

**Opiskelijan huomion kiinnittyminen
simulaation aikana fysiikan oppitunnilla
- Silmänliiketutkimus autenttisessa
ympäristössä**

Pro gradu -tutkielma, 1.3.2017

Tekijä:

TEEMU SÄYNÄJÄKANGAS

Ohjaajat:

JOUNI VIIRI

ANTTI LEHTINEN



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
FYSIKAN LAITOS

Tiivistelmä

Säynäjäkangas Teemu

Opiskelijan huomion kiinnittyminen simulaation aikana fysiikan oppitunnilla

- Silmänliiketutkimus autenttisessa ympäristössä

Pro gradu -tutkielma

Fysiikan laitos, Jyväskylän yliopisto, 2017, 52 sivua

Tässä pro gradu -tutkielmassa tutkittiin opiskelijan huomion kohdetta lukion fysiikan tunnilla. Tutkimuksessa selvitettiin, vastaako opiskelijan visuaalinen huomio opettajan antamia vihjeitä, kun opettaja opettaa luokassa yhteisesti simulaation avulla. Aineiston kerääminen toteutettiin Tobii Pro Glasses 2 -katseenseurantalaseilla ja SRI-haastattelun avulla ja datan analysointiin käytettiin Microsoft Excel -ohjelmistoa. Luotettavuuden arviointiin käytettiin vertauskoodausta.

Tutkimustuloksena oli, että opiskelija seuraa opettajan antamia vihjeitä suurimman osan simulaatio-opetuksen ajasta. Opiskelija katsoi 60 % ajasta sinne, minne opettaja haluaa opiskelijoiden katsovan ja 41 % ajasta opetettavan asian kannalta tärkeimpiä kohtia simulaatiosta. Selkeät kysymykset, esineiden liikuttaminen, työkalujen käyttäminen simulaatiossa, simulaation kuvan kohdistaminen ja osoittaminen kohdistivat opiskelijan huomion. Katse siirtyi pois halutusta kohteesta, kun jollain toisella opiskelijalla oli puheenvuoro tai kun selkeää tehtävää ei ollut. Haastatteluita saatu aineisto tuki analysoinnissa tehtyjä havaintoja.

Tulokset osoittavat, että osoittaminen ja kysymysten esittäminen ohjaavat opiskelijan huomiota. Täten opettajakoulutuksessa voisi painottaa osoittamisen ja kysymysten kysymisen merkitystä. Lisäksi oppitunnin sisällön huolellista konstruointia on tärkeä painottaa, jotta opiskelijoilla on mahdollisimman suuren osan ajasta oppituntia selkeitä tehtäviä. Fysiikan opetuksessa voidaan käyttää hyväksi tietokonepohjaisia simulaatioita. Jos simulaatioita halutaan käyttää opetuksessa, niiden käyttöä tulisi harjoitella opettajakoulutuksen aikana. Lisäksi on tärkeää painottaa, miten simulaation käytöstä saadaan paras hyöty irti ja mihin asioihin tulisi kiinnittää huomiota.

Avainsanat: katseenseuranta, silmänliikkeiden seuranta, lukio, simulaatio, fysiikan opetus, huomio

Abstract

Säynäjäkangas Teemu

Student's gaze location during simulation teaching in physics classroom

- eye-tracking study in authentic environment

Master's thesis

Department of Physics, University of Jyväskylä, 2017, 52 pages

In this study the student's gaze location during high school physics lesson was determined. The goal was to find out if the students visual attention corresponds to clues given by teacher when he/she is teaching physics to whole class using simulations. Data was collected with Tobii Pro Glasses 2 -wearable eye tracker and stimulated recall interviews. Data analysis was made with Microsoft Excel. Peer coding was used to test the reliability of coding.

The results show that the student followed teacher's cues most of the time during teaching. Student looked 60 % of time at where the teacher wanted students to look at and 41 % of time the most important things in simulation considering the subject being taught. Explicit questions, moving of objects, use of the tools embedded into the simulation, zooming the simulation view and pointing focused student's gaze on wanted locations. Gaze moved away from the aimed target when some other student was speaking or when there were no clear tasks for the students. The data from the interviews supports the observations made from the eye-tracking analysis.

Results show that pointing and asking questions direct students' gaze. On the other hand, the careful construction of lesson contents must be emphasized so that students have a clear task most of the time as possible. Computer-based simulations can be used in teaching. If one wants to use them, the use should be rehearsed during teacher training. For addition, it is important to emphasize how one gets the best benefit out of simulations and to where you should pay attention.

Keywords: eye-tracking, high school, simulations, physics teaching, attention

Esipuhe

Haluan kiittää graduohjaajaani Jouni Viiriä tästä mahdollisuudesta päästä mukaan silmänliiketutkimukseen sekä siihen liittyvän artikkelin tekoon. Kiitos Jouni, kun jaoit minulle vuosikymmenten asiantuntemustasi tämän pitkän projektin myötä. Haluan myös kiittää toista graduohjaajaani Antti Lehtistä kovasta työpanostuksestasi työtäni ja ennen kaikkea artikkeliamme kohtaan. Te molemmat autoitte minua huomattavasti tämän haastavan projektin kanssa ja olitte kärsivällisiä kanssani.

Kiitos myös perheelleni tuesta ja hyvin pitkästä kärsivällisyydestä.

Jyväskylässä 1.3.2017

Sisältö

1 Johdanto	9
2 Katseen seuranta ja opetus	13
2.1 Silmänliikkeiden ja katseen kohteiden mitat	13
2.2 Silmänliiketutkimuksia	15
2.3 Haastattelututkimus silmänliiketutkimuksen apuna	17
2.4 Luonnontieteiden opetus	18
2.4.1 Luonnontieteistä oppiminen ja opettaminen	19
2.4.2 Luonnontieteiden opettamista simulaatioilla	21
3 Tutkimuskysymykset	25
4 Metodi	27
4.1 Aineiston keräys	27
4.1.1 Käytetty katseenseurantalaitteisto	29
4.1.2 SRI-haastattelu	30
4.2 Simulaatiot ja opetettavan aiheen teoria	32
4.3 Aineiston analysointi	33
4.4 Luotettavuuden arviointi	36
5 Tulokset	39
5.1 Tulokset haastatteluista	44
5.2 Yhteenveto	45
6 Päätäntö	47
Lähteet	49
A Liitteet	51
A.1 Liite1: Cohenin kappi vertauskoodauksessa	51
A.2 Liite2: Tutkimuslupapohja	52

1 Johdanto

Silmänliikkeiden seuranta käytetään hyväksi opetusta koskevissa tutkimuksissa. Enimmät sovellukset silmänseurannasta liittyvät tutkimukseen, joka sisältää informaation käsittelyä kuten lukemista, näkymän havainnointia, nuottien lukemista ja kirjoittamista [1]. Katseen kohdetta voidaan tutkia tietokoneeseen liitetyillä kameeroilla, jotka kuvaavat koehenkilön silmänliikkeitä hänen suorittaessa työtehtävää tietokoneella. Tekniikan kehittymisen myötä tutkimuskäyttöön on saatu langattomia versioita silmäniikkeiden tai tarkemmin sanottuna katseenseurantajärjestelmistä, jotka mahdollistavat tutkimuksen tekemisen monipuolisemmissa ympäristöissä, kuten oikeassa, autenttisessa luokkahuoneympäristössä.

Huomattava määrä tutkimuksia on omistettu oppimisen prosesseihin ja tuloksiin. Perinteisesti haastatteluprosessi, joka perustuu ääneen ajattelemisen protokollaan, on ollut tärkein ja usein käytetty tekniikka kognitiivisten aktiviteettien tutkimiseen oppimisen aikana. Kuitenkin tällainen menetelmä kärsii pätevyysongelmista, jonka vuoksi etsitään vaihtoehtoisia tutkimusmenetelmiä sen toivossa, että voidaan esittää oppimisen prosessi eri näkökulmasta. Katseenseuraamismetodi, jota psykologit intensiivisesti käyttävät tutkiakseen kognitiivisia perusprosesseja lukemisen ja muiden informaatioprosessien aikana, on juuri alkanut vetää puoleensa opetustyötä tekevien huomiota viime vuosina. [1]

Silmänliikkeiden seurantametodi onkin lisääntynyt nopeasti viime aikoina ja se tarjoaa lupaavan kanavan oppimisen ja opettamisen tutkijoille yhdistää oppimistulokset kognitiivisiin prosesseihin. Silmänliikkeiden data tarjoaa arvokasta informaatiota visuaalisesta tarkkaavaisuudesta [2]. Metodi on arvokas sen kapasiteetista uudelleen koodaamaan suoria kognitiivisia prosesseja ja siten se on lupaava työkalu jäljittämään oppimisen kognitiivista prosessia. Vaikka silmänseurannan teknologian käyttö opetustutkimuksissa on kasvanut viime vuosina, suurin osa tutkimuksista on tehty psykologiaan liittyvillä alueilla. On esimerkiksi tutkittu, kuinka silmänseurantateknologiaa voitaisiin käyttää ja on käytetty kasvatuksessa ja opetuksessa sekä miten psykologian tutkimukset liittyvät oppimisen tutkimuksiin opetuksen piirissä. [1]

Yhtenä tutkimusesimerkkinä opetukseen liittyvästä katseenseurantatutkimuksesta on Rosengrantin et al. tutkimus *Following student gaze patterns in physical science lecture* [3], jossa tutkittiin kahdeksan yliopisto-opiskelijan katsemalleja katseen kohteista. Tällä keinolla yritettiin ymmärtää yhteys katseen ja keskittymisen kuvioiden sekä opiskelijoiden huomion välillä oppitunnin aikana tutkijan analyysin perusteella. Artikkelin tutkimus selvittää, mihin opiskelijat keskittyvät luokkahuoneessa (esim. demonstraatiot, ohjaaja, muistiinpanot yms.) normaalin oppitunnin aikana. Tutki-

muksen tavoitteena ei ollut vertailla eri opetustyyliä tai lähestymistapoja oppitunnilla, vaan tutkia nimenomaan katseen kohteita oppitunnilla. Kuitenkin tutkimuksen kohteena olevalla oppitunnilla käytettiin tutkittuja opetusstrategioita, kuten useiden representaatiomuotojen käyttöä opetuksessa. Rosengrantin et al. tavoitteena oli tehdä muutos oppitunnilla, jossa sinne tuotaisiin normaalin informaationsiirtomallin rikkovia aktiviteettejä. Tavanomaisessa opetustyyliässä opettaja selittää opetettavaa aihetta oppiaineen kielellä opiskelijoille. Tällaisista muutoksista esimerkiksi huumori on keino kerätä huomiota ja lisätä opiskelijoiden saavutuksia. Tällaisten muutoksien tehokkuutta yritettiin selvittää katseen seuraamisen avulla.

Oppiminen edellyttää informaation vastaanottamista. Mayerin kognitiivinen teoria multimediaoppimisesta tunnistaa informaation kaksi kanavaa, visuaalisen ja auditiivisen. Tarjoamalla johdonmukaisia viestejä ja käsitteitä sekä visuaaliseen että auditiiviseen tiedon vastaanottokanavaan ja ohjaamalla opiskelijaa valitsemaan hyödyllistä informaatiota kummastakin kanavasta voisi opettaja auttaa opiskelijaa oppimaan. Tämä teoria esittää myös, että informaatio esitettynä monessa kanavassa (modaliteetti) hyödyttää ymmärtämisessä ja oppimisessa. [4] Tässä pro gradu -tutkielmassa modaliteetti syntyy opettajan puheesta, eleistä ja simulaatioesityksestä samanaikaisesti. Opettaja kohtaa työssään ongelmia, joissa hänen pitää ymmärtää mahdolliset käytettävät representaation muodot (esitys, demonstraatio, simulaatio tai oppikirja), kuinka valita sopiva ja tehokas representaatiomuoto juuri tiettyyn opetustilanteeseen ja pitäisikö käyttää useita representaatiomuotoja samanaikaisesti.

Myös Moreno-Esteva ja Hannula toteavat Helsingin yliopistossa tekemässään artikkelissa *Using gaze tracking technology to study student visual attention during teacher's presentation on board* [5], että tärkeä opettamisen näkökanta on multimodaalinen kommunikaatio opettajan ja opiskelijan välillä. Opettaminen on kaksiosaista: improvisaatioelementti, jota käytetään opiskelijoiden esittämiin kysymyksiin, ja esisuunniteltu elementti siitä, mitä opettaja tulee tekemään oppitunnilla. Esisuunniteltua elementtiä voidaan harjoitella vuodesta toiseen ja se harjaantuu opettajan työuran edetessä. Molemmat osat sisältävät valittuja sanoja, eleitä ja kasvojen liikkeitä. Kaikkia viestejä ei kuitenkaan tietoisesti valita, vaan ne näytetään automaattisesti tai jopa alitajuntaisesti.

Roth toteaa tutkimuksessaan *Gestures: Their role in teaching and learning* [6], että eleiden vaikutusta oppimiseen on tutkittu vain vähän oppimisen ja opetuksen tutkimuksessa, erityisesti luonnontieteiden opetuksessa. Rothin mukaan tällainen tutkimus voisi olla äärimmäisen tärkeä eleiden merkityksien ymmärtämisen kannalta luonnontieteiden oppimisessa. Eleet ovat keskeisessä asemassa ihmisen kehityksessä, tietämisessä ja oppimisessa. Rothin mukaan osoittaminen on yksi ensimmäisistä eleistä, minkä kasvava lapsi oppii. Aluksi lapset kurkottavat esineitä ja sen jälkeen osoittavat niitä.

Näiden edellä mainittujen aikaisempien tutkimuksien pohjalta tässä pro gradu -tutkielmassa keskityttiin opetuksen tehostuskeinoihin, eli niihin eleisiin, tapoihin ja

sanoihin, joilla opettaja saa opiskelijan huomion kohdistettua sinne, minne opettaja haluaa, sillä huomio on ohjattavissa [7]. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitä nämä tehostuskeinot ovat ja kuinka hyvin opettaja saa niiden avulla huomiota ohjattua.

Huomion kohdistamisen voima on elintärkeää toiminnallemme ja tärkeää koulutuksen kannalta. Se on isoin tekijä päättämään, mitä opitaan. Kun joku ärsyke tulee huomion kentästä voimakkaampana kuin muut, se huomataan. Opettajat käyttävät tätä hyväkseen esimerkiksi puhuessaan ensin tasaisella äänensävyllä ja kun haluavat korostaa jotain, he nostavat tai laskevat äänenvoimakkuuttaan tai äänenkorkeuttaan. [7] Huomion kohdistamisen eleiden lisäksi tässä tutkimuksessa tutkitaan niitä tapahtumia, joilla huomio siirtyy johonkin muuhun kuin mitä opettaja haluaa.

2 Katseen seuranta ja opetus

Tässä kappaleessa kuvataan silmänliikkeiden mittoja ja erityisesti niitä mittoja, joita yleisesti käytetään oppimisen ja opettamisen tutkimuksessa. Luonnontieteiden opettamista ja oppimista pohditaan tämän tutkimuksen kannalta ja lisäksi pohditaan simulaatioita opetusmenetelmänä. Luvussa tutustutaan myös menneeseen ja nykyiseen silmänliiketutkimukseen sekä haastattelututkimuksen menetelmiin ja etuihin.

2.1 Silmänliikkeiden ja katseen kohteiden mitat

Ihmisen visuaalinen havainnointi koostuu kolmesta osasta: foveal (verkkokalvon keskiosa, syvennys), parafoveal (foveaa ympäröivä alue) ja ääreisnäkö (parafovean ulkopuolinen alue). Näön tarkkuus on suurimmillaan foveassa, vähenee parafoveassa ja pienin ääreisnäössä. [1] Silmä näkee värit ja muodot selvästi vain muutaman asteen erolla katseen keskipisteestä, tekstiä yhden tai kahden asteen erolla. Vaikka emme näe tämän tarkan alueen ulkopuolelle tarkasti, havaitsemme sillä alueella myös liikettä johtuen evoluutiohyödyistä. [7] Jotta näkisi asioita tarkasti, ihminen liikuttaa silmiään sijoittaakseen kiinnostuksen kohteet tarkimman näkökentän alueelle eli fovean alueelle. Silmän liikkeiden tutkijat ovat tunnistaneet eri tyyppiset silmänliikkeet, joista osa pitää fovean ympäristön näkyvässä kohteessa (sakkadi, silmän kääntyminen) ja osa stabiloii silmää pään liikkeessa (fiksaatio). Tutkimukset ovat osoittaneet, että eri lukijoilla on erilainen tehokkaan näkökyvyn havaintoalue ja että uutta informaatiota ei hankita sakkadien aikana. [1] Tästä syystä sakkadin aikana opiskelija ei voi oppia mitään uutta.

Oppimisen ja opetuksen tutkimisen kannalta on tärkeää määritellä keskeisimmät käsitteet katseen kohteen seurannassa. Silmänliikkeet koostuvat sarjoista fiksaatioita (fixation) ja sakkadeja (saccade). Fiksaatiot ovat tärkeitä silmän liikkeitä, jossa verkkokalvo stabiloituu tiettyyn kiinnostuksen pisteeseen. [2] Fiksaation aikana ihminen siis keskittää katseensa johonkin kohteeseen. Sakkadit sen sijaan ovat nopeita katseen liikkeitä fiksaatioiden välillä, eli katse siirtyy kohteesta toiseen. Kun luemme tekstiä, silmämme pysähtyvät hetkeksi lähes jokaisen sanan kohdalla sen lukemisen ajaksi. Pidempi fiksaatio vihjaa sanan, kuvan tai muun kohteen korkeammasta kognitiivisesta vaatimuksesta, eli kohteeseen täytyy keskittyä kauemmin ymmärtääkseen sen. Keskiarvoa pidempi fiksaatio voidaan selittää sisällön tuntemattomuudella ja luonnontieteellisillä käsitteillä, jotka voivat sisältää paljon informaatiota ja joiden merkitys voi olla monimutkainen. [4] Näin käy esimerkiksi, jos lukiessamme kohtamme tuntemattoman sanan tai jos sana on vaikea, sanaa luetaan kauemmin ja

fiksaatio on tällöin pidempi. Fiksaation ja sakkadin rajapinta riippuu siitä, mitä tutkimuksessa tehdään kuten luetaanko jotain, katsotaanko kuvaa vai videokuvaa ja miten katsetta tulkitaan tutkijan näkökulmasta. Voidaan olettaa, että paljon fyysikkä sisältävät simulaation kuvat ja toiminnot vaativat opiskelijalta enemmän keskittymistä kuin pelkkä teksti, kuvaajat tai kuvat juurikin tieteellisen sisältönsä ja tuntemattomuutensa eli uutuutensa vuoksi.

Katseen seurantametri on periaatteessa kehitetty perustuen edellä mainittuihin silmänliikkeiden ominaisuuksiin (sakkadi ja fiksaatio). [1] Katseenseurannassa mitataan katseen pistettä ja katseen liikkeitä pisteestä toiseen. Tämä mittaus toimii huomion indikaattorina ja kertoo koehenkilön keskittymisestä. Tällöin silmänliikkeistä saatava fysiologinen data katseen kohteesta voidaan ajatella olevan huomion kohde. [3] Tätä nimetään ”silma-mieli”-oletukseksi, jonka mukaan silmänliikkeet tarjoavat dynaamisen jäljen huomion kohteista. Vaikka on olemassa myös yhteensopimattomia tutkimuksia ”silma-mieli”-oletuksesta, on laajasti hyväksyttyä, että monimutkaisen informaation prosessointitehtävän (kuten lukeminen) aikana silmäliikkeet ja huomio ovat yhteydessä. [1] Tämän tutkimuksen kannalta onkin järkevintä olettaa, että opiskelijan katseen kohde on opiskelijan huomion kohde.

Kun analysoidaan katseen kohteita, fiksaation kesto kuvataan joko numeroarvolla (yleensä millisekunteina), graafisesti esimerkiksi lämpökartan avulla tai kasvavalla ympyrän koolla fiksaatiopisteessä. Yleisimmät indeksit katseen kohteen seurantaan ovat yleisesti ajallinen mitta, määrä- ja tilamitta [1]. Monesti tutkimusasetelma on sellainen, että tutkimuksen analysoinnissa voi käyttää automaattista analysointiohjelmistoa analysoinnin nopeuttamiseksi. Esimerkiksi Hungin tutkimuksessa *“What are you looking at?” An eye movement exploration in science text reading* [4] aineiston analysoinnissa käytettiin Data Viewer -analysointiohjelmää, joka laski automaattisesti fiksaatioiden ajankohdan, keston ja prosenttiosuudet.

Fiksaation keston määrittäminen riippuu tutkijasta ja tutkittavasta kohteesta. Kekulen artikkelissa *Students’ approaches when dealing with kinematics graphs explored by eye-tracking research method* [8] tutkittiin opiskelijoiden fysiikan kuvaajien ongelmantarkkaisumenetelmiä käyttäen silmänliiketutkimusta. Tutkimuksessa kuvaajan lukemiseen tarvittavan fiksaation kestoksi arvioitiin 60 millisekuntia. Tällöin sakkadi on siis ikään kuin fiksaatio, jonka kesto on alle 60 millisekuntia. Lisäksi sakkadia on liike fiksaatioiden välillä, ja Kekule määrittelee sen kulmanopeuden avulla: silmänliike luettiin sakkadiksi, kun katseen liikkeen nopeus oli yli 30 astetta sekunnissa. Fiksaatio kestää yleensä 100-500 millisekuntia, lukiessa keskimäärin se on noin 250 millisekuntia. 2-asteinen sakkadi lukiessa kestää yleensä 30 millisekuntia ja 5-asteisen sakkadin näkymän havainnointi kestää 40-50 millisekuntia [1]. Vastaavasti Hungin tutkimuksessa fiksaatioksi asetettiin 300 millisekuntia ääneen lukemiselle. [4]

Moreno-Estevan et al. artikkelissa videokuvan näkymä jaettiin osiin niiden alueiden mukaisesti, joihin opettaja haluaa, että kiinnitetään huomiota. Tutkijat päättelivät alueiden sijainnit opettajan puheesta, käsien liikkeistä ja katseesta. [5] Vastaavasti Ohnon, Shimojon ja Iwatan artikkelissa *Analysis of Problem Solving Processes in*

Physics Based on Eye-Movement Data tutkimusta varten määritettiin kiinnostuksen alueet (Area of interest, lyhennettynä AOI) [2]. Hungin tutkimuksessa näitä kiinnostuksen alueita oli 18 [4]. Näiden alueiden osalta voidaan määrittää fiksaatioiden kestoja tai fiksaation liikettä alueesta toiseen riippuen siitä, mitä tutkitaan.

2.2 Silmänliiketutkimuksia

Katseen kohteesta voidaan analysoida useita teemoja. Lain et al. artikkelissa *A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012* [1] on analysoitu ja vertailtu useita artikkeleita, joissa tutkitaan oppimista käyttäen silmänliikkeiden seuraamista lähtökohtana: kuinka silmänliikkeiden seuraamisen teknologiaa on käytetty oppimisen tutkimuksiin ja millaisia silmänliikkeen mittauksia on käytetty tutkimuksiin. Artikkeleita on tutkittu seitsemän teeman avulla: informaation käsittelyn kuviot, opetuksen suunnittelun vaikutus, olemassa olevien teorioiden uudelleentutkimus, yksilölliset erot, oppimisstrategioiden vaikutus, päätöksenteon kuviot ja käsitteellinen kehitys.

Lain et al. tutkimuksesta näkee, että monien tieteenalojen tutkimuksissa on yleistynyt katseen kohteen seuranta. Seuraamalla koehenkilön katseen kohdetta voidaan saada selville, mihin koehenkilön huomio kiinnittyy tutkimuksen aikana, oli tutkimuksen kohde sitten mikä tahansa. Huomion kohteen tutkimustuloksista voi olla hyötyä laajaltikin: pedagogisessa tutkimuksessa huomion kohteella voidaan esimerkiksi mitata opetuksen, oppikirjojen tai simulaatioiden tehokkuutta opetusmenetelminä. Viime aikoina jotkut tutkijat ovat käyttäneet tekniikkaa tutkiakseen oppimisprosesseja kompleksisissa oppimisen konteksteissa kuten uusi kirjallisuus, multimediaoppiminen ja strategiat tieteiden ongelmien ratkomiseen. Suorittaakseen silmänliiketutkimuksia niin kasvatustieteiden kuin oppimisen ja opetuksen tutkijoilla pitää olla tarvittavat käsitteelliset tiedot silmänliikkeistä. [1]

Silmäliikkeiden ja katseen kohteen seurantaan on tarjolla monia erilaisia vaihtoehtoja. Näistä yleisimmin käytetty laitteisto on tietokoneen näyttöön kiinnitettävä infrapunakamera. Tämän tyyppinen tutkimus on suoritettava tietokoneella ja usein eristetyssä tutkimustilassa, jolloin tutkimustilanne poikkeaa suuresti normaalista luokkahuonetyöskentelystä. Laitteiston käyttö vaatii aluksi katseen kalibroinnin ja että koehenkilön pää pysyy tutkimuksen ajan kalibroidussa kohdassa. Eristetyssä tilassa tarkkailtu tutkimus voi luoda koehenkilölle ylimääräisiä paineita tutkimuksen aikana, jotka voivat edelleen vaikuttaa tutkimustuloksiin.

Tällaista erillisessä tilassa tehtävää tutkimusta ovat tehneet Ohno et al. [2], jonka tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia opiskelijoiden silmänliikkeiden ja fysiikan ongelmaratkaisustrategioiden yhteyttä silmänliikkeiden seurannasta saatavalla fysiologisella datalla. Ohnon et al. mukaan oppimisen ja opettamisen tutkimukset, joissa analysoidaan silmänliikkeitä, ovat lisääntyneet merkittävästi viime vuosikymmenen aikana. Tutkimuksessa tehtäviä tehtiin tietokoneen ruudulta, yksi koehenkilö kerrallaan ja tehtävien teon aikana katseen kohteet tallennettiin käyttäen Tobii

T120 katseen kohteen seurantajärjestelmää. Tutkimuksessa käytettävien tehtävien suunnittelussa piti varmistaa, että lauseiden välillä oli tarpeeksi tilaa ja vastausvaihtoehtojen symbolit olivat tarpeeksi isoja. Tällöin voitaisiin todella tietää, mihin opiskelija katsoi.

Hieman vastaavanlainen laitteisto oli myös Kekulen tutkimuksessa [8], jossa käytettiin Tobii Tx300 -katseenseurantalaitteistoa. Tutkimuksessa asetettiin infrapuna-kamera tietokoneen näytön alapuolelle ja koehenkilön silmät noin 70 senttimetrin päähän ruudun keskeltä. Koehenkilön asettelu tutkimusasetelmaan vaatii huolellisuutta. Viiden pisteen kalibroinnin jälkeen silmänliikkeet tallennettiin Tobii Studio 3.2:lla. Tällainen tutkimusmenetelmä tallentaa silmänliikkeitä ja katseen kohdetta tarkasti, mutta vaatii koehenkilön pään tarkan sijainnin tietokoneen ruutuun nähden.

Sen sijaan Hungin [4] tutkimuksessa käytettiin langatonta The Eyelink 1000 -laitteistoa. Langaton laitteisto valittiin tutkimukseen, jotta aineiston keruusta saataisiin vähennettyä epämukavuutta ja lisättyä autenttisuutta. Tällöin koehenkilön pään liikkuvuutta ei tarvitse rajoittaa, käyttää päähän kiinnitettävää isoa laitteistoa tai pitää leukaa paikallaan. Etäysteemi tuo tutkimukseen mukaan vähän laitteita ja se tarjoaa lähellä normaalia elämää olevan lukutehtävän koehenkilölle, jolloin tutkimuksen autenttisuus säilyy. Myös Rosengrant et al. [3] toteavat artikkelissaan, että lasien hyötynä on se, ettei koehenkilön tarvitse keskittyä tietokoneen ruutuun tai kantaa mukanaan selkäreppun kokoisia nauhoituslaitteita ja samalla tutkijat voivat tutkia tutkimuskysymyksiä laajemmalla alueella eli laajentaa tutkimuksiaan.

Kaikesta huolimatta Hung [4] suoritti tutkimuksensa yksityisessä, hiljaisessa huoneessa, jotta voitiin taata tutkimuksen luottamuksellisuus ja koehenkilöiden henkilökohtainen mukavuus. Lisäksi opiskelijoita pyydettiin lukemaan teksti ääneen ja kertomaan uudelleen, mitä he lukivat. Uudelleenkertomisella varmistettiin, mitä he ymmärsivät oikein ja mitä väärin. Tällainen työskentelytapa ei ole ihmiselle luontaista, joten tutkimustapa vähensi tutkimuksen autenttisuutta.

Monet artikkelit käyttävät silmänliikkeiden aineiston analysointiin enemmän kvalitatiivista lähestymistapaa kuin kvantitatiivista. Esimerkiksi Kekulen artikkelissa silmänliikkeiden analysointiin käytettiin kvalitatiivista tutkimusmetodiikkaa ja silmänliikkeiden aineiston analysointiin käytettiin pääasiassa lämpökarttoja. Analysointi tehtiin vertailemalla lämpökarttoja keskenään, eikä varsinaisia numeerisia arvoja silmänliikkeistä käytetty mukana analyysissä, jolloin analysointitapaa voidaan pitää kvalitatiivisena. Lämpökartat luotiin laskemalla tunnistettujen fiksaatioiden avulla. Fiksaatioiden lukumäärä alueessa näyttää opiskelijan kiinnostuksen aluetta kohtaan. Kuvista tehtiin sulavampia lisäämällä väriarvot kaikkiin pisteisiin tietyn etäisyyden päähän fiksaation kohdasta. [8] Lämpökartoissa ilmaistaan värin tummuudella tai värin muutoksella fiksaatioiden määrää, eli kun jossain kohdassa on tummempi kohta, sitä on seurattu enemmän kuin sen ympäristöä. Myös Moreno-Estevan et al. artikkelin tutkimuksessa verrataan graafisesti, kuinka hyvin opettajan haluama kiinnostuksen alue täsmää katseen kohteeseen [5].

Uusi teknologia voi auttaa opiskelijoita oppimaan. Yksi osa uutta teknologiaa ovat katseenseurantalaitteet, joiden tarjoamalla aineistolla voidaan paremmin ymmärtää opiskelijoita ja mitä tehdä heidän kanssaan oppitunneilla. Jos ymmärretään paremmin, mikä pitää opiskelijan keskittyneenä oppitunnin aikana, voidaan opetustyyliä vaihtaa ja tällöin voidaan maksimoida aika, jonka opiskelija käyttää fysiikan työtehtävän parissa. [3]

2.3 Haastattelututkimus silmänliiketutkimuksen apuna

Artikkelissaan Ohno et al. [2] tutkivat ja selvittävät opiskelijoiden virhekäsityksiä käyttämällä kahta käytössä olevaa dataa: kvalitatiivista dataa haastatteluista ja fysiologista silmänliikkeiden dataa. Myös Rosengrant et al. [3] toivovat artikkelinsa lopussa, että jatkossa koehenkilöille on pidettävä lisäksi haastattelusessio, jotta voidaan tiedustella syvällisempää ymmärrystä koehenkilön ajattelutavasta tietystä kohtaa oppituntia. Tämä motivoi ottamaan haastattelututkimuksen osaksi myös tätäkin pro gradu -tutkielmaa.

Pelkästä silmänliikkeiden datasta ei voida päätellä tarpeeksi hyvin koehenkilön ajatusprosessista, koska analysoinnissa joudutaan tekemään johtopäätöksiä siitä, mitä koehenkilö ajattelee. Tämä analysointi voi jäädä vajaaksi tai olla jopa virheellinen, joten on tärkeää haastatella koehenkilöä tutkimuksen jälkeen. Haastattelun avulla saadaan selville, mitä koehenkilö ajattelee opetuksen aikana. Moreno-Estevan et al. artikkelissa oltiin kuitenkin sitä mieltä, että jälkeinpäin pidettävässä haastattelussa päästään käsiksi vain opiskelijan muistoihin tilanteesta [5]. Kuitenkin videon katsominen tehostaa tutkimustilanteen muistamista ja jo pelkkä muisteleminen riittää tukemaan analysoidusta datasta tehtyjä johtopäätöksiä.

Haastattelumenetelmää on käytetty paljon suomalaisessa sosiaali- ja käyttäytymistieteellisessä tutkimuksessa. Tutkimushaastattelu on ennalta suunniteltu ja sen tavoitteena on, että haastattelijalla saa luontevaa informaatiota tutkimusongelman kannalta relevanteilta alueilta. Haastattelu on haastattelijan alulle panema ja ohjaama ja haastattelijalla pitää yllä haastateltavan motivaatiota. Haastateltavan on voitava luottaa siihen, että annettuja tietoja käsitellään luottamuksellisesti. [9] Tästä syystä ennen haastattelua haastateltavalle on kerrottava, miksi heitä haastatellaan ja mitä haastatteluaineistolle tehdään haastattelujen jälkeen.

Tutkimushaastattelut jaetaan kolmeen ryhmään: lomakehaastatteluun, teemahaastatteluun ja avoimeen haastatteluun. Teemahaastattelu on lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun välimuoto, niin sanottu puolistrukturoitu haastattelu. Menetelmästä puuttuu kuitenkin strukturoidulle haastattelulle luonteenomainen kysymysten tarkka muoto ja järjestys, mutta se sopii käytettäväksi samoissa tilanteissa kuin strukturoimaton haastattelu. Esimerkiksi silloin, kun tutkitaan ilmiötä, joista haastateltavat eivät ole päivittäin tottuneet keskustelemaan. Teemahaastattelu on osoittautunut menetelmäksi, joka sallii tutkimuksen kohteeksi valittujen henkilöiden mahdollisimman luontevan ja vapaan reagoinnin. [9]

Opiskelijan ja opettajan toiminnasta syvällisemmän ymmärryksen saavuttamiseksi tässä tutkimuksessa käytettiin SRI-haastattelumenetelmää, jotta voidaan saada selville, mitä opiskelija tai opettaja ajattelivat eri tilanteissa tutkimuksen aikana. Tässä tutkimuksessa käytetty haastattelumenetelmä ei siis ole teemahaastattelu, mutta SRI-haastattelumenetelmä on tyypiltään hyvin lähellä ja siinä on samoja piirteitä kuin teemahaastattelussa. Nguyen, McFadden, Tangen ja Beutel kertovat artikkelissaan *Video-stimulated recall interviews in qualitative research* [10] että kvalitatiivisissa tutkimuksissa käytetään SRI-haastattelua haastattelemaan aiheesta, joka palautetaan mieleen videostimulaation avulla. Yhä useammat tutkijat käyttävät SRI:tä tutkimusmenetelmänä tuottaakseen sekä oivaltavaa että hyödyllistä aineistoa, jolla tutkitaan, miten ihmiset kokevat tietyn vuorovaikutustapahtuman opetuksessa.

SRI-tutkimustekniikassa koehenkilölle näytetään videosta kohtia heidän käyttäytymisestään ja sen jälkeen heidän tulee reflektoida omaa päätöksentekoprosessia. Sen suosiosta huolimatta tekniikka tuottaa metodologisia ongelmia tutkijoille, erityisesti aloittaville koulutuksen tutkijoille. Vaikka tämä tutkimusmenetelmä on arvokas tekniikka tapauskohtaisten päätöksentekoprosessien tutkimuksessa, se ei ole tekniikka, joka ojentaisi valmiin universaalin tekniikan tutkimuksen tekemiseen. Yksittäisten tutkijoiden voi olla tarpeellista kehittää oma SRI-menetelmä, joka parhaiten sopii heidän tutkimukseensa, koska kvalitatiivinen tutkimus on aina ainutlaatuinen [10]

Teemahaastattelu edellyttää hyvää kontaktia haastateltavaan ja siksi haastattelu paikan pitäisi olla rauhallinen ja haastateltavalle turvallinen. Sama pätee tutkimuksessa käytettyyn SRI-haastatteluun. Oppilaiden haastattelu koulutiloissa on tavallista, koska etuna on tällöin haastateltavien tavoitettavuus ja haastattelu voidaan tehdä nopeasti. Toisaalta kouluista ei ole helppo löytää haastatteluun sopivaa tilaa, mikä tuo omat haasteensa haastattelun suorittamiseen. [9]

2.4 Luonnontieteiden opetus

Seuraavissa alaluvuissa pohditaan, miten luonnontieteistä voidaan oppia ja miten niitä kannattaa opettaa pohtimalla oppimisen neurologisia prosesseja ja miten luonnontieteitä tulisi opettaa ottamalla huomioon opiskelijoiden tapa oppia. Erityisesti pohditaan simulaatioiden käyttöä opetuksessa, simulaatioiden tuomia haasteita sekä mitä hyötyä ja haittaa simulaatioiden käytöstä voi olla luonnontieteiden opetuksessa.

2.4.1 Luonnontieteistä oppiminen ja opettaminen

Koulun toiminta ja opettajan rooli on pysynyt samanlaisena hyvin kauan: ainoa aikuinen, opettaja, on 20-40 oppilaan edessä luokassa. Luokassa on liitutaulu ja/tai videotykki, ja opettaja ohjaa ja valvoo niiden käyttöä. Opettaja muun muassa kertoo opiskelijoille, mitä tehdä, miten tehdä ja milloin tehdään eli hän aikatauluttaa toimintaa. [7]

Oppiminen on tahdonalaista ja tietoista ja sitä tapahtuu vain, kun se sopii oppilajan tavoitteisiin. Oppiminen on aktiivinen prosessi, jossa ihmiset rakentavat omia merkityksiään uudesta informaatiosta. Tämä rakennusprosessi riippuu henkilön ominaisuuksista, kuten aiemmasta tiedosta, taidoista ja asenteista. Luonnontieteistä oppiminen on sitä, kuinka me tulkitsemme ja hankimme informaatiota omasta universumistamme, jossa me elämme. Tiedon oppimisessa oppija valitsee ärsykkeen ympäristöstään, joka integroituu vanhempaan tietoon. [7] Tällöin opettajan tulisi tuottaa sellaisia ärsykejä, joissa on yhteyksiä opiskelijoiden aiempiin tietoihin, esimerkiksi edellisten tuntien aiheisiin.

Oppimisprosessin alussa oppija on ympäröity tapahtumilla. Jokaisen näistä tapahtumista pitää ylittää tietty intensiteetin kynnyks, jotta hermosto aktivoituu ja tunne esimerkiksi äänestä koetaan. Myös kahden ärsykkeen intensiteettiero tai ero laadussa pitää olla tarpeeksi suuri, että ärsykkeet voidaan erottaa toisistaan. Mitä suurempi voimakkuus ärsykkeellä on, sitä todennäköisemmin tapahtuma huomataan. Vaikka intensiteetin kynnyks ylitetään, alitajunta suodattaa monet ärsykeistä ja ne jätetään huomioimatta. Opettajan tarkoitus on keskittää oppilajan huomio tiettyyn ärsykeeseen heidän ympäristöstään. [7] Tällöin opettajan tehtävä on tuottaa tarpeeksi voimakkaita ärsykejä, että oppilaja valitsee juuri ne ärsykkeet muista ärsykeistä. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi korottamalla äänen voimakkuutta, muuttamalla äänen korkeutta tai taputtamalla.

Kognitiiviset strategiat auttavat erottelemaan relevantin ärsykkeen irrelevanttien joukosta. Ilman näitä strategioita kaikkia ärsykejä kohdeltaisiin tasavertaisesti tai voitaisiin valita väärä ärsykejä. Kaksi eri henkilöä voivat siis valita ärsykkeiden tulvasta eri ärsykkeet, mihin he tulevat keskittymään. [7] Opettajan tulee miettiä opetushetkellä, soveltuuko suunniteltu opetusmenetelmä senhetkiseen opiskelijoiden viretasoon. Esimerkiksi jos nuoret opiskelijat ovat normaalia levottomampia, kannattaako ennemmin pitää opettajajohtoista opetusta vai antaa opiskelijoiden työskennellä itsenäisesti.

Oppilaja voi keskittyä vain yhteen asiaan kerrallaan. Se, miten ärsyke kiinnittää huomion, voi vaihdella. Ihmiset keskittyvät ympäristöstä niihin tekijöihin, jotka ovat relevantteja heidän senhetkiseen tarkoitukseensa. Joku, joka on täysin keskittynyt työtehtäväänsä, ei välttämättä kuule työhjeita opettajalta. Tällainen keskittyminen voidaan rikkoa esimerkiksi pienellä kosketuksella. Tämä kertoo siitä, että ihminen havainnoi jatkuvasti ympäristöään, arvioi tapahtumia ja hylkää niitä tiedostamattaan. Tietoisuus ei ole ympäristön huomioimisessa jatkuvaa vaan pikemminkin ym-

päristön skannaamista. Huomion kohteen valintaan vaikuttaa se, pitääkö opiskelija tilannetta epätavallisena, kiinnostavana vai ymmärrettävänä. Havainnoitsijan tieto, taidot ja asenteet vaikuttavat myös aistihavaintoihin. On valitettavaa opettajan suunnitelmien kannalta, kun opiskelija keskittyy muualle. Opiskelijat ovat luokkahuoneessa, jossa on useita huomiota kiinnittäviä esineitä, ääniä ja fyysikaalisia tunteita. [7] Opettajan tehtävä onkin luoda oppitunnista tarpeeksi mielenkiintoinen ja ymmärrettävä opiskelijalle.

Oppiminen ei ole yksinkertaista tiedon absorptiota, vaan tarkoitusten rakentamista, joka riippuu yksilön alkuperäisestä tiedosta. Opettajan on siis osattava muotoilla opetettava asia niin, että maksimoidaan opiskelijoiden mahdollisuudet ymmärtää asia, sekä edistää oppijoiden kykyä rakentaa merkityksiä. Opettajan pitää tietää, mitä ja miten opiskelija ajattelee, jotta hän voi tietää, paljonko opiskelijat voivat prosessoida tietoa. Paljon opettajan puheesta on kysymyksiä, joilla opettaja ohjaa opiskelijoiden ajattelua tai tarkistaa, seuraavatko opiskelijat opetusta. [7] Sama teema nähdään toistuvan hyvin tutkimuksena olevasta oppitunnista, jossa simulaatiota käytetään kertaukseen ja opettaja kyselee opiskelijoilta opetettavasta aiheesta kysymyksiä toisensa jälkeen.

Ihmisen kommunikaatio on sanoja ja puheen rytmitystä, eleitä, vilkaisuja ja kehon liikettä. Jopa kahden tuhannen vuoden ajan on tiedetty sanattoman viestinnän tärkeys. On kahdenlaisia eleitä: puhetta tukevat eleet ja puhetta korvaavat eleet. Lisäksi eleet kategorisoidaan neljään osaan: tahdittaminen, osoittaminen, ikoniset eleet ja metaforiset eleet. Eleet voimistavat kommunikaatiota tarjoamalla eri representaatiomuodon. Opettajalle eleet vähentävät kognitiivista taakkaa, auttavat muistamaan asioita ja ne toimivat ajattelun välineenä. [5] Opettajan täytyy osata päätellä, mitä opiskelijoiden on tarkoitus oppia. Opettajan pitää valita, mitä tulee sanomaan oppilaille, ja miten hän sanoo sen. Puhuesssa täytyy keskittyä lauseiden oikeanlaiseen muodostamiseen, sanottujen asioiden merkitykseen ja mahdollisiin virhekäsityksiin, liitossanoihin, asioiden esittämisnopeuteen, tahditukseen sekä kyseenalaistamiseen. [7] Lähes kaikella, mitä opettaja tekee, on vaikutusta opiskelijan fyysiseen ja ajatukselliseen toimintaan. Tästä syystä täytyy miettiä tarkoin, mitä tekee, jos haluaa olla hyvä opettaja.

Huonossa opetuksessa yritetään esimerkiksi antaa joko liian paljon tietämystä tai liian vähän tietämystä kerrallaan. Jos opiskelijoiden oppimista mietitään liikaa, voidaan kyllä saavuttaa oppimistuloksia mutta opiskelijat eivät itse opi oppimisstrategioita. Tämä jätetään valitettavan usein huomioimatta. Ei ole hyvä opettaa vain yhdellä opetustyyllillä, sillä opiskelijat eivät osaa käyttäytyä toisissa vastaan tulevis- sa tilanteissa. Kaikki valta ei saa olla opettajalla, sillä tällöin opiskelija ei ymmärrä, että he ovat itse vastuussa oppimisesta. Kaikki valta ei saa myöskään olla opiskelijoilla, koska he eivät osaa päättää, mikä on paras suunta edetä opiskelussa ja mitkä aiheista ovat tärkeimpiä. [7]

2.4.2 Luonnontieteiden opettamista simulaatioilla

Simulaatiot ovat tietokoneella, tablettitietokoneella tai muulla älylaitteella suoritettavia ohjelmia, joiden tarkoituksena on jäljitellä todellisuutta ohjelman avulla. Ohjelmassa on liikuteltavia osia ja muunneltavia arvoja, jotta voidaan nähdä, millaiset seuraukset muuntelulla tai liikuttamisella on. Erityisesti fysiikan simulaatioissa voidaan tutkia, miten parametrien muuntamien vaikuttaa tapahtuvaan fysiikan ilmiöön.

Käytännön työskentely on suuri etu luonnontieteiden opetuksessa, sillä niiden avulla opiskelijat kehittävät erilaisia kognitiivisia oppimisstrategioita kuin perinteisessä opetusmenetelmässä. Laboratoriotyöskentely tarjoaa luonnontieteiden opettamiseen erityisyyttä, sillä se tarjoaa opettajilleen ja heidän oppilailleen elollisuutta ja hauskuutta, joita olisi muuten vaikea saada. Laboratoriotyöskentely opettaa myös motorisia taitoja, ja sen avulla voidaan antaa merkityksiä aiemmin opituille asioille. [7] Kun opettajan suorittamaan simulaatioon saadaan mukaan opettajan selitys fysiikan ilmiöstä, kuten tämän tutkimuksen oppitunnilla on tehty, se toimii hyvin samankaltaisena kuin opettajan suorittama demonstraatioesitys. Simulaatioiden yksi merkittävimmistä eduista verrattuna muihin käytännön opetusmenetelmiin fysiikassa on se, että ne ovat lähestulkoon aina halvempia kuin todellinen laboratoriotyöskentely tai demonstraatiotyö. [11] Tutkimuksessa mukana oleva opettaja totesi, että simulaation aikana pääsee kohdentamaan kysymykset tärkeisiin kohtiin ja siihen, mitä halutaan opiskelijoiden oppivan.

Simulaatiot voivat olla myös turvallisempia ja esimerkiksi biologiassa eettisempiä kuin laboratoriotyöskentely. Simulaatio on toistettavissa uudelleen täsmälleen samoissa olosuhteissa kuin aiemmin, joten sitä voidaan käyttää useamman kerran saman opetusaiheen käsittelyssä. Simulaatiot kykenevät sovittamaan paljon aikaa vievät prosessit oppitunnin ajan puitteisiin ja hyvin nopeat ilmiöt voidaan simulaatiolla hidastaa ymmärrettävämmiksi. [11]

Ihmisen lyhytaikaisella muistilla on hyvin rajattu kapasiteetti, jolloin muistissa voidaan käsitellä vain 3-7 asiaa riippuen siitä, kuinka suuriin osiin havaittavat tapahtumat ositellaan ja kuinka suuria asioita voidaan käsitellä yksittäisinä asioina. Lisäksi nämä asiat pysyvät siellä rajoitetun ajan, ellei niitä kerrata. Jos opettaja tuo liian monta muistettavaa asiaa esiin yhtä aikaa tai esimerkiksi yhdessä lauseessa, opiskelijan lyhytaikainen muisti saattaa ylikuormittua, eikä hän välttämättä ymmärrä lausetta kokonaisuudessaan. Jos opettaja ei tätä ymmärrä, hän saattaa siirtyä asiassa eteenpäin liian nopeasti ja opiskelijalla ei ole aikaa harjoitella yksittäisiä osia ja muodostaa niistä isompia kokonaisuuksia. Tästä syystä opettajan tulee simulaatio-opetuksen aikana selventää elein tai sanoin, mihin opiskelijan tulisi kiinnittää huomio. Opettaja voi nähdä simulaatiossa vain muutaman eri osassa, opiskelija joutuu käsittelemään tusinoittain osia. Opettaja kyllä näkee kaikki osat, mutta hän kykenee käsittelemään ne enemmän integroituna. [7]

Yksi tärkeimmistä opettajan taidoista on osata arvioida, kuinka paljon tietoa opiske-

lijat voivat käsitellä ja millä tahdilla opetusta on vedettävä, jotta opiskelijat saavat opetuksesta irti mahdollisimman paljon. Liian nopealla tahdilla opiskelijat putoavat käreiltä ja hitaalla tahdilla he tylsistyvät. Jotta opettaja osaa tahdittaa oppituntia oikein, hänen pitää tietää opetettavasta aiheesta syvällisemmin kuin mitä hän opettaa. Ei voida olettaa, että opiskelijat oppivat automaattisesti, kun opetustyyliä vaihdetaan, vaan muutos täytyy tehdä hitaasti ja harjoitellen. [7] Näin ollen simulaatioita ei voida ottaa opetusmenetelmäksi olettaen, että sen avulla saataisiin oppimistuloksia automaattisesti. Sekä opettajien että opiskelijoiden pitää harjoitella niiden käyttöä. Opiskelijat eivät välttämättä opi simulaatiosta, koska he eivät tiedä miten siitä voisi oppia.

Simulaation käyttö täytyy opetella, ja se voi olla vaikeaa ja viedä paljon aikaa niin opettajalta kuin opiskelijalta. Toisaalta kun simulaation käytön kerran oppii, on sitä jatkossa nopea käyttää ja se maksimoi oppimiseen käytetyn ajan. [11] Jerry Wellingtonin kirjan *Practical work in school science, which way now?* [12] tutkimustulokset osoittavat, että tietokonepohjaiset aktiviteetit ovat yleisesti tehokkaita motivoimaan vuorovaikutusta ja edistämään keskustelua. Kuitenkin joskus voi olla, että tietokoneella tai tablettitietokoneella suoritettujen simulaation mielenkiinto kiinnittyy enemmän siihen, ettei tarvitse lukea tai kirjoittaa kuten monella muulla oppitunnilla joutuu tekemään, vaan pääsee käsittelemään elektroniikkalaitteita sekä selaamaan internetiä. Lisäksi oppilas ei välttämättä ymmärrä simulaatiota niin hyvin kuin korkeakoulutettu opettaja, jolloin simulaatio voi pahimmillaan olla sekava ja hämmentävä. [11]

Stephensin ja Clementin tutkimuksessa *Use of physics simulations in whole class and small group settings: Comparative case studies* [13] oli tarkoitus tutkia opiskelijoiden välistä vuorovaikutusta autenttisella lukion fysiikan tunnilla, jossa käytettiin simulaatioita opetuksessa. Koska simulaatiot välittävät visuaalista informaatiota, opettajat voivat helposti ajatella, että simulaatiot ovat automaattisesti tehokkaita välittämään monimutkaisia malleja opiskelijoille. Näin ei kuitenkaan ole, sillä simulaation ymmärtäminen riippuu opiskelijan oikeanlaisesta aikaisemmasta tiedonrakenteesta eli siitä, mitä kaikkea hän osaa ennalta aiheesta, johon simulaatio liittyy.

Simulaatioiden käytöllä pienryhmissä voidaan lisätä sitoutumista, koska simulaatio auttaa opiskelijoita tuomaan oman ajattelunsa näkyväksi. Aloittelevaa opiskelijaa voi joutua opastamaan liikkeen yksityiskohtiin animoidussa grafiikan eli simulaation näkymän tarkastelussa. Stephensin et al. tutkimuksen mukaan simulaatio tarjoaa pienryhmässä opiskeleville aktiivisempia oppimiskokemuksia kuin koko luokalle opetettaessa, mutta kuitenkin opiskelijat oppivat hieman paremmin koko luokan kesken käytetyllä simulaatiolla kuin pienryhmätyöskentelyssä. Koko luokalle pidetyssä simulaatiossa käytettiin enemmän aikaa tärkeisiin käsitteisiin ja käsiteltiin enemmän käsitteellisiä ongelmia. [13] Mukana olleen koehenkilön mielestä yhteisessä opetuksessa ilmenee sellaisia asioita, mitä ei välttämättä huomattaisi pienryhmätyöskentelyssä ja asiat tulevat paremmin esille.

Tässä tutkimuksessa mukana olleen opettajan mielestä simulaatiot ovat hyvä ope-

tusmenetelmä, koska ne ovat nopeita ja niissä ei ole liikaa ylimääräisiä ominaisuuksia, jotka veisivät huomion pois opetuksesta. Opettajan mielestä simulaatiot ovat ajankäytöllisesti paras representaatiomuoto, sillä esimerkiksi videota katsomalla ei päästä käsiksi tarpeeksi analyyttisiin kysymyksiin harjoitustehtäviin ja hän käyttääkin simulaatioita osana opetustaan. Osa simulaatioista aukeaa tableteilla, niissä on hyvä grafiikka ja tarpeeksi mittaamiseen käytettäviä työkaluja. Ja kaiken lisäksi monet ovat ilmaisia. On kuitenkin riksi, että opiskelija juuttuu simulaation graafiseen ulkoasuun tai simulaatiolla leikkimiseen. Opettaja hämmästyi sitä, kuinka paljon pienryhmätyöskentelyn aikana opiskelijat leikkivät simulaatiolla enemmän kuin olisivat tutkineet tutkittavaa ilmiötä. Hän arveli sen johtuvan liian heikosta perustietämyksestä työn suorittamiseksi. Täten opettajan täytyy miettiä simulaatio-opetusta suunnitellessaan, että onko simulaatiossa liikaa monimutkaisia osia ja pitääkö sen käyttöä selventää.

Koehenkilön mielestä simulaatio oli hyödyllinen ja siitä oppi, mutta itse tekemällä oppii paremmin. Lisäksi hänen mielestään simulaatiosta saa fysiikan tilanteesta paremman mielikuvan, jolloin laskutehtäviä tehdessä ”osaa kuvittaa sitä jo päässä, että miten ne vois mennä ne tehtävät”.

3 Tutkimuskysymykset

Moreno-Estevan et al. [5] artikkelissa tutkimuskysymyksenä oli, että kuinka hyvin opettajan puhe ja eleet ohjaavat opiskelijan huomiota. Tutkimuksessa oltiin kiinnostettu opiskelijan katseen liikkeistä, kun informaatiota esiteltiin kahdessa erillisessä alueessa ja kuinka tehokkaasti opettajan eleiden käyttö auttoi opiskelijaa yhdistämään nämä kaksi tiedonlähdettä. Artikkelissa havaittiin, että opiskelija seuraa aktiivisesti vihjeitä suurimman osan ajasta. Osittain tästä syystä tässä pro gradu -tutkielmassa halutaan tutkia, millä tavalla opettajan puhe ja eleet ohjaavat opiskelijan huomiota simulaatio-opetuksen aikana.

Hieman vastaavalla tavalla myös Rosengrant et al. [3] tutkivat artikkelissaan yhteyttä katseen ja keskittymisen kohteista piirrettyjen kuvioiden ja opiskelijan huomion välillä. Lisäksi he tutkivat, mihin opiskelijat keskittyivät luokkahuoneessa. Tutkimuksen tuloksena oli, että opiskelijat keskittyivät normaalin oppitunnin aikana suurimman osan ajasta tarjottuun informaatioon, kuten muistiinpanoihin. Niinpä tässä tutkimuksessa on tarkoituksena tutkia, keskittyykö opiskelija opetukseen ja vastaa-ko opiskelijan visuaalinen huomion kohde opettajan antamia vihjeitä, kun opettaja opettaa luokassa yhteisesti simulaation avulla.

Näiden aikaisempien tutkimusten ja tämän tutkimuksen tarkoituksen pohjalta tutkimuskysymyksiksi valittiin:

- Mihin opiskelija keskittyy oppitunnin aikana?
- Mikä siirtää opiskelijan huomion työtehtävään tai pois työtehtävästä?
- Mitkä opettajan puheet ja eleet ohjaavat opiskelijan huomiota ja millä tavalla?

4 Metodi

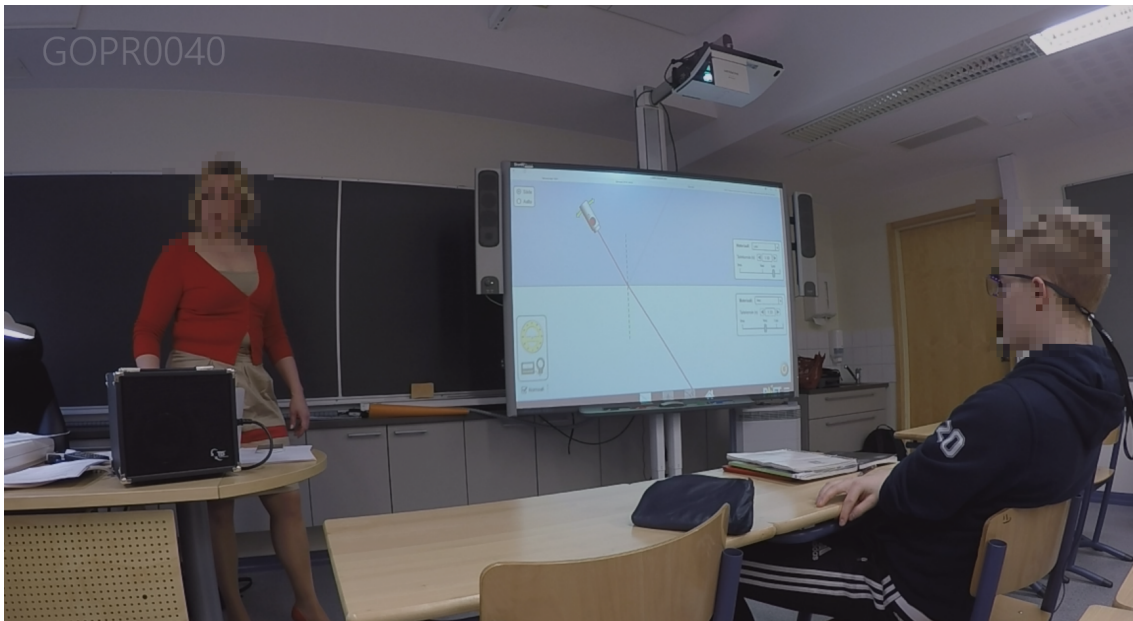
Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa vapaaehtoisesti tutkimukseen osallistuvan opiskelijan katsetta seurattiin fysiikan oppitunnilla, jossa oli mukana fysiikan simulatio opetettavasta aiheesta eli taittumisilmiöstä aalto-opissa. Katseen seuraamiseen käytettiin langatonta katseenseurantalaitteistoa, josta saatu videotiedosto siirrettiin tietokoneelle analysoitavaksi. Tutkimuksen toinen vaihe eli SRI-haastattelu suoritettiin opettajalle ja opiskelijalle heti kun oli mahdollista tutkittavan oppitunnin jälkeen. SRI-haastatteluun ei ole mitään pohjaa, joten tutkimusvideon pintapuolisen analyysin perusteella tehtiin kysymyssarjat erikseen koehenkilön ja opettajan haastattelua varten. Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa analysoitiin alkuperäinen katseenseurantalaitteesta saatu video tarkasti. Lopulta neljännessä vaiheessa verrattiin analysoinnista saatuja tuloksia haastattelujen tuloksiin.

4.1 Aineiston keräys

Koehenkilöksi valittiin vapaaehtoinen opiskelija. Hän ei tiennyt saavansa tutkimuksesta mitään palkintoa, joten hän liittyi mukaan puhtaasti mielenkiinnosta. Vastavalla tavalla Moreno-Estevan et al. artikkelissa koehenkilö valittiin vapaaehtoisuuden perusteella [5] ja myös Rosengrantin et al. artikkelissa [3] koehenkilöt olivat opiskelijoita, jotka vapaaehtoisesti käyttivät katseenseurantalaitetta. He eivät saaneet tutkimuksesta mitään hyötyä itselleen. Koehenkilölle tarjottiin tutkimuksen päätyttyä elokuvalippuja sekä haastattelujen ajan kahvia, sillä tutkimukseen osallistuminen tuotti koehenkilölle selvästi lisää työtä lukio-opiskelun lisäksi.

Opiskelijan katseen kohdetta seurattiin kolmella fysiikan tunnilla keskisuomalaisessa lukiossa. Kaikki kolme oppituntia liittyivät fysiikan kolmanteen lukiokurssiin, joka käsitteli vuoden 2003 opetussuunnitelman mukaisesti aalto-oppia. Kurssin keskeisiin sisältöihin kuuluvat aaltojen eteneminen, heijastuminen, taittuminen, valo ja kokonaisheijastuminen. Opetussuunnitelman mukaan kurssin tavoitteena on, että opiskelija saa yleiskuvan luonnon jaksollisista ilmiöistä, perehtyy niitä selittäviin keskeisiin periaatteisiin ja perehtyy aaltoliikkeen perusteisiin tutkimalla mekaanista värähtelyä, ääntä tai sähkömagneettisia aaltoja. [14]

Kaikilla oppitunneilla käytettiin opetuksessa opeteltavaan aiheeseen liittyvää simulaatiota opettajajohtoisesti. Simulaatiota pyritettiin tablettitietokoneelta opettajan pöydältä ja simulatio näkyi opiskelijoille Smartboard-työpöydältä. Kuva mittauksista on esitelty kuvassa 1. Smartboard-työpöydän älytauluominaisuudet eivät olleet käytössä, vaan älytaulua käytettiin kuin videotykkiä ja tavallista valkokangasta.



Kuvio 1. Aineistoa kerätään oppitunnilta katseenseurantalaseilla, opiskelijan takana olevalla kameralla sekä äänittämällä opettajan puhetta älypuhelimella

Tutkimukseen valittiin kolmesta oppitunnista yksi, ensimmäiseksi tutkittu oppitunti. Oppitunti oli tavallinen lukion oppitunti, joka kesti 90 minuuttia ja jossa oli kotitehtävien läpikäyntiä, yhteistä opetusta, yksilötyöskentelyä sekä ryhmätyöskentelyä. Simulaatio-opetus pidettiin oppitunnin alkupuoliskolla heti kotitehtävien läpikäynnin jälkeen. Analysoitavan aineiston valintaan vaikutti toisella ja kolmannella oppitunnilla simulaation kanssa esiintyneet ongelmat sekä analysointityön hitaus ja työläys. Kahdella jälkimmäisellä oppitunnilla simulaation kuva katosi valkokankaalta useita kertoja, jolloin opetus ei ollut sujuvaa ja analysoitavissa videoissa oli paljon häiriöitä. Toisessa epäonnistuneessa mittausilanteessa koehenkilö teki simulaation aikana paljon muuta opiskeluun liittymätöntä toimintaa, koska opetus ”ei edennyt mihinkään” ja oli ”tekemisen puute”, joten oli ”turhaa vaan kattoo sitä valkoista taulua”. Lisäksi lasit olivat hieman huonosti näillä epäonnistuneilla mittauskerroilla, koska katseenseurantalaseista saatavan videon näkymä oli liian alhaalla ja valkokankaasta näkyi paikoitellen vain puolet.

Lasit kalibroitiin lasien mukana tulevalla Controller-ohjelmalla nopeasti tunnin alussa. Tobii Pro Glasses 2 -silmänliikelasit vaativat yhden pisteen kalibroinnin. Kalibroinnissa koehenkilön piti katsoa seinällä olevaa kuvaa (kuva tuli lasien mukana) ja ohjelma kohdisti katseen ja videossa olevan punaisen ympyrän samaan kohtaan. Kalibrointi suoritettiin nopeasti, jotta oppituntia häirittiin mahdollisimman vähän jolloin oppitunti pysyisi mahdollisimman autenttisenä. Koehenkilö piti laseja päässään koko oppitunnin ajan, sillä oppitunti sisälsi lisäksi pienryhmissä simulaatiolla tehtävän työkortin, mikä tallennettiin mielenkiinnosta ja mahdollista analyysia varten. Voidaan olettaa, että tallentamalla koko oppitunti opiskelija ehti tottua laseihin ja tällä tavalla saatiin vähennettyä opiskelijan keskittymistä laseihin ja itse tutki-

mustapahtumaan. Eli tutkimus suoritettiin mahdollisimman huomaamattomasti ja pyrkimällä säilyttämään oppitunnin autenttisuus.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin luokkahuoneen etuosaa, jossa oli opettajan lisäksi tavallisia nykyaikaisen luokkahuoneen esineitä, kuten valkokangas ja Smartboard-älytaulu. Opiskelijan taakse asetettiin GoPro Hero 4 -action-kamera kuvaamaan tutkimustilannetta, ja GoPro-kameran näkymä näkyy kuvassa 1. GoPro-kameran kuvaa käytettiin lisäksi opettajan haluamien katseen kohteiden analysointiin tutkimalla opettajan eleitä ja katsetta vastaavalla tavalla kuin alaluvussa 4.3 on esiteltynä.

Lisäksi opettajan puhe äänitettiin älypuhelimella, mikä oli asetettu opettajan eteen opettajan pöydälle siltä varalta, että katseenseurantalaseissa olevan mikrofonin tallentama ääni ei kuulu tarpeeksi selvästi katseenseurantalasien kuvaamassa videossa.

Tutkimuslupa pyydettiin opettajalta, koehenkilönä toimivalta opiskelijalta sekä muilta opiskelijoilta, jotka olivat mukana tutkimuksessa. Koska suurin osa opiskelijoista oli alaikäisiä, heidän vanhemmat allekirjoittivat tutkimusluvan. Tutkimuslupapohja on esitelty liitteessä A.2.

4.1.1 Käytetty katseenseurantalaitteisto

Tässä tutkimuksessa käytettiin Tobii Pro Glasses 2 -katseenseurantalaseja ja laitteisto on esitettynä kuvassa 2. Laitteisto on uuden sukupolven katseenseurantalaitteisto, joka tuoteinfon mukaan tarjoaa tutkijoille mahdollisuuden tallentaa oikeasti objektiivisia ja syvällisiä käsityksiä ihmiskäyttäytymisestä missä tahansa ympäristössä. Lasit näyttävät täsmälleen reaaliajassa tietokoneen ohjelman avulla sen, minne koehenkilö katsoo liikkeessaan vapaasti lähes missä tahansa, kuitenkin kuivassa ja pölyttömässä ympäristössä. [15]

Laitteisto koostuu päähän liitettävistä lasista eli pääyksiköstä, tallennusyksiköstä sekä ohjaavasta ohjelmasta tietokoneella. Pääyksikkö koostuu sangoista, jossa on kiinni vaihdettava nenätuki sekä muoviset suojalinssit. Nämä linssit voidaan tarvittaessa vaihtaa vahvuuksilla oleviin linsseihin, koska koehenkilö ei voi käyttää omia silmälasejaan tutkimuksen aikana. Pääyksikössä on teräväpiirtokamera kuvaamassa näkymää koehenkilön edestä, mikrofoni tallentamassa koehenkilön puhetta ja ääniä ympäristöstä. Mikrofonin on tarpeeksi tehokas toimimaan ainoana ääntä tallentavana laitteena luokkahuoneympäristössä. Tärkeimpinä komponentteina pääyksikössä ovat useat infrapunavalaisimet, jotka valaisevat koehenkilön silmiä, ja neljä silmäseurantasensoria, jotka tallentavat silmien asennon ja katseen kohteen infrapunavalaisimien valaisun perusteella. [15] Silmien asennon perusteella lasketaan ja määritetään katseen kohde videolle punaisena renkaana (kuva 6 alaluvussa 4.4).

Pääyksikkö on HDMI-kaapelilla kiinni tallennusyksikössä, joka näkyy kuvassa 2 pääyksikön takana oikealla. Tallennusyksikössä on ladattava akku ja SD-kortti, johon lasien kuvaama video tallentuu ja sitä ohjataan tietokoneelta laitteiston mukana tu-



Kuvio 2. Tobii Pro Glasses 2 -katseenseurantalasit [15]

levalla Controller-ohjelman avulla. Tallennusyksikössä on vyöklipsi, jotta laite voidaan kiinnittää koehenkilön vyöhön vapaan liikkuvuuden sallimiseksi. Tallennusyksikköä voidaan kantaa mukana myös mukana tulevassa olkalaukussa. Tietokoneeseen tallennusyksikkö voidaan liittää joko kaapelilla tai langattomasti WLAN:in avulla. Ohjelma näyttää siis reaaliajassa sen, mitä lasit kuvaavat tutkimushetkellä sekä sillä voidaan katsoa jälkikäteen tallennusyksikön tallentama video. Ohjelmalla voidaan lisäksi tallentaa katseenseurantavideo tavalliseen tiedostomuotoon (mpg tai mp4), jotta sitä voi katsoa tavallisilla videontoisto-ohjelmilla (esim. VLC Media Player) ilman Controller-ohjelmaa. [15]

Pääyksikkö tuottaa korkearesoluutioisen, laajakuvaisen videon kuvataajuudella 25 fps. Pääyksikkö painaa vain 45 grammaa suojaavien linssien kanssa, joten ne ovat melko huomaamattomat käytössä. Tallennusyksikkö painaa 312 grammaa, joten sekin ei ole taakka tutkimuksen aikana. Akku riittää tallentamaan 90 minuutin oppitunnin, sillä ohje lupaa jopa 120 minuutin tallennuksen. [15] Koehenkilön kokemukset lasien ominaisuuksista olivat, että ”lasien kanssa piti olla tosi varovainen, mutta niihin tottui. Johto oli vähän inhottava (pääyksikön ja tallennusyksikön välillä)”.

4.1.2 SRI-haastattelu

Koehenkilö ja opettaja haastateltiin neljän vuorokauden sisällä aineiston keräyksen jälkeen. Haastattelut pyrittiin pitämään vielä nopeammin, mutta oli vaikea löytää vapaata aikaa opettajan ja opiskelijan kanssa kiireisenä keväänä.

Opettajaa haastateltiin tyhjässä luokassa tämän vapaa-aikana ja opiskelijaa haastateltiin luonnontieteiden opetuksen välinevarastossa oppitunnin aikana. Opiskelija sai poistua tutkimuksessa mukana olevan opettajan oppitunnilta haastattelun ajaksi, kun tunnilla tehtiin tehtäviä kirjasta eikä yhteistä opetusta ollut sinä hetkenä.

Molempien haastattelujen rakenne oli sama. Ensin haastateltavilta kysyttiin sarja



Kuvio 3. SRI-haastattelu. Opettaja katsoo oppituntin videota tablettitietokoneelta

kysymyksiä, jotka liittyivät yleisesti tuntiin ja muutama tarkennettu kysymys simulaatiosta, jotka suunniteltiin nopealla aineiston analyysillä. Molemmille haastateltaville oli omat kysymyssarjat. Kysymysten jälkeen haastateltavat katsoivat videon opetustilanteesta, jossa käytettiin simulaatiota ja he saivat vapaasti kommentoida, mitä he ajattelivat milläkin hetkellä opetustilanteessa. Videon katsomisen jälkeen katsottiin vielä muutama mielenkiintoinen kohta videosta uudelleen ja haastateltavilta kysyttiin tarkentavia kysymyksiä kohtiin liittyen. Haastattelutilanne videoitiin analysointia varten ja haastattelutapahtuma on esiteltyä kuvassa 3. Kuva on otettu analysoitavasta haastatteluvideosta ja kuvassa opettaja katsoo Tobii-lasien kuvaa videokuva, jossa näkyy opiskelijan katseen kohde. Kamera aseteltiin haastattelutilanteeseen niin, että tietokoneelta näkyi ja kuului mahdollisimman hyvin, mitä kohtaa tutkimusvideosta opettaja tai opiskelija kommentoi. Lisäksi oli tärkeää, että opettajan puhe kuului haastatteluvideosta. Haastatteliija on kuvassa oikealla.

4.2 Simulaatiot ja opetettavan aiheen teoria

Tässä tutkimuksessa käytettiin Coloradon yliopiston kehittämää fysiikan PhET -simulaatiota *Taivuttava valo, Bending light* [16]. Kuva simulaation näkymästä on esiteltynä kuvassa 4. Coloradon yliopisto tarjoaa verkkosivuillaan useita fysiikan, biologian, kemian, maantiedon ja matematiikan simulaatioita ilmaiseksi opetuskäyttöön. Myös maksullisia simulaatioita käytetään opetuksessa, mutta silloin tutkimuksessa mukana olevan opettajan mukaan niillä ei tehdä oppilastöitä, vaan niitä käytetään vain luokan yhteisessä opetuksessa. Monet simulaatioista on Java-pohjaisia, jolloin niitä pystyy käyttämään vain tietokoneella, mutta osa simulaatioista on HTML5-pohjaisia, jolloin ne toimivat tietokoneen lisäksi myös tablettitietokoneella tai muulla älylaitteella. Coloradon yliopiston ilmaisia simulaatioita käytetään paljon opetuksessa ja myös opetusta koskevassa tutkimuksessa, kuten esimerkiksi Stephensin et al. [13] artikkelissa. Tutkimuksessa tutkittiin opiskelijoiden vuorovaikutusta autenttisella lukion fysiikan tunnilla, jossa käytettiin simulaatioita.

Tutkimuksessa käytettävän simulaation avulla voidaan tutkia valon taittumista, heijastumista, Snellin lakia, optiikkaa sekä prismoja. Simulaatiossa pystytään vaihtamaan aineita rajapinnan molemmiin puoliin, valitsemaan niille taitekertoimet, mittaamaan valon intensiteettiä sekä tulo-, lähtö- ja taitekulmaa. [16] Kuva simulaatiosta on esitettynä alaluvussa Aineiston analysointi (4.3) kuvassa 4.

Tutkittava oppitunti keskittyi kertaamaan lukion kolmannessa fysiikan kurssissa (LOPS 2003 [14]) olevia sisältöjä: heijastumista, taittumista, kokonaisheijastumista, taittumislakia ja Snellin lakia, jonka takia *Taivuttava valo* -simulaatio valittiin. Aineen 1 taitekerroin määritellään [17]

$$n_1 = \frac{c_0}{c_1},$$

missä c_1 on valon nopeus väliaineessa 1 ja c_0 on valon nopeus tyhjiössä. Taitekertoimien avulla voidaan määrittää aineiden 1 ja 2 rajapinnan taitesuhde n_{12}

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1},$$

missä n_1 on aineen 1 taitekerroin ja n_2 on aineen 2 taitekerroin. Kun valo kulkee aineesta 1 aineeseen 2, sen taajuus pysyy samana. Lopulta voidaan kirjoittaa valolle taittumislaki:

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2},$$

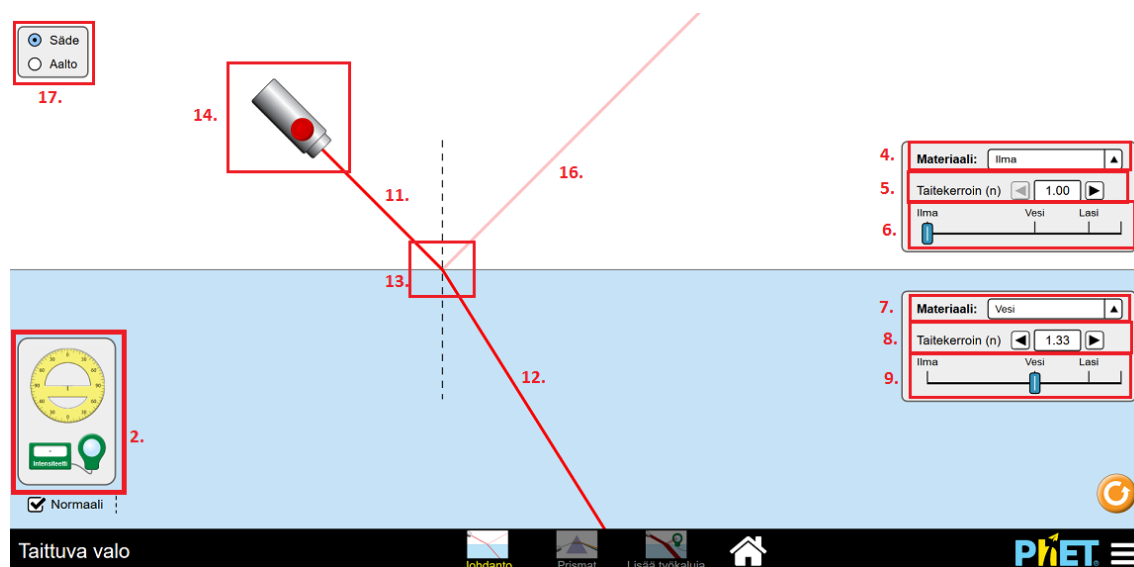
missä α on valon tulokulma, β on valon taitekulma, v_1 on aaltoliikkeen nopeus aineessa 1, v_2 on aaltoliikkeen nopeus aineessa 2, λ_1 on valon aallonpituus aineessa 1 ja λ_2 on valon aallonpituus aineessa 2. Kulmat ovat valon ja pinnan normaalin

välisiä kulmia. Snellin laki on osa taittumislakia ja se käsittelee taitekertoimien suhdetta taite- ja tulokulmaan.

Opettajan on tärkeää osata opetettavan aiheen teoria, jotta hän ei opeta aihetta puutteellisesti tai jopa virheellisesti. Tällöin opettaja pystyy myös hahmottamaan, mihin osiin opiskelijoiden kannattaa keskittyä, jotta saavutetaan mahdollisimman kattavaa oppimista.

4.3 Aineiston analysointi

Katseen kohteista saatiin videotiedosto, joka voitiin analysoida noin 42 millisekunnin tarkkuudella, sillä Tobii-lasien kuvaamassa videossa on 24 kuvaa sekunnissa. Tästä 90 minuutin oppitunnista valittiin analysoitavaksi simulaation mittainen, eli noin 11 minuutin mittainen video. Tässä tutkimuksessa katseen fiksaation aikarajaksi valittiin 125 millisekuntia, sillä simulaation osat ja toiminnot ovat opiskelijoille tuntemattomampia kuin teksti ja kuvaajat. Muita vertailtavia fiksaation arvoja on esiteltyä alaluvussa 2.1. Tästä syystä yksi sekunti jaettiin kahdeksaan osaan 24 osan sijasta ja tällöin 10 minuutin 51 sekunnin mittainen tutkimusvideo sisälsi 5209 tutkimuspistettä.



Kuvio 4. Kiinnostuksen alueet (AOI) simulaationäkymässä

Tässä tutkimuksessa on tehty tutkittavan alueen jako kuuteentoista kiinnostuksen alueeseen ja nämä kiinnostuksen alueet 1-9 ja 11-17 on esiteltyä punaisina laatikoina simulaatiosta otetussa kuvankaappauksessa kuvassa 4. Kun katseen kohteen rengas (katso kuva 6) on punaisen laatikon sisällä, lasketaan katseen olevan laatikon numeron alueella eli jollain kiinnostuksen alueella välillä 1-17. Kiinnostuksen alue 10 tuli mukaan ylimääräisenä, mutta se jätettiin analyysiin mukaan varanumerona, jos opettajan puheen analysoinnista olisi ilmennyt uusi kiinnostuksen alue.

Kiinnostuksen alueet ovat sanallisesti selitettynä taulukossa 1. Kuvassa on jokaiselle kiinnostuksen alueelle oma numero, selvitys kiinnostuksen alueesta ja esimerkki siitä, missä tilanteessa opettaja puhuu tästä kyseisestä kiinnostuksen alueesta tutkimusvideon aikana. Kaikki muut kiinnostuksen alueet on otettu simulaationäkymästä paitsi ”Opettaja” ja ”Joku muu”.

Taulukko 1. Kiinnostuksen alueiden selitykset

Koodin numero	Selitys (kiinnostuksen kohde simulaation näkymästä)	Esimerkki tilanteesta, jossa opettaja haluaa tietyn katseen kohteen
1	Opettaja/ opettajan kasvot	-
2	Työkalulaatikko	-
3	Työkalu käytössä	"Voidaan mitata sieltä intensiteetti tällaisella mittarilla"
4	Materiaali 1 (materiaalin valinta)	"... ja ilma tuohon yläpuolelle"
5	Materiaalin 1 taitekerroin (lukuarvo)	"Mitä voitte sanoa valon nopeudesta lasissa?"
6	Materiaalin 1 taitekerroin (liukukisko)	-
7	Materiaali 2 (materiaalin valinta)	"Lasi tonne puolelle"
8	Materiaalin 2 taitekerroin (lukuarvo)	"Mitä voitte sanoa valon nopeudesta lasissa?"
9	Materiaalin 2 taitekerroin (liukukisko)	-
10	Ylimääräinen koodinumero	-
11	Tuleva laser/ tulokulma	"Miten se (tulokulma) vaikuttaa vaikka heijastuskulmaan?"
12	Taattuva laser/ taitekulma	"Mihin se heijastuu ja mihin se taiteuu?"
13	Taitepiste	"Mitä laserin säteelle tapahtuu, kun se kohtaa rajapinnan?"
14	Laserosoitin	"Laitetaan päälle toi laseri"
15	Joku muu	-
16	Heijastuva laser/ heijastuskulma	"Mihin se heijastuu ja mihin se taiteuu?"
17	Säde- tai aaltovalikko	-

Tässä tutkimuksessa automaattianalysointia ei voitu käyttää, eli lasien mukana tuleva Analyzer-ohjelma oli käyttökelvoton. Automaattianalysoinnissa katseen kohde, kesto ja ajankohta voidaan määrittää silmänliikevideosta automaattisesti tietokoneohjelman avulla, mutta se vaatii tutkimusnäkyvän paikallaanpysymistä. Tutkimuksen aikana opiskelijan pää liikkui paljon, kuten yleensä normaalissa luokkahuone-tilanteessa, joten analysointi jouduttiin tekemään käsin ilman automaattiohjelmaa. Fiksaatioiden kohteet taulukoitiin Excel-tilukseen 125 millisekunnin välein ja menetelmä on esiteltynä kuvassa 5. Tällä tavalla saatiin määritettyä jokaisen kiinnostuksen kohteen kesto ja ajankohta. Fiksaatioissa on siis ainakin kahdessa peräkkäisessä ajan hetkessä sama kiinnostuksen alue, eli katse on kohteessa yli 0,125 sekuntia. Jos katse oli joissain kiinnostuksen alueista vain yhden Excel-rivin verran peräkkäin, niin tällöin fiksaatio luettiin sakkadiksi.

Opettajalle määritettiin lähes vastaavalla tavalla opettajan haluamat katseen kohteet simulaation ajalta kuin opiskelijan katseen kohde. Opettajan puheesta, käden

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
221		327	0			3															3		327	0			
222		327,125	3			3															3		327,13	3			
223		327,25	6			3															3		327,25	6			
224		327,375	9			3															3		327,38	9			
225		327,5	12			3															3		327,5	12			
226		327,625	15			3															3		327,63	15			
227		327,75	18			3															3		327,75	18			
228		327,875	21			3															3		327,88	21			
229		328	0												12						12		328	0			
230		328,125	3												12						12		328,13	3			
231		328,25	6												12						12		328,25	6			
232		328,375	9			3															3		328,38	9			
233		328,5	12			3															3		328,5	12			
234		328,625	15			3															3		328,63	15			
235		328,75	18															15			15		328,75	18			
236		328,875	21															15			15		328,88	21			
237		329	0															15			15		329	0			
238		329,125	3																		15		329,13	3			
239		329,25	6		1																1		329,25	6			
240		329,375	9		1																1		329,38	9			
241		329,5	12		1																1		329,5	12			
242		329,625	15		1																1		329,63	15			
243		329,75	18		1																1		329,75	18			
244		329,875	21		1																1		329,88	21			
245		330	0		1																1		330	0			
246		330,125	3		1																1		330,13	3			
247		330,25	6		1																1		330,25	6			
248		330,375	9		1																1		330,38	9			
249		330,5	12		1																1		330,5	12			
250		330,625	15		1																1		330,63	15			
251		330,75	18			3															3		330,75	18			
252		330,875	21			3															3		330,88	21			
253		331	0			3															3		331	0			
254		331,125	3			3															3		331,13	3			
255		331,25	6			3															3		331,25	6			

Kuvio 5. Katseen kohteen keston ja ajankohdan analysointia Excel-ohjelman avulla.

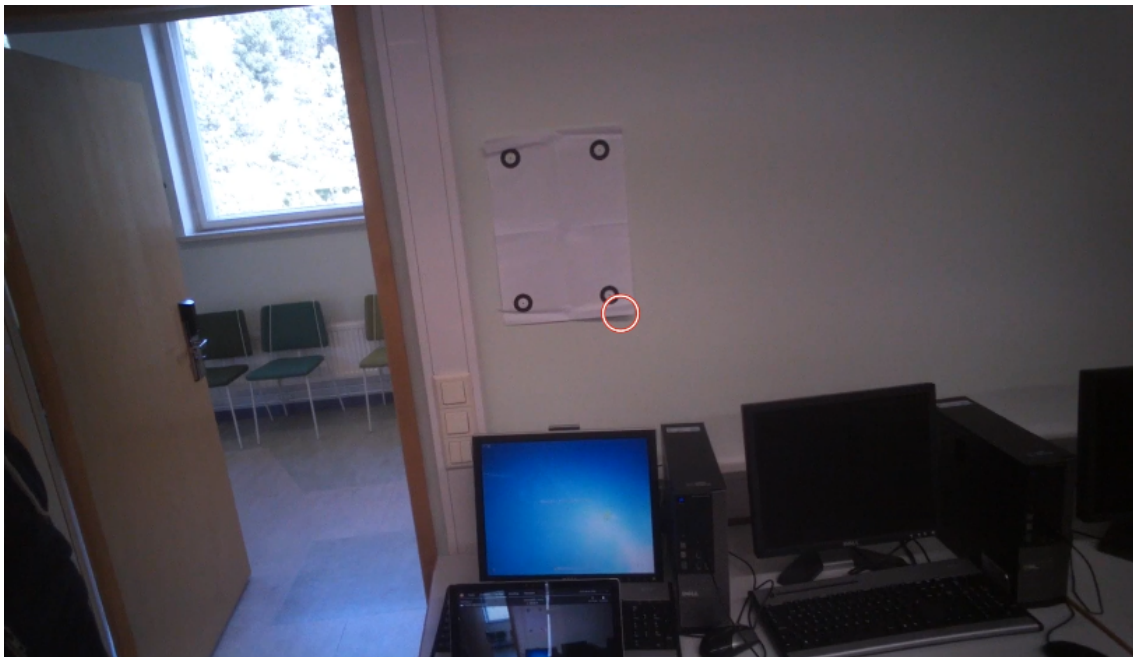
liikkeistä ja katseesta pääteltiin, mihin opettaja haluaa opiskelijoiden katsovan. Nämä opettajan vihjeet analysoitiin Tobii-lasien silmänliikevideosta sekä opiskelijan takaa kuvatusta tutkimusvideosta. Kaikista eniten painoarvoa annettiin opettajan puhelle, sillä suorista kysymyksistä voitiin päätellä, mitä kohtaa simulaatiossa pitäisi katsoa, jotta voisi vastata kysymykseen. Haluttujen kohteiden kesto ja ajankohta listattiin Excel-taulukkoon rinnakkain opiskelijan katseen kohteen kanssa, kuten kuvassa 5 on esitetty. Opettajan antamien vihjeiden määritys ei kuitenkaan ollut yksiselitteistä, vaan joillekin ajan hetkille määriteltiin useampi yhtäaikainen AOI, joihin opettaja vihjaa.

SRI-haastattelut analysoitiin tallennettujen ääni- ja videoraitojen perusteella. Haastattelun aikana haastateltava katsoi tutkimusvideota opetustilanteesta ja kommentoi vapaasti, mitä hän ajatteli. Haastattelun videosta pystyttiin seuraamaan samanaikaisesti tutkimusvideota eli pystyttiin paikantamaan, mihin kohtaan tutkimuksesta kommentit liittyvät. Haastattelut litteroitiin vain haastateltavien osalta ajan säästämiseksi. Litteraation perusteella tehtiin päätelmät siitä, tukevatko haastattelun tulokset analysoinnista saatuja tuloksia.

4.4 Luotettavuuden arviointi

Katseen seuranta ei ole eksaktia eli täsmällistä, joten täytyy olla tarkkana aineiston tulkinnan kanssa: se kertoo vain, mihin oppilas katsoo. Emme voi sanoa varmasti, mitä katsoja ajattelee tuona aikana [3]. On mahdollista, ettei koehenkilö ajattele sitä mitä hän katsoo [5]. Tutkimuksen kannalta on oletettava, että katseen kohde on huomion kohde. Haastatteluissa opettajakin totesi, että koehenkilö kyllä katsoo haluttuun kohteeseen, ”mutta jaksaa oikeasti keskittyä”.

Tobii-katseenseurantalasien kalibroinnin ja samalla katseen kohteen seuraamisen luotettavuus tarkastettiin kalibroinnin jälkeen tekemällä testi, jossa opiskelija katsoo neljää seinällä olevaa mustaa rengasta tietyssä järjestyksessä. Kuva testaamisesta on esitettyä kuvassa 6. Kuvasta nähdään kalibroinnista aiheutunut pieni virhe katseen kohdistamisessa, sillä rengas ei ympäröi mustaa rengasta täydellisesti. On mahdollista, että lasien kalibrointi ei onnistunut täydellisesti, sillä se piti suorittaa hyvin lyhyessä ajassa ja täydellistä taustaa kalibrointimerkille ei löytynyt. On myös mahdollista, että lasit ovat liikahtaneet koehenkilön päässä. Lisäksi kyseessä oli koehenkilön ensimmäinen tutkimuskerta katseenseurantalasien kanssa, joten hän ei välttämättä täysin ymmärtänyt, miten kalibrointi toimii ja miten hänen tulisi toimia. SRI-haastattelussa koehenkilö totesi, että punainen rengas ”ei ihan kyllä osu sinne” eli haluttuun mustaan renkaaseen, mutta ”kyllä se ihan meni siihen lähelle”.



Kuvio 6. Kalibroinnin testaus: opiskelija katsoo oikeassa alanurkassa olevaa rengasta

Tulosten luotettavuuden arviointiin käytettiin vertaiskoodausta eli vertaisanalysointia. Vertaiskoodaus toteutettiin valitsemalla minuutin mittainen satunnainen kohta analysoitavasta videosta, jonka vertaiskoodaaja analysoi vastaavalla tavalla kuin

koko video on analysoitu. Tobii-laseista saatavan videon analysointimenetelmä on esiteltyä alaluvussa aineiston analysointi 4.3 ja kuvassa 5.

Vertaiskoodauksen tulosta verrattiin alkuperäiseen analysointiin käyttämällä Cohenin kappa, joka on luokkamuuttujien välinen yhtäpitävyyden mitta. Kappaa voidaan käyttää mittaamaan yhtäpitävyyttä kahden tai useamman arvioitsijan tai diagnostisen menettelytavan välillä ja se mittaa sitä, kuinka paljon todettu yhtäpitävyys poikkeaa pelkän sattuman perusteella odotettavissa olevasta yhtäpitävyydestä. Tässä tutkimuksessa videoaineistoa analysoi siis kaksi arvioitsijaa. Cohenin kappa lasketaan pelkästään yhtäpitävien tulosten pohjalta. [18]

Kappa saa arvoja nollan ja yhden väliltä ja hyvän yhtäpitävyyden kappa on välillä 0,61-0,80. Vertaiskoodauksen kappan lasku on esitettyä liitteessä A.1 ja kappan tulokseksi saatiin 0,631. Kuvassa olevat numerot vastaavat tiettyä kiinnostuksen aluetta simulaatiosta välillä 1-17, jotka ovat esiteltyä taulukossa 1 alaluvussa 4.3. Koska simulaatio sisälsi osittain pieniä ja toisiaan lähellä olevia kiinnostuksen alueita, laskettiin Cohenin kappa myös tilanteessa, jossa alueet 4-6 yhdistettiin yhdeksi alueeksi (kaikki liittyvät materiaaliin 1) ja alueet 7-9 yhdistettiin toiseksi alueeksi (kaikki liittyvät materiaaliin 2). Tällöin kiinnostusten alueita oli vähemmän ja Cohenin kappa vertaiskoodauksesta kohosi arvoon 0,678 eli tulos oli vielä luotettavampi. Luotettavuuden arviointia heikentää aineiston analysoinnin vaikeus, sillä katseen kohteen luokittelu ei ollut aina selvää. Näin käy, kun katse on esimerkiksi kahden kiinnostuksen alueen rajalla, kuten kävi myös Moreno-Estevan et al. tutkimuksessa [5].

Myös opettajien vihjeet vertauskoodattiin minuutin ajalta, mutta vihjeiden monitulkinnaisuudesta (useita yhtäaikaista kohteita) johtuen Cohenin kappa ei voitu laskea opettajan vihjeille. Luotettavuudesta voidaan kuitenkin sanoa, että vähintään yksi opettajan vihjeiden kohteista oli aina yhtenevä kahden eri koodaajan välillä vertauskoodauksen ajalta.

Kuten Rosengrant et al. [3] toteaa artikkelissaan, pitää olla myös tarkkana Hawthornen efektin kanssa. Efekti tarkoittaa sitä, että koehenkilö muuttaa normaalia käyttäytymistään olemalla osana koetta. Voidaan olettaa, että vaikka kaikkien tässä tutkielmassa mukana olevien aikaisempien tutkimuksen tulokset olivat hyviä, jokaiseen on voinut vaikuttaa Hawthornen efekti. Vaikka tässä tutkimuksessa koehenkilö väitti SRI-haastattelun aikana, ettei häntä jännittänyt eikä hän ollut stressaantunut tutkimuksen aikana ja että hän pyrki käyttäytymään kuten normaalisti, voidaan silti olettaa, että koehenkilönä oleminen vaikutti keskittymiseen. Opiskelijalle kerrottiin, että tutkimuksessa seurattaisiin yleisesti katseen kohteita simulaatio-opetuksen aikana, joten tieto ei todennäköisesti vaikuttanut hänen käyttäytymiseensä.

SRI-haastatteluissakin voi olla ongelmaa luotettavuuden kannalta. Opetustapah-tuman kuvauksen jälkeen pitää suorittaa menneiden muistelu eli haastattelu niin nopeasti kuin mahdollista parantaaksemme luotettavuutta [10], eli jos haastattelu suoritetaan liian pitkän ajan jälkeen, voi haastattelun luotettavuus kärsiä. Toisena esimerkkinä uhkana luotettavuudelle on, että yksilöt luovat selityksiä suoritettu-

jen tekojen ja tarkoitusten välille. Koehenkilöt voivat myös sensuroida tai vääristää mieleenpalautusta esittääkseen itsensä paremmassa valossa. Tuloksiin voi vaikuttaa myös se, että ajatusten kerääminen koetilanteesta voi olla vaikeaa. Koehenkilöt voivat olla ahdistuneita ja stressaantuneita videon katsomisesta ja tekemistensä kommentoinnista. [10] Lisäksi kokematon haastattelija saattaa vahingossa kysymyksillään johdatella haastateltavaa haluttuun vastaukseen.

Tutkimusympäristö ei ollut täysin autenttinen, sillä koehenkilö joutui vaihtamaan istumapaikkaa tutkimuksen takia normaalia lähemmäs taulua. Lisäksi hän istui poikkeuksellisesti yksin, mikä varmasti vaikuttaa koehenkilön käyttäytymiseen ja keskittymiseen. Toisaalta tällaiset muutokset ovat mahdollisia myös normaalissa luokkahuonetilanteessa. Haastatteluissa selvisi, että opettajan mielestä koehenkilö ei ollut tutkimustilanteessa sen aktiivisempi kuin muutenkaan, eli tutkimustilanne vastasi hyvin normaalia oppituntia. Koehenkilö itse oli sitä mieltä, että ”keskityin paremmin ja katsoin tarkemmin niitä asioita ja opin asiat, kun kaverit ei olleet lähellä häsläämässä”. Tämäkin voi olla tyypillinen tilanne oppitunnilla.

Valitettavasti tutkimuksessa oli mukava vain yksi koehenkilö. Niin oli myös Moreno-Estevan et al. [5] tutkimuksessa. Tulosten luotettavuutta olisi lisännyt useamman koehenkilön käyttö, sillä tällöin olisi saatu mukaan eritasoisia opiskelijoita. Useamman koehenkilön mukaan ottaminen olisi lisännyt työmäärää huomattavasti, joten jos niin haluaisi jatkossa tehdä, olisi hyvä, jos pystyisi käyttämään aineiston analysointiin automaattianalysointia, esimerkiksi Tobii Pro Glasses 2 -lasien mukana tulevalla Analyzer-ohjelmaa. Vaikka Hungin tutkimuksessa oli kuusi koehenkilöä, hänen mielestä olisi vielä tilastollisesti vahvempaa, jos tutkimuksessa olisi ollut enemmän lukijoiden silmänliikettä sekä ääneen lukemisen dataa [4]. Kuusi koehenkilöä tarkoittaisi tässä tutkimuksessa yli 30 000 mittapisteen analysointia, joka olisi hyvin suuri työmäärä yksittäiselle henkilölle, puhumattakaan yli kuudesta koehenkilöstä.

5 Tulokset

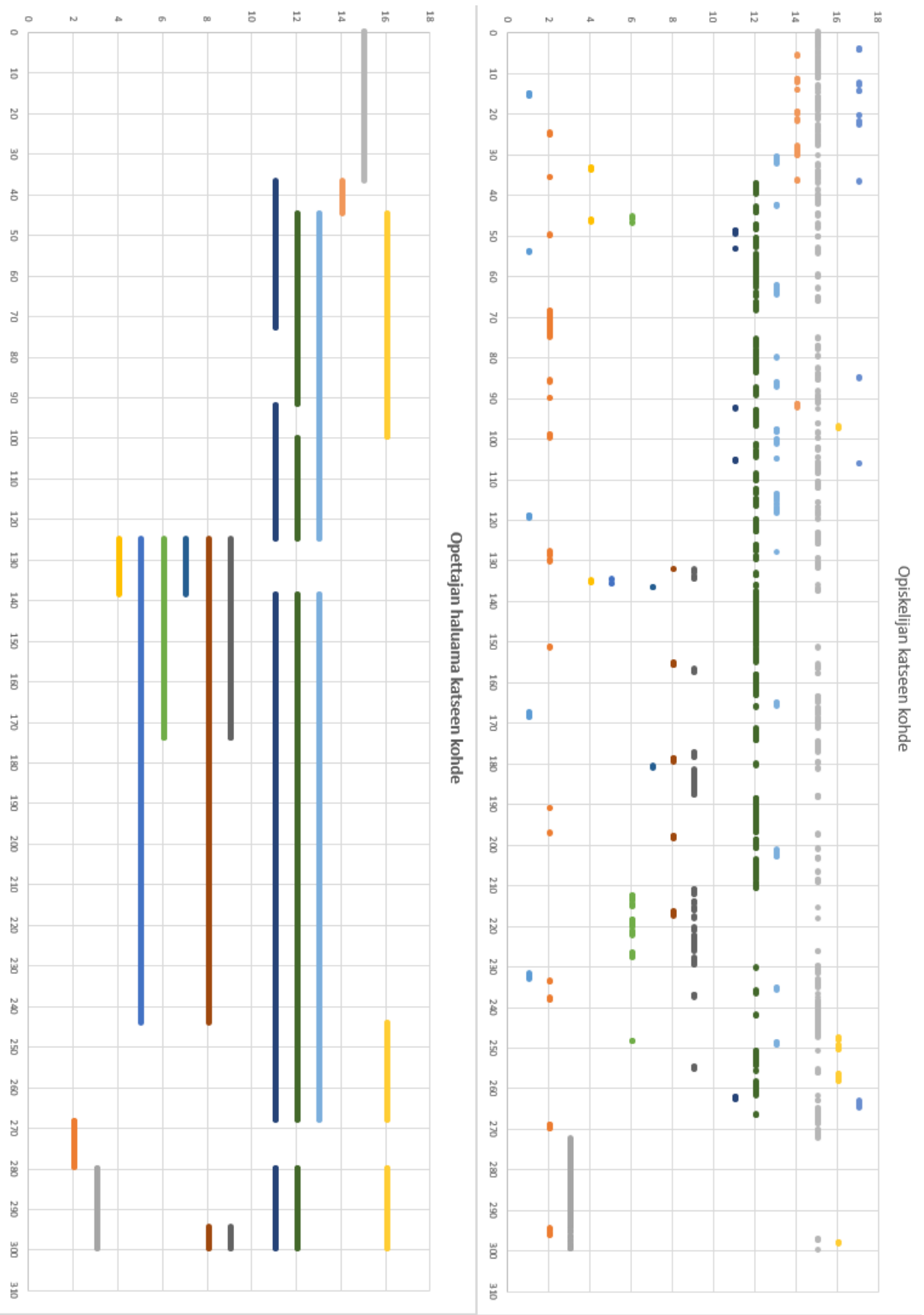
Saadusta Excel-ohjelmassa olevasta koehenkilön katseen kohteen aineistosta muodostettiin graafinen kuvaaja, jossa vaaka-akselilla on aika ja pystyakselilla on kiinnostuksen alueet 1-17. Koska simulaatio kesti lähes 11 minuuttia, pilkottiin Excelin aineisto kahteen osaan (0-300 sekuntia ja 300-660 sekuntia) eli aineistosta muodostettiin kaksi kuvaajaa, jotta aineistoa olisi helpompi käsitellä ja esitellä. Kuvaajat ovat esitettyinä kuvien 7 ja 8 yläosissa.

Opettajan haluamista katseen kohteista muodostettiin vastaavalla tavalla kuvaajat kahdessa osassa, jotka ovat esitettyinä kuvien 7 ja 8 alaosissa. Näin opiskelijan katseen kohdetta ja opettajan haluamaa katseen kohdetta vertailemalla saadaan useita kvalitatiivisia tuloksia tutkimuksesta. Edellä mainituista kuvista nähdään, että opettajalla voi olla useita haluttuja kohteita yhtä aikaa. Tämä tarkoittaa sitä, että kun opettaja selittää tunnin aiheeseen liittyvää teoriaa, sen ymmärtämiseen tarvitaan useampia kuin yksi kohta taittuvasta laserin säteestä. Esimerkiksi laserin taittumisen havainnointiin pitää tehdä havaintoja sekä laserin tulokulmasta että lähtökulmasta.

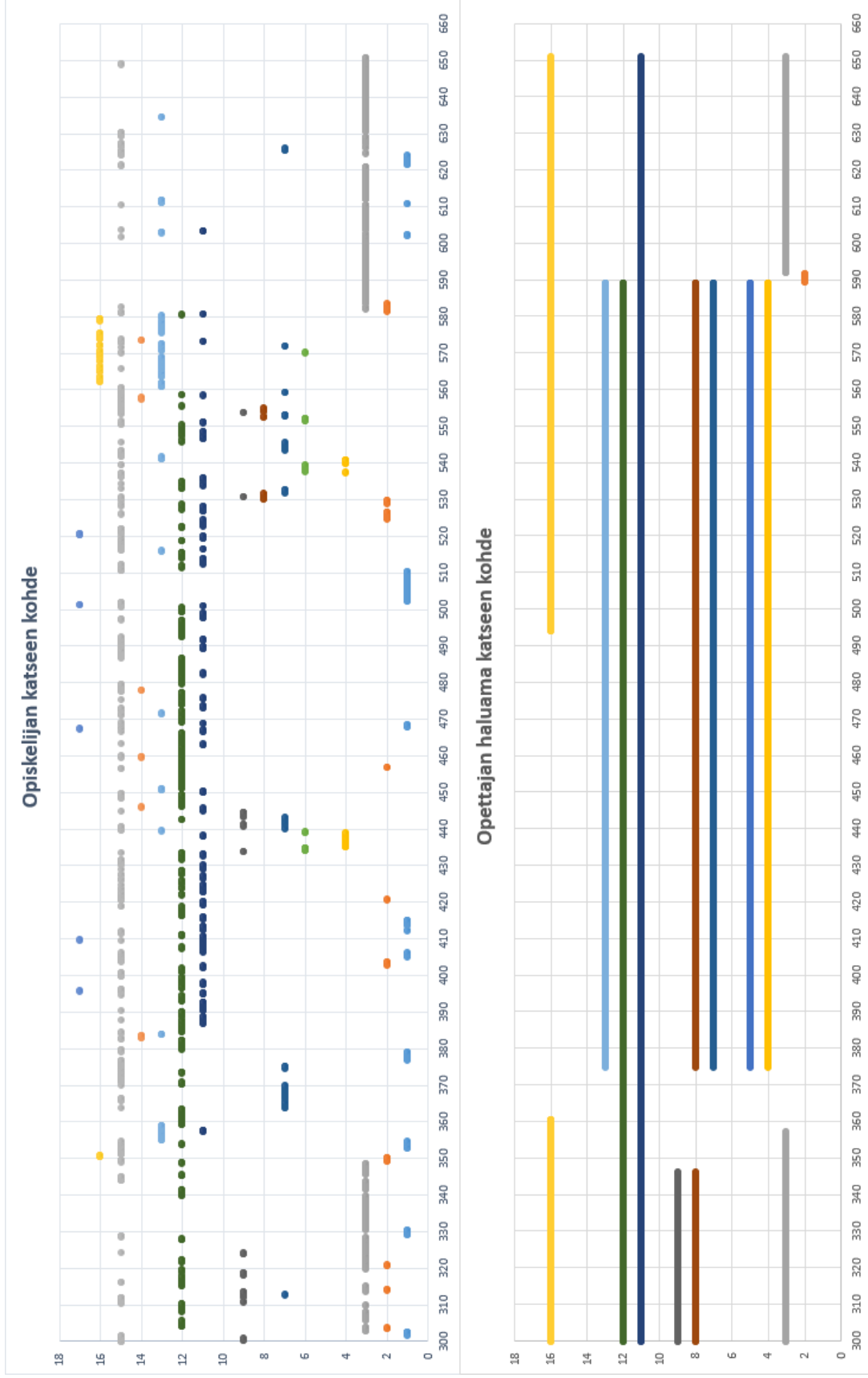
Excel-taulukoiden (katso kuva 5) numeerisista arvoista saatiin lisäksi useita kvantitatiivisia tuloksia. Taulukossa 2 on esiteltyinä prosenttiosuudet eri katseen kohteista simulaation aikana, jotka on saatu vertailemalla silmänliikkeistä saatuja katseen kohteiden kestoja simulaation kokonaiskestoan. Tästä taulukoidusta aineistosta voidaan nähdä, että taitekulmaa katsotaan simulaatiossa kaikista eniten (27,5 %) ja materiaalin 1 taitekertoimen lukuarvoa kaikista vähiten (0,1 %).

Taulukon (2) arvoista voidaan päätellä, miten simulaation ulkoasu ja ominaisuudet kiinnittävät huomiota. Tärkeämpää on kuitenkin pohtia muita kvantitatiivisia ominaisuuksia, kuten kuinka monta prosenttia katsottiin muualle kuin simulaatioon. Vastaavalla tavalla vertailemalla kuvioita 7 ja 8 ja niiden taustalla olevaa Excel-aineistoa saadaan kerättyä tutkimuksen kannalta oleellisia prosenttiosuuksia, jotka on koottu taulukkoon 3. Prosenttiosuudet liittyvät tutkimuskysymyksiin ja fysiikan opettamiseen simulaatioiden avulla.

Taulukossa 3 olevat arvot on saatu käytännössä taulukosta 2 laskemalla yhteen prosenttiosuuksia. Ensimmäinen kohta ”opettajaa katsottiin” on saatu taulukosta suoraan, mutta toinen kohta ”Simulaatiota seurattiin” koostuu kohtien 1-14 ja 16-17 summasta. Opettajan seuraaminen on otettu mukaan ”simulaation seuraamiseen”, sillä opetuksen seuraamiseen kuuluu myös opettajan katsominen. Kolmannessa kohdassa ”opettajan haluamaa katseen kohdetta katsottiin” prosenttiosuus on saatu kuvasta 9 vertaamalla niiden mittapisteiden lukumäärää, jossa opiskelija katsoo opet-



Kuvio 7. Opiskelijan katseen kohde ja opettajan haluama katseen kohde aikavälillä 0-300 s



Kuvio 8. Opiskelijan katseen kohde ja opettajan haluama katseen kohde aikavälillä 300-660 s

Taulukko 2. Katseen kohteiden prosenttiosuudet kiinnostuksen alueissa (AOI) simulaatiossa

AOI	Prosenttiosuus
1 Opettaja/opettajan kasvot	4,0
2 Työkalulaatikko	3,6
3 Työkalu käytössä	16,6
4 Materiaali 1 (materiaalin valinta)	1,1
5 Materiaalin 1 taitekerroin (lukuarvo)	0,1
6 Materiaalin 1 taitekerroin (liukukisko)	1,9
Materiaali 1 yhdistettynä	3,1
7 Materiaali 2 (materiaalin valinta)	2,2
8 Materiaalin 2 taitekerroin (lukuarvo)	1,0
9 Materiaalin 2 taitekerroin (liukukisko)	4,4
Materiaali 2 yhdistettynä	7,6
11 Tuleva laser/tulokulma	6,2
12 Taittuva laser/taitekulma	27,5
13 Taitepiste	5,2
14 Laserosoitin	1,4
15 Joku muu	21,8
16 Heijastuva laser/heijastuskulma	2,0
17 Säde- tai aaltovalikko	1,1

tajan haluamaan kohteeseen, koko tutkimuksen reilu viiden tuhannen mittapisteen lukumäärään. Neljännen kohdan ”Lasersäde ja sen kulmat” on saatu yhdistämällä kohdat 11-13 ja 16. Viimeisellä kohdalla, eli ”Ylimääräiset graafiset ominaisuudet” tarkoitetaan sellaisia simulaation graafisia ominaisuuksia, joilla ei ole opettavan fyysikan kannalta oleellista hyötyä. Näitä ovat kohdat 14 ja 17.

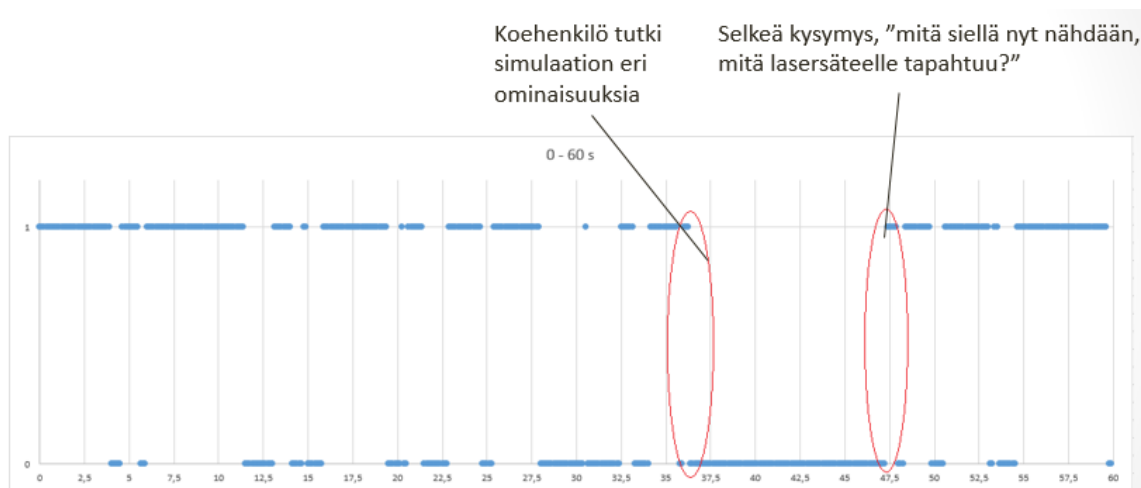
Tämän tutkimuksen kannalta merkittävin tulos oli taulukossa 3 opettajan haluan katseen kohteen prosenttiosuus 59,6 %. Korkea prosenttiosuus tarkoittaa, että opiskelija seurasi hyvin opettajan antamia vihjeitä (puhe, eleet ja katse).

Kuvaajien silmämääräisen vertaamisen ja kvantitatiivisten tulosten lisäksi Excel-

Taulukko 3. Yhteenlaskettuja prosenttiosuuksia tutkimuskysymyksiä varten

Tutkimuksen kannalta oleellisia prosenttiosuuksia	Prosenttiosuus
Opettajaa katsottiin	4,0
Simulaatiota seurattiin	74,2
Opettajan haluamaa katseen kohdetta katsottiin	59,6
Lasersäde ja sen kulmat	40,9
Ylimääräiset graafiset ominaisuudet	2,5

ohjelmaan kirjoitetusta numeerisesta aineistosta muodostettiin dikotomisesti kuvaaja, josta nähdään, vastaako opiskelijan katseen kohde opettajan haluamaa kohdetta. Kun katse ja haluttu kohde täsmäävät, Excel-ohjelma antaa tulokseksi numeron yksi ja kun ne eivät täsmää, tulee numeroksi nolla.



Kuvio 9. Katseen kohteen siirtymiseen vaikuttavien tekijöiden paikantamista ja analysointia. Kuvassa on esimerkki kuvaajasta aikaväliltä 0-60 sekuntia, jossa numero yksi tarkoittaa, että opiskelija katsoo sinne minne opettaja haluaa hänen katsovan ja numeron nolla kohdalla opiskelija katsoo jonkin muualle.

Sarjasta nollia ja ykkösiä piirrettiin kuvaaja, ja osa kuvaajasta on esitettyä kuvassa 9. Saadusta kuvaajasta paikannettiin ne kohdat, joissa opiskelijan katse siirtyy merkittävän pitkäksi ajaksi (yli 3 sekuntia) haluttuun kohteeseen, kun katse on siirtymähetkeä ennen ollut merkittävän pitkän ajan muualla (yli 3 sekuntia). Tällöin on täytynyt tapahtua jotain, jolla opettaja on saanut kohdistettua opiskelijan huomion jostain muualta haluttuun kohteeseen. Nämä tapahtumat ja niiden frekvenssit ovat esiteltyinä taulukossa 4. Vastaavalla tavalla kuvaajasta paikannettiin ne ajankohdat, joissa opiskelijan katse siirtyy pois halutusta kohteesta. Ajankohtien avulla löydetään ne tapahtumat, joiden takia opiskelijan katse lähtee harhailemaan. Nämäkin tapahtumat ja niiden frekvenssit ovat esiteltyinä taulukossa 4.

Taulukossa 4 frekvenssien yhteismäärä huomion siirtymisessä haluttuun kohteeseen on 16 ja pois kohteesta 17. Lukumäärä ei ole sama, koska jokaisessa tilanteessa ei ollut selkeää syytä siihen, miksi katse siirtyy pois halutusta kohteesta tai haluttuun kohteeseen. Taulukossa kohta ”ei ollut selkeää tehtävää” tarkoittaa sitä, että opettaja ei tätä siirtymähetkeä (eli katse siirtyy pois opettajan haluamasta kohteesta) aiemmin antanut mitään tehtävää, eli ei kysynyt aiheeseen liittyvää kysymystä tai kommentanut katsomaan jotain tiettyä asiaa simulaatiosta. Tilanteessa opettaja saattoi miettiä seuraavaa kysymystä tai teki jotain toimintaa, jossa ei kommunikoitu opiskelijoiden kanssa. Kohta ”graafinen ominaisuus kerää huomion” tarkoittaa, että opiskelija siirtyy katsomaan simulaatiossa sellaista osaa, jolla ei ole opetettavan fysiikan kannalta oleellista merkitystä. Kohta ”ei tiedä, mistä löytäisi vastauksen”

Taulukko 4. Tapahtumat, joissa huomio siirtyy opettajan haluamaan kohteeseen tai pois kohteesta, sekä niiden frekvenssi

Huomio siirtyy opettajan haluamaan kohteeseen	
Tapahtuma	Frekvenssi
Simulaation osien liikuttaminen/työkalun käyttö	6
Selkeä, ohjaava kysymys	5
Osoittaminen	3
Toisen opiskelijan vastaus	1
Opettaja siirtää huomionsa simulaatioon	1
Huomio siirtyy pois opettajan haluamasta kohteesta	
Tapahtuma	Frekvenssi
Toinen opiskelija puhuu	4
Ei ollut selkeää tehtävää	3
Graafinen ominaisuus kerää huomion	3
Ei tiedä, mistä löytäisi vastauksen	3
Tekee omia asioita	2
Luokan ulkopuolinen häiriö	1
Opettaja siirtää huomionsa pois simulaatiosta	1

tarkoittaa sitä, että koehenkilö voi katsoa kyllä simulaatiota, mutta katsoo tehtävän kannalta epäoleellista osaa simulaatiosta.

5.1 Tulokset haastatteluista

Haastatteluiden tulokset tukevat silmänliikeaineiston analysoinnin tuloksia, sillä opettajan antamat kommentit vastaavat analysoinnissa tehtyjä päätelmiä opettajan haluamista katseen kohteista ja koehenkilön katseen kohde vastaa koehenkilön antamia kommentteja. Esimerkiksi 1 minuutin 6 sekunnin kohdalla (katso taulukko 1) opettaja kysyy opiskelijoilta, että ”mihin se (lasersäde) heijastuu ja mihin se taittuu”, analysoinnissa pääteltiin, että opettajan haluama kohde on kiinnostuksen alueista joko 12 tai 13, eli taittuva laser/taitekulma tai taitepiste. Opettaja kommentoi haastattelussa, että ”voisi vastata vesi tai ilma, mutta hain, mikä se on se suunta”, eli käytännössä opettaja halusi taitekulmaa. Koehenkilö kommentoi tähän, että ”ei tiennyt vielä mikä toi on, teki mieli katsoa mikä se on ja mikä se voisi olla”.

Toisena esimerkkinä noin 44 sekunnin kohdalla tutkimusvideossa opettaja kysyy, että ”mitä fysikaalisia ilmiöitä siinä nyt tapahtuu”. Analysoinnissa todettiin, että opettaja halusi tällöin opiskelijan katsovan kiinnostuksen alueista kohtia 11, 12, 13 tai 16, eli edellisen esimerkin lisäksi tulevaa laseria/tulokulmaa ja heijastuvaa laseria/heijastuskulmaa. Haastatteluissa opettaja totesi, että ”hain heijastumista tai taittumista tai jompaakumpaa”, eli analysointi täsmäsi opettajan tavoitteisiin

nähdän.

Opettaja kommentoi haastattelussa myös koehenkilön katseen sijaintia, kun opiskelijan katse seuraa käytössä olevaa työkalua: ”Hyvin menee mukana”. Myös videon loppupuolella opettaja kommentoi, että ”nyt se ainakin seuraa kaikkea mitä mä teen siellä”.

SRI-haastatteluissa opettaja totesi, että simulaation tarkentaminen (zoomaaminen) auttaa keräämään huomion. Käytännössä tarkentamalla annetaan vihje, mistä vastaus opettajan kysymykseen löytyy. Esineen liikuttaminen simulaatiossa kerää huomiota. Huomion keräämiseen voi käyttää jotain osoitinta, esimerkiksi sormeaa, sillä tabletilla tehtävässä simulaatiossa tietokoneen hiiren liikkeitä ei näe. Vahvistuskeinoina toimivat opettajan elehtiminen sekä puheen rytmittäminen kuten tauotus ja painotus.

Haastatteluissa koehenkilö myönsi osoittamisen merkityksen. Hänen mielestään katse siirtyy opettajan osoittamaan kohteeseen ”vähän tolleen itestään, että jos joku näyttää jotain nii tietysti kattoo mitä se näyttää”.

Videon aikana luokan ovella käy kurkistamassa luokan ulkopuolinen henkilö, joka kiinnitti heti koehenkilön huomion. Koehenkilö totesikin haastattelussa, että ”heti kiinnitty huomio häiriötekijään”. Kun katse harhaili videolla noin 37 sekunnin kohdalla eikä katse seurannut opettajan antamia vihjeitä, koehenkilö totesi, että ”yleisesti tota kuvaa vaan mietin”. Analysoinnissa näiden kohtien ajateltiin olevan muuta toimintaa kuin opetuksen seuraamista, joten haastattelut tukivat tehtyjä analyysejä.

5.2 Yhteenveto

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli vastata luvussa 3 esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli, että *mihin opiskelija keskittyy oppitunnin aikana, eli seuraako hän opetusta ja kuinka paljon*. Luvussa 5 esitettiin, että simulaatiota seurattiin 78 % ajasta, eli opiskelija keskittyy siis simulaatioon oppitunnin aikana. Opetusta eli opettajan haluamaa katseen kohdetta seurattiin 60 % ajasta. Vastaavia tuloksia oli myös Rosengrantin et al. artikkelissa, jonka mukaan opiskelijat keskittyvät suurimman osan ajasta tarjottuun informaatioon normaalin oppitunnin aikana, kuten muistiinpanoihin. Erityisesti oppitunnilla keskityttiin uuteen informaatioon. [3] Vastaavasti myös Moreno-Estevan et al. artikkelin mukaan opiskelija seuraa aktiivisesti vihjeitä suurimman osan ajasta. [5]

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, että *mikä siirtää opiskelijoiden huomion pois työtehtävästä, eli milloin tai mistä syystä huomio kiinnittyy muualle*. Vertailemalla opiskelijan katseen kohdetta ja opettajan haluamaa katseen kohdetta (kuvista 7 ja 8 muodostettu yhdistetty kuvaaja, jonka malli on kuvassa 9) saatiin määritettyä ne ajankohdat, jolloin huomio siirtyy muualle ja ne tekijät, joilla huomio siirtyy muualle kuin mihin opettaja haluaisi. Tuloksena oli, että huomio siirtyy pois työtehtävästä, kun toinen opiskelija puhuu ($f = 4$), ei ollut selkeää tehtävää ($f = 3$),

simulaation graafinen ulkoasu kerää huomion ($f = 3$) tai koehenkilö ei tiedä, mistä löytäisi vastauksen ($f = 3$).

Kolmannen tutkimuskysymyksen oli tarkoitus selvittää, *mitkä opettajan puheet ja eleet ohjaavat opiskelijan huomiota ja millä tavalla*. Vastaus tutkimuskysymykseen saatiin samalla tavalla kuin vastaus toiseen tutkimuskysymykseen, eli etsimällä niitä kohtia, jolloin opiskelijan katse siirtyy muusta toiminnasta opettajaan haluamaan toimintaan. Tuloksena oli, että simulaation osien liikuttaminen tai työkalun käyttö ($f = 6$), selkeät kysymykset ($f = 5$) tai osoittaminen ($f = 3$) kohdistavat koehenkilön huomion toivottuun kohteeseen. Moreno-Estevan et al. [5] artikkelin tuloksena oli, että opiskelija seuraa aktiivisesti vihjeitä suurimman osan ajasta, mutta huomattiin myös hetkiä, jolloin katseen kohde ei täsmännyt opettajan vihjeisiin. Rosengrantin et al. [3] artikkelin tuloksena huomattiin, että kun professori teki jotain eloisaa, opiskelijat katsoivat häntä.

Tutkimuksen tulokset ovat hyviä opetuksen kannalta, sillä taitekulmaa seurattiin eniten ja se on oleellinen oppitunnin aiheena olevan fysiikan ymmärtämisen kannalta, koska vertaamalla sitä tulokulmaan havaitaan taittuminen. Lisäksi tuloksena oli, että opetuksen kannalta epäoleellisia simulaation osia eli laserosoitinta ja aalto/säde-valikkoa katsottiin vähiten.

6 Päätäntö

Tutkimuksessa mukana ollut opettaja totesi SRI-haastattelussa, että ”koehenkilö katsoo sinne, minne halutaankin katsovan”. Huomio on siis ohjattavissa. Huomion kohdistamisen voima on elintärkeää toiminnallemme ja tärkeää koulutuksen kannalta. Se on isoin tekijä määrittämään, mitä opitaan. [7] Hungin tutkimuksen tuloksena oli, että ei riitä, että opiskelijoita käsketään katsomaan kuvia. Optimoidakseen oppimisen pitää vaatia opiskelijoita tekemään jotain kuvien kanssa. [4] Vastaavalla tavalla ei riitä, että simulaatio tuodaan opiskelijoiden eteen ja sillä tehdään jotain, vaan pitää antaa opiskelijoille kohdennettuja kysymyksiä esimerkiksi työkortin avulla.

Vaikka jokaisella opiskelijalla oli oma koulun antama tablettitietokone ja he saivat vapaasti käyttää niitä oppitunnilla, ei opiskelija vilkaissut tablettiin kertaakaan simulaatio-opetuksen aikana. Tobii-lasien kuvaamassa videossa näkyi, että opiskelija käytti tablettia muun kuin simulaatio-opetuksen aikana esimerkiksi koripallo-ottelun katsomiseen. Simulaatio-opetus oli tarpeeksi mielenkiintoista pitämään opiskelijan huomion opetuksessa.

Stephensin et al. [13] tutkimuksen luokkahuonehavainnot esittävät, että monet opettajat voivat tarvita enemmän opastusta simulaatioiden käytössä, jotta he tunnistaisivat, mitkä ominaisuudet ja yhteydet jäävät todennäköisimmin opiskelijoilta huomaamatta. Opettajat voivat myös tarvita ohjeita näiden simulaation ominaisuuksien selventämiseen. Opettaja ei välttämättä ymmärrä, että simulaationäkymä voi olla opiskelijalle liian monimutkainen ja sekava. Jos simulaatiota käytetään liian nopeasti opetuksessa, voi opiskelijan lyhytaikainen muisti ylikuormittua ja simulaation hyöty voi jäädä pieneksi. Tästä syystä simulaation käyttöä opetusmenetelmänä tulisi harjoitella opettajakoulutuksessa.

Jatkotutkimuksena olisi mielenkiintoista tutkia, miten edessä istuvat opiskelijat, istumapaikka yleisesti tai vierustoverit vaikuttavat opiskelijan huomion kohteeseen. Rosengrantin et al. artikkelissa takapenkin opiskelijat häiriintyivät helpoiten, sillä esimerkiksi takapenkillä istuvien huomion vei edessä istuvan opiskelijan tietokoneen näyttö. Myös äärikulmissa istuvat opiskelijat häiriintyivät helposti, koska heidän piti kääntää päätänsä, jotta he näkivät taulun. [3]

Lisäksi olisi mielenkiintoista tehdä jatkotutkimusta älytaulun käytöstä opetuksessa. Älytaulua käytettäessä opettaja osoittaa tauluun, liikuttaa taululla olevia esineitä ja elehtii itse enemmän luokan edessä kuin tavallista videotykyä ja valkotaulua käytettäessä. Tällöin tämän tutkimuksen tulosten perusteella opiskelijan huomion pitäisi kiinnittyä paremmin taululle verrattuna pelkkään valkokankaaseen. Moreno-Estevan et al. artikkelissa käytettiin Geogebra-sovellusta Smartboard-älytaulun kautta, mut-

ta itse simulaatio ei kuitenkaan toiminut älytaululla vaan sitä piti ohjata muualta. Älytaulussa oli käytössä ominaisuus, jossa opettaja kirjoitti Geogebbran päälle omia muistiinpanoja. Tutkimuksen tuloksena oli, että opiskelija seurasi opettajan muistiinpanojen kirjoittamista, eli katse oli osoitetussa kohdassa. [5] Tutkimuksessa mukana ollut opettajakin totesi, että haluaa jatkossa ohjata simulaatiota suoraan älytaulusta.

Tobii-lasien tallennusyksikön liittämässä WLAN:in kautta langattomasti tietokoneeseen oli ongelmia, koska koulussa oli käytössä useita eri WLAN-yhteyksiä. Reaaliaikainen kuva tietokoneella takkuili, eikä laseja pystynyt joka hetki ohjaamaan tietokoneen kautta. Onkin suositeltavaa aloittaa ja lopettaa tallennus kytkemällä tallennusyksikkö kaapelilla tietokoneeseen, jotta tutkimus onnistuu varmasti. Lisäksi tiedoston muuntaminen tietokoneelle helppokäyttöiseen muotoon kestää kauan, joten on tärkeää laittaa tallennusyksikköön täyteen ladattu akku ja kannettava tietokone kytkeä verkkovirtaan, jotta tallennus ei keskeydy. Kaikesta huolimatta langaton katseenseurantamenetelmä vaikuttaa lupaavalta työkalulta oppimisen ja opetuksen tutkimuksessa.

Lähteet

- [1] Meng-Lung Lai, Meng-Jung Tsai, Fang-Ying Yang, Chung-Yuan Hsu, Tzu-Chien Liu, Silvia Wen-Yu Lee, Min-Hsien Lee, Guo-Li Chiou, Jyh-Chong Liang, and Chin-Chung Tsai. A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review*, 10:90–115, 2013.
- [2] Eizo Ohno, Atsushi Shimojo, and Michiru Iwata. Analysis of problem solving processes in physics based on eye-movement data. *INTERNATIONAL CONFERENCE GIREP EPEC 2015 July 6-10, Wrocław, Poland*, pages 64–70, 2015.
- [3] David Rosengrant, Doug Herrington, Kerriann Alvarado, Danielle Keeble, N Sanjay Rebello, Paula V Engelhardt, and Chandralekha Singh. Following student gaze patterns in physical science lectures. In *AIP Conference Proceedings-American Institute of Physics*, volume 1413, page 323, 2012.
- [4] Yueh-Nu Hung. “What are you looking at?” an eye movement exploration in science text reading. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(2):241–260, 2014.
- [5] Enrique García Moreno-Esteva and Markku Hannula. Using gaze tracking technology to study student visual attention during teacher’s presentation on board. In *CERME 9-Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, pages 1393–1399, 2015.
- [6] Wolff-Michael Roth. Gestures: Their role in teaching and learning. *Review of Educational Research*, 71(3):365–392, 2001.
- [7] Richard T White. *Learning science*. Basil Blackwell, 1988.
- [8] Martina Kekule. Students’ approaches when dealing with kinematics graphs explored by eye-tracking research method. *Teoksessa Bilisel, A., Garip, M. U. Proceedings of the Frontiers in Mathematics and Science Education Research Conference, FISER’ 2014*, pages 108–117, 2014.
- [9] S Hirsjärvi and H Hurme. *Teema-haastattelu*. Helsinki: Yliopistopaino, 1993.
- [10] Nga Thanh Nguyen, Amanda McFadden, Donna J Tangen, and Denise A Beutel. Video-stimulated recall interviews in qualitative research. In *Australian Association for Research in Education Annual Conference*, 2013.
- [11] Teemu Säynäjäkangas. Demonstraatiotöiden vaikutus motivaatioon lukion fyysiikan mekaniikassa, 2015. Jyväskylän yliopisto.

- [12] Jerry Wellington. *Practical work in school science, which way now?* Routledge, Sheffield University, 1998.
- [13] A Lynn Stephens and John J Clement. Use of physics simulations in whole class and small group settings: Comparative case studies. *Computers & Education*, 86:137–156, 2015.
- [14] Opetushallitus. Lukion opetussuunnitelman perusteet. http://www.oph.fi/download/47345_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2003.pdf, 2003. Viittauspäivä: 3.12.2016.
- [15] Tobii AB. Tobii pro glasses 2 product description. <http://www.tobiipro.com/siteassets/tobii-pro/product-descriptions/tobii-pro-glasses-2-product-description.pdf>, 2015. Viittauspäivä: 12.12.2016.
- [16] University of Colorado. Bending Light phet interactive simulations. <https://phet.colorado.edu/en/simulation/bending-light>. Viittauspäivä: 29.11.2016.
- [17] Jukka Hatakka, Heikki Saari, Jarmo Sirviö, Jouni Viiri, and Sari Yrjänäinen. *Physica 3: Aallot*. WSOY, 1.-2. painos, 2007.
- [18] S Sarna. Biostatiikkaa lyhyesti. <http://www.kttl.helsinki.fi/sarna/Biostatistiikkaa%20lyhyesti.pdf>, 2007. Viittauspäivä: 6.12.2016.

A Liitteet

A.1 Liite1: Cohenin kappa vertauskoodauksessa

Crosstabulation

Count

	Teemu											Total
	1,00	2,00	4,00	5,00	7,00	8,00	9,00	12,00	13,00	15,00		
1,00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2,00	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	10	12
7,00	0	0	0	1	2	0	0	8	0	0	9	20
8,00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9,00	0	0	4	1	1	15	27	12	0	1	61	61
12,00	0	3	2	2	0	0	4	229	0	8	248	248
13,00	0	10	0	0	0	0	0	2	6	1	19	19
15,00	3	1	0	0	0	0	1	9	1	92	107	107
16,00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2
18,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total	8	15	6	4	3	16	32	261	7	123	475	475

Symmetric Measures

	Value	Asymptotic Standard Error ^a	Approximate T ^b	Approximate Significance
Measure of Agreement Kappa	,631	,027	23,273	,000
N of Valid Cases	475			

a. Not assuming the null hypothesis.

b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

A.2 Liite2: Tutkimuslupapohja

Hyvät vanhemmat!

Tämä kirje on tiedote tutkimusprojektista, jonka yhteydessä Jyväskylän Normaalikoululla tullaan nauhoittamaan ja äänittämään joitakin lapsenne luokan fysiikan oppitunteja.

Teen ProGradu - tutkielmaani ”Demonstraatioiden ja simulaatioiden kiinnostusalueiden tutkiminen käyttäen silmien seurantaa” (alustava nimi tutkielmalle) ja kerään sitä varten aineistoa oppitunneilta. Tutkimusaihe vaatii aidon luokkahuonevuorovaikutuksen analysointia nimenomaan luokkatilanteessa käyttäen tavallista videokameraa ja silmänliike -kameraa. Silmänliike -kameralla voidaan seurata, mihin katselija kohdistaa katseensa. Teidän lapsenne tunteja tullaan videoimaan yhdellä fysiikan oppitunnilla viikoilla 17-19. Aika täsmentyy kurssin etenemisen myötä.

Nauhoituksista ei aiheudu mitään ylimääräistä työtä opiskelijalle eikä opettajalle oppitunnin aikana. Oppitunnin jälkeen silmänliike -laseja käyttäneelle opiskelijalle pidetään lyhyt, noin 15 minuutin henkilökohtainen haastattelu, joka hoidetaan niin, ettei opiskelijan koulunkäynti häiriinny. Tutkimuksessa ei analysoida tai arvostella oppilaita ja opettajia tai heidän suorituksiaan vaan pyritään kuvaamaan ja ymmärtämään luokkahuoneessa tapahtuvaa vuorovaikutusta nimenomaan demonstraatioiden ja simulaatioiden näkökulmasta. Aineisto tulee pelkästään tutkimusryhmän tutkimuskäyttöön eikä videonauhoituksia käytetä opetusmateriaalina tai esitetä julkisesti millään foorumilla. Tutkimustuloksia käsitellään täysin luottamuksellisesti ja raportoidaan nimettöminä niin, ettei kenenkään osallistujan henkilöllisyys paljastu.

Kyseisten tuntien opettaja, fysiikan ja tietotekniikan lehtori Inka Weijo, on omasta puolestaan antanut luvan tuntiensa videointiin.

Annan mielelläni lisätietoja tutkimuksestani, joten ottakaa yhteyttä, mikäli Teillä on kysyttävää nauhoituksista tai haluatte, että emme huomio aineiston käsittelyssä lapsenne osuutta.

Terveisin,

Teemu Säynäjäkangas, luonnontieteiden kandidaatti, Jyväskylän Yliopisto
teemu.a.saynajakangas@student.jyu.fi

Olen tutustunut yllä olevaan kirjeeseen ja annan omasta puolestani ja lapseni puolesta luvan videoida, äänittää ja käyttää silmänliike -laitteistoa yllä mainituilla oppitunneilla, jolla lapseni on läsnä.

Jyväskylässä __. __. 2016

oppilaan nimi:

huoltajan allekirjoitus ja nimen selvennys: