

Digitehnoloogiate Instituut

Taavi Luur, Egon Ubina, Harle Hiiemäe, Monika Lüdigi, Vladislav Tsaregorodtsev, Hannes Väster, Mattias Mesilane, Valeria Juskova, Anastasia Lesik, Merle Oagu, Eerik Poopuu, Kätlin Kaldmets, Kristel Kolkanen, Arina Kutuzova, Karl Erik Krepp, Isabella Pepsen, Anastasia Romanova

**3D printimise ja nutivahendite kasutamine õppevahendite loomiseks  
loodusainetes**

Projekti portfoolio

Juhendajad: Kalle Kivi

Jaagup Kippar

Tanel Toova

Tallinn 2024

## **SISUKORD**

1. PROJEKTI ARUANNE	3
1.1 Projekti lähteülesanne, eesmärgi kirjeldus	3
1.2 Probleemi olulisus, kirjeldus ja meetodite valik	7
1.3 Tegevuste kirjeldus ja sidusgruppide ni jõudmine	10
1.4 Projekti jätkusuutlikkus	13
1.5 Tulemuste kokkuvõte ja lisad	15
2. PROJEKTI TEGEVUSKAVA	23
3. KOMMUNIKATSIOON SIDUSRÜHMADELE	25
Kasutatud kirjandus	27

# 1. PROJEKTI ARUANNE

ELU projektis “3D printimise ja nutivahendite kasutamine õppevahendite loomiseks loodusainetes” osales kokku 3 rühma (18 tudengit) erinevatelt erialadelt. Järgnevalt on loetletud kõik liikmed, esimesena grupijuhid.

1. grupp: Taavi Luur, Egon Ubina, Harle Hiimäe, Monika Lüdig, Vladislav Tsaregorodtsev

- a. Dokumentatsioon:

[https://docs.google.com/document/d/1o\\_fSz\\_hEeIhS1rqE4QpBve-GNJoDIXEb/edit?usp=sharing&ouid=115215862034789203784&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1o_fSz_hEeIhS1rqE4QpBve-GNJoDIXEb/edit?usp=sharing&ouid=115215862034789203784&rtpof=true&sd=true)

2. grupp: Isabella Pepsen, Kätlin Kaldmets, Kristel Kolkanen, Arina Kutuzova, Karl Erik Krepp, Anastasia Romanova

- a. Dokumentatsioon:

<https://docs.google.com/document/d/1ywzsFewj2EGdvfMAfGTKWu5mpETgJ8rzvfe2II0Fs3o/edit?usp=sharing>

3. grupp: Eerik Poopuu, Hannes Väster, Mattias Mesilane, Valeria Juskova, Anastasia Lesik, Merle Oagu,

- a. Dokumentatsioon:

<https://drive.google.com/drive/u/2/folders/1cPTEg0suZkIKECbMYugffgF3XQLvc90U>

**Portfoolio sisaldab kõigi kolme grupi töö tulemusi vastavalt järjekorrale.**

## 1.1 Projekti lähteülesanne, eesmärgi kirjeldus

Projekti eesmärk ja taust Keskendutakse 3D printimise ja nutivahendite rakendamisele loodusainete õpetamisel kasutatavate õppevahendite loomisel, eesmärgiga muuta loodusainete õpetamine interaktiivsemaks ja kaasavamaks.

Projekt võimaldab osalejatel kombineerida tehnoloogilisi uuendusi ja kaasaegseid lähenemisi, et luua uuenduslikke õppevahendeid, mis toetavad õpilaste teadusliku mõtlemise arengut.

## **Grupp 1**

Projekti eesmärk oli arendada ning luua 3D printimise tehnoloogiaga Bohri aatomimudel, mis aitaks õpilastel paremini mõista aatomi struktuuri ja elektronide käitumist. See hõlmas tunnikava ja kasutusjuhendi koostamist, mis aitaksid õpetajat mudeli kasutamisel ning looksid õpilastele selged juhised aatomi ehituse uurimiseks. Bohri aatomimudeli keskmes on kindlad elektronide energiatasemed (orbiidid), kavandati 3D-mudel selliselt, et neid orbiite saaks kerge vaevaga eemaldada ja tagasi panna. See võimaldab õpilastel käegakatsutavalt tajuda, kuidas elektronid saavad liikuda kindlatel tasemetel.

Mudeli loomise käigus seisis projektimeeskond silmitsi ülesandega leida sobivad tehnilised lahendused, mis muudaksid mudeli kasutamise mugavaks ja mudeli enda vastupidavaks. Eesmärk oli seda kasutada igapäevaselt koolitunnis, pidi mudel olema piisavalt suur. 3D-printimise tehnoloogia osutus heaks lahenduseks, sest võimaldas luua detaili täpseid osi, mille paigutamist sai hõlpsasti kohandada vastavalt kasutajate vajadustele.

Valminud mudel ja juhend pakub õpetajatele ja õpilastele vahendid, mis muudab aatomi ehituse arusaadavamaks. Kuna orbiite sai käega katsuda ja eemaldada, tekkis õpilastes suurem huvi aru saada, kuidas aatom üles ehitatud on. Selline visuaalne lähenemine aitab parandada teadmiste kinnistumist, muutes õppeprotsessi huvitavaks.

## **Grupp 2**

Meie rühma eesmärk oli luua õppevahend, mis soodustaks Maa kihtide tundmaõppimist, et õpetajad saaksid vahendi abil visualiseerida ja selgitada erinevaid geograafia ja Maa füüsikaliste omadustega seotud mõisteid. Meie jaoks oli oluline luua selge ja lihtne õppevahend, mis aitab kaasa tõhusale ja huvitavale õppele koolis. Meie mudel on silindriline mudel, mis koosneb viiest Maa kihist ja neljast atmosfääri kihist. Loodud mudel töötati välja eesmärgiga mitte ainult mitmekesistada kooli geograafiatunde, vaid kasutada seda ka teadmiste kontrollimise vahendina. Olime integreerinud neli QR koodi,

mis sisaldavad kogu vajalikku infot maakera kihtide kohta ning testi õpilaste teadmiste kontrollimiseks.

Eesmärgi saavutamiseks meie rühma tegevuste olulised aspektid on arvamuste vahetamine, blogimine, modelleerimine, 3D printimine ja piloteerimine.

Oluline on mõista, et arvamuste vahetamine on meeskonnatöö võtmeaspekt. Eesmärgi saavutamiseks on vaja kollektiivset mõtteviisi, mis nõuab meeskonnatööd, loovust ja koordinatsiooni. Sünergia võimaldab rühmal ära kasutada oma liikmete mõtteviisi mitmekesisust ning tuua lauale nende ainulaadsed kogemused ja oskused, mis viib tõhusamate lahendusteni. Meie rühm arutab projekti käigus pidevalt eesmärke ja ülesandeid, jagades rolle ja võttes arvesse igaühe huve. Ideid on tohutult palju ja neid kõiki on raske meeles pidada, seega on blogi pidamine viis, kuidas kogu vajalik teave ühte kohta salvestada ja meie rühmatöö kõiki etappe analüüsida: mis oli algidee, mis vorm on sellel hetkel, mis on järgmise nädala ülesanded.

Selle tulemusena jagati meie rühmatöö efektiivsuse huvides kahte etappi:

- Õppevahendi testosa loomine, mida testiti koolis. See on vajalik tööriista kasulikkuse tagamiseks. Testimine aitas kaasa uute ideede, paranduste ja täienduste tekkimisele edasises töös.
- Valmis õppevahendi loomine. Pärast mudeli pilootversiooni testimist sai meie rühm mudeli kohta tagasisidet nii õpilastelt kui ka õpetajatelt. Eksperimendi tulemuste põhjal tegi rühm järeldusi selle mudeli vajalikkuse ja kasulikkuse kohta.

Maa mudeli rakendamiseks jaotati rollid järgmiselt:

- **Isabella Pepsen:** rühma koordinaator, kes tegutseb vahendajana rühma ja juhendajate vahel. Vastutaja detailide ja mudelite 3D modelleerimise eest.
- **Kätlin Kaldmets:** vastutaja nii esialgsete kui ka järgnevate mudelite jooniste/skeemide väljatöötamise eest.
- **Arina Kutuzova:** toimetaja, kes koordineerib projekti jaoks vajalike dokumentide koostamist. Vastutaja nii esialgsete kui ka järgnevate mudelite jooniste/skeemide väljatöötamise eest.
- **Kristel Kolkanen:** vastutaja QR-koodide loomise ja implementeerimise eest.

- **Anastasia Romanova:** vastutaja õpetaja leidmise eest ning tegutseb vahendajana rühma ja õpetaja vahel.
- **Karl Erik Krepp:** esindaja ja eestkõneleja. Vastutaja detailide ja mudelite 3D modelleerimise eest.

### Grupp 3

Eesmärk oli arendada ja luua praktilised 3D-mudelid taime- ja loomarakust ning mudelite kasutamist toetav tunnikava ja juhend ekoolikotti, mis aitaksid õpilastel rakkude struktuuri ja funktsioone paremini mõista. Mudelid loodi nii, et need võimaldasid organelle välja võtta ja tagasi panna, aidates õpilastel visuaalselt ja praktiliselt uurida rakkude ehitust, sarnasusi ja erinevusi. See tagab, et õppimine oli mitte ainult tõhus, vaid ka huvitav ja meelde jääv.

Grupi roll projekti elluviimisel keskendus kvaliteetsete ja praktiliste mudelite loomisele, mis olid piisavalt suured, vastupidavad ja kasutajasõbralikud. Grupp uuris rakkude ehitust, muutis teaduslikud teadmised visuaalselt arusaadavaks ning testis mudelite sobivust õpetajate ja õpilaste seas. Tagasiside põhjal kohandati mudeleid, et need vastaksid koolide ja õppijate vajadustele.

Projekti lõppeesmärk oli pakkuda vahendeid, mis muutsid õppimise praktilisemaks, soodustasid rühmatööd ja aitasid õpilastel arendada analüüsioskusi ning teaduslikku mõtlemist.

## 1.2 Probleemi olulisus, kirjeldus ja meetodite valik

### Grupp 1

Aatomi struktuuri mõistmine on teadushariduse üks osa, kuid traditsioonilised 2D-visualiseerimise meetodid on sageli liiga abstraktsed. Probleemiks on, et need meetodid ei anna edasi aatomi ruumilist ülesehitust ega võimalda õppijatel struktuuri praktiliselt kogeda. Selle tulemusena võib õpilastel jääda sügavam mõistmine vajaka. "Käed külge" õppimismeetodi integreerimine teadusõppesse lahendab selle probleemi. Praktika näitab, et aktiivne osalus ja isiklik kogemus aitavad õppijatel teooriaid paremini mõista ja kinnistada. Näiteks aatomi mudelite loomine ja nendega töötamine võimaldab

õppijatel ühendada abstraktse teooria praktilise kogemusega. 3D prinditud mudelil on sellised eelised nagu: Teooria sidumine praktikaga: Füüsiline mudel aitab visualiseerida aatomi struktuuri, luues seose teoreetiliste ja reaalse maailma teadmiste vahel.

Teadmiste kinnistamine: Mudeli ehitamine ja kasutamine muudab õppimise kaasahaaravamaks, mis aitab teadmisi püsivalt omandada.

Kohandatav erinevatele elementidele: Mudel on disainitud nii, et see võimaldab illustreerida eri elementide aatomi struktuure.

Praktiliselt kasutatav klassiruumis: Mudel sobib hästi teadusõppe visuaalseks ja praktiliseks vahendiks.

Mudeli loomise ja kasutamise protsess järgib "käed külge" meetodi põhimõtteid:

Aktiivne osalus: Õppijad osalevad aktiivselt mudeli ehitamisel ja saavad sellega töötada.

Kogemuslik õppimine: Mudeli disain ja kasutamine võimaldab õppijatel teaduslikke kontseptsioone katsetada ja avastada.

Loodud 3D-prinditud Bhori mudel pakub uudset võimalust aatomi struktuuri õpetamiseks. See illustreerib praktilise õppimise kasu teadushariduses, järgides raamatu „Perspectives of Hands-On Science Teaching“ teoreetilisi aluseid.

Kognitiivne sügavus: Mudeli füüsiline kasutamine aitab õppijatel mõista kontseptsioone, nagu elektronide ja energiatasemete paiknemine, sügavamalt kui pelgalt diagramme vaadates.

Õppijakeskne lähenemine: Mudel võimaldab õppijatel avastada ja konstrueerida teadmisi oma kätega, rõhutades isikliku kogemuse tähtsust.

Lõplik mudel mitte ainult ei tõsta õppijate motivatsiooni ja huvi teaduse vastu, vaid annab ka praktilise kogemuse, mis kinnistab teoreetilisi teadmisi ja loob tugeva seose teaduslike kontseptsioonide ja nende rakenduse vahel.

Võimalus on õpilastel ka arendada arvutialaseid teadmisi 3D printimise osas, sest kogu projekti raames loodud failid on tasuta kättesaadavad e-koolikotis.

## **Grupp 2**

Maa sfääride teema on geograafia õppes sageli abstraktne ja keeruline, kuna õpilastel puudub võimalus neid nähtusi füüsiliselt ette kujutada ja kogeda. Traditsioonilised õppematerjalid, nagu joonised ja tekstid, ei pruugi pakkuda piisavalt interaktiivset ja

kaasahaaravat õpikogemust, mistõttu võib õpilastel olla raske mõista erinevate sfääride järjestust, omadusi ja omavahelisi seoseid. Selle tulemusel jääb teema sageli pealiskaudseks ja õpitu ei kinnistu pikaajaliselt. Probleem seisneb vajaduses luua õpetamisviise, mis muudavad keerukad geograafilised teemad visuaalseks, praktiliseks ja meeldejäävaks.

Projekti käigus loodud Maa sfääride mudel on innovaatiline õppevahend, mis koosneb füüsilistest kihtidest, alustades Maa tuumast ja lõpetades eksosfääriga. Õpilased saavad mudeli kihte käes hoida, omavahel õigesse järjestusse kokku panna ning iga kihi juurde kuuluvat QR-koodi skaneerides lisainfot saada. QR-koodid võimaldavad juurdepääsu õppematerjalidele, näiteks kihtide omaduste kirjeldustele, interaktiivsetele infograafikutele, videotele ja küsimustikele. Mudel pakub võimalust õppida läbi aktiivse tegevuse, mis soodustab paremat arusaamist ja pikaajalist meeldejätmist.

Lisaks on mudeli kasutamine koolidele lihtsaks tehtud – meie loodud STL-failid võimaldavad mudelid 3D-printeriga ise välja printida. Samuti saavad õpetajad kasutada meie ettevalmistatud QR-koodidega õppematerjale või luua oma sisu, kohandades seda vastavalt klassi vajadustele.

Projekti loomisel otsustasime kombineerida füüsilist mudelit ja digitaalseid tööriistu. Kasutatud meetodid hõlmavad:

- 3D-mudelite loomist: Mudeli kihid on loodud STL-failidena, mis võimaldab neid lihtsalt 3D-printeriga välja printida. See tagab, et koolid saavad vahendeid ise valmistada, hoides kulud madalad.
- QR-koodide integreerimist: Digitaalsete tööriistade abil on loodud QR-koodid, mis annavad ligipääsu interaktiivsele sisule. See võimaldab õpilastel saada lisateavet ning lahendada küsimustikke või kontrolltõid.
- Interaktiivset õppimist: Õpilased peavad kihte ise kokku panema ja nende järjestust läbi mõtlema, mis arendab nii loogilist mõtlemist kui ka praktilisi oskusi. Kombinatsioon käelise tegevuse ja digitaalse õppimise vahel muudab tunni huvitavamaks ja efektiivsemaks.

### **Grupp 3**

Taime- ja loomarakud on abstraktsed ning nähtamatud, mistõttu on õpilastel raske mõista



nende struktuuri ja funktsioone. Piiratud ligipääs mikroskoopidele ja traditsiooniliste õppevahendite, nagu tekstid ja joonised, ebapiisavus süvendavad seda probleemi. See võib vähendada huvi bioloogiaõppe vastu ja raskendada keeruliste bioloogiliste kontseptsioonide omandamist.

Paljudes koolides puudub vajalik varustus, nagu mikroskoobid, või on nende kasutamine õpilastele piiratud. Rakkude struktuuri ja organellide seoste mõistmine on abstraktne ja raskesti mõistetav. Füüsiliste 3D-mudelite puudumine takistab õpilastel praktiliselt kogeda ja visualiseerida bioloogilisi kontseptsioone. Selle tulemusena väheneb õppeprotsessi tõhusus ning õpilaste kaasatus ja arusaamine bioloogiast.

Projekti käigus valiti teaduslikult täpne ja praktiline lähenemine, et ületada eelpool kirjeldatud piirangud. Esmalt viidi läbi uurimistöö, mille käigus keskenduti rakkude struktuurile ja valiti välja hariduslikult olulised organellid. Seejärel disainiti 3D-mudelid Blenderi tarkvara abil, arvestades nende vastupidavust ja kasutajasõbralikkust. Mudelid kujundati taimerakkudele kuusnurkse ja loomarakkudele ovaalse kujuga.

Valminud mudelid prinditi, testiti praktiliselt ja kohandati vastavalt õpetajate ja õpilaste tagasisidele. Loodud mudelite toetamiseks arendati digitaalne abivahend e-koolikoti sisuloomes ja see avalikustatakse e-koolikotis. Mudelid ja abivahendid võimaldavad õpilastel õppida rakkude ehitust praktilisel ja kaasahaaraval viisil, toetades bioloogiaõpet nii klassiruumis kui ka e-õppes.

## 1.3 Tegevuste kirjeldus ja sidusgruppide ni jõudmine

### Grupp 1

Projekti eesmärk on laiendada teadmisi 3D printimise ja nutivahendite kasutamisest õppevahendite loomisel ja seeläbi parandada loodusteaduslikku haridust. Projekt võimaldab osalejatel kombineerida tehnoloogilisi uuendusi ja kaasaegseid lähenemisi, et luua uuenduslikke õppevahendeid, mis toetavad õpilaste teadusliku mõtlemise arengut.

Projekti sihtrühmaks on gümnaasiumi ja kutsekooli õppurid, kes saavad kasu uuenduslikust ja praktilisest lähenemisest keeruliste teemade õppimisele (antud projekti raames tegu on aatomi mudeliga).

Link meie blogile on saadaval [siin](#)

### Grupp 2

Meie projekt on suunatud 11. klassi õpilastele geograafia erialatunni loomisele ja läbiviimisele. Projekti põhieesmärk on kasutada kaasaegseid õppemeetodeid, et tõsta huvi aine vastu ja süvendada õpilaste teadmisi.

Meie rühma eesmärk oli mitte ainult suhelda meie projektiga, vaid ka arendada õpilaste kriitilist mõtlemist, suurendada nende huvi aine vastu ja süvendada arusaamist keerukatest teemadest. Õpilastele raskete teemade väljaselgitamiseks konsulteeris meie meeskond mitmete õpetajatega ja selgitas välja sobivaima teema. Nii saigi valitud 11. klassi geograafia teema. Meie eesmärk oli luua 11. klassi õpilastele visuaalne visualiseering Maa ja atmosfääri kihtidest, et õpilased saaksid selgelt ette kujutada oma asukohta, järjestust ja saaksid sügavamalt aru iga kihi eripäradest.

Otsesed huvitatud isikud:

- 11. klassi õpilased:

Roll projektis: õpilased on peamine sihtrühm. Tunni eesmärk oli arendada nende tunnetuslikku huvi, mõista teemat “Maa kihid” ja selle praktilist tähendust geograafia kontekstis. Õpilaste aktiivne kaasamine rühmaülesannete, multimeediaesitluste ja

simulatsioonide kaudu lõi dünaamilise õpikeskkonna.

- Geograafia õpetajad:

Tunni ettevalmistamise ja läbiviimisega seotud spetsialistid.

Roll projektis: tunnimetoodika toetamine ja rakendamine, tagasiside andmine õppematerjalide edasiseks täiustamiseks. Õpetajad märkisid selle lähenemisviisi tõhusust õpilaste motivatsiooni ja huvi suurendamisel.

Kaudsed sidusrühmad:

- Gümnaasiumi administratsioon:

Roll projektis: Tunnitulemuste hindamine ja sarnaste tavade regulaarne kaasamine õppekavasse.

- Tulevased õpilased ja koolid:

Projekti positiivsed tulemused võivad olla eeskujuks sarnaste hariduslike lähenemisviiside juurutamisel teistes klassides ja õppeasutustes.

Sihtrühm:

Vanus: 17–18 aastat.

Huvialad: loodusained, geograafia, eksamiks ettevalmistamine, praktiliste oskuste arendamine.

Kaasamise ja suhtlemise meetodid:

- Interaktiivsed 3D-mudelid ja multimeediamaterjalid.
- Grupitööd ja ülesanded kriitilise mõtlemise arendamiseks.
- Võimalus saada tagasisidet küsitluste ja arutelude kaudu.

Projektil on positiivne mõju haridusvaldkonnale, motiveerides õpilasi aktiivselt õppima ja aidates neil omandada sügavam arusaamine keerulistest teemadest. Kaasaegsete õppemeetodite kasutamine muudab protsessi huvitavamaks ja produktiivsemaks ning aitab kaasa ka meeskonnatöösuste arendamisele ja teabe iseseisvale analüüsile.

Seega hõlmab projekt laia ringi huvigruppe õpilastest ja õpetajatest kooli juhtkonnani. Selle rakendamine aitab parandada õppeprotsessi ja võib saada eeskujuks uuenduslike praktikate edasisel rakendamisel haridusasutustes.

### Grupp 3

Projekti edukaks elluviimiseks viidi läbi mitmeid olulisi tegevusi, mis olid hoolikalt planeeritud, et toetada õpilaste praktilist ja kaasahaaravat õppimist.

Esmalt viidi läbi põhjalik uurimistöö, mille käigus keskenduti taime- ja loomarakkude ehitusele. Analüüsiti rakkude organelle ja valiti välja need, mis on hariduslikult kõige olulisemad ning mille esitamine mudelites aitas õpilastel rakkude struktuuri ja funktsioone paremini mõista. Välditi liigseid detaile, säilitades samas mudelite teadusliku täpsuse ja praktilisuse.

Seejärel loodi 3D-mudelid Blenderi tarkvara abil. Taimeraku mudel disainiti kuusnurkse kujuga, samas kui loomaraku mudel kujundati ovaalse kujuga. Disainiprotsessis arvestati 3D-printeri tehniliste piirangutega, et tagada mudelite vastupidavus ja kasutusmugavus. Mudelid prinditi välja ning katsetati praktiliselt. Kontrolliti, kas kõik osad olid õigesti paigaldatavad ja piisavalt vastupidavad. Vajadusel tehti mudelites täiendusi.

Projekti käigus kaasati sidusrühmi ja koguti nende tagasisidet. Konsulteriti loodusainete õpetajatega, et hinnata mudelite hariduslikku väärtust ja kasutatavust. Viidi läbi testtund 7. klassi õpilastega, kelle tagasiside põhjal tehti mudelite kujunduses viimaseid muudatusi.

Lisaks mudelitele loodi digitaalne abivahend, mis toetab mudelite kasutamist õppetöös. Selleks töötati välja [e-koolikott](#) "**Taime- ja loomaraku 3D-mudelid printimiseks**", mis on mõeldud bioloogia ja informaatika õpetajatele. E-koolikott sisaldab juhiseid mudelite printimiseks, mis aitavad õpilastel rakkude õppimist süvendada. Samuti on seal mudelite kasutamiseks koostatud tunnikava.

Projekti lõppfaasis tehti mudelid läbi e-koolikoti kättesaadavaks, et neid saaks kasutada bioloogi tundides rakkude õppimiseks.

Link meie blogile on saadaval [siin](#)

#### **Sidusrühmade kaasamine mängis projekti elluviimisel võtmerolli:**

- **Õpilased** olid projekti peamine sihtrühm, kelle jaoks mudelid ja õppematerjalid loodi. Testtunnis osalenud õpilased andsid väärtuslikku tagasisidet, et hinnata

modelite kasutusmugavust ja hariduslikku mõju.

- **Õpetajad** aitavad tagada, et mudelid vastaksid õppekava nõuetele ning toetaksid bioloogiatundide läbiviimist.
- **Ülikooli** tudengid osalesid aruteludes, pakkudes oma vaatenurka, mis aitab tagada, et mudelid vastaksid kaasaegsete õpetamisviiside nõuetele.
- **Koolid** saavad meie õppevahendit leida e-koolikoti kaudu.

## 1.4 Projekti jätkusuutlikkus

### Grupp 1

Bohri aatomimudeli 3D-mudel on avalikult kättesaadav e-koolikoti keskkonnas “Bohri Aatomimudeli printimine 3D printeriga” nime all koos õpetusega mudeli printimiseks. Juhend on vormistatud nii, et seda saaks tunnis õpilastele esitada ja eraldi õppematerjalina kasutada. Iga kool, millel on olemas ligipääs 3D printerile, saab tänu soetada oma Bohri aatomimudeli, tagades projekti jätkusuutlikkuse.

Materjali kasutamise ja tunni läbiviimise lihtsustamiseks, oleme e-koolikoti keskkonda laadinud veel kaks tunnikava. Tunnikavade abil saab õppejõud minimaalse eeltööga võtta õppematerjali kasutusele. Avalikustasime esimese õppekava printimise protsessi klassiruumis läbi töötamiseks ja teise õppekava mudeli abil loodusõpetuse või keemia tunni läbiviimiseks.

Peale vähese õpetaja eeltöö ja lihtsa kasutuse, tagab projekti jätkusuutlikkust veel selle õppematerjalide lihtne kättesaadavus ja levitamine. E-koolikoti keskkond genereerib automaatselt QR koodi, mida õppejõud saavad omavahel jagada ja tunni ajal tahvli peale jätta.

### Grupp 2

Maa kihtide 3D-mudeli idee, mida täiendavad QR-koodid koos teabe ja testiga, on hea jätkusuutliku ja praktilise väärtusega. Meie loodud mudelil on hariduslik väärtus kaasaegsete elementidega. See aitab paremini mõista abstraktseid teemasid, nagu Maa struktuur (maakoor, vahevöö, tuum). Seega hõlbustavad visuaalsed ja kombatavad

elemendid tajumist. QR koodid on boonus, mis muudavad tunnid interaktiivseks, võimaldades õpilastel multimeedia kaudu teavet saada.

QR koodid võimaldavad teil järgida kaasaegsetele haridustrendidele ja meelitada õpilasi. Lisaks saab teavet hõlpsasti uuendada ilma mudelit muutmata. See muudab selle pikaajaliseks.

Meie loodud 3D-mudelit kasutades saavad õpetajad seda klassi tasemele kohandada. Kasutada mudelit näiteks loengu alusena või iseseisvaks tööks. Ja keskkonnasõbralike materjalide kasutamine lisab haridusasutuste silmis väärtust.

Kuna meie projekti käigus töötati välja nii QR koodide kasutusjuhendid kui ka failid mudeli detailide printimiseks, siis on koolidele või koolituskeskustele juba väljatöötatud materjalide põhjal võimalik luua rida selliseid mudeleid.

Projekti käigus laeti E-koolikotti nimega *“Maa ja atmosfääri kihid 3D mudelid printimiseks”* välja töötatud QR-koodide kasutusjuhendid ja failid mudeli detailide printimiseks. Projekti käigus saadud tulemused omandisse jäävad sellesse süsteemi, mis võimaldab faile levitada ja laialdaselt kasutada kõigis riigi koolides. Iga kool ja õpetajad saavad printida 3D-mudelit, kasutada QR koodi ja testi.

### **Grupp 3**

Jätkusuutlikkuse tagamiseks oleme loonud koolide jaoks e-koolikotti õppevahendi, lisades sinna vajalike kirjeldusi ja pilte ning lingi printimisfailideni. Ideaalis peaksid mõjutatud asutused olema koolid, kus saab teha projektis loodud õppevahendid õpilastele kättesaadavaks. Projekt mõjutab õppekava täitmist, võimaldades õpilastel rakendada teooriat praktiliste kogemuste kaudu mudelite kasutamisel.

E-koolikotti lisasime ka ideid, kuidas mudeleid saab edasi arendada, võimaldades seega kasutada meie loodud faile informaatikas 3D-modelleerimise õpetamiseks. Mudelite edasiarendamise võimaluse välja pakkumine peaks muutma projekti tulemuse jätkusuutlikumaks, kuna huvitatud osapooled saavad mudeleid vastavalt oma soovidele edasi arendada.

Kuna eluslooduses rakkude struktuur ja organellid muutuvad aeglaselt ning ilmselt säilitavad oma tähtsuse ka bioloogia õppekavas, siis on meie loodud mudelid veel pikalt

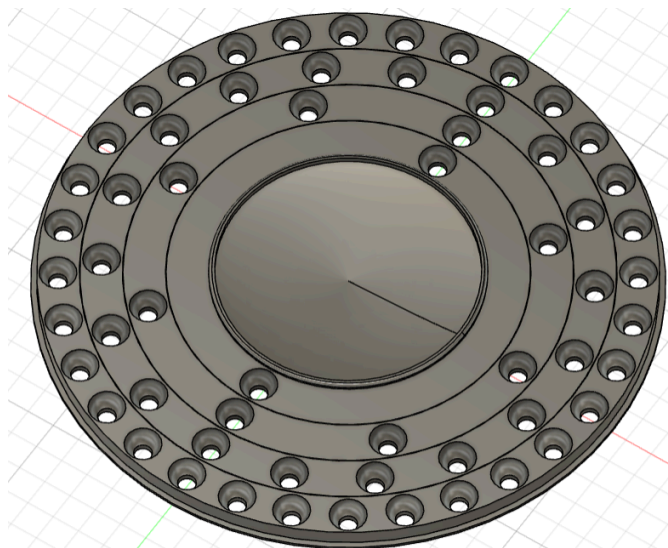
asjakohased.

Projekti käigus loodud mudelid on valmistatud suhkruroo plastist, mis on keskkonnasõbralikum alternatiiv tavapärasele plastile. See materjal on taastuv ja biolagunev. Lisaks on mudelid vastupidavad ja neid saab kasutada mitme aasta jooksul, enne kui need hakkavad lagunema. See pikendab nende kasutusiga ja vähendab jäätmeteke.

## 1.5 Tulemuste kokkuvõte ja lisad

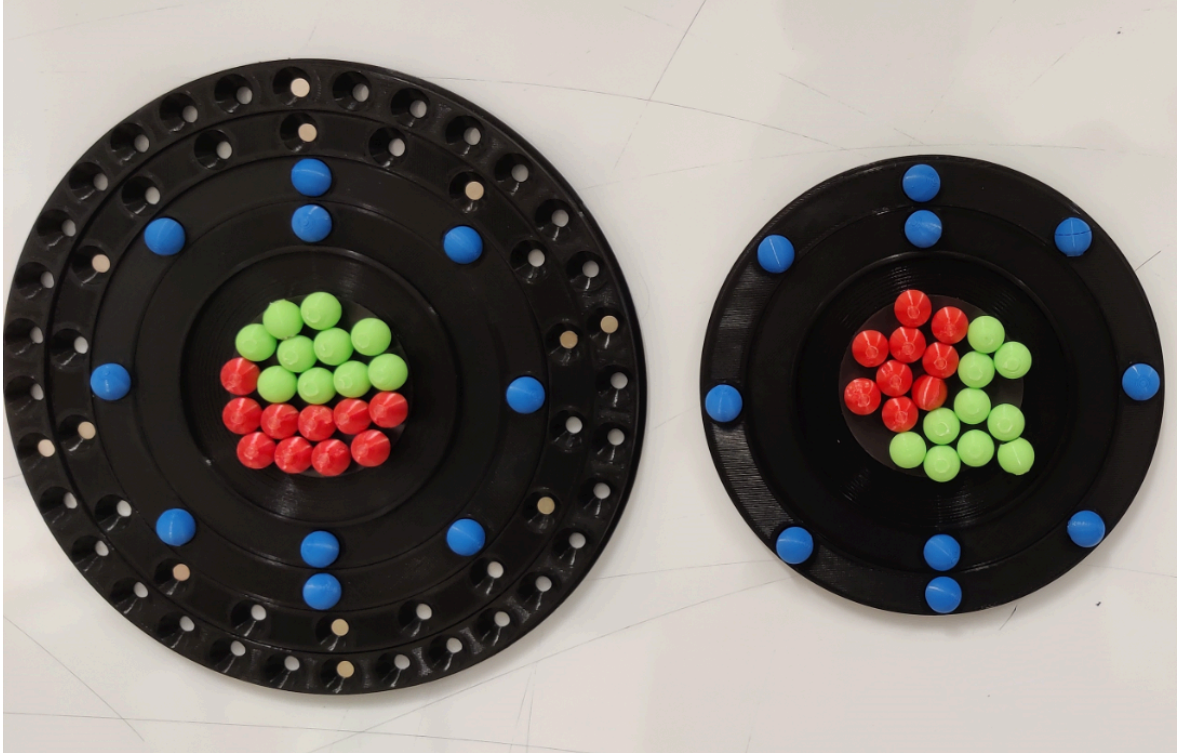
### Grupp 1

Projekti raames valmis Bohr-aatomi mudelil põhinev 3D prinditav õppevahend. Valminud mudel koosneb neljast kettast, mis on mudelile lihtsalt lisatavad ja eemaldatavad. Ka prootoneid, neutroneid ja elektrone saab mudelile lihtsalt paigaldada ja eemaldada. Mudelil saab elementaariosakestest ehitada ja demonstreerida kuni elemendini Kaltsium (20 prootonit, 20 neutroni, 20 elektroni). Igasse prototüüp komplekti kuulub ka lisana prootone, neutrone ja elektronide 3D prinditud mudeleid, seega on võimalik demonstreerida ka isotoope ja ioone, samuti põhjusel, et kuulid on väikesed ja võivad lihtsalt kaduma minna.



Mudeli vaade 3D modellerimistarkvaras Fusion 360

Mudelit saab kasutada magnetitega ja ka ilma. Magnetite kasutamine annab mudelile parema käsitletavuse ja võimaldab ka vertikaalsele magneetuvale pinnale (näiteks metall markeritahvlile) paigaldamist. Kokku valmis 4 täiskomplektset test mudelit, millest üks oli ilma magnetiteta.



Foto, 2 prototüüpi magnetitega, vertikaalpinnal (teras-markeritahvlil)

Lisaks 3D printitud mudelile valmisid tunnikavad, nii aatom mudeli kasutamise, kui ka 3D printimise osas. Printitud 3D mudeli kasutamist testiti ka õppekeskkonnas, kus mudelile anti nii õpilaste kui õpetaja poolt väga positiivset tagasisidet. Mudel kiideti heaks kui kasulik ja tundi rikastav õppevahend. Üks mudeli prototüüpidest koos töölehtedega jäigi Rakvere Ametikooli füüsika aineõpetajale edaspidiseks kasutamiseks.





Foto, Mudeli ja töölehtede testimine õpilastega, füüsika ainetunnis.

Failid mudeli printimiseks, ning töölehed tunni läbiviimiseks asuvad e-koolikott lehel:

<https://e-koolikott.ee/et/oppematerjal/34346-Bohri-Aatommodeli-printimide-3D-printeriga#347491-3D-mudelid>

Lõppkokkuvõtteks.

Mudel on elementaarosakeste õpetamisel ja õppimisel kasulik, eriti kasulik õppijatele kellel on visuaal-kinesteetiline õpistiil. Mudeli printimine PLA -plastist on suhteliselt odav, korralikud magnetid on mudeli kõige kallim osa, mudel on disainitud selliselt, et saab kasutada ka ilma magnetiteta. Arvestama peab siiski ka asjaoluga, et kogu mudeli printimise väljaprintimine ja magnetitega varustamine on ajakulukas ettevõtmine, kuid lõpptulemus kasutamisel on kindlasti seda väärt.

## **Grupp 2**

Projekti raames “*3D printimise ja nutivahendite kasutamine õppevahendite loomiseks loodusainetes*” loodi ja katsetati kahte Maa kihtide 3D mudelit.

- [Maa kihtide mudel kuusnurkse kujuga](#)
- [Maa kihtide silindrikujuline mudel](#)



Samuti on valminud kaks erineva disainiga Maa sfääride mudelit koos QR-koodidega, mis viitavad hariduslikule materjalile ja küsimustikule.

Avalikuks kasutamiseks töötati välja dokumendid, mis sisaldavad teavet Maa kihtide kohta. Rühm töötas välja [dokumendid kolmes osas](#) ja [dokumente iga kihi jaoks](#). Nii saavad õpetajad valida geograafiatundideks vajalikud dokumendid ja kasutusjuhendite abil neile QR koodi koostada. Teave dokumentide jaoks võeti 11. klassi geograafiaõpikust “*Geograafia gümnaasiumile II kursus, Avita*”. Õpiku info põhjal töötati õpilaste teadmiste kontrollimiseks välja [küsimustik Google Formsis](#).

Materjalide hilisemaks kasutamiseks on välja töötatud [kasutusjuhend](#) QR koodide loomiseks ja [QR koodid ise](#), mida saavad kasutada nii õpetajad kui õpilased meie poolt välja töötatud 3D mudelite puhul.

Oluline on mainida, et enne 3D-mudelite pilootversioonide testimist töötati välja kava nende mudelite abil tunni läbiviimiseks. Kuna teemat “Maa ja atmosfääri kihid” käsitlesid

õppeaasta alguses üheteistkümnendad klassid, siis koostati plaan selle teema kordamiseks.

Mudelite kasutamist saime testida Tallinna Mustamäe Reaalgümnaasiumi 11. klassi geograafiatunnis. Õpetaja sõnul olid mudelid hästi läbi mõeldud ja kvaliteetsed. Samuti märkis ta, et materjalid olid teemakohased ning ülearuseid detaile polnud lisatud. Lisaks tõi ta välja, et QR koodidega seotud lahendused lihtsustasid õpetamist ja muutsid tunni sisukamaks.

Seega oli tund õpilastele meelepärane ja kaasahaarav, kuigi väiksemate ajaplaneerimise ja tehniliste küsimuste täpsustamisega võiks tulevikus arvestada.



Selline kogemus on väga oluline nii õpetajate kui ka õpilaste jaoks, sest see avardab traditsioonilist õppimisviisi ja muudab tunni palju elavamaks. Meie kasutatud 3D-mudelid ja QR-koodid pakkusid mitmekülgseid võimalusi tunni sisukamaks muutmiseks. 3D-mudelid aitasid õpilastel paremini visualiseerida ja mõista keerukamaid teemasid, pakkudes samas praktilist ja käegakatsutavat kogemust. Mudelite kasutamine võimaldas õpetajal abstraktseid mõisteid lihtsamini ja selgemalt selgitada.

QR-koodide lisamine lõi tunni ülesehituses täiendava innovaatilise elemendi. See andis õpilastele võimaluse ise materjale avastada, pakkudes samas interaktiivset ja kaasahaaravat õpikeskkonda.

Sellised lahendused suurendasid laste huvi ja motiveerisid neid tunnis aktiivselt osalema, pakkudes samal ajal ka midagi tavapärasest erinevat ja põnevat. Tänu sellele loodi tund, mis oli ühtaegu informatiivne ja meelelahutuslik, muutes õppimise laste jaoks sisukamaks ja nauditavamaks.

Kokkuvõttes on taolised meetodid suurepärase näide sellest, kuidas tehnoloogiat ja praktilisi vahendeid saab kasutada, et muuta õppimine arusaadavamaks ja huvitavamaks nii õpilaste kui ka õpetajate jaoks.

Meie projekti tulemusena laaditi nende mudelite printimise failid ja QR koodide kasutamise juhised alla E-koolikotti nimega [“Maa ja atmosfääri kihid 3D printimiseks”](#), mis on mõeldud õppeasutustes laialdaseks kasutamiseks. Failide ja juhiste laialdane levitamine E-koolikotis annab õpilastele ja õpetajatele juurdepääsu asjakohastele ja huvitavatele õpperessurssidele, aitab kaasa paljude kasulike oskuste arendamisele ning aitab muuta õppimise interaktiivsemaks ja rakenduslikumaks. Kuna õpilased saavad mitte ainult uurida Maa ehituse teoreetilisi aspekte, vaid ka rakendada neid teadmisi reaalse mudeli loomisel, samuti QR koodide juhised aitavad õppida 3D-modelleerimise, programmeerimise põhitõdesid ja õpetavad 3D-printeritega töötamist.

### **Grupp 3**

Elu projekti tulemusena meil on loodud mitu erinevat Google Drive kausta kus kajastub tervikuna meie poolt tehtud tööd selle projekti käigus. Google Drive-s saab leida modelleerimise tööfaile (ehk modelleerimine ja printimine), modelleerimis failidega e-koolikotti, prinditud osade pilte, meie tegevuste dokumenteerimist, tunnikava faili (koolis tunni läbiviimiseks).

Selle ELU projekti tulemusena oleme saanud printida selliseid 3D mudeleid:





TAIMERAKK





LOOMARAKK

## 2. PROJEKTI TEGEVUSKAVA

### Grupp 1

Tegevused	Tähtaeg	Vastutaja(d)
Rühma moodustamine, ideede genereerimine, rollide jagamine	12.09.2024	Kõik
Esialgse idee valimine, uurimine kuidas teda realiseerida	17.09.2024	Kõik
Uue idee valimine	24.09.2024	Kõik
Uue idee esimese prototüübi loomine	27.09.2024	Harle Hiimäe
Prototüübi teine versioon on valmis, prinditud	03.10.2024	Harle Hiimäe
Õpetaja leidmine tunni läbiviimiseks	08.10.2024	Harle Hiimäe
Vahekaitsmine	18.10.2024	Kõik. Kaitses üksi Taavi Luur
Tunni läbiviimine	19.11.2024	Harle Hiimäe
Dokumentatsiooni koostamine	03.01.2025	Kõik
Kaitsimine	07.01.2025	Kõik

### Grupp 2

Tegevused	Tähtaeg	Vastutaja(d)
Meeskonna tutvumine ja suhtluskeskkonna loomine	18.09	Kõik
Ideede arutamine ja blogi loomine, esmaste jooniste tegemine	26.09	Kõik
Tegevuskava koostamine, esmaste STL failide loomine ja printimine	03.10	Anastasia Romanova, Arina Kutuzova, Karl Erik Krepp, Isabella Pepsen
Õpetaja leidmine	10.10	Anastasia Romanova, Kristel Kolkanen,

		Kätlin Kaldmets, Isabella Pebsen
Tunnikava koostamine	17.10	Anastasia Romanova
Vahenädala kaitsmine	24.10	Kõik
Mudeli modelleerimine	31.10	Karl Erik Krepp Isabella Pebsen
Mudeli 3D printimine, QR-koodi rakendamine	07.11	Karl Erik Krepp Isabella Pebsen, Kristel Kolkanen, Arina Kutuzova
Mudeli katsetamine õppetöös	06.12	Anastasia Romanova, Kätlin Kaldmets
Meediakajastus	24.12	Anastasia Romanova
Lõplik kaitsmine	07.01	Kõik

### Grupp 3

Tegevused	Tähtaeg	Vastutaja(d)
Kontaktide jagamine, tiimi loomine, suhtluskeskkonna kokkuleppimine (FB Messenger). Meeskonnaliikmete tugevuste määramine. Esialgse tegevuskava koostamine.	19.09.2024	kõik
Idee kokku leppimine: looma- ja taimeraku mudelid. Rollide määramine (seal, kus vaja), messengeris videokohtumine, idee kokkuleppimine, jooniste ja vajalike materjalide otsimine. Modelleerimiseks vajaliku tarkvara ligipääsud saadud.	26.09.2024	kõik
Modelleerimiseks vajalike rakuosiste nimekirja kokkuleppimine. Suuruste suhete määramine, värvigamma paika panemine. Modelleerimisega alustamine. Esmaste mudelite printimine.	03.10.2024	kõik
Mudelite täiendamine, suuruste kohendamine. Värvigamma paika panemine. Vahenädala ankeedi täitmine. E-koolikoti interaktiivse õppevahendi lisamise idee arendamine.	10.10.2024	kõik



ELU projekti vahekokkuvõtte ja ettekande koostamine. Esmaste mudelite välja printimine ja katsetamine.	17.10.2024	kõik
Vahenädala esitlus kell 10-12	21.10.2024	Kõik
Mudelite edasiarendus, e-koolikotti mudelite kasutusjuhendi loomine õpetajatele.	31.10.2024	Kõik
Mudelite edasiarendus, e-koolikotti mudelite kasutusjuhendi loomine õpetajatele.	07.11.2024	Kõik
Mudelite edasiarendus, e-koolikotti mudelite kasutusjuhendi loomine õpetajatele.	14.11.2024	Kõik
Mudelite lõplik valmimine, e-koolikotti mudelite kasutusjuhendi valmistamine õpetajatele.	21.11.2024	Kõik
Mudelite lõplik valmimine, e-koolikotti mudelite kasutusjuhendi valmimine õpetajatele. Mudelite testimine koolis.	28.11.2024	Kõik
ELU projekti portfoolio koostamine, ettekande koostamine.	12.12.2024	Kõik
ELU projekti esitluspäev	07.01.2025	Kõik

### 3. KOMMUNIKATSIOON SIDUSRÜHMAMADELE

#### Grupp 1

Loodud mudeli alusel oli läbi viidud õppetund 19.11.2024 Rakvere Ametikoolis G23 õppegrupile. Tunni raames õppijad osalesid aatomi ehituse teemalises õppetöös, kasutades projekti raames loodud 3D-prinditud Bohr aatomimudelit. Tunni ettevalmistamiseks suhtlesime aktiivselt õpetajaga, kes andis väärtuslikku tagasisidet meie loodud tunnikava kohta. Tunni järel koguti õpetajalt ja õppijatelt tagasisidet spetsiaalselt koostatud küsitluse abil, mis näitas meile, et loodud mudel aitas aatomi ehituse mõistmisel ja õppijate kaasamisel oluliselt kaasa. Õpetaja väljendas rahulolu mudeli praktilise kasutamise üle ning tõi esile, et mudel võiks olla suurepärase täiendus loodusainete õppematerjalidele.

Projekti raames loodud materjal avaldatakse e-Koolikotti keskkonnas, et see oleks kättesaadav laiemale haridus kogukonnale. Materjal sisaldab juhiseid Bohr aatomimudeli kasutamiseks ning kaks tunnikavat tunni läbiviimiseks (loodusõpetuse kui ka arvutiõpetuse (3D printimise teemal) ainetel jaoks).

## Grupp 2

Projekt on saavutanud märkimisväärseid tulemusi haridussfääris, millest annab tunnistust õpilaste ja õpetajate positiivne tagasiside. Materjalide levitamiseks ja huvitatud isikute teavitamiseks eKoolikotti on lisatud kõik väljatöötatud õppematerjalid, sh Maa kihtide ja atmosfääri mudelid.

- Tehke õpetajatele juurdepääs materjalidele lihtsamaks, olenemata piirkonnast.
- Laiendage õpilaste haaret, kuna platvormi kasutatakse koolides aktiivselt.
- Tagada mudelite integreerimine haridusprotsessi erinevatele vanuserühmadele.
- Laiendatud vaatajaskond: eKoolikottes sisu postitamisega ja seda erinevate kanalite kaudu edastades jõudis projekt väga paljude huvirühmadeni, sealhulgas pedagoogide, lapsevanemate ja õpilasteni.
- Õpetajate motiveerimine: mugavas vormis materjalide kättesaadavus julgustas õpetajaid mudeleid kasutama ja tundides rakendama.
- Kasvav huvi teema vastu: kaasaegsete õppevahendite kasutamine tekitas koolinoorte seas positiivset vastukaja ja parandas nende arusaamist geograafiast.

Nii levitati projekti tõhusalt digitaalsete ja traditsiooniliste kanalite kaudu, tagades selle kättesaadavuse ja rakendamise õppeprotsessis üle Eesti.

## Grupp 3

Mudeleid tutvustati Salme põhikoolis õpetajale ja õpilastele. Lisaks koostati projekti käigus e-koolikotti õppevahend, kust on loodud printimisfailid avalikult kättesaadavad kõigile huvilistele. Samuti saadeti linke ja infot õppematerjali kohta edasi tuttavatele õpetajatele ja kaastudengitele, kes töötavad õpetajatena, et nad jagaksid seda edasi enda kooli bioloogia- ja/või informaatikaõpetajatele.

## Kasutatud kirjandus

### Grupp 1

Haury, D. L., & Rillero, P. (1994). "Perspectives of hands-on science teaching". ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED372926.pdf>

### Grupp 2.

Alltoodud artiklid toovad välja 3D prinditud õppevahendite eelised nii õppevahendina kui ka õpetamisvahendina. Artiklites on samuti võrdlusuuringud, kus võrreldi traditsioonilisi meetodeid 3D prinditud õppevahenditega ning prinditud õppevahendite puhul oli kirjeldatud paremaid tulemusi.

- Koelemeijer, P., & Winterbourne, J. (2021). 3D Printing the World: Developing geophysical teaching materials and outreach packages. *Frontiers in Earth Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.669095>
- Preece, D., Williams, S. B., Lam, R., & Weller, R. (2013). "Let's Get Physical": Advantages of a physical model over 3D computer models and textbooks in learning imaging anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 6(4), 216–224. <https://doi.org/10.1002/ase.1345>
- Pearson, H. A., & Dubé, A. K. (2021). 3D printing as an educational technology: theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice. *Education and Information Technologies*, 27(3), 3037–3064. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10733-7>
- Novak, E., & Wisdom, S. (2018). Effects of 3D printing project-based learning on preservice elementary teachers' science attitudes, science content knowledge, and anxiety about teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 412–432. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9733-5>

### Grupp 3

- Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in science education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2>
- Fleming, N. D. (2001). *Teaching and learning styles: VARK strategies* (2nd ed.). Christchurch, New Zealand: N.D. Fleming.