

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Loodusteadusliku hariduse keskus

Heike Toomik

**Õpilaste väärarusaamad mitoosi käigus toimuvatest
protsessidest kasutades õpilaste poolt mitoosi animeerimist**

***slowmation* meetodiga**

Magistritöö (15 EAP)

Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja: Ana Valdmann, PhD

TARTU

2023

Infoleht

Õpilaste väärarusaamad mitoosi käigus toimuvatest protsessidest kasutades õpilaste poolt mitoosi animeerimist *slowmation* meetodiga

Antud töö eesmärk oli välja selgitada, kuidas mõjutab *slowmationi* kasutamine õpilaste arusaama raku jagunemise protsessis toimuvatest muutustest rakutuumas ning kas õpilaste loodud animatsioonidest on võimalik tuvastada õpilastel tekkinud väärarusaamu mitoosi kohta. Lisaks uuriti kuidas hindavad õpilased *slowmation* animeerimist õppemeetodina. Uuringu eesmärgi täitmiseks koostati eeltest, *slowmationi* tööjuhend, kava ja järeltest ning järelküsitlus läbitud protsessis kasutatud õppemeetodite kohta. Uuringu eksperimentaalsest osast võttis osa 38 õpilast. Lõppvalimisse kuulus 23 õpilast, kes olid osalenud *slowmation* video loomisel ja täitnud nii eel- kui järeltesti. Tulemustest selgus, et aeglustuse loomine avaldas mõju kolmeteistkümnest küsimusest seitsmele vastamise osas. Videote analüüsimisel tuvastati õpilastel mõningad väärarusaamad seonduvalt mitoosiga ning õpilased pidasid *slowmationit* tulemuslikuks ja kaasahaaravaks õppemeetodiks.

Märksõnad: mitoos, *slowmation*, väärarusaamad, raku jagunemine, bioloogia, haridus

CERCS: S272 „Õpetajakoolitus“

Abstract

Students' misconceptions about the processes that take place during mitosis using *slowmation* animation of mitosis by students

The purpose of this study was to find out how the use of *slowmation* affects the students' understanding of the changes that take place in the cell nucleus during the cell division process and whether it is possible to identify the students' misconceptions about mitosis from the *slowmations* created by the students. In addition, the author of the work investigated how students evaluate *slowmation* as a learning method. In order to fulfill the purpose of the study a pre-test, *slowmation* work instructions and a post-test were prepared, as well as a follow-up survey on the learning methods used in the completed process. 38 students took part in the experimental part of the study. The final sample included 23 students who participated in the creation of the *slowmation* video and completed both the pre- and post-test. The results revealed that creating a *slowmation* had an effect on students' knowledge. The created *slowmations* revealed some misconceptions

that the students had about mitosis. Students considered slowmation to be an effective and engaging learning method.

Key words: mitosis, slowmation, misconceptions, cell division, biology, education

CERCS: S272 Teacher education

Sisukord

Sissejuhatus.....	5
1. Kirjanduse ülevaade.....	8
1.1 Aeglustus - uus lähenemine õpetamisele.....	8
1.2 Väärarusaamade olemus.....	9
1.2.1 Väärarusaamad raku jagunemise protsessist.....	10
1.3 Mitoosi käsitlus gümnaasiumi bioloogias.....	12
1.4 21. sajandi oskused.....	12
2. Metoodika.....	13
2.1 Uuringu disain.....	13
2.2 Valim.....	14
2.3 Instrumendid.....	15
2.4 Andmeanalüüs.....	15
2.5 Eetika ja usaldusväarsus.....	16
3. Tulemused.....	17
3.1 Testide tulemused.....	17
3.2 Aeglustatud videote tulemused.....	23
3.3 Järeloküsimustike tulemused.....	24
4. Arutelu ja järeldused.....	30
Kokkuvõte.....	34
Kirjanduse loetelu.....	36
Summary.....	40
LISAD.....	42
Lisa 1. Eel- ja järeltesti vorm.....	42
Lisa 2. Õpilaste tööjuhend slowmationi loomiseks.....	48
Lisa 3. Õpilaste kava vorm.....	49
Lisa 4. Õpilaste järeloküsitluse vorm.....	51
Lisa 5. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	53

Sissejuhatus

Järjest rohkem ja juba väga pikka aega on viidatud asjaolule, et traditsioonilised õpetamismeetodid ei ole nii tõhusad, kui me kunagi arvasime, aitamaks õpilastel mõista meie õpetatavaid loodusteaduslikke kontseptsioone (Pearsall, 1992). Paljud õpilased õpivad kõige paremi praktilise või isikliku kogemuse kaudu, mistõttu on oluline mõista, et kui eesmärk on arendada õpilaste arusaamist loodusteaduste kontseptsioonidest ja ettevõtlikust teaduses, siis tuleb leida tõhusamaid viise õpilaste aktiivseks kaasamiseks nende õppimisprotsessi juures (National Research Council, 1997). Praktilises tegevuses osalemine suurendab õpilastes huvi loodusteaduste vastu (Salonen, Kärkkäinen, ja Keinonen, 2018).

Paljud uurimused on näidanud, et õpilastel esineb hulgaliselt väärarusaamu erinevate loodusteaduslike mõistete, nähtuste ning nende omavaheliste seoste kohta (Rannikmäe ja Teppo, 2010).

Kiired muutused 21. sajandi info- ja kommunikatsioonitehnoloogias on toonud kaasa muutused nii ühiskonnas kui ka neid ühiskondi suunavates haridusasutustes (Karakoyun ja Yapıcı 2018). Mainitud valdkondade muutused eeldavad ka õpetajatelt oskust kasutada uusi tehnoloogilisi vahendeid omades hariduskeskkonnas rolli õpilaste tulevikuoskuste arendamisel. Sangeri, Brecheiseni ja Hyneki (2001) järgi aitab animatsioonide kasutamine õppetöös õpilastel mõista abstraktseid molekulaarbioloogia mõisteid. Erinevad uuringud on välja toonud arvamused, et *slowmation* aitab kaasa 21. sajandi oskuste arendamisele (Karakoyun ja Yapıcı, 2018; Atalay ja Boyacı, 2019) ja sobib kasutamiseks õppetöö läbiviimisel (Hoban, 2007; Hoban ja Ferry, 2006). Visuaalselt kaasahaarav info esitlemine (sh video loomine) muutub tulevikus normiks, mistõttu vajavad töötajad nende vahendite kasutamiseks ka keerukamaid oskusi (Davies jt, 2011).

Antud uurimustöö üheks uuritavaks aspektiks sai valitud *slowmationi* loomise mõju õpilaste õppimisele, sest see on õpilaste jaoks uudne ja vähe tutvustatud õppemeetod, mis on erinevate uuringute järgi oma efektiivsust õpetamisel tõestanud. Aeglustuse loomine toetab lisaks õpitava ainealase teema omandamisele ka viisuaalse teabe esitamise oskust ja infotehnoloogia alaseid oskuseid ning õpilaste loovuse arendamist. Ainealaste teadmiste seisukohast soovis töö autor välja selgitada kas õpilaste loodud aeglustustest on võimalik tuvastada õpilastel tekkinud väärarusaamu.

Käesolevas magistritöös püüti õpilaste loodud *slowmationite* analüüsimise tulemusena välja selgitada õpilastel esinevaid väärarusaamu mitoosi ajal toimuvatest muutustest rakus. Lisaks uuriti aeglustuse kui õppemeetodi kasutamise mõju õpilaste arusaamale raku jagunemise protsessis toimuvatest muutustest Tartu linna ühe kooli õpilaste näitel. Veel soovis töö autor välja selgitada ka õpilaste hinnangut *slowmationi* kui õppemeetodi kohta.

Antud magistritöö autorile teadaolevalt pole antud teema osas sellist uurimust Eestis varem läbi viidud. Uuritav teema on oluline, sest suur hulk varasemaid uuringuid on näidanud, et nii põhikooli kui ka gümnaasiumi õpilastel on rakubioloogia ja geneetika mõistmisega palju kontseptsioonilisi probleeme (Flores et al., 2003; Lewis ja Wood-Robinson, 2000; Marbach-Ad ja Stavy, 2000). Lisaks takistavad väärarusaamad tõhusat õppimist ja omavad pärssivat mõju huvi tekkimisele teaduse vastu (Suprpto, 2020). Mida varasemates etappides väärarusaamu tuvastada, seda suurem on tõenäosus, et õppijas tärkab huvi teaduse vastu ja tõuseb enesekindlus (Patil, Chavan ja Khandagale, 2019). Töö autor leiab, et lisaks väärarusaamade tuvastamisele on vajalik leida ka efektiivsemaid ning õpilaste jaoks uudse(ma)id ning köitvamaid õpetamismeetodeid ja seetõttu sai valitud eksperimentaalosa läbiviimise ühe etapi osaks aeglustuse loomine õpilaste poolt.

Lähtudes magistritöö eesmärgist tuvastada õpilastel tekkinud väärarusaamu mitoosi ajal toimuvatest protsessidest ning hinnata *slowmationi* kui õppemeetodi mõju õpitulemustele ja töö eksperimentaalse osa metoodikast, püstitas töö autor järgmised uurimisküsimused:

- Millised muutused toimuvad õpilaste arusaamades mitoosi ajal toimuvatest protsessidest rakus, kasutades õppemeetodina mitoosi animeerimist *slowmation* meetodiga?
- Millised väärarusaamad mitoosist ilmnevad *slowmation* meetodit kasutades?
- Kuidas hindavad õpilased *slowmation* video loomist õppemeetodina?

Magistritöö eesmärkide saavutamiseks koostati test, mida kasutati uurimustöö eksperimentaalosas nii eel-kui järeltestina, lasti õpilastel luua *slowmation* videod ning viidi läbi järelküsimustik eksperimentaalosas osalenud õpilaste seas töös kasutatud õppemeetodite kohta.

Töö valmimisele kaasa aitamise eest soovib töö autor tänada juhendaja Ana Valdmanni, kes suunas ning andis asjakohaseid nõuandeid ja soovitusi töö koostamisel. Samuti soovib töö autor tänada uurimuses osalenud õpilasi ja oma ainetunde kasutada võimaldanud

õpetajaid. Lisaks soovib töö autor tänada oma perekonda toetuse ja mõistva suhtumise eest antud töö kirjutamise perioodil.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1 Aeglustus - uus lähenemine õpetamisele

Slow Motion Animation (lühendatult ja edaspidi käesolevas töös *slowmation*) ehk aeglustustatud animatsioon (edaspidi aeglustus), on viimase aastakümne jooksul välja arendatud kaasaegne õpetamisviis, mida rakendatakse Wollongongi Ülikoolis loodusainete õpetamisel (Ekici ja Ekici, 2014). Seesugune meetod võimaldab õppijatel keerukatest teaduslikest protsessidest luua ise lühianimatsioone, et protsessi kontseptsiooni paremini mõista (Hoban, 2007; Hoban ja Ferry, 2006).

Animatsioone on ka varem kasutatud hariduslikel eesmärkidel, aga enamikel juhtudel on animatsioonid ekspertide loodud ja õpilased vaatavad neid õppeeesmärgil (Marbach-Ad ja Stavy, 2000). Ekspertide loodud videote vaatamisel saavad õpilased uut teavet ning on seeläbi tarbijad, kuid õppijate motivatsioon loodava sisu mõista on suurem, kui õppijad saavad ise olla kujundajad ja loojad (Chan ja Black, 2005). Lühianimatsiooni loomine *slowmation* meetodiga on üsna hõlpsasti teostatav, sest video looja liigutab ise manuaalselt detaile ning puudub vajadus keerukate objekte liigutavate mehhanismide järele (Ekici ja Ekici, 2014).

Aeglustuse käigus luuakse 1-2 minuti pikkune lühianimatsioon, mis räägib loo, ning just animatsiooni loomise protsess annab edasi loo mõtet ehk aitab paremini aru saada protsessi kontseptsioonist (Hoban ja Ferry, 2006).

Hoban ja Nielsen on välja toonud aeglustuse loomise protsessi viis faasi (2010):

- taustteabe hankimine – enne animatsiooni loomist on õpilastel oluline omandada vajalikud teadmised loodava sisu kohta, kas iseseisvalt informatsiooni otsides või õpetajapoolse ülevaate abil;
- kava (ingl *storyboard*) koostamine – süžeeskeemi kujundamine õpilaste poolt loodavast animatsioonist. Animatsioon jaotatakse loogilisse järjekorda paigutatult mitmeks stseeniks. Iga visandi kohta on õpilastel soovitatav kirjutada ka selgitav lühitekst;
- mudelite tegemine – kava järgi 2D- või 3D- mudelite tegemine. Mudelite loomisel võib kasutada erinevaid käepäraseid materjale: kive, oksi, lõnga, paberit, plastiliini jne. Kasutada võib ka juba olemasolevaid mudeleid;

- digifotode tegemine – õpilased pildistavad statiivilt, liigutades mudeleid tasapisi edasi, oma koostatud kava järgi pildiseeria;
- animatsiooni tegemine – õpilased ühendavad kõik varasemad etapid arvutis eritarkvara kasutades ühtseks animatsiooniks. Pildid pannakse liikuma kaks kaadrit sekundis ning neile lisatakse tehnoloogilisi täiendusi.

Aeglustus võib teatud määral sisaldada tehnoloogilisi täiustusi nagu jutukesed, muusika, teised pildid, mudelid, diagrammid, sildid, küsimused, staatilised pildid, erinevad tegelased ja kordused (Hoban ja Nielsen, 2010, 2014). *Slowmationi* erinevus arvuti animatsioonist on asjaolu, et arvutianimatsioonis mängitakse 24 kaadrit sekundis, aga aeglustuse puhul ainult kaks kaadrit sekundis, mille eesmärgiks on näidata ja selgitada aeglaselt mingi kindla teadusliku protsessi kontseptsiooni (Hoban, 2007).

1.2 Väärarusaamade olemus

Väärarusaam on arusaamatus, mis tekib mõiste sidumisel teiste mõistetega või juba õpitud mõistete sidumisel uute mõistetega ja selle tulemusena tekib õpitavast vale kontseptsioon (Suprpto, 2020). Eesti Keele Instituudi (edaspidi EKI) ühendsõnastik 2023 ütleb, et arusaam on milleski selgusele jõudmine, millegi mõistmine, teadlik suhtumine millessegi. Sünonüümidenä tuuakse EKI ühendsõnastikus välja järgnevad sõnad: käsitus, arusaamine, seisukoht, tõekspidamine, vaade, veendumus, veene, arvamus, nägemus, visioon, ettekujutus, teadlikkus, interpretatsioon, interpreteering, tõlgendus, tõlgitsus, tõde, positsioon, hoiak, kontseptsioon, mõistmine, versioon, uskumus, mõte. Antud töö raames käsitleb töö autor sõna arusaam kui millegi mõistmist, millestki arusaamist, kontseptsiooni, mõistmist.

Õpilastel esineb vigu erinevatest loodusteaduslikest mõistetest ja protsessidest arusaamisel (Lewis, 2000). Väärarusaamaks peetakse tavaliselt arusaama, mis oluliselt erineb teadlaskonna aktsepteeritust (Suprpto, 2020). Nüüdisajal kasutatakse sõnu väärarusaamad ja müüdid sünonüümidenä, algselt aga pärineb sõna müüt kreeka keelest (*mythos*) ja tähendas lihtsalt kõnet, juttu, lugu. Müüt on saanud oma tähenduse vale seetõttu, et kirjeldatu ei vastata enam kaasaegsele arusaamale looduseadustest (Espak ja Ots, 2015). Ühel hetkel on see olnud kehtiv arusaam, kuid teaduse arenedes on avastatud hoopis uued seosed.

Väärarusaamu ei koge mitte ainult õpilased, vaid ka täiskasvanud, sealhulgas õpetajad, õppejõud ja isegi professorid (Suprpto, 2020). Väärarusaamad takistavad teaduse mõtestatud mõistmist ning on takistuseks õppimisel (Olorundare, 2014), seega on väärarusaamade tuvastamine oluline ja silmapaistev etapp õpilaste halva soorituse parandamisel mis tahes ainevaldkonnas.

Rannikmäe ja Teppo (2010) on uurinud ja välja toonud terve hulga erinevate teadlaste poolt uuritud ja uurimisel selgunud seaduspärasusi: Näiteks, et õpilaste arusaamad on personaalsed, mis tähendab, et õpilased võivad interpreteerida koolis läbiviitud eksperimenti erinevalt, seda tulenevalt nende isiklikest elukogemustest ja et õpilaste arusaamasid iseloomustab püsivus. Välja on veel toodud, et õpilased pööravad tähelepanu eelkõige märgatavatele, mitte abstraktsetele protsessidele, nagu keemilise reaktsiooni toimumise mehhanism (Rannikmäe ja Teppo 2010).

1.2.1 Väärarusaamad raku jagunemise protsessist

Rakkude jagunemise mõistmine on aluseks, et aru saada geneetikast, kasvust, arengust, paljunemisest ning teistest bioloogia ainekavas käsitlevatest molekulaarbioloogilistest protsessidest (Oztas et al., 2003). Mitoosi ja meioosi on Dikmenli (2010) välja toonud kui õpetajatele raskesti õpetatavad ja õpilastele raskesti õpitavad bioloogiaalased protsessid just väärarusaamade või alternatiivsete arusaamade tekkimise tõttu. Lewis ja Wood-Robinson (2000) uurisid õpilaste arusaamasid pärilikkuse ja rakujagunemise seostest. Selgus, et suur hulk õpilasi ei erista geeni ja kromosoomi mõistet. Lewise (2000) poolt läbiviitud uuringute tulemused näitavad, et õpilaste arvates asuvad geenid ainult paljunemisega seotud organite rakkudes ja on suuremad kui kromosoomid. Samuti arvavad Lewise ja Wood-Robinsoni (2000) uuringus osalenud õpilased, et geene leidub ainult paljunemisega seotud organites ja kudedes, probleeme esineb ka geneetilise informatsiooni ja kromosoomide seose leidmisel.

Atilboz (2004) uuris õpilaste mitoosi ja meioosi mõistmise ja väärarusaamade taset ning selgus, et õpilastel on raskusi selliste rakkudega seotud mõistete mõistmisel nagu desoksüribonukleiinhape, kromosoom, kromatiid, homoloogsed kromosoomid, haploidsed ja diploidsed rakud. Väärarusaamade tekkimise põhjuseks on asjaolu, et õpilased ei suuda teha vahet replikatsioonil, sünapsite ülekandel ja jagunemisel ning kindlaks teha, kas need protsessid toimuvad mitoosi, meioosi käigus või mõlemal juhul (Smith, 1991). Suuremad

väärarusaamad hõlmavad põhimõistete mõistmise puudumist: kromatiidide segamini ajamine kromosoomidega või replikeeritud kromosoomidel ja replikeerimata kromosoomidel mitte vahet tegemine (Kindfield, 1994). Teaduses on mitmetel terminitel spetsiifiline tähendus, kuid õpilaste meelest seda erisust ei eksisteeri (Rannikmäe ja Teppo 2010).

Põhilised väärarusaamad mitoosi ajal toimuvatest protsessidest uuringute põhjal on (Ozcan et al., 2012; Dikmenli, 2010):

- Interfaas on rakkude jagunemise esimene etapp;
- Interfaasi ajal kahekordistatakse ainult DNA;
- DNA replikatsioon toimub raku jagunemisel profaasis;
- DNA replikatsioon toimub anafaasi ja telofaasi vahel raku jagunemise protsessis;
- DNA replikatsioon toimub tsütokineesis raku jagunemise protsessis;
- Interfaasi käigus rakumembraan kaob ja organellid hävivad;
- DNA koosneb kromosoomidest;
- Kromosoomid koos moodustavad DNA;
- Somaatilistes rakkudes toimub meioos;
- Interfaas on mitoosi puhkefaas;
- Kromosoomide arv kahekordistub profaasis ja jaguneb uuesti anafaasis;
- Kromosoomid ja kromatiidid on sisuliselt samad asjad;
- Mitoosi korral eraldatakse homoloogilised kromosoomid anafaasi käigus;
- Kromosoomil on jagunemise ajal alati kaks kromatiidi;
- Kromosoomide arv väheneb pärast mitoosi poole võrra;
- Kromosoomide arv kahekordistub peale mitoosi;
- Tsentrosoomid ja tsentrioolid on sisuliselt samad asjad;

Esimese aasta bioloogia eriala tudengitega läbi viidud uuringus selgus, et üliõpilastel olid väärarusaamad, puudulik teave ja alternatiivsed arusaamad mitootilise ja meiootilise raku jagunemise osas (Ozcan et al., 2012). Tudengite poolt antud vastused näitasid, et puudused tulenesid peamiselt nende gümnaasiumis omandatud teadmistest, mille peamiseks põhjuseks on (pähe)õppimise meetodika. Teise võimaliku põhjusena tõid Ozcan et al. (2012) välja asjaolu, et õpilastel on keeruline rakusiseseid protsesse mõista, sest need on mikroskoopilisel tasandil.

1.3 Mitoosi käsitus gümnaasiumi bioloogias

Koolibioloogias käsitletakse mitoosi bioloogia II kursuse “Organismid” organismide arengu alateema raames. Gümnaasiumi riiklik õppekava (edaspidi GRÕK) loodusainete ainekavas on välja toodud oodatavad õpitulemused (Gümnaasiumi riiklik ..., 2011). Mitoosi käsitlemise juures on oodatav ainekavas välja toodud õpitulemus, et õpilane selgitab fotode ja jooniste põhjal mitoosi- ja meioosi faasides toimuvaid muutusi.

1.4 21. sajandi oskused

Ühiskonnal on uued ootused sellele, missuguseid oskusi tuleks õpetada lastele ja noortele 21. sajandil hakkama saamiseks ja tööturul edukas olemiseks (Alleman ja Haugas 2021). Palju on räägitud koolisüsteemi kaasajastamise vajadusest ja sellest, et kuigi maailm on paarikümne aasta jooksul drastiliselt muutunud, heidetakse koolidele ette, et kool on oma iidsete traditsioonide ja põhimõtetega ikka samaks jäänud (Ait ja Rannikmäe, 2014). Kriitilise mõtlemise, probleemilahenduse, digivahendite kasutamise ja suhtlemise (sh koostöö tegemise ja veenmise, aga ka mitmekultuurilises keskkonnas suhtlemise) oskus on pädevused, mis on tänapäeva kiiresti muutuvates ja komplekssetes ühiskondades muutunud iseäranis oluliseks ja seetõttu võiksid nende teadlikule ja süsteemsele arendamisele keskenduda ka üldhariduskoolid (Alleman ja Haugas 2021)

Üks olulisemaid 21. sajandi muutusi on tehnoloogia areng, mis on toonud endaga kaasa suuri ümberkorraldusi nii töajuturul kui ka inimeste isiklikus elus, mistõttu rõhutatakse väga palju tehnoloogiliste teadmiste ja oskuste arendamist (Davies et.al., 2011). Haridus ja Teadusministeeriumi (2014) Eesti elukestva õppe strateegias tuuakse välja, et digitaalse õppevara kasutamine õppetöös aitab õppimist kõitvamaks muuta ning avardab elukestva õppe võimalusi ning et 21. sajandil ei ole õpetaja rolliks olla infoallikas, vaid seoste looja ja väärtushoiakute kujundaja, kelle ülesanne on arendada õppijas kriitilist ja loovat mõtlemist, analüüsioskust, meeskonnatööd, ettevõtlikkust ning suulise ja kirjaliku eneseväljenduse oskust. Me kas oskame orienteeruda ja tunneme ennast hästi meid ümbritseva pidevalt uueneva tehnoloogia keskel, olles seega ka töajuturul konkurentsivõimelised, või siis mitte (Ait ja Rannikmäe, 2014). Järgmise põlvkonna töötajad peavad tulevikus oskama kasutada video loomise tarkvara (isikliku) visuaalse teabe loomise ja sellega ümber käimise jaoks täpselt sama hästi kui tänapäeval osatakse ümber käia paberi ja pliiatsiga (Davies et.al., 2011).

2. Metoodika

Käesolevas magistritöös uuriti gümnaasiumi õpilaste väärarusaamu keharakkude jagunemisel toimuvate protsesside mõistmisel, kasutades õpilaste poolt mitoosi animeerimist *slowmationi* meetodiga. Video ja järeltesti eesmärk oli välja selgitada, kas video loomine aitab õpilastel mitoosi ajal toimuvaid muutusi paremini mõista ning väärarusaamu tuvastada. Eel- ja järeltesti võrdlusega püüti välja selgitada, kas peale *slowmationi* loomist õpilaste ainealased teadmised töö teostamiseks valitud bioloogilisest protsessist paranevad. Lisaks uuriti, milliseid väärarusaamu ilmnes õpilaste loodud aeglustustes. Veel soovis töö autor küsimustiku abiga teada saada uurimuses osalenud õpilastel hinnangut *slowmationile* õppemeetodina. Esimesele uurimusküsimusele vastuse saamiseks võrreldi õpilaste vastuseid eel- ja järeltestis. Teisele uurimusküsimusele vastuse saamiseks analüüsiti õpilaste loodud videoid. Kolmandale uurimusküsimusele vastuse saamiseks kasutati järelküsimustikku kogu protsessi vältel kasutatud õppemeetodite kohta.

2.1 Uuringu disain

Uuringu läbiviimiseks tutvus töö autor esmalt kirjanduse ja eelnevate sarnaste uuringutega. Järgnes õpilastele eel- ja järeltesti ning *slowmationi* teostamiseks vajaliku tööjuhendi koostamine (lisa 1 ja lisa 2). Töö autor piloteeris eelnevalt ühe õppegrupiga kogu kavandatud tegevuse. Piloteerimise eesmärk oli välja selgitada, kui kaua aega antud tegevused nõuavad, kuidas see on teostatav ja kas töö autori poolt välja valitud vabavara programm on sobilik aeglustuse loomiseks. Eelpool mainitud tegevuste põhjal sai paika panna ka põhiuuringuks kuluvate tundide arvu.

Õpilaste ainealaste teadmiste ja väärarusaamadega seonduvate muutuste uurimiseks koostati test, mida õpilased lahendasid nii eel- kui järeltestina. Testi sõnastust kontrolliti piloteerimise käigus ja teostati vajalikud parandused. Eksperthinnangu testile andsid kolm loodusainete õpetajat. Õpilaste hinnangu saamiseks õppemeetodite ning teema raskusastme kohta koostati õpilastele küsimused, kus õpilased said anda enda poolse hinnangu antud uurimustöös kasutatud õppemeetodite kohta (lisa 4).

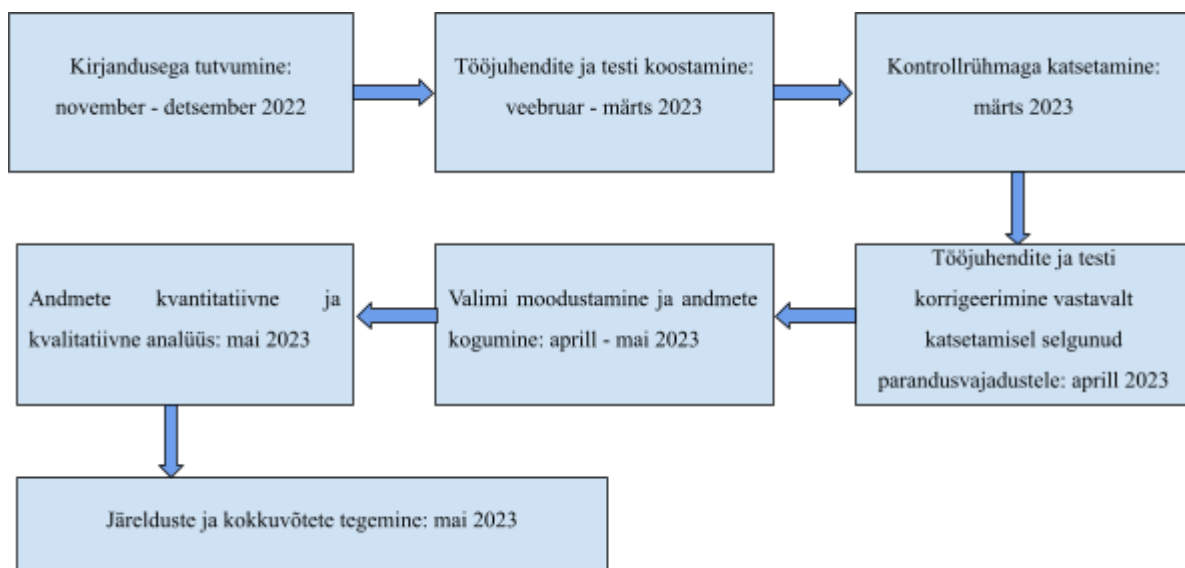
Kokku kulus eksperimentaalse osa teostamiseks õpilastega seitse 45 minutilist ainetundi. Esimesel kahel tunnil juhatati kõigepealt teema sisse töö autori poolt lühikese esitlusega, seejärel said õpilased iseseisvalt või koos pinginaabriga täita õpiku abiga töövihiku

ülesandeid. Vahetult pärast iseseisvat õppimist täitsid õpilased eeltesti (lisa 1). Testi sooritasid õpilased individuaalselt tunni lõpus, abimaterjale kasutamata.

Järgnevas neljaks tunniks jagasid õpilased ennast omal valikul kolme- või neljaliikmelistesse rühmadesse, millele järgnes ühiselt aeglustuse loomine. Esmalt koostati kava (lisa 3), seejärel pildistati oma kava järgi pildiseeria ja pandi arvutis tehtud piltidest kokku animatsioon, millele lisati vajalikud selgitused ja lisati täpsustavaid märksõnu.

Viimases tunnis lõpetasid õpilased enda animatsiooni ning lahendasid järeltesti (lisa 1), mis koosnes samadest ülesannetest, millest eeltestki. Sama testi kasutamise eesmärk nii eel- kui ka järeltestina oli võrrelda õpilaste vastuseid, et näha, kas *slowmationi* teostamise järel on nende arusaamine mitoosi käigus toimuvatest protsessidest muutunud. Kõige viimase asjana peale järeltesti sooritamist täitsid õpilased veel järelküsimustiku (lisa 4) eksperimentaalses osas kasutatud õppemeetodi(te) kohta. Antud uurimustöö etappe on iseloomustatud joonisel 1.

Joonis 1. Uuringu disain



2.2 Valim

Magistritöö andmete kogumiseks moodustati mugavusvalim, mis koosnes ühe Tartu kooli kahe klassi õpilastest. Uuringusse valiti gümnaasiumiastme õpilased, kuna GRÕK (2011) järgi on neil loodusainete ainevaldkonnas ettenähtud mitoosi käsitus. Uuringu käigus andis õpilastele tunde töö autor. Esialgsesse valimisse kuulus kahe klassi peale kokku 38 õpilast. Lõpliku valimisse kuulus 23 õpilast, kes olid täitnud nii eel- kui ka järeltesti ning loonud ka *slowmation* video.

2.3 Instrumendid

Magistritöö eksperimentaalse osa moodustas õpilaste omandatud teadmisi kontrolliva testi (lisa 1) koostamine ning hilisem eel-ja järeltesti andmete omavaheline võrdlemine ja analüüsimine, mille tulemusena hinnati *slowmationi* kui õppemeetodi mõju õpilaste õpitulemustele. Lisaks kasutati eksperimentaalosas õppemeetodina õpilaste poolt mitoosi animeerimist *solwamation* meetodiga, mille tulemusi hiljem töö autori poolt samuti analüüsiti. Testi (lisa 1) küsimused koostas töö autor lähtudes ühest töö eesmärgist - tuvastada õpilastel tekkivad väärarusaamad mitoosi käigus toimuvate protsesside osas. Testi koostamisel võeti aluseks GRÕK-is (2011) välja toodud pädevused, õpitulemused, õppesisu ja gümnaasiumi bioloogiaõpikutes esinevad mõisted mitoosiga seotud teemade kohta. Küsimuste koostamisel lähtus töö autor ka käesoleva töö kirjanduse ülevaates ilmnunud väärarusaamadest (vt ptk 1.2.1). *Slowmationi* tööjuhendite tegemiseks kasutati Wollongongi Ülikooli www.slowmation.com lehel olevate professor Garry Hobani poolt koostatud juhendite näidiseid. Aeglustuse monteerimiseks otsustas töö autor kasutada vabavara keskkonda canva.com. Canva keskkond osutus valituks seetõttu, et võimaldas teostada kõiki aeglustuse loomiseks vajalikke toiminguid ilma vabavara alla laadimata, mis ei pruugi igas koolis alati infotehnoloogiliste piirangute tõttu võimalik olla.

2.4 Andmeanalüüs

Antud magistritöö eksperimentaalses osas õpilaste valim ei vastanud normaaljaotusele, sest kasutati ühe kooli kahe erineva õppegrupi õpilasi. Kuna võrreldi samade õpilaste eel- ja järeltestide vastuseid, siis kasutati andmete analüüsimiseks Wilcoxon'i märgitesti, mis on sobilik sõltuvate gruppide ordinaal- ehk järjestikaskaalal olevate tunnuste või arvuliste andmete võrdlemiseks, mis ei vasta normaaljaotusele. Eel- ja järeltestide analüüsimiseks kantud andmed tabelitöötlusprogrammi Microsoft Excel 2016, andmed korrastati ja salvestati CVS formaati. Tulemuste statistiliseks analüüsiks eksporditi korrastatud andmed andmetöötlusprogrammi JASP.

Õpilaste loodud aeglustuste analüüsimiseks vaatas töö autor korduvalt õpilaste teostatud töid ning kirjutas välja väärarusaamad, mida videosid vaadates ja kuulates tuvastas. Õpilaste videotestides esinenud väärarusaamad kirjutati esialgu eraldi välja Microsoft Excel 2016 tabelisse, hiljem koondati need ühiste väärarusaamade tunnuste põhjal kompaktsemasse tabelisse, et saada parem ülevaade ja vastus ühele töös püstitatud uurimusküsimusele.

Järelküsimustiku analüüsimiseks kanti andmed tabelitöötlusprogrammi Microsoft Excel 2016. Tulemuste visualiseerimiseks loodi andmete põhjal diagrammid (joonised 2, 3, 4, 5 ja 6). Järelküsimustiku kolm viimast küsimust koondati sarnaste vastuste põhjal ning saadud andmete põhjal loodi koondatud andmetega sagedustabel (tabel 3).

2.5 Eetika ja usaldusväärsus

Uurimuse kavandamisel analüüsiti eetilisi aspekte ning võeti uurimuse läbiviimisel arvesse. Alaealiste õpilaste puhul küsiti nii lapsevanema(te)/hooldaja(te) kui ka õpilaste enda nõusolekut. Nende õpilaste puhul, kes olid täisealised, lapsevanema(te)/hooldaja(te) luba ei küsitud. Õpilastele selgitati, miks uurimust läbi viiakse ning mida andmetega tehakse ja et andmeid kogudes taustaandmed kodeeritakse mistõttu andmeid töös konkreetsete isikutega seostada ei ole võimalik. Kooli nime samuti töös ei avalikustata ning uurimuses osalemine on vabatahtlik. Uurimus viidi läbi bioloogia tundide raames.

3. Tulemused

3.1 Testide tulemused

Järgnevalt on eel- ja järeltestide tulemused esitatud ning tulemused selgitatud küsimuste kaupa. Tulemuste puhul ei ole välja kirjutatud küsimuste ees olevat konteksti. Tabelitesse on märgitud uurimuses osalenud õpilaste arv (N), eeltesti ja järeltesti keskmine tulemus (M), standardhälve (SD), Wilcoxon testi absoluutväärtus (edaspidi Wilcoxon testistatistik) (Z) ja statistiline olulisus (p). Õpilaste poolt vastamata jäänud küsimusi andmetes eraldi välja toodud ei ole, sest neid käsitles töö autor antud töös kui valesid vastuseid (eeldades, et õpilane ei teadnud/osanud vastata) ja need andsid töö sooritajale 0 punkti, niisamuti nagu ka valed vastused.

Tabel 1. Eel- ja järeltesti esimese küsimuse statistiline võrdlus

N=23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Millised allpool olevatest väidetest aitaks isal Martinile kõige korrektsemalt selgitada marrastuse (haava) paranemist? Max punktide arv 2.p	0,957 (0,562)	0,739 (0,619)	1,223	0,178

Uuringus osalenud õpilaste töödest ilmnes, et vabavastuselise küsimuse osas (tabel 1), kus õpilased pidid selgitama, kuidas paranevad haavad (marrastused), eel- ja järeltesti võrdluses statistiliselt olulist muutust ei toimunud ($p > 0,05$; $Z = 1.223$). Antud küsimuse puhul vastasid õpilased keskmise tulemuse põhjal eeltestis paremini ($M = 0.957$; $SD = 0.562$) kui järeltestis ($M = 0.739$; $SD = 0,619$), kuid standardhälve oli järeltesti puhul suurem, mis näitab seda, et õpilaste teadmised antud küsimuse osas olid grupi seisukohast ühtlasemate tulemustega eeltestis.

Tabel 2. Eel- ja järeltesti teise küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Miks peavad täiskasvanud organismi rakud olema võimelised jagunema? Max punktide arv 2.p	0.239 (0.333)	0.217 (0.394)	0.254	0.860

Valikvastustega küsimuse puhul “Miks peavad täiskasvanud organismi rakud olema võimelised jagunema?” (tabel 2), ei toimunud samuti eel- ja järeltesti vahel statistiliselt olulist muutust ($p > 0,05$; $Z = 0.254$). Keskmise tulemus oli eeltestis mõnevõrra parem ($M = 0.239$), kui järeltestis ($M = 0.217$).

Tabel 3. Eel- ja järeltesti kolmanda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Täienda rakutsükli skeemi allpool olevate mõistetega (kirjuta joonisel oleva halli ringi sisse vastava mõiste number) ning lisa skeemile viitejoontega ka mitoosi faasid. Max punktide arv 2.p	0.783 (0.580)	0.957 (0.475)	-0.978	0.331

Eel- ja järeltesti kolmanda küsimuse andmetest (tabel 3) selgub, et kolmanda küsimuse järeltesti keskmine tulemus oli parem ($M = 0.957$; $SD = 0.475$) kui eeltesti ($M = 0.783$; $SD = 0.580$), kuid ka selle küsimuse juures ei toimunud statistiliselt olulist muutust ($p > 0.05$). Kusjuures maksimaalne võimalik saadav punktide arv ülesande eest oli kaks punkti kuid mõlemas testis jäi keskmine tulemus alla ühe punkti.

Tabel 4. Eel- ja järeltesti neljanda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Otsusta, kas esitatud väide on tõene või väär. Max punktide arv 1.p	0.478 (0.511)	0.034 (0.470)	1.826	0.072

Neljanda küsimuse, kus õpilased pidid otsustama, kas väide, et mitoos moodustab 90% rakutsüklist, on õige või väär (tabel 4), eel- ja järeltesti võrdluses oli küsimusele paremini vastatud eeltestis (keskmise tulemus 0.478) kui järeltestis (keskmise tulemus 0.034), kuid statistiliselt olulist muutust ($p > 0.05$) kahe testi vastuste osas ei toimunud.

Tabel 5. Eel- ja järeltesti viienda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Selgita, millised muutused toimuvad rakus interfaasi ajal. Max punktide arv 1.p	0.239 (0.423)	0.261 (0.423)	-0.105	1.000

Vabavastuselise küsimuse, kus õpilased pidid selgitama rakus interfaasi ajal toimuvaid muutuseid eel- ja järeltesti vahel, tulemused on toodud tabelis 5. Statistiliselt olulist muutust ($p > 0.05$; $Z = -0.105$) ei toimunud ning mõlema testi keskmine tulemus oli väga sarnane ($M = 0.239$ ja $M = 0.261$). Standardhälve oli mõlema testi puhul sama ($SD = 0.423$).

Tabel 6. Eel- ja järeltesti kuuenda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Kirjuta selgituse taha antud valikust õige mõiste (kromatiidid, tsentromeer, tsentrosoom, tsentrioolid, tuumakesed, kromosoom, kääviniidid). Max punktide arv 3.5 p	0.630 (0.527)	1.196 (0.598)	-3.111	0.002

Ülesndes, kus õpilased pidid ette antud mõiste taha kirjutama valikust õige definitsiooni toimus keskmise saadud punktisumma osas oluline muutus (tabel 6). Eeltestis said õpilased selle küsimuse eest keskmiselt vaid 0.630 punkti, järeltestis aga juba 1.196 punkti, standardhälve jäi mõlema testi puhul sarnaseks (eeltesti $SD = 0.527$ ja järeltesti $SD = 0.598$). Eel- ja järeltesti osas toimus statistiliselt oluline muutus ($p < 0.05$) peale *slowmation* meetodiga mitoosi animeerimist, mis tähendab, et õpilased oskasid peale animeerimist antud küsimusele paremini vastata.

Tabel 7. Eel- ja järeltesti seitsmenda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
--------	----------------	------------------	---	---

Kirjuta rakutuuma jagunemise joonisele viitejoonega märgitud osade nimetused. Max punktide arv 2.p	0.522 (0.574)	0.783 (0.518)	-2.062	0.035
--	---------------	---------------	--------	-------

Ülesandes, kus oli vajalik viidata rakutuuma joonisele toimus õpilaste teadmistes järeltesti vastuste osas positiivne statistiliselt oluline ($p < 0.05$) muutus (tabel 7). Õpilased vastasid küsimusele järeltestis paremini ($M = 0.783$) kui eeltestis ($M = 0.522$), kusjuures standardhälve jäi mõlema testi puhul sarnaseks (eeltestis $SD = 0.574$ ja järeltestis $SD = 0.518$), mis tähendab, õpilaste vastuste osas toimus kogu valimi ulatuses ühtlane positiivne areng. Küsimuse eest oli võimalik saada maksimaalselt kaks punkti, kuid küsimuse keskmise vastuse punktid jäid alla ühe punkti.

Tabel 8. Eel- ja järeltesti kaheksanda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Kirjuta joonisel olev täht tabelis õige numbri taha nii, et nr. 1 tähistab mitoosi kõige esimest etappi. Lisa omalt poolt kõrval olevasse lahtrisse konkreetse faasis toimuva kirjeldus. Max punktide arv 6.p	1.129 (1.008)	2.000 (1.595)	-3.621	<.001

Küsimuse osas, kus õpilased pidid kandma joonisel kujutatud mitoosi faasid tabelisse faaside toimumise järjekorras, teadma faasi nimetust ning vabavastusena oma sõnadega selgitama, mis konkreetse faasis toimub, toimus statistiliselt oluline muutus ($p < 0.05$). Eeltestis oli küsimuse eest saadud keskmine punktisumma 1.129 ($SD = 1.008$), aga järeltestis 2.000 ($SD = 2.00$). Küsimuse eest saadav maksimaalne punktisumma oli kuus punkti, kuid keskmine tulemus jäi oluliselt alla selle (tabel 8).

Tabel 9. Eel- ja järeltesti üheksanda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
--------	----------------	------------------	---	---

Leia sibula juuretipu mikrofotolt anafaas. Tee anafaasis olevale rakule fotol ring ümber. Max punktide arv 1.p	0.304 (0.470)	0.674 (0.467)	-2.132	0.021
--	---------------	---------------	--------	-------

Üheksandale testi küsimusele, kus õpilastel oli vaja tuvastada sibula juuretipu mikrofotol anafaas oli eeltestis keskmine tulemus 0,304, standardhälve 0.470, järeltestis oli keskmine tulemus rohkem kui kaks korda parem ($M = 0.674$) ning standardhälve oli 0.467 (tabel 9). Kuna $p < 0.05$, siis oli selle küsimuse tulemus statistiliselt usaldusväärne, mis tähendab, et selle küsimusega kontrollitavale teadmisele oli *slowmationi* loomisel mõju.

Tabel 10. Eel- ja järeltesti kümnenda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Selgita, mis toimub mitoosi käigus kromosoomidega profaasi ja anafaasi käigus? Max punktide arv 2.p	0.043 (0.209)	0.587 (0.701)	-2.803	0.005

Avatud vastusega küsimuses, kus õpilased pidid selgitama, mis toimub kromosoomidega profaasi ja anafaasi käigus saadi järeltestis keskmiselt 0.043 punkti ja järeltestis 0.0587 punkti, $p < 0.05$ ja $Z = -2.803$, mis tähendab, et tulemus oli statistiliselt oluline ja aeglustuse teostamine omas sellele küsimusele vastamise juures ja õpilaste arusaamisele mõju (tabel 10).

Tabel 11. Eel- ja järeltesti üheteistkümnenda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Kui inimese naharakus on 46 kromosoomi, siis kui palju kromosoomide on naharakkude jagunemisel tekkivates tütarakkudes? Max punktide arv 1.p	0.478 (0.511)	0.652 (0.487)	-1.826	0.072

Valikvastustega küsimuses, kus õpilastel oli vaja valida kui palju kromosoomide on naharakkude jagunemisel tekkivates tütarakkudes statistilised tulemused on toodud tabelis 11. Järeltesti keskmine tulemus (0.652) oli natukene parem kui eeltesti tulemus (0.478),

kuid statistiliselt olulist muutust eel- ja järeltesti vastuste osas ei toimunud, sest $p > 0.05$, mis näitab, et *slowmationi* loomine antud küsimusele vastamise osas statistiliselt usaldusväärset olulist mõju ei avaldanud.

Tabel 12. Eel- ja järeltesti kaheteistkümnenenda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Järjesta nummerdades vähi arengu etapid (pane pildid õigesse järjekorda) ning vali igale etapile õige kirjeldus (kirjuta numbriga taha õige täht loetelust). Max punktide arv 4.p	0.804 (0.765)	1.174 (0.824)	-1.923	0.054

Ülesande, kus õpilased pidid etteantud joonised vähi arenguetappidest nummerdades õigesse järjekorda järjestama ning viima pildil toimuva kokku ette antud selgitusega statistilised tulemused on välja toodud tabelis 12. Keskmiseks tulemuseks eeltestis oli 0.804 (SD=0.765) ja järeltestis 1.174 (SD=0.824). Toimus statistiliselt usaldusväärne muutus testide tulemuste vahel ($p \leq 0.05$).

Tabel 13. Eel- ja järeltesti kolmeteistkümnenenda küsimuse statistiline võrdlus

N = 23	Eeltest M (SD)	Järeltest M (SD)	Z	p
Tee teksti põhjal järeldus, miks kiiritusravi mõjub kasvajarakkudele rohkem kui normaalsetele rakkudele. Max punktide arv 1.p	0.304 (0.470)	0.739 (0.449)	-2.550	0.004

Ülesandes, kus õpilastel tuli ette antud teksti põhjal teha järeldus, miks kiiritusravi mõjub kasvajarakkudele rohkem kui normaalsetele rakkudele toimus eel- ja järeltesti vahel statistiliselt usaldusväärne muutus kus $p < 0.05$, mis tähendab, et õpilaste tulemuste paranemine ei olnud juhuslik. Järeltesti keskmine tulemus oli eeltesti keskmisest tulemusest parem. Vastavalt 0.739 ja 0.304. Järelikult oli aeglustuse loomisel sellele küsimusele vastamiseks vajalike teadmiste osas positiivne mõju.

3.2 Aeglustatud videote tulemused

Antud töö eksperimentaalse osa osana valmis seitse õpilaste poolt loodud *slowmation* videot. Kahjuks mitme video juures õpilased ei rääkinud aeglustatud videotele peale vaid kirjutasid faaside vahelise teksti õpikust maha, mistõttu osutus keeruliseks tuvastada videotest väärarusaamu. Töö autor oma eksperimentaalosa planeerides arvas, et õpilastel ei ole probleemi videole verbaalsete selgituste pealelugemisega, aga pooltes videotest õpilased keeldusid seda tegemast tuues põhjenduseks klassiruumis oleva taustamüra ja/või asjaolu, et neile ei meeldi oma enda häält kuulda. Kuna tegu oli vabatahtliku uurimuses osalemisega, siis oli oluline, et õpilastele jääks autonoomia valida, kuidas nad oma aeglustuse teha soovivad (kas häälega pealelugemisega või ilma). Hoolimata eelpool mainitud asjaolust andis töö autor oma parima, et videoid asjakohaselt analüüsida ja mõned väärarusaamad siiski tuvastati ning need on välja toodud tabelis 14.

Tabel 14. Õpilaste poolt loodud aeglustustes ilmnenuvad väärarusaamad

Väärarusaam	Esinemisagedus
Interfaasi ajal kahekordistatakse ainult DNA	3
Kromosoomid ja kromatiidid on sisuliselt samad asjad	1
Kromosoomide arv väheneb pärast mitoosi poole võrra	2
Kromosoomide arv kahekordistub peale mitoosi	3

Video loomisel ja selleks kava koostamisel kasutasid kõik grupid õpikus olevat infot. Kasutati Avita kirjastuse bioloogia õpikut gümnaasiumile (osa 2). Selgus, et seitsmest videost kolmes olid õpilased välja toonud, et interfaasi ajal kahekordistatakse vaid DNA. Tegelikult suureneb ka rakuorganellide arv. Seda ei olnud õpilased välja toonud mistõttu võib järeldada, et neile on jäänud mulje, et interfaasi ajal kahekordistub vaid DNA.

Ühe video selgituste põhjal saab järeldada, et selle video loonud õpilaste jaoks olid kromosoomid ja kromatiidid sisuliselt sama tähendusega mõisted, sest kordagi ei kasutatud õpilaste poolt sõna kromatiidid või tütarkromosoomid.

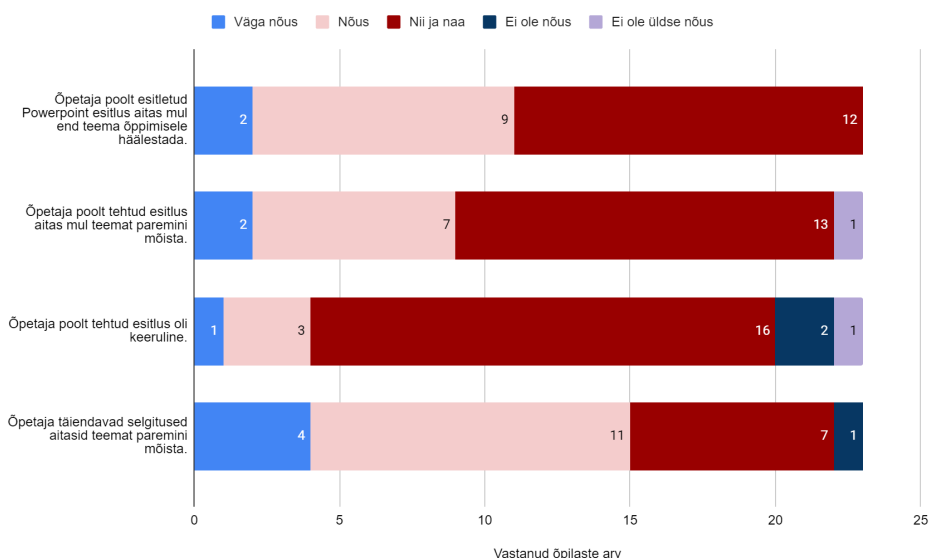
Kahel korral tuli välja väärarusaam, et kromosoomide arv väheneb pärast mitoosi poole võrra ja kolmel korral, et kromosoomide arv kahekordistub peale mitoosi. Selle järelduse sai teha õpilaste poolt liigutatavate detailide põhjal, kus nad vastavalt jagasid algsed kromosoomid kahele poole või siis tekitasid mitoosi lõpuks neid juurde.

3.3 Järeloküsimustike tulemused

Selleks, et võtta arvesse ka õpilaste arvamust *slowmationi* kui uudse õppemeetodi kohta koostas töö autor õpilastele peale eksperimentaalosa sooritamist järeloküsitluse. Õpilastelt küsiti arvamust ka teiste eksperimentaalosas kasutatud õppemeetodite kohta, et õpilasel oleks olemas võrdlusmoment. Küsimustikus küsiti lisaks eelnevale ka uuringus osalenud õpilaste üldist hinnangut mitoosi kui õpitava teema keerukusele. Küsimustiku lõppu oli lisatud kolm vabavastuselise küsimust selle kohta, mis õpilastele aeglustuse juures enim meeldis, mis valmistas raskusi ja kas neile meeldiks kui õpetaja(d) ka edaspidi seesugust õppemeetodit rakendaksid. Avatud vastustega küsimused koondas töö autor sarnaste vastuste põhjal tabelisse 3. Valikvastustega küsimuste tulemused kategoriseeriti õppemeetodite kaupa ning on järgnevalt esitatud diagrammidena ning analüüsitud.

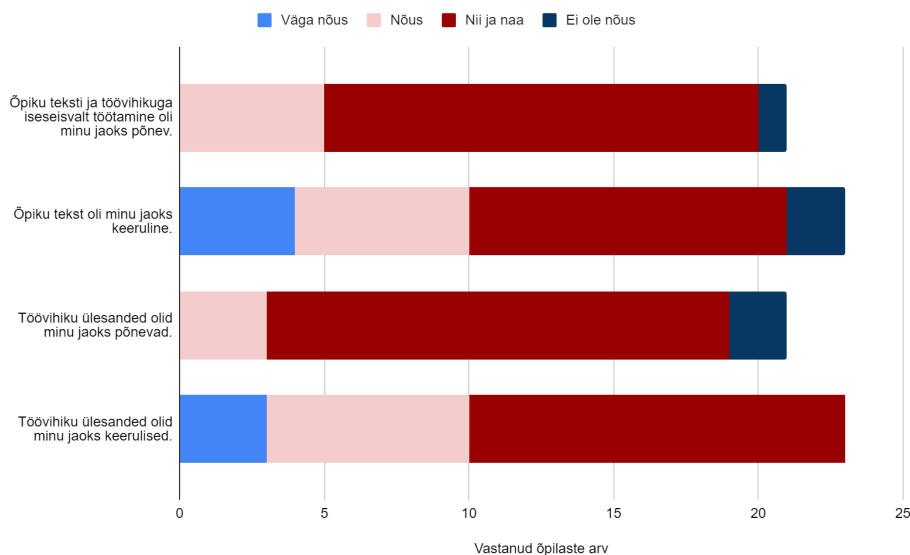
Õpilaste hinnang õpetajast sõltuvatele meetoditele teema õpetamisel on toodud joonisel 2. Küsitlusest selgus, et 23-st õpilasest 11 olid nõus või väga nõus väitega, et õpetaja poolt tunni sissejuhatamine slaidiesitlusega aitas neil end teema õppimisele häälestada. Sellega, et õpetaja poolne slaidiesitus aitas teemat paremini mõista oli nõus 9 õpilast 23-st, üks õpilane ei olnud selle väitega üldse nõus. Neli õpilast leidis, et õpetaja poolt tehtud esitus oli keeruline. Kaks õpilast ei olnud selle väitega nõus ja üks ei olnud üldse nõus. 15 õpilast olid nõus või väga nõus sellega, et õpetaja täiendavad selgitused aitasid neil teemat paremini mõista, üks õpilane ei olnud selle väitega nõus.

Joonis 2. Õpilaste hinnang õpetajast sõltuvatele meetoditele teema õpetamisel



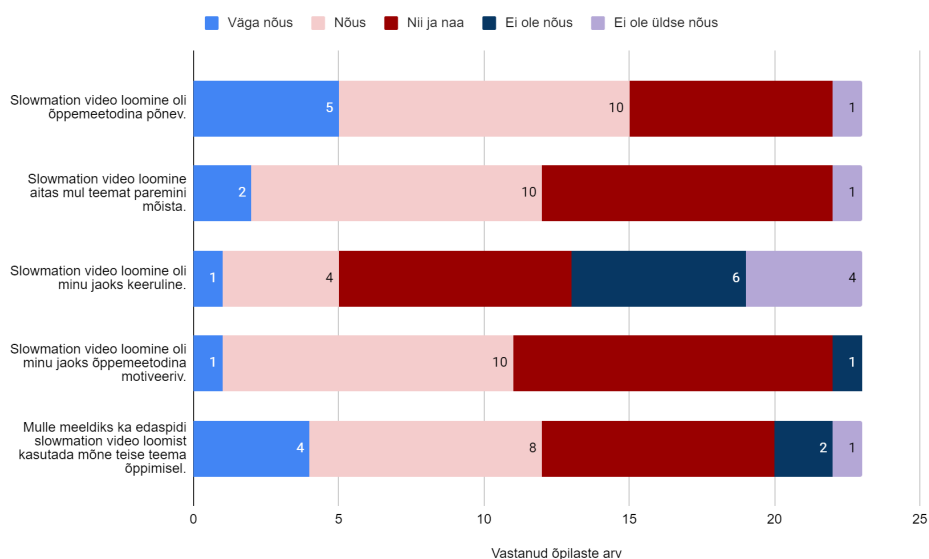
Õpiku ja töövihikuga iseseisva õppimise kohta õpilaste poolt antud hinnangud on kajastatud joonisel 3. Viis õpilast pidas õpiku ja tekstiga iseseisvalt töötamist põnevaks ning kolm õpilast ei olnud selle väitega nõus või ei olnud üldse nõus. 15 õpilast ei osanud selles osas konkreetset seisukohta võtta (vastus nii ja naa). Õpiku teksti hindas keeruliseks või pigem keeruliseks 10 õpilast 23-st, 2 õpilast ei hinnanud õpiku teksti keeruliseks. Neli õpilast ei olnud nõus või ei olnud üldse nõus väitega, et töövihiku ülesandeid põnevad olid, kolm õpilast pidasid töövihiku ülesandeid põnevaks ning 16 õpilast ei osanud selles osas konkreetset seisukohta võtta. Nõus või väga nõus väitega, et töövihiku ülesanded olid keerulised, oli 10 õpilast 23-st.

Joonis 3. Õpilaste hinnang õpiku ja töövihiku kasutamisele õppemeetodina



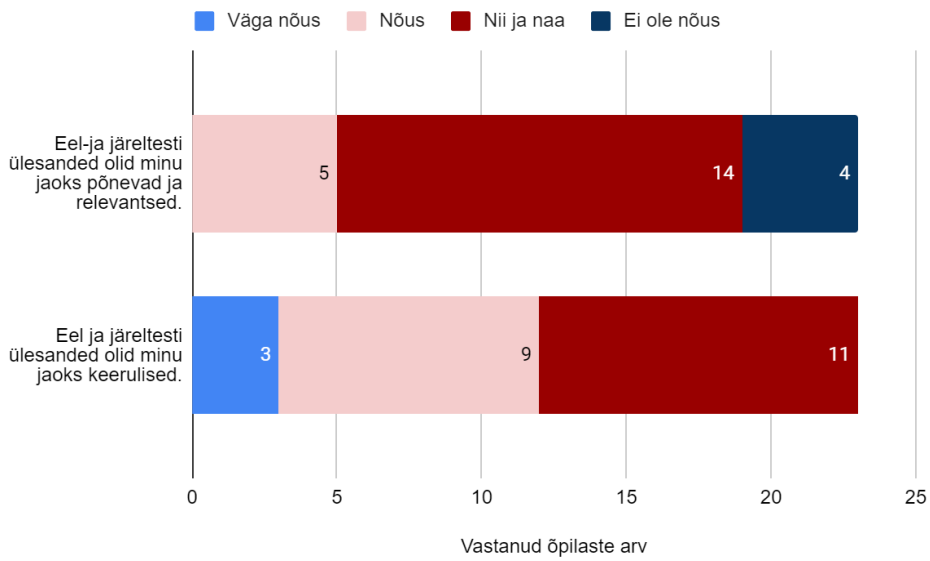
Järeloküsimustiku tulemused õpilaste hinnanguga *slowmation* animeerimise kui õppemeetodi kohta on toodud tabelis 4. *Slowmation* animeerimist pidas õppemeetodina põnevaks või väga põnevaks 15 õpilast 23-st, mis on üle 50% valimist. Seitse õpilast vastas, et nii ja naa ja üks õpilane ei olnud väitega nõus. Sellega, et *slowmation* video loomine aitas teemat paremini mõista nõustus 12 õpilast, 13 õpilast vastas nii ja naa ning üks õpilane ei nõustunud väitega üldse. *Slowmation* animeerimise protsessi keerukuse väitega nõustus või väga nõustus 5 õpilast, 10 õpilast ei olnud või pigem ei olnud väitega nõus. *Slowmationiga* õppimist pidas motiveerivaks või pigem motiveerivaks kokku 11 õpilast, väitega ei nõustunud vaid 1 õpilane. Aeglustust ka edaspidi mõne teise teema õppimisel kasutada meeldiks või väga meeldiks 12 õpilasele, kolm õpilast seda kohe kindlasti või pigem ei soovi teha.

Joonis 4. Õpilaste hinnang *slowmation* video loomisele õppemeetodina



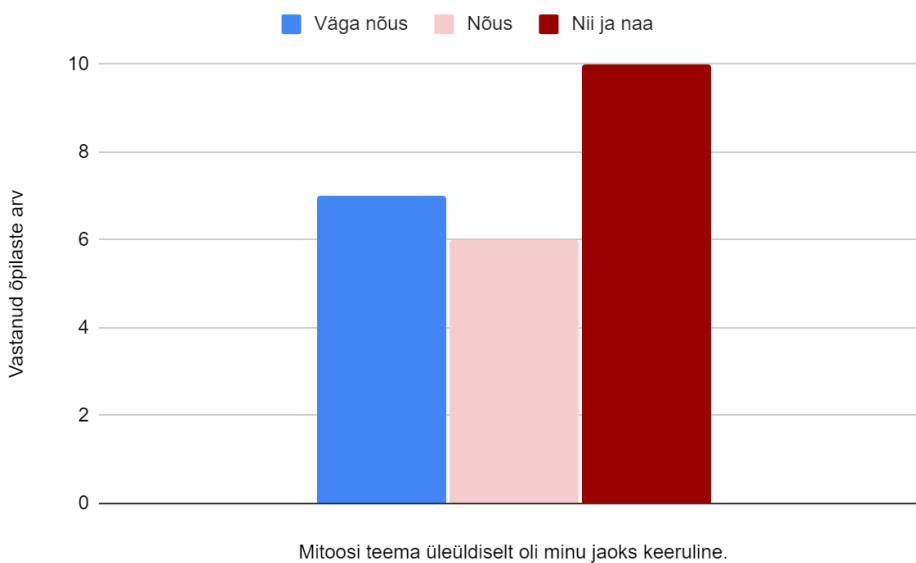
See, millise hinnangu andsid õpilased eel- ja järeltestina kasutatud testile on toodud tabelis 5. Õpilaste vastustest selgus, et 5 õpilast oli nõus väitega, et eel- ja järeltesti ülesanded olid nende jaoks põnevad ja relevantssed, 4 õpilast ei olnud antud väitega nõus ja 14 õpilast vastas, et nii ja naa. Eel- ja järeltestis kasutatud testi ülesandeid pidas keeruliseks 12 õpilast, 11 vastas, et nii ja naa.

Joonis 5. Õpilaste hinnang eel- ja järeltestile



Kui keeruliseks hindasid õpilased mitoosi kui õpitavat teemat on kajastatud tabelis 6. Uuringus osalenud õpilaste vastustest selgus, et 13 õpilast oli nõus või väga nõus, et mitoosi teema oli keeruline, mis on üle poole koguvalemist. Ülejäänud õpilased vastasid väite peale nii ja naa. Nii, et töö autor saaks järeldada, et teema oli õpilasele lihtne või väga lihtne (vastavalt ei ole nõus ja ei ole üldse nõus), ei vastanud ükski õpilane küsitlusest.

Joonis 6. Õpilaste hinnang mitoosi teema raskusastmele



Õpilaste vastused vabavastuselistele küsimustele *slowmation* animeerimise kohta kajastuvad tabelis 3. Kuna tegu oli vabavastuseliste küsimustega, siis olid paljud õpilased need küsimused vastamata jätnud, kuid töö autor koondas nende õpilaste vastused, kes olid vastanud. Võttes arvesse algselt niigi väikest valmimit uurimuses ja veel vastamata jäetud küsimusi, siis ei saa antud tulemuste põhjal paikapidavaid järeldusi teha, kuid õpilaste poolt välja toodu ühtib suures osas varasemates uuringutes ilmnunud tähelepanekutega (vt ptk 1.1).

Tabel 3. Õpilaste vastused vabavastustelistele küsimustele *slowmationi* kui õppemeetodi kohta

Küsimus	Õpilaste poolt välja toodud vastused	Mittmel korral esinenud
Kirjelda lühidalt, mis Sulle meeldis enim <i>slowmation</i> video loomise juures?	Monteerimine	3
	Legodega/ plastiliiniga mängimine	3
	Pildistamine	4
	Kogu animeerimise protsess	3
	Kaasõpilastega koos millegi loomine	2
	Uudsus	2
Kirjelda lühidalt, mis Sulle valmistas enim raskusi <i>slowmation</i> video loomise juures?	Teemast aru saamine	2
	Animatsiooni monteerimine	1
	Heli lisamine videole	1
	Koostöö kaasõpilastega	5
	Kava loomine	1
	Detailide liigutamine	2
Kirjelda lühidalt miks Sulle meeldiks/ei meeldiks ka edaspidi <i>slowmation</i> video loomist kasutada mõne teise teema õppimisel?	Jah, aga lihtsama teemaga	1
	Jah, sest animatsiooni loomine ja sellega kaasnev protsess on huvitav/motiveeriv	2
	Ei, liiga pikk protsess, võtab liiga palju aega	5
	Jah, sest see aitab teemast paremini aru saada	5

Õpilaste vastustest (tabel 3) selgub, et õpilastele meeldis ise midagi luua (video kui lõpp-produkt) ning et seda sai teha koos kaasõpilastega. Veel on välja toodud, et sai oma kätega midagi teha (voolimine, legode kasutamine jne), pildistamine, monteerimine, kogu

protsess üldse ja selle uudsus. Järgnevalt on välja toodud mõned näited õpilaste poolt kirja pandust:

See oli minu jaoks midagi uut ja see oli väga põnev.

Mulle meeldis erinevatest faasidest pilte teha.

Video kokkupanemine üleüldiselt. See oli minu jaoks midagi uut ja see oli väga põnev.

Ühelt poolt meeldiva aspektina välja toodud, aga teiselt poolt valmistas aeglustuse loomise juures õpilastele kõige rohkem raskusi koostöö kaasõpilastega. Veel toodi välja, et animatsiooni loomise tegi keeruliseks teemast, mille kohta aeglustust looma pidi, aru saamine, animatsiooni monteerimine, heli lisamine, kava loomine ja detailide liigutamine. Heli lisamine videole oli käesoleva uurimustöö eksperimentaalse juures üldine probleem, sest tingituna taustamürast klassiruumis, kus oli koos mitu gruppi õpilasi, seda teha ei saanud. Lahendusena pakkus töö autor õpilastele välja kasutada kõrval olevat klassi. Mõni grupp seda ka tegi. Teine probleem oli asjaolu, et õpilased lihtsalt ei soovinud erinevatel põhjustel videole peale rääkida.

Viimase küsimusena soovis töö autor õpilaste käest teada kas ja miks õpilased sooviksid ka edaspidi õppimisel kasutada *slowmation* animeerimist. Viis õpilast vastas, et ei kuna see on liiga pikk protsess ja viis õpilast, et jah, sest see aitab nende hinnangul teemast paremini aru saada. Slowmationi uuesti kasutamise soovi juures toodi veel lisaks välja, et seda võiks edaspidi teha lihtsama teemaga ning et *slowmationi* loomise protsess ise on huvitav ja motiveeriv. Järgnevalt mõned näited õpilaste kirja pandust:

Pikk protsess, ei viitsi korrata

Meeldiks, sest saab midagi ise teha, mille käigus jäävad asjad paremini meelde.

Mulle meeldiks natuke vähem raskem teema selle jaoks.

Väga ei viitsiks, aga vähe põnevam oli kui tavatund.

Meeldis. Pole tuim tuupimine vaid pidin teemasse sisse minema.

Ei meeldiks kuna aega läheb palju.

Mulle meeldiks seda kasutada kuna see aitab paremini asju meelde jätta. Saad süveneda.

Mulle meeldiks seda meetodit veel kasutada, kuna videot tehes ja selle vaatamise käigus saab palju paremini aru kuidas asjad toimuvad.

4. Arutelu ja järeldused

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli tuvastada õpilastel esinevaid väärarusaamu mitoosi ajal toimuvatest muutustest rakus kasutades selleks õppemeetodina aeglustatud videote loomist ühe Eesti kooli õpilaste näitel. Lisaks oli eesmärgiks hinnata aeglustuse loomise mõju õpilaste arusaamisele mitoosi ajal toimuvatest muutustest rakus. Viimasena seatud eesmärgiks oli saada ülevaade, mida õpilased ise arvavad *slowmationist* kui õppemeetodist.

Tulemustest selgus, et aeglustuse loomine avaldas statistiliselt usaldusväärset mõju kolmeteistkümnest küsimusest seitsmele. Küsimused, mille osas ei olnud toimunud peale aeglustuse loomist statistiliselt usaldusväärset arengut olid suures osas need küsimused, mille töö autor oli testi lisanud, et kontrollida kas ka antud uurimuses osalevatel õpilastel esinevad mõned kirjanduse ülevaates (vt ptk 1.2.1) välja toodud väärarusaamad ja ei puudutanud otseselt mitoosi ajal toimuvaid muutuseid rakus, aga on protsessiga siiski tihedalt seotud ja kuna väärarusaam on arusaamatus, mis tekib mõiste sidumisel uue mõistega või juba õpitud mõistete sidumisel uute mõistetega (Suprpto, 2020), siis on olulise tähtsusega suurema pildi mõistmisel ja protsessist arusaamisest tuvastada mitoosiga seotud protsessidega seotud väärarusaamu. Vastasel juhul võib õpilasel tekkida kogu õpitavast vale kontseptsioon.

Ülesandes, kus õpilased pidid täitma täpselt samasugust rakutsükli skeemi, mis esines õpikus ja oli ka iseseisvalt läbi töötatud töövihiku ülesandes, oli keskmise punktisumma tulemus töö autori jaoks üllatav, sest tegu oli lihtsa ja juba mitu korda läbi tehtud ülesandega. Ülesande eest oli võimalik saada maksimaalselt kaks punkti, aga keskmine tulemus jäi nii eel- kui järeltestis alla ühe punkti. Peamiselt olid õpilased eksinud sellega, et ei olnud skeemile viidanud mitoosi faase, kuid just erinevates mitoosi faasides toimuva selgitamisega õpilased *slowmationit* luues tegelesid. Selle küsimuse juures võib probleem olla töö autori poolt halvasti struktureeritud küsimuses (vt lisa 1).

Küsimuse juures, kus õpilased pidid selgitama rakus interfaasi ajal toimuvaid muutuseid, olid õpilased püüdnud küsimusele vastata, kuid õpilaste antud vastused sisaldasid väärarusaamu. Õpilaste vastustes seisis, et interfaas on rakkude jagunemise esimene etapp või et interfaasi ajal kahekordistatakse ainult DNA, mistõttu ei olnud võimalik küsimusele vastust õigeks lugeda. Ka Ozcan et al. (2012) ja Dikmenli, 2010 on oma varasemates uurimustes samu väärarusaamu tuvastanud tudengite seas. Samad väärarusaamad

interfaasis ajal toimuvate muutuste kohta ilmneseid ka õpilaste loodud aeglustuste analüüsist (Tabel 14), kus oli samuti välja toodud vaid DNA kahekordistamine. Tegelikult suureneb ka rakuorganellide arv. Seda ei olnud õpilased välja toonud mistõttu võib järeldada, et neile on jäänud mulje, et interfaasi ajal kahekordistub vaid DNA.

Rakutuuma osade viitamist vajavas ülesandes toimus õpilaste teadmistes järeldest vastuste osas statistiliselt oluline positiivne areng. Samas oli küsimuse eest võimalik saada maksimaalselt kaks punkti, kuid küsimuse keskmise vastuse punktid jäid alla ühe punkti. Õpilased kaotasid testis punkte, sest olid kromatiidid nimetanud joonisel kromosoomideks või omavahel segamini ajanud mõisted tsentriool ja tsentrosoom. Sama väärarusaam ilmnese ka ühes õpilaste loodud aeglustuses. Video selgituste põhjal saab järeldada, et selle video loonud õpilaste jaoks olid kromosoomid ja kromatiidid sisuliselt sama tähendusega mõisted, sest kasutati vaid terminit kromosoomid ja kordagi ei kasutatud õpilaste poolt sõna kromatiidid või tütkromosoomid. Kromatiidide segamini ajamisele kromosoomidega või replikeeritud kromosoomidel ja replikeerimata kromosoomidel mitte vahet tegemisele ning üldisele probleemile väärarusaamade esinemisest põhimõistetes on oma töös viidanud ka Kindfield (1994). See, et õpilaste jaoks on tsentrosoom ja tsentriool põhimõtteliselt sama asi ja õpilased ei tee neil vahet selgus ka Dinkmenli (2010) uurimuses, mille ta viis läbi bioloogia õpetajaks õppivate tudengite seas. Ilmselt tuleb see mainitud mõistete sarnasusest. Ka Rannikmäe ja Teppo (2010) on välja toonud, et teaduses on mitmetel terminitel spetsiifiline tähendus, kuid õpilaste meelest seda erisust ei eksisteeri (Rannikmäe ja Teppo 2010). Atilboz (2004) uuringu järgi ongi õpilastel raskusi selliste rakkudega seotud mõistete mõistmisel nagu desoksüribonukleiinhape, kromosoom, kromatiid, homoloogilised kromosoomid, haploidsed ja diploidsed rakud.

Järgnevalt analüüsitava küsimuse koostamisel lähtus töö autor loodusainete ainekavas välja toodud õpitulemusest: õpilane selgitab fotode ja jooniste põhjal mitoosi- ja meioosi faasides toimuvaid muutusi (Gümnaasiumi riiklik, 2011). Õpilased pidid kandma joonisel kujutatud mitoosi faasid tabelisse toimumise järjekorras, teadma faasi nimetust ning vabavastusena oma sõnadega selgitama, mis konkreetses faasis toimub. Antud küsimuse tulemustes toimus toimus statistiliselt oluline muutus ($p < 0.05$). Eeltestis oli küsimuse eest saadud keskmine punktisumma 1.129, aga järeldestis 2.000. Üllatav oli aga asjaolu, et küsimuse eest saadav maksimaalne punktisumma oli kuus punkti, kuid keskmine tulemus jäi oluliselt alla selle. Põhjus võib olla töö autori meelest liialt mahukas

vabavastuselises küsmuses. Antud küsimusele vastamise juures oleks pidanud aeglustuse loomine õpilaste teadmiste omandamist kõige rohkem toetama, sest just kogu seda protsessi õpilased animeerisid ning eelnevalt veel ka kavandasid. Valikvastustega küsimuses, kus õpilased pidid valima kui palju kromosoomide jagunemisel tekkivates tütarakkudes, tuli õpilaste vastustest esile üks levinum väärarusaam: kromosoomide arv kahekordistub peale mitoosi (Ozcan et al., 2012; Dikmenli, 2010). Väga paljud õpilased olid õigeks vastuseks valinud, et 46 kromosoomiga naharaku jagunemisel on tütarakkudes 92 kromosoomi.

Slowmation animeerimist pidas õppemeetodina põnevaks või väga põnevaks üle 50% valimist ja ainult üks õpilane ei olnud väitega nõus. Aeglustusega video loomist pidas motiveerivaks või pigem motiveerivaks kokku 11 õpilast, väitega ei nõustunud vaid 1 õpilane. *Slowmationit* ka edaspidi mõne teise teema õppimisel kasutada meeldiks või väga meeldiks 12 õpilasele. Õpilaste vastuste põhjal saab järeldada, et õpilastele on uued õppemeetodid huvitavad ja motiveerivad. Seda, et digitaalsete õppevahendite kasutamine aitab õppimist õpilaste jaoks kõitvamaks muuta ning lisaks avardab elukestva õppe võimalusi on välja toonud ka Haridus ja Teadusministeerium (2014). Kokkuvõtvalt võib öelda, et õppemeetodina õpilastele *slowmationi* loomine meeldis ja nad oleks seda valmis ka tulevikus õppimisel kasutama. Ka varasemates uuringutes on välja toodud, et aeglustus sobib koolis õppemeetodina kasutamiseks (Hoban & Ferry, 2006). Lisaks arendab *slowmation* 21. sajandi olulisi oskusi (Karakoyun & Yapici, 2018; Atalay & Boyaci, 2019) ning ka Haridus ja Teadusministeeriumi (2014) soovitus on kasutada õppetöös rohkem digitaalset õppevara. Tehnoloogiliste teadmiste ja oskuste arendamise olulisuse on välja toonud veel ka Davies et.al. (2011). Meetodi miinusena toodi õpilaste poolt ülekaalukalt välja suur ajakulu ja koostöö keerukus kaasõpilastega. Ka Ekici ja Ekici (2014) poolt läbi viidud uuringus loodusainete õpetajate hinnangust *slowmation* meetodile on uuringus osalenud õpetajate poolt puudusena välja toodud liigne ajakulu ja konfliktide tekkimise võimalus rühmasiseselt. Lisaks avaldati õpilaste poolt arvamust, et animeeritav protsess võiks lihtsam olla. Mitoosi teemat hindas küsitluse järgi keeruliseks või väga keeruliseks 13 õpilast, mis on 57% kogu valimist. Mitoosi kui keerulise teema nii õppida kui õpetada on välja toonud ka Dikmenli (2010).

Ääremärkusena soovib töö autor *slowmationi* videote loomise protsessi ilmsetamiseks välja tuua asjaolu, et kahe grupi õpilased ei kasutanud aeglustuse loomiseks õpetaja poolt ette antud canva.com keskkonda vaid monteerisid oma loomingut noorte seas populaarses

rakenduses TikTok. Selle põhjal julgeb töö autor teha järelduse, et sellise õppemeetodi nagu *slowmation* kasutamine on õpilastele relevantne, sest suhestub nende igapäevaste tegevuste ja kasutatavate sotsiaalmeedia platvormide ning elustiiliga, mistõttu võiks seda teadmist õpetajad ära kasutada tõhusamaks õpetamiseks.

Käesoleva uurimistöo piiranguks on väike valim ning usaldusvääruse tõstmiseks oleks vaja teha lisauuring suurema valimiga ja/või uurimus kontrollgrupiga. Antud töö tulemused kehtivad valimi piires ja nende põhjal ei saa järeldusi teha Eesti teiste koolide õpilaste kohta.

Kokkuvõte

Ühiskonna poolsed ootused selles osas, missuguseid oskusi tuleks õpetada lastele ja noortele 21. sajandil hakkama saamiseks ja tööturul edukas olemiseks, on ka õpetajad pannud olukorda, kus õpetaja roll ei ole enam olla infoallikas, vaid seoste looja ja väärtushoiakute kujundaja, kelle ülesanne on arendada õppijas kriitilist ja loovat mõtlemist, analüüsioskust, meeskonnatööd, ettevõtlikkust ning suulise ja kirjaliku eneseväljenduse oskust ning üha enam räägitakse ka koolisüsteemi kaasajastamise vajadusest. Üks olulisemaid 21. sajandi muutusi on tehnoloogia areng. Digitaalse õppevara kasutamine õppetöös aitab õppimist kõitvamaks muuta ning avardab elukestva õppe võimalusi ning just seetõttu valiti käesoleva magistr töö üheks eksperimentaalosa läbiviimise instrumendiks õpilaste õppimine läbi *slowmationi* loomise ja selle tulemuslikkuse analüüsimine õpilaste teadmiste omandamisel.

Käesoleval magistr töö oli kolm eesmärki:

- Uurida, millised muutused toimuvad õpilaste arusaamades mitoosi ajal toimuvatest protsessidest rakus, kasutades õppemeetodina mitoosi animeerimist *slowmation* meetodiga;
- Tuvastada, millised väärarusaamad mitoosist ilmnevad *slowmation* meetodit kasutades;
- Saada teada, kuidas hindavad õpilased *slowmation* video loomist õppemeetodina.

Väärarusaamade tuvastamine on oluline etapp õpilaste halva soorituse parandamisel mistahes ainevaldkonnas, sest väärarusaamad takistavad õpilastel teaduse mõtestatud mõistmist ning on seeläbi takistuseks õppimisel. *Slowmation* ehk aeglustustatud animatsioon, on viimase aastakümne jooksul välja arendatud kaasaegne õppimisviis, mis võimaldab õppijatel keerukatest teaduslikest protsessidest luua ise lühianimatsioone, et protsessi kontseptsiooni paremini mõista. Rakkude jagunemise mõistmine on aluseks, et aru saada geneetikast, kasvust, arengust, paljunemisest ning teistest molekulaarbioloogilistest protsessidest. Mitoos ja meioos on välja toodud kui õppijale keerulist bioloogiaalast protsessi just väärarusaamade või alternatiivsete arusaamade tekkimise tõttu. Antud uurimustöös seoti omavahel väärarusaamade tuvastamine ja kaasaegsemate õppemeetodite kasutamine.

Uurimustöös ilmnes, et õpilastel esineb vigu erinevatest mitoosi käigus ja sellele eelnevatest ning järgnevatest toimuvatest protsessidest arusaamisel ning et mitoos on õpilaste jaoks abstraktne ja keeruline teema. Uurimuses osalenud õpilastel tuvastati teistes uurimustes välja toodud väärarusaamu mitoosi käigus ja sellele eelnevates ja järgnevates toimuvatest protsessides. Uurimusest selgus, et uurimuses osalenud õpilaste protsessipõhised teadmised mitoosist paranesid peale *slowmationi* loomist, mistõttu julgeb töö autor väita, et antud töö valimis olnud õpilaste teadmiste omandamisele aitas aeglustuse loomine kaasa ning toimus õppemeetodina tõhusalt. *Slowmationi* kui uuendusliku õppimismeetodi motiveerivuse ja uudsuse tõid välja ka uuringus osalenud õpilased ise. Puuduseks peeti suurt ajakulu ja rühmasiseseid võimalike konflikte. Antud uurimustöö puuduseks üleüldiselt võib pidada töö autori hinnangul ka seda, et teema iseenesest (vt joonis 6) oli õpilaste jaoks keeruline või siis oli test töö autori poolt koostatud liiga keerukas ja/või mahukas.

Aeglustuse kasutamine õppetöös õppemeetodina on mitmekülgne ja kasumlik. Lisaks ainesisu tundmaõppimisele arendab *slowmationi* loomine 21. Sajandi oskuseid ja selle abil on võimalik tuvastada ka õpilastel juba olemasolevaid või tekkinud väärarusaamu.

Kirjanduse loetelu

- Ait, K. ja Rannikmäe, M. (2014)** Paradigmaatilised suundumused loodusainete õpetamisel üldhariduskoolis. M.Rannikmäe ja R. Soobard (toim.), *21. sajandi oskused – milleks ja kellele neid vaja on?* (lk 33-42) Eesti Ülikoolide Kirjastus. <https://www.digar.ee/arhiiv/et/download/225833> (19.05.2023)
- Alleman, M. ja Haugas, S. (2021, 24. sept)** Kuidas toetada õpilastel 21. sajandi oskuste kujunemist? Õpetajate Leht. <https://opleht.ee/2021/09/kuidas-toetada-opilastel-21-sajandi-oskuste-kujunemist/> (25.05.2023)
- Atalay, N. ja Boyaci, D. B. (2019).** Slowmation Application in Development of Learning and Innovation Skills of Students in Science Course. *International Electronic Journal of Elementary Education*. Volume 11, Issue 5, 507-518. DOI:10.26822/iejee.2019553347
- Atilboz, N. G. (2004).** 9th grade students' understanding levels and misconceptions about mitosis and meiosis. *Journal of Gazi Education Faculty*, 24(3), 147-157. https://www.researchgate.net/publication/239580451_Misconceptions_of_cell_division_held_by_student_teachers_in_biology_A_drawing_analysis (22.05.2023)
- Chan, M.S. ja Black, J.B. (2005).** When can animation improve learning? Some implications for human computer interaction and learning. in P. Kommers ja G. Richards (Eds.), *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2005* (pp. 2581–2588). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education. <https://docplayer.net/11477324-When-can-animation-improve-learning-some-implications-for-human-computer-interaction-and-learning.html> (30.05.2022)
- Davies, A., Fidler, D. ja Gorbis, M. (2011)** Future Work Skills 2020. https://legacy.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_future_work_skills_sm.pdf (22.05.2023)
- Dikmenli, M. (2010)** Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essays* · January 2010

- https://www.researchgate.net/publication/239580451_Misconceptions_of_cell_division_held_by_student_teachers_in_biology_A_drawing_analysis (22.05.2023)
- Ekici, E. ja Ekici, F. (2014).** Prospective Science Teachers' Self-Assessments about the Use of Slowmation Approach in Teaching. *European Journal of Social Sciences Education and Research*. [S.l.], v. 1, n. 1, p. 91-94, may 2014. ISSN 2312-8429. <http://journals.euser.org/index.php/ejser/article/view/653> (20.04.2023).
- Espak, P. ja Ots, L. (2015).** *Müüt ja kirjandus. Gümnaasiumiõpik*. Maurus. Tallinn 2015. <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2016/06/ESPAK-M%C3%9C%C3%9CT-JA-KIRJANDUS-tr%C3%BCkieelne.pdf> (20.05.2023)
- Flores, F., Tovar, M. ja Gallegos, L. (2003).** Representation of the cell and its processes in high school students: An integrated view. *Int. J. Sci. Edu.* 25(2): 269-286.
- Gümnaasiumi riiklik õppekava (2011).** Riigi Teataja I, 14.01.2011, 2. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014021> (20.05.2023)
- Haridus ja Teadusministeerium. (2014).** Eesti elukestva õppe strateegia 2020 https://www.haridusfoorum.ee/images/haridusstrateegia/Eesti_elukestva_oppe_strategia_loplik.pdf (25.05.2023)
- Hoban, G. (2007).** Using slowmation to engage preservice elementary teachers in understanding science content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 7(2), 75- 91. <https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2457&context=edupapers> (20.05.2023)
- Hoban, G. ja Ferry, B. (2006).** Teaching science concepts in higher education classes with slow motion animation (slowmation). *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare & Higher Education* (pp. 1641 – 1646). Chesapeake: Association for the Advancement of Computing in Education. <https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1910&context=edupapers> (22.03.2023)
- Hoban, G. ja Nielsen, W. (2010).** The 5 Rs: A new teaching approach to encourage slowmations (studentgenerated animations) of science concepts. *Teaching Science*,

<https://www.researchgate.net/publication/268357309> The 5 Rs A new teaching approach to encourage slowmations studentgenerated animations of science concepts (22.03.2023)

Hoban, G. ja Nielsen, W. (2014). Creating a narrated stop-motion animation to explain science: The affordances of “Slowmation” for generating discussion. *Teaching and Teacher Education*, 42, 68 – 78. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.04.007>

Karakoyun, F ja Yapıcı, İ. Ü. (2018). Use of Slowmation in Biology teaching *International Education Studies*; Vol. 11, No. 10; 2018. 10.5539/ies.v11n10p16

Kindfield, A. (1994). Understanding a basic biological process: Expert and novice models of meiosis. *Sci. Edu.* 78(3): 255-283. <https://doi.org/10.1002/sce.3730780308>

Lewis, L. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship?, *International Journal of Science Education*, 22, 177–195. <https://doi.org/10.1080/095006900289949>

Lewis, L. ja Wood-Robinson, C. (2000). Chromosomes: The missing link- Young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilization. *Journal of Biological Education*, 34(4),189-200. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655717>

Marbach-Ad, G. ja Stavy, R. (2000). Students cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *J. Bio. Edu.* 34(4): 200-205. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655718>

Murtonen, M., Nokkala, C. ja Södervik, I. (2018). Challenges in Understanding Meiosis: Fostering Metaconceptual Awareness among University Biology Students. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/314479/Murtonen_et_al_2018.docx.pdf?sequence=1 (30.05.2023)

National Research Council. 1997. *Science Teaching Reconsidered: A Handbook.* Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/5287>

Olorundare, A. S. (2014). Theory into practice: beyond surface curriculum in science education. Proceeding of 147th Inaugural lecture, University of Ilorin.

- Ozcan, T., Yildirim, O. ja Ozgur, S. (2012).** Determining of the University Freshmen Students' Misconceptions and Alternative Conceptions about Mitosis and Meiosis. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.126>
- Pearsall, M. K., (1992).** Scope, Sequence, and Coordination. Vol. II, Relevant Research. Washington, D.C.: National Science Teachers Association. <https://doi.org/10.1007/BF00700240>
- Patil, S. J., Chavan, R. L. ja Khandagale, V. S. (2019).** Identification of Misconceptions in Science: Tools, Techniques & Skills for Teachers. *Aarhat Multidisciplinary International Education Research Journal (AMIERJ)*, Volume 8, Issue 2, 466-472. https://www.academia.edu/38485792/IDENTIFICATION_OF_MISCONCEPTION_S_IN_SCIENCE_TOOLS_TECHNIQUES_and_SKILLS_FOR_TEACHERS (25.05.2022)
- Rannikmäe, M. ja Teppo, M. (2010).** Õpilaste arusaamade arvestamine loodusainete õpetamisel. Põhikooli valdkonnaraamat loodusained. Kättesaadav: <https://oppekava.ee/opilaste-arusaamade-arvestamine-loodusainete-opetamisel/> (20.03.2023)
- Sanger, J. M., Brecheisen, M. D., ja Hynek, M. B. (2001).** Can computer animations affect college biology students' conceptions about diffusion & osmosis? *The American Biology Teacher*, 63(2), 104-110. <https://doi.org/10.2307/4451051>
- Smith M., (1991).** Teaching cell division: Student difficulties and teaching recommendations. *J. Coll. Sci. Teach.* 21(1): 28-33. <https://doi.org/10.2307/4450699>
- Suprpto, N. (2020).** Do We Experience Misconceptions?: An Ontological Review of Misconceptions in Science. *Studies in Philosophy of Science and Education*, Vol.1, No.2, 50-55. <https://doi.org/10.46627/sipose.v1i2.24>
- Salonen, A., Kärkkäinen, S. ja Keinonen, T. (2018).** Career-related instruction promoting students' career awareness and interest towards science learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 474–483. <https://doi.org/10.1039/C7RP00221A>

Summary

Society's expectations regarding what skills should be taught to children and young people in order to cope in the 21st century and be successful in the workfield, have put teachers in a situation where the teacher's role is no longer being the source of information. A teacher should be a creator of connections and a shaper of value attitudes. Their task is to develop the students critical and creative thinking, analytical skills, teamwork, entrepreneurship and the ability to express oneself verbally and in writing. There is frequent talk about the need to modernise the school system. One of the most important changes of the 21st century is the development of technology. The use of digital educational tools in teaching helps to make learning more attractive and expands the possibilities of lifelong learning. That is the main reason why students learning through creating slowmation and the analysis of its effectiveness to the acquisition of knowledge was chosen as one of the instruments for conducting the experimental part of this research.

This research had three goals:

- Find out which changes appear in students' understandings about the cell division process during mitosis, using mitosis animation with the slowmation method as a teaching method.
- Identify which misconceptions are revealed about mitosis using the slowmation method.
- Find out how students evaluate slowmation as a learning method.

Identifying misconceptions is an important step in improving students' poor performance in any subject. Misconceptions prevent students from thoroughly understanding science and are thus obstacles to learning. Slowmation is a modern learning method, developed over the past decade, that allows learners to create their own short animations of complex scientific processes in order to better understand the concept of the process. Understanding cell division is fundamental to understanding genetics, growth, development, reproduction, and other molecular biological processes. Mitosis and meiosis have been pointed out as one of the most difficult biological processes to learn, precisely because of the misconceptions or alternative understandings. In this research, the author of the research wanted to connect the identification of misconceptions and the use of more modern teaching methods.

Results of the research revealed that students have errors in their understanding of various processes that occur during mitosis or before and after it. It also turned out that mitosis is an abstract and complex topic for the students. The misconceptions about understanding mitosis and the processes that take place before and after it, were identified. The research revealed that the students who participated in the research improved their knowledge about mitosis after the creation of the slowmation. Therefore the author of the work dares to claim that the creation of the slowmation contributed to the acquisition of knowledge for the students in the sample of this work and functioned effectively as a teaching method. Students themselves described slowmation as an innovative and motivating learning method. The disadvantages were considered to be high time consumption and possible conflicts within the group.

The use of slowmation in teaching, as a learning method, is versatile and profitable for students' understanding in getting to know the subject content. Creating a slowmation develops 21st century skills and with its help, it is also possible to identify misconceptions that the students already have or have developed during the learning process.

LISAD

Lisa 1. Eel- ja järeltesti vorm

RAKKUDE MITOOTILINE JAGUNEMINE

Test

Martin aitas isal autot remontida ja selle käigus vigastas ta kogemata enda kätt. Haav veritses veidi, kuid õnneks piisas esmaabist ning vähemalt esialgu vigastusega haiglasse pöörduma ei pidanud. Isa ütles Martinile, et nädala-paari pärast peaks vigastus paranenud olema. Isa öeldu pani aga Martinit mõtlema asjaolule, kui veider on inimkeha, et suudab end sel moel ise "terveks ravida". Martin palus isal haava paranemise protsessi endale natukene täpsemalt selgitada.

Millised allpool olevatest väidetest aitaks isal Martinile kõige korrektsemalt selgitada marrastuse (haava) paranemist? (tee õigetele vastusevariantidele ring ümber) **(2.p)**

- a) Keharakkudes toimub mitootiline jagunemine, mille tulemusel jagunenud rakud on geneetiliselt identsed.
- b) Keharakkudes tekivad meioosi tulemusel uued tütararakud, mis on geneetiliselt kõik identsed.
- c) Naharakud ja luuüdis paiknevad vererakud jagunevad pidevalt.
- d) Kõik meie keha rakud võivad tänu mitoosile lõputult jaguneda.

Martin kuulas isa selgitusi suure huviga ja valu oli hoobilt ununenud. Martinil tekkis isale aga kohe küsimus: "Kas rakud meie kehas jagunevadki ainult seetõttu, et haavasid parandada?" Aita isal Martinile vastata nii, et see selgitaks rakkude jagunemise olulisust.

Miks peavad organismi rakud olema võimelised jagunema? **(2.p)**

Martin jäi uuesti mõttesse: "Kas rakud jagunevad koguaeg või ainult siis kui selleks vajadus on?"

Täienda rakutsükli skeemi allpool olevate mõistetega (kirjuta joonisel oleva halli ringi sisse vastava mõiste number) **ning lisa skeemile viitejoontega ka mitoosi faasid.** **(2p)**

1. Interfaas
2. Raku jagunemine
3. Tsütoplasma jagunemine
4. DNA replikatsioon

Otsusta, kas esitatud väide on tõene või väär. (1p)

Tavaliselt moodustab rakutsüklist üle 90% mitoos.

- Tõene
- Väär

Selgita, millised muutused toimuvad rakus interfaasi ajal. (1p)

Et raku jagunemisest paremini aru saada pidas Martin vajalikuks endale selgeks teha kõik need keerulised sõnad, mida isa selgitamisel kasutas. Ta võttis oma nutitelefone ning *googeldas* mõistete tähendusi.

Kirjuta selgituse taha antud valikust õige mõiste (kromatiidid, tsentromeer, tsentrosoom, tsentrioolid, tuumakesed, kromosoom, kääviiniidid). (3,5p)

Kromosoomi keskosas olev piirkond, kuhu kinnituvad kääviiniidid –

Organell, mis osaleb kääviiniitide moodustamisel –

Suurema organelli koostises olevad kaks raku osa, mis osalevad kääviiniitide moodustamisel –

Rakutuuma piirkonnad, kus tehakse ribosome –

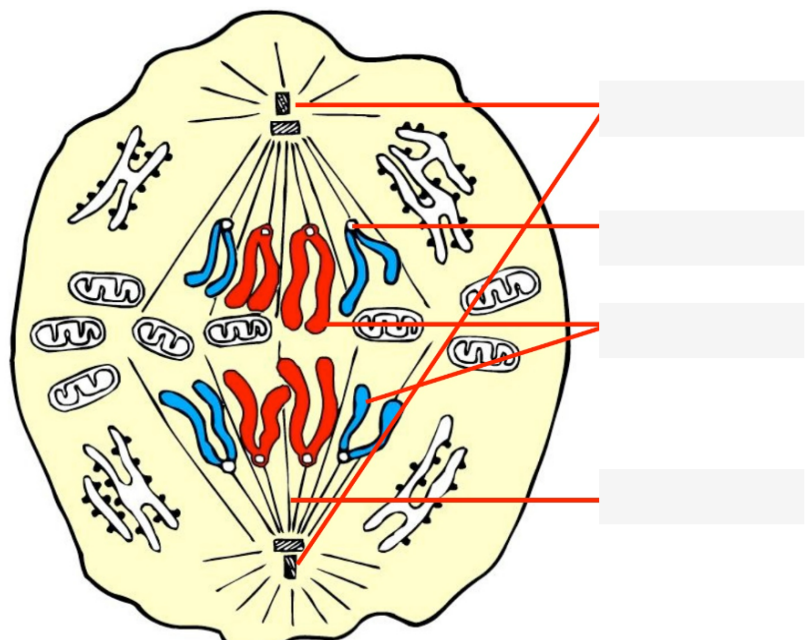
Üks DNA ahel koos (DNA kokku pakkimist võimaldavate) valkudega –

Valgulised n-õ niidid, mille ülesanne raku jagunemisel on jaotada kromosoomid rakkude vahel õigesti –

Identsed DNA osad, kusjuures need jaotatakse hiljem erinevatesse rakkudesse –

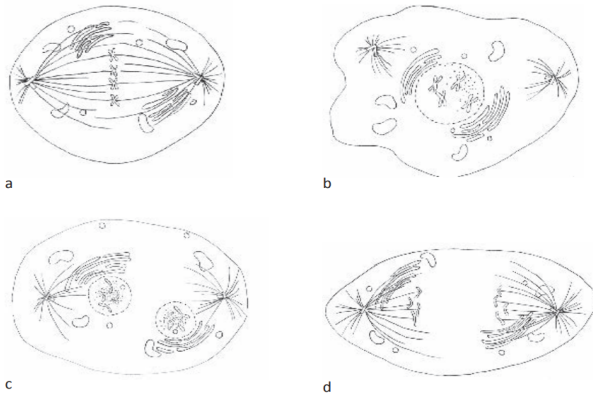
Nüüd oli veel vaja selgeks teha, millised osad asuvad rakutuumas. Mardile tundus, et kõige parem oleks internetist otsida selgitavat joonist.

Kirjuta rakutuuma jagunemise joonisele viitejoonega märgitud rakuosade nimetused. (2p)



Kuna Mardile meeldis väga joonistada, siis soovis ta mitoosi erinevad faasid endale vihikusse visandada, aga paraku ei saanud järjekord õige. Ta otsustas juurde teha selgitava tabeli, et hiljem ka oma joonisest aru saada.

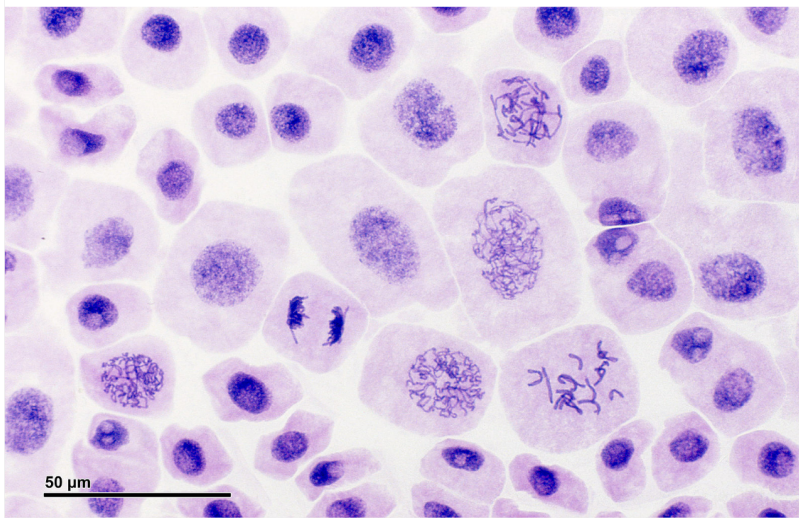
Aita Mardil joonisel kujutatud mitoosi faasid tabelisse järjestada. **Kirjuta joonisel olev täht tabelis õige numbriga taha nii, et nr. 1 tähistab mitoosi kõige esimest etappi. Lisa omalt poolt kõrval olevasse lahtrisse konkreetse faasis toimuva kirjeldus. (6p)**



Mitoosi faaside toimumise järjekord	Täht ülalt jooniselt	Mitoosi faasi nimetus	Faasis toimuva kirjeldus
1.			
2.			
3.			

4.			
----	--	--	--

Kogu telefonis uurimine oli Mardis tekitanud huvi, et kas oleks võimalik seda protsessi ka mikroskoobis vaadelda. Oli ta ju just vanavanematelt sünnipäevaks endale mikroskoobi saanud. Isa ütles, et kõige mõistlikum on selleks kasutada sibulat. **Leia sibula juuretipu mikrofotoilt anafaas. Tee anafaasis olevale rakule fotol ring ümber. (1p)**



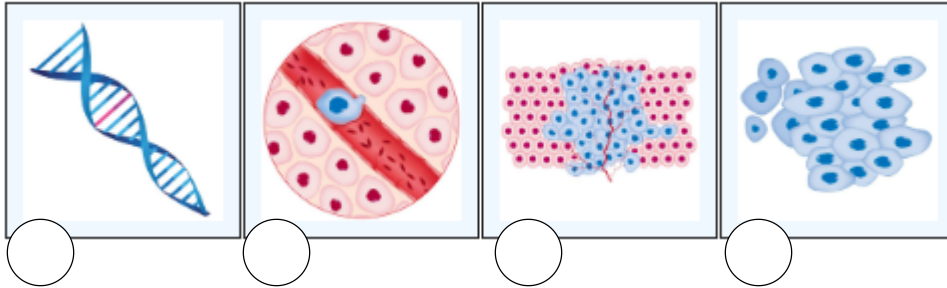
Selgita, mis toimub mitoosi käigus kromosoomidega profaasi ja anafaasi käigus? (2p)

Nüüd oli ka Mardi ema töölt koju jõudnud ja tulnud uudistama, et millega Mart terve päeva tegelenud on. Mart näitas emale mikroskoobist avanevat pilti. Ema küsis Mardilt aga kavalalt: **“Kui inimese naharakus on 46 kromosoomi, siis kui palju kromosooime on naharakkude jagunemisel tekkivates tütarakkudes?” (1p)**

- 46 kromosoomi
- 2 paari kromosooime
- 92 kromosoomi
- 23 kromosoomi

Enne rääkis Mart, et vahel hakkavad rakud ka kontrollimatult jagunema, moodustades kasvaja. Kasvajad võivad olla healoomulised või pahaloolumulised (ehk vähktõbi). Pahaloolumulised kasvajad on võimelised levima mööda organismi kas otsese levikuga või vereringe ja lümfisüsteemi kaudu põhjustades siirdeid ehk metastaase lümfisõlmedes ja kaugemates organites.

Järjesta numbrilises järjekorras vähi arengu etapid (pane pildid õigesse järjekorda) ning vali igale etapile õige kirjeldus (kirjuta numbri taha õige täht loetelust). (4p)



- a) rakk hakkab kontrollimatult jagunema;
- b) genoomis tekib mutatsioon;
- c) jagunevad rakud moodustavad kasvaja;
- d) kasvajakud levivad teistesse kudedesse.

Kuna Marti armsal vanaisal oli olnud vähkkasvaja, siis soovis Mart teada saada, kuidas kiiritusravi toimib. Ta leidis järgneva info: *Oluline on teada, et terved rakud jagunevad ja taastuvad end kindla mudeli järgi, samas kui kasvajakud kasvavad ja paljunevad kontrollimatult. Kiiritusravi mõjub eeskätt kiiresti paljunevatele rakkudele. Kuna kasvajakud kasvavad ning paljunevad kiiremini kui enamus organismi normaalseid rakke, siis kahjustab kiirgus kasvajakke rohkem kui terveid rakke. Mõningad normaalsed, terved rakud paljunevad sama kiiresti ning saavad seetõttu kiiritusravi ajal samuti kahjustada. Kiirelt kasvavaid terveid rakke võib leida näiteks luuüdis, seedetrakti limaskestas, karvanääpsudes.*

Tee teksti põhjal järeldus, miks kiiritusravi mõjub kasvajakudele rohkem kui normaalsetele rakkudele. (1p)

Kokku on võimalik saada 28,5 punkti

90–100% → hinne “5” 25,5 - 28,5 punkti

75–89% → hinne “4” 21 - 25 punkti

50–74% → hinne “3” 14,5 - 20,5punkti

20–49% → hinne “2” 6 - 14 punkti

0–19% → hinne “1” alla 6 punkti

Ülesannete koostamisel on kasutatud järgnevaid materjale ja neid tulenevalt vajadusest mõnel juhul ka modifitseeritud:

1. Signe Abel, Anne Kivinukk, Urmas Lekk, Ilona Lille, Marje Loide, Anneli Lukason, Kristel Mäekask, Dmitri Solntsev, Erkki Tempel, Eve Torv (2014). Metoodiline käsiraamat bioloogia õpetamiseks gümnaasiumis, Mitoos ja Meioos, lk 154. Kättesaadav: <https://etalon2020.files.wordpress.com/2015/01/4-metoodiline-kc3a4siraamat-bioloogia-c3b5petamiseks-gc3bcmnaasiumis.pdf>

2. <https://vara.e-koolikott.ee/taxonomy/term/3565>

3. <https://www.opiq.ee/kit/29/chapter/1368/exercises>

4. <https://www.taskutark.ee/kromosoom/>

5. <https://vara.e-koolikott.ee/taxonomy/term/2466>

Lisa 2. Õpilaste tööjuhend *slowmationi* loomiseks

Tööjuhend *slowmationi* loomiseks

Teema: Mitoos

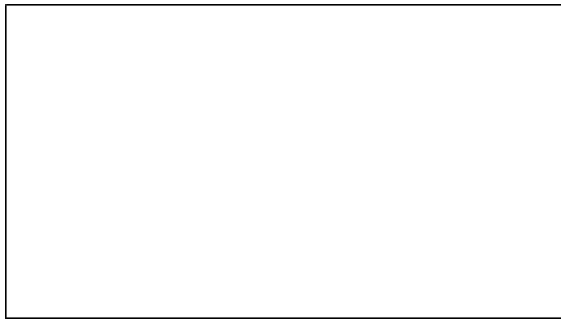
1. Moodustage kolmeliikmelised grupid.
2. **Iga grupp teeb valmis video teemal: Mitoos**
Vaata näidis videosid: <https://www.youtube.com/watch?v=FlzZZkO5uig> ja/või <https://www.youtube.com/watch?v=6ytZdOmu6a8> neid vaadates saate aimu, milline saab olema ka teie *slowmation*.
3. Mõelge grupikaaslastega läbi, kuidas oma video teostate. Milliseid materjale kasutate: nt, plastiliin, värviline paber, pudeli korgid, lõng, helmed, oksad, makaronid, legod jne.
4. **Täitke aeglustuse kava leht**, kuhu kavandate/joonistate oma video põhilised etapid ja kirjutate juurde selgitused, mis antud etapis toimuvad. Kava lõppu võite panna kirja töö teostamiseks vajalikud materjalid ja **(NB!) ka TÖÖJAOTUSE!**
5. Kui kava on valmis, saab alustada pildistamisega. Pildistage oma kava järgi pildid järjekorras üles. **Liigutage mudeleid iga foto kohta umbes 1 cm korraga. 30-sekundiline aeglustus (video) vajab umbes 50 fotot.**
NB! Soovitav on kasutada statiivi (või luua see ise), et kõik pildid oleksid ühel kõrgusel tehtud, siis ei hakka pilt videos hüppama (ei muutu suuremaks ja väiksemaks) - on stabiilne. Võib pildistada ka üks inimene ühel ja samal kõrguse.
6. Transportige pildid fotoaparaadist/telefonist *Google Drive*, vaadake need üle, kui tahate kuskile midagi juurde lisada (kirja, seletust), siis on võimalus see nt *Paint*-programmis teostada, aga seda saab ka teha otse video loomise keskkonnas.
7. Avage arvutis <https://www.canva.com/> ning ülevalt menüüst valige Videod, seejärel videote valikust YouTube'i video . Kui valik tehtud siis avaneb vasakul menüü, nüüd saate *Google Drivest* oma fotod üles laadida - vasakul menüüs **üleslaadimine** ning valik *Google Drive*. Nüüd, kui pildi on olemas, on vajalik lisada selgitused/kirjed jms, mida soovite. Samuti saab aeglustusele peale lugeda teksti toimuva kohta, lisada muusika, selgitavad teksid jms (seda kõike saab samuti valida vasakult menüüst ja siis vastav toiming). **Pildid pange liikuma nii, et videos oleks kaks kaadrit sekundis** (see teeb ühe kaardi pikkuseks 0.5 sekundit ja seda saab korraga seadistada kõigile piltidele →)
8. Kui video on valmis, laadige arvutisse alla ning seejärel ühiskausta *Google Drives*.
9. **Video laadimine ühiskausta:** Esmalt suunduge minu loodud [ühiskausta](#), siis valige UUS ja Faili üleslaadimine (valige arvutist oma video) ning laadige kausta.
10. Loodud aeglustuste vaatamine kokkulepitud kuupäeval.

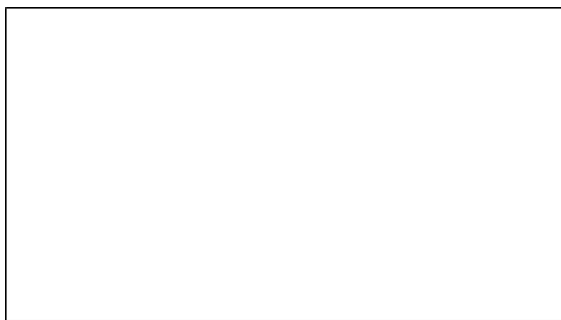
Lisa 3. Õpilaste kava vorm

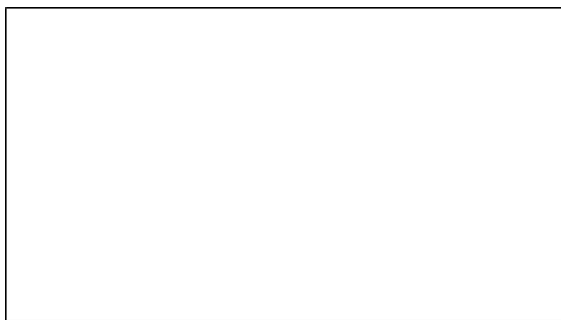
KAVA

Nimed.....

Teema.....









Muud märkused/vajalikud vahendid jne:

TÖÖJAOTUS (kes mida teeb?):

Lisa 4. Õpilaste järelküsitleuse vorm

Hea õppija! Tänan Sind, et olid nõus minuga minu uurimustöö eksperimentaalses pooles osalema!

Töös kasutatud õppemeetoditele hinnangu andmiseks õpilas(t)e seisukohast palun veel viimase etapina Sul hinnata mitoosi teema õpetamisel kasutatud õppemeetodeid ja nende mõju õpimotivatsioonile.

Teie igas reas rist sellesse tulpa, mis käib kõige enam Sinu kohta.

	Väga nõus	Nõus	Nii ja naa	Ei ole nõus	Ei ole üldse nõus
Õpetaja poolt esitletud <i>Powerpoint</i> esitlus aitas mul end teema õppimisele häälestada.					
Õpetaja poolt tehtud esitlus aitas mul teemat paremini mõista.					
Õpetaja poolt tehtud esitlus oli keeruline.					
Õpiku teksti ja töövihikuga iseseisvalt töötamine oli minu jaoks põnev.					
Õpiku tekst oli minu jaoks keeruline.					
Töövihiku ülesanded olid minu jaoks põnevad.					
Töövihiku ülesanded olid minu jaoks keerulised.					
Õpetaja täiendavad selgitused aitasid teemat paremini mõista.					
<i>Slowmation</i> video loomine oli õppemeetodina põnev.					
<i>Slowmation</i> video loomine aitas mul teemat paremini mõista.					
<i>Slowmation</i> video loomine oli minu jaoks keeruline.					
<i>Slowmation</i> video loomine oli minu jaoks õppemeetodina motiveeriv.					
Mulle meeldiks ka edaspidi <i>slowmation</i> video loomist kasutada mõne teise teema õppimisel.					
Tunnen, et <i>slowmation</i> video loomine arendas minu koostööoskust kaasõpilastega.					
Eel-ja järeltesti ülesanded olid minu jaoks põnevad ja relevantid.					

Eel ja järeltesti ülesanded olid minu jaoks keerulised.					
Mitoosi teema üleüldiselt oli minu jaoks keeruline.					

Kirjelda lühidalt, mis Sulle meeldis enim *slowmation* video loomise juures?

Kirjelda lühidalt, mis Sulle valmistas enim raskusi *slowmation* video loomise juures?

Kirjelda lühidalt miks Sulle **meeldiks/ei meeldiks** ka edaspidi *slowmation* video loomist kasutada mõne teise teema õppimisel?

Lisa 5. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Heike Toomik,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose, Õpilaste väärarusaamad mitoosi käigus toimuvatest protsessidest kasutades õpilaste poolt mitoosi animeerimist *slowmation* meetodiga, mille juhendaja on Ana Valdmann,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 01.06.2023

.....

(allkirjastatud digitaalselt)