

Ühised eesmärgid loodusteaduslikus hariduses: noorte agentsus kolme riigi õppekavade võrdluses

Angie Valbuena Rojas¹, Barbara Schneider, Hannah Locke

Michigani ülikool

Annotatsioon

Loodusteadusliku hariduse puhul puutuvad eri riigid pidevalt kokku probleemiga, kuidas säilitada noorte huvi loodusainete vastu, tagades samas, et nende ainepõhised nõuded saaksid rangelt täidetud. Artiklis käsitletakse loodusteaduste õppekava kui struktuuri, mille kaudu saab suunata noorte osalemist õppeaine mõtestamises, anda neile võimalus kogeda tunnustust ja tutvustada võimalikke tulevasi karjäärivalikuid. Colombia, Eesti ja Ameerika Ühendriikide riiklike loodusteaduste õppekavade kvalitatiivse võrdleva analüüsiga uurime, kuidas neis käsitletakse ainepõhist õpet, toetatakse noorte agentsust uurimistööde, praktilise ja projektõppe kaudu ning kuidas teeb hindamisprotsess õppimise nähtavaks. Õppekava käsitlevate teooriate kohaselt ja sotsiokultuurilisest vaatenurgast lähtudes ei ole agentsus õpilase individuaalne omadus, vaid õppekava juhendiga tagatud ülesannete struktuurist, osalemisvõimalustest ja tunnustamisviisidest sõltuv tulem. Kõigi kolme riigi õppekavasid ühendab keskendumine uurimisele ja õppimise seostamine igapäevaeluga, kuid neid tegevusi viiakse ellu erineval viisil: Ameerika Ühendriikide õppekavad rõhutavad osalemist teadustegevuses kolmemõõtmelise õppimise kaudu, Eesti rõhutab autonoomsust ja isereguleeritud uurimistegevust kui teadusliku kirjaoskuse omandamise peamist meetodit ning Colombia rõhutab loodusainete õppimist igapäevaelu ja kogukonna probleemide lahendamise kaudu. Meie väidame, et heade tulemust poole pürgimine eeldab kaasamist: õppekavad, mis on ehitatud järjepidevale tegevuse mõtestamisele sidusate projektide, kaasamist võimaldavate osalemistingimuste ja kujundava hindamise kaudu, võivad toetada noorte pädevust, kuuluvustunnet ja eesmärgikindlust, võimaldades mitmekesiseid valikuid väljaspool kitsaid STEM-karjäärivõimalusi.

Märksõnad: loodusteaduste õppekava, noorte agentsus, uurimusõpe, projektõpe, võrdlev haridusteadus

¹ College of Education, Michigan State University, 620 Farm Ln, East Lansing, MI 48824, United States; valbuen4@msu.edu.

Sissejuhatus

Loodusteaduslikku haridust peetakse üldiselt oluliseks ettevalmistuseks, et saada hakkama ühiskonnas, mida kujundavad teaduslikud ja tehnoloogilised muutused. Noorukieas muutub see ettevalmistus eriti oluliseks. Noortel tuleb toime tulla üha kasvavate kognitiivsete nõudmistega, suurenenud tundlikkusega eakaaslaste tunnustuse ja kuuluvuse suhtes ning üha keerulisemate küsimustega seoses oma identiteedi ja tulevikuvalikutega (Eccles & Wigfield, 2002; Steinberg, 2014). Selles arenguetapis toimib loodusteaduste õppekava nii ainepõhiste kontseptsioonide organiseeritud jadana kui ka ühiskondliku ja poliitilise dokumendina, mille kaudu tagatakse juurdepääs osalemisele, tunnustamisele ja väärtuslikele teadmistele (Apple, 1996; Pinar, 2012). Loodusteaduste õppekava sõnastusel ja struktuuril – mida loetakse õiguspäraseks osalemiseks, milliseid probleeme peetakse uurimisväärteteks ja kuidas võetakse arvesse õpilaste ideid – on mõju sellele, kas noored kogevad loodusteadusi tähendusrikaste ja kaasavatena või kaugete ja välistavatena.

Kõikides riikides on põhikooli II astmes ja gümnaasiumis jätkuvalt keeruline säilitada noorte huvi loodusteaduste vastu. Teadlased on näidanud, et paljud õpilased peavad loodusteaduse õppeaineid abstraktseteks, liiga tehnilisteks või igapäevaelust lahus seisvateks, ning sageli väheneb huvi veelgi, kui keskkoolitaseme kursuste sisu muutub kitsalt erialaseks (Archer *et al.*, 2012; Osborne *et al.*, 2003). Selliseid suundumusi on oluline tähele panna, sest huvi kadumine mõjutab otseselt juurdepääsu kõrgharidusele ja loodusteaduste erialadele, see vähendab võimalust leida tunnustust „loodusteadustes võimekana“ ja võimekust näha loodusteadusi kui üht olulist tulevast karjäärivõimalust (Archer *et al.*, 2012; Carlone & Johnson, 2007). Põhiprobleem ei seisne noorte võimes mõista keerukaid ideid, vaid selles, kas loodusteaduste õpikeskkond pakub piisavalt probleeme, mis toetavad püsivat mõtestamist – mõista nähtusi, viia tõendeid ja selgitusi vastavusse ning analüüsida ideid kriitiliselt (Schneider *et al.*, 2022). Uuringud näitavad, et kaasatus ja õpihuvi suurenevad, kui õpetamine toetab korduvaid uurimisülesandeid, modelleerimist ja selgitamist, mitte ainult sisu tutvustamist (Xiao & Schneider, 2023; Krajcik *et al.*, 2023).

Selle uuringu kontekstis tähendab loodusteaduste õppimisse kaasamine õpilaste aktiivset osalemist ainetegevuses, mis hõlmab kognitiivset osalemist mõtestamises, emotsionaalset investeerimist õppeülesannetesse ja ühiskondlikku osalemist ühises uurimistöös. Sellest vaatenurgast peetakse kaasamiseks pigem õppetegevuse tulemusena saadud kogemust kui õpilase stabiilset meeletatust (Avraamidou, 2019; Carlone & Johnson, 2007; Gutiérrez & Calabrese Barton, 2015; Schneider *et al.*, 2022). Uuringud näitavad järjekindlalt, et noorukid tajuvad suuremat kaasatust selliste õppimiskogemuste puhul, mis hõlmavad praktilist uurimist, selgitamist ja ühist mõtestamist – tegevusi, mille kaudu

toimub kaasamine –, kui passiivsemate õpetamisvormide puhul (Schneider *et al.*, 2016; Xiao & Schneider, 2023).

Siinses artiklis tähendab mõtestamine protsessi, mille käigus tõlgendavad õpilased aktiivselt nähtusi ja tõendeid, loovad ja muudavad seletusi ning kavandavad mudeleid ja teaduslikke ideid. Mõtestamist ei käsitleta individuaalse kognitiivse oskusena, vaid sotsiaalselt organiseeritud praktikana, mis on integreeritud õpetamisülesannetesse ja osalusstruktuuridesse (Schneider *et al.*, 2020). Teaduslikud praktikad toetavad kaasamist, kui need kaasavad õpilasi sidusatesse ülesannetesse, mis võimaldavad neil õppimise käigus ideid välja pakkuda, edusamme teha ja selgitusi täiustada (Schneider *et al.*, 2020). Neid võimalusi mõistetakse noorte agentsuse väljendusena. Sotsiaalkultuurilisest vaatenurgast ei ole agentsus ainulaadne isiklik omadus, vaid sotsiaalselt organiseeritud tegevuses osalemise käigus tekkiv võime, mida kujundavad ülesannete ülesehitus, normid ja tunnustamise tavad (Holland, 2001; Nasir *et al.*, 2006). Selline lähenemine suunab tähelepanu üksikute õpilaste motiveerimiselt selle uurimisele, kuidas õppekava ülesehitus loob tingimused mõtestatud osalemiseks.

Et sellist osalusvormi kavandada, peab pakkuma enamat kui praktilised tegevused. Projektõppe ja uurimusliku õppe keskkonnad toetavad püsivat kaasamist, kuna õppimisprotsess rajatakse pidevale mõtestamisele ja tõendus-põhisele arutlemisele (Blumenfeld *et al.*, 1991). Kui kujundav hindamine ja selged õpieesmärgid neid keskkondi toetavad, siis tugevdab see noorukite usku oma pädevusse ja tagab nende kaasamise (Eccles & Wigfield, 2002; Pellegrino, 2015). Teisalt mõjutab mõtestamist, kaasatust ja agentsust ka see, kuidas kasutatakse õppekavas uurimise lähtepunktidena õpilaste kultuurilisi ressursse, sealhulgas igapäevaseid kogemusi, keelelisi eripärasid, kogukondlikke ja põlvkondadevahelisi tavasid ning ühiskondlikke probleeme. Kultuuriliselt asjakohaseid, vastuvõtlikke ja kestlikke kasvatusteaduslikke teooriaid käsitlevates teadustöodes nähakse neid ressursse vahendajatena, mis avardavad juurdepääsu ainepõhisele arutelule ja osalusele, mitte alternatiivina teaduslikult põhjendatud teadmistele (Ladson-Billings, 1995; Nasir *et al.*, 2006; Bang & Medin, 2010; Paris, 2012; Gay, 2023; Mathis *et al.*, 2023; Valbuena Rojas & Krajcik, 2025).

Artikli eesmärk on uurida, kuidas Colombia, Eesti ja Ameerika Ühendriikide riiklikud loodusteaduste õppekavad käsitlevad ainepõhist õppimist, mis toetab noorte agentsust ja kaasatust noorukieas, pöörates erilist tähelepanu kultuurilistele ressurrsidele ning praktilisele ja projektõppele. Võrdleva dokumendianalüüsi ja arutelu kaudu, milles vaadeldakse agentsust kui universaalset arenguprotsessi, mida kujundab õppekavas pakutavate võimaluste struktuur, panustab see uuring rahvusvahelistesse õppekavasid käsitlevatesse aruteludesse, mille teemaks on kindlapiiriliste, sisukate ja laialdaselt kättesaadavate loodusteaduste õppekavade väljatöötamine.

Õppekava, noorte agentsus ja praktiline ainepõhine õpe

Uuringus defineerime noorte agentsust kui aineomastes praktikates mõtestatud osalemise võimet, mida on kujundatud struktureeritud, kultuuriliselt vastutustundlikus, teaduspõhises õpikeskkonnas, kus tunnustatakse õpilaste panust, identiteeti ja kogemusi (Holland *et al.*, 2001; Nasir *et al.*, 2006; Gutiérrez & Calabrese Barton, 2015). Agentsus on pigem sotsiaalne kui individuaalne, pigem rakendatav kui omandatav võime, mis on saavutatud tänu õppekava koostamisel tehtud valikutele, mille kaudu luuakse osalemise, tunnustamise ja tagasisidestamise raamistik. See määratlus pakub analüütilist vaatenurka, mille kaudu uurida, kuidas väljendatakse õppekavades osalemise ja mõtestamise võimalusi.

Järgime analüüsis kontseptuaalset raamistikku, mille kohaselt on loodusteaduste õppekava keskne struktuur, mille kaudu võimaldatakse agentsust, kaasamist ja ainepõhist õpet noorukieas. Uuritakse kolme omavahel seotud mõõdet: a) õppekava kujundamine kui sild aineteadmiste ja õpilaste elukogemuste vahel osana nende kultuurilistest ressursidest; b) noorte agentsus kui õpikeskkonna kogemuslik ja suhteline tulemus; ning c) praktiline õpe ja projektõpe kui peamised mehhanismid, mille kaudu arendatakse ainest arusaamist ja kaasatust.

Õppekava ülesehitus ja eesmärk: ainepõhiste teadmiste ja kogemuse ühendamine

Loodusteaduste õppekava võib kirjeldada kui silda. See ei edasta pelgalt erialateadmisi, vaid ühendab universaalsed teaduslikud ideed ja praktikad õppijate kogemuste ja kultuuriliste ressursidega. Aikenhead (2006) väidab, et loodusteaduste mõtestatud õpetamine aitab õpilastel navigeerida koolis omandatud loodusteaduslike teadmiste ning nende igapäevaelu ja tavade vahel. Selline ühendav funktsioon ei nõua teaduslike teadmiste ümbermõtestamist ega aineteadmiste vähem teaduspõhist õpetamist, vaid õppekava koostamist selliselt, et nähtuste seletused, küsimused, probleemide kirjeldused ja uurimisküsimused põhineksid äratuntavatel olukordadel. Sellistes tegevustes osaledes saavad õpilased juurdepääsu teaduslikule mõtlemisele asjakohaste ja eesmärgipärastena näivate kogemuste kaudu.

Riiklikes õppekavaraamistikes peegeldub selline ühendav funktsioon erinevates rõhuasetustes. Ameerika Ühendriikides keskendutakse õpistandardite reformides, nagu K–12 loodusteaduste õppekava raamistik, sidususe ja arengu tagamisele, tõstes esile teaduspraktikaid ja raamideid, millega kaasatakse õpilasi teaduse tegemisse, mitte sisu pähe õppimisse (National Research Council [NRC], 2012). Eesti riiklik õppekava käsitleb loodusteaduste õpet kui vahendit,

mis toetab õpilaste isiklikku arengut ja ühiskondlikku osalust ühiste kultuuri-
liste ja kodanikuühiskonna eesmärkide kaudu (Holbrook & Rannikmäe,
2009; Kori, 2022). Colombias julgustavad riiklikud suunised õpetajaid siduma
loodusteaduste õpetamist kogukondliku konteksti ja kohalikus elus oluliste
teadmistega, millega õpilased on tuttavad oma isikliku elu kogemuse kaudu
(Ministerio de Educación Nacional [MEN], 1998). Kuigi õppekavad erinevad
struktuuri ja rakendusviiside poolest, on need kõik suunatud agentsuse ja
kaasatuse tagamisele.

Samal ajal käsitlevad kõik need riigid õppekava võrdse juurdepääsu taga-
jana, mille vahendusel pannakse paika, kes ja millistel tingimustel saab osaleda
loodusteaduste mõtestatud õppimises. Õpilased tulevad loodusteaduste tundi-
desse ebavõrdse teadmiste pagasiga ja neil on erinev varasem kokkupuude
teaduslike praktikate, akadeemilise keele ja vaikivate kokkulepetega, mis regu-
leerivad teadmiste loomist ja hindamist kooli loodusteaduste tundides. Sellist
ebavõrdsust ei saa taandada üksikisiku võimetele, vaid need peegeldavad
erinevusi varasemas koolihariduses, perekonna ressurssides, juurdepääsus
mitteametlikele loodusteaduste kogemustele ning õpilaste kultuuriliste ressurs-
side ja institutsiooniliste ootuste vastavuses (Lee & Buxton, 2013; Nasir *et al.*,
2006). Selle tulemusena soosivad traditsioonilised abstraktsioonile, kontekstist
väljarebitud ülesannete lahendamisele või osalemist võimaldavatele vaikivetele
kokkulepetele tuginevad õppekavad sageli õpilasi, kes on juba omandanud kooli
loodusteadustega kooskõlas oleva kultuurilise ja akadeemilise kapitali.

Samas, kui õppekavad on üles ehitatud uurimisele, selgitamisele ja itera-
tiivsele mõtestamisele, võivad need nimetatud erinevusi leevendada, muutes
aines osalemise selgeks ja kättesaadavaks kultuuriliselt äratuntavate ühiste
sisenemispunktide kaudu. Varasemad uuringud on näidanud, et õpilaste kaasa-
mine ühiste probleemide lahendamisse, vaadeldavate nähtuste uurimisse ja
ühisesse uurimistöösse loob võimaluse osaleda, sõltumata õpilaste eelnevast
tutvusest teaduslike praktikatega (Blumenfeld *et al.*, 1991; National Research
Council, 2012). Sellistes keskkondades ei eeldata, et ainega seotud praktika on
juba omandatud, vaid seda tutvustatakse, modelleeritakse ja vaadatakse uuesti
struktureeritud õppetegevuse kaudu.

Selline muutus mõjutab oluliselt õpilaste suhtumist teadusesse. Kui õppe-
kavad pakuvad võimalusi esitada küsimusi, katsetada ideid ja viimistleda selgi-
tusi, asetatakse õpilased positsioonile, kus neisse suhtutakse kui võimekatesse
mõtestajatesse, kelle panust ja teadmisi võetakse ainetgevuses tõsiselt. Selline
keskkond soodustab kaasamist, võimaldades õpilastel mõtestatud tegevuses
osalemise kaudu end pädeva ja edukana kogeda (Schneider *et al.*, 2020). See-
vastu õppekavad, mis seavad esikohale kõikide teemade läbivõtmise ja korrekt-
sete vastusteni jõudmise, tegemata kättesaadavaks aineomaseid praktikaid,

tugevdavad sageli juba kehtivaid tunnustamise hierarhiaid, andes mõnele õpilastele märku, et teadus „ei ole nende jaoks”. Sotsiaalkultuurilisest vaatepunktist on noorte agentsuse arenemise oluliseks eeltingimuseks see, kui õpilased tajuvad, et nende ideed on olulised ja et neil on õppeprotsessis legitiimne roll (Holland, 2001). Võimaldades võrdset juurdepääsu aineomastele praktikatele ja tunnustades õpilaste kultuurilisi ressursse, loob õppekava struktuursete tingimused, mille raames saavad õpilased võtta intellektuaalseid riske, teha otsuseid ja mõtiskleda oma õppeprotsessi üle. Selles mõttes toimib õppekava sillana aineteadmiste ja noorte agentsuse vahel, ühendades juurdepääsu teaduslikule mõtlemisele ning andes võimaluse see omandada ja selles osaleda.

Noorte agentsus kui õpikogemus

Noorte agentsus on keskne lähtekoht, mis aitab mõista, kuidas noored suhtuvad loodusteaduste õppekavasse ja kuidas nad kogevad õppimist kui mõtestatud osalemist. Loodusteadusliku hariduse uuringud näitavad järjekindlalt, et õpilaste kaasatus ja püsivus sõltub otseselt sellest, kas nad kogevad ainega seotud tegevuses tunnustust ja intellektuaalset vastutust (Carlone & Johnson, 2007; Nasir *et al.*, 2006). See dünaamika on eriti oluline noorukieas, millal ollakse eriti tundlikud autonoomia, pädevuse ja kuuluvuse suhtes (Eccles & Wigfield, 2002).

Loodusteaduste õpikeskkonnas rakendatakse agentsust ülesannete kavandamise, osalemisvõimaluste ja hindamisviisi kaudu, mis näitavad, kelle ideid peetakse oluliseks ja kuidas tunnustatakse edusamme. Uuringud näitavad, et kui õpilased on aktiivsed osalejad – esitavad küsimusi, katsetavad ideid ja muudavad oma selgitusi –, on neil suurem tõenäosus tunda end kaasatuna ja arendada enesekindlust seoses võimega teaduslikult arutleda (Reeve, 2012; Schneider *et al.*, 2020). Oluline on tähele panna, et agentsus ei tähenda struktureerimata valikuid. Pigem nõuab see hoolikalt kavandatud ülesandeid ja selgeid ootusi, mis toetavad õpilasi intellektuaalsete riskide võtmisel, pidades samal ajal siiski silmas ühiseid õpieesmärke.

Loodusteadusliku hariduse raames omandatud agentsusel on tundides osalemise kõrval laiem mõju ka sellele, kuidas noored mõistavad oma rolli ühiskonnas. Ühiskondlike, poliitiliste ja majanduslike otsuste tegemine – eriti sellistes küsimustes nagu rahvatervis, keskkonna jätkusuutlikkus ja tehnoloogilised muutused – eeldab üha enam teaduslikku pädevust (Maltese & Tai, 2011; Sadler *et al.*, 2012; Feinstein *et al.*, 2013; OECD, 2018). Kui loodusteaduste õppekava toetab agentsust, tajuvad õpilased loodusteaduslikku arutelu kui vahendit teabe tõlgendamiseks, väidete hindamiseks ja oma kogukonda mõjutavatele probleemidele reageerimiseks. Sel viisil aitab osalus loodusteaduste õppimises arendada kriitilist mõtlemist ja teadlikku osalemist isegi nende õpilaste puhul, kes ei näe end tulevikus akadeemilist karjääri tegemas.

Projekt- ja uurimusõpet käsitlevad uuringud näitavad, kuidas õpilastele antakse agentsust toetavas keskkonnas oluliste küsimuste ja probleemide lahendajate roll. Näiteks on leitud, et tehnoloogiale tuginevad ja probleemide lahendamisele keskenduvad õpikeskkonnad soodustavad kodanikuaktiivsust, võimaldades õpilastel uurida reaalseid probleeme, teha koostööd eakaaslastega ja pakkuda välja tõendus põhiseid lahendusi (Schneider, 2017; Schneider *et al.*, 2020). Need kogemused tugevdavad loodusteaduslike praktikate relevanttsust väljaspool kooli ja annavad õppimisele eesmärgi.

Seega on õppekava ülesehitusel agentsuse kogemisele keskne mõju. Õppekava rakendamise juhenditega, milles täpsustatakse õpilastele antavaid ülesandeid, osalemist reguleerivaid norme ja õpitulemuste hindamise kriteeriume, pannakse paika, kas agentsust käsitletakse õpetamise juhusliku või süsteemse tulemina. Kui õppekavas on selgelt väljendatud ootused uurimise, koostöö ja reflekteerimise suhtes, annab see õpetajatele raamistikku arendada agentsust järjepidevalt kõikides tundides (Krajcik & Blumenfeld, 2006).

Kokkuvõttes näitavad need uuringud, et kui õpilased kogevad osalemist, vastutustunnet ja tagasisidestamist õppeaine lahutamatu osana, siis arendab see nende agentsust. Noorte agentsuse tunnustamine õpikogemuse osana näitab, kui oluline on koostada õppekava viisil, mis muudaks osalemise noorukieas nähtavaks, oluliseks ja kättesaadavaks.

Praktiline ja projektõpe kui ainetevõime kaasamise mehhanismid

Praktiline ja projektõpe on kesksed mehhanismid, mille kaudu õppekava ülesehitus toetab õpilaste aktiivset kaasatust loodusteaduslikku haridusse. Õppimisteaduste valdkonnas tehtud uuringud näitavad järjekindlalt, et õpilased omandavad teadmisi põhjalikumalt ja püsivamalt, kui nad osalevad aktiivselt õppeainega seotud tegevustes, näiteks probleemide sõnastamises, uurimuste kavandamises, andmete analüüsis ja selgituste koostamises, selle asemel et tutvuda teaduslike teadmistega loengu vormis esitluse või etteantud lahendus-käiguga ülesannete kaudu (Blumenfeld *et al.*, 1991; Krajcik & Blumenfeld, 2006; Valbuena Rojas & Krajcik, 2025). Sellest lähtudes on osalemine praktilises teadustegevuses peamine tee teaduse mõistmise juurde, mitte sisulist õpetamist rikastav lisategevus.

Ainepõhist kaasamist toetab eriti hästi projektõpe, sest see on üles ehitatud pikemaajalisele, terviklikumale uurimisele, mis eeldab püsivat ja süvenenud arutlemist. Hästi kavandatud projektõppes seatakse esikohale probleemi selge sõnastamine, korduv mõtestamine ja aineideede rakendamine uutes olukordades. He jt (2023) näitavad, et sidusalt kavandatud projektõpe võib õpi-standardid klassiruumis praktiliseks tegevuseks muuta, toetades teadmiste kasutamist tegevuste kaudu ning parandades õpilaste võimet rakendada

mõisteid ja õppeainele omaseid praktikaid, et selgitada nähtusi ja lahendada probleeme. Kui projektid on hoolikalt järjestatud, struktureeritud ja õpi-eesmärkidega kooskõlas, soodustavad projektõppekeskkonnad nii õppeaine mõistmist kui ka püsivat kaasatust erinevates ainetundides.

Oluline on märkida, et praktiline ja projektõpe ei ole sama mis avatud uurimistöö või mänguline tegevus. Kuigi huvi ja motivatsiooni tekkimine on üliolulised õpitulemused, on projektõppe määravaks tunnusjooneks selle teadmise kujunemist ja põhendamist suunav struktuur (Blumenfeld *et al.*, 1991; Krajcik & Blumenfeld, 2006). Projektid nõuavad õpilastelt tegelemist autentsete probleemidega, mis eeldavad tõenditel põhinevat mõtlemist, koostööd ja ideede kriitilist läbivaatamist aja jooksul (Krajcik *et al.*, 2022; He *et al.*, 2023). Et neid nõudmisi täita, toetab projektõpe mitmekülgsete oskuste arendamist, integreerides teadusliku mõtlemise suhtlemis-, koostöö- ja kriitilise mõtlemise oskusega, mida on tänapäevases ühiskonnas osalemiseks üha enam vaja (Feinstein *et al.*, 2013; OECD, 2019; Schneider *et al.*, 2020).

Nendes struktureeritud õpikeskkondades toimib noorte agentsus ainesse kaasamise mehhanismina. Projektõpe asetab õpilase otsustaja rolli, kus ta peab valima, kuidas probleemi uurida, millised tõendid on asjakohased ning kuidas selgitusi koostada ja edastada. Need otsused on õppeprotsessis kesksel kohal, andes õpilasele võimaluse osaleda õppeaine mõtestamises. Schneider jt (2020) väidavad, et selline keskkond soodustab kaasatust, võimaldades õpilasel mõtestatud teadustöös osalemise kaudu kogeda pädevust, edu ja eesmärgistatust.

Praktiline ja projektõpe laiendavad ka ainekaasatust, ühendades teaduslikud praktikad kogukonnale oluliste ja ühiskondlikult tähtsate teemadega. Kui projektid on suunatud keskkonna, rahvatervise või kohalikele tehnoloogiaga seotud probleemidele, hakkavad õpilased teaduses nägema vahendit, mis aitab mõista kogukonna probleeme ja neile reageerida, toetudes oma kultuurilistele ressurssidele ja neid edasi arendades. Projektõppe uurimine on näidanud, et sellised kogemused toetavad kohalikku ja kodanikuaktiivsust, võimaldades õpilastel kokku puutuda reaalsete probleemidega, teha koostööd eakaaslastega ja pakkuda välja tõenduspõhiseid lahendusi (Schneider, 2016; Feinstein *et al.*, 2013; Valbuena Rojas & Krajcik, 2025). Niisugune kaasatus kinnistab arusaama, et loodusteaduslikud teadmised on midagi enam kui pelgalt akadeemiline edukus, ning toetab kriitilise mõtlemise oskuse ja demokraatliku osalemise arengut.

Projektõppekeskkonnas on ainesse kaasatuse tagamiseks määrav tähtsus hindamisviisil. Tulemustel põhinev hindamine ja analüüsist lähtuvad hindamiskriteeriumid muudavad õpilaste arutluskäigud nähtavaks ja pakuvad tagasisidet, mis toetab järkjärgulist arengut (Pellegrino, 2015). Kui hindamine on

projektõppega kooskõlas, aitab see õigete vastuste teadmise kõrval väärtustada osalemist, oma ideede kriitilist läbivaatamist ja mõtestamist. Et tagada võrdsust, on selline kooskõla eriti oluline, kuna see vähendab vajadust toetuda akadeemiliste normide eelnevale tundmisele ja pakub mitmeid võimalusi näidata teemast arusaamist. Nii toetab hindamine püsivat ainesse kaasamist, suurendades samas õpilaste osalust ja vastutust loodusteaduslikus tegevuses.

Praktiline õpe koos projektõppega toimivad olulise mehhanismina, mille abil õpilasi ainetevõimusesse kaasata, muutes loodusteaduslikes tegevustes osalemise nähtavaks, kättesaadavaks ja mõtestatuks. Pakkudes laialdasi võimalusi mõtestamiseks, otsuste tegemiseks ja nende ümbervaatamiseks, toetavad sellised õppevormid ainetevõimuse tulemusena kaasatust ja muudavad loodusteaduslikud teadmised elulisteks oskusteks, millele rajada mitmesuguseid karjäärivõimalusi, sealhulgas (kuid mitte ainult) teaduskarjääri.

Metoodika ja analüüsi fookus

Uuringus kasutatakse kvalitatiivset võrdlevat lähenemisviisi, et uurida, kuidas Colombia, Eesti ja Ameerika Ühendriikide riiklikud loodusteaduste õppekavad suunavad praktilise ja projektõppe kaudu õppeainete omandamist, noorte osalust ja kaasatust.

Võrdlev analüüs

Õppekavade võrdlev uuring näitab, kui oluline on minna kaugemale pinnapealsetest võrdlustest, mõistmaks, kuidas lähenevad eri haridussüsteemid sarnastele probleemidele kontekstist lähtuvate strateegiatega abil (Bartlett & Vavrus, 2016). Üks loodusteadusliku hariduse kõikidele riikidele omane ülesanne on säilitada noorte kaasatus, tagades samas kogu õppematerjali omandamise. Colombia, Eesti ja Ameerika Ühendriigid pakuvad analüüsimiseks tänuväärset materjali, kuna nende ajalooline, kultuuriline ja poliitiline taust on vägagi erinevad, samas peetakse kõikide nimetatud riikide õppekavades oluliseks pühendumist uurimistööle, õppetegevuse seostamist elukogemusega ja õpilaste osalemist. Uuringus ei käsitleta riikide süsteemide konkureerivate mudelitena ega järjestata neid kvaliteedi alusel. Võrdluse eesmärk on tuvastada õppekavades sisalduvad ühised põhimõtted, mis toetavad noorte agentsust ja kaasatust, ning nende põhimõtete tulemusena saadud väljundeid, aidates sellega kaasa rahvusvahelistele aruteludele õppekava kujundamise üle, mis ületavad riigipiire, jäädes samas vastuvõtlikuks kohalikele oludele.

Selle uuringu peamised andmeallikad on ametlikud riiklikud õppekavad ja raamdokumendid, mis reguleerivad loodusteaduste õpetamist kõnealuste riikide keskkoolitasemel.

Tabel 1. Riikide peamised andmeallikad

Riik	Peamine dokument	Kirjeldus
USA	K–12 loodusteaduste hariduse raamistik (Riiklik Teadusnõukogu, 2012) ja sellega seotud järgmise põlvkonna loodusteaduste õpistandarditele (NGSS) vastavad õppekava juhendmaterjalid	Väljendab ootusi kolmemõõtmelisele õppimisele ja teaduslike tavade rakendamisele.
Eesti	Gümnaasiumi riiklik õppekava (lisa 4), õppeaine: loodusteadused (2014) ja muud loodusteaduste õppekava dokumendid	Rõhutab uurimistöö, iseseisva õppimise ja loodusteadusliku pädevuse vajalikkust ning toetab Eesti loodusteadusliku hariduse reformide analüüsi.
Colombia	<i>Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales</i> , välja andnud Ministerio de Educación Nacional (MEN, 1998)	Rõhutab igapäevaelu, sotsiaalsete kontekstide ja kogukonnale oluliste teemadega seotud õppetöö vajalikkust.

Neid dokumente vaadeldakse eelkõige kui kavandatud õppekavasid, mõistes, et tegelikkuses rakendatav õppekava võib koolide ja klassiruumide kaupa varieeruda. Seetõttu keskendutakse analüüsis pigem sellele, kuidas agentsust ja kaasatust poliitilisel tasandil mõtestatakse ja struktureeritakse, mitte sellele, kuidas neid praktikas rakendatakse. Eelmises lõigus kirjeldatud kontseptuaalsele raamistikule toetudes keskendub analüüs kolmele omavahel seotud analüütilisele mõõtmele:

1. *Aineteadmiste mõtestamine*: kuidas on loodusteaduslikud teadmised struktureeritud ehk kuidas on faktid, praktilised tegevused või mõtestamine seotud nähtuste ja probleemidega?
2. *Noorte agentsuse ja osaluse struktureerimine*: millisel positsioonil on õpilased (küsimuste esitamine, otsuste tegemine, koostöö, vastutus)?
3. *Hindamine ja tagasisidestamine*: milline on hindamise raamistik, kas see toetab või piirab agentsust (kujundav tagasiside, tulemustest lähtuv arutelu, edusammude nähtavaks muutmine)?

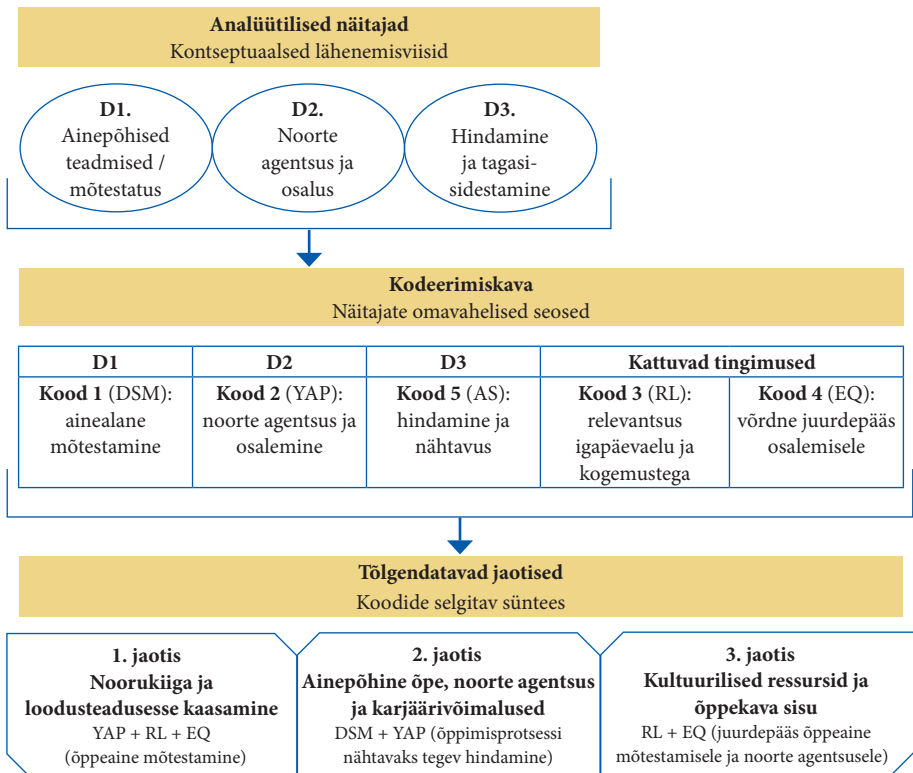
Kodeerimissüsteem ja analüüsiühik

Analüüsimiseks loodi deduktiivne kodeerimissüsteem, mis lähtub kontseptuaalsest raamistikust ja uuringu analüütilistest küsimustest. Analüüsiühikuks on *poliitikadokumendis esitatud väide* (lause või lühike lõik), mille alusel sõnastati tabelis 2 esitatud koodide indikaatorid. Vaatluse all olnud dokumentide suhtes kohaldati koodi, millega tuvastati, kuidas on õppekavadokumentides sõnastatud osalemise, otsustamise, agentsuse ja mõtestamisega seotud võimalused noorukieas. Koodi kasutatakse materjalist ülevaate andmiseks, mitte nende dimensioonide ammendava olemasolu või puudumise mõõtmiseks.

Tabel 2. Kodeerimissüsteem (põhikoodid, definitsioonid ja indikaatorid)

Põhikood	Definitsioon	Indikaatorid
Kood 1: ainealane mõtestamine	Kuidas sõnastab õppekava loodusteaduste õppimist kui nähtuste selgitamist tõendite ja mudelite abil?	Nähtuste selgitamine, modelleerimine, tõendusmaterjalid, selgituste läbivaatamine
Kood 2: noorte agentsus/osalemine	Kuidas asetab õppekava õpilased otsustajate, koostööpartnerite ja vastutustundlike osalejate rolli uurimistöös?	Õpilaste suunamine otsuste tegemisele, vastutusele, koostööle, iseseisvusele, uurimistööl
Kood 3: relevantsus igapäevaeluga	Kuidas seob õppekava õppimise igapäevaste olukordade, kogukonna probleemide ja õpilaste elukeskkonnaga?	Igapäevaelu, keskkond, kogukonna probleemid, elukeskkond
Kood 4: võrdne juurdepääs osalemisele	Kuidas loob õppekava kaasavaid tingimusi osalemiseks?	Kaasatus, osalemise tingimused, diferentseeritud ülesanded, osalemise legitiimsus
Kood 5: õppimisprotsessi nähtavaks tegev hindamine	Kuidas toetab hindamisprotsess õppimisega seotud edusammude ja arutluskäigu nähtavaks muutmist?	Hindamiskriteeriumid, kujundav tagasiside, tulemuslikkus/oskused, edusammude nähtavus

Joonis 1 näitab, kuidas kolm analüütilist mõõdet suunavad uuringu kontseptuaalset fookust ja kuidas viis deduktiivset koodi rakendavad neid mõõtmeid dokumentide analüüsi käigus ning kuidas mitmest koodist sünteesitakse kolm tõlgenduslikku alajaotist. Igas alajaotises rakendatakse sihipärast väljavõtete valiku strateegiat: iga koodi jaoks valitakse iga riigi kohta 1–2 lühikest tekstikatket, mis a) nimetavad konstrukti selgesõnaliselt, b) peegeldavad dokumendis korduvat rõhuasetust ja c) võivad toimida ankurtsitaadina tõlgenduse põhjendamiseks.



Joonis 1. Analüütiline raamistik, mis seob mõõtmed, koodid ja tulemused.

Märkus. Joonise on koostanud autorid selle uurimuse jaoks.

Analüütiline ulatus ja piirangud

Tuleb tunnista, et sellel lähenemisviisil on mitmeid piiranguid. Esiteks põhineb analüüs õppekavadokumentidel, mitte klassiruumis tehtud vaatlustel või intervjuudel õpetajatega. Seetõttu ei saa see arvesse võtta õppekava rakendamise erinevusi koolide või piirkondade vahel. Teiseks tähendab keskendumine gümnaasiumiharidusele, et järeldused ei pruugi täielikult kajastada varasemaid arenguetappe. Kuigi valitud juhtumid pakuvad kasulikku võrdlusvõimalust, ei esinda need kogu maailma haridussüsteemide mitmekesisust loodusteaduste õpetamisel. Hoolimata nendest piirangutest pakub dokumentidel põhinev võrdlev analüüs väärtuslikku vaatenurka, millest lähtudes uurida, kuidas haridussüsteemid mõtestavad kaasatust ja agentsust olemasolevate õppekavade tasandil. Lisaks on oluline mõista, et neid riiklikke dokumente kasutatakse paljudes riikides sageli aruandluse mõõdupuuna, mille alusel hinnatakse õppekava rakendamise edukust ning mis tugineb mitmetele riiklikele hindamis- ja testimisprogrammidele. (Pinar, 2012; Penuel & Spillane, 2014; OECD, 2019)

Noorukiiga ja noorte kaasamine loodusteaduslikku tegevusse

Noorukiiga tähendab kõikidele haridussüsteemidele sarnast ealise arengu etappi, mille ajal sõltub õpilaste kaasamine loodusteaduste omandamisse eelkõige õppimisvõimaluste struktuurist. Gümnaasiumitasemel on loodusteaduste õppekaval oluline arengut mõjutav roll, mille tulemusena puutuvad noored kokku üha kasvavate intellektuaalsete nõudmistega perioodil, mil suurenevad nende enda ootused osalemisele, iseseisvusele ja tunnustusele (Eccles & Wigfield, 2002; Steinberg, 2014). Kolme vaatluse all oleva riikliku õppekava raames kujundatakse kaasatust erinevate meetodite abil, mille hulgas on relevantus igapäevaeluga, noorte agentsus ja osalemine, võrdne juurdepääs osalemisele, aine mõtestamine ja õppimisprotsessi nähtavaks tegev hindamine.

Colombia õppekava põhjal saavutatakse noorte kaasamine õppimise seostamisel igapäevaeluga ja kollektiivsete eesmärkide täitmise kaudu. Dokumendis „Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales“ kirjeldatakse loodusteaduste õppimist kui *educación para la vida* (eluõpe), rõhutades, et „õpilased peaksid kasutama loodusteaduslikke teadmisi tervise, keskkonna ja sotsiaalse heaoluga seotud olukordade tõlgendamiseks ja mõjutamiseks“ (MEN, 1998). Sellise suuna kohaselt tähendab kaasatus eelkõige õpilaste osalemist igapäevaeluga seotud ühiskondlike probleemide lahendamises. Aine mõtestamist rakendatakse kontekstipõhise uurimusliku tegevuse kaudu, kuna õpilastelt oodatakse, et nad selgitaksid nähtusi enda ümber, näiteks keskkonna kvaliteedi või rahvatervisega seotud olukorda. Kuigi selline lähenemine legitimeerib õpilaste kogemused tähenduslike lähtekohtadena loodusteaduste õppimisel, on noorte agentsust ja osalemist ning õppimisprotsessi nähtavaks tegev hindamine sõnasutatud üldsõnaliselt, jättes otsused osalemise, tagasiside ja edusammude jälgimise kohta suures osas kohaliku tõlgenduse hooleks.

Ameerika Ühendriikides väljendub noorte kaasatus kõige selgemalt loodusteaduslikesse praktikatesse integreeritud õppeainete mõtestamise ning noorte agentsuse ja osalemise kaudu. Loodusteaduste õppekavas (*Framework for K–12 Science Education*) rõhutatakse, et õpilased peaksid aktiivselt osalema „küsimuste esitamises ja probleemide kirjeldamises, mudelite väljatöötamises ja kasutamises, selgituste koostamises ja lahenduste loomises“ (National Research Council [NRC], 2012). Nende ootuste taustal nähakse noori aktiivsete mõtestajatena, kelle kaasatus väljendub püsiva osalemise kaudu teadustöös. Noorte agentsust ja osalemist rakendatakse uurimusliku tegevuse ja argumenteerimise kaudu, kus tulemuslikkusele seatud ootused näitavad, kuidas peaksid õpilased loodusteaduslikke teadmisi rakendama. Õppeprotsessi nähtavaks tegevat hindamist tõstetakse esile sellega, et rõhutatakse tõenduspõhise arutelu vajalikkust

ja näidatakse aja jooksul tehtud edusamme. Seostatus igapäevaeluga väljendub peamiselt nähtusi selgitava õpetamise kaudu, mis pakub ühiseid lähtepunkte osalemiseks, samas kui võrdne juurdepääs osalemisele tagatakse peamiselt ühise juurdepääsuga õppeainele omastele praktikatele, mitte diferentseeritud osalemissstruktuuride kaudu.

Eesti riikliku õppekava loodusainete osa käsitleb noorte kaasatust autonoomsuse ja eneseregulatsiooni kaudu, mis on tihedalt seotud õppeaine mõtestamisega. Õppekava, mis põhineb tugeval rõhuasetusel loodusteaduslikule pädevusele, käsitleb loodusteaduste õppimist vahendina, mis toetab intellektuaalset iseseisvust ja elukestvat õpet (Holbrook & Rannikmäe, 2009; Kori, 2022). Noortelt oodatakse üha suurema vastutuse võtmist oma õppimise kavandamise, jälgimise ja hindamise eest. Õppekavas rõhutatakse, et õpilased peaksid „iseseisvalt kavandama uurimusi, analüüsima nende tulemusi ja hindama järeldusi“ (Eesti Vabariigi Haridus- ja Teadusministeerium, 2014), käsitledes kaasatust kui võimalust võtta isiklik vastutus oma teadmiste kujundamise eest. Hindamismeetodina seatakse esikohale õppeprotsesside refleksioon ja hindamine, mis toetab arutluskäigu nähtavaks tegemist ajas. Igapäevaeluga seostamine väljendub laiemate ühiskondlike teemade käsitlemises, nagu kehtlikkus ja loodusteaduslik kirjaoskus, samas kui võrdne juurdepääs tagatakse osalemise kaudu ühiste õpieesmärkide saavutamisel.

Kõigis kolmes riigis kujundatakse noorte kaasatust sarnaste mehhanismide kaudu, mille rõhuasetused on erinevad. Colombia keskendub seostatusele igapäevaeluga ja sotsiaalsele eesmärgistatusele, Ameerika Ühendriigid rõhutavad õppeainest lähtuvat osalemist ja nähtavat tulemuslikkust (ainealane mõtestatus, noorte agentsus ja osalemine, õppimisprotsessi nähtavaks tegev hindamine) ning Eesti seab kaasatuse eeltingimuseks esikohale autonoomsuse ja eneseregulatsiooni (noorte agentsus ja osalemine, ainealane mõtestamine). Hoolimata neist erinevustest tunnistatakse kõigis kolmes õppekavas, et kaasatus sõltub õpikeskkonnast, mis asetab noored võimekate osalejatena mõtestamisprotsessi.

Sellised sarnasused õppekavades viitavad sellele, et kaasamine ei ole õppekavades ettenähtud eraldiseisev tegevus, vaid igapäevaeluga seostamise, osalemist võimaldavate struktuuride ja võrdse juurdepääsu tagamise ning ainealast tegutsemist võimaldava koordineeritud tegevuse tulemus. Kõikides vaadeldud riikides käsitletakse loodusteaduslikku haridust ühiskonna tuleviku alustalana, mis toetab teadlikku otsuste tegemist, kodanikuaktiivsust ja elukestvat õpet. Põimides kaasatuse tähendusliku tegevuse ja eluliste olukordadega, kujundavad riiklikud õppekavad noorukiiga perioodina, mil ei õpita üksnes loodusteaduslikke õppeaineid, vaid ka seda, kuidas kohalikes oludes oma teadmisi kasutada.

Ainepõhine õpe, noorte agentsus ja karjäärivalikud

Riikide kontekstis väljendavad loodusteaduste õppekavad selgeid seoseid ainepõhise õppe ja tulevase elukäigu vahel, peegeldades erinevaid haridustraditsioone ja ühiskondlikke ootusi. Ameerika Ühendriikides on keskharidusastme loodusteaduste õppekavad tihedalt seotud kõrghariduseks valmistamisega edasijõudnute kursuste ja kvalifikatsioonisüsteemide kaudu, nagu Advanced Placement ja muud ülikooliks ette valmistavad kursused. Ameerika Ühendriikide järgmise põlvkonna loodusteaduste õpistandardite (Next Generation Science Standards, NGSS) raamistikus peetakse oluliseks ainele omaste tavade tundmist ja soorituste taset, mis vastaks akadeemilistele edusammudele loodusteaduse ja inseneeria valdkonnas, seades esikohale ainealase mõtestamise oskuse, mis valmistab noori ette osalema teaduse ja tehnikaga seotud valdkondades (National Research Council [NRC], 2012). K–12 loodusteaduste hariduse raamistik sätestab, et „õpilased peaksid olema valmis osalema avalikus arutelus loodusteadustega seotud küsimustes ja rakendama loodusteaduslikke teadmisi isiklike ja ühiskondlike otsuste tegemisel“ (NRC, 2012), määratledes noorte agentsust ja osalemist kui võimet kasutada tõendeid, mudeleid ja selgitusi vastavalt kontekstile.

Samas mõjutavad Ameerika Ühendriikides endiselt pühendumuse ja ambitsioonide vahelist suhet erinevaid võimalusi pakkuvad struktuurid, mis jäävad õppekava dokumentidest väljapoole. Uuringud näitavad, et juurdepääs edasijõudnute tasemel loodusteaduste kursustele ei ole kõigile võrdselt tagatud ning sageli sõltub see õpilaste sotsiaalmajanduslikust staatusest ja kooli ressurssidest (Banilower *et al.*, 2018). Kuigi kehtiv õppekava näeb ette tulevikku suunatud osalemist aine omandamisel selle mõtestamise ning agentsuse ja osalemise kaudu, sõltub see, kas kaasamine aitab noortel jõuda soovitud karjäärini, suures osas kohalikest tingimustest. Hariduspoliitika näeb küll ette õppimisprotsessi nähtavaks tegevat hindamissüsteemi, mis muudab teadusliku arutelu ajapikku nähtavaks, kuid selle mõju karjääri kujunemisele sõltub erinevast juurdepääsust õppevahenditele ja -ressurssidele.

Eestis on ainepõhist õpet määratletud selgesõnaliselt kui ettevalmistust elukestvaks õppeks ja teadlikuks osalemiseks teadmuspõhises ühiskonnas. Riiklikud õppekavad rõhutavad loodusteaduslikku pädevust, iseseisvat õppimist ja teadusliku arutlemise ülekantavust eri valdkondadesse (Holbrook & Rannikmäe, 2009; Kori, 2022). Gümnaasiumi õppekavas on täpsustatud, et loodusteaduslik haridus peaks võimaldama õpilastel „rakendada teaduslikke meetodeid probleemide lahendamisel tundmatutes olukordades ning hinnata kriitiliselt teavet, millega nad igapäevaelus ja ühiskonnas kokku puutuvad“

(Haridus- ja Teadusministeerium, 2014). Sellised seisukohad viitavad ainealasele mõtestamisele kui võimele, mis toetab paindlikke karjäärivõimalusi.

Noorte agentsusele ja osalemisele on Eesti õppekavas viidatud autonoomsuse ja vastutuse kaudu õppeprotsessis. Õpilastelt oodatakse uurimistegevuse kavandamist, tulemuste analüüsimist ja oma õppeprotsessi hindamist (Haridus- ja Teadusministeerium, 2014), käsitledes agentsust kui püsivat intellektuaalset omanikutunnet, mis kujuneb aja jooksul. Õppimisprotsessi nähtavaks tegev hindamine rõhutab õppeprotsesside reflekteerimise ja hindamise tähtsust, tugevdades õpilaste võimet jälgida oma edusamme ja rakendada teaduslikku arutlemist tulevastes akadeemilistes, kodanikuühiskonna ja kutsealastes olukordades.

Colombia õppekava kajastab teistsugust suhet loodusteaduste õppimise ja tulevikuvahelike vahel, põhinedes sotsiaalsel osalusel ja kollektiivsel heaolul. Riiklike suuniste kohaselt on loodusteaduslik haridus alustala, mis aitab mõista keskkonna ja tervishoiuga seotud ning sotsiaalseid probleeme, mis mõjutavad õpilaste elu (MEN, 1998). Õppekava juhistes rõhutatakse, et loodusteaduslik haridus peaks võimaldama õpilastel „mõista end ümbritsevat tegelikkust ja osaleda vastutustundlikult selle muutmises“ (MEN, 1998), käsitledes õppeaine mõtestamist kui abivahendit kohalike nähtuste tõlgendamiseks ja teadliku tegutsemise toetamiseks.

Noorte agentsus ja osalemine on Colombia õppekavas suunatud kogukonna reageerimisvõimele ja sotsiaalsele vastutusele. Õpilasi julgustatakse „kasutama loodusteaduslikke teadmisi tervise, keskkonna ja elukvaliteediga seotud probleemide lahendamiseks“ (MEN, 1998), sidudes loodusteadustega tegelemise ja osalemise sotsiaalselt oluliste otsuste tegemises. Kuigi õppimisprotsessi nähtavaks tegev hindamine on sõnastatud vähem selgesõnaliselt, suurendab ainepõhine õpe noorte võimet tulla toime igapäevaste probleemidega ja panustada ühisesse tulevikku, isegi kui teaduskarjäär ei ole nende kindel eesmärk.

Kõigile kolmele süsteemile on omane ühine põhimõte: kaasatus on karjääripüüdlustest olulisem. Õppekavad, mis näevad ette nii õppeainete mõtestamist tegevuse kaudu, noorte agentsust ja osalemist kui ka õppimisprotsessi nähtavaks tegevust hindamist, hoiavad noorte jaoks avatuna mitmeid tulevikuväljavaateid, sealhulgas STEM-karjääri ning sellised karjäärivaldkonnad nagu poliitika, haridus, keskkonnajuhtimine ja tervishoid. See näitab, kui oluline on õppekavade kujundamine viisil, mis seab osalemise ja mõtestamise noorukieas esikohale. Kõigis kolmes õppekavas tõdetakse, et püsiv kaasamine agentsust toetavate õppeainega seotud kogemuste kaudu on mitmekesiste ja mõtestatud karjäärivalikute jaoks ülimalt oluline.

Kultuurilised ressursid ja õppekava koostamine

Kultuurilised ressursid mängivad olulist rolli, et kujundada noorte suhtumist loodusteaduste õppimisse, eriti kui õppekava eesmärk on toetada seostatust elukogemusega, võrdset juurdepääsu osalemisele ja püsivat agentsust. Kultuuriliste ressursside all peetakse silmas igapäevaseid kogemusi, keelelist repertuaari ehk kõneleja käsutuses olevate keeleliste vahendite kogumit, kogukonna tavasid, suhestumist keskkonnaga ja sotsiaalseid probleeme, mida õpilased klassiruumi endaga kaasa toovad. Kultuuriliselt asjakohast, tundlikku ja jätkusuutlikku pedagoogikat käsitlevad uuringud rõhutavad, et need ressursid ei paku alternatiivi aineteadmisele, vaid toimivad vahendajatena, mis tagavad juurdepääsu õppeaine mõtestamisele tegevuse kaudu ning toetavad noorte agentsust ja osalemist (Ladson-Billings, 1995; Paris, 2012; Gay, 2023; Mathis & Southerland, 2022). Õppekava kujundamise seisukohast peegeldab kultuuriliste ressursside kaasamine teadlikke valikuid selle kohta, kelle kogemusi tunnustatakse, kuidas õppimine algatatakse ja kuidas õpilasi loodusteadusliku uurimistöö õigustatud osalistena positsioneeritakse.

Õppekavad, mis asetavad õpilaste elukogemused uurimistööks sobiva lähtepunkti positsioonile, loovad noortele akadeemilise tegutsemise tingimused, ilma et nad peaksid eemalduma oma kultuurilisest identiteedist. Uuringud näitavad järjekindlalt, et kui õppekavad legitimeerivad igapäevaseid olukordi, näiteks kohalikke keskkonnatingimusi, kogukondlikke tervishoiuprobleeme või tuttavaid tehnoloogiaid, on õpilased tõenäolisemalt valmis enesekindlamalt osalema ja õppeainele omaste praktikatega püsivamalt tegelema (Nasir *et al.*, 2006; Ladson-Billings, 1995; Gay, 2023). Projektõppekeskkonnad sobivad selle protsessi jaoks eriti hästi, sest võimaldavad õpilastel struktureeritud uurimistöö raames kasutada tuttavaid mõtlemisviise, mis toetab agentsust ja tunnustamist tähendusrikka osalemise kaudu (Krajcik *et al.*, 2023; Schneider *et al.*, 2020; Valbuena Rojas & Krajcik, 2025).

Colombias toimivad kultuurilised ressursid õppimist toetavate selgete kontekstipõhiste pidepunktidenä. Õppekava suunistes rõhutatakse loodusteaduste õpetamise tähtsust kui vahendit, mille abil mõista õpilaste kogukondades levinud keskkonna-, tervishoiu- ja sotsiaalküsimusi ja neile reageerida (MEN, 1998). See suund toetab tugevalt õppimise seostatust igapäevaeluga, sidudes ainepõhise õppe noorte igapäevaelu ja kogukondlikest kohustustest tulenevate oluliste teemadega. Keskkonnaaatlused, kogukonna tavad ja kohalikud probleemid on pidevaks uurimisallikaks, andes õpilastele võimaluse seostada teaduslike selgitusi tuttavate olukordadega. Kuigi selline lähenemine toetab võrdset juurdepääsu osalemisele, legitimeerides õpilaste kogemusi, jäävad seosed nende kontekstide, tegevuse kaudu õppeaine mõtestamise ja hindamisstruktuuride

vahel ebamääraseks, pannes suurema vastutuse õpetajatele, kes peavad agentsust toetavaid õppetegevusi vahendama (Gay, 2023).

Ameerika Ühendriikides integreeritakse kultuurilisi ressursse peamiselt nähtusi käsitleva õpetamise kaudu, mis toimib ühise kogemusliku sissejuhatusega õppeaine mõtestamisse. Järgmise põlvkonna loodusteaduste õpistandardite (Next Generation Science Standards, NGSS) raamistikus rõhutatakse vajadust siduda õppimine igapäevaste kogemuste ja vaadeldavate nähtustega, luues ühiseid pidepunkte, mis meelitavad osalema erinevate huvidega õpilasi (National Research Council, 2012). Selline lähenemine toetab seostamist elukogemusega, vähendades sõltuvust varasemast akadeemilisest kogemusest ja julgustades õpilasi selgitama sündmusi, mida nad saavad vaadelda või kogeda. Võrdset juurdepääsu osalemisele käsitletakse ühise juurdepääsuna tavadele ja nähtustele, kuigi juhised õpetamise sidumiseks õpilaste konkreetse kultuurilise või kogukondliku kontekstiga ei ole süsteemselt sõnastatud. Selle tulemusena aktiveeritakse kultuurilisi ressursse sageli õpetaja otsuste kaudu, mitte õppekava struktuuris ettenähtud järjestuses (Paris, 2012; Gay, 2023).

Eestis kasutatakse kultuurilisi ressursse ühiste ühiskondlike teemade kaudu, nagu kestlikkus, keskkonnavastutus ja innovatsioon. Loodusteaduslik haridus on kujundatud teadliku kodanikuaktiivsuse ja ühiskonna pikaajalise arengu keskse tegurina, nähes noori tulevaste panustajatena ühisesse heaolusse (Holbrook & Rannikmäe, 2009; Kori, 2022). Selline suund toetab seostamist igapäevaeluga riiklikul tasandil, sidudes õppimise üldiste väärtustega, samas kui uurimuslik ja isereguleerivad õppestruktuurid toetavad noorte agentsust ja osalemist ning juurdepääsu õppeaine mõtestamisele. Võrdne juurdepääs osalemisele tagatakse sidususe ja ühistes õpieesmärkides osalemisega, ent seostamine õpilaste vahetute, kohalike kogemustega jääb sageli ebamääraseks või sõltub õppetöö ülesehitusest.

Üldiselt kasutatakse kultuurilisi ressursse noorte agentsuse vahendajana, mis mõjutab viise, kuidas õpilased loodusteadusliku mõtestamisega tutvuvad, selles osalevad ja seda edaspidi jätkavad. Kui õppekavades tunnustatakse õpilaste kogemusi uurimistöö õigustatud alusena, laiendab see osalemisvõimalusi (Nasir *et al.*, 2006; Schneider *et al.*, 2020; Mathis *et al.*, 2023; Valbuena Rojas & Krajcik, 2025). Kuigi kontekstiga arvestatakse Colombias, Ameerika Ühendriikides ja Eestis erineval viisil, on kultuuriliste ressursside peamine funktsioon kõigis ühine: rajada loodusteaduste õppimine elukogemusele, toetades samal ajal võrdset juurdepääsu osalemisele, agentsust ja püsivat kaasatust noorukieas ning kogukondades.

Arutelu ja järeldused

Artikkel toetab väidet, et loodusteaduste õppekava toimib noorte agentsust võimendava struktuurina, kujundades seda, kuidas ärgitatakse õpilasi osalema ainepõhises mõtestamises, seostatakse õpitav nende elukogemusega ja säilitatakse nende kaasatus. Colombia, Eesti ja Ameerika Ühendriikide riiklike õppekavade rõhuasetused ja struktuurid erinevad üksteisest, kuid noorte arengu suhtes on kõik ühisel seisukohal: noorte kaasatus on tõenäolisem siis, kui õpikeskkond toetab nende iseseisvust, pädevust, kuuluvust ja eesmärgistatud tegevust (Eccles & Wigfield, 2002; Steinberg, 2014). Selle võrdluse eesmärk ei ole välja selgitada parimat õppekavamudelit, vaid tuua esile põhimõtted, mis avavad loodusteadusliku arutlemise võimalused erineva tausta ja tulevikuväljavaadetega õppijatele (Maltese & Tai, 2011; Sadler *et al.*, 2012; Mathis *et al.*, 2023).

Uuringu peamine järeldus on see, et noorte agentsust tuleks mõista pigem kui õppekava tulemust, mitte kui õpilaste individuaalset omadust, mis neil kas on või puudub. Õppekava juhised mängivad nende tingimuste kujundamisel otsustavat rolli, täpsustades uurimusliku tegevusega seotud ootusi, määratledes õpilaste rolli teadmiste loomisel ning legitimeerides õpilaste küsimusi ja kogemusi õppeainega seotud töö lähtepunktidenä (Nasir *et al.*, 2006). Kui sellised tingimused jäävad ebamääraseks, sõltub agentsus pigem õpetaja tõlgendusest ja võimekusest, mis omakorda suurendab erinevusi õpilaste juurdepääsu-võimalustes mõtestatud osalemisele.

Kõigi kolme süsteemi puhul võib täheldada, et noorte kaasatuse säilitamiseks on vaja ainepõhine õpe integreerida osalemist toetavate struktuuridega, mitte rõhutada üksnes edasimineku sisu omandamisel. Ameerika Ühendriikides seab kolmemõõtmeline õppimine loodusteaduste õppimise keskmesse sellised praktikad nagu modelleerimine, selgitamine ja argumenteerimine, muutes osalemise nähtavaks ja oodatavaks (National Research Council, 2012). Eesti rõhuasetus uurimuslikule ja isereguleeritud õppimisele eeldab noortelt samuti üha enam vastutamist oma õppimise planeerimise ja hindamise eest, viies kaasatuse kooskõlla autonoomsuse ja intellektuaalse omanikutundega (Holbrook & Rannikmäe, 2009; Kori, 2022). Colombia *educación para la vida* raamistik seob kaasatuse tähenduslikkuse ja kogukondliku vastutusega, rõhutades loodusteaduste õppimise eesmärgistatust ja sotsiaalset tähendust (MEN, 1998). Kokkuvõttes viitavad need lähenemisviisid sellele, et ainepõhistes aruteludes osalemist toetatavad õppekavad, mis ei keskendu ainult sisu käsitlemisele, säilitavad noorte kaasatuse pika aja jooksul tõenäoliselt paremini.

Analüüs kinnitab ka seda, et praktiline ja projektõpe on kõige tõhusamad siis, kui need toimivad ainepõhise mõtestamise vormis. Kaasatus püsib, kui

õpikogemused toetavad pikemaajalist uurimistööd, tõenditel põhinevat mõtlemist ja ideede pidevat kriitilist ülevaatamist (Blumenfeld *et al.*, 1991; Krajcik & Blumenfeld, 2006). Sellised strateegiad võimaldavad noortel kogeda edusamme ja pädevust tähendusliku töö kaudu, mis toetab nii kaasatust kui ka agentsust (Schneider *et al.*, 2020).

Veel üks järeldus puudutab seda, kuidas loodusteaduste õppekavad noori seoses tulevaste karjäärivõimalustega positsioneerivad. Loodusteadusliku hariduse käsitlemine eelkõige ettevalmistusena karjääriks võib kitsendada osalust ja vähendada tähenduslikkust nende õpilaste jaoks, kes ei kavatsenud loodusteaduste valdkonnas karjääri teha. Õppekavad, mis on suunatud loodusteadusliku pädevuse arendamisele ja mõtestatud osalusele, käsitlevad loodusteadusi lisaks kutseteadmiste andmisele ka kui ressursi kodanikuaktiivsuse arendamiseks, kogukonna probleemide lahendamiseks ja elukestvaks õppeks (Feinstein *et al.*, 2013; OECD, 2018). See vaatenurk on kooskõlas uurimistulemustega, mis näitavad, et püsiv kaasatus on eelduseks loodusteadustega seotud õppetegevuses pikaajaliselt osaleda (Maltese & Tai, 2011; Sadler *et al.*, 2012; Calabrese Barton *et al.*, 2013; Mathis *et al.*, 2023).

Õpetajatel on keskne vahendav roll õppekava eesmärkide elluviimisel klassiruumis. Isegi kui õppekavas on sõnastatud agentsust toetavad eesmärgid, sõltuvad õpilaste osalemisvõimalused sellest, kuidas õpetajad uurimuslikku tegevust struktureerivad, arutlemist toetavad ja tagasisidet annavad (Krajcik & Blumenfeld, 2006; Reeve, 2012). See vahendav roll on eriti oluline noorukieas, mil tunnustus ja kuuluvustunne mõjutavad tugevalt kaasatust ja püsivust (Archer *et al.*, 2012; Carlone & Johnson, 2007). Õppekavaga kaasnevad materjalid, mis on õpetajaid toetava iseloomuga ehk pakuvad juhiseid uurimusliku tegevuse hõlbustamiseks, koostööks ja hindamiseks, võivad vähendada toetumist isiklikule improvisatsioonile ja tagada võrdsemad osalemisvõimalused (Gay, 2023; Ladson-Billings, 1995).

Hindamine on täiendav mõjutusvahend õppekava, agentsuse ja kaasatuse ühtlustamiseks. Tulemuspõhine hindamine ja kujundav tagasiside võivad muuta aine teemadel arutlemise nähtavaks ja toetada pidevat enesetäiendamist, tugevdades agentsust ja tuues esile pideva arengu, mitte üksnes korrektsuse (Pellegrino, 2015). Projektõppe kontekstis on sellised hindamispraktikad eriti olulised, kuna sageli õpitakse pikema aja jooksul ideede kriitilise läbivaatamise ja reflektiooni kaudu (He *et al.*, 2023; Krajcik & Blumenfeld, 2006). Hindamise eesmärkide selgitamine aitab tagada, et kaasatust käsitletakse õppimise nähtava dimensioonina, mitte teisejärgulise tulemusena (Schneider *et al.*, 2020).

Uuringus kasutatud dokumentidel põhinev lähenemisviis toob esile nii kavandatud õppekavade analüüsimise väärtuse kui ka sellega kaasnevad piirangud. Poliitikadokumendid annavad märku prioriteetidest ja võimalustest,

kuid ei näita, kuidas õppekavasid klassiruumides tegelikult rakendatakse, ega seda, kuidas noored tegelikult oma agentsust ja kaasatust tajuvad. Tulevased uuringud võiksid seda tööd laiendada kehtivate õppekavade võrdlevate uuringute, klassiruumide vaatluste ja õpilaste vaatenurkade analüüsi kaudu. Pikaajalised uuringud võiksid täiendavalt uurida, kuidas on noorukieas saadud agentsust toetavad kogemused seotud hilisema kodanikuaktiivsuse, teadusega seotud otsuste tegemise ja mitmekesiste elukäikudega, käsitledes loodusteaduslikku haridust pigem eluks vajalike oskuste kui kitsa haridustee raamistikuna (Feinstein *et al.*, 2013; OECD, 2018; Morales-Doyle, 2018).

Kokkuvõte

Artiklis uuritakse, kuidas Colombia, Eesti ja Ameerika Ühendriikide riiklikud loodusteaduste õppekavad käsitlevad ainepõhist õpet, mis toetab noorte agentsust ja kaasatust noorukieas. Tuginedes ideele, et õppekava on ühiskondlik ja poliitiline dokument, käsitleb analüüs loodusteaduste õppekava kui võimaluste struktuuri ehk kavandatud tingimuste kogumit, mis võib laiendada või piirata noorte osalemist, tunnustamist ja juurdepääsu loodusteaduste mõtestamisele (Apple, 1996; Pinar, 2012). Eri riikides ei ole keskne küsimus mitte see, kas noored suudavad omandada keerulisi loodusteaduslikke teadmisi, vaid see, kas nad kogevad loodusteaduste õppimist tähendusliku osalemisena ja millised tingimused sellist osalemist soodustavad (Osborne *et al.*, 2003; Archer *et al.*, 2012).

Loodusteaduste õppekava sisu on oluline mitte ainult seetõttu, et selles pannakse paika, mida õpilased õpivad, vaid ka seetõttu, et selle kaudu otsustatakse, kuidas nad ennast õppijate ja teaduslikus mõtestamises osalejatena ka väljaspool teaduskarjääri tunnevad. Keskendudes noorukiea universaalsetele arenguprotsessidele ja arvestades erinevate kontekstist lähtuvate õppekavastrateegiatega, annab siinne artikkel panuse rahvusvahelistesse õppekavasid käsitlevatesse aruteludesse, mille keskmes on sellise loodusteadusliku hariduse kavandamine, mis on nõudlik, tähenduslik ja laialdaselt kättesaadav. Tulevased uuringud, mis seovad tulevased õppekavad tegeliku praktika ning õpilaste pikaajaliste karjäärivalikutega, võivad veelgi selgemini näidata, kuidas loodusteaduste hariduses selliseid võimalusi pakkuvaid struktuure kujundatakse, säilitatakse ja muudetakse.

Kasutatud kirjandus

- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.
- Apple, M. W. (1996). *Cultural politics and education* (Vol. 5). Teachers College Press.
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2012). Science aspirations, capital, and family habitus: How families shape children's engagement and identification with science. *American Educational Research Journal*, 49(5), 881–908. <https://doi.org/10.3102/0002831211433290>
- Avraamidou, L. (2019). Stories we live, identities we build: How are elementary teachers' science identities shaped by their lived experiences? *Cultural Studies of Science Education*, 14(1), 33–59. <https://doi.org/10.1007/s11422-017-9855-8>
- Bang, M., & Medin, D. (2010). Cultural processes in science education: Supporting the navigation of multiple epistemologies. *Science Education*, 94(6), 1008–1026. <https://doi.org/10.1002/sce.20392>
- Banilower, E. R., Smith, P. S., Malzahn, K. A., Plumley, C. L., Gordon, E. M., & Hayes, M. L. (2018). Report of the 2018 NSSME+. *Horizon Research, Inc.*
- Bartlett, L., & Vavrus, F. (2016). *Rethinking case study research: A comparative approach*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315674889>
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- Carlone, H. B., & Johnson, A. (2007). Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44(8), 1187–1218. <https://doi.org/10.1002/tea.20237>
- Colombia. Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Ciencias naturales y educación ambiental: lineamientos curriculares: áreas obligatorias y fundamentales*. Magisterio.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 109–132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Estonian Ministry of Education and Research. (2014). *National curriculum for upper secondary schools: Appendix 4: Subject field – Natural science*.
- Feinstein, N. W., Allen, S., & Jenkins, E. (2013). Outside the pipeline: Reimagining science education for nonscientists. *Science*, 340(6130), 314–317. <https://doi.org/10.1126/science.1230855>
- Gay, G. (2023). *Educating for equity and excellence: Enacting culturally responsive teaching*. Teachers College Press.

- Gutiérrez, K. D., & Calabrese Barton, A. (2015). The possibilities and limits of the structure–agency dialectic in advancing science for all. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(4), 574–583. <https://doi.org/10.1002/tea.21229>
- He, P., Krajcik, J., & Schneider, B. (2023). Transforming standards into classrooms for knowledge-in-use: An effective and coherent project-based learning system. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 5(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00088-z>
- Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 275–288.
- Holland, D. (2001). *Identity and agency in cultural worlds*. Harvard University Press.
- Kori, K. (2022). Science Education in Estonia. In *Science Education in Countries Along the Belt & Road: Future Insights and New Requirements* (pp. 385–398). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6955-2_23
- Krajcik, J., & Blumenfeld, P. (2006). Project-Based Learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*, (pp. 317–333). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020>
- Krajcik, J., Schneider, B., Miller, E. A., Chen, I. C., Bradford, L., Baker, Q., Bartz, K., Miller, C., Li, T., Codere, S., & Peek-Brown, D. (2023). Assessing the effect of project-based learning on science learning in elementary schools. *American Educational Research Journal*, 60(1), 70–102. <https://doi.org/10.3102/00028312221129247>
- Ladson-Billings, G. (1995). But that’s just good teaching! The case for culturally relevant pedagogy. *Theory Into Practice*, 34(3), 159–165. <https://doi.org/10.1080/00405849509543675>
- Lee, O., & Buxton, C. A. (2013). Integrating science and English proficiency for English language learners. *Theory Into Practice*, 52(1), 36–42. <https://doi.org/10.1080/07351690.2013.743772>
- Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among US students. *Science Education*, 95(5), 877–907. <https://doi.org/10.1002/sce.20441>
- Mathis, C., & Southerland, S. (2022). Our shifting understandings of culturally relevant pedagogy in physics. *The Physics Teacher*, 60(4), 260–265. <https://doi.org/10.1119/5.0027583>
- Mathis, C., Southerland, S. A., & Burgess, T. (2023). Physics teachers’ dispositions related to culturally relevant pedagogy. *International Journal of Science Education*, 45(14), 1162–1181. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2190850>
- Morales-Doyle, D. (2018). Students as curriculum critics: Standpoints with respect to relevance, goals, and science. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), 749–773. <https://doi.org/10.1002/tea.21438>

- Nasir, N. S., Rosebery, A. S., Warren, B., & Lee, C. D. (2006). Learning as a Cultural Process: Achieving Equity Through Diversity. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*, (pp. 489–504). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.030>
- National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- OECD. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Paris, D. (2012). Culturally sustaining pedagogy: A needed change in stance, terminology, and practice. *Educational Researcher*, 41(3), 93–97. <https://doi.org/10.3102/0013189X12441244>
- Pellegrino, J. W. (2015). *Measuring what matters: Challenges and opportunities in assessing science proficiency*.
- Penuel, W. R., & Spillane, J. P. (2014). Learning sciences and policy design and implementation: Key concepts and tools for collaborative engagement. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*, (pp. 649–667). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.039>
- Pinar, W. F. (2012). *What is curriculum theory?* Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203836033>
- Reeve, J. (2012). A self-determination theory perspective on student engagement. In *Handbook of research on student engagement* (pp. 149–172). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_7
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., & Tai, R. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. *Science Education*, 96(3), 411–427. <https://doi.org/10.1002/sce.21007>
- Schneider, B., Chen, I. C., Bradford, L., & Bartz, K. (2022). Intervention initiatives to raise young people’s interest and participation in STEM. *Frontiers in Psychology*, 13, 960327. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.960327>
- Schneider, B., Krajcik, J., Lavonen, J., & Salmela-Aro, K. (2020). *Learning science: The value of crafting engagement in science environments*. Yale University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvwcjfk1>
- Schneider, B., Krajcik, J., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., Broda, M., Spicer, J., ... & Viljaranta, J. (2016). Investigating optimal learning moments in US and Finnish science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), 400–421. <https://doi.org/10.1002/tea.21306>

- Schneider, B., Krajcik, J., Lavonen, J., Salmela-Aro, K., Klager, C., Bradford, L., ... & Bartz, K. (2022). Improving science achievement – Is it possible? Evaluating the efficacy of a high school chemistry and physics project-based learning intervention. *Educational Researcher*, 51(2), 109–121. <https://doi.org/10.3102/0013189X211067742>
- Steinberg, L. D. (2014). *Age of opportunity: Lessons from the new science of adolescence*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Valbuena Rojas, A., & Krajcik, J. (2025). Diseño curricular en química de secundaria: integración del enfoque culturalmente responsivo y el aprendizaje basado en proyectos. In *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025: Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática* (pp. 713–716). Universidad de Valencia.
- Xiao, D., & Schneider, B. (2025). *Doing science: An experience sampling study of hands-on activities and student well-being* [Working paper].