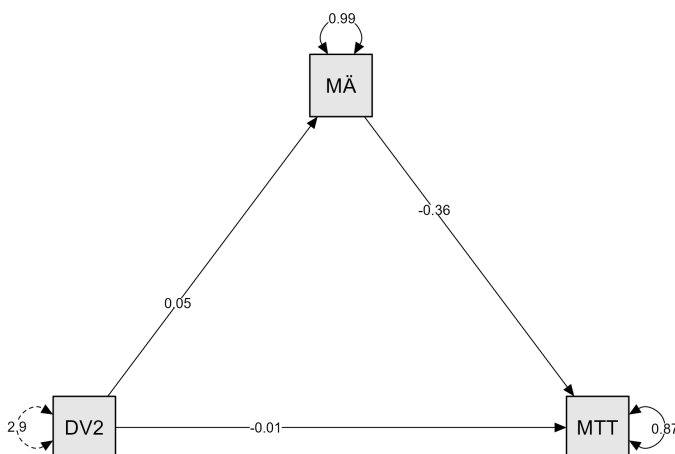
				β	Standard Viga	z-skoor	p	95% Usaldusintervall	
	→							Alumine	Ülemine
MÄ	→	MTT	-0,36	0,01	-30,07	< 0,001	-0,39	-0,34	
DV2	→	MTT	-0,01	0,01	-0,89	0,376	-0,02	0,01	
DV2	→	MÄ	0,05	0,01	5,99	< 0,001	0,03	0,06	

Märkused. DV2 = digivahendite kasutuse küsimustiku teise peakomponendi küsimuste tulemuste keskmised skoorid vabaajategevusteks; MÄ = matemaatikaärevus; MTT = PISA 2022 Matemaatika testi tulemused.

Vabaajategevusteks digivahendite kasutamise (DV2) kaudne seos matemaatika testi skooridega läbi matemaatikaärevuse muutuja (DV2 → MÄ → MTT) omas väiksemat negatiivset mõju ($\beta = -0,02$, $p < 0,001$). Kogu efektide (DV2 → MTT) tulemused olid ka negatiivsed ($\beta = -0,02$, $p = 0,002$). Kuna varasemas korrelatsioonanalüüsis oli DV2 ja MTT muutujate vahel statistiliselt oluline seos, aga medieerimisanalüüsis ei olnud ($p = 0,376$), siis toimus täielik medieerimine. See tähendab, et teine peakomponent (DV2) mõjutas matemaatika testi tulemust (MTT) ainult matemaatikaärevuse (MÄ) kaudu. Mudeli kogu seletusprotsent oli 13,3% ($R^2 = 0,133$) ning mudeli visuaalne kujutus on leitav Joonisel 3.

Joonis 3

Medieerimise mudeli standardiseeritud tulemused: vabaajategevus



Märkused. DV2 = digivahendite kasutuse küsimustiku teise peakomponendi küsimuste tulemuste keskmised skoorid vabaajategevusteks; MÄ = matemaatikaärevus; MTT = PISA 2022 Matemaatika testi tulemused.

Arutelu

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida seoseid PISA 2022 matemaatika tulemuste, matemaatikaärevuse ja digivahendite kasutamise vahel. Täpsemalt testisin, kas PISA 2022 matemaatika tulemuste ja digivahendite kasutamise muutujate vahel on tagurpidi U-kujulised kõverad (ehk kõrgemad matemaatika tulemused käivad koos keskmiste digivahendite kasutamise ajaga), kas digivahendite kasutamine on seotud matemaatikaärevusega ning kas matemaatikaärevus omakorda vahendab digivahendite kasutamise aja ja matemaatikatesti tulemuste vahelisi negatiivseid seoseid. Kõik hüpoteesid olid vaadeldud kahe olukorra raames: digivahendite kasutamine õppe- ja vabaajategevusteks.

Esimene hüpotees leidis kinnitust: kovariatsioonanalüüs näitas, et PISA 2022 matemaatika tulemuste ja kõiki digivahendite kasutamise muutujate vahel olid tagurpidi U-kujulised kõverad. See viitab asjaolule, et liiga vähene (enamasti kuni 1 tund) või liigne digitehnoloogiate kasutus oli seotud madalamate matemaatika testi tulemustega, mis vastab ka Digitaalse Kuldkihara hüpoteesile (Przybylski ja Weinstein, 2017). Tasub mainida, et tulemuste pilt ei olnud ühetaoline ning matemaatika kõrgemad skoorid olid seotud erineva digivahendite kasutamise määraga olenevalt olukorrast ja eesmärgist. Õpilased, kes kasutasid digivahendeid õppetegevusteks kõikides tingimustes ning vabaajategevusteks koolis said kõrgemaid tulemusi siis, kui tegid seda kuni 1 tund päevas. Digivahendite kasutamine vabaajategevusteks koolist väljaspool (enne ja pärast kooli ning nädalavahetustel) olid seotud matemaatika tulemustega nõrgemalt: kõrgemaid skoori said need, kes kasutasid digivahendeid 3 kuni 5 tundi päevas. Kõik efektid olid statistiliselt olulised, aga pigem väiksed ning esines erinevus õpilaste digivahendite kasutamisel õppe- ja vabaajategevusteks koolis, aga mitte sellest väljaspool. See tähendab, et koolis digivahendite kasutusaeg võib olla seotud tugevamalt matemaatika testi tulemusega, kui õpilane kasutab neid õppimiseks, mitte vabaajategevusteks, mis vastab ka varasematele leidudele (Hatos 2020; Hu jt, 2018; Petko jt 2016). Tulemuste üldine pilt kinnitab Rozgonjuk'i ja kolleegide (2021) tulemusi PISA 2015 andmete põhjal. Üldiselt ebapiisav või ülemäärane digivahendite kasutamine võib olla seotud madalamate matemaatika tulemustega, kuid problemaatiline ja optimaalne kasutamise aeg oleneb kontekstist ning ülesandest, milleks seda tehakse (OECD 2024b; Rozgonjuk jt. 2021).

Teine hüpotees leidis ka kinnitust. Korrelatsiooni ja peakomponentide analüüsid näitasid, et vastavalt ootusele olid digivahendite kasutamise küsimused omavahel korreleeritud ning jagunesid kaheks peakomponendiks, mida saab kirjeldada kui "õppimine" ja "vabaajategevus". Digivahendite kasutamine oli positiivses korrelatsioonis matemaatikaärevuse skooridega ning õppe- ja vabaajategevusteks korrelatsiooni näitajate vahel ei olnud suuri erinevusi. Tasub välja tuua seda, et seosed olid nõrgad ning seega raskesti tõlgendatavad: kas see seos eksisteerib tõesti või on tulnud suure valimi tõttu. Seoste nõrkus võib olla tingitud ka sellest, et varasemas kirjanduses käsitletakse tavaliselt just problemaatilist telefoni või muude digivahendite kasutust (Elhai jt, 2016; Elhai jt,

2018), kuid käesoleva töö raames oli kaasatud üldine digivahendite kasutusele kulunud aeg. Chen jt (2022) ja Zhou jt (2022) uuringutes olid välja toodud seosed palju suuremad, kuid nemad kasutasid ka problemaatilise telefonikasutuse küsimustikke. Kokkuvõtteks tasub suhtuda sellesse tulemusesse pigem skeptiliselt.

Kolmas hüpotees sai vaid osalist kinnitust. Digivahendite kasutuse küsimustiku peakomponendid olid seotud kõrgemate matemaatikaärevuse skooridega nii õppe- kui ka vabaajategevuste puhul. Lisaks omas matemaatikaärevus kõige suurema efekti matemaatika tulemustele mõlema mudeli puhul, mis on kooskõlas ka varasemate leidudega Chen jt (2022) töös. Medieerimisanalüüsid näitasid, et matemaatikaärevus vahendas matemaatika tulemusi ja digivahendite kasutamist nii õppe- kui ka vabaajategevusteks.

Tasub aga märkida, et medieerimise mudelite vahel esinesid erinevused. Esiteks, õppetegevusteks digivahendite kasutus oli oluliselt negatiivselt seotud matemaatika tulemustega, kuid vabaajategevusteks kasutuse küsimustega statistiliselt olulist seost ei esinenud. See tähendab, et vabaajategevuste puhul toimus digivahendite kasutuse mõju matemaatika tulemustele matemaatikaärevuse täieliku medieerimise kaudu. Teisisõnu, kui õpilane kasutas digivahendeid vabaajategevusteks, siis võis see tõsta matemaatikaärevuse skoori ja seeläbi matemaatika tulemusi, aga mitte otsese mõju kaudu. See on kooskõlas varasemate töödega (Zhu ja Li, 2022; Hatos 2020; Hu jt, 2018; Petko jt, 2016), kus on näidatud, et meelelahutuse eesmärgiga digivahendite kasutuse seosed õpitulemustega ei tule nii selgelt välja. Lisaks võib see tuleneda sellest, et digivahendite kasutamise ja matemaatika tulemuste vaheline seos ei ole lineaarne, mida näitasid ka kovariatsioonanalüüsi tulemused ja Rozgonjuk'i töö (2021).

Teiseks, õppetegevust käsitletud medieerimise mudel seletas andmete variatiivsust natuke paremini, kui vabaajategevust käsitletud mudel. See tähendab, et digivahendite kasutus õppetegevusteks ja matemaatikaärevus seletasid ära suurema osa matemaatika testi tulemuste variatiivsusest kui digivahendite kasutus vabaajategevusteks ja matemaatikaärevus. Üheks seletuseks võib olla näiteks see, et suurem digivahendite kasutus vabal ajal väljaspool kooli ei seostu nii tugevalt matemaatika sooritusega, millele viitas ka kovariatsioonanalüüs (vt ka Rozgonjuk jt., 2021). Teisiti öeldes, õppetegevuste puhul on käsitletud muutujad tihedamates omavahelistes suhetes, kui vabaajategevuste korral. Üldises pildis läheb see tulemus kokku Chen jt (2022) ja Zhou jt (2022) töödega, kuid seosed digivahendite ja teiste muutujate vahel on oluliselt väiksemad. Seda võib seletada näiteks see asjaolu, et nendes töodes oli kasutatud just problemaatiline telefonikasutus (sh ülemäärane kasutamine), mitte üldine, ning seega on käesoleva töö väärtus selles, et tulemused näitasid vahendamissuhteid isegi üldise digivahendite kasutuse puhul.

Kokkuvõttes said hüpoteesides pakutud seosed mõningate nüanssidega kinnitatust, seega digivahendite kasutus võib olla oluline tegur, millega peab hariduses arvestama. Esiteks, liiga vähene või ülemäärane digivahendite kasutamine on seotud madalamate tulemustega PISA 2022 matemaatika testis. Seega on oluline märgata, jälgida ja vajadusel sekkuda, kuidas ja kui palju kasutavad õpilased oma digiseadmeid nii koolis kui ka väljaspool seda. Teiseks, digivahendite kasutus võib olla seotud matemaatikaärevusega, mis võib omakorda vahendada digiseadmete kasutamise ja matemaatika soorituse suhet. Käesolev töö näitas, et digivahendite kasutamise aja puhul on oluline, kas õpilane on ärevam matemaatika õppimise suhtes või mitte, ning seega võib koolis neid tegureid koos adresseerida. Kolmandaks, kõik need seosed võivad erineda olenevalt digivahendite kasutuse olukorrast ja eesmärgist: koolides ja õppetegevusteks võivad need assotsiatsioonid olla tugevamad.

Uuringu piirangud ja tulevaste tööde perspektiivid

Kuigi käesoleval uuringul on oma tugevaid külgi (nt PISA pikk uurimistraditsioonist ja testitud metodoloogias tulev muutujate kvaliteet ja standardiseeritus, valimi suurus ja representatiivsus), tasub mainida ka selle puudujääke ning mida saab tulevastes uurimustes arvesse võtta.

Esiteks, töös olid kasutatud OECD poolt paika pandud muutujad (PISA Database, 2022), mille tõttu ei saanud neid kasutada nii nagu sooviks, vaid lähtusin olemasolevatest muutujatest. Näiteks, digivahendite kasutus oli mõõdetud eneseraporteerimise vahemikskala abil, mille tõttu ei olnud õpilaste vastused nii usaldusväärsed ja täpsed: nt ei ole teada, mis digivahendeid õpilased kasutasid, kas õpilased tõesti veetsid nii palju aega kasutades digivahendeid nendeks tegevusteks või vastasid “umbkaudselt” ning samuti ei ole teada, kuidas nad kasutasid enda digivahendeid ehk mida tegid selle kasutuse ajal. Tulevastes uuringutes peab lähtuma pigem objektiivsemalt mõõdetud näitajatest (mõõta ajaühikuid, registreerida täpsemaid kasutustegevusi jms), et tõsta tulemuste valiidsust ja reliaablust. Näiteks, varem tehtud töös mõõtsid Rozgonjuk jt (2018) problemaatilist nutitelefone kasutamist minutites ning leidsid, et ärevus ja depressioon olid seotud nendega positiivselt. Objektiivsemad mõõtmised annaksid täpsemat seoste pilti, mille põhjal oleks võimalik teha spetsiifilisemaid sekkumisi.

Teiseks, töös käsitletud seosed on oma loomuse poolest korrelatiivsed (PISA kasutas ristlõikeuuringu disaini) ning seetõttu saadud tulemused ei tähenda, et digivahendite kasutus ilmingimata mõjutab matemaatikaärevust ja tulemusi. Näiteks, seos matemaatikaärevusega võib olla kahepoolne (Elhai jt, 2018; Elhai jt, 2016): õpilased, kes tunnevad ärevust seoses matemaatika ülesannetega on rohkem motiveeritud kasutama digivahendeid, aga ka tihedam digivahendite kasutus võib suurendada õpilaste üldist ärevuse taset. Kausaalsete seoste ja nende mehhanismide välja selgitamiseks on tarvis viia läbi näiteks pikaajalisi kontrollitud uuringuid (Elhai jt, 2018).

Kolmandaks uuringusse olid kaasatud enamasti 15-16 a. Eesti noored, mille tõttu ei saa saadud tulemusi otseselt üldistada teistele vanuserühmadele ja riikidele. Lõpetuseks muutujate vahelisi seoseid on tarvis veelgi rohkem uurida, kuna võib olla teisi muutujaid, mis vahendavad suhet digivahendi kasutuse ja matemaatika tulemuste vahel: näiteks, Zhou jt (2022) uuringus oli lisaks käsitletud ka õppimise huvi matemaatika vastu ning Chen jt (2022) vaatlesid matemaatilist enesetõhusust matemaatika tulemuste asemele. Üldiselt medieerimisanalüüs vajab sügavamat teoreetilist mõistmist ja seletamist, mis moodi üks või teine muutuja panustab tulemustesse, nagu püüdsid seda teha Elhai oma kolleegidega (2018), aga mis vajab veel oma empiirilist tõestust.

Kokkuvõte

Käesolev uurimistöö oli keskendatud digivahendite kasutuse, matemaatikaärevuse ja matemaatika tulemuste omavaheliste seoste selgitamisele PISA 2022 Eesti õpilaste andmete põhjal. Uuringul oli kolm põhilist järeldust. Esiteks, digivahendite kasutuse ja matemaatika tulemuste vahelised seosed olid tagurpidi U-kujulised ehk liiga vähene või ülemäärane digivahendite kasutamine oli seotud madalamate tulemustega matemaatika testis. Sellel tulemusel on praktiline väärtus haridussüsteemile: leida viis digivahendite kasutamise aja reguleerimiseks (nt piirata kuni 1 tunnini päevas). Teiseks, digivahendite kasutamise ja matemaatikaärevuse vahel oli oluline positiivne, kuid nõrk seos, mille tõttu tulemustesse tuleks suhtuda ettevaatusega. Kolmandaks, matemaatikaärevus vahendas matemaatika tulemust ja digivahendite kasutust nii õppe- kui ka vabaajategevusteks, kuid medieerimise mudelite vahel seisnes erinevusi. Seega nii digivahendite kasutus kui ka matemaatikaärevus peavad olema adresseeritud kooli keskkonnas, kui on soov parandada õpilaste matemaatika õpitulemusi. Kuigi peaaegu kõik saadud seosed olid statistiliselt olulised, vajavad nad edaspidist põhjalikumalt ja kontrollitud uurimist, et haridussüsteemi sekkumisstrateegiad olid võimalikult täpsed ja tõhusad.

Kasutatud kirjandus

- Barroso, C., Ganley, C. M., McGraw, A. L., Geer, E. A., Hart, S. A., & Daucourt, M. C. (2020). A meta-analysis of the relation between math anxiety and math achievement. *Psychological Bulletin*, *147*(2), 134–168. <https://doi.org/10.1037/bul0000307>
- Chen, S., Jiang, H., & Guan, J. (2022). Exploring the Influence of Problematic Mobile Phone Use on Mathematics Anxiety and Mathematics Self-Efficacy: An Empirical Study during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, *14*(15), 9032. <https://doi.org/10.3390/su14159032>
- Crone, E. A., & Konijn, E. A. (2018). Media use and brain development during adolescence. *Nature Communications*, *9*(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03126-x>
- Elhai, J. D., Dvorak, R. D., Levine, J. C., & Hall, B. J. (2016). Problematic smartphone use: A conceptual overview and systematic review of relations with anxiety and depression psychopathology. *Journal of Affective Disorders*, *207*, 251–259. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.08.030>
- Elhai, J. D., Levine, J. C., & Hall, B. J. (2018). The relationship between anxiety symptom severity and problematic smartphone use: A review of the literature and conceptual frameworks. *Journal of Anxiety Disorders*, *62*, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.11.005>
- Hatos, A. (2020). Is using ICT at home good or bad for learning? A cross-country comparison of the impact of home use of ICT for entertainment and learning on PISA 2015 Science Test results. *Preprint*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/9dv5k>
- Hu, X., Gong, Y., Lai, C., & Leung, F. K. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis. *Computers & Education*, *125*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.021>
- Kates, A. W., Wu, H., & Coryn, C. L. (2018). The effects of mobile phone use on academic performance: A meta-analysis. *Computers & Education*, *127*, 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.08.012>

Luttenberger, S., Wimmer, S., & Paechter, M. (2018). Spotlight on math anxiety. *Psychology Research and Behavior Management, Volume 11*, 311–322.

<https://doi.org/10.2147/prbm.s141421>

Miller, J., Mills, K. L., Vuorre, M., Orben, A., & Przybylski, A. K. (2023). Impact of digital screen media activity on functional brain organization in late childhood: Evidence from the ABCD study. *Cortex, 169*, 290–308. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.09.009>

OECD (2023), PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education, PISA, *OECD Publishing, Paris*, <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>

OECD (2024a), PISA 2022 Technical Report, PISA, *OECD Publishing, Paris*, <https://doi.org/10.1787/01820d6d-en>.

OECD (2024b), “Students, digital devices and success”, *OECD Education Policy Perspectives*, No. 102, *OECD Publishing, Paris*, <https://doi.org/10.1787/9e4c0624-en>

Orben, A., Przybylski, A. K., Blakemore, S., & Kievit, R. A. (2022). Windows of developmental sensitivity to social media. *Nature Communications, 13*(1).

<https://doi.org/10.1038/s41467-022-29296-3>

Petko, D., Cantieni, A., & Prasse, D. (2016). Perceived quality of educational technology matters: A secondary analysis of students’ ICT use, ICT-Related Attitudes, and PISA 2012 test scores.

Journal of Educational Computing Research, 54(8), 1070–1091.

<https://doi.org/10.1177/0735633116649373>

PISA Database (2022). oecd.org. <https://www.oecd.org/en/data/datasets/pisa-2022-database.html>

Przybylski, A. K., & Weinstein, N. (2017). A Large-Scale test of the Goldilocks hypothesis.

Psychological Science, 28(2), 204–215. <https://doi.org/10.1177/0956797616678438>

- Richardson, J. T. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*, 6(2), 135–147.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.12.001>
- Rozgonjuk, D., Levine, J. C., Hall, B. J., & Elhai, J. D. (2018). The association between problematic smartphone use, depression and anxiety symptom severity, and objectively measured smartphone use over one week. *Computers in Human Behavior*, 87, 10–17.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.05.019>
- Rozgonjuk, D., Täht, K., & Vassil, K. (2021). Internet use at and outside of school in relation to low- and high-stakes mathematics test scores across 3 years. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00287-y>
- Tang, S., Werner-Seidler, A., Torok, M., Mackinnon, A. J., & Christensen, H. (2021). The relationship between screen time and mental health in young people: A systematic review of longitudinal studies. *Clinical Psychology Review*, 86, 102021.
<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2021.102021>
- Tire, G., Puksand, H., Kraav, T., Jukk, H., Henno, I., Lindemann, K., Täht, K., Konstabel, K., Lorenz, B., Kitsing, M. (2023). PISA 2022. Eesti tulemused. Eesti 15-aastaste õpilaste teadmised ja oskused matemaatikas, funktsionaalses lugemises ja loodusteadustes, Tallinn: Trükikoda Auratrükk
- Twenge, J. M., Joiner, T. E., Rogers, M. L., & Martin, G. N. (2017). Increases in depressive symptoms, suicide-related outcomes, and suicide rates among U.S. adolescents after 2010 and links to increased new media screen time. *Clinical Psychological Science*, 6(1), 3–17.
<https://doi.org/10.1177/2167702617723376>

- Twenge, J. M., & Campbell, W. K. (2018). Associations between screen time and lower psychological well-being among children and adolescents: Evidence from a population-based study. *Preventive Medicine Reports, 12*, 271–283. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2018.10.003>
- Vahedi, Z., & Saiphoo, A. (2018). The association between smartphone use, stress, and anxiety: A meta-analytic review. *Stress and Health, 34*(3), 347–358. <https://doi.org/10.1002/smi.2805>
- Valkenburg, P. M., Meier, A., & Beyens, I. (2021). Social media use and its impact on adolescent mental health: An umbrella review of the evidence. *Current Opinion in Psychology, 44*, 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2021.08.017>
- Zhou, D., Liu, J., Wang, T., Liu, J., & Li, G. (2022). Relationships among problematic smartphone use, mathematics anxiety, learning interest, and achievement: A multiple mediation model. *Computers in Human Behavior, 129*, 107171. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107171>
- Zhu, J., & Li, S. C. (2022). The non-linear relationships between ICT use and academic achievement of secondary students in Hong Kong. *Computers & Education, 187*, 104546. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104546>

Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt viidanud kõigile oma töös kasutatud teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele.

Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis.

Danil Tervonen