

Õnnestumise valem matemaatikas: parem sotsiaalmajanduslik taust, madalam ärevus ja suurem uudishimu nii õpilase kui kooli tasandil

Getriin Aaviste^{a1}, Anastassia Kolde^{a,b}, Nino Gugushvili^c,
Erki Kuus^d, Karin Täht^{a,e}

^aTartu Ülikooli matemaatika ja statistika instituut

^bTartu Ülikooli genoomika instituut

^cMaastrichti Ülikooli psühholoogia ja neuroteaduse instituut

^dPärnu Rääma Põhikool

^eTartu Ülikooli psühholoogia instituut

Annotatsioon

Töö eesmärk on uurida, kuidas sotsiaalmajanduslik taust, tajutud matemaatika õpetamise kvaliteet, matemaatikaärevus ja uudishimu seostuvad matemaatika tulemustega õpilase ja kooli tasandil. Analüüs põhineb 6232 õpilasel 166 koolist, kes kuulusid PISA 2022 uuringu Eesti valimisse. Tulemused näitavad, et õpilaste matemaatika tulemusi kujundavad mõlema tasandi tegurid, kusjuures tugevaim seos ilmneb sotsiaalmajandusliku tausta ja tulemuste vahel. Matemaatikaärevus seostub madalamate, uudishimu aga paremate tulemustega nii õpilase kui kooli tasandil, samas kui tajutud õpetamise kvaliteet osutub oluliseks vaid õpilase tasandil. Märkimisväärne on nii matemaatikaärevuse kui uudishimu ennustusvõime oluline varieerumine kooliti: matemaatikaärevuse negatiivne ning uudishimu positiivne ennustusvõime on mõnes koolis märksa tugevam kui teistes. Kahetasandiline mudel rõhutab, et õpitulemused ei peegelda üksnes individuaalseid tegureid, vaid sõltuvad ka koolikeskkonnast.

Võtmesõnad: matemaatikaärevus, uudishimu, sotsiaalmajanduslik taust, matemaatika, PISA

¹ Matemaatika ja statistika instituut, Tartu Ülikool, Narva mnt 18, 51009 Tartu; getriin.aaviste@ut.ee.

Sissejuhatus

Õpilaste hoiakud, emotsioonid ja sotsiaalne taust kujundavad oluliselt nende õpiteed ja hilisemat toimetulekut. Matemaatikaärevus, uudishimu õppimise vastu, sotsiaalmajanduslik taust ja tajutud matemaatika õpetamise kvaliteet – kõik need näitajad on head matemaatika tulemuse ennustajad indiviidi tasandil. Näiteks on palju uuritud matemaatikaärevuse ja tulemuse seost ning metaanalüüsi (Caviola *et al.*, 2022) tulemused näitavad, et keskmine seos matemaatikaärevuse ja tulemuste vahel on negatiivne ($r = -0,30$).

Uuringud on näidanud, et õpilased, kellel on siiras huvi matemaatika vastu, on tihti sügavamalt õpiprotsessi kaasatud ja saavutavad paremaid tulemusi (Rach, 2023). Ka Eestis on leitud, et nii õpilaste matemaatikapädevus kui ka matemaatikahuvi 6. klassis on positiivselt seotud nende matemaatika lõpuksami tulemustega (Kilp-Kabel *et al.*, 2025).

Õpilaste tulemusi võib mõjutada ka õpilaste poolt tunnetatud õpetamise kvaliteet. Näiteks on leitud, et õpilaste tajutud õpetamise kvaliteet ja nende matemaatika sooritus on omavahel positiivselt seotud (Arthur *et al.*, 2022). Lisaks on mitmed uuringud näidanud, et mida rohkem õpilased tajuvad õpetaja toetust (Aldrup *et al.*, 2020; Q. Li *et al.*, 2021) ning mida kõrgemalt nad hindavad õpetamise kvaliteeti (Arthur *et al.*, 2022), seda madalam on nende matemaatikaärevus.

Perede majanduslik olukord, haridustase ja kultuuriline taust mängivad laste haridustee kujunemisel olulist rolli. Uuringud on näidanud, et madalama sotsiaalmajandusliku staatusega perede lapsed seisavad sageli silmitsi suuremate raskustega hariduses, sealhulgas vähemate võimalustega osaleda õpitegevust toetavates tegevustes (Sirin, 2005), ning lisaks sellele ka madalamate looduste ja matemaatika tulemustega (Rozgonjuk *et al.*, 2023).

Kokkuvõtvalt on varasematest uuringutest teada, et õpilase matemaatika tulemusse panustavad positiivselt tema sotsiaalmajanduslik taust, uudishimu õppimise vastu kui ka tajutud matemaatika õpetamise kvaliteet, samas kui kõrgema matemaatikaärevusega õpilastel on madalamad matemaatika tulemused (vt nt Arthur *et al.*, 2022, 2022; Caviola *et al.*, 2022; Rozgonjuk *et al.*, 2023). Õpitulemuste kujunemist uurides on leitud, et olulised ei ole mitte ainult indiviidi (õpilase) taseme näitajad, vaid paljude tegurite puhul on oluline ka see, millises klassis või koolis õpilane õpib ehk õpilase tulemuse moodustumisel võivad mängida rolli ka klassi ja kooli tasandi tegurid. Varasematest uuringutest on teada, et õpilaste tulemuste (kaasa arvatud matemaatika tulemuste) ennustamisel on oluline roll täita ka kooli tasandi sotsiaalmajanduslikul indeksil (koolis õppivate õpilaste keskmine näitaja) (Rozgonjuk *et al.*, 2023; Täht *et al.*, 2023), aga praktiliselt ei ole uuritud, kas ka kooli tasandi tajutud matemaatika õpetamise kvaliteet varieerub kooliti ning ennustab matemaatika

tulemust. Selle uuringu eesmärk on selgitada, kas ja kuivõrd on õpilase sotsiaalmajanduslik taust, (tajutud) matemaatika õpetamise kvaliteet, matemaatikaärevus ning uudishimu õppimise vastu seotud tema matemaatika tulemusega. Lisaks indiviiditaseme seostele on eesmärk selgust tuua ka kooli taseme seostel. Teisisõnu püüab töö eristada, milline osa matemaatika tulemustest on seletatav õpilase enda tunnustega ning milline osa kooli kui konteksti eripäradega.

Matemaatikaärevus ja uudishimu kui matemaatika tulemuse ennustaja

Matemaatikaärevust defineeritakse kui pingetunnet, kartust või hirmu, mis on seotud matemaatikaga tegelemisel ja takistab sooritust (Ashcraft, 2002). Matemaatikaga seotud ärevust ja sooritust on varem palju uuritud ja on leitud, et õpilased, kes kogevad kõrgemat ärevust, kipuvad saama madalamaid tulemusi (Ashcraft & Krause, 2007; Barroso & Ganley, 2021; Hembree, 1990; Jameson *et al.*, 2022). Kõrge ärevuse tase ei ole seotud üksnes madalamate õpitulemustega, vaid võib soodustada ka vältimiskäitumist, mille puhul õpilane väldib ärevust tekitavaid olukordi, näiteks matemaikatunde, mis omakorda võib viia veelgi nõrgema soorituseni (Quintero *et al.*, 2022). Matemaatikaärevuse teema on olnud osa rahvusvahelistest õpilaste uuringutest alates PISA (*Programme for International Student Assessment*) 2003 tsüklist, kus seda hakati süsteemselt mõõtma. Eesti kontekstis on PISA 2012 tulemused näidanud, et matemaatikaärevus selgitas ligi viiendiku õpilaste matemaatikatesti tulemuste varieeruvusest (Tire *et al.*, 2013), mis viitab selle teguri märkimisväärsele rollile ka kohalikul tasandil.

Uudishimu on kirjeldatud kui tugevat ja sisemiselt motiveeritud soovi uute teadmiste järele, mis suunab inimest infot otsima (Loewenstein, 1994). PISA raamistikus tõlgendatakse seda mõistet kitsamalt ning intellektuaalset uudishimu käsitletakse sisemisest motivatsioonist lähtuva valmisolekuna õppida ja uurida uusi ideid (Khurma *et al.*, 2025). Siinses töös lähtutakse PISA 2022 raamistikus esitatud uudishimu määratlusest, mille kohaselt tähistab uudishimu huvi ideede ja õppimise vastu, soovi mõista ning intellektuaalselt uurida ümbritsevat maailma (OECD, 2023a, 2024a). Uudishimulikku mõtteviisi iseloomustab avatus uutele kogemustele, soov lugeda, õppida ja avastada uusi paiku, vastandudes muutuste vältimisele ja uute asjade vastu huvi puudumisele (OECD, 2023a). Mida suurem on õpilase siiras huvi ja uudishimu matemaatika vastu, seda aktiivsemalt on ta õppeprotsessi kaasatud ning saavutab seeläbi ka paremaid tulemusi (OECD, 2023a; Rach, 2023). Ka Eestis tehtud uuring kinnitab, et 6. klassis mõõdetud huvi ennustab õpilase 9. klassi matemaatika lõpueksami tulemust positiivselt (Kilp-Kabel *et al.*, 2025).

Tajutud õpetamise kvaliteet kui matemaatika tulemuse ennustaja

Metaanalüüs on näidanud, et õpilaste ja õpetajate vahelised suhted on olulised, eriti just õpilaste jaoks, kes on akadeemiliselt raskustes, nõrgema sotsiaalmajandusliku tausta või õpiraskustega (Roorda *et al.*, 2011). Samuti seostuvad positiivsed suhted õpilaste ja õpetajate vahel paremate tulemustega (Roorda *et al.*, 2011). Õpilase ja õpetaja vahelised suhted klassiruumis on seotud ka sellega, kuidas õpilane tajub õpetamise kvaliteeti (Arthur *et al.*, 2022; Roorda *et al.*, 2011).

Varasemad uuringud on näidanud ka, et kõrgemalt tajutud õpetamise kvaliteet seostub paremate matemaatika tulemustega (Arthur *et al.*, 2022). Lisaks parematele tulemustele on tajutud õpetamise kvaliteet aga negatiivselt matemaatikaärevusega seotud (Aldrup *et al.*, 2020; Lazarides & Buchholz, 2019; H. Li *et al.*, 2021).

Sotsiaalmajanduslik taust kui matemaatika tulemuse ennustaja

Sotsiaalmajanduslik taust on pere hariduslik, ametialane ja majanduslik positsioon ühiskonnas ning peegeldab õpilasele õppimiseks kättesaadavaid ressursse (Sirin, 2005). PISA uuringutes mõõdetakse õpilaste sotsiaalmajanduslikku tausta majandusliku, sotsiaalse ja kultuurilise staatuse indeksiga (ingl *ESCS – Economic, Social and Cultural Status*), mis ühendab andmed vanemate haridustaseme, ametipositsiooni ja koduste õpiressursside kohta (OECD, 2023a, 2024b). Rahvusvahelised PISA uuringud on näidanud, et sotsiaalmajanduslik taust on üks olulisemaid tegureid, mis mõjutab õpilaste õpitulemusi (OECD, 2019). Samamoodi on metaanalüüside tulemustest teada, et õpilase sotsiaalmajandusliku tausta ja tema akadeemiliste tulemuste vahel on stabiilselt positiivne seos (Selvitopu & Kaya, 2023; Sirin, 2005).

Oluline on märkida, et sotsiaalmajandusliku tausta ja õpitulemuste vaheline seos ei ole riigiti ühesugune. Uuringud on näidanud, et selle seose tugevus sõltub muu hulgas haridussüsteemi korraldusest, kooliväliste ressursside jaotumisest ning muudest teguritest, mitte ainult riigi majanduse arengust (Baker *et al.*, 2002). Seetõttu ei saa ühe riigi põhjal tehtud järeldusi automaatselt teist-sugusesse hariduslikku ja institutsionaalsesse konteksti üle kanda. Nii Eesti kui mitmete teiste riikide puhul on PISA uuringud näidanud, et sotsiaalmajandusliku tausta seos õpilaste testi tulemustega on kasvanud, mis viitab vajadusele pöörata suuremat tähelepanu hariduslikule võrdsusele (Enchikova *et al.*, 2024; OECD, 2023b, lk 169; Tire *et al.*, 2023).

Lisaks on tõendatud, et õpitulemusi ei mõjuta ainult õpilase enda, vaid ka kooli keskmine sotsiaalmajanduslik taust (Rozgonjuk *et al.*, 2023). Varasematest uuringutest selgub, et sotsiaalmajanduslik taust on oluline tegur õpilaste

akadeemilises edus, mistõttu on oluline arvestada nii õpilase kui ka kooli tasandi tegureid, et tagada kõigile õpilastele võrdsed kvaliteetse hariduse võimalused (Enchikova *et al.*, 2024; OECD, 2019; Sirin, 2005).

Õpitulemused erinevates koolides

Õppimine on ühelt poolt õpilase enda võimete ja pingutuse tulemus, teisalt võivad erineda koolid õppimist kas soodustada või takistada, andes seeläbi erineva panuse õpilaste teadmiste ja oskuste kujunemisse. Kooli kui õpikeskkonna kujunemisel mängivad suurt rolli nii kaasõpilased, õpetajad kui ka haridussüsteemi eripärad. Varasemad uuringud on rõhutanud, et õpilaste akadeemilist arengut kujundavad koolis ja kodus mitmesugused isiklikud, pedagoogilised, struktuurised ning sotsiokultuurilised tegurid (Skinner *et al.*, 2022).

Varem PISA uuringu Eesti andmetele tuginevas uuringus on leitud, et nii õpilase kui ka kooli tasandit arvestades on õpilaste episteemilised uskumused ja sotsiaalmajanduslik taust positiivselt seotud nende matemaatika-testi tulemustega (Rozgonjuk *et al.*, 2023). Mitmetasandiline analüüs näitas, et kooli sotsiaalmajanduslik taust ennustab matemaatika-testi tulemusi tugevamalt kui õpilaste individuaalsed tegurid (Rozgonjuk *et al.*, 2023). Sarnane muster ilmnes ka Türgi valimi põhjal tehtud TIMSS 2015 uuringust, kus leiti, et sotsiaalmajanduslik taust on oluline matemaatika tulemuse ennustaja nii õpilase kui ka kooli tasandil, kusjuures sotsiaalmajanduslik taust on tugevama ennustusvõimega just kooli tasandil (Ersan & Rodriguez, 2020). Ka varasemates PISA andmetel põhinevates uuringutes on leitud, et märkimisväärne osa õpilaste matemaatika, lugemise ja loodusteaduste testide tulemuste varieeruvusest tuleneb kooli tasandist (Must & Täht, 2009). Need leiud viitavad sellele, et kooli sotsiaalmajanduslik kontekst võib luua tingimused, mis toetavad või piiravad õpilaste akadeemilist arengut, ning luua olulised lähtekohad, milles ka teised psühholoogilised ja motivatsioonitegurid, nagu ärevus või uudishimu, kujunevad.

Matemaatikaärevust on viimastel aastakümnetel palju uuritud, kuid valdavalt on seda käsitletud individuaalsel tasandil. Üha enam aga ilmneb, et matemaatikaärevus kujuneb laiemas süsteemis, mis hõlmab sotsiaalseid ja keskkonnaga seotud tegureid, mistõttu on oluline seda uurida mitmel tasandil (nii klassis, koolis kui ka kultuurilises raamistikus) (Lau *et al.*, 2022).

Kuigi mitmetasandilisi analüüse matemaatikaärevuse ja õpitulemuste seoste uurimisel ei ole tehtud sama laialdaselt kui individuaaltasandi analüüse, on viimastel aastatel ilmunud mitmeid olulisi töid. Näiteks on leitud, et kõrgemate matemaatika tulemustega koolides kipuvad õpilased tundma end vähem enesekindlana ja kogema suuremat ärevust (Ahmed, 2025). Rahvusvahelised mitmetasandilised analüüsid on näidanud, et kõige järjepidevamad matemaatika-

ärevuse ennustajad paiknevad siiski individuaalsel tasandil, sõltumata kooli või riigi kontekstist (Lau *et al.*, 2022). Uurimistulemused osutavad samas ka võimalusele, et õpikeskkonna keskmine ärevustase annab sõltumatu panuse matemaatika tulemuste varieeruvusse, kuid see efekt ei ole riigiti ühesugune (Lau *et al.*, 2022). See tähendab, et individuaaltasandi seos on üldiselt universaalsem, samas kui kooli tasandi seos ilmneb vaid osas riikides. Seetõttu ei saa koolikeskkonna rolli siiski täielikult kõrvale jätta. Individuaaltasandi olulisust toetavad ka uuringud, mis on ärevust käsitlenud pigem kaudselt, mitte mitmetasandilise mudeli otsese ennustajana. Näiteks on leitud, et kõrgem matemaatikaärevus vähendab õpilaste tähelepanu, mis omakorda pidurdab matemaatika tulemuste edasist kasvu, kuid ärevust ei lisatud nende kahe-tasandilisesse mudelisse eraldi seletajana (Geary *et al.*, 2021).

Kooli tasandi seose olulisust näitavad tulemused, mille kohaselt kooli või klassi keskmine matemaatikaärevus võib olla seotud õpilaste tulemustega, viidates õpikeskkonna mõjule ärevuse ja soorituse seoses (Lau *et al.*, 2022). Samas täpsustavad autorid, et see seos ei ole universaalne ja avaldub vaid osas riikides (Lau *et al.*, 2022). Riigi tasandil on leitud, et keskmine matemaatikaärevus on PISA testitulemustega negatiivselt seotud, mis kinnitab, et ärevuse ja soorituse seosed ulatuvad ka laiemale süsteemsele tasandile (Foley *et al.*, 2017).

Kuigi otseseid mitmetasandilisi analüüse, kus matemaatikaärevust käsitletakse nii õpilase kui ka kooli tasandi ennustajana, pole veel kuigi palju, leidub siiski uuringuid, mis toetavad kooli tasandi kaasamist analüüsidesse. Näiteks on PISA 2012 aasta andmetel Pitsia jt (2017) leidnud, et matemaatikaärevus on negatiivselt seotud õpilaste matemaatika tulemustega nii õpilase kui ka kooli tasandil.

Peterson (2020) toob esile, et uudishimu on seotud epistemiiliste uskumustega, mis aitavad selgitada, miks õpilased erinevad oma uudishimu tasemelt. Kuivõrd uudishimu kohta ei ole kooli tasandi analüüse meie hinnangul seni tehtud, pakub olemasolev kirjandus siiski alust eeldusteks: õppimiskeskonnad võivad erineval määral uudishimu toetada (Evans *et al.*, 2023; Jirout *et al.*, 2024), mistõttu on tõenäoline, et ka koolid erinevad oma uudishimu soodustavas praktikas. Kuna varasemad uuringud on näidanud, et epistemiilistel uskumustel on seosed ka kooli tasandil (Rozgonjuk *et al.*, 2023), võime eeldada, et sarnaselt võib ka uudishimu kooliti varieeruda.

Veel varasemate PISA andmete põhjal on näiteks Yıldırım (2012) uurinud Türgi PISA 2003 valimit, et selgitada välja tajutud õpetajate toetuse, motivatsiooni ja emotsionaalsete tegurite seosed õpitulemustega mitmetasandilises mudelis. Tulemused näitasid, et tajutud õpetaja toetus on seotud õpilaste õppimisstrateegiate kasutamisega, kuid selle kaudne seos matemaatika tulemustega enesetõhususe ja ärevuse kaudu oli nõrk. Skinner jt (2022) rõhutavad, et lapsevanemate, õpetajate ja kaasõpilaste roll õpilase õppimise toetamisel

avaldub kollektiivselt ja kumulatiivselt, tekitades suurema mõju kui üksikute osapoolte eraldiseisvad panused. Seetõttu on oluline jätkata uurimist, kuidas nii individuaalsed kui ka kooli tasandi tegurid (õpilaste ärevus, uudishimu, tajutud õpetamise kvaliteet ja sotsiaalmajanduslik taust) õpitulemusi kujundavad. Varasemad uuringud on toonud esile vajaduse põhjalikumalt uurida, kuidas on õpilaste ärevus seotud kooli tasandi sotsiaalmajandusliku tausta ja testitulemustega (Yıldırım, 2012). Siinne uurimus püüabki seda lünka täita, keskendudes just kooli tasandi seostele, mis võivad lisada olulise mõõtme õpilaste akadeemilise arengu mõistmisse.

Töö eesmärk ja uurimisküsimused

Selle töö eesmärk on uurida, kuidas on õpilaste matemaatikaärevus, uudishimu, tajutud õpetamise kvaliteet ning sotsiaalmajanduslik taust seotud nende matemaatikatesti tulemustega, kasutades PISA 2022 Eesti andmeid. Lisaks püütakse selgitada, millises ulatuses seletavad need tegurid õpitulemuste varieeruvust nii õpilase kui ka kooli tasandil. Lähtudes töö eesmärkidest, püstitati kaks uurimisküsimust.

1. Millised on koolide keskmise matemaatika tulemuse, sotsiaalmajandusliku tausta, matemaatikaärevuse, uudishimu ja tajutud õpetamise kvaliteedi vahelised seosed?
2. Millisel määral selgitavad õpilase sotsiaalmajanduslik taust, matemaatikaärevus ja tajutud õpetamise kvaliteet matemaatikatesti tulemuste varieeruvust, arvestades nii õpilase kui kooli tasandi muutujaid?

Metoodika

Valim

Siinne uuring tugineb PISA 2022 Eesti andmetele, testis osales 6392 15-aastast õpilast (neist 48,81% tüdrukud, 51,19% poisid) 196 koolist. Analüüsi kaasati vaid need koolid, millest osales vähemalt 10 õpilast, mistõttu jäi lõplikku valimisse 6232 õpilast (48,72% tüdrukut ja 51,28% poissi) 166 koolist.

Muutujad

Uuringus vaadeldakse matemaatikatesti tulemuste seoseid matemaatikaärevuse, uudishimu, tajutud õpetamise kvaliteedi ja sotsiaalmajandusliku taustaga. Küsimustikud põhinevad PISA taustküsimustike raamistikul, mis käsitleb õpilaste hoiakuid, uskumusi ja sotsiaalemotsionaalseid oskusi (OECD, 2023a). Uuring kasutab PISA 2022 uuringus mõõdetud ja arvutatud muutujaid.

Matemaatikatesti tulemus

Matemaatikatesti käigus vastas iga õpilane kindlale alamhulgale kõikidest ülesannetest. Neile ülesannetele, millele õpilane ise ei vastanud, saadi imputeerimise käigus uued väärtused, mistõttu on andmefailis igal õpilasel 10 tõepärasematemaatikatesti tulemuse väärtust, mis on transformeeritud normaaljaotusele, kus keskmine on 500 ja standardhälve 100 punkti (OECD, 2024b).

Matemaatikaärevus

Matemaatikaärevuse väärtus arvutati kuue väite põhjal, millele õpilased pidid vastama 4-pallisel skaalal, kus 1 tähendas „Nõustun täiesti“ ja 4 „Ei nõustu üldse“. Näiteväärted olid „Ma muretsen tihti, et mul läheb matemaatikatundides raskeks“ ja „Ma tunnen end matemaatikaülesandeid lahendades abituna“. Kõik kuus väidet kodeeriti ümber vastupidises järjekorras ning seejärel summeeriti nii, et kõrgem skoor tähendas suuremat ärevust. Saadud muutuja standardiseeriti üle OECD riikide nii, et nende keskmine väärtus on 0 ja standardhälve 1 (OECD, 2024b). Selle töö valimi põhjal arvatud matemaatikaärevuse väidete kogumi sisemine reliaablus oli väga hea (Cronbachi $\alpha = 0,92$).

Uudishimu

Õpilaste uudishimu on PISA uuringus käsitletud hoiakuna, mis väljendab huvi ideede vastu, õppimise ja mõistmise soovi ning valmisolekut uurimiseks (OECD, 2023a). Õpilaste uudishimu taset hinnatati spetsiaalse indeksi abil, mida mõõdeti 10 erineva väitega, mida õpilased pidid hindama 5-pallisel skaalal, kus 1 tähendas „Ei nõustu üldse“ ja 5 tähendas „Nõustun täiesti“. Näiteväärted olid „Mulle meeldib teada, kuidas asjad toimivad“, „Ma olen uudishimulikum kui enamik inimesi, keda ma tean“. Saadud muutuja standardiseeriti üle OECD riikide nii, et nende keskmine väärtus on 0 ja standardhälve 1 (OECD, 2024b). Selle töö valimi põhjal arvatud uudishimu väidete kogumi sisemine reliaablus Eesti valimis oli väga hea (Cronbachi $\alpha = 0,84$).

Tajutud matemaatika õpetamise kvaliteet

Tajutud matemaatika õpetamise kvaliteeti hinnati küsimusega „Kuidas Sa hindaksid kümnepalliskaalal Sinule matemaatika õpetamise kvaliteeti käesoleval õppeaastal?“, millele said õpilased vastata 10-pallisel skaalal, kus 1 tähendas „Halvim võimalik matemaatika õpetamine“ ja 10 tähendas „Parim võimalik matemaatika õpetamine“.

Õpilaste sotsiaalmajanduslik taust

Õpilaste sotsiaalmajanduslikku tausta arutamisel võetakse arvesse vanemate haridustaset ja ametit ning samuti hinnatakse kodust vara (sealhulgas raamatute ja nutiseadmete hulka) (OECD, 2024b).

Andmeanalüüs

Andmete analüüsimiseks kasutasime rakendustarkvara R versiooni 4.4.0 (R Core Team, 2024). Andmete korrastamiseks ja jooniste tegemiseks kasutati *tidyverse*-paketti (Wickham *et al.*, 2019). Rahvusvahelise PISA andmestiku kaalude ja keeruka valimiskeelega arvestamiseks kasutati *intsvy*-paketti (Caro & Biecek, 2017), mis rakendab vastavaid valimikaalusid PISA metoodika alusel. Skaalade sisemist kooskõla hinnati *psych*-paketiga, mille abil arutati Cronbachi α (Revelle, 2007). Kahetasandiline mudel sobitati *lme4*-paketiga (Bates *et al.*, 2003).

PISA testitulemuste tõepärase väärtuste käsitlemiseks ja mitmik-imputatsiooniks kasutati *mitml*-paketti (Grund *et al.*, 2019). Kõik kümme tõepärast väärtust kaasati analüüsisse ning tulemused kombineeriti Rubini (1987) reeglite kohaselt, et saada lõplikud hinnangud ja standardvead. Analüüsides jäeti välja koolid, kus osales vähem kui kümme õpilast, et tagada tulemuste usaldusväärsus ja andmekaitse.

PISA kasutab kaheastmelist kihistatud valimit, kus koolid valitakse esmalt vastavalt kooli tüübile ja piirkonna demograafilisele näitajatele. Seejärel valitakse õpilased valitud koolidest. Kuna tegu ei ole lihtsa juhusliku valikuga, sest üksused valitakse erineva tõenäosusega, rakendatakse valimi kaalumisi (Rutkowski *et al.*, 2010). PISA andmestikus kasutatakse õpilaste testitulemuste kohta tõepäraseid väärtuseid (*plausible values*), kuna õpilased ei vasta igale küsimusele. Matemaatikatesti tulemuste kohta on igal õpilasel kokku 10 tõepärast väärtust. Statistiliste analüüside läbiviimisel tuleb kõiki tõepäraseid väärtusi kaasata ning tulemused kombineerida, lähtudes Rubini (1987) reeglitest (Rutkowski *et al.*, 2010).

Andmeanalüüs hõlmas esmalt õpilase ja kooli tasandi kirjeldavat statistikat ning korrelatsioonianalüüsi, et uurida seoseid sotsiaalmajanduslike tegurite, matemaatikaärevuse, uudishimu, tajutud õpetamise kvaliteedi ja matemaatika tulemuste vahel. Seejärel viidi läbi kahetasandiline regressioonanalüüs, kus ennustati matemaatikatesti tulemust, kaasates analüüsisse ka kooli tasandit.

Kahetasandilise analüüsi tegemisel järgiti Endersi ja Tofighi (2007) lähene-mist: õpilase tasandi ennustavad muutujad tsentreeriti kooli raames (ingl *group-mean centering*) ning kooli tasandi ennustavad muutujad olid kooli keskmised,

mis tsentreeriti ülekoollise keskmise suhtes (ingl *grand-mean centering*). See tähendab, et õpilase taseme pidevate ennustajate (sotsiaalmajanduslik taust, matemaatikaärevus, uudishimu ning tajutud õpetamise kvaliteedi) puhul lahutati igast individuaalsest väärtusest vastava kooli keskmine väärtus. Kooli tasandil lahutati iga kooli keskmisest väärtusest kõikide koolide üldine keskmine. Selline tsentreerimisstrateegia võimaldab ennustajate koolisest ja koolidevahelist dekompositsiooni ning aitab selgelt eristada seoseid kahel tasandil, muutes tulemuste tõlgendamise selgemaks (on võimalik näha, kas seos avaldub õpilase positsioonis oma koolis või koolide keskmisi võrreldes). Täpsemalt öeldes kirjeldavad õpilase tasandi efektid, kuidas ühe õpilase väärtus võrdluses oma kooli keskmisega on seotud matemaatika tulemustega (koolisisene varieeruvus). Kooli tasandi seosed kirjeldavad, kuidas koolide keskmised erinevused on seotud koolide keskmiste erinevustega matemaatika tulemustes (koolidevaheline varieeruvus).

Koolidevahelise varieeruvuse kirjeldamiseks lisati mudelisse kooli tasandi juhuslik efekt (vabaliige). Parima juhuslike efektide struktuuri määramiseks hinnati kõiki kombinatsioone, mis sisaldasid matemaatikaärevuse, uudishimu, tajutud õpetamise kvaliteedi ja õpilase sotsiaalmajandusliku tausta juhuslikke vabaliikmeid ja kaldeid. Iga kombinatsiooni sobitati nii korreleeritud kui ka mittekorreleeritud kujul, saades kokku 23 mudelit. Kõiki mudeleid võrreldi baasmudeliga, kus juhuslik efekt oli ainult kooli tasand (vabaliige). Mudelid sobitati iga tõepärase väärtuse korral maksimaalse tõepära meetodiga ning võrreldi AIC ja BIC näitajate abil. Lõppmudel valiti madalaima BIC alusel, sest võrreldes AIC-ga prioriseerib see lihtsamaid mudeleid. Parima sobivusega mudel sisaldas kooli tasandil juhuslikku vabaliiget ning juhuslikke kaldeid matemaatikaärevusele ja uudishimule, kasutades mittekorreleeritud juhuslike efektide struktuuri. See tähendab, et nii juhuslik vabaliige kui ka kõik juhuslikud kalded olid üksteisest sõltumatud. Selline lahendus võimaldab hinnata, kas nende tunnuste seosed matemaatika tulemustega varieeruvad kooliti, vältides samas raskesti hinnatavaid korrelatsiooniparameetreid.

Tulemused

Tabelis 1 on esitatud uurimuses kasutatud peamiste muutujate kirjeldav statistika nii õpilaste kui ka koolide tasandil. Lisaks aritmeetilistele keskmistele (M) ja standardhälvetele (SD) on esitatud koolidevaheline standardhälve (SD_v), koolidesisene standardhälve (SD_s) ning intraklassi korrelatsiooni (ICC) koefitsiendid, mis peegeldavad, kui suur osa üldisest varieeruvusest tuleneb koolidevahelisest erinevusest.

Tabel 1. Muutujate kirjeldav statistika õpilase ja koolide tasandil

Muutuja	Õpilase tasand		Kooli tasand			
	M	SD	M	SD _v	SD _s	ICC
Matemaatikatesti tulemus	511,30	84,60	510,82	37,25	75,73	0,17
Sotsiaalmajanduslik taust	0,18	0,78	0,16	0,39	0,69	0,21
Matemaatikaärevus	0,01	1,13	0,01	0,28	1,14	0,03
Uudishimu	-0,16	0,93	-0,17	0,22	0,90	0,03
Tajutud õpetamise kvaliteet	6,88	2,31	6,89	0,84	2,18	0,10

Märkus. M – aritmeetiline keskmine, SD_v – koolidevaheline standardhälve, SD_s – koolidesisene standardhälve.

Standardhälvete vaatlus näitab, et matemaatikatestide tulemused varieeruvad oluliselt rohkem koolide sees (SDs = 75,73) kui koolide vahel (SD_v = 37,25). Intraklassi korrelatsiooni (ICC) koefitsient 0,17 viitab sellele, et ligikaudu 17% matemaatika tulemuste üldisest varieeruvusest on seotud koolidevaheliste erinevustega, samas kui ülejäänud tuleneb õpilastevahelistest erinevustest koolide sees.

Sarnane muster ilmneb ka sotsiaalmajandusliku tausta puhul, kus protsent üldisest varieeruvusest, mis on seotud koolivahelise erinevusega (ICC = 0,21), on isegi pisut suurem. See viitab sotsiaalmajanduslikule kihistumisele koolide kaupa, kus erinevatesse koolidesse koonduvad õpilased, kelle sotsiaalmajanduslik taust keskmiselt erineb, kuigi koolide sees on varieeruvus isegi suurem kui koolide vahel. Samas varieeruvad emotsionaalsed ja motivatsioonilised tegurid, nagu matemaatikaärevus, uudishimu ja tajutud õpetamise kvaliteet, valdavalt individuaalsel tasandil. Nende puhul on ICC väärtused märkimisväärselt madalamad (vastavalt 0,03; 0,03 ja 0,10), mis viitab sellele, et need tunnused iseloomustavad pigem õpilasi ja mitte koole. Üldiselt viitavad kirjeldavad näitajad sellele, et koolide vahel esineb küll erinevusi, eriti kognitiivsete tulemuste ja taustamuutujate puhul, kuid emotsionaalsed ja motivatsioonilised aspektid kujunevad eelkõige individuaalsel tasandil. Need leiud õigustavad kahetasandilise analüüsi kasutamist, võimaldades eristada kooli ja õpilase tasandil toimivaid seoseid. Kuna kõigi uuritud tunnuste intraklassi korrelatsioonid (ICC) olid siiski suuremad kui null, rakendati edasistes mudelites vastavalt Endersi ja Tofighi (2007) soovitudele individuaalseid keskmistatud tunnuseid (õpilase tasand) ning mudelisse kaasati ka koolide keskmistatud väärtusi (kooli tasand), mis võimaldas hinnata nii koolisiseseid seoseid (näiteks kuidas õpilane erineb oma kooli keskmisest) kui ka koolidevahelisi seoseid (kuidas koolide keskmised erinevused on seotud matemaatikatesti tulemustega).

Tabelis 2 on esitatud korrelatsioonid uuritavate muutujate vahel. On näha, et koolide tasandil on tugev positiivne seos õpilaste keskmiste matemaatikatesti tulemuste ja nende sotsiaalmajandusliku tausta vahel ($r = 0,77$, $p < 0,001$). Seega on kõrgema sotsiaalmajandusliku taustaga koolides keskmiselt paremad matemaatikatesti tulemused. Lisaks näeme tabelist, et keskmine matemaatikatesti tulemus on negatiivselt seotud matemaatikaärevusega ($r = -0,55$, $p < 0,001$). Keskmine uudishimu on positiivselt seotud nii matemaatika tulemuste ($r = 0,53$, $p < 0,001$), sotsiaalmajandusliku tausta ($r = 0,55$, $p < 0,001$) kui ka tajutud õpetamise kvaliteediga ($r = 0,25$, $p < 0,001$), kuid negatiivselt seotud ärevusega ($r = -0,31$, $p < 0,01$). Need tulemused võivad viidata sellele, et uudishimu rohkem toetavamad koolikeskkonnad kipuvad olema kõrgemate tulemuste ja sotsiaalmajandusliku taustaga, aga madalama ärevustasemega.

Õpilase tasandil on matemaatikatesti tulemused positiivselt seotud sotsiaalmajandusliku taustaga ($r = 0,36$, $p < 0,001$) ning negatiivselt seotud matemaatikaärevusega ($r = -0,36$, $p < 0,001$). Seega saavutavad kõrgema sotsiaalmajandusliku taustaga ning madalama ärevustasemega õpilased keskmiselt paremaid tulemusi. Lisaks on uudishimu ($r = 0,24$, $p < 0,001$) ja tajutud õpetamise kvaliteet ($r = 0,27$, $p < 0,001$) seotud õpilaste paremate matemaatikatesti tulemustega.

Tabel 2. Muutujatevahelised korrelatsioonid

Muutuja	1.	2.	3.	4.	5.
1. Matemaatikatesti tulemus	1	0,77***	-0,55***	0,53***	0,24**
2. Sotsiaalmajanduslik taust	0,36***	1	-0,37***	0,55***	0,22**
3. Matemaatikaärevus	-0,36***	-0,14***	1	-0,31***	-0,48***
4. Uudishimu	0,24***	0,17***	-0,12***	1	0,25**
5. Tajutud õpetamise kvaliteet	0,27***	0,12***	-0,33***	0,13***	1

Märkus. ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Allpool diagonaali on esitatud õpilase tasandi ja ülalpool diagonaali kooli tasandi korrelatsioonid.

Järgnevalt viisime läbi kahetasandilise regressioonanalüüsi matemaatikatesti tulemuste ennustamiseks, analüüsi tulemused on esitatud tabelis 3. Tulemused esitatakse standardiseerimata koefitsientide (β) kaudu, kuna need selgitavad, kui palju muutub matemaatikatesti tulemus (punktides) siis, kui vastav ennustaja suureneb ühe ühiku võrra esialgses skaalas. Õpilase tasandil ennustasid matemaatikatesti tulemust kõige tugevamalt õpilase madalam matemaatikaärevus ($\beta = -17,76$), sotsiaalmajanduslik taust ($\beta = 20,13$), suurem uudishimu ($\beta = 12,67$) ja kõrgem tajutud õpetamise kvaliteet ($\beta = 5,17$). See tähendab,

et parema sotsiaalmajandusliku taustaga, uudishimulikumad ja vähem ärevad õpilased saavutavad keskmiselt paremaid tulemusi kui nende koolikaaslased.

Kooli tasandil ilmevad mitmed olulised mustrid. Koolides, kus keskmine sotsiaalmajandusliku tausta näitaja on kõrgem, saavutatakse matemaatikas oluliselt paremaid tulemusi ($\beta = 55,04$). See viitab olulisele keskkondlikule tegurile: isegi siis, kui õpilased ise on enda sotsiaalmajandusliku tausta poolest sarnased, annab kõrgema keskmise sotsiaalmajandusliku taustaga kool suurema tõenäosusega parema õppimist toetava süsteemi (nt rohkem ressursse, parem tugimeeskond). Lisaks sellele ennustab kooli keskmine matemaatikaärevus madalamaid tulemusi ($\beta = -42,45$), viidates sellele, et pingelisema emotsionaalsema keskkonnaga koolides kipub sooritus olema nõrgem. Ka uudishimu ($\beta = 20,24$) seos tulemusega on kooli tasandil oluline, mis võib peegeldada tugeva koolikeskkonna suutlikkust suunata ja rakendada motivatsioonilisi tegureid tõhusamalt akadeemiliste saavutuste toetamisel. Kooli tasandi õpetamise kvaliteet matemaatikatesti tulemustes olulist rolli ei mängi. See tulemus on ootuspärane, sest PISA andmestikus võivad sama kooli õpilased käia erinevate õpetajate tundides, mistõttu ei peegelda kooli tasandil arvatud keskmine tajutud õpetamise kvaliteet ühtset ja võrreldavat õpetamiskeskonda.

Mudelis hinnatud juhuslikud kalded näitasid, et matemaatikaärevuse ja uudishimu ennustusvõime erineb kooliti (Hox, 2010). Täpsemalt selgus, et matemaatikaärevuse ($\sigma^2 = 43,75$) ja uudishimu ($\sigma^2 = 51,07$) ennustusvõime varieeruvused näitavad, et osas koolides seostub matemaatikaärevus ja uudishimu tulemustega märksa tugevamalt kui teistes koolides.

Mudeli jääkvariatsioon õpilase tasandil oli $\sigma^2 = 4488,76$ ja ICC = 0,057, mis tähendab, et ligikaudu 5,7% matemaatika tulemuste koguvarieeruvusest tulenes koolidevahelistest erinevustest, samas kui ülejäänud osa oli seotud individuaalsete teguritega. Seega paikneb enamik varieeruvusest õpilaste tasandil, aga koolikontekst avaldab siiski märkimisväärset, kuid mõõdukat mõju.

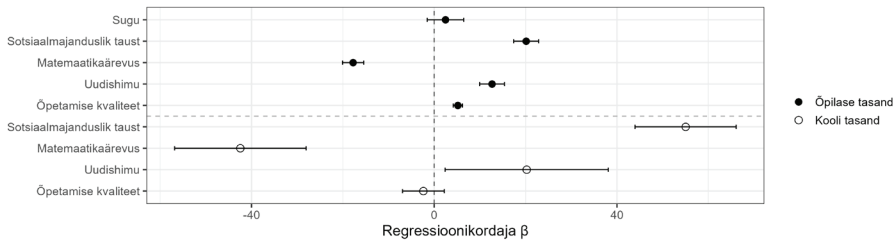
Tabel 3. Kahetasandiline regressioon matemaatikatesti tulemuse ennustamiseks

Muutuja	β	SE	β^*	t	df	p
Fikseeritud efektsuurused						
Vabaliige	509,16	3,46		147,37	384,23	< 0,001
Õpilase tasand						
Sugu	2,47	2,04	0,01	1,21	247,64	0,226
Sotsiaalmajanduslik taust	20,13	1,40	0,16	14,43	1024,20	< 0,001
Matemaatikaärevus	-17,76	1,18	-0,24	-15,10	135,91	< 0,001
Uudishimu	12,67	1,39	0,14	9,13	103,66	< 0,001
Õpetamise kvaliteet	5,17	0,51	0,13	10,22	141,36	< 0,001
Kooli tasand						
Sotsiaalmajanduslik taust	55,04	5,65	0,25	9,75	695,25	< 0,001
Matemaatikaärevus	-42,45	7,35	-0,14	-5,78	1364,40	< 0,001
Uudishimu	20,24	9,11	0,05	2,22	2972,34	< 0,05
Õpetamise kvaliteet	-2,38	2,33	-0,02	-1,02	1055,13	0,308
Juhuslikud efektsuurused						
Efektsuurused		Dispersioon				
Vabaliige kooli tasandil		278,31				
Matemaatikaärevuse juhuslik kalle		43,75				
Uudishimu juhuslik kalle		51,07				
Jääkvariatsioon õpilase tasandil		4488,76				
ICC		0,057				

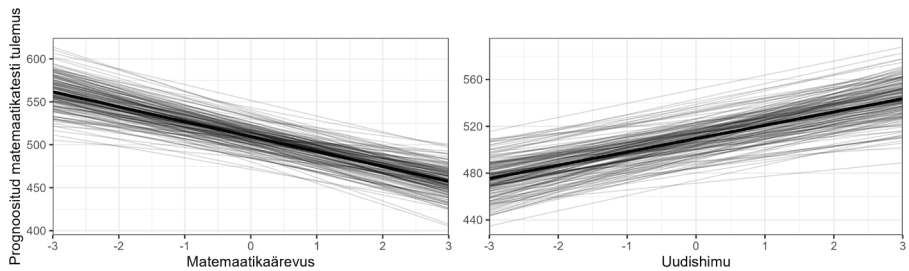
Märkus: β^* – tähistab β – standardiseeritud hinnanguid.

Joonis 1 illustreerib kahetasandilise regressioonimudeli tulemusi. Paneel A esitab mudelist tulenevaid fikseeritud seosekordajaid koos 95% usaldusvahemikega, näidates nii õpilase kui kooli tasandi ennustajate suunda ja tugevust. Paneel B näitab, kuidas on matemaatikaärevus ja uudishimu seotud matemaatika tulemuste prognoosidega erinevates koolides. Must joon näitab mudeli fikseeritud efekti ehk üldist seost nende tunnuste ja tulemuse vahel. Hallid jooned kujutavad iga kooli mudelist tuletatud koolipõhiseid kaldeid (fikseeritud efekt + juhuslik kalle), mis näitavad, kuidas seose tugevus varieerub kooliti. Prognoosid on esitatud ühe tõepärase väärtuse põhjal, kuid sama muster kordub kõigi tõepärase väärtuste puhul.

A. Fikseeritud efektid



B. Prognoositud seos matemaatikaärevuse ja tulemuse vahel



Joonis 1. Fikseeritud efektisuurused ja prognoositavad seosed tunnuste ning matemaatikateesti tulemuste vahel.

Arutelu

Selle töö eesmärk oli uurida õpilaste sotsiaalmajandusliku tausta, matemaatikaärevuse, uudishimu ja tajutud õpetamise kvaliteedi seoseid matemaatikateesti tulemustega Eesti õpilaste PISA 2022 andmete põhjal, eristades õpilase ja kooli tasandi mõju. Tulemused pakuvad mitmekihilise pildi sellest, millised individuaalsed ja kontekstuaalsed tegurid on seotud õpilaste matemaatilise sooritusega.

Esiteks vaatasime kirjeldava statistika abil, kuidas uuritud muutujad varieeruvad koolide sees ja koolide vahel. Emotsionaalsed ja motivatsioonilised tegurid (ärevus, uudishimu, tajutud õpetamise kvaliteet) varieerusid valdavalt koolide sees, mis viitab nende pigem individuaalsele iseloomule. Tulemused osutavad, et nii ärevus kui ka uudishimu varieeruvad valdavalt õpilase tasandil, mistõttu on nende erinevuste selgitamine pigem seotud õppija psühholoogiliste teguritega. Samas võivad koolide keskmised tasemed siiski erineda, peegeldades kooli laiemat konteksti, mitte otseseid seoseid konkreetse õpetajaga. Ühelt poolt on see positiivne näitaja, kuna viitab sellele, et igas koolikeskkonnas on võimalik emotsionaalselt hästi toime tulla. Teisalt aga kinnitab see leid, et üksnes kooli tasandil rakendatavast sekkumisest ei piisa, et vähendada ärevust ja soodustada uudishimu. Suurem uudishimu võib tuleneda asjaolust, et uudishimulikud

õpilased on aktiivsemad õppijad, huvitatud probleemide lahendamisest ning motiveeritud uut informatsiooni omandama, mida kinnitavad varasemad uuringud (OECD, 2019a; Primi *et al.*, 2016). Seetõttu on mõistlik eeldada, et kuigi indiviidide erinevused on domineerivad, võivad koolide keskmised tase- med peegeldada laiemat sotsiaalmajanduslikku konteksti, millest tulenevad grupipõhised erinevused ärevuses ja uudishimuse.

Lisaks näitas kirjeldav statistika, et suurim koolidevaheline varieeruvus esi- nes sotsiaalmajandusliku tausta ja matemaatika tulemuste puhul, mis viitab sellele, et Eesti koolides esineb sotsiaalset kihistumist. Kooli tasandi korrelat- sioonid kinnitasid, et koolide keskmine sotsiaalmajanduslik taust on seotud mitte ainult kõrgemate tulemuste, vaid ka madalama ärevuse ja suurema uudis- himuga. Ka varasemad uuringud on jõudnud sarnaste tulemusteni: sotsiaal- majanduslik taust on seotud matemaatika tulemustega (Mayer, 2010; OECD, 2019; Pensiero & Barone, 2024; Rozgonjuk *et al.*, 2023; Sirin, 2005). Lisaks sellele on leitud, et viimase kahekümne aasta jooksul on nii Eestis kui mitmetes teistes PISA uuringutes osalenud riikides kasvanud sotsiaalmajandusliku tausta seos õpilaste testitulemustega, mis osutab vajadusele pöörata suuremat tähele- panu haridusliku võrdsuse tagamisele (Enchikova *et al.*, 2024).

See muster võib viidata asjaolule, et koolide keskmine sotsiaalmajanduslik taust peegeldab ka kooli sotsiaalset kapitali (nt kogukonna ressursid, vanemate ootused, õpikeskkonna kvaliteet), mis loob õpilastele soodsama õhkkonna ja toetab akadeemilist edukust. Tulemused viitavad sellele, et koolivalik ja elu- koht võivad mõjutada õppimisvõimalusi juba enne kooli jõudmist, mistõttu on madalama sotsiaalmajandusliku taustaga peredele suunatud täiendav tugi kriitilise tähtsusega. Seega on oluline olla tähelepanelik koolidevahelise kihis- tumise süvenemise suhtes ning arutada võimalusi, kuidas pakkuda madalama sotsiaalmajandusliku taustaga õpilastele tõhusamat tuge nende hariduslikke võimalusi takistamata.

Kolmandaks näitas mitmetasandiline regressioonanalüüs, et matemaatika- testi tulemusi ennustavad vaadeldud muutujad nii indiviidi kui ka kooli tasan- dil. Individuaalsel tasandil oli oodatult positiivne seos sotsiaalmajandusliku tausta (Selvitopu & Kaya, 2023; Sirin, 2005), uudishimu (Kilp-Kabel *et al.*, 2025; Rach, 2023) ja tajutud õpetamise kvaliteedi (Arthur *et al.*, 2022; Roorda *et al.*, 2011) ning negatiivne seos ärevuse ja tulemuste vahel (Ashcraft & Krause, 2007; Barroso & Ganley, 2021; Hembree, 1990; Jameson *et al.*, 2022).

Kooli tasandil olid tulemuste määramisel kõige mõjukamad keskmine sotsiaalmajanduslik taust ($\beta = 55,04$) ja matemaatikaärevus ($\beta = -42,45$). Uudis- himu kooli tasemel mõjutas tulemusi positiivselt, samas kui tajutud õpetamise kvaliteet ei olnud statistiliselt oluline. Seega ei kasutata uudishimu potentsiaali Eesti koolides ühtlaselt ning mõned koolid suudavad seda õpiprotsessis

paremini suunata. Selle fenomeni mõistmine võiks olla oluline samm, mis vähendaks hariduslikku ebavõrdsust.

Need leiud viitavad sellele, et kuigi psühholoogilised tegurid kujunevad valdavalt individuaalselt, võivad koolid siiski oma õppekultuuri ja struktuursete tingimuste kaudu mõjutada seda, kuivõrd need tegurid matemaatilist sooritust toetavad või pärsivad. Eriti oluline on, et õpetamise kvaliteedi mõju ilmnes individuaalsel, mitte kooli tasandil. See tulemus on ootuspärane, sest sama kooli õpilased võivad käia erinevate matemaatikaõpetajate tundides, mistõttu ei ole kooli tasandi keskmine õpetamise kvaliteedi hinnang ühtset õpetamiskeskonda peegeldav. Seetõttu kajastab õpetamise kvaliteedi seos tulemustega eelkõige õpetajate-, mitte koolidevahelist varieeruvust.

Sotsiaalmajanduslik taust kujunes nii õpilase kui ka kooli tasandil üheks olulisemaks teguriks. Ühe ühiku tõus õpilase tasandi sotsiaalmajandusliku tausta indeksi skaalal vastas umbes 20-punktilisele tõusule tulemusel ($\beta = 20,13$), mis on PISA-s hinnanguliselt võrreldav ühe keskmise õppeaasta teadmiste kasvuga (Avvisati & Givord, 2023). Kooli tasandil ilmnes veelgi suurem seos: koolides, kus keskmine sotsiaalmajanduslik taust oli ühe standardhälbe ühiku võrra kõrgem, olid õpilaste matemaatikatesti tulemused keskmiselt 55 punkti kõrgemad. See rõhutab sotsiaalmajandusliku konteksti olulisust ning kinnitab vajadust sihipäraste toetusmeetmete järele madalama sotsiaalmajandusliku taustaga koolides. See tulemus on kooskõlas varasemate leidudega, mis osutavad, et Eesti koolide vahelised erinevused PISA testi tulemustes on märkimisväärsed, nimelt tuleneb 21% varieeruvusest kooli tasandist, mis viitab sellele, et haridussüsteemi korraldus ja koolikontekst mängivad olulist rolli tulemuste kujunemisel (Must & Täht, 2009).

Üks olulisemaid tulemusi ilmnes juhuslike kallete lisamisega. Täpsemalt selgus, et nii matemaatikaärevuse ($\sigma^2 = 43,75$) kui uudishimu ($\sigma^2 = 51,07$) ennustusvõime tugevus varieerub oluliselt kooliti. See tähendab, et mõnes koolis on nende tegurite seos matemaatikatesti tulemustega oluliselt tugevam kui teistes koolides. Need tulemused viitavad sellele, et koolid võivad erineda üksteisest selle poolest, mil määral nad suudavad leevendada matemaatikaärevuse negatiivset seost või võimendada uudishimu positiivset seost tulemustega. See omakorda osutab vajadusele paremini mõista erinevaid koolikultuure ning õpetamispraktikaid.

Selle uuringu tulemused nihutavad tähelepanu individuaalselt õppijalt laiemale süsteemile, mille kaudu kujunevad võimalused õnnestuda või ebaõnnestuda. Lisaks viitavad need vajadusele suunata hariduspoliitikas rohkem tähelepanu madalama sotsiaalmajandusliku taustaga koolide toetamisele, et vähendada õpilaste saavutustest tulenevat erisust juba põhikooli lõpus.

Töö olulisus ja piirangud

Siinne töö aitab paremini mõista, kuidas sotsiaalmajanduslik taust ning matemaatikaärevus, uudishimu ja tajutud õpetamise kvaliteet on seotud õpilaste matemaatikatesti tulemustega Eesti kontekstis. Eristades analüüsis nii õpilase kui kooli tasandit, pakub töö süvendatud ülevaadet sellest, kuidas individuaalsed ja keskkonnast tingitud tegurid koos akadeemilisi tulemusi mõjutavad. Selline mitmetasandiline integreeritud käsitlus sotsiaal-emotsionaalsete tegurite ja soorituse seoste uurimisel on olnud seni piiratud.

Töö tulemused näitavad, et sotsiaalmajanduslik taust on tugevalt seotud matemaatika tulemustega nii individuaalsel kui ka kooli tasandil. Eriti märkimisväärne on kooli keskmise sotsiaalmajandusliku tausta ennustuvõime, mis näitas, et ühe standardhälbe ühiku võrra kõrgem kooli keskmine sotsiaalmajanduslik taust on seotud ligi 55 punkti kõrgemate matemaatikatesti tulemustega. See ületab rohkem kui kahekordselt PISA hinnangulise ühe õppeaasta teadmiste kasvu (20 punkti; vt Avvisati & Givord, 2023), rõhutades, et sotsiaalne kontekst kooli tasandil mängib suurt rolli õpilaste akadeemilises edukuses. Samuti kinnitas analüüs, et emotsionaalsed tegurid, nagu kõrgem matemaatikaärevus, on seotud madalamate tulemustega nii õpilase kui kooli tasandil. Seega on madalama keskmise matemaatikatesti tulemusega koolides eriti oluline rakendada erinevaid sekkumisi, mis aitavad õpilaste matemaatikaärevust vähendada. Näiteks võib pakkuda õpetajatele täiendkoolitusi matemaatikaärevusega toimetuleku strateegiatest, toetada positiivse õhkkonna loomist klassiruumides, pakkuda õpilastele nii psühholoogilist kui ka akadeemilist tuge.

Töö üheks olulisemaks järelduseks on asjaolu, et uudishimu ennustuvõime matemaatika tulemustele ei ole kõikides koolides ühesugune. Mitmetasandiline mudel näitas, et uudishimu positiivne seos tulemusega varieerub kooliti märgatavalt. See viitab võimalusele, et mõnedes koolides suudetakse õpilaste uudishimu paremini õppimise toetamiseks suunata kui teistes. Veelgi enam, uudishimu mõju oli tugevam koolides, kus üldine sooritus oli kõrgem, mis võib peegeldada õpetamiskultuuri, õpimotivatsiooni soodustavaid tegureid või kooli sisekliimat.

Töö tulemused viitavad mitmetele praktilistele järeldustele haridussüsteemi ja koolijuhtimise jaoks. Esiteks tõstab analüüs esile vajaduse toetada süsteemselt madalama sotsiaalmajandusliku taustaga koole, kus akadeemiline tase võib jääda nõrgemaks just keskmise madalama sotsiaalmajandusliku tausta, mitte õpilaste võimete tõttu. Teiseks ilmneb vajadus pöörata suuremat tähelepanu vaimsele heaolule ning emotsionaalse turvatunde loomisele. Ärevusega seotud negatiivne seos ei olnud üksnes individuaalne, vaid ka kooli keskmise taseme kaudu avalduv, mis viitab emotsionaalse koolikultuuri tähtsusele. Koolid, kus õpilased tunnevad end turvalisemalt ja vähem ärevana, saavutavad keskmiselt

paremaid tulemusi. Kolmandaks tuleb soodustada uudishimu ja sisemist motivatsiooni toetavat õpikeskkonda. Kuna uudishimu ennustusvõime sõltus kooli kontekstist, võiksid koolid süsteemselt analüüsida, millised praktikad (nt õpilase autonoomia toetamine, aktiivõppe meetodid, õpetajate tagasiside kvaliteet) aitavad tugevdada uudishimu ja akadeemilise kasu vahelist seost.

Kuigi töö pakub olulisi teadmisi, tuleb arvestada mõningate piirangutega. Esiteks põhinevad analüüsis kasutatud matemaatikaärevuse, uudishimu ja tajutud õpetamise kvaliteedi mõõdikud õpilaste enesehinnangutel, mis võivad olla mõjutatud subjektiivsest tajust, vastamismustritest, arusaamisest või muust. Edaspidised uuringud võiksid kasutada mitmest allikast pärit andmeid (nt õpetajate või vanemate hinnangud, vaatlused), et suurendada mõõtmiste usaldusväärsust. Teiseks keskendub see töö ainult matemaatika tulemustele ning seetõttu ei saa järeldusi automaatselt laiendada teistele õppeainetele. Lisaks tuleb märkida, et PISA andmestik ei ole õpetaja tasandi õpetamise kvaliteedi näitajat, mistõttu kasutati kooli keskmist tajutud õpetamise kvaliteedi hinnangut. See tähendab, et hinnangud ei kajasta konkreetse õpetaja mõju, vaid pigem kooli üldist õpilaste tajutud õpikogemust. Seetõttu on oodatav, et koolidevaheline variatiivsus selles näitajas on väike ning seosed teiste kooli tasandi muutujatega ei pruugi olla tugevad. Tulevikus oleks väärtuslik koguda andmeid õpetaja tasandi õpetamise kvaliteedi kohta, mis võimaldaks kooli ja õpetaja tasandi seoseid täpsemalt eristada. Tulevikus tehtavad uuringud võiksid välja selgitada, kas ja kui sarnased seosed leiduvad teistes ainetes. Kuigi PISA Eesti valim võimaldab teha esinduslikke järeldusi Eesti õpilaste kohta, ei pruugi siinses uuringus saadud tulemused olla otseselt ülekantavad teistsuguse haridus- ja kultuurisüsteemiga riikidele.

Tänu sõnad

Karin Tähe töö on rahastatud Sihtasutus Eesti Teadusagentuuri grandiga PRG2190.

Kasutatud kirjandus

- Ahmed, W. (2025). Big fish in little ponds are less anxious about math: A multilevel analysis of school average achievement on math anxiety. *Social Psychology of Education*, 28(1), 35. <https://doi.org/10.1007/s11218-024-09960-w>
- Aldrup, K., Klusmann, U., & Lüdtke, O. (2020). Reciprocal associations between students' mathematics anxiety and achievement: Can teacher sensitivity make a difference? *Journal of Educational Psychology*, 112(4), 735–750. <https://doi.org/10.1037/edu0000398>

- Arthur, Y. D., Dogbe, C. S. K., & Asiedu-Addo, S. K. (2022). Enhancing Performance in Mathematics Through Motivation, Peer Assisted Learning, And Teaching Quality: The Mediating Role of Student Interest. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(2), em2072. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11509>
- Ashcraft, M. H. (2002). Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 5. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 243–248. <https://doi.org/10.3758/BF03194059>
- Avvisati, F., & Givord, P. (2023). The learning gain over one school year among 15-year-olds: An international comparison based on PISA. *Labour Economics*, 84, 102365. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2023.102365>
- Baker, D. P., Goesling, B., & LeTendre, G. K. (2002). Socioeconomic Status, School Quality, and National Economic Development: A Cross-National Analysis of the “Heyneman-Loxley Effect” on Mathematics and Science Achievement. *Comparative Education Review*, 46(3), 291–312. <https://doi.org/10.1086/341159>
- Barroso, C., & Ganley, C. M. (2021). *A Meta-Analysis of the Relation Between Math Anxiety and Math Achievement*. 35.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2003). *lme4: Linear Mixed-Effects Models using Eigen and S4* (p. 1.1-37) [Data set]. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.lme4>
- Caro, D. H., & Biecek, P. (2017). intsvy: An R Package for Analyzing International Large-Scale Assessment Data. *Journal of Statistical Software*, 81, 1–44. <https://doi.org/10.18637/jss.v081.i07>
- Caviola, S., Toffalini, E., Giofrè, D., Ruiz, J. M., Szűcs, D., & Mammarella, I. C. (2022). Math Performance and Academic Anxiety Forms, from Sociodemographic to Cognitive Aspects: A Meta-analysis on 906,311 Participants. *Educational Psychology Review*, 34(1), 363–399. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09618-5>
- Enchikova, E., Neves, T., Toledo, C., & Nata, G. (2024). Change in socioeconomic educational equity after 20 years of PISA: A systematic literature review. *International Journal of Educational Research Open*, 7, 100359. <https://doi.org/10.1016/j.ije-dro.2024.100359>
- Enders, C. K., & Tofighi, D. (2007). Centering predictor variables in cross-sectional multilevel models: A new look at an old issue. *Psychological Methods*, 12(2), 121–138. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.12.2.121>
- Ersan, O., & Rodriguez, M. C. (2020). Socioeconomic status and beyond: A multilevel analysis of TIMSS mathematics achievement given student and school context in Turkey. *Large-Scale Assessments in Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40536-020-00093-y>

- Evans, N. S., Burke, R., Vitiello, V., Zumbunn, S., & Jirout, J. J. (2023). Curiosity in classrooms: An examination of curiosity promotion and suppression in preschool math and science classrooms. *Thinking Skills and Creativity*, 49, 101333. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101333>
- Foley, A. E., Herts, J. B., Borgonovi, F., Guerriero, S., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2017). The Math Anxiety-Performance Link: A Global Phenomenon. *Current Directions in Psychological Science*, 26(1), 52–58. <https://doi.org/10.1177/0963721416672463>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Scofield, J. E. (2021). In-class attention, spatial ability, and mathematics anxiety predict across-grade gains in adolescents' mathematics achievement. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 754–769. <https://doi.org/10.1037/edu0000487>
- Hembree, R. (1990). The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33. <https://doi.org/10.2307/749455>
- Hox, J. J. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications* (Second edition). Routledge, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203852279>
- Jameson, M. M., Dierenfeld, C., & Ybarra, J. (2022). The Mediating Effects of Specific Types of Self-Efficacy on the Relationship between Math Anxiety and Performance. *Education Sciences*, 12(11), 789. <https://doi.org/10.3390/educsci12110789>
- Jirout, J. J., Evans, N. S., & Son, L. K. (2024). Curiosity in children across ages and contexts. *Nature Reviews Psychology*, 3(9), 622–635. <https://doi.org/10.1038/s44159-024-00346-5>
- Khurma, O. A., Jarrah, A., & Ali, N. (2025). PISA 2022 insights on intellectual curiosity, perspective-taking, and science achievement: Examining the mediating pathways. *International Journal of Educational Research Open*, 8, 100414. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2024.100414>
- Kilp-Kabel, T., Mädamürk, K., Kurvits, J., McMullen, J., Hannula-Sormunen, M., & Määttä, S. (2025). The relationship between grade nine math national exam results, prior skills, and an interest in math. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri. Estonian Journal of Education*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.12697/eha.2025.13.1.06>
- Lazarides, R., & Buchholz, J. (2019). Student-perceived teaching quality: How is it related to different achievement emotions in mathematics classrooms? *Learning and Instruction*, 61, 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.01.001>
- Lau, N. T. T., Hawes, Z., Tremblay, P., & Ansari, D. (2022). Disentangling the individual and contextual effects of math anxiety: A global perspective. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(7), e2115855119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2115855119>
- Li, H., Zhang, A., Zhang, M., Huang, B., Zhao, X., Gao, J., & Si, J. (2021). Concurrent and longitudinal associations between parental educational involvement, teacher support, and math anxiety: The role of math learning involvement in elementary school children. *Contemporary Educational Psychology*, 66, 101984. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.101984>

- Li, Q., Cho, H., Cosso, J., & Maeda, Y. (2021). Relations Between Students' Mathematics Anxiety and Motivation to Learn Mathematics: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 33(3), 1017–1049. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09589-z>
- Loewenstein, G. (1994). The psychology of curiosity: A review and reinterpretation. *Psychological Bulletin*, 116(1), 75–98. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.116.1.75>
- Mayer, S. E. (2010). *Revisiting an old question: How much does parental income affect child outcomes?*
- Must, O., & Täht, K. (2009). Riikide, koolide ja õpilaste erinevused PISA tulemustes: Mitmetasandiline analüüs. In *Eesti PISA 2009 kontekstis: Tugevused ja probleemid. Programmi Eduko uuringutoetuse kasutamise lepingu aruanne* (pp. 9–38). Tartu Ülikool, Haridusuuringute ja -innovatsiooni keskus.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. (2023a). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. OECD. <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- OECD. (2023b). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- OECD. (2024a). *PISA 2022 Results (Volume III): Creative Minds, Creative Schools*. OECD. <https://doi.org/10.1787/765ee8c2-en>
- OECD. (2024b). *PISA 2022 Technical Report*. OECD. <https://doi.org/10.1787/01820d6d-en>
- Pensiero, N., & Barone, C. (2024). Parental Schooling, Educational Attainment, Skills, and Earnings: A Trend Analysis across Fifteen Countries. *Social Forces*, 102(4), 1288–1309. <https://doi.org/10.1093/sf/soad144>
- Peterson, E. G. (2020). Supporting curiosity in schools and classrooms. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 35, 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.05.006>
- Pitsia, V., Biggart, A., & Karakolidis, A. (2017). The role of students' self-beliefs, motivation and attitudes in predicting mathematics achievement: A multilevel analysis of the Programme for International Student Assessment data. *Learning and Individual Differences*, 55, 163–173. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.03.014>
- Quintero, M., Hasty, L., Li, T., Song, S., & Wang, Z. (2022). A multidimensional examination of math anxiety and engagement on math achievement. *British Journal of Educational Psychology*, 92(3), 955–973. <https://doi.org/10.1111/bjep.12482>
- R Core Team. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://http.R-project.org/>.
- Rach, S. (2023). Motivational states in an undergraduate mathematics course: Relations between facets of individual interest, task values, basic needs, and effort. *ZDM – Mathematics Education*, 55(2), 461–476. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01406-x>

- Revelle, W. (2007). *psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research* (p. 2.5.6) [Data set]. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.psych>
- Roorda, D. L., Koomen, H. M. Y., Spilt, J. L., & Oort, F. J. (2011). The Influence of Affective Teacher–Student Relationships on Students’ School Engagement and Achievement: A Meta-Analytic Approach. *Review of Educational Research*, 81(4), 493–529. <https://doi.org/10.3102/0034654311421793>
- Rozgonjuk, D., Konstabel, K., Barker, K., Rannikmäe, M., & Täht, K. (2023). Epistemic beliefs in science, socio-economic status, and mathematics and science test results in lower secondary education: A multilevel perspective. *Educational Psychology*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/01443410.2022.2144143>
- Rubin, D. B. (1987). *Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470316696>
- Rutkowski, L., Gonzalez, E., Joncas, M., & von Davier, M. (2010). International Large-Scale Assessment Data: Issues in Secondary Analysis and Reporting. *Educational Researcher*, 39(2), 142–151. <https://doi.org/10.3102/0013189X10363170>
- Selvitopu, A., & Kaya, M. (2023). A Meta-Analytic Review of the Effect of Socio-economic Status on Academic Performance. *Journal of Education*, 203(4), 768–780. <https://doi.org/10.1177/00220574211031978>
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic Status and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review of Research. *Review of Educational Research*, 75(3), 417–453. <https://doi.org/10.3102/00346543075003417>
- Skinner, E. A., Rickert, N. P., Vollet, J. W., & Kindermann, T. A. (2022). The complex social ecology of academic development: A bioecological framework and illustration examining the collective effects of parents, teachers, and peers on student engagement. *Educational Psychologist*, 57(2), 87–113. <https://doi.org/10.1080/00461520.2022.2038603>
- Tire, G., Lepmann, T., Jukk, H., Puksand, H., Henno, I., Lindemann, K., Kitsing, M., Täht, K., & Lorenz, B. (2013). *PISA 2012 EESTI TULEMUSED Eesti 15-aastaste õpilaste teadmised ja oskused matemaatikas, funktsionaalses lugemises ja loodusteadmistes*. Innove.
- Tire, G., Puksand, H., Kraav, T., Jukk, H., Henno, I., Lindemann, K., Täht, K., Konstabel, K., Lorenz, B., & Kitsing, M. (2023). *Eesti 15-aastaste õpilaste teadmised ja oskused matemaatikas, funktsionaalses lugemises ja loodusteadmistes*. Haridus- ja Noorteamet.
- Täht, K., Rämmer, A., & Seppo, I. (2023). Edukus – oma võimete realiseerimine kui osa vaimsest heaolust. In *Eesti inimarengu aruanne 2023. Vaimne tervis ja heaolu*. SA Eesti Koostöö Kogu.

- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Yıldırım, S. (2012). Teacher Support, Motivation, Learning Strategy Use, and Achievement: A Multilevel Mediation Model. *The Journal of Experimental Education*, 80(2), 150–172. <https://doi.org/10.1080/00220973.2011.596855>

The formula for success in mathematics: Higher socioeconomic background, lower anxiety, and higher curiosity at the student and school level

Getriin Aaviste^{a1}, Anastassia Kolde^{a,b}, Nino Gugushvili^c,
Erki Kuus^d, Karin Täht^{a,e}

^a*Institute of Mathematics and Statistics, University of Tartu*

^b*Institute of Genomics, University of Tartu*

^c*Faculty of Psychology and Neuroscience, Maastricht University*

^d*Pärnu Rääma Basic School*

^e*Institute of Psychology, University of Tartu*

Summary

Students' attitudes, emotions, and socioeconomic background affect their learning and later well-being. Mathematics anxiety, curiosity toward learning, socioeconomic background, and perceived mathematics lesson quality are all important student-level predictors for mathematics test results. Previous studies have shown that mathematics anxiety is moderately negatively related to performance (Caviola et al., 2022), while curiosity fosters deeper engagement and better results (Rach, 2023). An Estonian study found that mathematics competency and interest in mathematics in the 6th grade are positively related to their mathematics national exam results at the end of the 9th grade. Perceived lesson quality also matters. For example, students who perceive higher lesson quality tend to perform better (Arthur et al., 2022) and experience lower mathematics anxiety, especially when supported by their teachers (Aldrup et al., 2020; Q. Li et al., 2021).

Family background further shapes achievement. Studies have shown that students from lower socioeconomic backgrounds may experience fewer educational opportunities (Sirin, 2005) and often score lower in science and mathematics (Rozgonjuk et al., 2023). Overall, mathematics outcomes benefit from higher socioeconomic status, curiosity, and positive perceptions of lessons, but are hindered by higher levels of mathematics anxiety.

Educational achievement depends not only on individual factors (student-level) but also on school-level contexts. Previous research shows that when

¹ Institute of Mathematics and Statistics, University of Tartu, Narva mnt 18, 51009 Tartu, Estonia; getriin@ut.ee.

predicting students' achievements (also mathematics achievement), school-level socioeconomic background plays an important role (Rozgonjuk et al., 2023). However, little is known about whether school-level lesson quality differs across schools and how it predicts achievement.

The aim of this study is to find out how students' socioeconomic background, (perceived) lesson quality, mathematics anxiety, and curiosity explain the variability of mathematics test results at both the student- and school-level.

Methology

The current study uses data from the 2022 large-scale Programme for International Student Assessment (PISA) survey. In Estonia, there were 6392 (48.81% girls, 51.19% boys) participants from 196 schools. In our analysis, we used only schools with at least ten participating students, resulting in an effective sample of 6232 students (48.72% girls, 51.28% boys) from 166 schools.

The analysis included descriptive statistics and correlations at both the student and school levels, followed by two-level regression models predicting mathematics test results. Student-level predictors (socioeconomic background, mathematics anxiety, curiosity, and perceived lesson quality) were group-mean-centred, and school-level predictors were defined as school means that were then grand-mean-centred. This centring approach provides a within-between decomposition of each predictor, allowing us to distinguish whether associations arise from differences between students within schools or from differences between schools. The final multilevel model included a random intercept for schools and random slopes for mathematics anxiety and curiosity. Random effects were specified as uncorrelated.

Measures

The current study examines the relationships between mathematics test results, mathematics anxiety, curiosity, perceived lesson quality, and socioeconomic background using PISA 2022 data.

Mathematics test result

During the student assessment, each participant answered a subset of all the questions. For the unanswered questions, imputed values were calculated, which resulted in 10 plausible mathematics test scores for each student. All of those values are standardised, with a mean of 500 and a standard deviation of 100 points (OECD, 2024b).

Mathematics anxiety

The mathematics anxiety value was calculated from six statements, where students had to answer on a 4-point scale from 1, meaning “Completely agree”, to 4, meaning “Completely disagree”. The example statements were “I worry that I will face difficulties in mathematics class” and “I feel helpless when doing a mathematics problem”. All of those statements were reverse-coded and then summed so that the higher score also meant higher anxiety. Internal consistency for the mathematics anxiety scale in the current sample was very good (Cronbach’s $\alpha = 0.92$).

Curiosity

The curiosity value was calculated from 10 statements, where students had to answer on a 5-point scale from 1, meaning “Completely disagree” to 5, meaning “Completely agree”. The example statements were “I like to know how things work,” and “I am more curious than most people I know”. Internal consistency for the curiosity scale in the current sample was very good (Cronbach’s $\alpha = 0.84$).

Perceived lesson quality

Perceived lesson quality was measured using a single-item question: “How would you rate the quality of mathematics teaching during this school year?” Students had to answer this question on a 10-point scale from 1 (meaning “Worst mathematics instruction possible”) to 10 (meaning “Best mathematics instruction possible”).

Socioeconomic background

While calculating students’ socioeconomic background, their parents’ education level and occupation, as well as their home possessions (such as the amount of books and digital devices) (OECD, 2024b), were considered.

Results

From the descriptive statistics, we saw that mathematics test scores vary more within schools than between them ($ICC = 0.17$), while socioeconomic background shows somewhat stronger school-level differences ($ICC = 0.21$). Emotional and motivational factors (mathematics anxiety, curiosity, perceived lesson quality) are largely individual ($ICCs \leq 0.10$).

Next, we conducted correlation analyses among the variables. At the school level, average mathematics achievement is positively correlated to socioeconomic background ($r = .77$, $p < .001$) and negatively to maths anxiety

($r = -.55$, $p < .001$). Curiosity correlates positively with achievement ($r = .53$, $p < .001$), socio-economic background ($r = .55$, $p < .001$), and perceived lesson quality ($r = .25$, $p < .001$), but negatively with anxiety ($r = -.31$, $p < .001$). At the student level, mathematics achievement is positively associated with socioeconomic background ($r = .36$, $p < .001$), curiosity ($r = .24$, $p < .001$), and perceived lesson quality ($r = .27$, $p < .001$), and negatively with maths anxiety ($r = -.36$, $p < .001$). Thus, students with higher socioeconomic backgrounds, lower anxiety, and greater curiosity generally achieve better results.

Lastly, we conducted a multilevel regression model. The results showed that at the student level, socioeconomic background ($\beta = 20.13$, $p < .001$), curiosity ($\beta = 12.67$, $p < .001$), and perceived lesson quality ($\beta = 5.17$, $p < .001$) predicted higher mathematics test results, while mathematics anxiety predicted lower scores ($\beta = -17.76$, $p < .001$). At the school level, average socioeconomic background ($B = 55.04$, $p < .001$) and curiosity ($\beta = 20.24$, $p = .023$) were positive predictors for mathematics test results, while average anxiety was a negative predictor ($\beta = -42.45$, $p < .001$). The perceived lesson quality was not a significant predictor at the school level. Random slope modelling indicated that the effects of both mathematics anxiety and curiosity varied across schools, being stronger in higher-achieving environments. After including predictors, the intraclass correlation indicated that approximately 5.7% of the variance in mathematics test results remains at the student level, though school context still matters.

Conclusion

The study used Estonian PISA 2022 data and a two-level regression approach to examine how socioeconomic background, mathematics anxiety, curiosity, and perceived lesson quality relate to mathematics test results. The results showed that a higher socioeconomic background is one of the strongest predictors of mathematics performance at both the student and school levels. The findings also showed that at the school level, socioeconomic background, mathematics anxiety, and curiosity are significant predictors of mathematics test results; however, perceived lesson quality is not a significant factor. This indicates that while emotional and motivational factors play an important role, their influence varies across schools, especially curiosity, which shows school-level variation and points to the importance of the school environment. The results underscore the need to approach educational inequality more broadly than as a mere knowledge gap and support stronger attention to the development of socio-emotional skills as well as the shaping of the school context.

Keywords: mathematics anxiety, curiosity, socioeconomic background, mathematics, PISA