

Päivi Portaankorva-Koivisto  
Minna Heinonen  
Eeva Mäkelä  
(toim.)

# Kuka meitä opettaa?

## Esseitä tietotekniikan opetuksesta



***Kuka meitä opettaa?***  
***Esseitä tietotekniikan opetuksesta***

Kirjan toimituskunta: Päivi Portaankorva-Koivisto, Minna Heinonen, Eeva  
Mäkelä

ISBN 978-951-51-4872-8 e-kirja

## Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	1
2	TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIIKAN OPETUS VUODEN 2014 PERUSOPETUKSEN OPETUSSUUNNITELMASSA.....	10
3	TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIIKAN OPETTAMINEN LAAJA-ALAISENA OSAAMISALUEENA INTEGROITUNA MUIHIN OPPIAINEISIIN .....	29
4	TIETO- JA VIESTINTÄTEKNIIKAN OPPIMISTAVOITTEET YLÄKOULUSSA JA LUKIOSSA – PALVELEVATKO NE TARKOITUSTAAN?.....	44
5	KÄYTETTÄVYYSKOULUTUS TIETOTEKNIIKAN OPETUKSESSA YLIOPISTOISSA JA AMMATTIKORKEAKOULUISSA.....	58
6	NAISET ICT-ALAN VÄHEMMISTÖNÄ .....	72
7	OPETTAJIEN TÄYDENNYSKOULUTUS, OHJELMOINTI JA OHJELMOINNILLINEN AJATTELU.....	91
8	OPPIAINERAJAT YLITTÄVIEN OPETUSKOKONAISUUKSIEN RAKENTAMINEN LUKIOSSA.....	118
9	VIRTUAALITODELLISUUS OPETUKSESSA: TAPAUSTUTKIMUS LÄHIHOITAJAOPISEKELIJOIDEN KOTIKÄYNNIN HARJOITTELUSTA.....	126
10	SIMULAATTOREIDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSIA LUKION BIOLOGIAN OPETUKSESSA.....	157
11	KOKEMUKSIA PUHTAASTI FUNKTIONAALISEN OHJELMOINNIN OPETUKSESTA YLÄKOULULAISILLE JA LUKIOLAISILLE .....	205
12	UUSIEN TEKNOLOGIOIDEN OPETUS KORKEA-ASTEEN OPPILAITOKSISSA. OPETUSMATERIAALI MOBIILIVERKKOIHIN POHJAUTUVISTA TEOLLISEN INTERNETIN TEKNOLOGIOISTA.....	240

# 1 Johdanto

*Päivi Portaankorva-Koivisto*

Tämän kirjan ovat kirjoittaneet opettajaopiskelijani osana opettajan pedagogisia opintojaan. Kyseessä on poikkeuksellinen ryhmä ja ehkä siis myös poikkeuksellinen kirja.

## 1.1 Lähtökohta

Keväällä 2016 Opetus- ja kulttuuriministeriö avasi lisämäärärahaa, joka oli tarkoitettu ICT-alan rakennemuutoksen vauhdittamiseksi ja äkillisen rakennemuutoksen haittavaikutusten minimoimiseksi käynnistettävien täydennyskoulutusohjelmien rahoittamiseen. Lisämäärärahalla oli tarkoitus tukea koulutuksia, joilla vähennetään rakennemuutosten haittavaikutuksia ICT-alalla ja tuetaan osaavan työvoiman jäämistä Suomeen. Koulutusten tuli tukea mm. osaamisen uudelleen suuntaamista, osaamisen tuotteistamista, viennin kehittämistä, kansainvälistymistä ja uuden yrittäjyyden syntymistä ja sen kohderyhmänä olivat erityisesti ICT-alalta irtisanotut ja irtisanomisuhan alaiset korkeakoulutetut.

Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos osallistui hakuun tarjoamalla pedagogiset opinnot ICT-alalta irtisanotuille tai irtisanomisuhan alla toimiville. Täydennyskoulutuksen tavoitteena oli mahdollistaa, että osallistujat voivat koulutuksen jälkeen suuntautua opetuksen kentälle, joko kouluilla tapahtuvaan opetustyöhön, koulutuksen järjestäjän tietotekniikan opetuskäytön koordinointi- ja kehittämistehtäviin, digitaalisen oppimateriaalin tuotantotehtäviin, täydennyskouluttajiksi esimerkiksi omaan yritykseen tai kansainvälisiin koulutustehtäviin.

Koulutukseen valittiin 19 opiskelijaa, joista 16 lopulta aloitti opinnot. Syynä ryhmän pienenemiseen näytti olevan it-alan nopea elpyminen. Henkilöiden työllistyttyä uusiin työtehtäviin, ei ollut itsestään selvää, että uusi työnantaja oli valmis lupaamaan työtehtävien järjestelyjä niin, että opinnot olisi voinut suorittaa päiväopintoina. Kaikkien koulutuksen aloittaneiden tulikin tehdä runsaasti järjestelyjä voidakseen yhdistää työelämän, perhe-elämän ja opiskelun. Aloittanut opiskelijaryhmä oli kuitenkin motivoitunut, aktiivinen ja työelämässä kouliintunut ja suoritti opintoja kiitettävällä ahkeruudella ja erinomaisella opintomenestyksellä.

## 1.2 Tietotekniikan opettajan toimenkuva

Helsingin yliopiston opettajankoulutuksessa opiskelee vuosittain 8-12 tietojenkäsittelytiedettä sivuaineenaan opiskelevaa aineenopettajaopiskelijaa. Useimmilla heistä pääaine on matematiikka.

Aloittanut ryhmä oli poikkeus, koska heillä tietojenkäsittelytiede oli joko pääaine tai sivuaine, jota kuitenkin opetetaan perusasteella ja lukioissa valinnaisaineena. Tämä ryhmä muodosti siis oman ryhmänsä pedagogisten opintojen suorittajien joukossa. Huolimatta siitä, että tietotekniikka ei kouluissa olekaan opetettava aine, ovat koulujen tietotekniikan valinnaiskurssit yhä eräs keskeinen osa koulujen opetuksesta. Lisäksi digitalisoituva koulu ja perusopetukseen sijoitettu ohjelmoinnin opetus ovat nostaneet tarvetta myös rekrytoida opettajia, joilla on tietojenkäsittelyn opintoja tutkinnossaan.

Tietotekniikan opetuksen työtehtäviä on hyvin monella eri asteella aina perusopetuksesta aikuiskoulutukseen. Tietotekniikan opettajat kehittävät kouluissaan hyvin itsenäisesti opettamiensa valinnaiskurssien sisällön ja toteutustavat. Vastatakseen tietotekniikan opettajan toimenkuvan haasteisiin didaktiikan opintoihin kuuluu olennaisena osana tietotekniikan kurssien ja niille soveltuvien tehtävien suunnittelu, sekä opetuksen arvioinnin kehittäminen. Valinnaiskurssien suunnittelun ja toteuttamisen lisäksi tietotekniikan opettajat toimivat kouluissaan tietoteknisten resurssien ja teknologian opetuskäytön pedagogisina asiantuntijoina. He huolehtivat konekannasta ja hankittavista ohjelmistoista. Lisäksi useissa kouluissa tietotekniikan opettajien toimenkuvaan kuuluu toimia kollegoidensa vertaistukena ja järjestää täydennyskoulutusta koulun tai kunnan omalle henkilökunnalle. Opettajaopiskelijoiden on pedagogisten opintojensa aikana siis hyvä tutustua myös itsenäiseen laitteiden ja ohjelmistojen käytön haltuunottoon ja pedagogisten käyttötapojen suunnitteluun sekä vertaisopettamisen suunnitteluun ja kehittämiseen.

Digitalisaatio ja nuorten teknologiaosaaminen ovat myös paljon puhuttavia aiheita. Usein mielikuvat eivät täysin vastaa todellisuutta ja nuorten osaaminen polarisoituu, kapeutuu ja terävöityy. Tulevan tietotekniikan opettajan tuleekin pohtia, missä määrin hän joutuu puolustamaan ”oppiaineensa” statusta.

### 1.3 Tietotekniikan opettajan koulutuksesta

Koulutusta suunnitellessani olen havainnut hyödylliseksi haastaa opiskelijoita vertaisopettamiseen ja samalla tukea muiden opettajiksi opiskelevien teknologisia valmiuksia. Jo useana vuonna tietojenkäsittelytieteen opettajaopiskelijat ovat perehtyneet jonkin teknologian käyttöön ja toteuttaneet sen pikakoulutusta matemaattisluonnontieteellisten aineiden aineenopettajaopiskelijoille. Aluksi koulutettiin älytaulun käyttöä ja kun tämän koulutuksen tarve vähentyi, luokanopettajien koulutuksessa oli tilaa ohjelmoinnin opetukselle. Myös matematiikan aineenopettajat tarvitsivat ohjelmoinnin, taulukkolaskennan ja dynaamisen geometriaohjelmiston GeoGebran käytön valmiuksia, joten koulutustehtäviä on avautunut uusien edellisten käydessä tarpeettomiksi.

Tietotekniikan opettajien pedagogisessa koulutuksessa tulee myös ottaa huomioon muita sellaisia seikkoja, joihin ei esimerkiksi matematiikan opettajaopinnoissa ole tarvetta samassa määrin tarttua. Tietotekniikan oppitunnille on tyypillistä, että oppilaat ovat todella heterogeenisiä taidoiltaan. Samalle valinnaiselle kurssille saattaa hakeutua täydellisiä alan harrastajia ja oppilaita, jotka eivät keksi mitään muutakaan valinnaista kurssia, jonka voisivat suorittaa, ja jotka eivät ole koskaan ole innostuneet alasta. Tämä edellyttää tulevilta opettajilta eriyttämisen taitoja. On osattava tunnistaa ja tunnustaa oppilaiden osaamista. Itse muistan hyvin, miten joskus vuonna 2010 omalle 8-luokan valinnaisen tietotekniikan kotisivukurssilleni ilmestyi oppilas, joka kertoi jo pitkään ”pitäneensä omaa helpdeskiä, tehneensä bändien kotisivuja ja ylläpitävänsä omaa domainia”. Samalla kurssilla oli oppilas, joka ei ollut käyttänyt pöytäkoneita koskaan ja mietti, miten se käynnistetään. Eräs haaste, jonka tietotekniikan opettaja kohtaa, on uusien oppimisympäristöjen suomat mahdollisuudet. Mikäli opettaja voi vielä pitää tuntejaan tietokoneiluokassa ja sellainen koulussa yhä on, tunti on pedagogisesti hyvin erilainen kuin tavallisessa luokassa pidetty tunti. Pöytäkoneet täyttävät pöydät, välineet houkuttavat monenlaiseen ei-toivottuunkin tekemiseen ja opettaja puikkelehtii työpisteiden lomassa kieltämässä ja auttamassa. Erikoisluokissa on aina luotava luokkatilaan sopivat pelisäännöt. Usein konekanta vanhenee nopeasti, ohjelmistot ovat kalliita, oheislaitteet, kuten kuulokkeet hajoavat, ja ylläpito on työlästä. Mikäli tietokoneiluokista on luovuttu, opetus on kiinni siirreltävästä vaunuista, joissa kannettavat tietokoneet tai tabletit eivät vastaa opetuksen tarpeita. Esimerkiksi kuvankäsittelyn,

animoinnin tai musiikin leikkaamisen opettaminen pienellä näytöllä ei välttämättä toimi ja tableteilla useimpien ohjelmistojen opettaminen on huomattavasti rajatumpaa.

Tietotekniikan opettajaa haastaa myös se, että tietotekniikan kursseille ei ole valmiita kurssisisältöjä, oppikirjoja on vain vähän tarjolla ja kurssien suunnittelu edellyttää mahdollisesti ohjelmistojen hankintaa, opettelua ja materiaalien valmistamista täysin itse. Opettajan tulee huomioida tietoturva ja eettiset kysymykset, tekijänoikeudet ja verkossa toimiminen sekä omassa työssään että opetuksessaan. Hän joutuu tasapainoilemaan syvällisen oppimisen ja pintaoppimisen välillä. Esimerkiksi, miten opettaa työvälinohjelmia: onko tavoitteena yleiset periaatteet ja laaja-alainen ymmärrys ja sitä myöten siirtovaikutus eri ohjelmien välillä vai ensiapu jonkin dokumentin tuottamiseen. Hänen olisi hyvä huomioida oppilaiden harrastuneisuus tai sen herättäminen ja etsiä ilmaisohjelmia, joilla oppilas saattaisi voida jatkaa työskentelyä itsenäisesti myös omalla ajallaan. Tietotekniikan didaktiikassa tulisi myös käsitellä ohjelmoinnin opettamisen ja arvioinnin kysymyksiä. Miten esimerkiksi opetetaan soveltamista, kykyä liikkua ohjelmointikielestä tai ohjelmasta toiseen? Miten ohjelmointia tulisi arvioida?

Tietotekniikan opettajan työ lähenee taitoaineiden opettajien työtä. Taidon opettaminen ja ohjaaminen pitää sisällään eteen näyttämistä, työskentelyn jäsentämistä, kirjallisten ohjeiden seuraamisen harjoittelua, koneen äärellä työskentelyä, ja toiminnallista tukea. Opettajan tulee pohtia, miten oppilaiden tuotokset dokumentoidaan ja säilytetään, ja miten tietoteknisiä taitoja arvioidaan esimerkiksi näyttökokeella.

Tietotekniikan tunneille sopivat toiminnalliset työmenetelmät, lisäksi uudenlaiset työtavat kuten kisällioppiminen, mooc-kurssit, yksilöllinen/käänteinen oppiminen (flipped learning), sulautuva oppiminen (blended learning) ja projektityöskentely. Tietotekniikan didaktiikan opetuksessa on syytä ottaa näitäkin tarkasteluun. Tietojenkäsittely ja tietotekniikan oppiminen sisältävät lisäksi hyvin luovia työvaiheita, jotka ovat arkoja oppimisilmapiirin vaihteluille. Tulevien opettajien tuleekin pohtia, millaista on hyvä vuorovaikutus ja miten sitä ylläpidetään, ja miten tuetaan myönteistä ilmapiiriä ja yhteisöllisyyttä. Tietotekniikan tunneille sopivat myös erinomaisesti monelle opettajaopiskelijalle vielä vähemmän tutut oppilaiden itsearviointi, vertaisarviointi, sähköinen arviointi, ja portfolion käyttö.

## 1.4 Miksi kirja kirjoitettiin?

Tämä kirja kirjoitettiin osana pedagogisia opintoja. Sen esseet ovat opiskelijoiden pedagogisia tutkielmia ”Opettaja työnsä tutkijana”-kurssilta. Kirja vastaa erinomaisesti kolmeen tarpeeseen: (1) tarve opettajankoulutukseen soveltuvaan kotimaiseen materiaaliin, (2) tarve tietotekniikan opetuksen kotimaiseen tutkimukseen, ja (3) tarve tietotekniikan opetukseen kytkeytyvän keskustelun herättämiseen.

## 1.5 Esseiden lyhyet esittelyt

Kalle Heinosen essee avaa keskustelun tieto- ja viestintäteknologian opetuksesta perusopetuksen opetussuunnitelmassa. Hän peilaa Suomessa valittuja ratkaisuja eri maissa tehtyihin valintoihin ja tutkimusnäyttöihin. Havainnot ovat masentavia. Tutkimuskirjallisuudessa esiin tulevista tieto- ja viestintäteknologian opetuksen seitsemästä osa-alueesta tavoitetaan vain yksi, ohjelmointi ja sekin vain osittain. Loppupäätelmänään Heinonen toteaa, ettei tehdyn tutkielman perusteella voida edelleenkään sanoa, että tietotekniikka olisi tuotu mukaan perusopetuksen opetussuunnitelmaan ja ehdottaa, että olisi hyvä selvittää, miten erityisesti yläasteen aineenopettajat selviävät tieto- ja viestintäteknologian opetuksesta. Tähän pureutuukin seuraavaksi Juuso Mattilan essee. Mattilan tutkimuksessa 11 erilaista nuorta opettajaa pohtii, miten opetussuunnitelman mukainen tieto- ja viestintäteknologisten taitojen opettaminen toteutuu koulussa ja miten heidän työyhteisönsä ja he itse suhtautuvat näiden taitojen opettamiseen ja käyttämiseen perusasteen opetuksessa. Mukana on luokanopettajia, erityisopettajia ja aineenopettajia, mutta ei tietotekniikan opettajia, koska tutkimuksessa pyrittiin selvittämään tv-taitojen opettamista erityisesti muihin oppiaineisiin integroituna laaja-alaisena osaamisalueena. Mattilan tutkimus osoittaa, että tv-taitojen opettaminen on hyvin paljon kiinni yksittäisen opettajan ja koulun rehtorin aktiivisuudesta. Hän esittääkin kysymyksen, miten tulevaisuudessa turvataan yhdenveroiset mahdollisuudet tv-taitojen oppimiseen jokaiselle perusasteen oppilaalle, sillä haastattelujen perusteella niitä ei tällä hetkellä pystytä opettamaan kokonaisvaltaisesti, ja taitojen osaamisen mittaaminen puuttuu lähes kokonaan. Meri Katariina Valtonen tarttuu omassa esseessään juuri tähän kokonaisvaltaisuuteen. Hänen tutkimuksensa tavoitteena on arvioida tieto- ja viestintäteknikan oppimistavoitteiden kokonaisuutta ja tarkoituksenmukaisuutta kokonaisarkkitehtuurin viitekehyksen avulla.

Valtonen on koonnut lähes 80 tavoitekuvausta koulujärjestelmän organisaatioista makro-, meso- ja mikrotasolta. Mukana ovat opetushallitus, 13 kuntaa ja 36 koulua. Analysoinnin tuloksena Valtonen toteaa, että Suomen koulutuspolitiikka asettaa lasten ja nuorten oppimis- ja hyvinvointitavoitteet, jotka vaikuttavat yhdentyvän alueittain ja valuvan yhteneväisellä tavalla koulutasolle. Hän nostaa esiin huolen siitä, että opetussuunnitelmissa sähköiset oppimisympäristöt nähdään vain välineinä. Niiden käytön osaaminen nostetaan tavoitteeksi, mutta ei oteta huomioon niiden vaikutusta oppilaan kehitykseen, eikä niiden keskinäisten suhteiden kautta muodostuvan kokonaisuuden hallintaa. Valtonen tiivistää, että Puolan ja Ison Britannian opetussuunnitelmien tv-tavoitteisiin verrattuna suomalaisista opetussuunnitelmien perusteista puuttuu kokonainen tieteenala. Tvt-taitotavoitteet sijoittuvat muihin kuin omaan oppiaineeseensa ja jäävät lähinnä tv:n hyödyntämisen tasolle. Näin ollen oppilaat jäävät vaille tieteenalan varsinaisia perustietoja.

Luvussa 5 siirrytään pohtimaan tietojenkäsittelytieteen opiskeluun liittyviä näkökulmia. Ensimmäisenä näistä Jukka Malinen pohtii korkea-asteen käytettävyyskoulutusta. Hän toteaa, että käytettävyttä opetetaan niukasti ja sen osaamisen puute näkyy ohjelmistoprojekteissa käytettävyyden aliarvostuksena muuhun toiminnallisuuteen verrattuna. Malinen ottaa tarkasteluun kolme yliopistoa ja kolme ammattikorkeakoulua. Hän havaitsee vertailussaan, että käytettävyyden opintoja on pakollisena ainoastaan joka kolmannessa koulutuksessa. Niinpä työelämään siirtyä tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan ammattilaisia ilman riittävää käytettävyysoosaamista. Maria von Kügelgen nostaa tutkimuksessaan esiin ICT-alan sukupuolinäkökulman. Naisten kannalta aihetta voidaan tarkastella von Kügelgenin mukaan ensinnäkin hyötynä alalla työskentelevälle naiselle itselleen, toiseksi hyötynä naisille ylipäätään ja kolmanneksi hyötynä ICT-alalle. Esseessä pureudutaan tietojenkäsittelyn historiasta lähtien nykypäivään ja naisten kokemuksiin alasta ja sillä työskentelystä. Von Kügelgen toteaa, että keskeinen yksittäinen syy naisten vähäiseen hakeutumiseen ICT-alalle liittyy stereotypioihin ja essee päättyykin ehdotuksiin toimenpiteistä, joilla tilannetta voitaisiin korjata.

Luvusta 7 alkaen esseet tarttuvat perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmiin tehtyihin uusiin avauksiin, ohjelmoinnilliseen ajatteluun ja ohjelmointiin sekä laaja-alaisuuteen ja monialaisuuteen, sekä näihin liittyviin opettajien täydennyskoulutuksiin. Juha Vuorinen on toteuttanut ja tutkinut opettajien täydennyskoulutusta. Hän ottaa esille kysymyksen

siitä, halutaanko peruskoulun opettajien informaatioteknologian täydennyskoulutuksessa, mukaan lukien ohjelmointi ja ohjelmoinnillisen ajattelun oppiminen ja opettaminen, painottaa enemmän tietotekniikan ja viestintäteknologioiden opettamista ylipäättänsä vai teknologian hyödyntämistä pedagogisessa mielessä yli oppiainerajojen. Toinen tärkeä kysymys täydennyskoulutuksen kannalta on se, keiden kaikkien opettajien pitäisi opettaa näitä taitoja oppilaille. Yhteenvetona Vuorinen toteaa, että opettajien ohjelmoinnillisen ajattelun ja ohjelmoinnin taitojen täydennyskoulutuksessa pitäisi painottaa enemmän pedagogista lähestymistapaa ja miettiä tarkemmin, kuka opettajista tarvitsee itse teknologioiden osaamista ja kuka taas tieto- ja viestintäteknikan soveltamisen taitoja. Edellisten lisäksi tarvitaan parempaa ymmärrystä opettajien tieto- ja viestintäteknikkaan liittyvistä asenteista ja uskomuksista. Meri Vainion essee käsittelee oppiainerajat ylittävien opetuskokonaisuuksien rakentamista lukioissa. Vainio on itse ollut kehittämässä osallistavaa täydennyskoulutusta, jonka menetelmänä hän on käyttänyt Idea Roller Coaster -työpajaa. Vainion havaintoina olivat, että koulun toimintakulttuuria oli mahdollista kehittää toimintamallia muuttamalla. Jo yksittäisellä työpajalla saatiin aikaiseksi se, että opettajat pääsivät yhdessä kokemaan uudenlaisen työskentelytavan, jossa jokainen koulun opettaja osallistui yhteiskehittämiseen.

Luvut 9 ja 10 käsittelevät teknologiaa opetuksessa. Minna Heinonen ja Niina Huttunen ovat selvittäneet virtuaalitodellisuuden mahdollisuuksia lähihoitajakoulutuksessa ja Jukka-Pekka Ranki simulaatioita lukion biologian opetuksessa. Heinosen ja Huttusen essee tuo kiinnostavasti esille virtuaalitodellisuuden monet käyttömahdollisuudet. Virtuaalitodellisuus voisikin parhaimmillaan toteuttaa konstruktivistista oppimista ja olla aidon oppimisympäristön korvaava käytännöllinen ympäristö. Opetuskokeilussaan Heinonen ja Huttunen tutkivat, millaisia kokemuksia lähihoitajaopiskelijoille syntyi virtuaalisesta kotikäynnistä asiakkaan luona. Yhteenvetona saaduista tuloksista he saattoivat kiteyttää joukon arvokkaita ohjeita opettajalle, joka suunnittelee virtuaalitodellisuuden käyttämistä opetuksessaan. Simulaattoreissa puolestaan on – riippuen niiden toteutuksesta – erilaisia säätömahdollisuuksia, joiden avulla opiskelija voi itse kokeilla, miten ilmiö tai prosessi muuttuu erilaisissa tilanteissa. Ranki onkin tutustunut esseessään 18 eri simulaattoriin, joiden käyttöä hän tarkastelee lukion biologian opetussuunnitelman ja käytettävyyden näkökulmasta.

Luvuissa 11 ja 12 kirjoittajat kertovat opetuskokeiluistaan. Eeva Mäkelä ja Joonatan Saarhelo ovat suunnitelleet funktionaalisen ohjelmoinnin kurssin, ja kokeilleet sitä yläkoulun ja lukion opiskelijoiden yhteisellä kurssilla. Tuija Hurtta taas on kehittänyt esineiden internettiä (IoT) käsittelevän kurssin ammattikorkeakouluun. Mäkelän ja Saarhelon kokemukset funktionaalisen ohjelmoinnin kurssista olivat moninaisia: opiskelijoiden itseohjautuvuuden puute ja oppilasryhmän heterogeenisyys yllättivät, sen sijaan yhteisopettajuus ja pedagogiset käytännöt rohkaisivat. Kurssille valittu Elm-kieli vaikutti toimivalta, ja ohjelmien ajonaikaiset virheet voitiin välttää ilman, että piti riisua kielen tietorakenteita ja funktioita. Lisäksi Saarhelon kehittämässä visuaalisessa ohjelmointiympäristössä ohjelmoija ei voinut tehdä tyyppivirheitä, koska ohjelmointipalikkaan saattoi kiinnittää vain siihen sopivia palikoita ja palikan tyyppiä tunnisti sen ulkonäöstä. Tuija Hurtta kuvaa esseessään uusien teknologioiden opetusmateriaalin laadinta- ja muokkausprosessia. Hän piti ammattikorkeakoulussa luentoja mobiiliverkkoihin perustuvista uusista teknologioista, jotka on suunniteltu vastaamaan teollisen internetin/ esineiden internetin tarpeita, ja valmisteli itse koko oppimiskokonaisuuden suunnittelusta toteutukseen ja arviointiin. Hurtta toteaa yhteenvedossaan, että kokemus oli mielekäs ja nostaa esille tärkeitä suunnittelun näkökohdat: opiskelijoiden lähtötaso, opetusmateriaalin ajantasaisuus, opetusvälineiden käytön joustavuus, tehtävien konkreettisuus ja materiaalien jatkuva päivittäminen.

Kirja avaa siis paljon näkökulmia tietojenkäsittelyyn, tietotekniikkaan, teknologisten sovellusten opetuskäyttöön, aikuiskoulutukseen, täydennyskoulutukseen sekä opetussuunnitelmiin. Ehkä jo ensi kierroksella saamme tietotekniikasta, tietojenkäsittelystä ja teknologiasta oman oppiaineen koulujen opetussuunnitelmiin, ja voimme antaa perusasteen ja lukion opiskelijoille riittävät valmiudet.

Tieto- ja viestintäteknikan opetusta peruskoulussa ja lukiossa tulisi tarkastella kolmesta näkökulmasta: (1) perinteinen tietotekniikka eli laitteistot ja ohjelmistot (informaatioteknologia),

(2) digitaalinen lukutaito eli sosiaalinen media ja tietoverkot, sekä (3) ohjelmoinnillinen ajattelu ja ohjelmointi.

Perinteisessä tietotekniikassa tavoitteena on tutustua laitteistoihin ja oppia keräämään, järjestämään, varastoimaan ja julkaisemaan informaatiota äänien, kuvien, tekstien ja

laskelmien muodossa. Digitaalisessa lukutaidossa opitaan arvioimaan, hyödyntämään, jakamaan ja luomaan sisältöjä verkkoympäristössä. Ohjelmoinnillisessa ajattelussa ja ohjelmoinnissa taas opitaan algoritmista ajattelua, ongelman pilkkomista osiin, yleistämistä ja säännönmukaisuuksien löytämistä, suunnittelemista, koodaamista, ohjelman testaamista, kommentointia ja kehittelyä.

Näillä kaikilla osa-alueilla on merkityksensä ja niiden oppiminen edellyttää suunnitelmallisuutta. Lisäksi jokaista näistä osa-alueista voidaan tarkastella yksilön, yhteiskunnan ja työelämän näkökulmista. Osa taidoista on sellaisia, että ne rikastuttavat yksilön omaa elämää, helpottavat kanssakäymistä, antavat mahdollisuuksia luovuudelle ja itsensä kehittämiseksi. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi kuvankäsittelyyn, säveltämiseen tai verkkokirjoittamiseen tai -markkinointiin liittyvät taidot. Osa taidoista on kansalaistaitoja, joita jokaisen tulisi hallita, kuten erilaiset verkon palvelut (pankkipalvelut, aikataulut, matkat, verotus, ajanvaraus jne.) Osa taidoista on sellaisia, joita tarvitaan opiskelussa. Tällaisia ovat yhteiset suunnittelu- ja työskentelydokumentit, raporttien ja opinnäytetöiden laatiminen ja erilaisilla verkkoalustoilla toimiminen. Osa taidoista edellytetään työelämäkonteksteissa, joissa tulee ylläpitää esimerkiksi työportfolioita tai erilaisia profileja.

Haastankin lukijoita miettimään, kuinka oppilaat saavuttavat nämä taidot, milloin niitä opetetaan, opetetaanko ne kaikille ja kuka niitä opettaa.

## **Kiitokset**

Kiitän kirjan valmistumisesta toimituskuntaani Minna Heinosta ja Eeva Mäkelää sekä kirjan julkaisemisesta Marko Hölttä. Lopuksi kiitos vielä kaikille kirjoittajille, jotka ovat panoksellaan mahdollistaneet kirjan toimittamisen.

## **2 Tieto- ja viestintätekniiikan opetus vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelmassa**

*Kalle Heinonen*

### **2.1 Johdanto**

Digitalisaation myötä tieto- ja viestintäteknologian käyttö on levinnyt jo lähes kaikille yhteiskunnan alueille. Tästä aiheesta on kirjoitettu lehdissä jo kohta 20 vuotta. Käsite ”tietoyhteiskunta” on ollut mukana Suomen poliittisessa keskustelussa jo kohta 35 vuotta (Tiuri, 1984). Myös yliopistossa tieto- ja viestintäteknologian opetus on ollut mukana jo 1960-luvun lopulta, kun ensimmäinen tietojenkäsittelyopin koulutus aloitettiin Tampereella vuonna 1967 (Orponen, 1996).

Tietotekniikka tai tietojenkäsittelytiede ei ole kuitenkaan löytänyt itselleen tilaa peruskoulujen opetusohjelmassa. Vaikka sen merkitys on tunnustettu, se ei ole ollut vielä koskaan mukana peruskoulun tai lukion opetussuunnitelmissa omana kaikille yhteisenä oppiaineena (Opetushallitus, 2014; Opetushallitus, 2004). Vuoden 2011 hallitusohjelmassa asetettiin tavoite nostaa suomalaiset maailman osaavimmaksi kansaksi vuoteen 2020 mennessä. Hallitusohjelman mukaan tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntämistä koulutuksessa tulee vahvistaa. (Hallitusohjelma, 2011). Tietoteknisen osaamisen merkitys koulutuksessa huomioitiin vuonna 2014 uudistetussa perusopetuksen opetussuunnitelmassa. Opetussuunnitelmassa todetaan tieto- ja viestintäteknologisen osaamisen olevan tärkeä kansalaistaito sekä itsessään että osana monilukutaitoa. Tieto- ja viestintäteknologian eli lyhyemmin tv:t:n on todettu olevan uuden opetussuunnitelman mukaisessa perusopetuksessa sekä oppimisen kohde että väline. Perusopetuksen on tarkoitus huolehtia siitä, että kaikilla oppilailla on mahdollisuudet tv:t:n osaamisen kehittämiseen. (Opetushallitus, 2014).

Hyvistä tavoitteista huolimatta tv:t ei ole edelleenkään mukana uudistetussa perusopetuksen opintosuunnitelmassa kaikille yhteisenä pakollisena oppiaineena. Tv:t:stä on tehty yksi seitsemästä laaja-alaisesta osaamisalueesta, joiden opetus integroidaan muiden oppiaineiden opetukseen. Muita laaja-alaisia oppimisalueita ovat: 1. Ajattelu ja oppimaan oppiminen, 2. Kulttuurinen osaaminen, vuorovaikutus ja ilmaisu, 3. Itsestä

huolehtiminen ja arjen taidot, 4. Monilukutaito, 6. Työelämätaidot ja yrittäjyys sekä 7. Osallistuminen, vaikuttaminen ja kestävän tulevaisuuden rakentaminen. Tieto- ja viestintäteknologia on numero 5, johon viitataan opetussuunnitelmassa merkinnällä L5. (Opetushallitus, 2014.)

Tvt:n puuttuminen omana oppiaineenaan vuonna 2014 laaditusta perusopetuksen opetussuunnitelmasta on aiheuttanut paljon huolenaiheita nuorten tietoteknisestä osaamisesta ja työelämän valmiuksista. TIEKE:n tutkimus- ja kehittämisjohtaja Jyrki Kasvi (2014) on kirjoittanut Tietoyhteiskunnan kehittämiskeskuksen sivuilla, että uuden opetussuunnitelman myötä suomalaisten lasten ja nuorten tietotekniikan oppiminen on tulevaisuudessa täysin yksittäisten koulujen opettajien ja rehtorien aktiivisuuden varassa. Hänen mukaansa on täysin sattumanvaraista, saako lapsi tieto- ja viestintäteknikasta hyvät ja kattavat tiedot ja taidot vai ei. Tämä on huolestuttavaa, koska Kasvin (2014) ja monen muun tutkijan (Ferrari, 2013; Kemp, 2014; Wilson, Sudol, Stephenson & Stehlik, 2010) mukaan ilman tietoteknistä osaamista ei tule välttämättä pärjäämään työelämässä eikä edes jatko-opinnoissa.

Tämän tutkimuksen on tarkoitus tarkastella syvemmin vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelmaa tvt:n opetuksen näkökulmasta. Tutkimuksessa selvitetään, mitä tavoitteita tietotekniselle osaamiselle opetussuunnitelmassa asetetaan ja mitä resursseja se tarjoaa kouluille ja opettajille näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Sitä ennen tutkimuksessa kuitenkin käsitellään tutkimuskirjallisuudessa esitettyä näkemyksiä siitä, mitä tvt:llä tarkoitetaan, mitä tvt:ssä tulisi opettaa ja mitkä sen tavoitteet tulisi olla.

## **2.2 Tieto- ja viestintäteknologian opettaminen tutkimuskirjallisuudessa**

Tässä luvussa tutustutaan siihen, mitä tieto- ja viestintäteknologia tarkoittaa opetuksen kohteena ja miten opetusta on käsitelty tutkimuskirjallisuudessa. Luvussa esitellään lähestymistapoja siihen, miten tvt:n opetus on otettu huomioon muiden maiden opetussuunnitelmissa. Lisäksi luvussa käydään läpi haasteita, joita tvt:n opetuksessa on kohdattu.

## **2.3 Miksi tieto- ja viestintäteknologiaa tulisi opettaa peruskoulussa**

On useita perusteluita sille, miksi tieto- ja viestintäteknologiaa tulisi opettaa kouluissa. Tärkein näkemys tuntuu kirjallisuudessa olevan sama: oppilaat tarvitsevat tietoteknisiä tietoja ja taitoja jatko-opintoja ja työelämää varten. (Ferrari, 2013; Kemp, 2014; Wilson ym., 2010.) Tämä tarve vaikuttaa usein unohtuvan siinä vaiheessa, kun oppiaineiden tuntimääristä tehdään päätöksiä. Koulutuksesta päättävät henkilöt joutuvat tekemään vaikeita päätöksiä eri oppiaineiden välillä, koska oppitunteja on rajattu määrä. Päätöksentekoa usein auttaa tieto siitä, mitkä tiedot ja taidot ovat kansalaisten, yhteiskunnan ja oppilaiden menestyksen kannalta merkittäviä. (Wilson ym., 2010.) Wilsonin, Sudolin, Stephensonin ja Stehlikin (2010) mukaan tvt vastaa näihin tarpeisiin kolmella eri tavalla:

1. Oppilaat saavat syvempää ymmärrystä tietojenkäsittelystä, mikä tietotekniikan yleistymisen myötä on hyvin tärkeää, ja se palvelee oppilaita koko heidän elämänsä ajan.
2. Oppilaat ovat tekemisessä sellaisen alan kanssa, joka jatkuvasti tuottaa uusia innovaatiota ja joka työllistää taloudellisista haasteista huolimatta.
3. Oppilaat oppivat tietoja ja taitoja, joiden on todistettu vievän heitä eteenpäin akateemisessa elämässä.

Näiden lisäksi on todettu, että tietotekniset taidot vaativat loogista ajattelua ja ongelmanratkaisutaitoja, joita voi myöhemmin hyödyntää reaali maailman ongelmissa. (Wilson ym., 2010.)

### **2.3.1 Mitä tieto- ja viestintäteknologian osaamisella tarkoitetaan**

Webbin, Davisin, Bellin, Katzyn, Reynoldsin, Chambersin ja Syslon (2017) mielestä tietojenkäsittelyn ja tietotekniikan terminologia on aiheuttanut paljon sekaannuksia, mikä on vaikeuttanut sen opetuksesta käytyä keskustelua ja aiheeseen liittyvää päätöksentekoa. Siksi he ovat tutkimuksensa yhteydessä määritelleet käsitteet, joita julkaisussa käytetään. Webb ja muut (2017) jakavat tvt:n opetuksen viiteen eri kategoriaan: informaatioteknologiaan, tietotekniikkaan, tietojenkäsittelyyn, digitaaliseen lukutaitoon, laskennalliseen ajatteluun ja ohjelmointiin.

Informaatioteknologialla (*Information Technology*) tarkoitetaan tietokoneiden käyttöä esimerkiksi teollisuudessa, kaupankäynnissä, taiteissa tai missä tahansa. Informaatioteknologiaan kuuluu ohjelmistojen ymmärrystä sekä näkemystä järjestelmäarkkitehtuurista, inhimillisistä tekijöistä sekä projektin hallinnasta. Tietotekniikka (*Computer Science*) tarkoittaa tieteellistä oppiainetta, jossa käsitellään algoritmeja, datarakenteita, ohjelmointia, järjestelmäarkkitehtuuria, suunnittelua, muotoilua ja ongelmanratkaisua. Tietojenkäsittely (*Computing*) on laaja alue, johon kuuluu sekä informaatioteknologiaa, tietotekniikkaa, digitaalista lukutaitoa sekä ongelmanratkaisua. Tietojenkäsittely on termi, jota käytetään useissa opetussuunnitelmissa kattamaan kaikkea tvt:an liittyvää opetusta. Digitaalisella lukutaidolla (*Digital literacy*) tarkoitetaan kykyä käyttää tietokoneita. Se on enemmänkin sarja opittuja taitoja kuin oma oppimisen kohde. Laskennallinen ajattelu (*Computational thinking*) on ympäröivän maailman laskennallisuuden tunnistamista ja ymmärtämistä sekä ongelmanratkaisua käyttäen hyväksi tietotekniikan työkaluja ja tekniikoita virtuaalisissa sekä luonnollisissa systeemeissä ja prosesseissa. Ohjelmointi (*Programming*) on ajettavia tietokoneohjelmia tuottava prosessi, johon liittyy ongelman analysointi ja ymmärtäminen, mahdollisten ratkaisujen tunnistaminen ja arviointi, algoritmien luominen, ratkaisun implementointi ohjelmointikielellä sekä testaus ja virheenkorjaus. (Webb ym., 2017.)

Euroopan komission tutkimuskeskuksen DigiComp-hankkeessa on tutkittu kansalaisten digitaalista kompetenssia ja luotu sen perusteella viitekehys osa-alueista, joista kompetenssi koostuu. Digitaalisen kompetenssin ylätasot ovat seuraavat: 1. Informaatio 2. Viestintä 3. Sisällöntuottaminen 4. Turvallisuus 5. Ongelmanratkaisu. (Ferrari, 2013.)

Nämä viisi ylätasoa jakaantuvat lisäksi pienemmiksi kokonaisuuksiksi. Informaation alle kuuluvat seuraavat osa-alueet: Tiedon selailu, etsintä ja suodatus, tiedon arviointi, tiedon tallentaminen, organisointi ja hakeminen. Viestintä koostuu teknologian avulla kommunikoinnista, tiedon ja sisällön jakamisesta, yhteistyöstä digitaalisissa kanavissa, nettiketistä ja oman digitaalisen identiteetin luomisesta. Sisällöntuottamisella tarkoitetaan erimuotoisen multimedian luomista, olemassa olevien resurssien muokkaamista omaan käyttötarkoitukseen, tekijänoikeuksien ja lisenssien ymmärtämistä sekä ohjelmointia, ohjelmien muokkausta ja ohjelmoinnin peruseränteiden ymmärtämistä. Turvallisuus käsittää omien laitteiden, henkilökohtaisen datan, oman terveyden sekä ympäristön

turvallisuutta ja sen ymmärrystä. Ongelmanratkaisu on osa-alueista laajin ja se käsittää teknisten ongelmien ratkaisemisen, tarpeiden ja tarvittavien työkalujen tunnistamista, innovoinnin ja luovuuden hyväksikäyttäen teknologiaa sekä omien ja muiden teknisten kompetenssin puutteiden tunnistamisen. (Ferrari, 2013.)

Iso-Britannian uudessa vuonna 2014 käyttöön otetussa opetussuunnitelmassa tieto- ja viestintäteknologiset taidot on jaettu seuraavaan kolmeen eri kokonaisuuteen: 1. Tietojenkäsittely, 2. Informaatioteknologia ja 3. Digitaalinen lukutaito. Nämä kaikki osa-alueet kulkevat Iso-Britannian opetussuunnitelmassa vuonna 2014 perustetun ”Computing”-nimisen oppiaineen alla. Tietojenkäsittely käsittää informaation ja laskennallisuuden peruseriaatteet eli miten tietojärjestelmät toimivat ja miten tietoa voidaan käyttää hyväksi ohjelmoinnin avulla. Informaatioteknologialla käsitetään tiedon, kuvien, äänen, tekstin ja muun sisällön hankinta, organisointi ja tallennus ja jakaminen käyttäen tietokoneen eri ohjelmia ja tietoliikennetyökaluja. Informaatioteknologian hallinta on myös edellytyksenä tietojenkäsittelyn ymmärtämisen rakentamiselle. Tämän lisäksi oppilaiden tulee harjoittaa omaa digitaalista lukutaitoaan, jotta he pystyvät ilmaisemaan itseään, toteuttamaan ideoitaan, etsimään ja arvioimaan tietoa sekä kommunikoimaan tehokkaasti eri tieto- ja viestintäteknologioiden avulla. Opetussuunnitelmassa tehdään myös selväksi, että Computing-oppiaine ei tarkoita samaa asiaa kuin koodaaminen tai ohjelmointi. (Kemp, 2014.)

Yhdysvaltalainen raportti tietotekniikan (*Computer Science*) opettamisesta peruskoulussa esittää käsitteiden määritelmät, joita heidän mielestään tulisi noudattaa tv:n kokonaisuuden ymmärtämiseksi. Tietojenkäsittelytiede (*Computer Science*) on koulutusala, joka käsittelee tietokoneita ja algoritmisia prosesseja sisältäen niiden toimintaperiaatteet. Lisäksi tietojenkäsittelytieteeseen kuuluu laitteistojen ja ohjelmistojen ymmärrys sekä niiden käyttö ja vaikutus yhteiskuntaan. (Wilson ym., 2010.) Teknologinen lukutaito ja kyvykkyys (*Technology literacy and fluency*) käsittää miten teknologiaa osataan käyttää ja hyödyntää. Lukutaidolla tarkoitetaan ymmärrystä siitä, miten teknologiaa käytetään. Kyvykkyys puolestaan kuvaa sitä, miten teknologian ja informaation avulla voidaan esittää luovasti ideoita, uudelleen muotoilla tietoa ja yhdistää uutta informaatiota ja teknologiaa. Opetusteknologialla (*Educational technology*) tarkoitetaan poikkitieteellisesti kaikissa oppiaineissa käytettävää teknologiaa, joka tukee opetusta ja parantaa oppilaiden mahdollisuutta oppia paremmin. (Wilson ym., 2010.)

### 2.3.2 Tieto- ja viestintäteknologian opetuksen haasteet

Ohjelmoinnin ja tietotekniikan opetuksesta on tehty useita tutkimuksia (Charters ym., 2014; Kankaanranta, Palonen, Keijonen & Ärje, 2011; Salkowitz, 2008; Webb ym., 2017; Wilson ym., 2010). Tutkimustuloksista esiin nousseita opetuksen haasteita voidaan pitää suuntaa-antavina haasteina myös tässä tutkimuksessa käsiteltävän opetussuunnitelman tieto- ja viestintäteknologian opetuksen haasteisiin. Toisin sanoen ohjelmoinnin ja tietotekniikan opetukselliset haasteet ovat vaikuttaneet ja vaikuttavat tvt:n opettamiseen.

Laajemmat haasteet johtuvat näkemyksistä opetettavaa ainetta kohtaan. On vaihtelevia näkemyksiä siitä, tulisiko tieto- ja viestintäteknologiaa ylipäätään opettaa kaikille. On myös epäselvää, mitä tarkoitusta tvt:n opetus palvelee. Yksi suuri ongelma tässä keskustelussa on tvt:n termien puutteellinen ymmärtäminen. Tietojenkäsittely mielletään usein samaksi asiaksi kuin ohjelmointi. Sitä voidaan pitää täysin matemaattisena aineena tai voidaan ajatella, että se perustuu vaan tiettyihin teknologioihin. (Webb ym., 2017.) Yhdysvaltalaisen raportin mukaan teknologiaan ja tietojenkäsittelyyn liittyvien termien epäselvät merkitykset ja käyttötavat ovat syy siihen, miksi kurssit, opettajien koulutukset ja opetussuunnitelmat ovat usein epäpäteviä ja epäonnistuvat saavuttamaan tavoitteitaan. (Wilson ym., 2010.)

Opettajien näkökulmasta ohjelmoinnin opetuksen käytännön haasteiksi ovat nousseet matemaattisen ja loogisen osaamisen riittämättömyys, ohjelmoinnin käsitteiden abstraktius, vähäinen ymmärrys tietokoneen toiminnasta sekä ongelmanratkaisutaitojen ja motivaation puute (Gomes & Mendes, 2007).

Muita haasteita, joita opettajille tehdyssä tutkimuksissa on noussut esiin, ovat opettajien riittämätön sisältöosaaminen opetettavasta aineesta, opetussuunnitelman tavoitteiden epäselvyys tai virheellinen tulkinta sekä opettajan käsitys opetettavan aineen tarpeellisuudesta. (Wilson ym., 2010.) Tvt:n opetuksesta innostuneet opettajat ovat myös kokeneet haasteeksi tvt:n opetukseen liittyvien uusien toimintamallien tuomisen omaan kouluun ja opetusyhteisöön (Kankaanranta ym., 2011). Tutkimuksissa liittyen organisaation toimintatapojen muutoksiin on huomattu, että uuden toimintatavan jalkauttaminen vaatii jaettua vastuuta ja mahdollisesti koko toimintakulttuurin muutosta, jotta uudet mallit eivät jäisi vain kokeilun tasolle. Mikäli uusien toimintatapojen tai

teknologioiden hyödyt jäävät opettajille epäselviksi, on hyvin epätodennäköistä, että ne integroituisivat koulun arkeen. (Dawes, 2001; Salkowitz, 2008.)

Monimuotoisten haasteiden takia osa tutkijoista on esittänyt, että opettajien mielipiteiden tai muiden yksittäisten tekijöiden tutkiminen ei auta ymmärtämään tv:n opetuksen integroimisen haasteita. Tärkeämpää olisi keskittyä koulukulttuurin laajempaan tutkimiseen ja huomioida myös organisaatioon sekä sosiaalisiin suhteisiin liittyvät tekijät. (Sherry & Gibson, 2002.)

## **2.4 Tieto- ja viestintäteknologian opetus uudessa perusopetuksen opetussuunnitelmassa**

Tieto- ja viestintäteknologian opettamisesta peruskoulussa on säädetty vuonna 2014 uudistetussa Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa. Perusopetuksen opetussuunnitelma käsittää peruskoulun eli vuosiluokat 1-9. Opetussuunnitelma on otettu käyttöön vuosiluokkien 1-6 osalta 1.8.2016. Vuosiluokkien 7, 8 ja 9 osalta opetussuunnitelma otetaan käyttöön porrastetusti vuosien 2017-2019 aikana. Opetussuunnitelman tavoite on antaa yhtenäinen pohja yksittäisten koulujen omille opetussuunnitelmille ja sitä kautta vahvistaa koulutuksen tasa-arvoa koko maassa. Paikalliset tarpeet ja näkökulmat otetaan tarkemmin huomioon kuntien ja koulujen omissa opetussuunnitelmissa. (Opetushallitus, 2014.)

Tässä luvussa käsitellään vuonna 2014 julkaistua perusopetuksen opetussuunnitelmaa ja tarkastellaan, miten se huomioi tieto- ja viestintäteknologian opetuksen ja mitkä sen tavoitteet ovat.

### **2.4.1 Tieto- ja viestintäteknologia osana perusopetuksen opetussuunnitelmaa**

Tieto- ja viestintäteknologia ei ole mukana uudessa opetussuunnitelmassa omana oppiaineenaan, vaan siitä on tehty yksi seitsemästä laaja-alaisesta osaamisalueesta, jotka integroidaan muiden oppiaineiden opetukseen. Muita laaja-alaisia oppimisalueita ovat: 1. Ajattelu ja oppimaan oppiminen, 2. Kulttuurinen osaaminen, vuorovaikutus ja ilmaisu, 3. Itsestä huolehtiminen ja arjen taidot, 4. Monilukutiato, 6. Työelämätaidot ja yrittäjäyys sekä 7. Osallistuminen, vaikuttaminen ja kestävän tulevaisuuden rakentaminen. Tieto- ja

viestintäteknologia on numero 5, johon viitataan opetussuunnitelmassa merkinnällä L5. (Opetushallitus, 2014.)

Perusopetus määrittelee laaja-alaiset osaamisalueet seuraavasti:

”Laaja-alaisella osaamisella tarkoitetaan tietojen, taitojen, arvojen, asenteiden ja tahdon muodostamaa kokonaisuutta. Osaaminen tarkoittaa myös kykyä käyttää tietoja ja taitoja tilanteen edellyttämällä tavalla. Siihen, miten oppilaat käyttävät tietojaan ja taitojaan, vaikuttavat oppilaiden omaksumat arvot ja asenteet sekä tahto toimia. Laaja-alaisen osaamisen lisääntynyt tarve nousee ympäröivän maailman muutoksista. Ihmisenä kasvaminen, opiskelu, työnteko sekä kansalaisena toimiminen nyt ja tulevaisuudessa edellyttävät tiedon- ja taidonalat ylittävää ja yhdistävää osaamista.” (Opetushallitus, 2014.)

Tieto- ja viestintäteknologia (L5) on eritelty omana laaja-alaisena osaamisalueenaan seuraavasti:

”Tieto- ja viestintäteknologinen (tv) osaaminen on tärkeä kansalaistaito sekä itsessään että osana monilukutaitoa. Se on oppimisen kohde ja väline. Perusopetuksessa huolehditaan siitä, että kaikilla oppilailla on mahdollisuudet tieto- ja viestintäteknologisen osaamisen kehittämiseen. Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödynnetään suunnitelmallisesti perusopetuksen kaikilla vuosiluokilla, eri oppiaineissa ja monialaisissa oppimiskokonaisuuksissa sekä muussa koulutyössä.

Tieto- ja viestintäteknologista osaamista kehitetään neljällä pääalueella 1) Oppilaita ohjataan ymmärtämään tieto- ja viestintäteknologian käyttö- ja toimintaperiaatteita ja keskeisiä käsitteitä sekä kehittämään käytännön tv-taitojaan omien tuotosten laadinnassa. 2) Oppilaita opastetaan käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa vastuullisesti, turvallisesti ja ergonomisesti. 3) Oppilaita opetetaan käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa tiedonhallinnassa sekä tutkivassa ja luovassa työskentelyssä. 4) Oppilaat saavat kokemuksia ja harjoittelevat tv:n käyttämistä vuorovaikutuksessa ja verkostoitumisessa. Kaikilla näillä alueilla tärkeätä on oppilaiden oma aktiivisuus ja mahdollisuus luovuuteen sekä itselle sopivien työskentelytapojen ja oppimispolkujen löytämiseen. Tärkeätä on myös yhdessä tekemisen ja oivaltamisen ilo, mikä vaikuttaa opiskelumotivaatioon. Tieto- ja viestintäteknologia tarjoaa välineitä tehdä omia ajatuksia ja ideoita näkyväksi monin eri tavoin ja siten se myös kehittää ajattelun ja oppimisen taitoja.

Oppilaita opastetaan tuntemaan tv:n erilaisia sovelluksia ja käyttötarkoituksia sekä huomaamaan niiden merkitys arjessa, ja ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa ja vaikuttamisen keinona. Yhdessä pohditaan, miksi tieto- ja viestintäteknologiaa tarvitaan opiskelussa, työssä ja yhteiskunnassa ja miten näistä taidoista on tullut osa yleisiä työelämätaitoja. Tieto- ja viestintäteknologian vaikutusta opitaan arvioimaan kestävän kehityksen näkökulmasta ja toimimaan vastuullisina kuluttajina. Oppilaat saavat perusopetuksen aikana kokemuksia tv:n käytöstä myös kansainvälisessä vuorovaikutuksessa. He oppivat hahmottamaan sen merkitystä, mahdollisuuksia ja riskejä globaalissa maailmassa.” (Opetushallitus, 2014.)

## 2.4.2 Oppiaineiden tavoitteet, joissa tvt on mukana

Tieto- ja viestintäteknologian osaamisalueen tavoitteet on liitetty muiden oppiaineiden tavoitteisiin. Tämän tarkoitus on Opetushallituksen (2014) mukaan integroida tvt:n opetus osaksi kaikkia oppiaineita. Oppiaineille on säädetty omat tavoitteet ja kriteerit niiden täyttymiselle. Oppiaineiden tavoitteet on määritelty erikseen luokka-asteille 1–2, 3–6 ja 7–9. Mikäli tavoitteisiin kuuluu tieto- ja viestintäteknologian käyttämistä, tavoitteisiin on merkitty (L5) osoittamaan, että kyseistä laaja-alaista osaamisaluetta tulisi hyödyntää kyseisessä tavoitteessa. Opetussuunnitelmassa on asetettuna perusoppiaineissa (pois lukien oppiaineet, jotka korvaavat jonkun muun oppiaineen: suomi toisena kielenä, ruotsi äidinkielenä, viittomakieli, saamen kieli, romanikieli ja elämäkatsomustiede) yhteensä 421 tavoitetta, joista 138 tavoitteessa on opetussuunnitelman mukaan tarkoitus hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa. Näistä 138 tavoitteesta kuitenkin vain 15 tavoitteen arviointikriteereissä on mainittu, että tavoitteen täytyminen vaatisi tieto- ja viestintäteknologian käyttöä tai osaamista. Loput 123 tavoitetta eivät ota arviointikriteereissään millään tavalla tvt:n käyttöä huomioon. Huomiona se, että vuosiluokkien 1. ja 2. tavoitteille (83, joista L5 on mukana 22:ssa) ei esitetä omia arviointikriteereitä.

Esimerkkinä matematiikan tavoite T3, jossa tvt:n on esitetty olevan mukana. (luokka-aste 3–6):

*”T3 ohjata oppilasta kehittämään taitoaan esittää kysymyksiä ja tehdä perusteltuja päätelmiä havaintojensa pohjalta”*

Tavoitteen arviointikriteeri:

*”Oppilas osaa esittää matematiikan kannalta mielekkäitä kysymyksiä ja päätelmiä.”*

On toki mahdollista, että oppilas voisi hyödyntää tässä tavoitteessa tieto- ja viestintäteknologiaa, mutta se jää täysin oppilaan itsensä valittavaksi. Myös opettajan arviointiin ei pitäisi tämän perusteella vaikuttaa, miten oppilas on matematiikan kannalta esittänyt mielekkäitä kysymyksiä ja päätelmiä.

Oppiaineiden tavoitteita, joiden arviointikriteereissä tvt:n käyttö on selkeästi otettu huomioon, on yhteensä 15 kappaletta, ja niitä on lähes kaikissa opetettavissa aineissa. Esimerkkinä ympäristötieteen tavoite T11 (luokka-aste 3–6):

*”T11 ohjata oppilasta käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa tiedon hankinnassa, käsittelyssä ja esittämisessä sekä vuorovaikutuksen välineenä vastuullisesti, turvallisesti ja ergonomisesti”*

Tavoitteen arviointikriteeri:

*”Oppilas osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa tutkimusprosessin eri vaiheissa ja vuorovaikutuksen välineenä. Oppilas osaa kuvata tieto- ja viestintäteknologian vastuullista, turvallista ja ergonomista käyttöä.”*

Tavoitteen arviointikriteerissä on siis selkeästi huomioitu, että oppilaan tulee osata käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa tavoitteen saavuttamiseksi. Lisäksi oppilaan tulee osata kuvata tvt:n vastuullista, turvallista ja ergonomista käyttöä. Vaikka tässä tavoitteessa tieto- ja viestintäteknologian käyttö on huomioitu, tavoitteesta ei silti käy selväksi, miten oppilaan tulisi tieto- ja viestintäteknologiaa käyttää. Opettajan on hyvin vaikea arvioida, miten hyvin oppilas tavoitteesta suoriutuu, ellei hänelle itselleen ole hyvin selkeää, mitä tieto- ja viestintäteknologian käytöllä tässä tarkoitetaan. Alla olevissa taulukoissa (Taulukko 2-1 ja Taulukko 2-2) on listattuna nämä 15 tavoitetta, joiden arviointikriteereissä tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen on otettu huomioon.

Taulukko 2-1. Oppiaineiden tavoitteet, joissa tieto- ja viestintäteknologian osaaminen on otettu huomioon arvioinnissa (luokat 3–6).

Oppiaine	Tavoite	Arvosanan kahdeksan osaaminen
Käsityö	T6 opastaa oppilasta käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa käsityön suunnittelussa, valmistamisessa ja käsityöprosessin dokumentoinnissa	Oppilas osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa ohjatusti käsityön suunnittelussa, valmistuksessa ja käsityöprosessin dokumentoinnissa.
Ruotsi	T6 ohjata oppilasta ottamaan vastuuta omasta kielenopiskelustaan ja kannustaa oppilasta harjaannuttamaan kielitaitoaan rohkeasti ja myös tieto- ja viestintäteknologiaa käyttäen sekä kokeilla, millaiset tavat oppia kieliä sopivat kullekin parhaiten	Oppilas asettaa tavoitteita kielenopiskelulle, harjoittelee erilaisia tapoja opiskella kieliä käyttäen myös tieto- ja viestintäteknologiaa, harjaannuttaa ja arvioi taitojaan
Englanti	T6 ohjata oppilasta ottamaan vastuuta omasta kielenopiskelustaan ja kannustaa harjaannuttamaan kielitaitoaan rohkeasti ja myös tieto- ja viestintäteknologiaa käyttäen sekä kokeilemaan, millaiset tavat oppia kieliä sopivat hänelle parhaiten	Oppilas asettaa tavoitteita kielenopiskelulle, harjoittelee erilaisia tapoja opiskella kieliä käyttäen myös tieto- ja viestintäteknologiaa, harjaannuttaa ja arvioi taitojaan.
Vieras kieli	T6 ohjata oppilasta ottamaan vastuuta omasta kielenopiskelustaan ja kannustaa harjaannuttamaan kielitaitoaan rohkeasti ja myös tieto- ja viestintäteknologiaa käyttäen	Oppilas asettaa tavoitteita kielenopiskelulle, harjoittelee erilaisia tapoja opiskella kieliä käyttäen myös tieto- ja viestintäteknologiaa sekä harjaannuttaa

	sekä kokeilemaan, millaiset tavat oppia kieliä sopivat hänelle parhaiten	ja arvioi taitojaan.
<b>Matematiikka</b>	T14 innostaa oppilasta laatimaan toimintaohjeita tietokoneohjelmina graafisessa ohjelmointiympäristössä	Oppilas osaa ohjelmoida toimivan ohjelman graafisessa ohjelmointiympäristössä.
<b>Ympäristötiede</b>	T11 ohjata oppilasta käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa tiedon hankinnassa, käsittelyssä ja esittämisessä sekä vuorovaikutuksen välineenä vastuullisesti, turvallisesti ja ergonomisesti	Oppilas osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa tutkimusprosessin eri vaiheissa ja vuorovaikutuksen välineenä. Oppilas osaa kuvata tieto- ja viestintäteknologian vastuullista, turvallista ja ergonomista käyttöä.

Taulukko 2-2. Oppiaineiden tavoitteet, joissa tieto- ja viestintäteknologian osaaminen on otettu huomioon arvioinnissa (luokat 7–9).

Oppiaine	Tavoite	Arvosanan kahdeksan osaaminen
<b>Suomen kieli ja kirjallisuus</b>	T13 ohjata oppilasta edistämään kirjoittamisen sujuvoittamista ja vahvistamaan tieto- ja viestintäteknologian käyttötaitoa tekstien tuottamisessa, syventämään ymmärrystään kirjoittamisesta viestintänä ja vahvistamaan yleiskielen hallintaa antamalla tietoa kirjoitetun kielen konventioista	Oppilas tuntee kirjoitettujen tekstien perusrakenteita ja kirjoitetun yleiskielen piirteitä ja osaa hyödyntää tietoa tekstejä kirjoittaessaan ja muokatessaan. Oppilas kirjoittaa sujuvasti käsin ja tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntäen.
<b>Suomen kieli ja kirjallisuus</b>	T13 ohjata oppilasta edistämään kirjoittamisen sujuvoittamista ja vahvistamaan tieto- ja viestintäteknologian käyttötaitoa tekstien tuottamisessa, syventämään ymmärrystään kirjoittamisesta viestintänä ja vahvistamaan yleiskielen hallintaa antamalla tietoa kirjoitetun kielen konventioista	Oppilas tuntee kirjoitettujen tekstien perusrakenteita ja kirjoitetun yleiskielen piirteitä ja osaa hyödyntää tietoa tekstejä kirjoittaessaan ja muokatessaan. Oppilas kirjoittaa sujuvasti käsin ja tieto- ja viestintäteknologiaa hyödyntäen.
<b>Matematiikka</b>	T9 opastaa oppilasta soveltamaan tieto- ja viestintäteknologiaa matematiikan opiskelussa sekä ongelmien ratkaisemisessa	Oppilas osaa soveltaa tieto- ja viestintäteknologiaa matematiikan opiskelussa
<b>Matematiikka</b>	T20 ohjata oppilasta kehittämään algoritmista ajatteluaan sekä taitojaan soveltaa matematiikkaa ja ohjelmointia ongelmien ratkaisemiseen	Oppilas osaa soveltaa algoritmisen ajattelun periaatteita ja osaa ohjelmoida yksinkertaisia ohjelmia.
<b>Biologia</b>	T8 opastaa oppilasta käyttämään biologian tutkimusvälineistöä ja tietoja viestintäteknologiaa	Oppilas osaa työskennellä turvallisesti ja tavoitteellisesti laboratorioissa ja maastossa. Oppilas osaa käyttää tarkoituksenmukaisesti biologian tutkimusvälineistöä ja tieto- ja viestintäteknologiaa.

<b>Fysiikka</b>	T9 opastaa oppilasta käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa tiedon ja mittaustulosten hankkimiseen, käsittelemiseen ja esittämiseen sekä tukea oppilaan oppimista havainnollistavien simulaatioiden avulla	Oppilas osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologisia välineitä tai sovelluksia tiedon ja mittaustulosten hankkimiseen, käsittelemiseen ja esittämiseen. Oppilas osaa tehdä havaintoja ja päätelmiä simulaatiosta.
<b>Kemia</b>	T9 ohjata oppilasta käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa tiedon ja tutkimustulosten hankkimiseen, käsittelemiseen ja esittämiseen sekä tukea oppilaan oppimista havainnollistavien simulaatioiden avulla	Oppilas osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologisia välineitä tai sovelluksia tiedon ja tutkimustulosten hankkimiseen, käsittelemiseen ja esittämiseen. Oppilas osaa tehdä havaintoja ja päätelmiä simulaatiosta.
<b>Käsityö</b>	T6 ohjata oppilasta käyttämään tieto- ja viestintäteknologian mahdollisuuksia käsityön suunnittelussa, valmistuksessa ja dokumentoinnissa, sekä yhteisöllisen tiedon tuottamisessa ja jakamisessa	Oppilas osaa käyttää itsenäisesti ja yhdessä toisten kanssa suunnittelussa ja valmistamisessa sekä oman tai yhteisen käsityöprosessin dokumentoinnissa tieto- ja viestintäteknologiaa.

Kuten taulukoista (Taulukko 2-1 ja Taulukko 2-2) voi havaita, tavoitteiden arvostelukriteerit ovat hyvin samanlaisia. Lähes jokaisessa mainitaan, että oppilaan tulee osata käyttää, soveltaa tai hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa. Missään ei kuitenkaan millään tavalla määritellä, miten tämä tulisi tehdä. Ainoat poikkeukset ovat matematiikan tavoitteet T20 ja T14, joissa mainitaan, että oppilaan tulisi osata ohjelmoida yksinkertainen ohjelma ja soveltaa algoritmisen ajattelun periaatteita tai käyttää graafista ohjelmointiympäristöä. Vaikka opetussuunnitelmassa on mainittu, että tv:n opettaminen on osa kaikkia oppiaineita, matematiikka on ainut aine, jonka tavoitteiden perusteella opettajalta vaaditaan ohjelmoinnin ja algoritmisen ajattelun opettamista.

### 2.4.3 Opetussuunnitelman ongelmat

Opetussuunnitelman on toimiakseen oltava sisäisesti yhtenäinen kokonaisuus. Esimerkiksi opetusmenetelmiä koskevien valintojen tulee olla sopuissa tavoitteita, oppiaineita ja sisältöjä koskevien tulkintojen kanssa. Ei riitä, että opetussuunnitelma vain toistaa kliseitä, kuten “aktiivinen oppiminen” tai “ongelmanratkaisu”, vaan sen tulee myös kertoa, mitä ne tarkoittavat koulun käytännössä ja miten niiden avulla rakennetaan toimiva tietokokonaisuus. Oppilaan työskentelyn uudistuminen edellyttää koko yleissivistävän opetuksen tarkoituksen uudelleenarviointia. On tiedostettava, mihin opetuksella todella pyritään. (Välijärvi, 1993.)

Laaja-alaisen osaamisen tavoitteissa korostetaan, että tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen on itsessään tärkeä taito ja oleellinen osa monilukutaitoa. Missään ei

kuitenkaan kerrota, mitä tieto- ja viestintäteknologialla tarkoitetaan. Opetussuunnitelmassa todetaan, että tieto- ja viestintäteknologiaa hyödynnetään suunnitelmallisesti perusopetuksen kaikilla vuosiluokilla ja useissa eri oppiaineissa. Tällä tarkoitetaan puhtaasti tv:n käyttöä opetuksen välineenä eikä niinkään kohteena. Sana ”suunnitelmallisesti” ei saa opetussuunnitelmassa mitään tukea, sillä missään ei oteta kantaa, mitä tv:n sisältöä opetetaan missäkin oppiaineessa ja millä luokka-asteella. Opetussuunnitelmassa myös tunnustetaan, että tieto- ja viestintäteknologia on sekä oppimisen kohde että väline. Tästä huolimatta opetussuunnitelmassa ei oteta mitään kantaa siihen, mitä tieto- ja viestintäteknologia pitää sisällään ja mitä se tarkoittaa oppimisen kohteena.

Taulukossa alla (Taulukko 2-3) on esitetty eri tv:n osa-alueet, joita luvussa 2.2 käytiin läpi. Taulukosta käy ilmi, että opetussuunnitelmassa ei oteta tutkimuskirjallisuuden esittämistä tv:n opetuksen osa-alueista huomioon mitään muuta kuin ohjelmointi. Tietotekniikka, tietojenkäsittely, digitaalinen lukutaito, laskennallinen ajattelu ja informaatioteknologia jäävät opetussuunnitelmassa täysin mainitsematta. Ongelmanratkaisusta puhutaan muiden laaja-alaisten oppimisalueiden yhteydessä, mutta ei siinä merkityksessä, jossa Ferrari (2013) on aiheesta kirjoittanut.

Taulukko 2-3 Tieto- ja viestintäteknologian eri osa-alueet perusopetuksen opetussuunnitelmassa.

Tieto- ja viestintäteknologian opetuksen osa-alue	Määritelmä	Huomioitu vuoden 2014 Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa
Tietotekniikka ( <i>Computer Science</i> )	Tarkoittaa tieteellistä oppiainetta, jossa käsitellään algoritmeja, datarakenteita, ohjelmointia, järjestelmäarkkitehtuuria, suunnittelua, muotoilua ja ongelmanratkaisua. (Webb ym., 2017)	Ei
Tietojenkäsittely ( <i>Computing</i> )	Koulutusala, joka käsittelee tietokoneita ja algoritmisia prosesseja sisältäen niiden toimintaperiaatteet. Lisäksi tietojenkäsittelytieteeseen kuuluu laitteistojen ja ohjelmistojen ymmärrys sekä niiden käyttö ja vaikutus yhteiskuntaan. (Wilson ym., 2010)	Ei
Digitaalinen lukutaito ( <i>Digital literacy and fluency</i> )	Käsittää, miten teknologiaa osataan käyttää ja hyödyntää. Lukutaidolla tarkoitetaan ymmärrystä siitä, miten teknologiaa käytetään. Kyvykyys puolestaan kuvaa sitä, miten teknologian ja informaation avulla voidaan esittää luovasti ideoita, uudelleen muotoilla tietoa ja yhdistää	Ei

	uutta informaatiota ja teknologiaa.	
<b>Laskennallinen ajattelu</b> ( <i>Computational thinking</i> )	On ympäröivän maailman laskennallisuuden tunnistamista ja ymmärtämistä sekä ongelmanratkaisua käyttäen hyväksi tietotekniikan työkaluja ja tekniikoita virtuaalisissa sekä luonnollisissa systeemeissä ja prosesseissa. (Wilson ym., 2010)	Ei
<b>Ohjelmointi</b> ( <i>Programming</i> )	On ajettavia tietokoneohjelmia tuottava prosessi, johon liittyy ongelman analysointi ja ymmärtäminen, mahdollisten ratkaisujen tunnistaminen ja arviointi, algoritmien luominen, ratkaisun implementointi ohjelmointikielellä sekä testaus ja virheenkorjaus. (Webb ym., 2017.)	Osittain
<b>Informaatioteknologia</b>	Tietokoneiden käyttöä esimerkiksi teollisuudessa, kaupankäynnissä, taiteissa tai missä tahansa. Informaatioteknologiaan kuuluu ohjelmistojen ymmärrystä sekä näkemystä järjestelmäarkkitehtuurista, inhimillisistä tekijöistä sekä projektin hallinnasta. (Webb ym., 2017)	Ei
<b>Ongelmanratkaisu</b>	Ongelmanratkaisu on osa-alueista laajin ja se käsittää teknisten ongelmien ratkaisemisen, tarpeiden ja tarvittavien työkalujen tunnistamista, innovoinnin ja luovuuden hyväksikäyttäen teknologiaa sekä omien ja muiden teknisten kompetenssin puutteiden tunnistamisen. (Ferrari, 2013)	Ei

#### 2.4.4 Yhteenveto tieto- ja viestintäteknologian opetuksesta perusopetuksen opetussuunnitelmassa

Alla olevassa listassa tiivistetään opetussuunnitelmasta tehdyt havainnot ja käydään läpi, mitä luvussa 2.4 on käyty läpi.

1. Tvt:n on esitetty olevan mukana 138/421 oppiaineen tavoitteessa eli noin 33 % kaikista opetuksesta.
2. Tavoitteiden arvioinnissa tvt on huomioitu ainoastaan 15/421 tavoitteessa eli noin 3,5 % opetuksesta.
3. Näistä viidestätoista tavoitteesta kolmetoista perustuu siihen, että oppilas osaa soveltaa, käyttää tai hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa opetuksessa sopivalla tavalla. Tieto- ja viestintäteknologian käytön riittävyyden ja osaamisen arviointi jää opettajan itsensä tulkittavaksi.

4. Kahdessa tavoitteessa (2/421, 0,5 %) edellytetään, että oppilas osaa ohjelmoida toimivan ohjelman graafisessa ohjelmointiympäristössä tai ohjelmoida yksinkertaisia ohjelmia ohjelmointiympäristössä.
5. Tvt on nimellisesti mukana kolmasosassa kaikesta opetuksesta, mutta koska sen mukanaoloa ei edellytetä tavoitteiden arvioinnissa, se voidaan sivuuttaa valtaosassa opetusta.
6. Opetussuunnitelmassa ei ole yritetty ottaa huomioon ainuttakaan tutkimuskirjallisuudessa esiin nousutta tv:n opetuksen haastetta vaan samat haasteet ovat opettajilla vastassa, kun he lähtevät toteuttamaan uutta opetussuunnitelmaa.
7. Tv:n mahdollisista eri osa-alueista mainitaan opetussuunnitelmassa ainoastaan ohjelmointi.
8. Tvt ei ole missään oppiaineen tavoitteessa oppimisen kohde, se on ainoastaan opetuksen väline.

Yhteenvedon voidaan todeta että tieto- ja viestintäteknologia on tuotu mukaan opetussuunnitelmaan. Opettajia ohjataan kannustamaan oppilaita käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa osana opetusta, mutta heiltä itseltään sitä ei vaadita oppiaineiden tavoitteiden muodossa kuin murto-osassa opetusta. Tv:n käyttäminen osana opetusta ei tosin tuo opetukseen mitään uutta, sillä tieto- ja viestintäteknologian käytön voi kuitata esimerkiksi tekemällä yhden hakukonehaun tietokoneen tai puhelimen internetselaimella. Tieto- ja viestintäteknologialla tarkoitetaan opetussuunnitelmassa puhtaasti tieto- ja viestintäteknologiaan liittyvien laitteiden, ohjelmien ja palveluiden käyttöä. Tämä on eri asia, kun se, että opetukseen olisi tuotu mukaan tietotekniikan tai tietojenkäsittelyn kaltainen monimutkainen oppiaine, joka toimisi itse opetuksen kohteena eikä ainoastaan välineenä. Tietoteknisen osaamisen ja valmiuksien opettaminen jätetään täysin yksittäisten koulujen ja opettajien tai tarkemmin sanottuna matematiikanopettajien vastuulle.

Opetuksessa saavutetaan opetussuunnitelmassa asetetut tavoitteet, koska niitä ei ole määritelty riittävän hyvin. Opettajalla ei itsellään ole tietoa tai arvostelukriteerejä tv:n tavoitteiden täyttymiselle. Tämän takia tavoitteissa mainitut ”*tieto- ja viestintäteknologian käyttö- ja toimintaperiaatteet, keskeiset käsitteet ja käytännön taidot*” voivat olla käytännössä mitä vaan, samoin kuin ”*oppilaan kyky käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa*”

*tiedonhallinnassa sekä tutkivassa ja luovassa työskentelyssä” puhumattakaan ”kokemuksista tvt:n käytöstä vuorovaikutuksessa ja verkostoitumisessa”.*

## **2.5 Pohdintaa**

Opetussuunnitelman mukaan jopa kolmasosassa opetusta tulisi käyttää hyväksi tieto- ja viestintäteknologiaa. Koska opettajilla ei ole selkeää näkemystä siitä, mitä tarkoitusta tämä palvelee, he joutuvat käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa puhtaasti sen itsensä käyttämisen takia toteuttaakseen opetussuunnitelmaa. Teknologia ei tällöin tue opettamista vain usein vain hankaloittaa sitä. Tämä tuottaa opettajille ylimääräistä työtä ja johtaa tutkitusti (Simola, 2002) oppilaiden turhautumiseen sekä opettajien väsymiseen ja kynnistymiseen uudistuksia kohtaan.

Tvt:n rooli opetuksessa osana laaja-alaisia oppimisalueita on hyvin kyseenalainen. Seitsemästä laaja-alaisesta osaamisalueesta kuusi muuta ovat yleissivistäviä ja voidaan olettaa, että opettajilla on näistä yleissivistävän opetuksen saaneena aikuisena tarpeeksi tietämystä. Oletetaanko, että se yleissivistävä tietämys, joka opettajilla on tieto- ja viestintäteknologiasta, on riittävä myös oppilaille heidän tulevaisuutensa kannalta? Tämä on hieman ristiriitaista, koska opettaja ei itse ole saanut osana yleissivistävää koulutustaan mitään koulutusta tieto- ja viestintäteknologiasta.

Hyvät oppilaat tulevat todennäköisesti innostumaan opetuksesta ja pystyvät opettajien tuella luomaan sisältöä ja omia tietoteknisiä ratkaisujaan sekä kehittämään omaa osaamistaan. Heikommat oppilaat pystyvät puolestaan välttelemään koko aiheen opetusta ja todennäköisesti käyttävät hyväkseen opetuksessa sallittua tieto- ja viestintäteknologiaa viihdekäyttöön. Opettajan on mahdoton arvioida, kenellä on riittävät tietotekniset taidot ja kenellä ei – varsinkin, kun niitä ei missään vaiheessa edes arvioida. Tämä aiheuttaa suurta eriarvoisuutta oppilaiden välillä siinä vaiheessa, kun he siirtyvät eteenpäin peruskoulusta. Osittain vaikuttaa siltä, että opetussuunnitelma on laadittu sillä oletuksella, että kaikki nuoren sukupolven edustajat olisivat niin sanotusti natiiveja teknologian kanssa. Tämä luulo on osoitettu myytiksi jo useissa tutkimuksissa. (Heinonen, 2015; Kirschner & Merriënboer, 2013.)

Tämän tutkielman perusteella ei voida siis edelleenkään sanoa, että tietotekniikka olisi tuotu mukaan perusopetuksen opetussuunnitelmaan. Jos Opetushallituksessa ollaan toista

mieltä, niin sitten pitää todella huolestua tv:n käsitteiden ja kokonaiskuvan ymmärryksen puutteesta. Yhtenäisen tv:n kokonaiskuvan sekä sen tarkoituksenmukaisuuden puuttuminen on perustavanlaatuinen ongelma, josta on myöhempää seurausta mediassa pinnalla olevat asiat kuten se, mikseivät naiset hakeudu it-alalle (Miliszewska & Moore, 2010), miksi opettajia ja oppilaita ahdistaa, kun teknologiaa tungetaan kaikkialle ja miksei Suomesta löydy tarpeeksi IT-alan ammattilaisia ja maan kilpailukyky heikkenee.

Jatkon kannalta olisi hyvä selvittää, miten erityisesti yläasteen aineenopettajat selviävät tv:n opetuksesta. Miten opettajat hallitsevat yhdessä tv:n eri osa-alueiden vastuun ja miten opettajat tietävät, mitä muut opettajat ovat oppilaiden kanssa jo käyneet läpi ja mitä eivät? Olisi myös tärkeää tutkia, mikä todellisuudessa on peruskoulun päättävien oppilaiden tietoteknisen osaamisen taso ja riittääkö se saavuttamaan yhteiskunnan asettamat tavoitteet. Tämän jälkeen voidaan aloittaa keskustelu, mitä vuoden 2024 perusopetuksen opetussuunnitelman tulisi tv:n näkökulmasta pitää sisällään.

## 2.6 Lähteet

- Charters, P., Lee, M. J., Ko, A. J. & Loksa, D. (2014). Challenging stereotypes and changing attitudes: the effect of a brief programming encounter on adults' attitudes toward programming. *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education –SIGCSE 14*, 653–65.
- Kemp, P. (2014). Computing in the national curriculum: A guide for secondary teachers. *Computing at School*. <https://community.computingschool.org.uk/resources/2619/single> [luettu 16.8.2018]
- Dawes, L. (2001). What stops teachers using new technology? Teoksessa M. Leask (toim.), *Issues in Teaching Using ICT* (s. 61–79). London: Routledge.
- Ferrari, A. (2013). *DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe*.
- Gomes, A. & Mendes, A. J. (2007). Learning to program—difficulties and solutions. Proceedings of the International Conference on Engineering Education, *ICEE '07* Coimbra, Portugal. <http://icee2007.dei.uc.pt/proceedings/papers/411.pdf> [luettu 16.8.2018].

- Heinonen, K. (2015). *Tietojärjestelmien suunnittelu millenniaaleille*. Jyväskylän yliopisto.
- Hallitusohjelma (2011). *Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma*. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki, Edita Prima Oy. <https://vnk.fi/julkaisu?pubid=3604> [luettu 16.8.2018].
- Kankaanranta, M., Palonen, T., Kejonen, T. & Ärje, J. (2011). Tieto- ja viestintätekniiikan merkitys ja käyttömahdollisuudet koulun arjessa. Teoksessa M. Kankaanranta (toim.), *Opetusteknologia koulun arjessa*, 47–53. Jyväskylän yliopisto: Koulutuksen tutkimuslaitos
- Kasvi, J. (2014). *Tietotekniikan oppiminen on arpapeliä*. <https://www.tieke.fi/pages/viewpage.action?pageId=33685847> [luettu 16.8.2018].
- Kirschner, P. A. & van Merriënboer, J. J. (2013). Do learners really know best? Urban legends in education. *Educational psychologist*, 48(3), 169-183.
- Miliszewska, I. & Moore, A. (2010). Encouraging Girls to Consider a Career in ICT: A Review of Strategies. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 9, 144-166
- Opetushallitus (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. [https://www.oph.fi/download/163777\\_perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2014.pdf](https://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf) [luettu 16.8.2018].
- Opetushallitus (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. [https://www.oph.fi/download/139848\\_pops\\_web.pdf](https://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf) [luettu 16.8.2018].
- Orponen, P. (1996). *Matematiikka ja tietotekniikka*.
- Salkowitz, R. (2008). *Generation Blend: Managing Across the Technology Age Gap*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Sherry, L. & Gibson, D. (2002). The path to teacher leadership in educational technology. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 2(2), 178–203.
- Simola, H. (2002). Ilmaan propattu. Toiveiden rationalismi koulureformien diskursiivisena perustana. Teoksessa Honkonen, Risto (toim.) *Koulutuksen lumo – Retoriikka, politiikka ja arviointi*, 55-73.

- Väljärvi, J. 1993. *Kurssimuotoisuus opetussuunnitelman moduulirakenteen sovelluksena lukiossa*. Jyväskylän yliopisto.
- Webb, M., Davis, N., Bell, T., Katz, Y. J., Reynolds, N., Chambers, D. P. & Sysło, M. M. (2017). Computer science in K-12 school curricula of the 21st century: Why, what and when?. *Education and Information Technologies*, 22(2), 445-468.
- Wilson, C., Sudol, L. A., Stephenson, C. & Stehlik, M. (2010). Running on empty: The failure to teach K-12 computer science in the digital age. *Association for Computing Machinery*. Saatavissa <http://runningonempty.acm.org/fullreort2.pdf> [luettu 16.8.2018].
- Tiuri, M. (1984). *Tulevaisuus alkaa nyt*. Helsinki: Otava.

### 3 Tieto- ja viestintätekniiikan opettaminen laaja-alaisena osaamisalueena integroituna muihin oppiaineisiin

*Juuso Mattila*

#### 3.1 Johdanto

EU-komission vuonna 2013 teettämän tutkimuksen mukaan laantunut asenne tietotekniikan opettamista kohtaan voidaan tutkimustulosten mukaan tiivistää seuraavasti:

*”Suomalaiset koulut ovat tietotekniseltä varustukseltaan Euroopan huipputasoa, mutta tieto- ja viestintätekniiikan aktiivinen opetuskäyttö ja osaamisen kehittäminen ovat jääneet muista maista jälkeen.”*

Vuoden 2013 tehdyn tutkimuksen (EU-komissio 2013) jälkeen opetussuunnitelmaan on lisätty tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen yhdeksi laaja-alaiseksi osaamisalueeksi. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) mukaan tieto- ja viestintäteknologiaa tulee opettaa kaikille. Tieto- ja viestintäteknologinen (lyhennettynä tv) osaaminen kuvataan opetussuunnitelmassa (2014, 23) seuraavasti:

*”Tieto- ja viestintäteknologinen (tv) osaaminen on tärkeä kansalaistaito sekä itsessään että osana monilukutaitoa. Se on oppimisen kohde ja väline. Perusopetuksessa huolehditaan siitä, että kaikilla oppilailla on mahdollisuudet tieto- ja viestintäteknologisen osaamisen kehittämiseen. Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödynnetään suunnitelmallisesti perusopetuksen kaikilla vuosiluokilla, eri oppiaineissa ja monialaisissa oppimiskokonaisuuksissa sekä muussa koulutyössä.”*

Tutkimukseni tarkoituksena on selvittää, kuinka opetussuunnitelman mukaista tieto- ja viestintätekniiikan opetusta toteutetaan Suomen peruskouluissa. Valitsin haastateltaviksi perusasteen eri oppiaineiden opettajia pääkaupunkiseudulta. En tarkoituksella haastatellut tietotekniikan opettajia, koska lähtökohtanani oli selvittää, kuinka tv-taitoja opetetaan erityisesti perusoppiaineissa. Tarkoitukseni oli kartoittaa opettajien asenteita opetuksen toteutumisesta sekä heidän suhtautumisestaan tieto- ja viestintäteknologian

käyttöön ja tv-taitojen opetukseen. Ennen varsinaisen empiirisen tutkimuksen tuloksia esittelen lyhyesti aiempaa kirjallisuutta tv-taitojen opetuksesta, opettajien asenteista sekä suomalaisten digitaidoista.

## **3.2 Teoreettinen tausta**

Tässä luvussa esittelen lyhyesti perusasteen opetussuunnitelman perusteita tv-taitojen kannalta sekä aiempaa kirjallisuutta tv-taitojen opetuksesta ja siihen liittyvistä asenteista.

### **3.2.1 Opetussuunnitelman perusteet 2014**

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2014) Tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen kuvataan seuraavasti:

*Tieto- ja viestintäteknologinen (tv) osaaminen on tärkeä kansalaistaito sekä itsessään että osana monilukutaitoa. Se on oppimisen kohde ja väline. Perusopetuksessa huolehditaan siitä, että kaikilla oppilailla on mahdollisuudet tieto- ja viestintäteknologisen osaamisen kehittämiseen. Tieto- ja viestintäteknologiaa hyödynnetään suunnitelmallisesti perusopetuksen kaikilla vuosiluokilla, eri oppiaineissa ja monialaisissa oppimiskokonaisuuksissa sekä muussa koulutyössä.*

*Tieto- ja viestintäteknologista osaamista kehitetään neljällä pääalueella*

- 1) Oppilaita ohjataan ymmärtämään tieto- ja viestintäteknologian käyttö- ja toimintaperiaatteita ja keskeisiä käsitteitä sekä kehittämään käytännön tv-taitojaan omien tuotosten laadinnassa.*
- 2) Oppilaita opastetaan käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa vastuullisesti, turvallisesti ja ergonomisesti.*
- 3) Oppilaita opetetaan käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa tiedonhallinnassa sekä tutkivassa ja luovassa työskentelyssä.*
- 4) Oppilaat saavat kokemuksia ja harjoittelevat tv:n käyttämistä vuorovaikutuksessa ja verkostoitumisessa. Kaikilla näillä alueilla tärkeitä on oppilaiden oma aktiivisuus ja mahdollisuus luovuuteen sekä itselle sopivien työskentelytapojen ja oppimispolkujen löytämiseen. Tärkeitä on myös yhdessä tekemisen ja oivaltamisen ilo, mikä vaikuttaa opiskelumotivaatioon. Tieto- ja viestintäteknologia*

*tarjoaa välineitä tehdä omia ajatuksia ja ideoita näkyväksi monin eri tavoin ja siten se myös kehittää ajattelun ja oppimisen taitoja.*

*Oppilaita opastetaan tuntemaan tvt:n erilaisia sovelluksia ja käyttötarkoituksia sekä huomaamaan niiden merkitys arjessa, ja ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa ja vaikuttamisen keinona. Yhdessä pohditaan, miksi tieto- ja viestintäteknologiaa tarvitaan opiskelussa, työssä ja yhteiskunnassa ja miten näistä taidoista on tullut osa yleisiä työelämätaitoja. Tieto- ja viestintäteknologian vaikutusta opitaan arvioimaan kestävän kehityksen näkökulmasta ja toimimaan vastuullisina kuluttajina. Oppilaat saavat perusopetuksen aikana kokemuksia tvt:n käytöstä myös kansainvälisessä vuorovaikutuksessa. He oppivat hahmottamaan sen merkitystä, mahdollisuuksia ja riskejä globaalissa maailmassa.*

## **Tieto- ja viestintäteknologia perusopetuksessa**

Valtioneuvoston vuonna 2016 tekemän selvityksen mukaan opettajien asenne tietotekniikkaan ja tietoteknisiin valmiuksiin on muuttunut radikaalisti kolmessa vuodessa:

*”Käytössä olevien laitteistojen tai välineistön määrä koetaan riittämättömäksi ja käytössä olevien laitteistojen laadussa nähdään olevan puutteita (60 %).”*

Saman selvityksen mukaan opettajien asenteissa on tapahtunut käänös parempaan päin:

*”Koulujen digitaalisuudessa ei ole suuria alueellisia eroja eri puolilla Suomea ja opettajat suhtautuvat pääosin (75 %) myönteisesti tieto- ja viestintäteknologian (TVT) käytön lisäämiseen omassa työssään”*

Myös Ville Kuparinen (2017) nostaa tutkimuksessaan esiin samoja asioita:

*”He (opettajat) suhtautuivat tietotekniikkaan ja opetuksen sähköistymiseen keskimäärin melko positiivisesti, mutta monia huolesti oppilaidensa tietotekninen taitotaso kouluasioihin liittyen. Sähköisiä kokeita opettajat teettivät edelleen vähän, ja liki kolmasosa ei ollenkaan.”*

Laura Simola (2017) taas viittaa kandiditutkielmassaan Juhana Jyrikäisen (2017) Pro Gradu-työhön seuraavasti:

*Opettajat itse kokevat taitonsa vajavaisiksi ja epäilevät tulevaa opetusta, etenkin ohjelmoinnin osalta (Jyrikäinen 2017).*

Juhana Jyrikäinen itse tiivistää omassa tutkimuksessaan:

*”TVT yleisesti koetaan tärkeäksi, hyödylliseksi ja mielekkääksi mutta koulujen resurssit, osaaminen ja opettajien koulutuksen puuttuminen aiheuttavat suuria vaikeuksia käytännön toteuttamiselle.”*

### **3.3 Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset**

Tarkoitukseni on analysoida ja tulkita tv-taitojen opettamista sekä tieto- ja viestintäteknologian käyttöä opetustilanteissa perusasteella. Opetussuunnitelman mukaan (2014) mukaan tv-taitoja opetetaan kaikilla asteilla ja kaikissa aineissa perusopetuksessa muihin oppiaineisiin yhdistettynä. Tutkimukseni tehtävänä on kuvata, kuinka haastattelemani opettajat kokevat opetussuunnitelman mukaisen tv-taitojen opettamisen ja kuinka se todellisuudessa toteutuu eri oppiaineissa.

#### **3.3.1 Tutkimuskysymykset:**

Miten opetussuunnitelman mukainen tieto- ja viestintäteknologisten taitojen opettaminen laaja-alaisena osaamisalueena toteutuu Suomessa perusasteella?

Millä tavoin opettajat suhtautuvat tieto- ja viestintäteknologisten taitojen opettamiseen ja käyttämiseen perusasteen opetuksessa?

### **3.4 Tutkimuksen toteutus**

Tutkimukseni empiirinen osuus perustuu toteuttamaani laadulliseen puolikonstruoituun teemahaastatteluun. Haastattelin yhteensä 11:tä opettajaa, iältään 27-35-vuotiaita miehiä ja naisia. Opettajakokemusta haastateltavilla oli 1,5-6 vuotta.

#### **3.4.1 Tiedonkeruumenetelmä ja sen valinta**

Tiedonkeruumenetelmäksi valitsin puolikonstruoidun haastattelumenetelmän. Toteutin sen laadullisena teemahaastatteluna.

Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran mukaan laadullisen tutkimusmenetelmän avulla pyritään kuvaamaan todellista elämää, tekemään havaintoja ja esittelemään havainnot. Laadullisella tutkimusmenetelmällä pyritään tuomaan esille valikoitu joukko erilaisia näkökulmia aiheeseen. Laadullinen tutkimus ei pyri yleistettävissä oleviin tuloksiin. (Hirsjärvi ym. 2009.)

Valitsin laadullisen tutkimusmenetelmän, koska pyrkimykseni oli tuoda esille opettajien henkilökohtaisia asenteita tvt-taitojen opettamista kohtaan ja kuvata nimenomaan todellista elämää.

### 3.4.2 Haastattelut

Tutkimuksen haastatteluosuuteen osallistui yhteensä 11 henkilöä, jotka toimivat peruskoulun opettajina pääkaupunkiseudulla. Haastateltavat olivat iältään 27-35-vuotiaita peruskoulun opettajia, jotka toimivat joko luokanopettajina, erityisluokanopettajina, erityisopettajina tai aineenopettajina. Jakauma opetusalan mukaan oli seuraava: 3 luokanopettajaa, 2 erityisopettajaa, 2 erityisluokanopettaja, 2 kieltenopettajaa sekä 1 luonnontieteiden opettaja ja 1 liikunnanopettaja. Haastateltavista kaksi oli miehiä ja yhdeksän naisia. Haastatteluista yhdeksän toteutin kasvokkain yksilöhaastatteluna, yhden puhelimitse ja yhden sähköpostitse. Haastateltavien perustiedot on koottu alla olevaan taulukkoon (Taulukko 3-1).

Haastateltavien valinnassa pyrin huomioimaan, että haastattelijoukosta tulisi mahdollisimman monipuolinen. En tarkoituksella valinnut haastateltavaksi yhtään tietotekniikan opettajaa, koska pyrin tutkimaan tvt-taitojen opettamista muihin oppiaineisiin integroituna laaja-alaisena osaamisalueena.

Taulukko 3-1 Haastateltavien perustiedot

Haastateltava	Opetus-kokemus	Oppiaine	tvt:n käytön muodot	Käytettävät laitteet
H1	3 vuotta	erityisluokanopettaja	sovellukset, ympäristöt	tietokone, tabletti, älypuhelin
H2	3 vuotta	liikunnanopettaja	sovellukset	älypuhelin, tabletti
H3	3 vuotta	erityisopettaja	sovellukset	älypuhelin

H4	5 vuotta	luokanopettaja	sovellukset	tabletti
H5	3 vuotta	erityisopettaja	sovellukset	tabletti
H6	4 vuotta	luonnontieteiden opettaja (matematiikka ja fysiikka)	sovellukset, ympäristöt, ohjelmistot	tietokone
H7	6 vuotta	luokanopettaja	ympäristöt	tietokone
H8	1,5 vuotta	luokanopettaja	sovellukset	tabletti
H9	3 vuotta	kieltenopettaja (ruotsi ja venäjä)	sovellukset, ympäristöt, ohjelmistot	tabletti
H10	2 vuotta	erityisluokanopettaja	sovellukset, ympäristöt	tabletti, tietokone
H11	5 vuotta	kieltenopettaja (englanti)	sovellukset, ympäristöt, ohjelmistot	tietokone

### 3.4.3 Aineiston analysointi

Analysoin aineiston litteroimalla äänitetyt haastattelut ja pyrin vastausten perusteella kategorisoimaan esiin tulleet teemat. Esille nousseet kategoriat olivat tieto- ja viestintäteknologian käyttö opetustilanteissa, opettajien- ja oppilaiden tv-taidot, tv-laitteisto kouluissa, tieto- ja viestintäteknologian käytön tehokkuus opetuksessa, tv-taitojen opettamisen muoto ja tvt erillisenä oppiaineena.

## 3.5 Tutkimustulokset ja niiden tulkintaa

Tässä luvussa käsittelen haastatteluissa esille nousseita teemoja. Esittelen kussakin kappaleessa yhtä teemaa ja tuen siihen liittyviä havaintoja lainauksilla haastatteluista. Pyrin kunkin teeman kohdalla nostamaan esiin lainauksia mahdollisimman monipuolisesti eri haastateltavilta.

### 3.5.1 Tieto- ja viestintäteknologian käyttö opetustilanteissa

Monessa haastattelussa nousi esille, että opetussuunnitelmaa pyritään noudattamaan tv-taitojen opettamisen myötä eri oppiaineissa, mutta haastatellut kokivat usein ongelmaksi opetussuunnitelman avoimuuden.

*”Tieto- ja viestintäteknologia on esimerkiksi opsissa, se on siellä tosi vahvasti mukana, mutta se on hyvin avoimesti, jos mieltii vaikka koodaamista niin siellä ei mainita, että millasta tai mitä ohjelmaa käytetään siihen koodaukseen. Kaipaisin, että siihen saadaan järkevyyttä ja suunnitelmallisuutta, sekä opettajille tukea ja ohjeistusta.”*  
(haastateltava H6.)

Yleisesti ottaen haastatellut käyttivät tieto- ja viestintäteknologiaa opetuksessaan hyvin paljon ja olivat myönteisiä sen käyttöä kohtaan, mutta esimerkiksi yksi haastatelluista koki olevansa ristiriidassa opetussuunnitelman kanssa.

*”Mulla on ehkä semmonen ristiriita siinä, että mitä ja miten eli käytännön ja sen et miten pitäis olla niin sen välillä. Ei kyllä käytetä sillä tavalla tai sillä tasolla miten opsissa tarkotetaan.”*  
(haastateltava H4.)

Yksi haastateltu kertoi käyttävänsä tvt-välineitä vain sen takia, että sen myötä tunnin räätälöiminen ja yksilöllinen opettaminen olisi helpompaa.

*”En mä oikein muuten käytä laitteita tai muuta, mutta esimerkiksi jos joku ei pysty osallistumaan muiden mukana niin silloin sille voi antaa jonkun tehtävän et esimerkiksi se menee kävelemään ja jälkeinpäin voi sitte kattoa, että miten se kävelylenkki on mennyt. Ja muutenkin sitte jos antaa esimerkiksi jotain kotitehtäviä ni silloin on niin helppo tarkistaa et niit on oikeesti tehty ku näkee sen siitä sovelluksesta.”*  
(haastateltava H2.)

### **3.5.2 Opettajien tieto- ja viestintäteknologiset taidot**

Haastatellut opettajat kokivat, että heidän omat tieto- ja viestintäteknologiset taitonsa olivat perustasoa paremmat ja olivat mielestään melko päteviä opettamaan tvt-taitoja peruskoulussa. Kuitenkin koulutuksen ja ohjeistuksen puute koettiin negatiivisena asiana. Esimerkiksi haastateltava H1 kertoi omasta kokemuksestaan opettajakoulutuksessa seuraavasti:

*”Mä kävin pedagogiset vuonna 2012 ja silloin siihen koulutukseen ei esimerkiksi kuulunu minkäänlaista tietotekniikkakasvatusta niihin*

*opintoihin. Jos sen opettamista edellytetään niin silloin sitä pitäis myös olla siinä koulutuksessa.”*

(haastateltava H1.)

Hän jatkoi:

*”Esimerkiks jokaisessa työhaastattelussa kysytään noita tietotekniikkataitoja ja niitä edellytetään, että saa työpaikan. Se siis tarkoittaa, että sun täytyy ite ottaa ne haltuun.”*

(haastateltava H1.)

Haastateltava H7 kertoi samankaltaisesta kokemuksesta liittyen omiin tv-taitoihinsa:

*”Pikkusen niihin ihan perusalustojen käyttöön saatiin koulutusta, mutta nekin sitte vaihtu tosi nopeella aikataululla. Kyllä oikeestaan paljon ne taidot pitää ite oppia ja haalia niitä materiaaleja esimerkiks netistä. Se on ehkä ollu myös semmosta kollegoiden välistä vertaistukea, että ne auttaa siinä oppimisessa, tietty jonkun pitää sitte olla kiinnostunut niistä niin paljon et voi opettaa niitä taitoja muille.”*

(haastateltava H7.)

Haastatteluissa nousi esille myös huoli muiden opettajien osaamisesta. Vaikka haastateltavani pitivät omia tv-taitojaan perustasoa parempina, silti osa pohti kollegoidensa taitoja.

*”Siis osan osan (opettajista) taidot on kyllä täysin mitättömät, ei niillä oo mahdollisuutta kyllä opettaa niitä taitoja silloin oppilaillekaan. Kyllähän se on ihan ymmärrettävää, koska usein ei saa mitään koulutusta ja silti sun pitäis opettaa niitä asioita.”*

(haastateltava H10.)

Haastateltava H8 kuvaa omia taitojaan suhteessa työyhteisöön seuraavasti:

*”Omassa työyhteisössä erinomaiset, jossain toisessa kontekstissa ei välttämättä kovinkaan hyvät.”*

(haastateltava H8.)

### 3.5.3 Oppilaiden tieto- ja viestintäteknologiset taidot

Diginatiivisukupolven tieto- ja viestintäteknologisista taidoista monet haastatellut olivat sitä mieltä, että erot ovat huomattavan suuria. Esimerkiksi yläkouluun siirtyessä tv-taitojen erot vaikuttavat hyvin paljon tieto- ja viestintäteknologian käyttöön opetustilanteissa. Haastateltava H3 kuvaili huomioitaan oppilaiden taidoista seuraavasti:

*”Esimerkiks yläkouluun tulevien oppilaiden taidot on tosi erilaiset, siis se mitä ne osaa käytännössä. Osan tietokoneen käyttö on tosi sujuvaa, osaa multitaskata montaa asiaa ja toiselle saattaa olla sitten taas hankaluuksia pelkästään avata Word.”*

(haastateltava H3.)

Usein oppilaiden tv-taidot koettiin puutteellisiksi, mutta koettiin myös, että oppilailla on mahdollisuus oppia taitoja opettajan panostuksen myötä.

*Kyllä mä koen, että tulevaisuus on tosi valosa siihen miten noi oppilaat tulee ja millä asenteella siihen uuden oppimiseen. Se ainoastaan meistä (opettajista) kiinni, että miten me niitä opetaan. Niistä voidaan kouluttaa kyllä ihan just niin hyviä osajia, kun me vaan halutaan.”*

(haastateltava H10.)

### 3.5.4 Tieto- ja viestintäteknologinen laitteisto kouluissa

Tutkimushaastatteluiden yhteydessä nousi monesti esille koulussa olevat laitteet ja niiden toiminta. Koulujen laitteistoissa oli huomattavia eroja. Toisilla kouluilla oli omat tietokoneet, toisilla taas omat tabletit, mutta joissakin kouluissa oli vain yhteiskäytössä olevat varattavat tietokoneluokat – ei muita laitteita opetuksen tueksi. Yksi haastatelluista (H4) kuvaa koulunsa vajavaista laitteistoa seuraavasti:

*”Ei ollu smartboardii, koko koulussa oli tyylää 15-20 tablettia käytössä. Tietokoneluokat sillee, et ne piti aina varata – se ei oo kovin jouheva systeemi et sulla on mahollisuus varata joku kaks tuntii viikossa atk-luokkaa. Se on haaste et just sillon pitää sitte keretä menee eikä laitteita oikein muuten voi käyttää opetuksessa.”*

(haastateltava H4.)

Toinen haastateltu (H10) kuvaa oman koulunsa laitteita seuraavasti:

*”Meidän koulussa ollaan saatu rahoitusta siihen, että jokaisella yläkoulussa on omat henkilökohtaiset kannettavat. Se tosiaan lisää ja helpottaa sitten niiden käyttöä myös opetuksessa.”*

(haastateltava H10.)

Haastateltava H7 kuvaa laitteiston muutosta viimeisen viiden vuoden aikana seuraavasti:

*Sillon viis vuotta sitten, kun tulin tuohon kouluun niin silloin oli vaan yks tietokonehuone, jota sitten varailtiin ja siellä käytiin kirjottamassa esimerkiksi jotain tarinoita. Nyt viiden vuoden aikana meille ensin tuli tabletit, mutta ne koettiin vähän liian yksipuoliseksi niin sen jälkeen on tullut tosi paljon läppäreitä ja atk-huone on poistunut kokonaan.*

(haastateltava H7.)

### **3.5.5 Tieto- ja viestintäteknologian käytön tehokkuus osana opetusta**

Monessa haastattelussa nousi esille tieto- ja viestintäteknologian käytön tehokkuus opetuksessa. Monesti haastatellut olivat sitä mieltä, että tv:n käyttäminen opetusvälineenä tuo lisää tehokkuutta opetukseen ja oppimiseen. Kuitenkin laitteiden toimimattomuus aiheutti monen haastatellun mielestä turhautumista. Osa haastatelluista mainitsikin, että jokaiselle tunnille tulisi olla kaksi erillistä tuntisuunnitelmaa, koska laitteiden toimimattomuus saattoi lamaannuttaa opetuksen täysin. Haastateltava H10 kuvaa tehokkuutta seuraavasti:

*”Siis jos puhutaan itse sen tietokoneen ja tietotekniikan käytöstä niin kyllä se sen opettaminen ja käyttäminen on tehokasta opetuksessa, mutta jos puhutaan jonkun toisen oppiaineen oppiainekohtaisen jutun suorittamista niin en usko, että se tietotekniikan käyttö tuo tehokkuutta niin paljon kun ehkä toivottaisi. Konetta opitaan kyllä käyttämään, mutta mun mielestä se ei kyllä edistä sen oppiaineen substanssitaitoja.”*

(haastateltava H10.)

### 3.5.6 Tieto- ja viestintäteknologia, oppimiskohde vai käyttöväline

Perusasteen opetussuunnitelmassa (2014) määritellään, että tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen tulee olla sekä oppimisen kohde että väline. Haastateltava H7 kuvailee asiaa seuraavasti:

*”Sillon, varsinkin alkuun, tuntu että jostain ylhäältä vaan sanellaan se oppisen väline ja pakotettiin sen käyttämiseen, ei niinkään välitetty siitä itse oppimisesta. Saneltiin vaan, että siinä oppimisessa on käytettävä tätä välineenä.*

(haastateltava H7.)

Haastatteluissa kartoitin jokaisen haastatellun tieto- ja viestintäteknologian käyttöä opetustilanteissa. Pyysin haastateltuja kuvailemaan opetussuunnitelman mukaista tvt-taitojen opettamista ja tarkentamaan, ovatko tvt-aidot oppimisen kohteena vai väline. Olen koonnut vastaukset seuraavaan taulukkoon (Taulukko 3-2). Haastatelluista vain kolme kertoi opettavansa jossain määrin tvt-taitoja oppimisen kohteena, muuten kaikki haastatellut kertoivat tieto- ja viestintäteknologian olevan enemmän väline kuin kohde.

Taulukko 3-2 Onko tieto- ja viestintäteknologia oppimisen kohteena vai välineenä.

Haastateltu	Oppimisen kohde	Väline
H1		x
H2		x
H3		x
H4		x
H5		x
H6		x
H7	x	x
H8		x
H9		x
H10	x	x
H11	x	x

### 3.5.7 Asenne tieto- ja viestintäteknologian käyttöön opetuksessa

Haastateltujen opettajien asenne tvt-taitojen opettamista ja tieto- ja viestintäteknologian opetuskäyttöä kohtaan oli pääsääntöisesti positiivinen. Vain kaksi haastateltua (H3 ja H4) piti tieto- ja viestintäteknologian käyttöä toisarvoisena ja halusi mieluummin painottaa muita osaamisalueita.

*”Mä en oo mitenkään innostunu siitä ite niin en mä pysty kyllä sitä innostusta myöskään välittämään niille oppilaillekaan. Siinä pitäis olla joku järki et miks sitä käytettäis eikä vaan käyttää sen takia et sitä pitäis käyttää. Niin en mä sitte sitä niin paljoo käytä.”*

(haastateltava H4.)

### **3.5.8 Tieto- ja viestintäteknologiasta perusoppiaine**

Jokaisessa haastattelussa tuli esille ajatus tietotekniikasta erillisenä oppiaineena. Se onkin tutkimukseni mielenkiintoisimpia aiheita, koska haastatteluissa juuri se nosti esiin eniten selviä mielipiteitä. Useimmat haastateltavat olivat sitä mieltä, että tv-taidot kuuluvat kaikkiin oppiaineisiin eikä erillistä pakollista oppiainetta tarvita. Usein kuitenkin haastatteluiden edetessä haastateltavat muuttivat hieman kantaansa. Esimerkiksi opetuksen ja taitojen tasalaatuisuus puhutti haastateltuja paljon:

*”Mun mielestä tv-taitoja tulis opettaa omana aineena ihan sen takia, että se takais kaikille saman mahdollisuuden oppia ne taidot. Nyt kun esimerkiks yläkouluun tulee eri lähtökohdista oppilaita niin niiden taidot on täysin erilaiset. Melkein aina tunnin alussa joutuu miettimään että mennäköhän tässä nyt tietotekniikka vai aine edellä tällä tunnilla. Niin paljon se oppilaiden osaamattomuus vaikuttaa siihen tunnin kulkuun.”*

(haastateltava H6.)

Myös haastateltava H4:n mielestä erillinen oppiaine olisi hyvä, koska puutteellinen koulutus ja oma mielenkiinto muihin asioihin vaikuttaa tv-taitojen opettamiseen negatiivisesti:

*”Olis paljon parempi, että joku joka osaa niin opettais tv-taitoja. On hassua, että oletetaan et se opettaja osais opettaa niitä taitoja, en mä ainakaan osaa. Ja sit esimerkiks mua kiinnostaa enemmän jotkuu luontojutut ni mä opetan sitte niitä. Ne tv-taidot on sitte niin paljon sen opettajan oman aktiivisuuden varassa.”*

(haastateltava H4.)

Nykyinen opetussuunnitelma ja siinä tv-taitojen yhdistäminen eri oppiaineisiin koettiin positiivisena asia, koska näin tv-taitojen oppimisen koettiin olevan monipuolista ja hyödyllistä.

*Ei sen ehkä tarvis olla oma oppiaine, koska silloin sitä ei välttämättä sitte opetettais muissa aineissa niin paljon ja nykyisessä opetussuunnitelmassa sitä kuitenkin vaaditaan ja silloin se opetus on paljon monipuolisempaa et erilaisia taitoja opetellaan eri oppiaineiden muodossa.”*

(haastateltava H7.)

### **3.6 Luotettavuus**

Toteutin työni laadullisena tutkimuksena, perustin kirjallisuusosion kirjallisuuskatsaukseen ja keräsin empiirisen osuuden aineiston puolikonstruoiduilla teemahaastatteluilla. Laadullinen tutkimus ja teemahaastattelut tutkimusmenetelmänä pyrkivät selvittämään ilmiöitä eivätkä pyri yleistettävissä oleviin tutkimustuloksiin (Hirsjärvi ym., 2009).

Valitsin haastateltavat niin, että haastateltavien joukko olisi mahdollisimman monipuolinen ja kattaisi perusopetuksen eri oppiaineiden ja luokka-asteiden opettajia, sekä miehiä että naisia. Kaikki haastatellut opettajat olivat pääkaupunkiseudulta, ja he olivat 27-35-vuotiaita. Haastateltaviksi valikoitui tarkoituksella suhteellisen nuoria opettajia, jotta edellisten opetussuunnitelmien tuomat asenteet ja mielipiteet eivät vaikuttaisi tutkimustuloksiin.

En valinnut haastateltaviksi tietotekniikanopettajia, koska pyrin selvittämään, kuinka tv-taitoja opetetaan nimenomaan integroituna muihin oppiaineisiin. Tietotekniikanopettajien jättäminen pois haastattelijoukosta heikentää tutkimuksen luotettavuutta, koska näin ollen haastateltavat eivät edusta kaikkia mahdollisia näkökulmia tv-taitojen opetuksesta. Tutkimukseni lähtökohdat huomioiden keskittyminen muihin kuin tietotekniikkaa opettaviin opettajiin oli kuitenkin luonteva ratkaisu.

### 3.7 Pohdintaa

Tarkoitukseni oli tutkia tv-taitojen opetusta peruskoulussa eri oppiaineissa. Tutkimuksen tulokset ja opettajien asenteet tv-taitojen opetusta sekä tieto- ja viestintäteknologian opetuskäyttöä kohtaan ovat pääsääntöisesti positiivisia. Tv-taitojen opettaminen integroituna oppiaineisiin koettiin pääsääntöisesti mielekkääksi ja sen katsottiin olevan mielekästä niin opettajalle kuin oppilaillekin. Osaltaan kuitenkin tutkimuksessa selvisi, että tv-taitojen opetus riippuu opettajan omasta motivaatiosta ja aktiivisuudesta.

Haastatellut kokivat, etteivät he ole saaneet tukea omien tv-taitojensa oppimiseen, vaan heidän on täytynyt itse opetella laitteiden käyttö ja tv-taitojen opettaminen. Haastateltavat olivat verrattain nuoria, koska he edustavat alle 40-vuotiaita opettajia, joita on vain 29 prosenttia koko opettajakunnasta (OPH, 2016). Se näkyi myös heidän vastauksissaan. Moni toi esille oman huolensa iäkkäimpien kollegoidensa kyvystä opettaa tv-taitoja. Haastateltujen mukaan nuoremmat opettajat käyttävät mielellään tieto- ja viestintäteknologiaa opetuksessa, mutta heidän huomionsa mukaan iäkkäämmät opettajat eivät suhtaudu tv-taitojen opettamiseen yhtä positiivisesti.

Tutkimukseni perusteella voidaan todeta, että tv-taitojen opettaminen on hyvin paljon kiinni yksittäisen opettajan ja koulun rehtorin aktiivisuudesta, kuten myös Jyrki Kasvi (2014) on kirjoittanut. Se on huolestuttavaa, koska tv-taitojen osaaminen nopeasti kehittyvässä maailmassa on tärkeää. Haastatteluissa kävi ilmi, että vaikka nykyään puhutaan diginatiiveista, oppilaiden tv-taidot eivät kuitenkaan pääsääntöisesti vastaa oletettua tasoa. Oppilaat osaavat käyttää heille tuttuja laitteita viihdetarkoitukseen, mutta todellisissa tv-taidoissa on puutteita.

Jatkotutkimuksena voisi selvittää, kuinka tulevaisuudessa turvattaisiin yhdenveroiset mahdollisuudet tv-taitojen oppimiseen jokaiselle perusasteen oppilaalle. Haastattelujen perusteella tv-taitoja ei tällä hetkellä pystytä opettamaan kokonaisvaltaisesti, ja taitojen osaamisen mittaaminen puuttuu lähes kokonaan. Jotta tv-taitojen osaaminen turvataan tulevaisuuden Suomessa, on niiden opettamisen tason oltava vakio.

### 3.8 Lähteet

- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2009). Tutki ja kirjoita. (15. uud. painos). Helsinki: Tammi.
- Jyrikäinen, J. (2017). Opettajien ja rehtoreiden käsityksiä ja kokemuksia uudesta opetussuunnitelmasta ja siihen valmistautumisesta. Pro gradu -tutkielma. Tampereen yliopisto. Saatavissa: <http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/100724/GRADU-1488893629.pdf?sequence=1>
- Kasvi, J. (2014). Tietotekniikan oppiminen on arpapeliä. Saatavilla: <https://www.tieke.fi/pages/viewpage.action?pageId=33685847>
- Kuparinen, V. (2017). Sähköisen arvioinnin ja opetusteknologian tila peruskoulun yläluokilla ja lukioissa opettajien näkökulmasta. Pro gradu -tutkielman tiivistelmä. Turun yliopisto. Saatavissa: <http://www.utupub.fi/handle/10024/143678>
- Kumpulainen, T. (toim.) (2016). Opettajat ja rehtorit Suomessa 2016. Raportit ja selvitykset 2017:2. Opetushallitus. Saatavissa: [https://www.oph.fi/download/185376\\_opettajat\\_ja\\_rehtorit\\_Suomessa\\_2016.pdf](https://www.oph.fi/download/185376_opettajat_ja_rehtorit_Suomessa_2016.pdf)
- Opetushallitus (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Saatavissa: [https://www.oph.fi/download/163777\\_perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2014.pdf](https://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf)
- Simola, L. 2017. Tietotekniikka kouluissa. Kandidaatin tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/54313/URN%3aNBN%3afi%3ajyu-201706062689.pdf?sequence=1>
- Tanhua-Piiroinen, E., Viteli, J., Syvänen A., Vuorio J., Hintikka, K.A., Sairanen H. (2016). Perusopetuksen oppimisympäristöjen digitalisaation nykytilanne ja opettajien valmiudet hyödyntää digitaalisia oppimisympäristöjä. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 18/2016. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79573/perusopetuksen%20oppimisymp%C3%A4rist%C3%B6jen%20digitalisaation%20nykytilanne.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# 4 Tieto- ja viestintätekniiikan oppimistavoitteet yläkoulussa ja lukiossa – palvelevatko ne tarkoitustaan?

*Meri Katariina Valtonen*

## 4.1 Johdanto

Suomen koulujärjestelmää voidaan tarkastella makrotason kokonaisuutena. Julkishallinnon kokonaisuus on monitahoinen ja -tasoinen. Toimialat ovat kehittyneet pitkän ajan kuluessa monimutkaisiksi ja toisistaan riippuvaisiksi. Myös koulujärjestelmässä on useita tasoja ja keskenään riippuvia toimijoita.

Bronfenbrenner (1994) loi lapsen kehityksen näkökulmasta ekosysteemimallin, jota on sovellettu julkishallinnon reformeissa ja organisaatiosuunnittelussa muun muassa terveydenhuoltojärjestelmään (vrt. Beirão, Lia & Fisk 2017). Tarkastelen tässä Suomen koulujärjestelmää vastaavasti makro-, meso- ja mikrotasoilla. Koko koulujärjestelmää tarkastellaan *makroekosysteeminä*. *Mesoekosysteemi* on tällöin kuntaorganisaatio, joka toimii välittävänä kerroksena siirrettäessä opetussuunnitelman tavoitteet lapsen ja nuoren kehitykseen. *Mikroekosysteemitasoa* edustavat alueen yläkoulut ja lukiot, joissa lapsen ja nuoren kehitys tapahtuu. Koulujärjestelmä kamppailee muun julkishallinnon tavoin tehostamispaineiden sekä uudistettujen tavoitteiden ristiaallokossa. Järjestelmän tarkasteleminen ekosysteeminä tekee mahdolliseksi sen kehittämisen kokonaisuutena.

Tutkimukseni tavoitteena on arvioida tieto- ja viestintätekniiikan (tvt) oppimistavoitteiden kokonaisuutta ja tarkoituksenmukaisuutta. Keskeisenä tulevaisuuden tavoitteena opetussuunnitelmat esittävät *tieto- ja viestintäteknologian* (tvt) taidot, jotka oppivelvollisen tai lukiolaisen tulee saavuttaa (Opetushallitus 2014; 2015). Millaisen kokonaisuuden tvt-osaamisen tavoitteet muodostavat? Palveleeko tavoitekokonaisuus oppilaan kehitystä? Tarkastelen kysymyksiä koulujärjestelmän eri tasoilta koottujen opetussuunnitelmien (OPS) pohjalta. Muodostan aineistosta hermeneuttisen tulkinan kautta esiyymmärryksen siitä, miten koulujärjestelmää tulisi kehittää tvt-oppimistavoitteiden näkökulmasta.

## 4.2 Kokonaisarkkitehtuuri viitekehyksenä aineiston valinnassa ja analyysissä

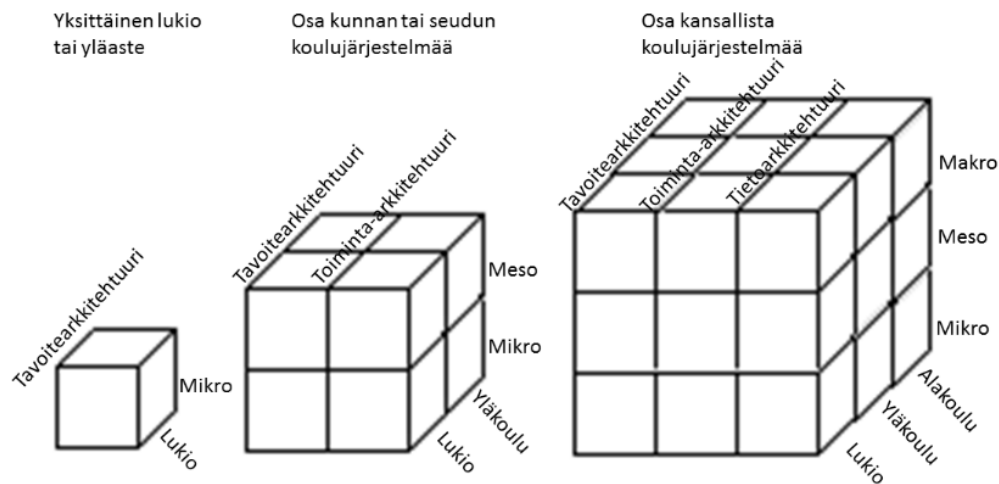
Käsittelen analyysissäni opetussuunnitelmien sisältöjä tavoitteiden muodostamana kokonaisuutena, jota voidaan kutsua koulujärjestelmän *tavoitearkkitehtuuriksi*.

Suomen julkishallintoa velvoittaa tietohallintolaki (Finlex 2011), jonka mukaan julkishallinnon toimijoiden on mallinnettava ja kuvattava toimintansa, tietonsa, tietojärjestelmänsä sekä tieto- ja viestintäteknologiset ratkaisunsa, eli kokonaisarkkitehtuurinsa. Toiminnan kuvauksiin kuuluvat oleellisesti tavoitteiden kuvaukset.

*Kokonaisarkkitehtuuri* (KA) on väline organisaatioiden mallintamiseen ja kehittämiseen perinteisesti etenkin digitalisaation näkökulmasta (Zachman 1997; Bernard 2012). KA-teorian kehittyessä sitä on tarjottu kokonaisvaltaiseksi välineeksi organisaatiokokonaisuuden ja kehittämisen hallintaan (Lapalme 2012). Drews ja Schirmer (2014) käsittelevät yhteiskunnan kehittymistä arvoketjujen suuntaan ja esittävät KA-menetelmää välineeksi ekosysteemin yhteistoiminnalliseen kehittämiseen. KA-teoriassa keskeinen elementti on KA-viitekehys (esim. The Open Group 2011; Bernus, Nemes Schmidt 2012).

*KA-viitekehys* esittelee tarkastelun ulottuvuudet kehitettävälle toiminta- tai organisaatiokokonaisuudelle. KA-viitekehysten vakiintunein ulottuvuus jakaa organisaation peruselementteihinsä, jotka ovat organisaation tavoitteet, toiminta, tieto, tietojärjestelmät ja teknologia-alustat (The Open Group 2011). Näistä peruselementeistä rajaan tarkasteluni kohteen tavoitteisiin.

Sovellan aineiston valintaan lisäksi KA-viitekehyksen kahta tyypillistä ulottuvuutta: *hallinnon tasoja* sekä *asiakkaan elinkaarta*. Jaan hallinnon tasot tarkastelussani makro-, meso- ja mikrotasoihin. Lasten ja nuorten palvelut jakautuvat elinkaaren mukaan varhaiskasvatukseen, alakouluun, yläkouluun ja toisen asteen opintoihin. Rajaan aineiston valinnan yläkoulun ja lukion tvt-oppimistavoitteisiin. Alla oleva kuva (Kuva 1) havainnollistaa Suomen koulujärjestelmää KA-ulottuvuuksien kautta.



Kuva 4-1 Aineiston valinnassa ja analyysissä käytetään kokonaisarkkitehtuurin ulottuvuuksia.

### 4.3 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Oppimistavoitteet ilmaistaan valtion tasolla opetussuunnitelmin (Opetushallitus 2014; 2015). Jotta asetettuja tavoitteita voidaan arvioida ja kehittää, niitä tulee tarkastella suhteessa kokonaisuuteen.

Olen koonnut tavoitekuvauksia 50:stä koulujärjestelmän organisaatiosta. Olen valinnut mukaan koulujärjestelmän makro-, meso- ja mikrotasot: opetushallituksen (1), kunnat (13) ja koulut (36). Koottuja asiakirjoja on noin 80, ja niiden määrä organisaatioittain vaihtelee. Peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmien lisäksi mukana on muita tavoitteisiin liittyviä asiakirjoja. Tutkimusaineistoni muodostuu julkisista, Internetistä löytyvistä asiakirjoista. Otos kattaa vain rajatun ja pienen osan koulujärjestelmästä. Kansallisen tason opetussuunnitelmat (Opetushallitus 2014; 2015) ovat järjestelmää ylätasolta ohjaavia ja velvoittavia. Meso- ja mikrotason aineistot olen koonnut muun muassa Opintopolku.fi sivustolta, kuntien julkaisukanavista sekä avoimilta oppimisalustoilta, esimerkiksi Pedanetistä. Olen sisällyttänyt aineistooni syksyn 2017 tietojenkäsittelytieteen ainedidaktiikan kurssilaisten valikoimat yläasteiden ja lukioiden opetussuunnitelmat. Jälkimmäisiin sisältyy tietotekniikkaa tai luonnontieteitä painottavia erityislukioita.

Kohdistan aineistooni hermeneuttista sykliä noudattavan sisältöanalyysin (Puolimatka 1995), josta raportoin tässä aineiston keruun yhteydessä syntyneen ensimmäisen

analyysin. Aineiston keruun ja alustavan tarkastelun pohjalta tavoitearkkitehtuurista syntyy esiymmärrys. Tavoitteet luokituvat alla olevan taulukon (Taulukko 4-1) mukaisesti hallinnon tasoihin ja elinkaaren vaiheeseen. Mesotasona aineistossa ilmenivät kuntien lisäksi seutukunnat. Olen luokitellut kunkin tavoitteen aineistolähtöisesti joko oppiainekohtaiseksi tavoitteeksi tai osaksi oppiainerajat ylittävää laajempaa tavoitetta.

Taulukko 4-1 Tvt-oppimistavoitteiden luokittelu.

Tavoitesitaatti	KA-ulottuvuudet		Aineistolähtöinen luokitus	
	Järjestelmätaso	Elinkaari	Tavoitetyyppi	Oppiaine
	makro: valtio	yläaste/lukio	oppiainekohtainen/ laajempi	
	meso: seutukunta/ kunta	yläaste/lukio	oppiainekohtainen/ laajempi	
	mikro: koulu	yläaste/lukio	Oppiainekohtainen/ laajempi	

Aineiston keräys- ja luokitusvaiheen ensimmäisen analyysikierron tuloksia voidaan pitää hypoteeseinä tarkempaa iteratiivista analyysiä varten. Olen lisännyt tutkimuksen luotettavuutta hyödyntämällä tutkimuksen suunnitteluvaiheessa aineiston valinnassa ja fokusryhmänä vuosikurssin 2017–2018 tietojenkäsittelytieteen opettajaopiskelijoita. Osa heistä voi syventävässä tutkimusvaiheessa osallistua analyysiin, tulosten arvioimiseen tai yhteiskirjoittamiseen niin halutessaan. Myös tavoitteiden luokittelua voidaan jatkossa tarkentaa aineistolähtöisesti. Esimerkiksi Bloomin taksonomia (Krahtwohl 2002) voisi olla hyödyllinen tavoitteiden syvällisemmässä analyysissä.

## 4.4 Tulokset

Esittelen tässä KA-ulottuvuuksiin perustuvan aineistokeruun pohjalta alustavia havaintojani tvt-oppimistavoitteiden 1) sijoittumisesta oppiainekohtaisiin tai oppiainerajat ylittäviin oppimistavoitteisiin, 2) konvergoitumisesta maantieteellisesti, 3) tehokkaasta jalkautumisesta koulutasolle, 4) koulujen orgaanisesti muodostuvasta ekosysteemistä ja 5) oppimisjärjestelmien kehityksestä kohti ekosysteemejä.

#### 4.4.1 Oppiainekohtaiset vs. laajemmat oppimistavoitteet

Koulujärjestelmän oppimistavoitteet on tyypillisesti jaoteltu oppiaineittain. Tieto- ja viestintäteknikka (tvt) ei ole kouluissa opettavien aineiden joukossa. Tvt-oppimistavoitteet sijoittuvat kauttaaltaan muiden oppiaineiden tavoitteisiin tai oppiainerajat ylittäviin laajempiin tavoitteisiin. Peruskoulun valtakunnallisissa opetussuunnitelman perusteissa *tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen* on neljäntenä niin kutsuttuna laaja-alaisena tavoitteena (OPH 2014). Lisäksi tvt:sta on tarjolla valinnaisia kursseja tai oppimiskokonaisuuksia. Lukiotasolla toistuu samankaltainen asettelu. Tvt-oppimistavoitteet mainitaan muiden oppiaineiden yhteydessä. Lisäksi on ainerajat ylittäviä opintoja, kuten teemaopintoja sekä soveltavia kursseja. Jälkimmäisiä voivat tuottaa myös muut oppilaitokset kuin opiskelijan oma lukio (Finlex 2014).

Perusopetuksen vuosiluokilla 7–9 äidinkiessä ja englannissa tulee oppia tvt:n käyttöä tekstien tuottamisessa. Matematiikan osalta tulee osata soveltaa tvt:aa matematiikan opiskelussa, erityisesti mainitaan taulukkolaskennan ja dynaamisen geometriaohjelmiston käyttö. Lisäksi matematiikan tunneilla oppilaan tulee oppia algoritmista ajattelua ja ohjelmointitaitoja. Laaja-alainen tavoite L4 Tieto- ja viestintäteknologian osaaminen edellyttää seuraavaa [lihavoitu tutkijan]:

*Oppilaita kannustetaan oma-aloitteiseen tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämiseen [...]. Heidän käsityksensä eri laitteiden, ohjelmistojen ja palvelujen käyttö- ja toimintalogiikasta syvenee. He harjaantuvat systematisoimaan, organisoimaan ja jakamaan tiedostoja sekä valmistamaan erilaisia digitaalisia tuotoksia [...]. **Ohjelmointia harjoitellaan osana eri oppiaineiden opintoja.***

Opetussuunnitelma edellyttää tvt:n käyttöä ja hyödyntämistä, mutta ainoa oppiaine, jossa ohjelmointitaidot mainitaan, on matematiikka (Opetushallitus 2014). Tässä on selvä ristiriita laaja-alaisen tavoitteiden kuvaukseen nähden: ”*Ohjelmointia harjoitellaan osana eri oppiaineiden opintoja*”. Lukion tvt-tavoitteissa luetellaan peruskoulun tapaan tvt:n käyttö tekstien tuottamiseen, oppimisvälineenä oppimäärän osa-alueilla, tiedonhaussa ja opiskelun tukena sekä osana oppimisympäristöä (OPH 2015). Lukiossa tulee lisäksi ymmärtää tvt:n yhteiskunnallinen merkitys sekä vaikutus ihmiseen (OPH 2015). Opiskelijan tulee osata valita teknologioita ja tutustua teknologiayrittäjyyteen.

Fysiikassa ja kemiassa tulee voida käyttää tvt:aa mallinnuksessa sekä tutkimusten ja tuotosten laadinnassa. Ainerajat ylittävissä opintokokonaisuuksissa tv-taitoja ei lukion opetussuunnitelmaperusteissa juuri mainita (OPH 2015).

Ohjelmoinnillinen ajattelu ja ohjelma-arkkitehtuurien suunnittelu edellyttää erilaisia ajattelu- ja toimintamalleja kuin muut oppiaineet voivat tuottaa. Miten oppilaat kehittyvät tv-t:n ymmärtäjinä, jos eivät ymmärrä järjestelmien rakentumisen periaatteita. Ohjelmisto-arkkitehtuurien ymmärtäminen varmistaa teknologioiden kohdistamisen liiketoiminnan käyttöön tehokkaimmin. Tietojenkäsittelytiede tai tietotekniikka on oma tieteenalansa ja toimialansa, jolla on omat käytäntönsä, käsitteensä ja menetelmänsä. Puolassa onkin jo pitkään opetettu tietotekniikkaa vakavamielisenä aineena, jossa opetellaan luomaan uusia tv-t-laitteita ja -sovelluksia sekä ohjelmia, käsitteitä, algoritmeja ja teorioita (Sysło & Kwiatkowska 2015, 144). Tv-t-ratkaisujen luomista pidetään siellä opetuksessa aivan eri asiana kuin tv-t:n hyödyntämistä (Sysło & Kwiatkowska 2015). Suomen tv-t-oppimistavoitteissa jäädyään pääosin tv-t:n hyödyntämisen tasolle. Tv-t-taitojen ja tieteenalan opetus vaatii myös ainekohtaista pedagogiikkaa (vrt. Bogdanova & Snoeck 2017).

#### **4.4.2 Tavoitteiden yhdistyminen mesotasolla**

Seudullinen yhteistyö oppimistavoitteiden laadinnassa tulee esiin aineistosta. Opetussuunnitelmien perusteet (OPH 2014, 2015) ovat laaja kokonaisuus. Niiden pureskelu yhden koulun tasolla on haaste. Ison kaupungin tai seutukunnan on helpompi laatia koko alueen yhteinen OPS yhdessä. Tämä osoittaa, että tavoitteet ovat yhdyntymässä alueen mukaan mesotasolla useamman koulun kesken. Maantieteellisesti laajat alueet hakevat synergiaetua opetussuunnitelmatyöhön yli kuntarajojen. Alueella tai kaupungilla saattaa olla myös yhteinen tv-t-opetuksen strategia.

Yhteistä kunnan tai seutukunnan opetussuunnitelmaa on mahdollisuus tarkentaa kouluittain. Halutessaan koulu voi räätälöidä tavoitteita yksilöllisesti. Yhden suuren kaupungin avoimen OPS-pankin tarkastelu osoitti, että ainakaan tv-t-tavoitteiden osalta koulukohtainen räätälöinti ei ollut yleistä. Tavoitearkkitehtuurin nojalla voitaisiin tällöin puhua jopa ”kopioidusta peruskoulusta”. Palveluiden tasa-arvoisuus vaikuttaisi toteutuvan ainakin tältä osin.

### 4.4.3 Tavoitteiden tehokas jalkautuminen mikrotasolle

Julkishallinto on joutunut 80-luvulta alkaen monien muutospainneiden kohteeksi. Siihen on pyritty vaikuttamaan niin kutsutun hyvän hallintotavan keinoin (Cordella 2008). Hyvä hallintotapa edellyttää yritysmäistä johtamista. Koulujen osalta sen voi liittää *tavoiterationalismiin*, jossa ylhäältä asetettujen tavoitteiden oletetaan toteutuvan järjestelmän läpi ja muuntuvan oppilaiden osaamiseksi (Simola 2002). Opetussuunnitelmien muutosnopeus on kiihtynyt viime vuosikymmeninä. Ei voida olettaa, että koulutuspoliittiset tavoitteet siirtyvät lasten ja nuorten osaamiseksi ja hyvinvoinniksi muutosten tahdista huolimatta. Ajatukselle on lukuisia reunaehdoja, muun muassa koulukentän muuntautumisen- ja joustokyky. Satunnaisotannalla valikoiduissa aineistoesimerkeissäni Opetushallituksen tavoitteet (OPH 2014) kopioituvat koulukohtaisiksi pääosin sellaisenaan. Näin ollen voidaan todeta, että tavoiterationalismi toteutuu. On kuitenkin pohdittava, jääkö tavoitteiden toteutuminen vain nimelliseksi, ja mikä on todellisuus itse koulutyössä.

### 4.4.4 Kohti ekosysteemiä – ekosysteeminen kehitys

Oppilaiden mahdollisuudet tietotekniikan perusosaamisen hankkimiseksi eivät Suomessa tällä hetkellä ole tasaveroiset. Yläkouluissa ja lukioissa on valinnaisia kursseja, joilla opetellaan sekä tv:n hyödyntämistä, että ohjelmointia. Suomen 377 lukiosta (Wikipedia 2018) erityisiä koulutustehtäviä on myönnetty 75 lukiolle ja erityisiä kehittämistehtäviä 11 lukiolle (OKM 2017). Niistä osassa on tarjolla muita enemmän tietotekniikan opintoja, esimerkiksi matematiikka- tai luonnontiedepainotteisuuden perusteella.

On tärkeää, että erityiskiinnostus ja lahjakkuus huomioidaan. Tasa-arvon ajatellaan toteutuvan sen kautta, että hakukriteerit erikoispainotteisiin lukioihin ovat kaikille samat. Vaikutukset oppilaan ja alueen kehittämiseen voivat kuitenkin muodostua eriarvoistaviksi. Kaikilla ei ole mahdollisuutta hakeutua muualla sijaitseviin erikoispainotteisiin tai valinnaisia opintoja tarjoaviin kouluihin. Tvt-osaaminen saattaa tulevaisuuden digitalisaation myötä olla yhteiskuntastatusta määrittävä tekijä. Mahdollisuudet työmarkkinoilla voivat jäädä heikommiksi tvt-taitojen puutteellisuuden vuoksi.

Monenlaiset uudistukset ja velvoitteet tuottavat muutospainetta kouluille. Digivallankumousta kuvastaa parhaiten sähköisten ylioppilaskirjoitusten tulo. Myös muut laaja-alaiset tavoitteet tvt-tavoitteen L4 lisäksi, esimerkiksi monilukutaito, tuovat omia

velvoitteitaan. Opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 2014) mainitaan myös uusia velvoittavia pedagogisia innovaatioita, kuten ilmiölähtöisyys. Lisäksi kouluja velvoittaa moninainen lainsäädäntö, koulujen tasa-arvosuunnittelu, turvallisuussuunnittelu, sekä eritasoisten ja -taustaisten oppilaiden integraatio. Poliitikoilta jää näkemättä koulutyön realismi ja arki suhteessa asetettujen muutostavoitteiden määrään (Simola 2002). Salminen (2012) tuo esiin useita jännitteitä, joiden ristipaineessa sekä koulutuspoliitikot että koulun arkista työtä tekevät joutuvat kamppailemaan. OPS:t eivät sinällään ota näihin jännitteisiin kantaa. Oppimisen oletetaan tapahtuvan asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

Lukiot vastaavat muutospaineesiin etenkin tv-tavoitteiden osalta liittymällä yhteen keskenään ja muiden koulutusjärjestäjien kanssa. Ne tarjoavat tvt-opintoja soveltavina kursseina. Koulutusekosysteemien *rinnakkainen kehittyminen (co-evolution)*, Lapalme (2012) ilmenee aineistossa hiljaisena signaalina. Koulujen keskinäinen verkostoituminen luo joustavan toimintamallin. Se vaikuttaa tehokkaalta tavalla vastata ylemmän tason asettamiin haasteellisiin tavoitteisiin. Koulutusjärjestelmän ei kuitenkaan tulisi lisätä oppilaiden eriarvoistumista.

*Lasten ja nuorten teknologiataidoissa on oppilaiden kesken huolestuttavan suuria eroja. Osalla osaaminen on todella heikkoa. Erityisesti tiedonhakutaitojen ja työvälineohjelmistojen käytössä on parantamisen varaa. (Turun yliopisto, 2014)*

## 4.5 Pohdinta

Havaintoni aineistosta osoittavat hiljaista signaalia koulujärjestelmän ekosysteemisestä kehittymisestä. Tässä luvussa ennakoin ensin oppimisympäristöjen kehittymistä kohti rinnakkaistodellisuuksia ja -ekosysteemejä ja suosittelen sen nojalla tutkimusta oppimisympäristöjen tulevaisuudesta ja niiden käytön vaikutuksesta oppilaiden kehitykseen. Toiseksi totean aineistosta nousseen tarpeen tvt:n opetukselle erillisenä aineena. Koulujen tvt-kyvykkyys tulee saattaa kuntoon ja varmistaa tasa-arvoinen perustaitojen oppiminen. Lopuksi suosittelen koulutusjärjestelmän kokonaisarviointia ja tutkimusta kokonaisarkkitehtuurimenetelmän avulla.

### 4.5.1 Oppimisjärjestelmien kehitys ekosysteemeiksi

Aineistosta näyttää puuttuvan sähköisten *oppimisympäristöjen* tarkastelu oppilaan kasvun ja kehityksen mikroekosysteeminä. Tvt-välitteiset ympäristöt voidaan nähdä mikrosysteemeinä, joissa opiskelijat elävät, kokevat tapahtumia ja solmivat henkilökohtaisia suhteita (Youtube 2014). Oppilas altistuu sähköisten ekosysteemien lainalaisuuksille, kuten esimerkiksi Twitterin 140 sanan säännölle. Ekosysteemiä määrittelevät ja hallinnoivat kyseisen ekosysteemin suunnittelijat ja ylläpitäjät. Nämä e-mikroekosysteemit muodostavat keskenään riippuvuuksia ja makroekosysteemeitä. (Youtube 2014, Glogster 2015). Oppimisympäristöissä on nähtävissä samaan suuntaan kehittyviä piirteitä.

Opetussuunnitelmissa sähköiset oppimisympäristöt nähdään vain välineinä. Niiden käytön osaaminen nostetaan tavoitteeksi, mutta ei oteta huomioon niiden vaikutusta oppilaan kehitykseen, eikä niiden keskinäisten suhteiden kautta muodostuvan kokonaisuuden hallintaa. Tarvitaan jatkotutkimusta siitä, milloin tietokonevälitteinen oppimisympäristö tulisi nähdä mikroekosysteeminä, joka *edistää tai haittaa liittymistä toisiin* (vapaa suomennos, Youtube 2014). Oppimisympäristöjen hallinnointi ja suunnitelmallinen käyttö edellyttää kouluilta resursointia, jossa tietotekniikan opettajat ja perustaidot hallitsevat oppilaat voisivat olla keskenään avuksi toisilleen. On selvitetävä tietotekniikan opetuksen taso, jolla voidaan tukea oppilaiden valmiutta ymmärtää ja hallita jatkuvasti evolutiivisesti kehittyvää yhteiskuntaa sen sijaan, että hän olisi kohde, joka kehittyi sähköisten ympäristöjen sanelemana. Oppimisympäristöjen vaikutuksesta oppilaan kehitykseen ei ole riittävästi tietoa, eikä niiden käyttö perustu minkäänlaiseen kokonaiskuvaan.

### 4.5.2 Riittävä tuntimäärä ja aineenhallinta tvt-oppiaineen opetukseen

Yhteiskunnan eriarvoistuminen voidaan estää ottamalla opetussuunnitelmien perusteisiin mukaan tietotekniikan oppimistavoitteet. Tvt-tavoitteiden osalta tavoiterationalismi toteutuu näennäisesti. Opetussuunnitelmien perusteissa olevien puutteiden vuoksi koulukenttä saattaa organisoida itsenäisesti alueittain toteuttaakseen yhteiskunnalle tarpeellisia tavoitteita OPS:sta huolimatta. Mikäli kokonaisuus karkaa käsistä organisen toiminnan kautta, on riskinä muun muassa epätasa-arvoistava vaikutus yksilön, alueen ja lopulta yhteiskunnan kehitykselle. Myös oppimisympäristöt ja some-alustat tulee nähdä ekosysteemeinä ja sisällyttää oppimisen ja kehittymisen kokonaisvaikutusten arviointiin,

kuten edellä totesin. Kun koulut pyrkivät vastaamaan yhteiskunnan ja oppilaiden tarpeisiin, ne tuottavat joustavan ja tehokkaan toimintamallin, mikä osoittaa kentän toimintakykyä. Opetussuunnitelmien kaavamainen kopiointi ja sitä täydentävä satunnainen yhteistyö ei kuitenkaan varmista yhtäläisiä ja tasa-arvoisia valmiuksia.

Puolan ja Ison Britannian opetussuunnitelmien tv-tavoitteisiin verrattuna suomalaisista opetussuunnitelmien perusteista puuttuu kokonainen tieteenala. Tv-taitotavoitteet sijoittuvat muihin kuin omaan oppiaineeseensa ja jäävät lähinnä tv:n hyödyntämisen tasolle. Oppilaat jäävät vaille tieteenalan varsinaisia perustietoja. Kun OPS:t jäävät vaille varsinaista alan perusosaamista, opetuksen syvällisyys jää riippuvaiseksi muiden aineiden opettajien tv-osaamisesta. Tässä tilanteessa kaikkien opettajien tulisi osoittaa aineenhallintansa tv:ssa, vaihtoehtona aineenopetukselle. Kyse on itsenäisestä tieteenalasta, jonka kautta luodaan ja kehitetään uusia ja olemassa olevia tv-ratkaisuja. Muiden aineiden opettajilta ei voine edellyttää sovellusarkkitehtuurien suunnitteluosaamista. Kyse on design-osaamisesta, joka sisältää omat suunnittelu- ja arkkitehtuuriperiaatteensa ja niihin liittyvät ajattelumallit. Tarvitaan myös tulevaisuuden johtajia ja asiantuntijoita, jotka tietävät tarpeeksi tietojärjestelmistä hankkiakseen ne tehokkaasti omalle toimialalleen.

*ICT-taitotestin alustavien tulosten mukaan opettajilla ei keskimäärin ole minkäänlaista ohjelmointiosaamista ja laajamittaiselle täydennyskoulutukselle onkin näin ollen akuutti tarve, Kaarakainen sanoo. (Turun yliopisto, 2014)*

Ohjelmoinnillinen ajattelu, ohjelmointi ja muu tietojenkäsittelytieteen käsitteistö ja menetelmät on laaja osaamisalue, jonka mahtuminen varattuun tuntikehykseen tulisi tutkia kenttätutkimuksin. Tällä hetkellä peruskoulun pakollinen ohjelmointiosaaminen sisältyy matematiikan tuntikehykseen, mutta riittääkö se ohjelmoinnin opettamiseen. Tv-taitojen ja teknologian ymmärtäminen perustuu opettajan pedagogisiin taitoihin ja aineenhallintaan. Mikä olisi tulevaisuuden kannalta riittävä ohjelmoinnillisen ajattelun taso peruskoulun tai lukion päättävällä, jotta jokaisella olisi yhtäläiset mahdollisuudet jatkaa ammattiin tietotekniikan alalla?

### **4.5.3 KA-teoria koulutusjärjestelmän arvioinnissa**

Koulutusjärjestelmää tulee arvioida kokonaisuutena. Olen raportissani esitellyt suunnitelman tutkimusasetelmasta, jolla koulujärjestelmän kokonaisuutta voisi analysoida KA-teorian valossa. KA-viitekehityksen ulottuvuuksia voidaan soveltaa laajemminkin koulujärjestelmään. Kokonaisuutta ja rakennetta voidaan arvioida organisaatiotasoin (mikro, meso, makro), elinkaaren mukaan sekä toimialakohtaisin luokituksin. Tavoitteiden analyysi pohjautuu tyypillisesti Bloomin taksonomiaan (Bloom, Engelhart Furst, Hill & Krathwohl 1956), ja niitä on luokiteltu pedagogisesti relevantteihin kehikkoihin aiemminkin (vrt. Salminen 2012, s. 18). Toimialakohtaiset jäsenyydet, kuten jako oppiaineisiin, voivat toimia KA-ulottuvuuksina koulujärjestelmän kokonaisarkkitehtuurin analyysissä (vrt. Valtonen 2017).

Kentän orgaanisia muutoksia ja vaikutuksia kokonaisuuteen tulee havainnoida ja analysoida, jotta ekosysteemiksi muotoutumassa olevaa toimintajärjestelmää voidaan tulkita ja ohjata reaaliajassa. Tässä voidaan hyödyntää KA-mallinnuksen vähittäistä kehitystä kohti automatisointia. Analyysi voidaan tavoitteiden lisäksi kohdistaa toiminnan, tiedon ja järjestelmien analysointiin. Esimerkiksi tämä työ, jota olen suunnitellut Excelissä ja toteuttanut manuaalisesti, voisi tulevaisuudessa syntyä opetushallituksen käyttöön automaattisesti vaikkapa rakenteellisten dokumenttien pohjalta.

## **4.6 Johtopäätökset**

Suomen koulutuspolitiikka asettaa lasten ja nuorten oppimis- ja hyvinvointitavoitteet. Ne vaikuttavat yhdentyvän alueittain ja valuvan yhteneväisellä tavalla koulutasolle. Tvt-osaamisen tavoitteet eivät opetussuunnitelmassa kata varsinaista aineopetusta, jossa luodaan ja kehitetään tvt-ratkaisuja. Koulut järjestäytyvät evolutiivisesti tuottaakseen oppilailleen myös tarvittavia aineopintoja. Yksilöiden ja alueiden tasa-arvoinen kehittyminen näyttäisi siis näennäisesti toteutuvan, mutta käytännössä ei. Tieto- ja viestintäteknikkaa ei opeteta oppiaineena, vaan käyttöhyödykkeenä. Tvt-opetuksen syvällisyys jää riippuvaiseksi koulun opettajien tvt-osaamisesta. Tieteenalalle ominaiset taidot jäävät opetussuunnitelmissa tvt-välineistön soveltamisen varjoon. Tvt-opetusalojen käsittely oppilaan kehitysekosysteemeinä jää huomiotta.

Tutkimukseni on alustava ja edellyttää jatkotutkimuksia. Laajemman tutkijajoukon tulee perehtyä aihealueeseen pitkällä aikajänteellä, jotta esitetyt hypoteesit tulevat validoitua. Satunnainen ja pieni otanta tuo rajoitteita tulosten yleistettävyyteen. Tarjoan tuloksiani kuitenkin tutkimuksen kentälle lähtökohtina tai hypoteeseinä. Viesti opetushallitukselle aineopetuksen tarpeellisuudesta on kuitenkin selvä. Hain tarkastelussani tietoa tv-taitotavoitteiden kokonaisuudesta koulujärjestelmässä, jotta ristiriitoihin voitaisiin puuttua kehittämisen ja tutkimuksen kautta. Havaitsin koulujärjestelmässä hiljaisia signaaleja kohti ekosysteemistä evoluutiota, jossa riskinä on eriarvoistava vaikutus. Johtopäätöksenä esitän, että koulujärjestelmää on arvioitava kokonaisuutena. KA-teoria vaikuttaa hyödylliseltä välineeltä kokonaisuuden tarkasteluun ja analysointiin. Ehdotan tv:aa Puolan mallin mukaan peruskoulun pakolliseksi oppiaineeksi tulevaisuuden työelämätaitojen varmistamiseksi.

Jatkotutkimusaiheeksi tarjoan KA-teorian hyödyntämistä julkishallinnon rakenteellisessa analyysissä. Se vaatii eri maiden välistä tutkimusta. Aineistoa voisi syventää keräämällä laadullista tietoa esimerkiksi haastatteluin. Automatiikan kehittäminen kokonaisanalytiikkaa varten avaa mahdollisuuden konstruktiviselle tutkimukselle. Tutkimukseni luo mahdollisuuksia koulujärjestelmän analytiikan kehittämiseen.

## 4.7 Lähteet

- Beirão, G., Lia, P., & Fisk, R. P. (2017). Value cocreation in service ecosystems: A qualitative study of health care at the micro, meso and macro levels. *Journal of Service Management* 28(2), 1-23.
- Bernard, S.A. (2012). *An Introduction to Enterprise Architecture*. Bloomington: AuthorHouse.
- Bernus, P., Nemes, L., Schmidt, G.J. (2012). *Handbook on Enterprise Architecture*. Heidelberg: Springer Science & Business Media.
- Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain*. New York: David McKay.
- Bronfenbrenner, U. (1994). Ecological models of human development. *International encyclopedia of education* 3(2), 37-43.

- Bogdanova, D., & Snoeck, M. (2017). Domain Modelling in Bloom: Deciphering How We Teach It. Teoksessa *IFIP Working Conference on The Practice of Enterprise Modeling*. Cham: Springer, s. 3–17.
- Cordella, A. (2007). E-government: towards the e-bureaucratic form? *Journal of information technology* 22(3), 265-274.
- Drews, P., & Schirmer, I. (2014). From enterprise architecture to business ecosystem architecture: Stages and challenges for extending architectures beyond organizational boundaries. Teoksessa *Proc. of 18th International Conference on EDOCW*. IEEE, s. 13–22.
- Finlex (2011). Laki julkisen hallinnon tietohallinnon ohjauksesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110634> [viitattu 4.11.2018].
- Finlex (2014). Valtioneuvoston asetus lukiolaissa tarkoitetun koulutuksen yleisistä valtakunnallisista tavoitteista ja tuntijaosta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140942> [viitattu 8.11.2018].
- Glogster (2015). *Ecological Systems Theory*. <https://edu.glogster.com/glog/ecological-systems-theory/2904ljum5ww>. [viitattu 4.11.2018].
- Krathwohl, D.R. (2002). A Revision of Bloom's taxonomy. *Theory Pract.* 41, 212–218.
- Lapalme, J. (2012). Three schools of thought on enterprise architecture. *IT Professional* 14(6), 37-43.
- The Open Group (2011). *Togaf (R) 9.1*. <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/index.html> [viitattu 22.10.2015].
- Opetushallitus OPH (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. [https://www.oph.fi/download/163777\\_perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2014.pdf](https://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf) [viitattu 8.5.2018].
- Opetushallitus OPH (2015). Lukion opetussuunnitelman perusteet. [https://www.oph.fi/download/172124\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2015.pdf](https://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf) [viitattu 8.5.2018].
- Opetus- ja kulttuuriministeriö OKM (2017). Erityiset koulutustehtävät 1.8.2018 lukien. <https://minedu.fi/erityinen-koulutustehtava> [viitattu 8.11.2018].

- Puolimatka, T. (1995). *Kasvatus ja filosofia*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Salminen, J. (2012). *Koulun pirulliset dilemmat*. Helsinki: Teos.
- Simola, H. (2002). Ilmaan propattu. Toiveiden rationalismi koulureformien diskursiivisena perustana. Teoksessa Honkonen, R. (toim.) *Koulutuksen lumo: retoriikka, politiikka ja arviointi*. Tampere: Tampere University Press, s. 55–73
- Sysło, M. M., & Kwiatkowska, A. B. (2015). Introducing a new computer science curriculum for all school levels in Poland. Teoksessa *International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives*, Cham: Springer, s. 141-154.
- Turun yliopisto (2014). Nuorten ICT-taidoissa hälyttäviä eroja <http://www.utu.fi/fi/Ajankohtaista/Uutiset/Sivut/Nuorten-ICT-taidoissa-halyttavia-eroja.aspx> [viitattu 6.11.2018].
- Valtonen, M. K. (2017). Management Structure Based Government Enterprise Architecture Framework Adaption in Situ. Teoksessa *IFIP Working Conference on The Practice of Enterprise Modeling*. Cham: Springer, s. 141–154.
- Wikipedia (2018). Luettelo Suomen lukioista. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Luettelo\\_Suomen\\_lukioista](https://fi.wikipedia.org/wiki/Luettelo_Suomen_lukioista) [viitattu 7.11.2018].
- Youtube (2014). Applying Bronfenbrenner's Developmental Theory to College Students and Social Media <https://www.youtube.com/watch?v=fBLuzUk5NII> [viitattu 8.11.2018].
- Zachman, J.A.: Enterprise architecture: The issue of the century. *Database Programming and Design* 10(3), 44–53 (1997).

# 5 Käytettävyyskoulutus tietotekniikan opetuksessa yliopistoissa ja ammattikorkeakouluissa

*Jukka Malinen*

## 5.1 Johdanto

Suomalaisessa tietotekniikan koulutuksessa on näkynyt selvänä puutteena käytettävyyden opetuksen vähäinen määrä. Tämä puute on näkynyt myös ohjelmistoprojekteissa käytettävyyden aliarvostuksena muuhun toiminnallisuuteen verrattuna. Artikkelissa pyrin selvittämään, kuinka paljon käytettävyyttä kuuluu pakollisena tietotekniikan koulutukseen kolmen yliopiston tietotekniikan maisteriohjelmassa ja kolmessa ammattikorkeakoulussa. Valitsemalla kuusi oppilaitosta uskon saavani riittävän kattavuuden käytettävyyskoulutuksen määrästä suomalaisessa tietotekniikan koulutuksessa. Vaikka oppilaitokset on valittu aika satunnaisesti, uskon niiden edustavan tietotekniikan koulutuksen tilaa tällä hetkellä.

Taustoitin selvitystä ensin lyhyellä katsauksella käytettävyyden periaatteisiin sekä yleisesti että pelien suunnittelussa. Seuraavaksi tarkastelen mahdollisia ongelmia käytännön projekteissa. Sen jälkeen selvitys etenee tutkimusaineiston ja analyysin kuvaukseen. Artikkelini päättyy yhteenvetoon ja pohdintaan, kuinka käytettävyyttä tulisi ottaa huomioon tietotekniikan koulutuksessa.

## 5.2 Teoreettinen tausta

### 5.2.1 Käytettävyyden käsitteitä

Käytettävyys tarkoittaa lähinnä valmistetun ohjelmiston, esineen, palvelun tai ympäristön helppokäyttöisyyttä siihen tehtävään, johon se on suunniteltu. ISO 92-1-11 -standardin mukaan käytettävyys on *”se vaikuttavuus, tehokkuus, ja tyytyväisyys, jolla tietyt määritellyt käyttäjät saavuttavat määritellyt tavoitteet tietyssä ympäristössä”* (ISO 92-1-11, 1996).

Jacob Nielsen on esittänyt kymmenen käytettävyyden heuristiikkaa ohjelmistojen käyttöliittymäsuunnitteluun. Nämä periaatteet kuvastavat hyvin, mihin käytettävyydellä pyritään ohjelmistosuunnittelussa (Nielsen, 1995):

### **1. Systemin tilan näkyvyys**

Ohjelmiston pitää aina näyttää, mitä se on tekemässä. Ohjelmiston pitää myös päivittää näkymää riittävän usein.

### **2. Systemin pitää olla yhteydessä reaali maailmaan**

Ohjelmiston täytyy puhua samaa kieltä kuin käyttäjät. Käytettyjen termien pitää olla käyttäjän ymmärrettävissä, eikä vain ohjelmiston sisäisiä termejä. Lisäksi ohjeet esitetään luonnollisessa ja loogisessa järjestyksessä.

### **3. Käyttäjän vapaus ja kontrolli**

Käyttäjät usein valitsevat ohjelmiston osia vahingossa ja tarvitsevat selvästi merkittyjä tapoja poistua ei-toivotuista tilanteista ilman, että se johtaa suureen määrään toimintoja. Tarkoittaa siis "poistu" ja "palaa" -toimintoja.

### **4. Yhdenmukaisuus ja standardit**

Käyttäjän ei pitäisi miettiä mitä eri sanat, tilanteet tai toimenpiteet tarkoittavat samalle asialle.

### **5. Ongelmien ehkäisy**

Ongelmien ehkäisy on parempi tapa kuin hyvien vikailmoitusten esittäminen. Käyttäjältä ei pitäisi vaatia esimerkiksi vikakoodin muistamista aikaisemmasta ilmoituksesta, jotta hän voisi jatkaa eteenpäin. Ohjeiden siitä, kuinka vikatilanteesta selvittää, täytyy olla selkeät.

### **6. Tunnistaminen on parempi kuin muistaminen**

Asioiden, tehtävien ja vaihtoehtojen ei pitäisi olla käyttäjän muistin varassa, vaan niiden täytyy olla näkyvillä, kun niitä tarvitaan. Aikaisemmin esitetty tieto riittää. Lisäksi ohjeiden tulisi olla helposti saatavilla.

### **7. Käytön tehokkuus ja joustavuus**

Nopeuttavat toimenpiteet, kuten pikanäppäinten käyttö, voivat olla aloittelevalla käyttäjälle näkymättömissä. Niillä voidaan parantaa sekä aloittelevan että kokeneemman käyttäjän käyttökokemusta. Käyttäjän on pystyttävä muokkaamaan usein käytettyjä toimintoja itselleen sopivimmiksi.

## **8. Esteettinen ja minimalistinen suunnittelu**

Toimenpiteessä annetaan vain oleellinen tieto. Kaikki turha tieto vain hukuttaa oleellisen tiedon.

## **9. Järjestelmän tulee helpottaa ongelmien tunnistamisessa, diagnosoinnissa ja ratkaisujen hakemisessa**

Vikailmoitukset pitää esittää selvällä kielellä (ei koodina), selvästi osoittaen, mikä on ongelma, ja ehdottaa rakentavasti ratkaisua.

## **10. Aputoiminnot ja dokumentit**

Vaikkakin on parempi, että ohjelmistoa voi käyttää ilman dokumentaatiota, kuitenkin on tarpeellista toimittaa myös ohjelmistoon liittyvää dokumentaatiota. Dokumentaation pitää olla helposti löydettävissä, siitä täytyy pystyä tekemään hakuja ja siitä pitää löytää toimintoja, joita käyttäjä todennäköisesti suorittaa. Dokumentaatio on yritettävä pitää riittävän lyhyenä.

### **5.2.2 HCI (Human-Computer Interaction) ja UCD (User Centered Design)**

Tässä tutkimuksessa olen kiinnostunut käyttäjäkeskeisestä suunnittelusta (UCD) sekä ihmisen ja tietokoneen välisestä vuorovaikutuksesta (HCI) ja niihin liittyvästä koulutuksesta.

*Human-Computer Interaction* (HCI) on tutkimuksen ja käytännön alue, joka tutkii ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta. Se on monia aloja yhdistävä tutkimusala, jossa ihmisen ja tietokoneen toimintaa tarkastellaan eri näkökulmista, esimerkiksi tietojenkäsittelytieteen, psykologian, käyttöliittymien, käytettävyyden, käyttäjäkokemuksen ja ohjelmistojen näkökulmista. Aihealue jaotellaankin ihmisen toimintaan (havaitseminen ja ymmärtäminen), tietokoneen kykyyn tarjota vuorovaikutuksellisia rakenteita vuorovaikutusvälineineen sekä vuorovaikutuksen mallintamiseen. Ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen tutkimuksen tavoitteena on kehittää yhä luontevampia ja luonnollisempia vuorovaikutustekniikoita ja -rakenteita, jotka tuovat esille ihmisen toimintaa huomioon ottavia vuorovaikutusratkaisuja helpommin ja monipuolisemmin (Zahirovic, 2018).

Hudsonin mukaan (2014) ihmisen ja tietokoneen välisellä vuorovaikutuksella (HCI) tarkoitetaan tietokoneteknologiaa, jolla vaikutetaan ihmisten tekemisiin niin töissä kuin

vapaa-aikana. Tietokoneteknologialla taas tarkoitetaan tietokoneita, mobiililaitteita, kodinkoneita, autojen navigointilaitteita ja kaikenlaisia sensoreita, kuten automaattista valaistusta. HCI:n tarkoituksena on etsiä keinoja, ratkaista ihmisten ongelmia ja sitä kautta myös parantaa ympäröivää maailmaa.

Prattin mukaan (2012) UCD keskittyy nimenomaan tietokoneohjelmien suunnitteluun siten, että ne olisivat mahdollisimman helppoja ja miellyttäviä käyttää. UCD on suunnittelufilosofia, jossa käyttäjä, ohjelmisto ja kokemus ovat ohjelmistosuunnittelun keskiössä. Suunnittelijat hakevat ymmärrystä järjestelmän tulevien käyttäjien tarpeista, haluista ja mahdollisista rajoituksista ja tekevät sen mukaan suunnittelupäätöksiä, jotka tukevat tätä näkemystä.

### **5.2.3 Käytettävyys pelien suunnittelussa**

Pelisuunnittelussa käytettävyys ilmenee hyvänä pelikokemuksena ilman turhia, suunnittelemattomia keskeytyksiä tai haasteita (Laitinen, 2005). Vaikka samat käytettävyyden heuristiikat pätevät sekä tavallisten ohjelmien että pelien suunnitteluun, pelisuunnittelussa otetaan huomioon se, että pelejä pelataan vapaaehtoisesti, kun taas monet muut ohjelmistot on tehty työkäyttöön (Rajanen & Marghescu, 2006).

Videopeleissä huono käytettävyys voi viedä pelistä sen houkuttelevuuden ja pelattavuuden, mikä vaikuttaa koko pelin laatuun. Tällöin pelaajat kokevat pelin turhauttavana, eivätkä ihmiset yleensä välitä sellaisista peleistä (Pinelle ym., 2008). Siitä syystä käytettävyyden huomioonottaminen videopeleissä on erittäin tärkeää. Rajasen ja Marghescun (2006) mukaan käyttöliittymä ja pelattavuus ovat kolmanneksi eniten vaikuttavat tekijät videopelien valinnassa.

Hyvän pelin tekemisessä on otettava huomioon myös kappaleessa 5.2.1 listatut käytettävyyden käsitteet (Wiley, 2014). Nielsenin heuristiikat on kuitenkin pääsääntöisesti suunnattu tyypillisiin ohjelmistoihin. Niiden lisäksi on erityisesti pelien suunnitteluun suunnattuja periaatteita. Desurvire (2004) on jakanut pelisuunnittelun neljään painotusalueeseen: pelattavuuteen, pelin tarinaan, pelin tekniikkaan ja pelin käytettävyyteen.

Pelien suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että pelaaja on kiinteässä yhteydessä peliin. Lisäksi hän voi pelin avulla olla yhteydessä yhteen tai useampaan muuhun pelaajaan. Näin hän kiinnittyy mahdollisesti sekä pelin sisältöön että pelaajatovereihinsa (Daul, 2014).

### **5.3 Käytettävyyden ongelmia ohjelmistoprojekteissa**

Yleensä ohjelmistoprojektit ovat tiukkaan budjetoituja, jolloin kaikki toiminnallisuus pyritään pitämään mahdollisimman pienenä (Viikki, 2011). Monissa projekteissa käytettävyyttä ei valitettavasti nähdä yhtenä tärkeimmistä toiminnallisuuden elementeistä (Petrovic, 2011). Usein myös käytettävyyso aloitetaan liian myöhään (Budwig 2009). Se johtaa siihen, että törmätään käytettävyysoongelmiin, kun ohjelmistoa ollaan siirtämässä asiakkaalle, tai mahdollisesti vasta käytön aloituksen yhteydessä. Useissa projekteissa kuvitellaan, että yksi käytettävyysoasiantuntija voisi ratkaista kaikki käytettävyyteen liittyvät ongelmat. Jacob Nielsen vertaa urheilijoiden tuloksia käytettävyyden ongelmien ratkaisuun. Hänen mielestään asiantuntija pääsee parempiin tuloksiin kuin yleisosaaja myös käytettävyyden ongelmien ratkaisussa. Ohjelmistoprojekteissa pitäisi olla useita käytettävyysoasiantuntijoita yhden sijaan (Nielsen, 2018).

Suomalaisten kunnallisten ja yksityisten sairaaloiden lääkäreille on tehty haastattelututkimus potilastietojärjestelmistä (EHR, Electronic Health Record) ja siitä, kuinka hyvin käytettävyyso on niissä onnistunut. Tutkimuksessa oli mukana yhdeksän eri järjestelmää. Se toteutettiin kahdessa osassa: ensimmäinen vuonna 2010 ja jatkotutkimus 2014. Vakavia käytettävyysoongelmia löydettiin jo vuonna 2010. Ne estävät potilastietokantaohjelmiston tehokkaan käytön, eivätkä tue lääkäreiden normaaleja rutiineja. Käytettävyysoongelmat eivät olleet korjaantuneet vielä vuoden 2014 tutkimukseen mennessä. (Kaipio, 2015).

Esittelen kaksi projektia, joissa käytettävyyso on otettu vakavasti huomioon ja tehty mielenkiintoisia löydöksiä. Ensimmäinen toteutettiin tapaustutkimuksena monikansallisen telekom-yrityksen projektissa (Isomursu, 2012). Siihen oli palkattu useita käytettävyyden asiantuntijoita, joita yritettiin hyödyntää joko siten, että he kaikki olivat yhdessä tiimissä, tai siten, että heidät oli jaettu tasaisesti kaikille tiimeille. Molemmissa tavoissa eteen tuli useita ongelmia ohjelmiston kehityksen aikana. Yksi silmiinpistävä löydös oli, että ohjelmistokehittäjien olisi haluttu osallistuvan käytettävyysoasioiden

tuotteistamiseen. Koska käytettävyyden specialistit joutuivat projektissa hoitamaan käytettävyyteen liittyvän kehitystyön, tuotteistaminen oli hitaampaa.

Toisessa niin ikään monikansallisessa yrityksessä toteutetussa tutkimuksessa tehtiin havaintoja nimenomaan Agile-menetelmästä ja käytettävyydestä. Siinäkin havaittiin puutteita käytettävyyden osaamisessa. Jopa puolet tietotekniikan ammattilaisista, joita oli mukana tutkimuksessa, piti tietämystään käytettävyydestä riittämättömänä. (Kuusinen, 2012). Mielestäni se osoittaa, että käytettävyyssasiat eivät kuulu pelkästään käytettävyyden asiantuntijoille, vaan kaikkien täytyy osallistua niihin. Se tarkoittaa, että kaikkien tietotekniikan ammattilaisten tarvitsee saada käytettävyyškoulutusta opiskelunsa aikana.

Yhtenä hyvänä esimerkkinä on Suomen koulujen Wilma-järjestelmä. Seurasin oppitunnilla, kun opettaja yritti löytää järjestelmästä tapaa liittää oppilas omalle kurssilleen. Hän ei onnistunut siinä noin viidentoista minuutin yrityksen jälkeen. Järjestelmä oli ollut koulussa käytössä jo kolme kuukautta. Mielestäni oppilaan liittäminen kurssille on yksi keskeisistä toiminnoista, jotka pitäisi pystyä tekemään ilman sen suurempaa etsimistä. Lisäksi kyseinen opettaja totesi, ettei arviointien kirjaaminen toiminut kyseisessä järjestelmässä lainkaan vielä kolmen kuukauden jälkeen. Tuote oli julkaistu keskeneräisenä.

Yllä olevilla esimerkeillä olen pyrkinyt tuomaan esille, että käytettävyyden ongelmia on sekä suuryritysten projekteissa että terveydenhuollon ja koulutuksen järjestelmissä. Ne ovat järjestelmiä, joilla on vaikutusta suureen osaan kansalaisista.

## **5.4 Tutkimuksen toteutus**

### **5.4.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset**

Tutkimukseni aiheena on opiskelijoiden käytettävyyškoulutus, jota tarkastelen yliopistojen tietotekniikan ja tietojenkäsittelytieteen maisteriohjelmien ja ammattikorkeakoulujen tietojenkäsittelyn koulutusohjelmien viitekehyksessä. Pyrin valitsemani tutkimusmenetelmän ja aineistoni pohjalta pohtimaan, millaisena käytettävyyškoulutus näyttäytyy tutkinto-ohjelmissa, eli onko se valinnaista vai pakollista.

Tutkimuskysymykseni ovat:

1. Onko käytettävyyskoulutusta pakollisena tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan opinto-ohjelmissa?
2. Kuinka paljon eri oppilaitosten opinto-ohjelmissa on käytettävyysopintoja?

Tutkimusaiheen valintaan vaikutti ennen kaikkea omien opintojen aikana annetun käytettävyyskoulutuksen vähäinen määrä ja se, kuinka yleisesti käytettävyysongelmat nousevat esiin ohjelmistoissa.

### **5.4.2 Systemaattinen analyysi tutkimusmenetelmänä**

Systemaattinen analyysi voidaan asiayhteydestä riippuen ymmärtää eri tavoin. Laajasti ymmärrettynä se voidaan nähdä tieteellisen tutkimuksen välttämättömänä osana, jolloin se olisi jossain määrin ehtona tieteellisen tiedon synnylle. Suppeammin määriteltynä sen voidaan katsoa tarkoittavan erityisesti tutkimusaineistojen analyysiin liittyvää työtapaa. (Törmänen & Paasivaara, 2009). Tässä tutkimuksessa systemaattinen analyysi on ymmärretty laadullisena tutkimusmenetelmänä, jota sovelletaan valmiiden tutkinto-ohjelmien analyysiin. Se ei ole sidoksissa varsinaisesti mihinkään yksittäiseen filosofiseen suuntaukseen, vaan sitä voidaan käyttää monissa tutkimuksissa (Jussila, 1992). Hannulan (2007) mukaan systemaattinen analyysi on sopiva kaikenlaisten tekstityyppien sisällön selvittämiseen. Siinä tutkimusaineisto rakennetaan pääsääntöisesti jo olemassa olevasta lähdemateriaalista sen sijaan, että tieto kerättäisiin empiirisiin menetelmin (Törmänen & Paasivaara, 2009). Se pätee omassa tutkimuksessani, sillä aineistona toimivat tutkinto-ohjelmat ovat olemassa tästä tutkimuksesta riippumatta.

### **5.4.3 Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus**

Tutkimuksen eettisyyttä ja luotettavuutta on luontevaa lähteä tarkastelemaan tutkimuksen ominaislaadusta käsin. Valitsin tutkimuskohteekseni tutkinto-ohjelmia, jotka ovat julkisia ja kenen tahansa luettavissa. Alasuutarin (1999) mukaan aineistoa, joka on olemassa tutkimuksen tekijästä riippumatta, voidaan pitää ihanteellisena tutkimukselle. Alasuutari (1999) mainitsee myös, että laadulliselle tutkimukselle on luontevaa, että kerätään tutkimusaineistoa, joka tekee monenlaiset tarkastelut mahdollisiksi. Tutkinto-ohjelmat voidaan ymmärtää tällaisiksi aineistoiksi, sillä tutkijan lähtökohdista ja kiinnostuksen kohteista riippuen niihin voidaan kohdistaa erilaisia tutkimuskysymyksiä. Tässä

tutkimuksessa tarkasteltavat asiakirjat ovat myös olleet olemassa ennen tämän tutkimuksen muotoutumista.

Tutkimukseni keskittyy tarkastelemaan käytettävyyškoulutuksen näyttäytymistä valituissa suomalaisissa yliopistoissa ja korkeakouluissa tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan koulutusohjelmissa. Sitä ei voida yleistää koskemaan kaikkien koulutusohjelmien sisältöä sellaisenaan, mutta varmasti se antaa yleiskuvan nykyisestä tilanteesta. Tutkimuksellani kiinnitän huomion käytettävyyškoulutuksen pakollisuuden vähäisyyteen, mikä saattaa omalta osaltaan auttaa muita tutkijoita näkemään samankaltaisia puutteita myös muissa opinto-ohjelmissa.

## **5.5 Käytettävyys tietotekniikan tutkinto-ohjelmissa yliopistoissa ja ammattikorkeakouluissa**

Tutkimukseni aineisto koostuu kolmen yliopiston maisteriohjelmien ja kolmen ammattikorkeakoulun tietotekniikan tutkinto-ohjelmien sisällöstä vuonna 2017. Rajaan tarkasteluni kuuteen oppilaitokseen: Aalto Yliopisto, Helsingin Yliopisto, Tampereen Yliopisto, Haaga-Helia, Metropolia ja Laurea, koska niiden opiskelijamäärät tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan koulutusohjelmissa ovat kohtuullisen suuret. Olen pitäytynyt tutkimuksessani tietoon, joka on löydettävissä oppilaitosten omilta verkkosivustoilta.

Tarkoitukseni on selvittää, onko tarkasteltavista koulutusohjelmista mahdollisuus valmistua ilman minkäänlaista käytettävyyškoulutusta. Lisäksi olen selvittänyt, kuinka paljon käytettävyys- ja pelisuunnitteluopintoja tutkituissa oppilaitoksissa on tarjolla.

Käyttämäni aineistoa ei tietääkseni ole käytetty aikaisemmissa tutkimuksissa käytettävyyden näkökulmasta. Olen rajannut tarkasteluni nimenomaan vuoden 2017 tutkimusvaatimukseen enkä ole tehnyt seurantatutkimusta tutkimusvaatimusten muuttumisesta esimerkiksi kymmenen vuoden aikana.

Olen analysoinut aineistoa systemaattisella analyysillä (Törmänen & Paasivaara, 2009). Saadakseni yleiskuvan annetusta käytettävyyškoulutuksesta olen kiinnittänyt huomiota kussakin koulutusohjelmassa tarjottuihin nimenomaan käytettävyyteen keskittyneisiin kursseihin. En ole ottanut huomioon muiden kurssien sisällä on mahdollisesti annettua

käytettävyyskoulutusta. Kuten kappaleesta 5.2 käy ilmi, käytettävyyteen perehtyminen vaatii paljon paneutumista, minkä vuoksi se vaatii omat kurssinsa.

Tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan koulutusohjelmia ja niihin liittyvää käytettävyyskoulutusta tutkimalla olen pystynyt määrittelemään, paljonko käytettävyyskoulutusta tarjotaan pakollisina ja paljonko valinnaisina kursseina. Pelisuunnittelu- ja pelitestauskurssit olen ottanut mukaan käytettävyyskoulutuksena, koska hyvän pelin suunnitteluun kuuluu olennaisesti käytettävyyden huomioon ottaminen. Silti se ei tietenkään takaa, että koulutuksessa niin olisi tehty. Koska en löytänyt aikaisempaa tutkimusta asiantilan selvittämiseksi, se on johtopäätöksissä otettava huomioon.

Saamiani lukuja tulkitsemalla olen pystynyt määrittelemään, moniko tietojenkäsittelytieteen tai tietotekniikan koulutusohjelmista on mahdollista suorittaa ilman käytettävyyskoulutusta. Valitettavasti ei ole vielä tiedossa, moniko opiskelija suorittaa käytettävyyskursseja valinnaisina ja mitkä tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan koulutusohjelmien suuntautumisvaihtoehdoista todella toteutuvat. Siitä syystä joudun pitäytymään pelkästään luvuissa, jotka ovat saatavilla koulutustarjonnan perusteella.

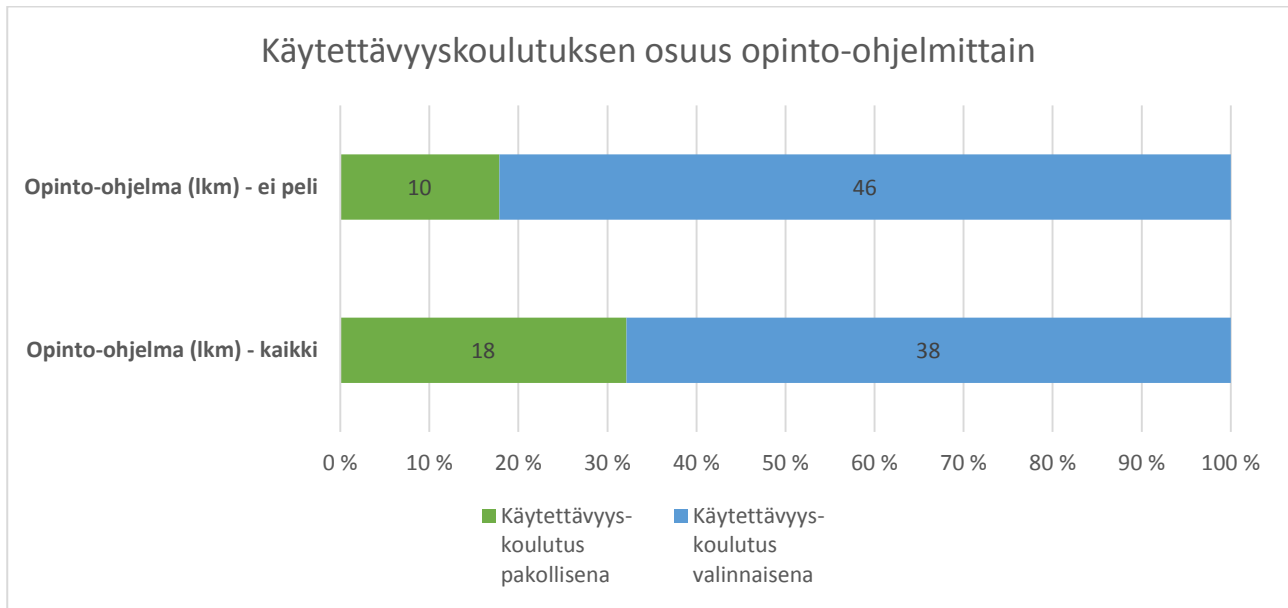
Lisäksi olen pyrkinyt osoittamaan, että käytettävyyskoulutus ei saavuta riittävästi opiskelijoita ohjelmistoprojektien tarpeisiin nähden.

Käytettävyyskoulutuksen määrä opintopisteinä vaihtelee jonkin verran oppilaitoksesta toiseen. Pääsääntöisesti käytettävyyskoulutusta on tarjolla 15 opintopisteestä aina 80 opintopisteeseen. Pelisuunnittelua voi opiskella jopa 105 opintopisteen edestä. Olen tutkimuksessani huomionnut 5 opintopisteen kurssin riittäväksi pakolliseksi käytettävyyskoulutukseksi opinto-ohjelmaa kohti.

## **5.6 Tuloksia käytettävyyskoulutuksen osuudesta opinto-ohjelmissa**

Havaitsin tutkinto-ohjelmia tutkimalla, että jokaisessa tarkastelemassani kuudessa oppilaitoksessa ja kaikissa tietojenkäsittelytieteen tai tietotekniikan opinto-ohjelmissa tarjotaan käytettävyyskoulutusta ainakin valinnaisena kurssina. Pakollisena käytettävyyskoulutusta on huomattavasti vähemmän. Olen kerännyt tietoa opinto-

ohjelmista ja siitä, mihin niistä liittyy joko pakollisia tai valinnaisia käytettävyysopintoja. Kuvassa (Kuva 5-1) esitän yhteenvedon käytettävyyskurssien määrästä.



Kuva 5-1. Käytettävyyskoulutuksen osuus opinto-ohjelmittain.

Kuvaajasta (Kuva 5-1) näkyy käytettävyyskoulutuksen pakollisuuden osuus opinto-ohjelmissa. Kahdeksassatoista opinto-ohjelmassa viidestäkymmenestäkuudesta on pakollisia käytettävyys- tai pelikursseja. Pakollista käytettävyyskoulutusta siis sisältyy keskimäärin 32 prosenttiin kaikista tutkituista tietojenkäsittelytieteen tai tietotekniikan koulutusohjelmista. Kahdeksassa tapauksessa 18:sta käytettävyyskoulutus sisältyi peliohjelmoinnin opintoihin, mikä tarkoittaa, että 44 prosenttia pakollisesta käytettävyyskoulutuksesta sijoittuu peliohjelmoinnin koulutusohjelmiin. Kun tarkastellaan niitä koulutusohjelmia, joihin ei kuulu peliohjelmointia, pakollista käytettävyyskoulutusta on vain noin 18 prosentissa koulutusohjelmista. Halusin tuoda tämän esille, koska oletettavasti ne, jotka saavat peliohjelmointikoulutusta, suuntautuvat peliohjelmoinnin pariin.

Olen myös kerännyt tietoa eri oppilaitosten tarjoaman käytettävyys- ja pelisuunnittelun koulutuksen laajuudesta. Seuraavassa taulukossa on listattu eri oppilaitosten tarjoaman käytettävyys- ja pelisuunnittelun koulutuksen laajuus opintopisteinä (Taulukko 5-1).

Taulukko 5-1. Koulutuksen määrä oppilaitoksessa.

Oppilaitos	Käytettävyys- koulutus (op)	Peli- koulutus (op)	Yhteensä
Helsingin Yliopisto	15	10	25
Aalto Yliopisto	65	60	125
Tampereen Yliopisto	80	80	160
Haaga-Helia	5		5
Laurea	30		30
Metropolia	5	105	110

Käytettävyyskoulutuksen laajuus ei ole aivan suoraan verrattavissa, sillä Helsingin Yliopistossa, Haaga-Heliassa ja Metropoliaassa ei ole varsinaista käytettävyyteen liittyvää koulutusohjelmaa, kun taas muissa tutkituissa oppilaitoksissa näin on. Toisaalta sama koskee peliopintoja. Metropoliaassa, Aalto-yliopistossa ja Tampereen yliopistossa on oma pelisuunnittelun suuntautumisvaihtoehto, kun taas Helsingin Yliopistossa siitä tarjotaan vain yksittäisiä kursseja. Haaga-Helia ja Laurea eivät toistaiseksi tarjoa pelisuunnittelun suuntautumisvaihtoehtoa tai kursseja.

## 5.7 Pohdintaa

Käytettävyyskoulutusta on yliopistoissa ja ammattikorkeakouluissa tarjolla valinnaisina kursseina kaikissa tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan opinto-ohjelmissa. Ongelma on se, että pakollisia käytettävyysopintoja sisältyy vain noin 32 prosenttiin koulutusohjelmista. Pakollisuuden osuus vaihtelee oppilaitoksien välillä, mutta tarkoituksenani ei ollut selvittää, mikä koulutus antaa parhaat valmiudet, vaan kuinka vähän käytettävyyskoulutusta ylipäänsä tarjotaan. Pakollisten opintojen vähäisyys tarkoittaa sitä, että työelämään siirtyy tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan ammattilaisia ilman riittävää käytettävyysosaamista. Jo työelämässä olevat eivät ilman uudelleen koulutusta saa riittävää käytettävyyskoulutusta, ja jos oppilaitostenkin tarjonta lukuvuonna 2017–2018 on riittämätöntä, käytettävyyden ongelmat jatkuvat vielä pitkään. Vaikka käytettävyysopintojen vajeen ongelma oppilaitoksissa korjattaisiin välittömästi, kestää jonkin aikaa, ennen kuin se näkyy tuotannossa. Siksi tarvitaan pikaisia muutoksia.

Olen tarkastelussani huomionut ainoastaan tietojenkäsittelytieteen ja tietotekniikan opinto-ohjelmat. Niissä tilanne on käytettävyyden osalta mielestäni heikohko, mutta voi

olla, että se on vielä huonompi muissa koulutusohjelmissa, joista voi valmistua ammattilaisia, jotka päättävät ohjelmistoprojektien sisällöstä. Siinä voisi olla aihetta jatkotutkimukseen.

Olen rajannut tutkimuksen eri oppilaitosten tarjontaan. Se ei välttämättä anna täysin oikeaa kuvaa siitä, paljonko opiskelijat todellisuudessa saavat käytettävyyškoulutusta, koska en ole tutkinut käytettävyyssurssien osanottajamääriä. Sitä voisi vielä selvittää jatkossa. Todellisuudessa tilanne saattaa olla jopa havaittua heikompi, koska voi olla, ettei peliohjelmointikursseilla opita käytettävyydestä niin paljon kuin tässä tutkimuksessa olen olettanut.

On myös merkitystä sillä, mistä oppilaitoksesta opiskelija valmistuu. Toisissa oppilaitoksissa voi opiskella käytettävyyden asiantuntijaksi, kun taas toisissa keskitytään käytettävyyteen yleisemmin. Yhdessä tutkituista oppilaitoksista opinnot painottuivat enemmän pelien suunnitteluun.

## 5.8 Lähteet

Alasuutari, P. (1999). *Laadullinen tutkimus*. 3. uudistettu painos. Tampere: Vastapaino.

Budwig, M., Jeong, S., Kelkar, K. (2009). When Usability met Agile: A case study. In: *Proc. of the 27th International Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA 2009)*, pp. 3075–3084. ACM.

Daul S. (2014). *Game Design for Learning*, Alexandria VA: ATD.

Desurvire H., Caplan M., & Toth J. (2004). *Using Heuristics to Evaluate the Playability of Games*, 1.

Hannula A. (2007). Systemaattinen tekstianalyysi. Kohteena Paulo Freiren pedagogian klassikkoteokset. Teoksessa Syrjäläinen, E. & Eronen, A. & Värri, V. (toim.) *Avauksia laadullisen tutkimuksen analyysiin*. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy – Juvenes Print.

Hudson S., Jennifer M. (2014). Concepts, Values, and Methods for Technical Human–Computer Interaction Research, *Ways of Knowing in HCI*, pp. 69-94, Springer, Heidelberg (2014).

- ISO/DIS 9241-11.2: *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VTDs) - Part 11: Guidance on usability*. (1996).
- Isomursu M, Sirotkin A, Valtti P, Halonen M (2012). *User experience design goes agile in lean transformation – a case study*. In: 2012 agile conference, Dallas, pp 1–10.
- Jussila H., Montonen K. & Nurmi K. (1992). Systemaattinen analyysi kasvatustieteiden tutkimusmenetelmänä. Teoksessa Gröhn, T. & Jussila, J. (toim.) *Laadullisia lähestymistapoja koulutuksen tutkimuksessa*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Laitinen S. (2005). *Gamasutra – Better Games Through Usability Evaluation and Testing*. Retrieved July 23, 2015, from [http://www.gamasutra.com/view/feature/2333/better\\_games\\_through\\_usability.php](http://www.gamasutra.com/view/feature/2333/better_games_through_usability.php)
- Kaipio, J., Lääveri, T., Hyppönen, H., Vainiomäki, S., Reponene, J., Kushniruk, A., Borycki, E., Vänskä, J. (2015). *Usability problems do not heal by themselves: National survey on physicians' experiences with EHRs in Finland*. *International Journal of Medical Informatics* 97 (2017), pp. 266-281.
- Kuusinen, K., Mikkonen, T. & Pakarinen, S. (2012). Agile User Experience Development in a Large Software Organization: Good Expertise but Limited Impact, *LNCS* vol. 7623 pp. 94-111. Springer, Heidelberg.
- Nielsen, J. (1995). *10 Usability Heuristics for User Interface Design*, <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Nielsen, J. (2018). *The UX Unicorn Myth*, video <https://www.nngroup.com/videos/ux-unicorn-myth/>
- Petrovic, K., Siegmann, M. (2011). Make Space for the Customer: The Shift towards Customer Centricity. In: Marcus, A. (ed.) *HCI 2011, Part I*. LNCS, vol. 6769, pp. 485–490. Springer, Heidelberg.
- Plonka, L., Sharp, H., Gregory, P. & Taylor, K. (2014). *UX Design in Agile: A DSDM Case Study*, *LNBIP* vol. 179, pp.1-15. Springer, Heidelberg.
- Pratt, A. & Nunes, J. (2012). *Interactive Design: An Introduction to the Theory and Application of User-centered Design*, e-book (EBSCOhost), Beverly, Mass: Rockport Publishers.

- Rajanen, M. & Marghescu, D. (2006). The Impact of Game Usability to Player Attitude, *In proceedings of 29th Information Systems Research Seminar In Scandinavia (IRIS29)*, Helsingoer, Denmark, 1-8.
- Rogers, S. (2014). *Level up! the Guide to Great Video Game Design*, New Jersey: John Wiley & Sons,inc.
- Törmänen, O. & Paasivaara, L. (2009). Systemaattinen analyysi tutkimusmenetelmänä – sovellus tekstiaineistoon terveyshallinto-tieteellisessä tutkimuksessa. *Hallinnon tutkimus*, 5/2009, 13–27.
- Viikki, K. & Palviainen, J. (2011). Integrating Human-Centered Design into Software Development - An Action Research Study in Automation Industry. In: Proc. of (SEAA 2011). IEEE Computer Society.
- Zahirovic, A., Lowgren, J., Calrroll, J.M., Hassenzahl, M. & Ericsson, T. (2018). *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2nd Ed. <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/human-computer-interaction-brief-intro>

## 6 Naiset ICT-alan vähemmistönä

*Maria von Kügelgen*

### 6.1 Johdanto

Sekä tutkijat että ICT-alan työnantajat ovat jo pitkään puhuneet alan työvoimapulasta (esimerkiksi Corbett & Hill, 2015; Google, 2014; Newmarch, Cumpston & Taylor-Steele, 2000). Ohjelmistoyrittäjät ry:n mukaan tällä hetkellä töitä olisi Suomessa noin 8 000 ohjelmoijalle (Korhonen, 2018; Ohjelmistoyrittäjät, 2018). Teknologiateollisuus ry:n vuodenvaihteessa 2017–2018 jäsenyrityksilleen tekemän kyselyn mukaan ICT-osaajia tarvitaan Suomessa noin 11 400 vuoteen 2021 mennessä (Teknologiateollisuus, 2018).

Naisten osuus tietotekniikan opiskelijoista ja alan työntekijöistä on pienempi kuin miesten, ja toisin kuin muilla matemaattis-luonnontieteellisillä aloilla, osuus on ollut lisäksi viime vuosikymmeninä laskusuunnassa ympäri maailman (Corbett & Hill, 2015). Suomessa vain noin 20 % ohjelmistoalalla tällä hetkellä työskentelevistä on naisia (Ohjelmistoyrittäjät, 2018). Naisten suhteellisen osuuden pienuus yhdistettynä alan työvoimapulaan on nostanut esiin lukuisia puheenvuoroja siitä, että naisia pitäisi saada alalle merkittävästi enemmän (Google, 2014; Teknologiateollisuus, 2018).

Julkisessa keskustelussa on tuotu esiin useita keinoja naisten määrän lisäämiseen alalla. Usein mainitaan se, että jo pienten lasten käsityksissä tietokoneet nähdään enemmän poikien juttuna, ja muutoksen pitäisi lähteä hyvin varhaisesta vaiheesta (Corbett & Hill, 2015; Newmarch, Cumpston & Taylor-Steele, 2000). Toisaalta työvoiman tarve on akuutti, joten myös alanvaihtajille on tarvetta.

Työvoimapulan lisäksi on esitetty useita muitakin syitä sille, miksi naisia pitäisi olla enemmän ICT-alalla. Nämä syyt voidaan jakaa kolmeen ryhmään: hyötynä alalla työskentelevälle naiselle itselleen, hyötynä naisille ylipäätään ja hyötynä ICT-alalle.

Työvoiman tarpeen lisäksi muita hyötyjä alalle on tuotu esiin sitä kautta, että monimuotoisuus, naisten lisäksi myös muiden vähemmistöjen tuoma, alalla lisääntyy. Monenlaisista taustoista tulevista ihmisistä koostuva työryhmä saa usein aikaan parempaa tuottavuutta ja innovaatioita kuin homogeeninen ryhmä tai yksi yksinäinen nero.

Heterogeenisyyden lisääminen ei kuitenkaan aina suju ongelmitta, vaan se edellyttää ryhmän jäseniltä valmiutta oppia erilaisuudesta ja rakentaa sen päälle. (Corbett & Hill, 2015)

Nyky-yhteiskunnassa tietokoneohjelmilla on merkittävä ja jatkuvasti kasvava rooli. On esitetty, että tietokoneohjelmat ovat erilaisia, jos niitä on tekemässä miesten sijaan tai lisäksi naisia. Pelkästään miesten tekemissä ohjelmissa naisia ei välttämättä osata huomioida riittävästi. Konkreettisena esimerkkinä tästä on mainittu se, että ensimmäiset puheentunnistusalgoritmit eivät usein tunnistanee naisten ääntä, koska niiden harjoittamiseen oli käytetty yksinomaan miesten puhetta. On myös tärkeää, että naiset ovat mukana päättämässä siitä, mitä ohjelmia ylipäätään päätetään tehdä, jotta heidän tarpeensa eivät jäisi huomiotta. (Corbett & Hill, 2015)

Alalla työskentelevälle naiselle itselleen tulevien hyötyjen on katsottu liittyvän pääosin työsuhteen etuihin. Alalla työskentely ei välttämättä vaadi korkeaa koulutusta, mutta siitä on silti mahdollista saada hyvää palkkaa. Naisten ja miesten välinen palkkaero on lisäksi pienempi kuin monella muulla alalla. Myös muut työsuhteen ehdot ovat monelle houkuttelevia; työajat ja -paikat ovat usein joustavia ja työ on itsenäistä. Oletettavasti pitkälti edellä mainituista syistä alalla on korkea työtyytyväisyys. Lisäksi alan jatkuvasti lisääntyvä työvoiman tarve tarkoittaa hyvää työllisyystilannetta. (Corbett & Hill, 2015)

## 6.2 Historiaa

Toisen maailmansodan aikana tulivat käyttöön ensimmäiset tietokoneet, joilla pyrittiin laskemaan ohjusten lentoratoja ja purkamaan salakirjoitusta. Koneiden rakentajilla ei ollut kovin tarkkaa kuvaa niiden mahdollisista käyttötavoista, joten ensimmäisten ohjelmoijien tärkeimpiä tehtäviä oli miettiä, miten niitä voitaisiin ohjelmoida. Tarvittavat laskelmat oli aiemmin tehty käsin, ja niistä vastasivat pääosin naiset. Näiden käsin laskelmia tehneiden naisten joukosta valittiin myös ensimmäiset ohjelmoijat. (Abbate, 2012)

Myös sodan jälkeen naiset olivat pitkään alalla vahvasti mukana. Koska ala oli uusi, ohjelmointitehtäviä ei osattu pitää erityisen merkityksellisinä, ja tärkeämpänä pidetyt työt varattiin niille miehille, jotka sodan jäljiltä olivat käytettävissä. Suurin osa ohjelmoijista 1940- ja 1950-luvuilla olikin naisia. (Abbate, 2012; Corbett & Hill, 2015)

Toisaalta myös naiset olivat uudesta alasta kiinnostuneita. Ennen sotaa matemaattisesti suuntautuneille, koulutetuille naisille ei ollut juuri muita uravaihtoehtoja kuin opettaa lapsille matematiikkaa tai hoitaa mekaanisia laskentatehtäviä esimerkiksi vakuutusyhtiöissä. (Abbate, 2012.)

Kukaan ei tarkkaan tiennyt, mistä ohjelmoinnissa oli kyse, joten sukupuolistereotypiat vaikuttivat merkittävästi käsityksiin työn luonteesta. Koska suurin osa ohjelmoijista oli naisia, ala ei ollut kovin arvostettu. Ohjelmointityötä pidettiin yksinkertaisena työnä: reikäkorttien rei'ittämisen ja mekaanisen laskennan jatkumona. Tämä tarkoitti sitä, että myös palkkaus oli huonoa, eikä uralla eteneminen ollut juurikaan mahdollista. (Abbate, 2012; Corbett & Hill, 2015.)

Käsitys työn yksinkertaisuudesta oli kuitenkin virheellinen. Vaikka jotkut työtehtävät olivatkin varsin mekaanisia, työ piti sisällään merkittävässä määrin myös numeerista analyysiä, ohjelmointia ja teknistä ongelmanratkaisua. Tältä osin alan osaamista koskevat käsitykset alkoivat saada mystisiäkin piirteitä, ja koodaamista alettiin pitää erityisiä lahjoja vaativana. Naisten osuutta korostavan sihteerimäisen mielikuvan lisäksi 1950- ja 1960-luvuilla oli vahvana myös käsitys ohjelmoivasta miehestä "yksinäisenä sutena". (Ashcraft & Ashcraft, 2015.)

Kumpikaan näistä mielikuvista ei ollut erityisen houkutteleva, ja alan palkkataso oli melko alhainen. Alan harvat paremmin palkatut tehtävät olivat esimiestehtäviä, mutta niihin alan naisedustus ei enää yltänyt. Päätävissä asemissa alalla oli silloisten yhteiskunnallisten asenteiden mukaisesti vain miehiä. (Ashcraft & Ashcraft, 2015; Morley & McDonnell, 2015.)

1960-lukua lähestyttäessä ongelmaksi muodostui työvoimapula, ja oli tarve saada lisää miehiä innostumaan alipalkatusta alasta, jota koskevat mielikuvat tarjosivat harvoille samaistumisen kohteita ja jolla ei ollut juurikaan etenemismahdollisuuksia. Mielikuvia piti alkaa muokata siihen suuntaan, että myös miehet alkaisivat enenevässä määrin kiinnostua alasta. Toisaalta myös naisille oli edelleen tarvetta, joten rekrytoinnissa piti tasapainoilla naisten ja miesten oletettujen toiveiden ja tarpeiden välillä. (Ashcraft & Ashcraft, 2015; Morley & McDonnell, 2015.)

Naisia houkuteltiin alalle mainostamalla, että työ on helppoa ja että kuka tahansa osaisi sitä tehdä. Toisaalta tämän kanssa ristiriitaisesti miesten houkuttelemiseksi pyrittiin

luomaan kuvaa korkeaa koulutusta vaativasta tieteellisestä alasta ja korostettiin mahdollisuuksia edetä uralla. (Ashcraft & Ashcraft, 2015.)

Miehiä myös palkattiin usein suoraan esimiestehtäviin, vaikka heillä ei ollut alasta entuudestaan lainkaan osaamista. Käytännössä näitä tehtäviä aiemmin hoitaneet naiset kouluttivat miehet tehtäviinsä, mutta eivät juuri koskaan itse saaneet mahdollisuutta edetä urallaan, varsinkaan, jos se olisi tarkoittanut sitä, että heillä olisi ollut miehiä alaisina. Naisten teknistä osaamista ei tällöinkään juuri koskaan kyseenalaistettu vaan kyse oli siitä, että heillä ei katsottu naiseutensa vuoksi olevan esimiestehtäviin tarvittavia kykyjä. (Ashcraft & Ashcraft, 2015.)

Sotien vaikutus työvoiman saatavuuteen hiipui, ja 1970-luvulla pahin työntekijäpula alkoi helpottaa. Se heijastui rekrytointiin ja työvoiman houkutteluun alalle. Alan helppoutta ja yksinkertaisuutta mainostavat kampanjat hiipuivat pois, ja naisten vähäininkin uralla eteneminen vaikeutui entisestään. Samoin rekrytointikäytännöt suosivat miehiä, ja alalle alkoi entistä enemmän päätyä yksinään viihtyviä, matemaattisesti lahjakkaita miehiä. Koska palkkaus oli huono ja etenemismahdollisuudet olemattomat, naiset alkoivat hakeutua muihin tehtäviin. (Ashcraft & Ashcraft, 2015; Corbett & Hill, 2015.)

Myös koulutukseen hakeutumisen osalta mielikuvilla oli merkittävä osuus. Esimerkiksi Suomessa tietotekniikkaa opetettiin sekä yliopistoissa että teknillisissä oppilaitoksissa. Yliopistoissa naisten osuus oli yleisesti nousussa, ja myös heidän osallistumisensa tietotekniikkakursseille yliopistoissa vastasi tätä kehitystä. Sen sijaan miesvaltaisissa teknillisissä oppilaitoksissa lähes samansisältöisillä kursseilla naisten osuus oli lähes olematon. Parhaimmillaan 1980- ja 1990-lukujen taitteissa noin puolet alaa yliopistoissa opiskelevista oli naisia, kun taas teknillisissä oppilaitoksissa heitä oli alle 10 %. Kyse ei siis ollut siitä, etteikö ala olisi kiinnostanut naisia, vaan ennemmin koulutukseen liitetyistä mielikuvista ja miesvaltaisten oppilaitosten naisvihamielisestäkin kulttuurista. (Morley & McDonnell, 2015.)

Alan opiskelijamäärät heijastuivat myös työntekijöiden määrään, ja 1980-luvulla naisten osuus oli suurimmillaan. Noin 30 prosenttia ohjelmoijista oli naisia. Sen jälkeen naisten osuus on jatkuvasti pienentynyt. (Morley & McDonnell, 2015.)

Yhtenä merkittävänä syynä naisten osuuden vähenemiseen on pidetty kotitietokoneiden määrän kasvua 1980-luvun alkupuolelta lähtien. Sitä ennen hyvin harvalla oli ylipäätään

käytännön kokemusta tietokoneista, joten miehet ja naiset olivat kokemuksen suhteen samalla viivalla. (Corbett & Hill, 2015)

Uusia kotitietokoneita markkinoitiin vahvasti pojille ja miehille, ja he ottivatkin kotitietokoneet omikseen eri tavalla kuin naiset (Powell & Chang, 2016). Tietokoneet istuivat myös osaksi miehistä pelikulttuuria, mikä jätti tytöt ja naiset helposti ulkopuolelle. Nykyäänkin tietokonepelien ympärillä oleva kulttuuri on hyvin mieskeskeinen ja usein naisvihamielinen. (Corbett & Hill, 2015.)

Toisena syynä on esitetty samoin 1980-luvulta alkanut kasvava kiinnostus alan opiskelua kohtaan, minkä vuoksi opiskelemaan pääsy on vaikeutunut, sillä alan opiskelupaikkojen määrä ei ole kasvanut samaa tahtia. Se on johtanut poikien etulyöntiasemaan opiskelijavalinnassa, sillä peruskoulutuksessa tyttöjä on perinteisesti kannustettu poikia vähemmän matemaattisiin opintoihin. Lisäksi suurin osa alan opiskelupaikoista on teknisissä, miesvaltaisissa oppilaitoksissa, mikä osaltaan on vaikuttanut naisten vähäisempään opiskeluhaluuteen. (Corbett & Hill, 2015.)

Täytyy kuitenkin muistaa, että tilanne ei ole sama joka puolella maailmaa ja eri ideologiat ovat muovanneet tilannetta eri tavoin. Vaikka esimerkiksi Yhdysvalloissa vain noin viidennes ICT-alan työvoimasta on tällä hetkellä naisia, Malesiassa heitä on noin puolet työvoimasta (Corbett & Hill, 2015; Huyer, 2015; Newmarch, Cumpston & Taylor-Steele, 2000). Useimmissa maissa naiset eivät perinteisesti ole olleet mukana tietokoneiden rakentamisessa, vaan ainoastaan ohjelmoinnissa ja siinäkin vähemmistönä. Esimerkiksi Neuvostoliitossa naiset osallistuivat kuitenkin aktiivisesti ensimmäisen digitaalisen tietokoneen suunnitteluun ja rakentamiseen vuonna 1951 (Abbate, 2012).

### **6.3 Nykytilanne**

Naiset hakeutuvat ICT-alalle vähemmän kuin miehet ja lähtevät alalta herkemmin. Lukuisat tutkimukset kuitenkin osoittavat, että naisten kyvyissä ei ole mitään eroa miehiin verrattuna. Syytä naisten pieneen osuuteen on siis etsittävä muualta. (Corbett & Hill, 2015.)

Jo peruskouluikäisissä lapsissa havaitaan eroja tyttöjen ja poikien kiinnostuksessa matemaattis-luonnontieteellisiä aineita kohtaan. Usein kiinnostuksen kohteet ovat niitä,

joissa kokee olevansa hyvä. Koska tyttöjen ja poikien osaamisessa ei tältä osin ole merkittäviä eroja, syyt eroihin kiinnostuksessa ovat muualla. (Corbett & Hill, 2015.)

Lapsena omaksutut käsitykset vaikuttavat usein myöhemmin opiskelualaa valitessa. Lisäksi naisten osuutta tietotekniikan ja sen lähialojen opiskelussa pienentävät aiemmin tehdyt valinnat. Miehet ovat opiskelleet koulussa naisia enemmän matemaattis-luonnontieteellisiä aineita, joten heidän on helpompi saada alan opiskelupaikkoja. Opintojen aikana naiset myös vaihtavat opiskelualaa todennäköisemmin kuin miehet. (Corbett & Hill, 2015.)

On kuitenkin huomattava, että naiset päätyvät ICT-alalle miehiä useammin työskenneltyään ensin jollain toisella alalla ja hankittuaan sitten ICT-alan täydennyskoulutusta. Näin heillä on usein miehiä laajempi osaamisprofiili. Miehillä on tavallisempaa valmistua suoraan ICT-alan koulutusohjelmasta. Naisten laajempaa osaamista ei kuitenkaan juuri huomioida palkkauksessa tai uralla etenemisessä. (Valenduc, 2011.)

Miesten on naisia helpompi saada töitä ICT-alalta, ja naiset lähtevät sieltä miehiä useammin muille aloille (Brinkman & Diekman, 2016; Camp, 2002). Osaltaan naisten lähtöön alalta vaikuttaa se, että heillä on miehiä useammin jonkun toisen alan osaamista (Valenduc, 2011). Ongelma ei siis ole missään yksittäisessä kohdassa naisten urapolkua, eikä näin ollen voida osoittaa mitään yksittäistä syytä sille, miksi naisia on alalla niin vähän.

### **6.3.1 Naisten kokemus soveltuvuudestaan alalle**

Useat seikat vaikuttavat siihen, miten naiset kokevat ICT-alan ja oman sopivuutensa alan tehtäviin. Tietotekniikan osalta naisilla on usein miehiä heikompi minäpystyvyyssuskomus (Brinkman & Diekman, 2016). Usein naiset myös raportoivat, etteivät tunne kuuluvansa alalle (Corbett & Hill, 2015), eikä heillä ole naispuolisia roolimalleja (Newmarch, Cumpston & Taylor-Steele, 2000).

Osin tiedostamattomienkin sukupuolistereotyyppien mukaan miesten osaaminen yleisesti arvioidaan usein paremmaksi kuin naisten. Erityisen selkeitä osaamiseen liittyvät stereotyyppit ovat matemaattis-luonnontieteellisillä aloilla. Tyttöjen ja naisten ei katsota olevan matemaattisesti yhtä lahjakkaita kuin poikien ja miesten, mikä vaikuttaa jo pienten

lasten käsitykseen omasta osaamisestaan. Se, että naisten osuus ICT-alalla niin pieni, voimistaa edelleen tätä stereotypiaa tietotekniikan osalta. (Corbett & Hill, 2015.)

Sukupuolistereotypioilla sekä vanhempien, ystävien ja opettajien kannustuksella on alalla paljon suurempi merkitys kuin henkilön todellisella osaamisella (Google, 2014). Samoin merkitystä on sillä, miten tietojenkäsittelyä kouluissa opetetaan (Newmarch, Cumpston & Taylor-Steele, 2000). Usein ICT-osaamista käsitellään koulutuksessa yhdessä muiden matemaattis-luonnontieteellisten alojen kanssa, mikä saattaa matematiikkaan liittyvien ennakkoluulojen vuoksi turhaan karkottaa tyttöjä ja naisia alalta (Powell & Chang, 2016).

Babin, Grant ja Sawal (2010) ovat todenneet, että erityisesti tytöillä vanhemmat vaikuttavat merkittävästi opiskelualan valintaan. Vanhemmat ovat muodostaneet elämänsä aikana käsityksen siitä, millaisia työntekijöitä milläkin alalla on, ja se vaikuttaa siihen, millaista ammattia he voisivat omalle lapselleen ajatella. Jos vanhemmat eivät ole juuri nähneet naisia ICT-alan tehtävissä, he helposti vahvistavat sitä kuvaa, että ala ei naisille sovi.

Stereotypiat siitä, että matemaattis-luonnontieteelliset alat sopivat paremmin miehille kuin naisille, vaikuttavat taustalla sekä naisten omissa urahaaveissa että siinä, miten heidät otetaan vastaan opiskelussa ja työelämässä (Brinkman & Diekman, 2016). Stereotyyppien vaikutuksesta naiset kokevat useammin olevansa huonompia kuin miehet. Se heikentää naisten käsitystä omasta osaamisestaan ja saa heidät alisuoriutumaan. (Corbett & Hill, 2015.)

### 6.3.1.1 **Stereotyyppiauhka**

Osaamiseen vaikuttavien stereotyyppien osalta on usein tuotu esiin stereotyyppiauhka (*stereotype threat*). Siitä on kyse silloin, kun joku pelkää oman toimintansa vastaavan sellaista negatiivista stereotypiaa, jota hänen edustamaansa ryhmään tilanteessa kohdistetaan. Stereotyyppiauhkaa on siis esimerkiksi se, että nainen pelkää opiskelu- tai työyhteisössään omalla, huonoksi kokemallaan suorituksella vahvistavansa sitä stereotypiaa, että naiset ovat huonoja matemaattisissa tehtävissä. (Corbett & Hill, 2015.)

Jotta henkilö voisi kokea itsensä tällä tavoin uhatuksi, hänen tulee olla tietoinen stereotyyppiasta, identifioida itsensä kuulumaan stereotyyppian kohteena olevaan ryhmään ja pitää tärkeänä suoriutua hyvin kyseisessä tilanteessa. Viimeksi mainitusta syystä suurinta

stereotypiauhkaa kokevat usein ne, joille hyvin suoriutuminen on tärkeintä. (Brinkman & Diekman, 2016; Corbett & Hill, 2015)

Stereotypiauhka aiheuttaa fysiologisia stressireaktioita, mikä puolestaan heikentää kognitiivista suoriutumista. Tämän lisäksi sen on todettu vähentävän kiinnostusta ja motivaatiota sekä yhteisöön kuulumisen tunnetta aloilla, joita negatiivinen stereotypia koskee. (Corbett & Hill, 2015.)

Stereotypiauhka voi vaikuttaa yksilöön jo sillä, että hän kuuluu yhteisössä vähemmistöön, niin kuin suurin osa ICT-alalla työskentelevistä tai sinne kouluttautuvista naisista kuuluu. Myös seksistinen käytös naisia kohtaan, silloinkin kun se on hyvin hienovaraista, voi laukaista stereotypiauhan tuntemuksen naisen mielessä. Tällaista käyttäytymistä on esimerkiksi "ritarillinen" tarjoutuminen kantamaan naisen painavaa laukkaa. Samoin ylemmässä asemassa olevan miehen käskevä käyttäytyminen saattaa laukaista tuntemuksen uhasta, vaikka myös miehiä käskettäisiin samalla tavalla. (Corbett & Hill, 2015.)

Yhteenkuuluvuuden tunteen lisäämisen on todettu vähentävän stereotypiauhkaa. Mitä enemmän työ- tai opiskelupaikassa on naisia kaikilla organisaatiotasoilla, sitä todennäköisemmin naiset kokevat olonsa turvalliseksi. Tutkimuksissa on lisäksi todettu, että mitä enemmän naiset keskustelevat työasioista miespuolisten kollegoidensa kanssa, sitä todennäköisemmin he kokevat itsensä ulkopuolisiksi. Selitykseksi on esitetty sitä, että tällaisissa keskusteluissa stereotypiauhka on jatkuvasti läsnä. Sen sijaan työhön liittymätön keskustelu paransi yhteenkuuluvuuden tunnetta. (Corbett & Hill, 2015.)

### **6.3.2 Stereotypiat päätöksenteossa**

Sukupuolistereotypiat vaikuttavat myös työn saamiseen ja uralla etenemiseen. Stereotypiat ovat usein tiedostamattomia, jolloin ne vaikuttavat päätöksentekoon jopa tiedostettuja seikkoja voimakkaammin, koska päätöksentekijä ei osaa ottaa niitä huomioon. Naisia ei nähdä tasavertaisina työyhteisön jäseninä, ja heidän pitää tehdä enemmän ja suoriutua tehtävistään paremmin, jotta arvostus olisi sama kuin miehillä. Naisten pätevyyttä koskevat stereotypiat ovat usein työyhteisössä sitä voimakkaampia, mitä seksistisemmin esimies käyttäytyy. (Corbett & Hill, 2015.)

Sekä esimiesasemassa olevat naiset että miehet pitävät miehiä pätevämpinä työntekijöinä matemaattis-luonnontieteellisillä aloilla heidän suoriutumisestaan tai osaamisestaan riippumatta, ja matemaattista osaamista vaativiin tehtäviin valitaan työelämässä jatkuvasti huonommin suoriutuvia miehiä hyvin suoriutuvien naisten sijaan. Myös silloin, kun valinta tehdään hakijoiden itsensä raportoiman osaamisen perusteella, miehet tulevat valituiksi useammin kuin heidän todellinen osaamisensa edellyttäisi, koska he usein liioittelevat osaamistaan, kun taas naisilla on taipumus vähätellä omaansa. Vain silloin, kun valinta tehdään puhtaasti osaamisen perusteella, se osuu yhtä todennäköisesti naiseen kuin mieheen. (Brinkman & Diekman, 2016; Reuben, Sapienza & Zingales, 2014.)

### **6.3.3 Sosiaaliset tekijät**

Stereotyyppien lisäksi on muita tekijöitä, jotka vaikuttavat naisten urakehitykseen. Jo pelkästään se, että miehiä on tällä hetkellä alalla enemmän, heikentää naisten mahdollisuuksia saada työpaikka tai edetä urallaan. Ensinnäkin miehillä on alalla laajemmat verkostot, mikä parantaa heidän mahdollisuuksiaan saada hyvä työpaikka. Toiseksi ihmisillä on taipumus suosia "omaa" ryhmäänsä "muita" vastaan. Tämä on usein tiedostamatonta, mutta saa aikaan sen, että miehet suosivat huomaamattaan miehiä. Suosiminen ei koske pelkästään sukupuolta vaan sen on todettu pitävän paikkaansa myös eri etnisten ryhmien kohdalla. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että koska miehiä on enemmän sellaisissa tehtävissä, joissa palkataan uusia työntekijöitä, miehet ovat siltäkin osin etulyöntiasemassa naisiin nähden. (Corbett & Hill, 2015.)

### **6.3.4 Työn koettu merkitys**

Käsitykset itse työstä ja sen tärkeydestä vaikuttavat alan houkuttelevuuteen. Naisten on todettu arvostavan työn yhteisöllisyyttä, yhteistyön merkitystä, muiden auttamista ja työn yhteiskunnallista vaikuttavuutta enemmän kuin miesten. Mielikuvissa tietotekniikan parissa työskentelevä on kuitenkin usein yksin tietokoneellaan töitä tekevä introvertti mies, eikä matemaattis-luonnontieteellisten alojen nähdä tarjoavan mahdollisuuksia yhteiskunnallisten tavoitteiden toteuttamiseen. Jo tietotekninen koulutus painottaa usein pelkkää teknistä osaamista eikä sitä, mitä tekniikan avulla on mahdollista saavuttaa (Brinkman & Diekman, 2016; Corbett & Hill, 2015; Powell & Chang, 2016).

### 6.3.5 Opintojen ja työelämän todellisuus

Niistäkin naisista, jotka hakeutuneet ICT-alalle, miehiä suurempi osuus päättää vaihtaa alaa joko opintojen aikana tai myöhemmin työelämässä. Alalle jääneiden ja sieltä lähteneiden naisten välillä ei tutkimuksessa ole havaittu juuri eroja. Suurimmat erot ovat sen sijaan löytyneet työpaikoista. Alalta lähteneillä naisilla oli ollut vähemmän mahdollisuuksia kouluttautumiseen ja kehittymiseen, vähemmän esimiesten ja kollegojen tukea sekä huonommat mahdollisuudet työn ja perhe-elämän yhteensovittamiseen. (Brinkman & Diekman, 2016; Corbett & Hill, 2015.)

Opiskelu- ja työpaikkojen naisvihamielinen ilmapiiri vaikuttaa ymmärrettävästi naisten pysymiseen alalla (Brinkman & Diekman, 2016). Corbett ja Hill (2015) ovat tuoneet esiin useita seikkoja, jotka vaikuttavat negatiivisesti naisten viihtymiseen: naiset saavat huonommin ääntään kuuluviin, heihin kohdistuu jatkuvasti mikroaggressiota, naisia ei nähdä tasavertaisina työyhteisön jäseninä ja naisten pitää tehdä enemmän, jotta arvostus olisi sama kuin miehillä.

Sen lisäksi, että naisiin kohdistuu työelämässä usein miehiä kovempia vaatimuksia, heidän myös perinteisesti oletetaan ottavan perheestä ja kotitöistä miehiä suuremman vastuun. Vaikka tietokoneella tehtävä työ olisi usein helposti järjestettävissä joustavaksi, näin ei läheskään aina työpaikoilla tehdä, mikä rajoittaa naisten työskentelymahdollisuuksia enemmän kuin miesten. (Powell & Chang, 2016; Valenduc, 2011.)

Alalla myös usein vaaditaan ylitöiden tekemistä, ja jatkuva teknisen osaamisen kehittämisen vaatimus edellyttää myös vapaa-ajan käyttämistä opiskeluun, mikä toki koskee kaikkia työntekijöitä sukupuolesta riippumatta. Yhdistelmä työn vaatimaa runsasta ajankäyttöä ja harrastuneisuutta sekä enimmäkseen naisiin kohdistettuja perhe-elämää koskevia odotuksia on kuitenkin helposti hyvin uuvuttava ja vaikeuttaa erityisesti naisten jaksamista. Uupuneena on myös vaikea suoriutua yhtä hyvin kuin levänneenä, mikä vahvistaa stereotypiaa naisista miehiä huonompina työntekijöinä. (Abbate, 2012; Corbett & Hill, 2015; Powell & Chang, 2016.)

Suomessa ICT-alan työolot eivät kaikilta osin vastaa edellä esitetyissä tutkimuksissa kuvattua, esimerkiksi ylityöt eivät ole kovin yleisiä ja työntekijöillä on hyvin paljon vapautta vaikuttaa siihen, milloin ja missä he haluavat tehdä työtä. Toisaalta työ- ja vapaa-ajan rajat ovat häilyvät, mikä koetaan kuormittavaksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2016.)

## **6.4 Ehdotuksia sukupuolijakauman vinouman korjaamiseksi**

Tällä hetkellä ICT-ala on hyvin miesvaltainen, mikä monin tavoin vaikuttaa naisten hakeutumiseen alalle, heidän viihtyvyyteensä ja alalla etenemiseen. Jo se, että naiset tällä hetkellä ovat alalla vähemmistönä, asettaa heidät miehiä heikompaan asemaan. Kun naisten osuus tulevaisuudessa toivottavasti kasvaa, tulee se vaikuttamaan asenteisiin. Mutta muutos on hidas, ja sitäkin tärkeämpää on keskittyä niihin asioihin, joihin tällä hetkellä on mahdollista vaikuttaa.

### **6.4.1 Lapsuus ja nuoruus**

Sukupuoleen liittyvät ennakoasenteet alkavat muodostua jo lapsena. Vanhempien ja opettajien merkitys on suuri siinä, millaisia roolimalleja lapsille esitetään, millaisten leikkien ja harrastusten pariin lapsia ohjataan ja mitä taitoja heille opetetaan koulussa. Naispuolisten roolimallien esiin tuominen sekä pojille että tytöille on tärkeää, koska sukupuolta koskevat ennakoasenteet vaikuttavat sekä miesten että naisten toiminnassa. Tytöille roolimallit toki ovat tärkeitä siitäkin syystä, että he pystyvät samaistumaan ICT-alalla työskenteleviin naisiin ja sitä kautta pitämään sitä mahdollisena alana myös itselleen. (Corbett & Hill, 2015; Google, 2014.)

Vanhempien ja opettajien kannustus ja rohkaisu ovat merkittävässä asemassa tyttöjen kiinnostuksen kohteiden muodostumisessa ja siinä, pääsevätkö he kehittämään taitojaan ja luottavatko he taitoihinsa. Vanhempien omalla koulutustaustalla ei ole juuri merkitystä, vaan lähinnä heidän asenteellaan. Perinteisesti poikia on kannustettu tyttöjä enemmän teknisille ja matemaattis-luonnontieteellisille aloille, joten merkittävä väylä vaikuttaa lasten saamaan tukeen on kouluttaa vanhempia tunnistamaan omia ennakoasenteitaan ja opettaa heille, miten tyttöjä voisi parhaiten tukea. (Corbett & Hill, 2015; Google, 2014.)

Tytöille on opetettava tietojenkäsittelyä ja siinä vaadittavia taitoja jo koulussa turvallisessa ja oppimiseen kannustavassa ilmapiirissä. Opettajien ja vanhempien on tärkeä korostaa sitä, että osaamisessa ei ole niinkään kyse synnynnäisistä taidoista vaan opettelusta ja harjoittelusta. Ymmärrystä ICT-alasta ja siihen vaadittavasta koulutuksesta ylipäättään on lisättävä, jotta alan kiinnostavuus tyttöjen silmissä kärsisi mahdollisimman vähän vääristä negatiivisista mielikuvista ja että tytöille muodostuisi selkeä käsitys siitä, mitä osaamista alalle pääsy vaatii. (Corbett & Hill, 2015; Google, 2014.)

## 6.4.2 Koulutus

Opettajilla on merkittävä vaikutus siihen, miten ICT-alaa opiskelevat naiset kokevat alan ja oman osaamisensa. Perinteisesti poikia kannustetaan tyttöjä enemmän ottamaan riskejä ja näin he oppivat myös paremmin sietämään epäonnistumista ja yrittämään vastoinikäymisistä huolimatta uudelleen. Opettajien tulee tuoda selkeästi esiin, että ala on haasteellinen kaikille sukupuolesta riippumatta ja että vastoinikäymiset kuuluvat asiaan, etteivät tytöt ja naiset koe vastoinikäymisiä merkinä omasta soveltumattomuudestaan. (Corbett & Hill, 2015.)

On huomioitava myös se, että naisilla on usein miehiä vähemmän aiempaa harrastuneisuutta alalle, joten erilaiset osaamistaustat tulee ottaa huomioon opetuksen järjestämisessä. Tämä antaa eritasoisille opiskelijoille turvallisemman opiskeluympäristön ja pienentää opiskeluaikaista stereotypiauhkaa. Jo stereotypiauhan olemassaolon tiedostaminen lieventää sen vaikutuksia, joten siitä pitää kertoa naisille. (Corbett & Hill, 2015.)

Alan koulutusta pidetään monessa suhteessa miehiä suosivana. Koulutuksessa painotetaan usein teknistä osaamista eikä tekniikan tuomia mahdollisuuksia, mikä vastaa huonosti monen naisen käsitystä mielekkäistä tehtävistä. Alan houkuttelevuutta naisten silmissä voi lisätä sillä, että opiskeltavat asiat sidotaan johonkin konkreettiseen lopputulokseen. Se ei tarkoita sitä, että opiskeltavan sisällön teknisestä puolesta pitäisi tinkiä, vaan tarkoitus on tuoda esiin teknisten ratkaisujen mielekkyys ja käyttökelpoisuus. (Brinkman & Diekman, 2016; Corbett & Hill, 2015.)

Näkyvät naisroolimallit ja tietotekniikan avulla aikaan saatavien positiivisten yhteiskunnallisten muutosten esiin tuominen voi saada nuoret naiset näkemään itsensä alalla (Google, 2014). Myös Corbett ja Hill (2015) korostavat naispuolisten roolimallien tärkeyttä, jotta ylipäätään saadaan purettua käsityksiä siitä, että ICT-alan työntekijä on tyypillisesti mies.

Harvey Mudd -yliopistossa saatiin kasvatettua naisten osuutta tietojenkäsittelytieteestä valmistuvista opiskelijoista 12 prosentista noin 40 prosenttiin viidessä vuodessa lisäämällä naisille turvallisia oppimisympäristöjä, tuomalla vahvemmin esiin mahdollisuuksia osallistua tutkimukseen ja luomalla kontakteja muihin alalla toimiviin naisiin (Corbett &

Hill, 2015). Näistä tekijöistä kaksi viimeistä vaikuttivat erityisen paljon naisten halukkuuteen ottaa tietojenkäsittelytiede pääaineekseen (Brinkman & Diekman, 2016).

Koulutuksessa kannattaa lisäksi tuoda esiin sitä, että menestyksekkäs ura ICT-alalla vaatii usein monipuolista osaamista. Monet alalla vaadittavista taidoista ovat stereotyyppisesti naisiin liitettyjä, muun muassa alalla yleisessä tiimityöskentelyssä vaadittavat kommunikaatio- ja organisointitaidot sekä kielellinen lahjakkuus. Tällaisten osaamistarpeiden painottaminen saattaa parantaa alan houkuttelevuutta naisten silmissä lisäämällä naisten tunnetta alalle kuulumisesta. Ylipäätään pitää lisätä naisten ymmärrystä siitä, millaisia töitä alalla on tarjolla sekä siitä, miten laajalti tietotekniikka vaikuttaa yhteiskunnassa. (Corbett & Hill, 2015; Newmarch, Cumpston & Taylor-Steele, 2000.)

Naiset ovat usein hakeutuneet ICT-alalle täydennyskoulutuksen kautta hankittuaan ensin jonkun muun alan koulutuksen (Valenduc, 2011). Jotta tämä väylä olisi jatkossakin käytössä, on tärkeää pitää huoli siitä, että on muitakin mahdollisuuksia kouluttautua alalle kuin suorittaa täysimittainen alan tutkinto (Revelles-Benavente, Prieto & Bosch, 2015).

Myös koulutusohjelmat, joissa tietotekninen osaaminen on mahdollista yhdistää johonkin toiseen alaan, saattavat houkutella naisia. Näitä koulutusohjelmia tulisi olla laajalti tarjolla, ja naisille pitäisi tuoda esiin tällaisten yhdistelmäopinnojen mahdollisuus. (Corbett & Hill, 2015.) On kuitenkin huomioitava myös se, että yhdistelmäopinnoissa ei todennäköisesti käsitellä tietojenkäsittelyä yhtä syvällisesti kuin laajemmissa opinnoissa, mikä saattaa vahvistaa käsitystä naisten heikommasta osaamisesta alalla. Toisaalta laaja-alainen osaaminen pätevöittää tehtäviin, joissa pelkkä tekninen osaaminen ei riitä.

Teknolohiateollisuus ry:n raportissa (2018) tuodaan esiin tarve saada herätettyä kiinnostusta alanvaihtoon ja koulutusmahdollisuuksien järjestämistä nuorten lisäksi myös alanvaihtajille. Näihin toiveisiin on vastannut muun muassa Opetus- ja kulttuuriministeriö (2018) myöntämällä yliopistoille ja ammattikorkeakouluille rahoitusta uusien koulutushankkeiden käynnistämiseen lähes yksinomaan ICT-alalle sekä rahoittamalla muun muassa Helsingin yliopiston hanketta, jossa ensimmäisen vuoden tietojenkäsittelytieteen opinnot tuodaan kaikille avoimiksi ja maksuttomiksi (Helsingin yliopisto, 2018).

### 6.4.3 Työskentely alalla

ICT-alan työpaikoilla pitää keskittyä korjaamaan naisten asemaa heikentäviä rakenteita. Niiden osalta ongelma on se, että monet naisten asemaan negatiivisesti vaikuttavat asenteet ovat tiedostamattomia ja esiintyvät laajalti. Sen vuoksi tasa-arvoiseen kohteluun pitää aktiivisesti kiinnittää huomiota kaikessa työhön ja sen järjestämiseen liittyvässä päätöksenteossa. Joskus objektiiviselta näyttävä käytäntö ei ole sitä, kun huomioidaan naisille ja miehille asetettavat erilaiset odotukset ja yhteiskunnallinen asema.

Virheelliset ennakkokäsitykset siitä, että naiset eivät ole yhtä hyviä kuin miehet, vaikuttavat sekä naisten suoritusten arviointiin että siihen, miten heihin suhtaudutaan työyhteisössä. Sen lisäksi, että pyritään vaikuttamaan asenteisiin, on myös tärkeää kehittää käytäntöjä, joissa ennakkokäsitysten vaikutusta saadaan minimoitua.

Sekä rekrytoinnissa että työsuoritusta arvioitaessa esimerkiksi palkkauksen ja uralla etenemisen yhteydessä arvioinnille tulee asettaa etukäteen selkeät kriteerit, ja ne tulee suunnitella niin, että ne ottavat huomioon myös naisilla tyypillisesti olevia vahvuuksia. Arviointi tulee mahdollisuuksien mukaan tehdä pelkästään suoriutumisen perusteella niin, että arvioitavan henkilön sukupuoli tai muutkaan henkilöön liittyvät tekijät ei ole tiedossa. Arvioinnin tekijälle tulee antaa riittävästi aikaa päätöksentekoon, ja hänen tulee huolellisesti perustella päätöksensä, jolloin ennakkokäsityksen merkitys päätöksenteossa pienenee. (Corbett & Hill, 2015; Heilman, 2012.)

Naisia suosivat rekrytointikäytännöt, esimerkiksi kiintiöt ja lisäpisteet on tutkimuksissa havaittu hyödyllisiksi. Toisin kuin usein pelätään, niiden ei ole havaittu aiheuttavan vähemmän pätevien naisten valitsemista pätevempien miesten ohi. Kun työpaikkailmoituksessa on tuotu ilmi, että naiset saavat etua miehiin nähden, merkittävin seuraus on yleensä ollut se, että hakijoiden joukossa on enemmän päteviä naisia kuin muutoin olisi ollut. Miesten hakemusten määrään tai laatuun sillä ei ole havaittu olevan vaikutusta. Rekrytoitujen sukupuolijakauma on ollut tasaisempi, ja valitut ovat olleet pätevämpiä kuin niissä tilanteissa, joissa naisille ei ole annettu etua. (Balafoutas & Sutter, 2012.) On kuitenkin huomattava, että useissa maissa, muun muassa Suomessa, lainsäädäntö rajoittaa positiivista syrjintää.

ICT-alalla työskentelevät naiset ovat useimmiten tyytyväisiä työn sisältöön. He pitävät alalla työskentelyä luovana ja mielenkiintoisena. Työskentelyolosuhteet sen sijaan eivät ole

usein sellaisia kuin naiset toivoisivat. Naisille tulee tarjota koulutusta ja mentorointia yhtä paljon kuin miehille. Työn ja perhe-elämän yhteensovittamista tulee tukea esimerkiksi joustavilla työajoilla sekä mahdollisuudella tehdä etätöitä ja lyhyempää työpäivää. Kaikkien työntekijöiden etu on se, että heiltä ei vaadita jatkuvasti ylitöiden tekemistä, mutta voimakkaimmin se vaikuttaa perheellisiin naisiin. (Corbett & Hill, 2015; Revelles-Benavente, Prieto & Bosch, 2015; Valenduc, 2011.)

Suomessa etätyöhön ja joustaviin työaikoihin on ICT-alalla melko hyvät mahdollisuudet, eikä ylitöiden tekeminen ole kovin yleistä. Työaika saattaa kuitenkin sijoittua pieniin jaksoihin pitkin päivää ja myös työajan ulkopuolella työntekijöiltä edellytetään usein valmiutta reagoida työliitännäisiin viesteihin, mikä kuormittaa työntekijöitä. (Ahtela, 2016.) Se korostuu, jos samalla pitää huolehtia perheestä, mikä Suomessakin on tällä hetkellä useimmiten naisten vastuulla.

Selkeiden käytäntöjen lisäksi myös asenteisiin on tärkeää vaikuttaa, vaikka se on usein hidasta. Yrityksen johdon, erityisesti miesten, tulee sitoutua tasa-arvon lisäämiseen. Heidän tulee tuoda nimenomaisesti esille se, että yhtenä tavoitteena on lisätä naisten ja muiden vähemmistöjen osuutta työntekijöissä kaikissa tehtävissä johtotasoon asti. Työyhteisössä ilmenevää seksismiä on jossain määrin mahdollista vähentää koulutuksella ja luomalla matalan kynnyksen keinoja siitä ilmoittamiseen. (Corbett & Hill, 2015.)

Naisten on tärkeä tuntee kuuluvansa yhteisöön. Se lisää naisten työviihtyvyyttä ja vähentää stereotypiauhkaa, ja sitä kautta myös parantaa työsuoritusta. Työnantajan tulee tukea käytäntöjä, jotka lisäävät naisten yhteenkuuluvuuden tunnetta, esimerkiksi lisäämällä naisten verkostoitumismahdollisuuksia muiden alalla työskentelevien naisten kanssa, luomalla tilanteita sosiaaliselle kanssakäymiselle työtovereiden kesken ja arvostamalla avoimesti taitoja, jotka ovat tyypillisesti naisten vahvuuksia. (Corbett & Hill, 2015; Revelles-Benavente, Prieto & Bosch, 2015)

## **6.5 Yhteenveto**

Tutkimusten mukaan merkittävimpana syynä naisten pieneen osuuteen ICT-alalla on sukupuolistereotyyppia, jonka mukaan naiset eivät ole tietotekniikassa yhtä hyviä kuin miehet. Tämä stereotyyppia vaikuttaa sekä naisiin että miehiin ja suurin osa edellä esitetyistä ongelmista on tavalla tai toisella sen aiheuttamia.

Stereotypia heikentää naisten kuvaa omista kyvyistään ja sitä kautta vähentää heidän hakeutumistaan alalle ja saa heidät epäilemään omaa osaamistaan silloinkin, kun siihen ei olisi syytä. Toisaalta myös vanhemmat, opettajat sekä miesvaltaiset opiskelija- ja työympäristöt suhtautuvat naisten osaamiseen vähättelevästi, eikä naisille anneta samoja mahdollisuuksia kehittää osaamistaan ja saada tunnustusta saavutuksistaan kuin miehille. Onkin hyvin tärkeää pyrkiä vaikuttamaan sekä stereotyyppien syntymisen ehkäisyyn että niiden purkamiseen mahdollisimman laajalti.

Tyttöjen ja poikien saaman ICT-alalle suuntaavan opetuksen ja kannustuksen määrä alkaa eriytyä varhain. Jo kouluiässä lapsille on alkanut muotoutua sukupuolten osaamista koskevia ennakkoluuloja, ja pojat ovat perinteisesti hakeutuneet tyttöjä enemmän matemaattisten ja tietoteknisten harrastusten pariin. Harrastuneisuuden myötä poikien osaaminen kasvaa, mikä vahvistaa stereotyyppioita ja vaikuttaa myöhemmin opiskeluvaihtoihin ja sitä kautta työelämään. Pitkällä tähtäimellä tärkeintä olisi vaikuttaa siihen, että lapsena tapahtuva eriytyminen ei pääsisi edes alkamaan.

Suomessa uuden opetussuunnitelman (Opetushallitus, 2014) mukaan tieto- ja viestintäteknologian opetus aloitetaan heti ensimmäiseltä vuosiluokalta lähtien. Se tulee todennäköisesti tasoittamaan poikien suuremman harrastuneisuuden vaikutusta osaamiseen ja toisaalta myös lisäämään tyttöjen harrastuneisuutta, kun tietokoneet eivät ole enää yksinomaan "poikien juttu".

Muutos on kuitenkin hidaskäynnissä, ja onkin tärkeää keskittyä lisäksi keinoihin, joilla tämän hetken tilanteeseen voidaan pyrkiä vaikuttamaan. Työ- ja opiskelupaikoilla pitää tunnistaa, millaisissa tilanteissa stereotyyppit voivat vaikuttaa ja miten niiden vaikutus kussakin tilanteessa saadaan minimoitua. Stereotyyppioita voidaan myös jonkin verran purkaa koulutuksella ja tuomalla esiin naispuolisia roolimalleja.

Mitään yksittäistä hopealuotia ICT-alan sukupuolijakauman tasaamiseen ei ole. Positiivista on kuitenkin se, että moni edellä esitetty muutos on jo vähintään aluillaan ja ongelma on laajalti tiedostettu.

## 6.6 Lähteet

Abbate, J. (2012). *Recoding gender: Women's changing participation in computing*. Cambridge: MIT Press.

- Ahtela, J. (2016). *Työaika, tietotyö ja tulevaisuus: esimerkkinä ohjelmistoala*. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- Ashcraft K.L. & Ashcraft C. (2015). Breaking the “glass slipper”: What diversity interventions can learn from the historical evolution of occupational identity in ICT and commercial aviation. Teoksessa: Schafer V., Thierry B. (toim.) *Connecting Women. History of Computing*. Springer.
- Aula Research Oy (2017). Tutkimus: Suomi on turvallinen maa työkennellä – perheen ja työn yhteensovittamisessa vielä kehitettävää. Uutinen 10.8.2017. Luettavissa: [http://www.tyoelama2020.fi/ajankohtaista/uutiset/yleiset/tutkimus\\_suomi\\_on\\_turvallinen\\_maa\\_tyoskennella\\_perheen\\_ja\\_tyon\\_yhteensovittamisessa\\_vielä\\_keitettavaa.4871.news](http://www.tyoelama2020.fi/ajankohtaista/uutiset/yleiset/tutkimus_suomi_on_turvallinen_maa_tyoskennella_perheen_ja_tyon_yhteensovittamisessa_vielä_keitettavaa.4871.news) [viitattu 15.7.2018.]
- Babin, R., Grant, K., & Sawal, L. (2010). Identifying Influencers in High School Student ICT Career Choice. *Information Systems Education Journal* 8 (26).
- Balafoutas, L., & Sutter, M. (2012). Affirmative action policies promote women and do not harm efficiency in the laboratory. *Science* 335(6068), 579-582.
- Brinkman, B., & Diekman, A. (2016). Applying the Communal Goal Congruity Perspective to Enhance Diversity and Inclusion in Undergraduate Computing Degrees. *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education (SIGCSE '16)*, 102-107.
- Camp, T. (2002). The incredible shrinking pipeline. *ACM SIGCSE Bulletin* 34(2), 129-134.
- Corbett, C., & Hill, C. (2015). *Solving the Equation: The Variables for Women's Success in Engineering and Computing*. American Association of University Women.
- Google CS Ed Research group (2014). *Women who choose computer science—what really matters: The critical role of encouragement and exposure*. Technical report, Google.
- Heilman, M. E. (2012). Gender stereotypes and workplace bias. *Research in organizational Behavior* 32, 113-135.
- Helsingin yliopisto (2018). Opiskele vuosi tietojenkäsittelytiedettä ahkerasti – saat opiskelupaikan! Tiedote 14.6.2018. Luettavissa: <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/datatiede/opiskele-vuosi-tietojenkäsittelytiedetta-ahkerasti-saat-opiskelupaikan> [viitattu 16.6.2018.]

- Huyer, S. (2015). Is the gender gap narrowing in science and engineering? Teoksessa: *UNESCO Science Report: towards 2030*, 84-103. Paris: UNESCO Publishing.
- Korhonen, S. (2018). "Koskaan ei ole myöhäistä tavoitella unelmatyötä" - pioneerit kannustivat 300:aa koodariksi haluavaa naista. *Tivi* 1.3.2018. Luettavissa: [https://www.tivi.fi/Kaikki\\_uutiset/koskaan-ei-ole-myohaista-tavoitella-unelmatyota-pioneerit-kannustivat-300-aa-koodariksi-haluavaa-naista-6704263](https://www.tivi.fi/Kaikki_uutiset/koskaan-ei-ole-myohaista-tavoitella-unelmatyota-pioneerit-kannustivat-300-aa-koodariksi-haluavaa-naista-6704263) [viitattu 5.5.2018.]
- Morley C. & McDonnell M. (2015). The Gendering of the Computing Field in Finland, France and the United Kingdom Between 1960 and 1990. Teoksessa: Schafer V., Thierry B. (toim.) *Connecting Women. History of Computing*. Springer.
- Newmarch, E., Cumpston, A., & Taylor-Steele, S. (2000). *Women in IT - What are the Barriers?* Canberra: Department of Education Training and Youth Affairs.
- Ohjelmistoyrittäjät ry (2018). #Mimmitkoodaa käynnisti suuren muutoksen ohjelmistoalalla ja Suomessa. Tiedote 9.3.2018. Luettavissa: <https://ohjelmistoyrittajat.fi/tiedotteet/mimmitkoodaa-kaynnisti-suuren-muutoksen-ohjelmistoalalla-ja-suomessa/> [viitattu 5.5.2018.]
- Opetus- ja kulttuuriministeriö (2018). *Korkeakouluihin uusia, nopeita koulutuksia*. Tiedote 12.6.2018. Luettavissa: [https://minedu.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/korkeakouluihin-uusia-nopeita-koulutuksia](https://minedu.fi/artikkeli/-/asset_publisher/korkeakouluihin-uusia-nopeita-koulutuksia) [viitattu 16.6.2018.]
- Opetushallitus (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- Powell, C., & Chang, A. M. (2016). *Women in Tech as a Driver for Growth in Emerging Economies*. New York: Council on Foreign Relations.
- Reuben, E., Sapienza, P., & Zingales, L. (2014). How stereotypes impair women's careers in science. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(12), 4403-4408.
- Revelles-Benavente, B., Prieto, L. A., & Bosch, N. V. (2015). Inclusion and promotion of women in technologies. *Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction*, artikkeli nro 34.
- Teknoliigateollisuus ry (2018). *9 ratkaisua Suomelle. Teknoliigateollisuuden Koulutus ja osaaminen -linjaus 2018*.

Työ- ja elinkeinoministeriö (2016). Työaika, tietotyö ja tulevaisuus: esimerkkinä ohjelmistoala. *Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 34/2016*.

Valenduc, G. (2011). Not a Job for Life? Women's Progression, Conversion and Dropout in ICT Professions. *International Journal Of Gender, Science And Technology* 3(2), 483–500.

## 7 Opettajien täydennyskoulutus, ohjelmointi ja ohjelmoinnillinen ajattelu

*Juha Vuorinen*

### 7.1 Johdanto

Ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun opettaminen perusopetuksessa on tärkeä taito nykymaailmassa. Tästä eräänä osoituksena on se, että perusopetuksen seitsemästä laaja-alaisen osaamisen alueesta yksi on tieto- ja viestintäteknologinen (tv) osaaminen (L5) (POPS, 2014), johon ohjelmoiminen ja ohjelmoinnillinen ajattelu kuuluvat kiinteästi. Wing (2006) on tuonut ansiokkaasti esiin lukuisia ohjelmoinnillisen ajattelun hyötyjä jokaiselle meistä, ja ohjelmoinnillisen ajattelun taito voidaan nähdä jopa kansalaistaitona, jota pitäisi opettaa kaikille oppilaille perusopetuksessa. Wingin (2006) mielestä ohjelmoinnillinen ajattelu on perustavanlaatuinen taito jokaiselle meistä, eikä taito, jota tarvitsevat vain tietojenkäsittelytieteen asiantuntijat. Hän ottaa esiin myös ohjelmoinnilliseen ajatteluun liittyvän perustavanlaatuisen inhimillisyyttä koskevan kysymyksen, eli pystyvätkö koneet päihittämään ihmisen älyllisiä tehtäviä vaativissa suorituksissa vai päinvastoin. Ohjelmoinnillisen ajattelun kysymykset ovat täten erityisen ajankohtaisia juuri tällä hetkellä, kun koneoppimisen ja tekoälyn teknologiat ja sovellukset ovat kehittyneet huimasti luoden sekä uhkakuvia että mahdollisuuksia yhteiskunnalle. Wingin (2006) mukaan lukemisen, kirjoittamisen ja laskemisen taitojen lisäksi jokaisen lapsen analyttisiin taitoihin pitäisi lisätä ohjelmoinnillinen ajattelu. Samanaikaisesti tieto- ja viestintätekniiikan odotetaan muuttavan koulutusta kokonaisvaltaisesti, mikä tekee siitä yhden tärkeistä 2000-luvun taidoista.

Ohjelmoinnillisen ajattelun ja ohjelmoimisen taitojen opettamiselle perusopetuksessa löytyy siis hyviä perusteluita. Näin ollen on tärkeää ymmärtää, miten hyvät valmiudet ja mahdollisuudet perusopetuksen opettajilla on opettaa ohjelmoinnillista ajattelua ja sitä sivuavaa ohjelmointitaitoa ja keille opettajille tehtävä oikeastaan kuuluisi.

Robinson (2008) sanoo, että opettajien laatu on merkittävin kouluun liittyvä muuttuja, joka vaikuttaa oppilaiden opiskelumenestykseen. Opettajien täydennyskoulutus on yksi merkittävä keino ylläpitää opettajien opetuksen laatua ja parantaa sitä. Hyvä

täydennyskoulutus myös tasaa eroja koulujen välillä (Robinson, 2008; Tondeur, Forkosh-Baruch, Prestridge, Albion & Edirisinghe, 2016) ja lisää näin tasa-arvoa opiskelijoiden välillä.

## 7.2 Taustaa

Luvussa 7.2.1 kuvataan eräs malli, jolla koulujen tv:n opetussuunnitelma voidaan määritellä laaja-alaisena kokonaisuutena ja jossa ohjelmoinnilla ja ohjelmoinnillisella ajattelulla on oma paikkansa. Luvussa 7.2.2 kuvataan ohjelmointi ja ohjelmoinnillinen ajattelu ja niiden erot, luvussa 7.2.3 kuvataan visuaalinen ohjelmointikieli Scratch ja luvussa 7.2.4 kerrotaan, mitä nykyisin perusopetuksessa käytössä olevan perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet kertoo ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun opetustavoitteista.

### 7.2.1 Tieto- ja viestintäteknologia laaja-alaisesti määriteltynä

Britanniassa tieto- ja viestintäteknologian eli informaatioteknologian taidoille on määritetty kolme osa-aluetta, joita pitäisi opettaa koulussa: 1) digitaalinen lukutaito, 2) informaatioteknologia 3) tietojenkäsittely. Digitaalinen lukutaito tarkoittaa *”kykenevyyttä etsiä, löytää, arvioida, hyödyntää, jakaa ja luoda sisältöä käyttäen informaatioteknologiaa ja internetiä”*. Informaatioteknologian taito taas merkitsee *”kyvykkyyttä kerätä, järjestää, tallentaa, julkaista ja käyttää informaatiota äänen, kuvan, tekstin ja numeroiden muodossa käyttäen tietokone ja tietoverkkoteknologiaa”*. Tietojenkäsittelytaito on taas kykenevyyttä ohjelmoinnilliseen ajatteluun, toisin sanoen perinteiseen tietojenkäsittelytieteeseen (engl. computer science). (Berry, 2015.)

Perustavanlaatuinen kysymys peruskoulun opettajien informaatioteknologian täydennyskoulutuksessa mukaan lukien ohjelmoimisen ja ohjelmoinnillisen ajattelun oppiminen ja opettaminen on se, halutaanko painottaa enemmän tietotekniikan ja viestintäteknologioiden opettamista ylipäättänsä vai teknologian hyödyntämistä pedagogisessa mielessä yli ainerajojen. Ohjelmoinnillisen ajattelun tapauksessa kyse on toisaalta teknologian opettamisesta, mutta toisaalta, kuten Wing (2006) toteaa, se sisältää taitoja, jotka voivat olla sovellettavissa laaja-alaisemminkin kuin pelkästään tietokoneohjelmoinnissa.

Opettajien täydennyskoulutuksen kannalta toinen tärkeä kysymys on se, kenen kaikkien opettajien pitäisi opettaa informaatioteknologian taitoja oppilaille, jos halutaan, että peruskoulussa opetetaan myös itse teknologiaa kuten ohjelmoinnillista ajattelua ja ohjelmointia. Jos teknologian opetus on kaikkien opettajien tehtävä riippumatta siitä, onko opettaja peruskoulun ala-asteen luokanopettaja vai yläasteen historian opettaja, täydennyskoulutuksen tarjonta pitää suunnitella siten, että riippumatta opettajan vastuualueesta kaikkien opettajien pitäisi kyetä opettamaan näitä taitoja peruskoulussa. Toisaalta voidaan kysyä, onko esimerkiksi historian opettajan todella oleellista opettaa ohjelmoinnillista ajattelua ja tieto- ja viestintäteknologian taitoja ylipäättänsä. Mikäli vastaus on, että tällaista vastuuta ei voi säilyttää historian opettajalle, meidän pitää informaatioteknologian täydennyskoulutuksessa painottaa enemmän teknologian hyödyntämistä ja soveltamista opetuksessa.

### **7.2.2 Ohjelmointi ja ohjelmoinnillinen ajattelu**

Ohjelmointi (engl. programming) ja ohjelmoinnillinen ajattelu (engl. computational thinking) muistuttavat suomen kielessä toisiaan, mutta niiden merkitys on erilainen. Ohjelmointi on koodausta, mutta ohjelmoinnillinen ajattelu on enemmän kuin koodausta (Lye & Koh, 2014; Wing, 2006). Ohjelmoinnillinen ajattelu on ongelmanratkaisua, jossa hyödynnetään tietojenkäsittelytieteen käsitteitä (Lye & Koh, 2014) ja joka vaatii monen tasoista abstraktin ajattelun taitoa (Wing, 2006). Ohjelmoinnillisen ajattelun kolme osaa ovat Lye ja Kohin (2014) mukaan ohjelmoinnin käsitteet, käytännöt ja ohjelmoinnilliset näkökulmat.

Ohjelmoinnin käsitteet ovat ohjelmoijan käyttämiä käsitteitä, esimerkiksi muuttujat ja silmukat (Lye & Koh, 2014). Ohjelmoinnin käytännöt taas ovat ongelmanratkaisuun liittyviä käytäntöjä, joita käytetään ohjelmointityöprosessissa, kuten testaus, virheiden etsiminen ja korjaus, abstrahointi ja modulaarisuus (Lye & Koh, 2014). Ohjelmoinnilliset näkökulmat tarkoittavat opiskelijan käsitystä itsestään, suhteesta muihin ja suhteesta ympäröivään teknologian maailmaan. Tästä esimerkkinä on opiskelijan kyvykkyys kuvailla ja kyseenalaistaa teknologian maailmaa (Lye & Koh, 2014).

Termiä ”ohjelmoinnillinen ajattelu” käytetään hyvin yleisesti informaatioteknologiaan ja ohjelmointiin liittyvissä tutkimusartikkeleissa ohjelmointi-sanalla sijaan, koska se ottaa

huomioon ohjelmoinnin koodausta laajempaan käsitteenä. Kun puhutaan ohjelmoinnista, rajautuu helposti pelkästään koodirivien tuottamiseen liittyviin seikkoihin.

### 7.2.3 Scratch

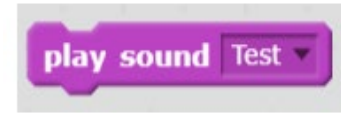
Visuaalinen ohjelmointikieli Scratch ei ole pelkkä ohjelmointikieli, vaan siihen liittyy olennaisena osana helppokäyttöinen kehitysympäristö. Scratch-ohjelmoinnissa luodaan pieniä animaatioita tai pelimäisiä ohjelmia, joiden kulkuun ohjelman käyttäjä voi vaikuttaa interaktiivisesti, jos näin halutaan. Visuaalisessa ohjelmoinnissa ohjelmoija valitsee kehitysympäristössä kuvakkeen, joka vastaa tiettyä ohjelmointikäskyä. Scratchissä kuvakkeisiin ohjelmoidaan lisäksi tarkempia määrittelyjä, kuten ajastuksia, haluttuja ääniä ja kuvia, hahmojen sijainnin hallinnoimista ja muuttujien ja listojen käyttöä. Kun ohjelmoija liittää useita kuvakkeita toisiinsa, saadaan aikaiseksi tietokoneohjelma. Scratchiä voidaan käyttää sekä selainpohjaisena että omana sovelluksena tietokoneella.

Kun opettaja tai oppilas luo tilin Scratch-kehitysympäristöön, hän liittyy samalla jäseneksi Scratch-kehittäjäyhteisöön. Kehittäjäyhteisön tarjoama tuki on tärkeä osa Scratch-ohjelmointiprosessia. Kehitysympäristö sisältää pääsyn laajaan dokumentaatioon ja ohjeistukseen Scratch-ohjelmoinnista sekä suuren joukon esimerkkiohjelmia, joita voidaan käyttää mallina uusien Scratch-ohjelmien teossa.

Scratchin tapaiset visuaaliset ohjelmointikielet tuovat paremmin esiin ohjelmoinnillisen ajattelun kolmea ulottuvuutta kuin perinteiset ohjelmointikielet (Lye & Koh, 2014), kuten Java tai C++. Se johtuu Lye ja Kohin (2014) mukaan siitä, että visuaalinen ohjelmointi keventää ohjelmoimisen aiheuttamaa kognitiivista kuormaa, esimerkiksi sillä tavalla, että oppilaiden ei tarvitse huomioida perinteisten kielten syntaksisia piirteitä (esimerkiksi puolipisteiden ja hakasulkeiden käyttöön liittyviä sääntöjä). Oppilaat voivat keskittyä ohjelmien logiikkaan ja rakenteisiin sen sijaan, että he keskittyvät koodaamisen mekanismeihin (Lye & Koh, 2014).

Alla olevassa kuvassa (Kuva 7-1) näkyy vasemmalla Java-kielellä ja oikealla visuaaliseen ohjelmointiin perustuvassa Scratch-ohjelmassa koodattu ääninäytteen soittaminen. Kuvasta nähdään helposti, että Scratchissä koodaus on huomattavasti yksinkertaisempaa kuin Java-kielessä.

```
AudioClip TestSound = new  
AudioClip("http://somehost/path/Test.aiff");  
  
TestSound.play();
```



Kuva 7-1 Java- ja Scratch-koodaus.

Scratch-kehitysympäristö tukee ohjelmien arviointia, koska siinä on Dr. Scratch -työkalu, joka arvioi automaattisesti Scratch-ohjelman laatua (Moreno-León, Robles & Román-González, 2015). Työkalun avulla opettajat pystyvät arvioimaan paremmin oppilaiden tekemiä Scratch-ohjelmia, ja oppilaat saavat palautetta ohjelmistaan ja kehittävät näin ohjelmoinnillista ajatteluaan (Moreno-León ym., 2015).

Scratch-ohjelman huonona puolena on se, että sitä voidaan ajaa vain Scratch-kehitysympäristössä, eikä se ole siirrettävissä mihin tahansa tietokoneympäristöön kuten esimerkiksi Java-ohjelma. Toisaalta Scratch-ohjelmien ajamiseen riittää Scratch-yhteensopiva selain ja internetyhteys.

#### 7.2.4 Opetussuunnitelma, ohjelmointi ja ohjelmoinnillinen ajattelu

Tällä hetkellä käytössä olevan vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan (POPS) tieto- ja viestintäteknikan osaaminen (L5), joka sisältää ohjelmoinnillisen ajattelun ja ohjelmoimisen taidot, on yksi seitsemästä laaja-alaisesta osaamiskokonaisuudesta (L1–L7) suomalaisessa perusopetuksessa eli peruskoulussa. POPS (2014) jakaa peruskoulun yhdeksän luokkaa kolmeen ryhmään: luokat 1.–2., 3.–6. ja 7.–9. POPS (2014) on laadittu siten, että kullekin edellä mainitulle luokkaryhmälle on aineriippumattomasti määritelty erikseen laaja-alaisen osaamisalueiden (Lx) sisällöt, jokaisen oppiaineen niin kutsutut sisältöalueet (Sx), sisältöalueiden opetustavoitteet (Tx) ja tavoitteiden mahdolliset arviointikriteerit. Ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun opetuksen tavoitteiden tarkastelua varten olen tässä kappaleessa ensinnäkin selvittänyt, mitä L5:ssä puhutaan ohjelmoinnista ja ohjelmoinnillisesta ajattelusta kussakin kolmessa luokkaryhmässä. Sen jälkeen olen tarkastellut ainekohtaisesti kussakin kolmessa luokkaryhmässä ohjelmointiin ja ohjelmoinnilliseen ajatteluun liittyviä sisältötavoitteita ja niitä vastaavia opetustavoitteita sekä mahdollisia arviointikriteerejä.

Luokilla 1.–2. tieto- ja viestintäteknikan osaamisen laaja-alaisissa taidoissa (L5) tavoitteena on *”oppilaiden kykenevyys saamaan ja jakamaan kokemuksia ikäkaudelleen*

*sopivien ohjelmointitehtävien parissa*". Opetuksen tavoitteena 1.–2. luokalla on lisäksi *"ohjata oppilasta käyttämään tv:tä tiedon hankkimisessa sekä havaintojen taltioimisessa ja esittämisessä"*. Matematiikassa sisältöalueen Ajattelun taidot (S1) kohdalla sanotaan: *"Tutustuminen ohjelmoinnin alkeisiin aloitetaan laatimalla vaiheittaisia toimintaohjeita, joita myös testataan."* Sisältöalueen S1 mukaisena opetustavoitteena (T12) matematiikassa on *"harjaannuttaa oppilasta laatimaan vaiheittaisia toimintaohjeita ja toimimaan ohjeen mukaan"*. Muissa aineissa kuin matematiikassa ei ole eksplisiittisesti ilmaistu tavoitteita ohjelmoinnin oppimisesta 1.–2. luokalla. Matematiikan opetustavoitteelle T12 ei ole määritelty arviointikriteeriä. (POPS, 2014.)

Edelleen 1.–2. luokan matematiikan sisältötavoitteen Tietojenkäsittely ja tilastot (S4) kohdalla määritellään: *"Pohjustetaan oppilaiden taitoja kerätä ja tallentaa tietoja kiinnostavista aihepiireistä ja laaditaan ja tulkitaan yksinkertaisia taulukoita ja pylväsdiagrammeja"*.

Luokilla 3.–6. tvt-osaamisen laaja-alaisissa taidoissa (L5) tavoitteeksi annetaan: *"Oppilaat oppivat käyttämään erilaisia laitteita, ohjelmistoja ja palveluita sekä ymmärtämään niiden käyttö- ja toimintalogiikkaa."*, *"Oppilaita kannustetaan toteuttamaan tieto- ja viestintäteknikan avulla ideoitaan yksin ja yhdessä toisten kanssa."* sekä *"Ohjelmointia kokeillessaan oppilaat saavat kokemuksia siitä, miten teknologian toiminta riippuu ihmisen tekemistä ratkaisuista."*

Matematiikassa 3.-6. luokan yhteistä sisältötavoitetta Ajattelun taidot (S1) koskevissa käsitteellisissä ja tiedonalakohtaisissa opetustavoitteissa (T14) oppilaita *"kannustetaan ohjelmointia kokeilemalla saamaan kokemuksia siitä, miten teknologian toiminta riippuu ihmisen tekemistä ratkaisuista"*. Erikseen 6. luokan matematiikan opetustavoitteeseen (T14) on kirjattu käsitteellisten ja tiedonalakohtaisten tavoitteiden kohdalle: *"Oppilaita tulee innostaa laatimaan toimintaohjeita tietokoneohjelmoinnissa eli visuaalisessa ohjelmointiympäristössä."* Kuudennen luokan opetustavoitteen T14 kohdalla arvosanan 8 kriteerinä on seuraava: *"Oppilas osaa ohjelmoida toimivan ohjelman graafisessa ohjelmointiympäristössä."*

Luokkien 7-9 tieto - ja viestintäteknologian osaamisen laaja-alaisissa taidoissa (L5) tavoitteiksi annetaan: *"Ohjelmointia harjoitellaan osana eri oppiaineiden opintoja."* ja

*”Harjoitellaan tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämistä myös kansainvälisessä vuorovaikutuksessa ja opitaan hahmottamaan sen merkitystä, mahdollisuuksia ja riskejä globaalissa maailmassa.”*

Luokilla 7–9 matematiikan sisältötavoitteessa Ajattelun taidot (S1) tavoitteena on *”ohjata oppilasta kehittämään algoritmista ajattelua sekä taitoja soveltaa matematiikkaa ja ohjelmointia ongelmien ratkaisemiseen”* ja *”Ajattelun taitojen kehittämiseksi ohjelmoidaan ja samalla harjoitellaan hyviä ohjelmointikäytäntöjä ja sovelletaan itse tehtyjä tai valmiita tietokoneohjelmia osana matematiikan opiskelua”*. Sisältöä S1 vastaa opetustavoite T20, jonka mukaan tavoitteena on *”ohjata oppilasta kehittämään algoritmista ajatteluaan sekä taitojaan soveltaa matematiikkaa ja ohjelmointia ongelmien ratkaisemiseen”*. Arviointikriteeriä ei ole määritelty vielä yhteisesti luokille 7.–9. Vasta 9. luokan kohdalla annetaan arviointikriteeri myös opetustavoitteelle T20: *”Oppilas osaa soveltaa algoritmisen ajattelun periaatteita ja osaa ohjelmoida yksinkertaisia ohjelmia.”* Yläkoulun matematiikan opetustavoitteista voidaan siis sanoa, että ne huomioivat jo jonkin verran ohjelmoinnillisen ajattelun osa-alueita pelkän ohjelmoinnin lisäksi. Opetustavoite T20 algoritmien laadinnasta liittyy ohjelmoinnillisen ajattelun osa-alueeseen *”ohjelmoinnin käsitteet”*. Tieto- ja viestintäteknikan laaja-alaisissa taidoissa (L5) taas huomioidaan ohjelmoinnillisen ajattelun kolmas osa-alue eli ohjelmoinnilliset näkökulmat, koska L5:ssa puhutaan tieto- ja viestintäteknikan hyödyntämisestä kansainvälisessä vuorovaikutuksessa eli opiskelijan suhteista ympäröivään maailmaan ja teknologiaan.

Luokilla 7.–9. matematiikan lisäksi vain käsitöiden kohdalle on kirjattu eksplisiittisesti ohjelmointiin ja ohjelmoinnilliseen ajatteluun liittyviä sisältö- ja opetustavoitteita. Käsitöiden sisältötavoitteen S3 mukaan oppilaiden tulisi *”käyttää sulautettuja järjestelmiä käsitöissä ja soveltaa ohjelmointia käsityötehtävissä tehtyihin tuotesuunnitelmiin ja valmistettaviin tuotteisiin”*. Sisältötavoite S3 toteutetaan opetustavoitteiden T1–T4 sekä T6 kautta. Erityistä arviointikriteeriä niille ei ole määritelty.

Perusopetuksen opetussuunnitelma siis ohjaa ohjelmoinnin opettamiseen ja oppimiseen sekä ohjelmoinnilliseen ajatteluun ensimmäisistä luokista lähtien. Luokilla 1.–5. ei vielä ole arviointikriteerejä opetustavoitteille. Vasta ala-asteen 6. luokalla opetussuunnitelman perusteet määrittelee ohjelmoinnin opintotavoitteiden lisäksi arviointikriteerin. Yläkoulun

matematiikan ja käsitöiden osalta opetussuunnitelman perusteet antaa konkreettisempia ohjeistuksia ohjelmointiin. Matematiikassa tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa algoritmeja ja käsitöissä sulautettuja järjestelmiä ja niiden ohjelmointia.

Taulukko 7-1. Ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun opetustavoitteet ja arviointikriteerit. esittää yhteenvedon ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun opetustavoitteista ja arviointikriteereistä kussakin kolmessa luokkaryhmässä.

Luokat	Yleiset tavoitteet (L5)	Aine- ja luokkakohtaiset tavoitteet	Arviointikriteerit
1.– 2.	Saamaan ja jakamaan ikäkaudelle sopivia ohjelmointitehtäviä.	-	-
3.– 6.	Kannustetaan oppilaita saamaan ohjelmointia kokeilemalla kokemuksia siitä, miten teknologian toiminta riippuu ihmisen tekemistä ratkaisuista.	Matematiikka T14 (6. luokka): Innostaa oppilasta laatimaan toimintaohjeita tietokoneohjelmina graafisessa ohjelmointiympäristössä.	Matematiikka T14 arvosana 8 (6. luokka): Oppilas osaa ohjelmoida toimivan ohjelman graafisessa ohjelmointiympäristössä.
7.– 9.	Ohjelmointia harjoitellaan osana eri oppiaineiden opintoja.  Harjoitellaan tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämistä myös kansainvälisessä vuorovaikutuksessa ja opitaan hahmottamaan sen merkitystä, mahdollisuuksia ja riskejä globaalissa maailmassa.	Matematiikka T20: Ohjata oppilasta kehittämään algoritmista ajatteluaan sekä taitojaan soveltaa matematiikkaa ja ohjelmointia ongelmien ratkaisemiseen.  Käsityö S3: Oppilaiden tulisi käyttää sulautettuja järjestelmiä käsitöissä ja soveltaa ohjelmointia käsityötehtävissä tehtyihin tuotesuunnitelmiin ja valmistettaviin tuotteisiin.	Matematiikka T20 arvosana 8 (9. luokka): Oppilas osaa soveltaa algoritmisen ajattelun periaatteita ja osaa ohjelmoida yksinkertaisia ohjelmia.  Käsityö S3: -

Taulukko 7-1. Ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun opetustavoitteet ja arviointikriteerit.

### 7.3 Menetelmät

Ei ole aivan helposti kuvailtavissa, mitä kasvatustieteellistä teoriaa tässä tutkielmassa käytetään, koska kasvatustiede tieteenä on jo sinänsä vaikeasti määriteltävissä. Onko

kasvatustiede teoriaa vai käytäntöä vai molempia? Teorian pitäisi tuottaa tuloksia käytännön kasvatustyöhön (Peltonen, 2009). Jos teoria ei tuota käytännön tuloksia, mikä merkitys teorialla on ja liittykö teoria silloin oikeastaan kasvatustieteeseen? Lähestymistapani on ehkä lähinnä empiiris-analyttinen, koska yhdistän kirjallisuuslähteiden tutkimisen käytännön kokemukseeni opettajien Scratch-täydennyskoulutuksen opettajana. Kyseessä on laadullinen tutkimus, jossa lisäksi reflektoin kurssiarviointilomakkeiden palautteita.

## **7.4 Tutkimuksen toteutus**

Tässä kappaleessa luon kirjallisuuden pohjalta katsauksen tieto- ja viestintätekniiikan opetuskäytön esteisiin, kuvailen pitämiäni Scratch-kursseja ja reflektoin kurssien kokemuksia.

### **7.4.1 Kirjallisuuskatsauksen materiaalin valinta**

Valitsin kirjallisuuskatsaukseen artikkeleita, jotka käsittelivät opettajien tieto- ja viestintätekniiikkaan liittyviä uskomuksia ja ennakkokäsityksiä, yleisiä ongelmia tieto- ja viestintätekniiikan opetuskäytössä sekä opettajien tieto- ja viestintätekniiikan täydennyskoulutusta. Kirjallisuuskatsaukseen kappale on otsikoitu ”Rakenteellisia ja psykologisia esteitä tieto- ja viestintäteknologian käytölle opetuksessa”, koska ongelmat tv:n integroimiseksi ja hyödyntämiseksi opetuksessa ovat sekä psykologisia että rakenteellisia.

Vaikka tässä tutkielmassa käsitellään nimenomaan ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun opettamiseen liittyviä haasteita, ongelmat ovat mielestäni pohjimmiltaan samanlaisia kaikilla tieto- ja viestintäteknologian alueilla. Siksi näen perustelluksi tehdä kirjallisuuskatsauksen ylipäättänsä tieto- ja viestintätekniiikasta rajaamatta sitä pelkästään ohjelmoimisen ja ohjelmoinnillisen ajattelun teknologioihin.

Hain katsaustani varten artikkeleita mm. hakusanoilla “teachers continuing ICT education” ja “teaching computational thinking” lähinnä Google Scholarista ja valitsin artikkeleita, jotka olivat saaneet useita viittauksia. Käytin lisäksi kahta suomalaista väitöskirjaa ja kahta muuta lähdetä, jotka kuuluvat opettajakoulutuksen kurssimateriaaliin.

Opettajien tvt:n käyttöä opetuksessa on tutkittu paljon (esim. Cox, Preston & Cox, 1999; Mumtaz, 2000; Somekh, 2008; Tondeur, Forkosh-Baruch, Prestridge, Albion & Edirisinghe, 2016 ja Wilen, 2017). Useat valitsemistani artikkeleista eivät ole suomalaisia, minkä vuoksi niiden tuloksia pitää arvioida ottamalla huomioon se, että jokaisessa maassa on erilainen koulujärjestelmä ja erilaiset opetustavoitteet. Toisaalta tieto- ja viestintäteknisten taitojen opettamisen ja tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntämisen opetuksessa ei pitäisi olla kovin maa- ja kulttuurisidonnaista, koska kyse on teknologian oppimisesta. On myös hyvä ymmärtää muiden maiden kokemuksia ja oppia niistä Suomessa.

#### **7.4.2 Rakenteellisia ja psykologisia esteitä tieto- ja viestintäteknologian käytölle opetuksessa**

Haasteita ja esteitä tieto- ja viestintäteknologian järjestelmällisempään käyttöön ja parempaan integroimiseen opetuksen yhteyteen on paljon ja hyvin erityyppisiä, ja syypäitäkin pyritään löytämään. Yksi yleinen syytös on opettajien innottomuus hyödyntää informaatioteknologiaa opetuksessa. Voidaan syyttää myös esimerkiksi kouluhallintoa siitä, että se ei tuota riittävän moderneja opintosuunnitelmia.

Somekh (2008) lähtee siitä, että opettajien halu ottaa informaatioteknologiaa käyttöön on ennen kaikkea sosiokulttuurinen kysymys. Hänen mukaansa opettajien halukkuuteen lisätä informaatioteknologiaa opetukseen vaikuttavat laajemmat yhteiskunnan arvostuksiin ja koulutuksen resurssien kohdentamispäätöksiin liittyvät tekijät. Mikäli yhteiskunta ja sen sisältämät pienemmät yhteisöt, kuten koulut ja oppilaiden perheet, arvostavat enemmän informaatioteknologian käyttöä opetuksessa, myös opettajat ottavat sitä käyttöön enemmän. (Somekh, 2008.) Opettajat eivät halua käyttää informaatioteknologiaa opetuksessa, mikäli se ilmentyy erillisessä puhtaasti spesifisessä teknologisen sovelluksen muodossa (Somekh, 2008) eikä sillä ole laajempia kytköksiä opetettavaan aineeseen ja ympäröivään yhteiskuntaan ja sen kulttuuriin ja arvostuksiin.

Jotta tieto- ja viestintätekniiikka voidaan yhdistää pedagogiseen näkökulmaan, vaaditaan laajempaa yhteistyötä koulun sisällä (Cox ym., 1999). Coxin ja muiden (1999) mukaan opettajien näkemykset teknologian helppokäyttöisyydestä ja hyödyllisyydestä vaikuttavat heidän asenteisiinsa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa. Opettajien omat uskomukset tieto- ja viestintätekniiikan hyödyllisyydestä vaikuttavat informaatioteknologian

käyttöönottoon merkittävästi (Cox ym., 1999 ja Tondeur, van Braak, Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2016).

McLuhan sanoi jo vuonna 1964 (Somekh, 2008), että koulujen opetusjärjestelmät ovat aikaansa jäljessä, eivätkä ne kykene ymmärtämään modernia kyberaikaa, missä yhteiskunta toimii. Kulttuuri vaikuttaa kaikkeen, mitä luokkahuoneissa tehdään. Oppilaat ovat kulttuurin tuotteita, eikä koulu ei pysty näkemään sitä (Somekh, 2008).

Somekh (2008) esittää lisäksi, että informaatioteknologian osajiksi tullaan yrityksen ja erehdyksen kautta, mikä vaatii ylimääräistä aikaa, jota opettajilla ei usein ole. Tällöin opettajat etsivät sellaisia informaatioteknologisia työkaluja ja menetelmiä, jotka heidän on mahdollista hallita rajoitettujen aikaresurssien puitteissa. Koska yrityksen ja erehdyksen menetelmä on poissa laskuista, on selvää, että opettajat eivät pysty oppimaan tieto- ja viestintäteknikkaa sillä tavoin kuin se normaalisti tehdään syvällisen oppimisen saavuttamiseksi.

Jo 1999 päivätyssä tutkimuksessa (Cox ym., 1999) todetaan, että monilla tv-täydennyskoulutuskursseilla opettajille ei useinkaan kerrota, kuinka he voisivat kehittää pedagogisia käytäntöjään ja korvata perinteistä oppitunnin pitoa tieto- ja viestintäteknologian avulla siten, että opetussuunnitelman tavoitteet tulisivat edelleen huomioiduiksi. Se tarkoittaa sitä, että täydennyskoulutuskurssin käytyään opettajat eivät edelleenkään tiedä, kuinka käyttää informaatioteknologiaa opetuksessaan. He tietävät vain, kuinka käyttää tiettyjä ohjelmistotuotteita (*software packages*). (Cox ym., 1999.)

Mumtaz (2000) näkee, että opettajien päätöksiin ottaa informaatioteknologiaa mukaan opetukseen vaikuttavat monet erilaiset tekijät, kuten pääsy informaatioteknologian resursseihin, ohjelmistojen ja laitteistojen laatu, helppo käytettävyys, palkitseminen muutoksesta, tuki ja kollegiaalisuus opettajien kesken, koulun ja valtion politiikka ja sitoutuminen ammatilliseen oppimiseen.

Mumtazin (2000) mukaan opettajilla on kolme tapaa suhtautua tietotekniikkaan: 1) välttäminen, 2) integroiminen ja 3) tekninen spesialisti. Pitämilläni Scratch-kursseilla jaottelu tuli jossain määrin esiin. Osa opettajista oli jo ohjelmoinut Scratchillä aiemmin. He näyttivät kaipaavan täydennyskoulutukselta tietoa Scratchin edistyneemmistä ominaisuuksista, eli he olivat Mumtazin luokittelun mukaisesti teknisiä spesialisteja. Osalla opettajista oli havaittavissa selvää muutosvastarintaa, jolloin kyse oli luokittelun

ykköstyypin opettajasta. Kakkostyyppiä oli vaikea havaita. Scratch-kursseilla kaikki osallistujat tekivät kuitenkin harjoitusohjelman tunnollisesti ohjeiden mukaisesti, ja tekemisen myötä muutosvastarinta hävisi ainakin osittain.

Opettajien tieto- ja viestintäteknologisten taitojen kehittämishankkeisiin eri puolilla maailmaa tutustuneet tutkijat (Tondeur ym., 2016) kirjoittavat, että ICT:n käyttö on edelleen yksittäisten ”tähtiopettajien” varassa ja että kouluista puuttuu tieto- ja viestintäteknologian systemaattinen käyttö. Yksittäisten opettajien onnistuneita tieto- ja viestintäteknologian integraatiomalleja pitäisi kyetä monistamaan siten, että niitä voitaisiin hyödyntää systemaattisesti useissa kouluissa. Tieto- ja viestintäteknologian täydennyskoulutusta pitäisi myös laajentaa pelkkien yksittäisten kurssien sijaan monipuolisemmaksi. Tondeur ja muut (2016) kuvailevat Australiassa käytettävän täydennyskoulutuskonseptin, jossa on neljä eri vaihetta: ensimmäisessä vaiheessa mentori auttaa opettajia tulemaan paremmin tietoisiksi omista teknologiaan liittyvistä uskomuksistaan ja käytännön opetustyössä käyttämästään teknologiasta sekä niiden yhteydestä toisiinsa. Toisessa vaiheessa mentori ja opettajien yhteisö (online-pohjainen) tukevat opettajaa tekemään suunnitelman siitä, kuinka hän ottaa teknologiaa käyttöön opetuksessa. Kolmannessa vaiheessa opettajat toteuttavat suunnitelmansa ja jakavat kokemuksensa online-yhteisölle. Neljännessä vaiheessa opettajat muokkaavat suunnitelmiaan ottaen selvemmin huomioon pedagogiset uskomuksensa.

Tondeur ja muut (2016) kuvailevat Australian lisäksi Kenian, Israelin ja Sri Lankan koulujen opettajien tieto- ja viestintäteknisten taitojen kehittämisprojekteja, joissa kaikissa tavoitteena on systemaattinen toteutus mahdollisimman suurelle joukolle opettajia. Kaikissa näissä kehittämisprojekteissa yhteisenä tekijänä ovat alhaalta ylöspäin -prosessi, eli ei tiukan keskusjohtoinen vaan opettajalähtöinen ohjausote; elinikäinen oppiminen; opettajien mahdollisuus vaikuttaa siihen, miten teknologiaa käytetään opetuksessa; teknologiapohjaisen opettamisen paikallinen soveltaminen; yhteisön tuki; tulosten jakaminen opettajien yhteisölle ja järjestelmällisyys.

Tieto- ja viestintäteknologian opetuskäytön tulisi olla autenttista, jotta sillä olisi aitoa käyttöä eikä sillä vain korvattaisi perinteistä opetusta (Tondeur ym., 2016). Uuden teknologian yhdistäminen tehokkaaseen pedagogiseen suoritukseen on kuitenkin hyvin haasteellinen tehtävä (Jung, 2005).

Wilen (2017) tutki opettajien tietotekniikan täydennyskoulutusta Suomessa ja tuo esiin samanlaisia haasteita kuin moni edellä mainituista ulkomaisista artikkeleista. Hän kirjoittaa esimerkiksi: *”Tietotekniikka näyttäytyy arkisena täydennyskoulutuksissa, ja ongelmaksi koetaan, että se jää irralliseksi eikä sitä kyetä liittämään käsiteltävään oppiaineeseen.”* Lisäksi: *”...täydennyskoulutuksessa ei opeteta riittävästi pedagogista lähestymistapaa tietotekniikan ja opetettavan oppiaineen kontekstissa.”* Sekä: *”Seitsemän vastaajaa kymmenestä oli sitä mieltä, että koulutuksen jälkeen työmäärä on suuri yhdistettäessä koulutuksessa opittua tietotekniikkaa oppiaineeseen koulutyössä.”*

### 7.4.3 Scratch-täydennyskoulutus

Pidin kaksi Scratch-täydennyskoulutuskurssia kahdessa eteläsuomalaisessa peruskoulussa keväällä 2018. Kurssien pito toimi samalla syventävänä opetusharjoittelunani.

Tein havaintomuistiinpanoja kurssien pidosta (jatkossa kenttäpäiväkirja (KP)) ja olen hyödyntänyt kenttäpäiväkirjamerkintöjä lähinnä kappaleessa 7.5.2, jossa kerron Scratch-täydennyskoulutuksen tuloksista.

Molemmat kurssit olivat kahdeksan oppitunnin mittaisia, ja opetus jakautui kahdelle neljän oppitunnin opetuspäivälle. Toisessa koulussa oli sekä ala- että yläkoulu (koulu A) ja toisessa pelkästään alakoulu (koulu B).

Koulun B opettajat olivat kaikki alakoulun opettajia, kun taas koulun A opettajissa oli useiden eri aineiden opettajia. *Koulussa A opettajat edustivat eri aineita, kuten matematiikkaa, fysiikkaa, äidinkieltä ja kuvaamataittoa. Joukossa oli myös yksi alasteen luokanopettaja (KP 12.3.2018).*

Molemmissa kouluissa opetin ensin Scratchin perusominaisuudet sillä erolla, että koulussa A käytimme ominaisuuksien yhdessä läpikäymiseen vain noin tunnin verran ja lopun ajan kurssilaiset kehittivät omia ohjelmiaan. *Koulussa A tarkoitukseni oli käydä Scratchin perusominaisuuksia tarkemmin läpi, mutta kurssilaiset kiiruhtivat jo tekemään Scratch-projektejaan ja keskityin antamaan tukea kullekin henkilökohtaisesti (KP 12.3.2018).*

Koulussa B käytimme huomattavasti suuremman osan kurssista, neljä oppituntia, pelkästään Scratchin ominaisuuksien läpikäyntiin, jonka jälkeen kurssilaiset tekivät harjoitustyönsä. Koulussa A pyysin kurssilaisia miettimään Scratch-ohjelman tekemisessä pedagogista lähestymistapaa, joka liittyisi heidän omaan aineeseensa, ja annoin vapaat

kädet Scratch-ohjelman ideoimiselle. Koulun B tapauksessa kaikki opettajat toteuttivat saman Scratch-ohjelman ja sen vaatimat työvaiheet samassa tahdissa ohjaajan ohjeiden mukaisesti.

Koulussa B suurin osa kurssilaisista sai tehtyä Scratch-harjoituksen aivan loppuun, kun taas koulun A opettajien Scratch-harjoitukset jäivät osittain kesken.

Tein kurssilaisille palautelomakkeen, jonka opettajat täyttivät ja palauttivat kurssin päätyttyä. Palautelomakkeella pyrin ensisijaisesti selvittämään sitä, kokivatko kurssilaiset ymmärtävänsä ohjelmointia ja ohjelmoinnillista ajattelua paremmin kurssin käytyään ja toisaalta sitä, aikoivatko he käyttää Scratchiä opetuksessaan tulevaisuudessa. Jälkimmäisellä kysymyksellä pyrin selvittämään kurssini vaikuttavuutta eli sitä, antoiko kurssini tekniset valmiudet sekä ymmärryksen ja innostuksen pedagogista mahdollisuuksista käyttää Scratchiä opetuksessa riippumatta aineesta. Koulun A kurssipalautelomakkeessa oli vain neljä arviointikysymystä ja vapaan palautteen kenttä. Koulua B varten muokkasinkin lomaketta siten, että siinä oli seitsemän arviointikysymystä ja vapaan palautteen kenttä.

Koulun A tapauksessa kurssille osallistui noin kymmenen opettajaa, joista seitsemän palautti kurssipalautelomakkeen. Koulusta B osallistui kurssille kahdeksan opettajaa, jotka kaikki palauttivat lomakkeen.

Liitteessä 1 on koulun A kysymykset (LIITE 1) ja liitteessä 2 koulun B kysymykset (LIITE 2).

## **7.5 Tulokset**

### **7.5.1 Kirjallisuuskatsaus**

Osa valitsemistani artikkeleista on yli kymmenen vuotta vanhoja, yksi jopa viime vuosituhalta, ja osa taas vain vuoden tai kaksi vanhoja. Vanhemmissa artikkeleissa tuodaan esiin samoja tekijöitä, jotka vaikuttavat nykypäivänäkin, vuonna 2018, estävän tieto- ja viestintätekniiikan integroimista opetukseen. Mainittuja tekijöitä ovat esimerkiksi opettajien uskomukset, koulun ”jälkeenjääneisyys” ja heikosti toimiva teknologia.

Kirjallisuuskatsauksen mukaan opettajat eivät ota tieto- ja viestintäteknikkaa opetuksensa avuksi, mikäli teknologia ei tue tai ota huomioon pedagogista näkökulmaa ja yhteiskunnan

odotuksia ja arvostuksia. Kahdessa koulussa pitämäni Scratch-täydennyskoulutuskurssien tuloksena näytti olevan se, että opettajat, jotka tekivät harjoitustehtävän ottaen huomioon pedagogisen lähestymistavan, aikoivat käyttää Scratchiä opetuksessaan. Kirjallisuuskatsauksen ja kurssien tulokset ovat siis yhdensuuntaisia tässä mielessä, ja näin ollen tämän tutkielman eräänä merkittävänä tuloksena on se, että opettajien informaatioteknologian täydennyskoulutuksessa pitäisi huomioida enemmän teknologian soveltuvuutta opetettavan aineen pedagogiseen sisältöön. Itse teknologian opettamisen, kuten ohjelmoimisen, taas pitäisi olla vain niiden opettajien tehtävänä, joilla on mahdollisuudet ja edellytykset opetella teknologiaa. Peruskoulun yläkoulun kohdalla perusopetuksen opetussuunnitelma on hyvä, koska se esittää, että ohjelmointia pitäisi opettaa matematiikan tunneilla, eikä vastuuta ohjelmoinnin opetuksesta ole säilytetty kaikille opettajille. Opetussuunnitelman mukaan myös alakoulussa tulisi oppilaita perehdyttää ohjelmointiin, mutta tällöin tehtävä jää opettajille, joilla ei ole siihen välttämättä riittävää motivaatiota ja edellytyksiä. Vaikka perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (POPS 2014) sisältääkin jonkin verran ohjelmoinnillisen ajattelun taitojen elementtejä, ei siinä sanota mitään ohjelmoinnillisen ajattelun opettamisesta, mikä kirjallisuuskatsauksen mukaan nähdään jopa tärkeämpänä taitona kuin itse ohjelmoimisen taito.

Ongelmat tieto- ja viestintätekniiikan integroimiseksi opetukseen ovat laajat ja syvälliset ja taustalla on monimutkaisia yhteiskunnallisia, hallinnollisia, poliittisia, ammatillisia, teknologisia ja rahoituksellisia syitä. Täydennyskoulutuksen päämäärien saavuttaminen on haastavaa, koska opettajilla ei välttämättä ole riittäviä valmiuksia ymmärtää itse teknologiaa ja sen hyödyntämismahdollisuuksia.

Kirjallisuuskatsauksen ja empiiristen havaintojen perusteella ei ole selvää, kenen peruskoulun opettajien tehtävänä on opettaa itse teknologiaa, kuten ohjelmoimista ja ohjelmoinnillista ajattelua, ja kenen ei. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (POPS, 2014) sanotaan 1.–2. luokan oppilaiden tarvitsevan ohjelmoinnin osaamista, mutta siinä ei sanota, keiden opettajista pitää sitä antaa ja millä tunneilla.

Koulujen hallintoelimet ja kansalliset kouluviranomaiset eivät ehkä täysin ymmärrä informaatioteknologian hallitsemiseen ja oppimiseen liittyviä prosesseja, koska vaikka opetussuunnitelmatasolla ohjelmoinnin opettaminen nähdään tärkeänä seikkana, ei nähdä sitä, että opettajan teknologian oppimiselle ja siihen perehtymiselle ei ole annettu aikaa

eikä arvostusta. Koska opettajien aika menee muuhun työhön, ei heillä ole mahdollisuutta opetella ohjelmointia yrityksen ja erehdyksen menetelmällä.

Jos opettajille ei makseta korvausta uuden teknologian oppimisesta, on ehkä turha odottaa, että he ottaisivat uutta tieto- ja viestintäteknikkaa käyttöön laajamittaisesti ja systemaattisesti. Tieto- ja viestintäteknikan osuuden kasvattamiseen opetuksessa vaikuttaa myös se, miten hyvin opettajien välinen yhteistyö toimii. Jos opettajan toimenkuva on pelkästään luokkaopetuksessa tapahtuva toiminta, eli palkkaus perustuu pelkästään yksittäisen opettajan omaan panostukseen, ei myöskään yhteistyömuotojen kehittymistä tapahdu. Jos laitteet ja ohjelmistot eivät toimi, eivät opettajat halua käyttää aikaansa informaatioteknologian hyödyntämiseen, ymmärrettävästi, jos aika menee laitteiden vikojen selvittämiseen. Jälkimmäisessä on kyse viime kädessä resurssien puutteesta eli siitä, että opettajille ei järjestetä riittävästi teknistä tukea hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa opetuksessaan.

Scratch-täydennyskoulutuskursseilla havaitsin, että opettajat muodostavat ikään kuin kaksi pääryhmää: Toisten mielestä tvt on mahtava juttu ja sen käyttöä pitäisi edistää siitäkin huolimatta, että yhteiskunta ei ole antanut riittäviä resursseja toimivien laitteiden hankintaan ja että opettajan rooli ei ole teknologiakeskeinen. Toisten mielestä taas tieto- ja viestintäteknologia häiritsee opetusta. Puuttuu keskitie, jossa toisaalta ymmärretään informaatioteknologian hallitsemisen tärkeys ja sen tuomat mahdollisuudet rikastuttaa opetusta, mutta samanaikaisesti tiedostetaan koulun ja opettajien historiallinen rooli, jonka vankeina tavallaan nykyiset opettajien kouluttajat ja opettajat itse ovat, eikä koululaitosta voida muuttaa hetkessä (Salminen, 2012).

Kyse on siis myös perinteen ja kulttuurin painolastista. On vaikea muuttaa niin hallinnollisista, resurssillisista kuin psykologisista syistä opettamisen painopistettä huomioimaan enemmän nykyaikaa. Koulu tulee aina jossain määrin jäljessä, koska koulun kehittymiseen vaikuttavat monet usein keskenään ristiriitaiset tekijät, mikä tekee koulun kehittämisestä hidasta (Salminen, 2012).

Perusongelma on edelleen se, että kun opettajat osallistuvat tiettyyn tvt-täydennyskoulutuskurssiin, heidän ei ole mahdollista ottaa käyttöön sen tarjoamia pedagogisia mahdollisuuksia luokkaopetuksessa (Cox ym., 1999). Cox ja muut (1999) tekivät havaintonsa jo vuonna 1999, eikä tilanne omien Scratch-kursseilla tekemieni

havaintojen mukaa ole muuttunut. Siksi on hyvä miettiä opettajien täydennyskoulutuksen painopisteiden tarkentamista laaja-alaisemmin kuin vain puhtaan kurssien sisällön tarkastelun kautta.

## 7.5.2 Scratch-täydennyskoulutus

Tässä kappaleessa analysoin kurssipalautekysymysten vastauksia ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun osalta. Käsittelen ensin koulun A ja sitten koulun B palautteet.

### Koulu A

Taulukko 7-2. Koulun A kurssipalautekysymysten 1 ja 2 vastausjakauma.

Kysymykset	Täysin samaa mieltä	Osittain samaa mieltä	Osittain eri mieltä	Täysin samaa mieltä
1. Scratch-kurssi auttoi minua ymmärtämään paremmin ohjelmointia ja ohjelmoinnillista ajattelua.	3	4	0	0
2. Pidän luennoilla käsitellyjä aiheita kiinnostavina ja tärkeinä.	2	5	0	0

Yllä olevasta taulukosta (Taulukko 7-2) nähdään, että koulun A tapauksessa, jossa Scratchin perusominaisuuksien opettajajohtoinen läpikäynti jäi vähäiseksi ja annettiin kurssilaisille vapaat kädet omien Scratch-sovelluksiensa ideoimiseen, kurssi näytti selvästi parantaneen osanottajien ymmärrystä ohjelmoinnista ja ohjelmoinnillisesta ajattelusta. Suurin osa kurssilaisista myös piti kurssia tärkeänä ja mielenkiintoisena.

Taulukko 7-3. Koulun A kurssipalautekysymysten 3 ja 4 vastausjakauma.

Kysymys 3	Aivan liian laajasti	Vähän liian laajasti	Sopivasti	Vähän liian pintapuolisesti	Aivan liian pintapuolisesti	
Asioita käsiteltiin luennoilla sopivassa laajuudessa	0	0	3 (5)*	2 (4)*	0	
*Kahdessa vastauslomakkeesta oli valittu sekä vaihtoehdot 'Sopivasti' että 'Vähän liian pintapuolisesti', kolmessa pelkästään 'Sopivasti' ja kahdessa pelkästään 'Vähän liian pintapuolisesti'.						
Kysymys 4			Kyllä	En		
Aion teettää Scratch-ohjelmointiin perustuvia tuntitehtäviä omalla tunnillani?			6*	0*		
*Yksi vastaajista merkitsi rastin 'Kyllä' ja 'Ei' välille						

Kysymyksen 3 (Taulukko 7-3, ”Asioita käsiteltiin luennoilla sopivassa laajuudessa”) tuloksia voidaan ehkä selittää sillä, että kurssiryhmässä osa oli jo etukäteen vähintään jossain määrin perehtyneitä Scratchiin. Heistä kurssini saattoi olla suorastaan helppo. Toisilla taas ei ollut etukäteistietoa Scratchistä, ja he olisivat ehkä kaivanneet yksityiskohtaisempaa ja hitaampaa ominaisuuksien läpikäyntiä.

*Kurssin aikana koulun A kaikki opettajat tuntuivat olevan kiinnostuneita Scratchillä ohjelmoinnista ja osa erittäin innostuneita. Yksi opettaja sanoi aikovansa perustaa koulussa Scratch-ohjelmointikerhon. Kurssin aluksi kysyin osallistujilta heidän kokemustaan ohjelmoinnista ja Scratchistä. Vastausten perusteella noin kolmanneksella oli kokemusta ohjelmoinnista ja noin neljänneksellä kokemusta Scratchistä. (KP 12.3.2018)*

*Koulussa A yksi opettajista sanoi minulle jo kurssin alussa, että hän aikoo ottaa Scratchin käyttöön, ja osalla opettajista oli selvästi jo kokemusta Scratchistä. (KP 12.3.2018)*

Kysymykseen 4 kaikki kurssilaiset vastasivat, että aikovat ottaa Scratchin käyttöön opetuksessaan. Tosin joukossa oli yksi ”ehkä”-vastaus.

Koulun A palautelomakkeen vapaassa kentässä sain tällaista palautetta:

*”Ohjattu harjoitus parityöskentelynä voisi olla hyvä.”*

*”Kurssin rakenne voisi olla selkeämpi.”*

*”Jos vielä selkeämmin saisi ideoita, mitä tunneilla voisi tehdä oppilaiden kanssa.”*

*”Kokonaisuudessaan kurssi hyvä!”*

Vapaan sanallisen palautteen perusteella voidaan päätellä, että Scratch-kurssilla pitää olla selkeä rakenne ja työtavat, vaikka vapaan pedagogisen ideoinnin mahdollisuus näyttäisi motivoivan kurssilaisia. Haasteena lieneekin se, miten pedagoginen luova ideointi ja oppimista ohjaava kurssirakenne ja työskentelytavat saataisiin yhdistettyä luontevalla tavalla.

Koulun A antaman palautteeseen perusteella muutin opetussuunnitelmaa jonkin verran, kun lähdin kouluttamaan koulun B opettajia. Koulussa B kävimme aluksi huomattavasti

yksityiskohtaisemmin läpi Scratchin ominaisuuksia ennen kuin aloimme tehdä harjoitustehtävää. Sain ensimmäisen päivän jälkeen koulun B kurssilaisilta toiveen, että keskittyisimme toisena päivänä pelkästään Scratch-ohjelman koodaukseen. Tein malliohjelman, jonka kaikki kurssilaiset koodasivat. Kaikki kurssilaiset keskittyivät hyvin koodaamistehtävään. (KP 11.4.2018).

## **Koulu B**

Taulukko 7-4. Koulun B kurssipalautekysymysten 1 ja 2 vastausjakauma.

Kysymykset 1 ja 2	Täysin samaa mieltä	Osittain samaa mieltä	Osittain eri mieltä	Täysin samaa mieltä
Scratch-kurssi auttoi minua ymmärtämään paremmin ohjelmointia ja ohjelmoinnillista ajattelua	1	3	3	1
Kurssi antoi minulle osaamista käyttää Scratchiä opetuksessani	1	3	3	1

Kuten yllä olevasta taulukosta (Taulukko 7-4) nähdään, koulun B, jossa opettajajohtoisesti käytiin Scratchin ominaisuuksia läpi perusteellisemmin kuin koulussa A ja tehtiin myös opettajajohtoisesti harjoitustehtävä, kurssilaisten arviot oman ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun taitojen parantumisesta kurssin aikana eivät olleet niin hyvät kuin koulussa A.

Taulukko 7-5. Koulun B kurssipalautekysymysten 3 ja 6 vastausjakauma.

Kysymys 3	Aivan liian laajasti	Vähän liian laajasti	Sopivasti	Vähän liian pintapuolisesti	Aivan liian pintapuolisesti
Asioita käsiteltiin luennoilla sopivassa laajuudessa	2	3	1	0	0
Kysymys 6	Kyllä		Ehkä/En tiedä		En
Aion teettää Scratch-ohjelmointiin perustuvia tuntitehtäviä omalla tunnillani?	3		3		2

Kun verrataan koulujen A ja B vastauksia (Taulukko 7-3 ja Taulukko 7-5) samoihin kysymyksiin, vastausten perusteella koulun B kurssilaiset kokivat asioiden käsittelyn liian laajaksi. Tämä voi johtua siitä, että joko koulussa B käytiin perusteellisesti ominaisuudet läpi, mutta ei kuitenkaan riittävän perusteellisesti, tai sitten ominaisuuksien läpikäyntiä ei rajattu riittävästi ja asioita tuli ehkä liikaa opittavaksi lyhyessä ajassa. Myös halukkuus ottaa Scratch käyttöön opetuksessa kurssin jälkeen oli kurssiarviointikyselyn vastausten perusteella vähäisempi koulussa B verrattuna kouluun A.

Koulun A opettajat näyttivät siis vastausten perusteella suhtautuvan Scratchin käyttöön opetuksessa huomattavasti myönteisemmin kuin koulun B opettajat, vaikka he eivät saaneet yhtä yksityiskohtaista opetusta kuin koulussa B. Tästä on kuitenkin vaikea toisaalta tehdä lopullista johtopäätöstä, koska opettajien tietotaso ohjelmoinnista vaihteli ja koulut olivat erilaisia. *Koulut A ja B poikkesivat toisistaan, koska koulussa B kaikki olivat aloittelijoita ohjelmoinnissa ja Scratchissa, kun taas koulussa A löytyi jo Scratchia osaavia ja he auttoivat muita kurssilaisia.* (KP 11.4.2018).

Lisäksi alakoulun ohjelmointiopetuksessa varmaankin pitää pysyä todella perusasioissa, kun taas yläkoulussa oppilaille on jo enemmän kognitiivista kyvykkyyttä tehdä monimutkaisempia ohjelmointiharjoituksia, mikä antaa opettajille enemmän vaihtoehtoja ohjelmointitehtävien teettämisessä.

Minulle oli kuitenkin yllätys, että yhtä lukuun ottamatta (yksi vastaus: ”en tiedä vielä”) koulun A opettajat suunnittelivat käyttävänsä Scratchiä opetuksessaan. Johtuiko se siitä, että heille oli annettu vapaat kädet keksiä juuri heidän aineeseensa liittyvä Scratch-tehtävä? Motivaatioteorian mukaan autonomian tunne lisää motivaatiota (Salmela-Aro ja Nurmi, 2017). Toinen vaihtoehto voi olla yksinkertaisesti se, että koulussa A oli kenties jo aiemmin tehty päätös ottaa Scratch laaja-alaisemmin käyttöön opetuksessa ja se motivoi opettajia kurssilla.

Toisaalta koulussa B lähes jokainen opettaja sai tehtyä Scratch-harjoituksen aivan loppuun. Koulun A opettajien Scratch-harjoitukset jäivät osittain kesken, mutta silti he halusivat käyttää Scratchia opetuksessaan. Suomalainen opettaja on tottunut siihen, että hän vastaa opetuksensa suunnittelusta ja toteutuksesta, jolloin hänellä on suuri autonomian tunne. Tällöin myös se, että hän voi itse päättää, miten hyödyntää

ohjelmointimenetelmää oppitunneillaan, voi olla tärkeä seikka opettajan motivoitumisessa oppimaan Scratchin tapaista ohjelmointikieltä.

Molempien koulujen tapauksessa opettajat oppivat kurssin aikana käyttämään Scratchiä hyvin ottaen huomioon, että suurin osa heistä ei omien sanojensa mukaan tiennyt etukäteen mitään ohjelmoinnista saati Scratchistä. Tämä osoittaa ehkä sen, että ohjelmointi ja ohjelmoinnillinen ajattelu eivät ole vaikeita yhdellekään opettajalle, kunhan perustaidot ja motivaatio ovat kohdallaan ja opettelemiselle on varattu riittävästi aikaa ja siitä maksetaan palkkaa.

*Koulussa A Suomen kielen opettaja teki pelin, jossa kalevalaishahmot liikkuvat labyrintissa, ja eräs toinen opettaja teki monipuolista liikettä, hahmojen interaktioita ja ääniä sisältävän äitienpäiväkorttianimaation. Eräs matematiikan opettaja teki yhteenlaskuharjoitusanimaation, jossa oli hahmojen liikettä ja otettiin vastaan käyttäjän syötteitä eli vastauksia tehtävään. (KP 12.3.2018.)*

Ehkä tulevaisuudessa Scratch-koulutusta pitäisi antaa kahdella eri tasolla: niille, jotka jo osaavat Scratchiä ainakin jonkin verran ja niille, joiden kanssa on tarpeellista käydä aluksi perusteita läpi syvällisemmin ja hitaammassa tahdissa. Osallistujien eriyttäminen kahteen ryhmään kurssin aikana oli käytännössä vaikeaa, koska olin suunnitellut kurssin siten, että käymme ensin kaikki yhdessä perusteet läpi ja vasta sitten kukin siirtyy tekemään omaa projektiaan.

### **7.5.3 Scratchin käyttökelpoisuus perusopetusasteella**

Graafisena ohjelmointiympäristönä Scratch mahdollistaa peruskoulun 3.–6. luokille asetettujen tavoitteiden toteuttamisen hyvin, koska se vastaa täsmälleen opetustavoitteessa mainittua graafisen ohjelmoinnin tavoitetta T14. Todennäköisesti myös luokkien 1.–2. ohjelmoinnin opetusta voidaan toteuttaa Scratchillä erityisesti varsinaista Scratchiä rajoitetummassa ja yksinkertaisemmassa Scratch-juniori-ohjelmointiympäristössä. Kun Scratchiä osataan soveltaa oikein, sillä voidaan lisäksi toteuttaa luokkien 7.–9. algoritmisen ohjelmoinnin oppimisen tavoitteita. Käsitöissä vaadittavaa sulautettujen järjestelmien ohjelmointia voidaan myös toteuttaa Scratch-ympäristössä laajennuksien avulla.

Näin ollen Scratch soveltuu hyvin peruskoulun ohjelmoinnin ja ohjelmoinnillisen ajattelun opettamiseen, ja opettajien Scratch täydennyskoulutus on perusteltua. Oppilailla on jo valmius käyttää Scratchiä. *Jo ala-asteen oppilailla on valmiina valmius käyttää Scratchiä, koska digitaalinen maailma on oppilaille tuttu asia. Tämä tuli ilmi keskusteluistani opettajien kanssa koulussa B. (KP 11.4.2018).*

## 7.6 Johtopäätökset

Kirjallisuuskatsauksen perusteella opettajien ohjelmoinnillisen ajattelun ja ohjelmoinnin taitojen täydennyskoulutuksessa pitäisi painottaa enemmän pedagogista lähestymistapaa sekä miettiä tarkemmin, kuka opettajista tarvitsee itse teknologioiden osaamista ja kuka taas tieto- ja viestintätekniiikan soveltamisen taitoja. Tieto- ja viestintätekniiikan täydennyskoulutuksen sisällön terävöittämisen lisäksi tarvitaan muita toimia. Tarvitaan parempaa ymmärrystä opettajien tieto- ja viestintätekniiikkaan liittyvistä asenteista ja uskomuksista sekä systemaattisempi lähestymistapa opettajien tv-taitojen kehittämiseksi yksittäisten teknisten työkalujen, esimerkiksi Scratchin, oppimisen rinnalla. Lisäksi on syytä ottaa huomioon opettajien resurssien rajallisuus uusien tieto- ja viestintäteknisten alueiden oppimisessa sekä lisätä koulujen ja opettajien yhteistyötä ja opettajien vaikutusmahdollisuuksia siihen, minkälaista teknologiaa he käyttävät opetuksessaan.

Teknologian hyödyntämistä ja integroimista opetukseen voisi opettaa ja harjoitella enemmän jo opettajankoulutusvaiheessa, jotta opettajilla olisi valmistuessaan lähtökohtaisesti paremmat valmiudet ja hyvä motivaatio oppia lisää esimerkiksi täydennyskoulutuksen kautta. Tällaiset teknologiapainotteiset kurssit voisivat sisältää erityisesti tietoa siitä, miten teknologian voi yhdistää pedagogiseen toimintaan. Jos tämän tyyppistä koulutusta ei opettajaopintoihin kuulu, opettajilla ei välttämättä ole parhaat mahdolliset lähtökohdat hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa opetuksessaan alkaessaan harjoittaa opettajan ammattia.

Oman opiskeluni aikana Helsingin Yliopiston aineopettajan koulutusohjelmaan (lukuvuosi 2017- 2018) kuului ainoastaan yksi kurssi, joka keskittyi tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämiseen pedagogisessa merkityksessä, toisin kuten esimerkiksi Singaporessa (Jung, 2005), jossa on useita sellaisia kursseja. Tosin monilla suorittamillani kursseilla käytettiin tieto- ja viestintätekniiikkaa pedagogisiin tarkoituksiin, joten todellisuudessa tilanne ei ole niin synkkä kuin kurssikuvausten perusteella voi näyttää.

Scratch-täydennyskoulutus voisi olla järkevä jakaa kahteen osaan: ensimmäisessä opetettaisiin tekniset perusasiat hyvin ja toisessa painopiste olisi soveltamisessa ja opettajien omien pedagogisten ideoiden toteuttamisessa ja kokeilemisessa. Kun opettajat ymmärtävät itse Scratchin perusteet paremmin, heillä on myös enemmän rohkeutta teettää Scratchillä tuntitehtäviä. Se tuli ilmi keskusteluissani opettajien kanssa Scratch-täydennyskoulutuskursseilla. Oppilailla taas on jo valmiutta ja innokkuutta käyttää Scratchiä, koska digitaalinen maailma on oppilaille tuttu asia.

Scratchin käyttö pitäisi ehkä integroida paremmin eri aineisiin, mikä pitäisi huomioida myös opetussisällön ja oppimateriaalien suunnittelussa. Näin Scratch sulautuisi luontevaksi osaksi opetusta. Tällä hetkellä vaarana on se, että Scratch on liian erillinen oma teknologinen kokonaisuutensa, jollaisia suurin osa opettajista vierastaa.

Tutkielman kirjoitusprosessin aikana heräsi ajatus kahdesta jatkotutkimusaiheesta. Ensimmäinen liittyy Scratchin käyttämiseen kouluissa. Tällä hetkellä ei taida olla saatavilla kovin yleistä tietoa Scratchin käytön laajuudesta suomalaisissa kouluissa. Scratchin tai muun vastaavan matalan kynnyksen ohjelmointiympäristön käytöstä kouluissa voitaisiin tehdä tutkimus, jossa ensinnäkin selvittäisiin se, miten paljon sitä käytetään, ja toiseksi, millaisia kehitystarpeita opettajien ja oppilaiden osaamisessa on ja millainen näkemys opettajilla on ao. ohjelmistoympäristön soveltuvuudesta kouluopetukseen. Toinen tutkimusajatukseni liittyy opettajakoulutukseen. Helsingin Yliopiston opettajakoulutuksessa voitaisiin tehdä toimintatutkimus, jossa koulutusohjelmaan lisättäisiin teknologian opetusta ja selvittäisiin sitten, kasvaako opiskelijoiden halukkuus tai aikomus sulauttaa teknologiaa osaksi opetustaan tulevassa opettajan työssään.

## 7.7 Lähteet

Berry, M (2015). *QuickStart Computing, a CPD toolkit for secondary teachers*. Julkaisu on osa Britannian tieto- ja viestintätekniikan opetussuunnitelmaa. Luettavissa: <http://community.computingschool.org.uk/resources/3042/single> [viitattu 20.5.2018].

Cox, M., Preston C. & Cox K. (1999). What factors support or prevent teachers from using ICT in their classrooms? *Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference University of Sussex at Brighton, September 2-5 1999*.

- Jung, I., (2005). ICT-pedagogy integration in teacher training: application cases worldwide. *Journal of Educational Technology & Society* 8(2), 94-101.
- Lye, S. Y., Koh, J.H.L (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming. What is next for K-12? *Computers in human behavior* 41, 51–61.
- Mumtaz, S. (2000). Factors affecting teachers' use of information and communications technology: a review of the literature. *Journal of information technology for teacher education* 9(3), 319–342.
- Peltonen, J. (2009). Kasvatustieteen teoria-käytäntö-suhde, teoreetikoiden ja praktikoiden vuoropuhelua. *Acta universitatis ouluensis E scientiae rerum socialium* 106.
- POPS (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Helsinki: Opetushallitus.
- Robinson, B. (2008). Using distance education and ICT to improve access, equity and the quality in rural teachers' professional development in western China. *International review of research in open and distance learning* 9(1), 1–17.
- Moreno-León, J.; Robles, R. & Roman-Gonzalez, M. (2015). Dr. Scratch: automatic analysis of scratch projects to asses and foster computational thinking. *RED – Revista de Educación a Distancia* 4615.
- Salmela-Aro, K. & Nurmi, J-E. (toim.) (2017). *Mikä meitä liikuttaa – Modernin motivaatiopsykologian perusteet*. Jyväskylä: PS-Kustannus.
- Salminen, J. (2012). *Koulun pirulliset dilemmat*. Suomi: Teos.
- Somekh, B. (2008). Factors affecting teacher's pedagogical adoption of ICT. Teoksessa: Voogt, J. & Knezek, G. (toim.) *International handbook of information technology in primary and secondary education*. New York: Springer.
- Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A. & Ottenbreit-Leftwich, A. (2016). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: a systematic review of qualitative evidence. *Educational technology research and development* 65(3), 555–575.

- Tondeur, J., Forkosh-Baruch, A., Prestridge, S., Albion, P., & Edirisinghe, S. (2016). Responding to Challenges in Teacher Professional Development for ICT Integration in Education. *Educational Technology & Society* 19 (3), 110–120.
- Wilen, L. (2017). Tieto- ja viestintätekniiikan merkitys aineenopettajien täydennyskoulutuksessa. *Jyväskylä studies in computing* 276.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM* 49(3).

## 7.8 Liitteet

### 7.8.1 LIITE 1

Koulun A kurssipalautelomake

**1. Scratch-kurssi auttoi minua ymmärtämään paremmin ohjelmointia ja ohjelmoinnillista ajattelua**

- Täysin samaa mieltä  Osittain samaa mieltä  Osittain eri mieltä  Täysin eri mieltä

**2. Pidän luennoilla käsitelyjä aiheita kiinnostavina ja tärkeinä**

- Täysin samaa mieltä  Osittain samaa mieltä  Osittain eri mieltä  Täysin eri mieltä

**3. Asioita käsiteltiin luennoilla sopivassa laajuudessa**

- Aivan liian laajasti  Vähän liian laajasti  Sopivasti  Vähän liian pintapuolisesti
- Aivan liian pintapuolisesti

**4. Aion teettää Scratch-ohjelmointiin perustuvia tuntitehtäviä omalla tunnillani?**

- Kyllä  En

**Miten parantaisit kurssia ? Mitä siitä puuttui mielestäsi? Mikä oli hyvää? (sana vapaa)**

## 7.8.2 LIITE 2

### Koulun B kurssipalautelomake

**1. Scratch-kurssi auttoi minua ymmärtämään paremmin ohjelmointia ja ohjelmoinnillista ajattelua**

Täysin samaa mieltä  Osittain samaa mieltä  Osittain eri mieltä  Täysin eri mieltä

**2. Kurssi antoi minulle osaamista käyttää scratchiä opetuksessani**

Täysin samaa mieltä  Osittain samaa mieltä  Osittain eri mieltä  Täysin eri mieltä

**3. Asioita käsiteltiin luennoilla sopivassa laajuudessa**

Aivan liian laajasti  Vähän liian laajasti  Sopivasti  Vähän liian pintapuolisesti

Aivan liian pintapuolisesti

**4. Saavutin osaamistavoitteeni**

Täysin samaa mieltä  Osittain samaa mieltä  Osittain eri mieltä  Täysin eri mieltä

**5. Jos en saavuttanut tarpeeksi osaamistavoitteitani, mistä se mielestäni johtui?**

Minulla ei ollut osaamistavoitteita / en tiennyt mitä odottaa kurssilta  Kurssilla ei käyty riittävästi perusasioita läpi  Kurssilla edettiin hitaasti  liian hitaasti  Muu syy

**6. Aion teettää Scratch-ohjelmointiin perustuvia tehtäviä omalla tunnillani?**

Kyllä  En

**7. Haluan myös muuta ohjelmointiin ja ohjelmalliseen ajatteluun liittyvää koulutusta**

Kyllä  Jossain määrin  En  En osaa sanoa

**8. Miten kehittäisit kurssia ? Mitä siitä puuttui mielestäsi? Mikä oli hyvää? (sana vapaa)**

## 8 Oppiainerajat ylittävien opetuskokonaisuuksien rakentaminen lukiossa

*Meri Vainio*

### 8.1 Johdanto

Uuden opetussuunnitelman avulla Opetus- ja kulttuuriministeriö ja Opetushallitus pyrkivät uudistamaan lukiokoulutusta vastaamaan tulevaisuuden yhteiskunnallisen kehityksen, työelämätaitojen sekä työelämän muutosten asettamiin haasteisiin (Blom, 2018b). Käytännössä tämä näkyy vuoden 2016 opetussuunnitelmassa laaja-alaisena ja ilmiölähtöisenä opetuksena (Opetushallitus, 2015). Yrittäjyys on yksi opetussuunnitelmassa mainituista yhteiskunnallisesti merkittävistä kasvu- ja koulutushaasteista (Opetushallitus, 2015). Aihekokonaisuutena se on oppiainerajat ylittävä teema sekä laaja-alainen osaamisalue, jolle ei ole varattu paikkaa omana aineena vaan yrittäjyyskasvatusta toteutetaan osana kaikkien oppiaineiden opetusta sekä lukion toimintakulttuuria (Opetushallitus, 2015).

Jotta aihekokonaisuudet saataisiin integroitua lukio-opetukseen ja kulttuuriin, opettajia ja oppilaita kannustetaan laajasti oppiainerajat ylittävään yhteistyöhön (Opetushallitus, 2015). Tämä toteutuu opettajankoulutuksessa, mutta jättää ulkopuolelle ne opettajat, jotka ovat jo virkasuhteessa kouluissa. Siinä, missä opettajaopiskelijoille tarjotaan uusimpia menetelmiä osana opintoja, eivät virassa olevat opettajat saa juurikaan käytännönläheistä opastusta siihen, miten näitä opetussuunnitelman muutoksia voisi käytännössä lähteä toteuttamaan. Tutkimusten mukaan saatamme opetusta ja suunnitelmia kehittäessämme unohtaa opettajat ja muun koulun henkilökunnan, joilla on merkittävä osuus opetuksen kehittämisessä ja oppilaiden oppimisen edistämässä (mm. Morrissey, 2000). Siksi on tärkeää, että oppilaiden lisäksi myös opettajille luodaan toimintaa ja toiminnan muutosta tukeva toimintaympäristö (Morrissey, 2000).

Tässä artikkelissa selvitetään lukion aineenopettajien roolia uusien oppiainerajoja ylittävien oppimiskokonaisuuksien rakentamisessa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, soveltuuko työpajamuotoinen menetelmä

- 1) tukemaan opettajien valmiuksia kehittää ainerajat ylittäviä opetuskokonaisuuksia
- 2) muokkaamaan koulun toimintakulttuuria.

Tutkimus on yksittäistapaustutkimus ja menetelmänä sovelletaan Idea Roller Coaster –nimistä työpajaa, joka on kuvattu tarkemmin luvussa 2.

### **8.1.1 Case-kuvaus**

Kauniaisten lukio on tarjonnut yrittäjyysopintoja lukiolaisille syksystä 2016 alkaen (Kauniaisten lukio, 2018). Ensimmäisinä vuosina lukio on toteuttanut opinnot muutaman kurssin laajuisena kokonaisuutena, joka on ollut vapaaehtoinen opiskelijoille. Kokonaisuus on ollut täysin kolmen opettajan vastuulla, eikä siihen ole osallistunut muita opettajia.

Tulevaisuudessa Kauniaisten lukio pyrkii kuitenkin saamaan vastuulleen yrittäjyyden erikoistehtävän. Syksyllä 2017 kaksi suomalaista lukiota sai yrittäjyyden erikoistehtävän (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2017). Eryistehtävän saaneessa lukiossa yrittäjyysopintojen on levittävä osaksi jokaista oppiainetta ja koko koulun toimintakulttuuria. Lukiolta edellytetään, että sillä on ammatilliset ja taloudelliset edellytykset järjestää erityisen koulutustehtävän mukaista koulutusta (Blom, 2018a; Ruskovaara et al. 2011).

Yrittäjyyskurssien vastuupettajat muotoilivat tavoitteensa seuraavanlaisesti:

*Ajatuksena olisi siis saada kaikki opettajat osallistutettua bisneskoulun kehittämiseen, sen suunnitteluun ja toteutukseen. Kuinka he voisivat olla siinä mukana, miten kaikkien osaaminen ja näkemykset saataisiin mukaan, millaisena he näkevät bisneskoulun tulevaisuuden, millaiset kurssikokonaisuudet ja työskentelytavat olisivat toimivimpia/mielekkäitä jne.*

### **8.1.2 Yhteisö ja yksilö muutoksessa**

Tutkimuksessa käsiteltävä kirjallinen aineisto koostuu kahdesta teoreettisesta viitekehystä. Ensimmäinen viitekehys käsittelee koulun toimintakulttuurin muutosta, ja toinen opettajien henkilökohtaista kasvua. Menetelmäosiossa tullaan esittelemään tutkimuksessa tämän viitekehysten pohjalta suunniteltu työpaja, joka osallistaa yhteisön opettajat harjoittamaan uusia toimintatapoja osana omaa yhteisöään.

Koulun johtajalla, rehtorilla, on keskeinen rooli organisaation toimintakulttuurin ylläpitämisessä ja tasapainoilussa tuen ja paineen välillä. Rehtorin tulee tukea opettajia ottamaan uusia rooleja samalla, kun hän itse opettelee päästämään irti vanhoista rakenteista (Morrissey, 2000). Muutos alkaa olemassa olevien toimintatapojen kyseenalaistamisella (Engeström, 2000; Louis ym. 1996). Kouluympäristössä toimintakulttuurin muuttaminen vaatii taidokasta fasilitointia (Folkman, 2004). Folkmanin (2004) mukaan haasteena on yhteisen ymmärryksen luominen siitä, mitä muutos pitää sisällään eri näkökulmista.

Opettajan osalta muutosta estävät ennen kaikkea psykososiaaliset ja kulttuuriset paineet (Mezirow, 2000). Lisäksi opettajat ovat usein tottuneet tiettyihin toimintatapoihin, eivätkä yksittäiset opettajat löydä uusia ideoita (Wanger, 1998). Mezirow (2000) esittää transformatiivisen syväoppimisen käsitteen ongelmien voittamiseen. Transformatiivisen oppimisen tavoitteena on tehdä yksilöistä itsenäisiä ajattelijoina (Mezirow, 1997). Opettajien sosiaalinen ja emotionaalinen kyvykkyys vaatii harjoittelua (Talvio et al. 2016). York ja Marsick (2000) esittävät transformatiivisen oppimisen fasilitaatiomallin, jossa osallistujat harjoittavat uusia toimintatapoja, oppimista sekä kriittistä reflektiota. Nämä siirretään lopulta pysyviksi organisaation toimintamalleiksi.

Perinteisesti henkilöstön koulutusohjelmat odottavat opettajien itsensä kiinnostuvan ja ilmoittautuvan niihin itsenäisesti. Koulutusohjelmat myös keskittyvät ohjeistaviin työpajoihin osallistavan toiminnan sijasta (Fletcher & Patrick, 1998). Yhteiskehittämisen sijaan opettajilla saattaa olla tärkeät koulun ulkopuoliset verkostot, joissa yksityiset keskustelut tarjoavat edellytykset kehitykselle ja oppimiselle (Roxå & Mårtensson, 2009).

Johtopäätöksinä kirjallisuudesta toimintakulttuuri on rehtorista lähtien rakennettava keskusteluun ja yhteistyöhön kannustavaksi. Lisäksi opettajille tulee tarjota sellaista täydennyskoulutusta, joka kannustaa kehittämään itseä ja yhteisöä.

## **8.2 Menetelmä**

Tämä tutkimus on yksittäistapaustutkimus, jossa käytetään menetelmänä Idea Roller Coaster -työpajaa. Idea Roller Coaster on työpajamuotoinen menetelmä, jolla opetetaan toimintaa luovan prosessin alkupäässä. Menetelmää on kokeiltu ja kehitetty useassa eri

kontekstissa yliopisto-opiskelijoiden ja lukiolaisten kanssa. Erityisesti menetelmä on ollut käytössä opiskelijoiden tuotesuunnittelukurssin alkuvaiheissa.

Tässä tapaustutkimuksessa Idea Roller Coaster -työpajalla on kolme tavoitetta:

- 1) tutustutetaan opettajat uuteen toimintatapaan ja työpajamuotoiseen menetelmään
- 2) osallistetaan koko opettajayhteisö opetuskokonaisuuksien yhteiskehittämiseen
- 3) luodaan ainerajat ylittäviä opetuskokonaisuuksia, jotka tukevat bisneskoulun tavoitteita

Työpaja järjestettiin toukokuussa 2018 osana Kauniaisten lukion opettajien koulutuspäivää. Osallistujia oli yhteensä 26 aineenopettajaa, mukaan lukien rehtori sekä bisneskoulun opettajat. Suuren osallistumisprosentin vuoksi kaikki lukion opettavat aineet olivat edustettuina. Opettajilta ei vaadittu minkäänlaista ennakkovalmistautumista, eikä heille annettu etukäteen tehtäviä tai ohjeistusta.

Työpajan jälkeen opettajien oppimista ja asenteita arvioitiin anonymillä kyselylomakkeella. Opettajat antoivat työpajasta ja kokemuksistaan sekä numeerista että sanallista palautetta.

### **8.3 Tulokset**

Työpajan ensimmäisenä tavoitteena oli tutustuttaa opettajat bisneskoulun toimintamalleihin sekä luoda edellytykset yhteiskehittämislle lukiossa. Lukion opettajat pääsivät tutustumaan bisneskoulussa käytössä olevaan toimintatapaan kokemalla menetelmän käytännössä opiskelijan roolissa. Työpaja keskittyi tekemiseen ja kokemiseen. Opettajat pääsivät ryhmissä määrittämään oman suuntansa. Fasilitoitu työpaja ohjasi ryhmiä eteenpäin. Tällä tavalla rikottiin vanhoja toimintatapoja ja tuotiin konkreettinen työpaja menetelmänä myös opettajien tietoisuuteen kokemuksena, jota he voivat hyödyntää omassa opetuksessaan. Tämä tavoite saavutettiin erittäin hyvin, sillä koulun 29 opettajasta paikalla oli yhteensä 26.

Toisena tavoitteena oli osallistaa koko opettajayhteisö yhteiskehittämiseen. Työpaja toteutettiin niin, että jokainen opettaja oli osa monialaista 3-4 hengen ryhmää, jossa kukin opettaja työskenteli ryhmän täysvaltaisena jäsenenä. Fasilitoitu ja aikataulutettu työpaja menetelmänä varmisti sen, että jokainen opettaja, rehtori mukaan luettuna, pääsi

osallistumaan yhteiskehittämiseen. Tämä tavoite voidaan myös katsoa saavutetuksi. Kuten aiemmissa tutkimuksissa (Morrissey, 2000) on osoitettu, rehtorin tuki ja valmius uudenlaiseen yhteiseen työskentelyyn on edellytys toimintakulttuurin muutokselle. Kauniaisten lukiossa rehtorin aktiivinen rooli osallistujana kannusti ja tuki opettajayhteisön osallistumista ja uudenlaisen toimintamallin hyväksymistä.

Kolmantena tavoitteena oli luoda toteutuskelpoisia, oppiainerajat ylittäviä oppimiskokonaisuuksia. Työpajan tuotoksena luotiin ja dokumentoitiin yhteensä 21 opetuskokonaisuutta, joista 14 koostui useammasta kuin kahdesta oppiaineesta. Tämän perusteella kolmas tavoite saavutettiin myös kirokkaasti. Opetuskokonaisuuksista kahdeksaan oli nimetty useampia kuin yksi vastuuhenkilö. Viisi kokonaisuudesta oli suunniteltu muodoltaan ilmiöviikolla toteutettaviksi kursseiksi, kaksi oli intensiivikursseja, yksi oli täyden jakson pituinen kurssi ja yksi oli opetuskokonaisuus, jossa yksittäisiä tehtäviä toteutetaan useammalla kurssilla läpi lukuvuoden. Näin ollen luodut opetuskokonaisuudet olivat myös laadullisesti oppiainerajat ylittäviä ja yhteisvoimin toteutettavia.

Tuotoksia syntyi aikarajoitteeseen nähden määrällisesti paljon. Määrällinen tulos puhuu menetelmän toteutumisen puolesta. Lisäksi opetuskokonaisuudet olivat hyvinkin monipuolisia ja yksilöllisiä. Tämä taas puhuu laadullisen tuloksen puolesta. Oppiaineet ja etenkin vastuuhenkilöiden nimeäminen toivat konkreettisuutta ja veivät opetuskokonaisuuden uudelle tasolle. Työpaja menetelmänä voidaan todeta toimivaksi, ja sen käyttöä suositellaan jatkossa käytettäväksi vastaavissa yhteyksissä.

Työpajan jälkeen opettajista 23 vastasi anonyymiin palautekyselyyn. Kyselylomakkeen vastausten perusteella suurin osa opettajista (83% vastauksista joko 4/5 tai 5/5) koki oppineensa jotain uutta. Lomakkeen sanallisessa osiossa opettajat kommentoivat muun muassa suhtautuneensa alussa epäilevästi, mutta myöhemmin alkaneensa nauttia työpajasta. Lisäksi opettajat kokivat voivansa hyödyntää oppimaansa tulevaisuudessa (100% vastauksista joko 4/5 tai 5/5). Sanallisessa palautteessa opettajat pitivät erityisesti uudenlaisesta lähestymistavasta, työpajan aikarajoitteesta ja intensiivisyydestä sekä ryhmätyöskentelystä.

Lisäksi yksittäisinä kehityskohteina opettajat toivoivat lisää aikaa eri vaiheiden toteuttamiselle. Lisäksi keskustelulle olisi muutaman vastauksen perusteella jätettävä tilaa. Suosituksia opettajat jättivät muun muassa taustamusiikin suhteen.

## 8.4 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, soveltuuko työpajamuotoinen menetelmä tukemaan opettajien valmiuksia kehittää ainerajat ylittäviä opetuskokonaisuuksia sekä muokkaamaan koulun toimintakulttuuria.

Opettajat saivat kokemuksen ainerajat ylittävien oppiainekokonaisuuksien kehittamisestä. Työpajasta saadut tuotokset osoittavat, että opettajat pystyvät lyhyessäkin ajassa tuottamaan oppiainerajat ylittäviä opetuskokonaisuuksia. Idea Roller Coaster -työpaja sopii siis menetelmänä tähän tarkoitukseen. Opettajien numeerinen arvio sekä sanallisesti antama palaute tukee tätä väittämää.

Toisen tavoitteen arviointi vaatii vielä lisää tutkimusta. Aiemmissä tutkimuksissa on osoitettu, että koulun toimintakulttuuria on mahdollista kehittää toimintamallien muutoksella esimerkiksi yhteisten työpajojen kautta. Yksittäisellä työpajalla saatiin aikaiseksi se, että opettajat pääsivät yhdessä kokemaan uudenlaisen työskentelytavan, jossa jokainen koulun opettaja osallistui yhteiskehittämiseen. Syksyllä järjestetään seuraava työpaja, jossa päästään seuraamaan kehitystä. Syksyn työpajan tavoitteena on valita toimivimmat oppiainerajat ylittävät kokonaisuudet ja ottaa ne käyttöön osaksi lukion kurssitarjontaa.

Kokeilun perusteella työpaja on toimiva lähestymistapa oppiainerajat ylittävien oppiainekokonaisuuksien rakentamiseksi. Tulokset olivat parempia kuin osattiin odottaa. Menetelmänä työpajaa voitaisiin kehittää eteenpäin siten, että se tukisi opettajien toimintaa uusien opetuskokonaisuuksien luomisessa. Opettajat muun muassa toivoivat suunnittelua, joka rakentuisi yhden pääaineen varaan ja sen jälkeen täydentyisi useammalla aineella.

## 8.5 Lähteet

Blom, H. (2018a). *Eriytyinen koulutustehtävä*. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Saatavilla: <http://minedu.fi/erityinen-koulutustehtava> [Viitattu 9.5.2018].

- Blom, H. (2018b). *Lukiokoulutuksen kehittäminen*. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Saatavilla: <http://minedu.fi/lukiokoulutuksenkehittaminen> [Viitattu 26.4.2018].
- Engeström, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43(7), 960–974.
- Fletcher, J. & Patrick, S. (1998). Not just workshops any more: The role of faculty development in reframing academic priorities. *International Journal for Academic Development*, 3(1), 39–46.
- Folkman, D. (2004). *Facilitating organizational learning and transformation within a public school setting*. Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education.
- Kauniaistenlukio. (2018). *Lukiolaisen bisneskoulu -GraniWorks*. Saatavilla: [http://www.kauniaistenlukio.fi/lukiolaisen\\_bisneskoulu\\_graniworks](http://www.kauniaistenlukio.fi/lukiolaisen_bisneskoulu_graniworks) [Viitattu 9.5.2018].
- Louis, K. S., Kruse, S., & Raywid, M. A. (1996). Putting teachers at the center of reform: Learning schools and professional communities. *National Association of Secondary School Principals Bulletin*, 80(580), 9-21.
- Mezirow, J. (1997). Transformative learning: Theory to practice. *New directions for adult and continuing education*, 1997(74), 5-12.
- Mezirow, J. & Associates (toim.). (2000). *Learning as Transformation: Critical perspectives on a theory in progress*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Morrissey, M.S. (2000). *Professional learning communities: An ongoing exploration*. Southwest Educational Development Laboratory (Austin, TX) at <http://www.sedl.org/pubs/change45/8.html>
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (2017). *Lukion erityinen koulutustehtävä*. [online] Saatavilla: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/160210> [Viitattu 9.5.2018].
- Opetushallitus. (2015). *Lukion opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki: Opetushallitus.
- Roxå, T. & Mårtensson, K. (2009). Significant conversations and significant networks – exploring the backstage of the teaching arena. *Studies in Higher Education* 34(5), 547–559.

- Ruskovaara, E., Pihkala, T., Rytkölä, T. & Seikkula-Leino J. (2011). Entrepreneurship in Entrepreneurship Education – Practices in Finnish Basic and Secondary Education Level. *The 56th ICSB World Conference “Back to the Future” Conference Paper 15–18.6.2011.*
- Talvio, M., Berg, M., Litmanen, T., & Lonka, K. (2016). The Benefits of Teachers’ Workshops on Their Social and Emotional Intelligence in Four Countries. *Creative Education, 7*, 2803-2819.
- Wanger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- York, L, & Marsick, V. (2000). Organizational learning and transformation. In Mezirow, J. & Associates (Eds.). (2000). *Learning as Transformation: Critical perspectives on a theory in progress*. San Francisco: Jossey-Bass.

# 9 Virtuaalitodellisuus opetuksessa: Tapaustutkimus lähihoitajaopiskelijoiden kotikäynnin harjoittelusta

*Minna Heinonen ja Niina Huttunen*

## 9.1 Johdanto

Ensimmäinen virtuaalitodellisuusjärjestelmänä pidetty laite, Sensorama, rakennettiin jo 60-luvulla. Se tarjosi moottoripyöräajokokemuksen, johon kuuluivat kolmiulotteinen ja värillinen kuva, äänet, hajut sekä liikkeen ja tuulen tunne. (Freina & Ott, 2015.) Virtuaalitodellisuuteen liittyvät laitteet ovat kehittyneet noista ajoista paljon, mutta idea on yhä sama: tavoitteena on mahdollisimman aito kokemus virtuaalisesti.

Virtuaalitodellisuuden (VR) käyttö on kiinnostanut opetusalaalla jo pitkään. Mitä moninaisemmat yritykset tahtoisivat päästä koulutusmarkkinoille virtuaalitodellisuusjärjestelmillään ja sovelluksillaan. Tulevaisuuden arvioissa VR siintää kiinnostavana osana koulua ja koulutusta. Esimerkiksi Slater ja Sanchez-Vives (2016) kuvaavat virtuaalitodellisuutta erittäin lupaavana työkaluna oppimisen parantamiseen.

Tässä tutkimuksessa tutkimme virtuaalitodellisuuden käyttöä opetuksessa lähihoitajaopiskelijoiden oppimistehtävässä. Tehtävässä opiskelijat pääsevät harjoittelemaan virtuaalisesti kotikäyntiä vanhuksen luona. Keskitymme lähihoitajaopiskelijoiden kokemuksiin virtuaalitodellisuuden käytöstä opetuksessa ja esitämme lisäksi kehitysideoita lähihoitajien oppimistehtävän ja virtuaaliympäristön kehittämiseen pedagogisesta näkökulmasta.

## 9.2 Teoreettinen tausta

Tässä luvussa esittelemme virtuaalitodellisuuteen liittyviä käsitteitä (9.2.1), käsittelemme virtuaalitodellisuuden käyttöä opetuksessa (9.2.2), tekniikan ja pedagogiikan suhdetta (9.2.4) ja virtuaalitodellisuuden opetuskäytön pedagogisia lähtökohtia konstruktivistisesta näkökulmasta (9.2.3).

## 9.2.1 Virtuaalitodellisuuteen liittyviä käsitteitä

Virtuaalitodellisuus (VR) on Kielitoimiston sanakirjan (Kotimaisten kielten keskus, 2017) mukaan ”*tietokonesimulaation tuottamien aistimusten avulla luotu keinotekoinen ympäristö, keino-, lume-, tekotodellisuus*”. Englanninkielisen ”Virtual Reality” -termin reunaehdot ovat jossain määrin tarkemmin määritelty kolmiulotteiseksi, tietokoneella luoduksi simulaatioksi tai ympäristöksi, jossa vuorovaikutus tapahtuu fyysisesti ja käyttäjä käyttää erityisiä sähköisiä apuvälineitä, kuten näytöllistä kypärää tai sensorihanskoja:

”The computer-generated simulation of a three-dimensional image or environment that can be interacted with in a seemingly real or physical way by a person using special electronic equipment, such as a helmet with a screen inside or gloves fitted with sensors.” (Oxford University Press, 2018).

Virtuaalitodellisuus on yleensä immersiiivinen. Immersiivisellä tarkoitetaan sitä, kuinka lähellä virtuaalimaailma on todellista maailmaa: esimerkiksi visuaalinen immersio tarkoittaa sitä, kuinka lähellä oikean maailman visuaalisia ärsykejä virtuaalisysteemin tuottamat visuaaliset ärsykkeet ovat (Bowman & McMahan, 2007). Immersio riippuu vain järjestelmän teknisistä ominaisuuksista (Bowman & McMahan, 2007), mutta läsnäolo (*presence*) puolestaan on ihmisen psykologinen reaktio immersioon (Slater, 2003). Läsnaolon tunne on yksilöllinen ja kontekstista riippuvainen kokemus siitä, että todella on jossain paikassa (Bowman & McMahan, 2007).

Korkea immersion taso ei kuitenkaan välttämättä herätä läsnäolon tunnetta. Käyttäjän kokemasta läsnäolon tunteesta viestii esimerkiksi se, että he käyttäytyvät vastaavasti kuin käyttäytyisivät samanlaisessa tilanteessa reaali maailmassa. Mielenkiintoista onkin, mitkä ovat ne järjestelmät ominaisuudet, jotka saavat aikaan läsnäolon tunteen immersion mahdollisista puutteista huolimatta. (Slater, 2003.) Fowlerin (2015) mukaan immersio ja sen tuottama läsnäolon tunne ovat osa konseptia, jossa teknologiset, psykologiset ja pedagogiset kokemukset tuottavat oppimista virtuaalimaailmassa.

Muita virtuaalitodellisuuden tutkimiseen ja käyttöön liittyviä asioita ovat esimerkiksi osallisuus (ks. esim. Slater, 2003), uppoutuminen ja vuorovaikutus.

## 9.2.2 Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen opetuksessa

Virtuaalitodellisuus – jonka avaintekijöitä ovat uppoutuminen, vuorovaikutus sekä käyttäjän mukaan ottaminen ympäristöön ja tarinaan – tarjoaa paljon mahdollisuuksia

opetuksen toteuttamiseen tekemällä oppimisesta motivoivampaa ja sitouttamalla opiskelijat paremmin (Freina & Ott, 2015). Esimerkiksi Slater ja Sanchez-Vives (2016) näkevät VR:n erittäin lupaavana työkaluna oppimisen, opettamisen ja harjoittelemisen mahdollisuuksien laajentamiseksi. Kirjallisuudesta löytyy paljon sovelluksia, joissa virtuaalitodellisuutta on hyödynnetty opetuksessa tavoitteen näkökulmasta. Opetuksella on jokin tavoite, ja VR antaa hyvän työkalun tai menetelmän tavoitteen saavuttamiseksi.

Freina ja Ott (2015) ovat tehneet laajan kirjallisuuskatsauksen, jossa he tutkivat VR:n käytön hyötyjä ja mahdollisuuksia opetuksessa 2013-2014 julkaistujen artikkeleiden pohjalta. Heidän tutkimustulostensa perusteella suurin syy käyttää virtuaalitodellisuutta opetuksessa on se, että se mahdollistaa sellaiset tilanteet ja kokemukset, joita ei olisi mahdollista fyysisesti muuten kokea. Todellinen reaali maailman kokemus voi estyä erilaisista syistä. He nostavat esiin seuraavat oppimiseen reaali maailmassa vaikuttavat haasteet:

- ◆ Aikaan liittyvät ongelmat → VR:n avulla voidaan kokea erilaisia historiallisia ajanjaksoja.
- ◆ Fyysinen saavuttamattomuus → VR mahdollistaa esimerkiksi aurinkokunnan tutkimisen avaruudessa.
- ◆ Vaaralliset tilanteet → VR mahdollistaa esimerkiksi tulevien palomiesten päätöksenteon harjoittelua stressaavassa tulipalotilanteessa.
- ◆ Eettiset ongelmat → VR:n avulla voidaan harjoitella vaativan neurologisen leikkauksen tekemistä, vaikka opiskelija ei olisi vielä tarpeeksi osaava tekemään leikkauksia oikealle ihmiselle. (Freina & Ott, 2015.)

Samantyyllisiä esimerkkejä kirjallisuuteen pohjautuen nostavat esiin myös Slater ja Sanchez-Vives (2016), jotka listaavat viisi tärkeintä tekijää, miksi VR edistää oppimista. Heidän mukaansa VR opetuksessa (1) muuttaa abstraktin konkreettiseksi, (2) tukee tekemistä pelkän havainnoinnin sijasta, (3) mahdollistaa saavuttamattoman tai mahdottoman asian käytännön kokeilun, (4) antaa mahdollisuuden manipuloida todellisuutta sekä (5) mahdollistaa todellisuuden ylittämisen hyötytarkoituksessa. Todellisuuden manipuloinnissa voidaan esimerkiksi tutkia maailmaa, jossa painovoimaa on muutettu murto-osalla. Viimeisen kohdan osalta Slater ja Sanchez-Vives korostavat, että virtuaalitodellisuuden todellinen voima on siinä, että se mahdollistaa lähestymistavat, jotka ylittävät todellisuuden perustavanlaatuisella tavalla. Kyse ei ole vain pelkistä

oudoista fysiikan laeista, vaan esimerkiksi luokkahuoneen toiminnan uudelleen järjestämisessä yhteisessä jaetussa virtuaalitodellisuudessa. (Slater & Sanches-Vives, 2016.) Esimerkiksi Bailenson, Yee, Blasscovich, Beall, Lundblad ja Jin (2008) ovat kokeilleet luokkahuoneen ja opetustilanteen muutoksia virtuaalitodellisuuden avulla.

### 9.2.3 Konstruktivismi pedagogisena lähtökohtana

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan tieto on yksilön tai yhteisöjen yhdessä rakentamaa. Oppiminen vaatii aktiivista kognitiivista toimintaa oppijalta. Oppija havaitsee, tulkitsee havaintojaan ja rakentaa uutta tietoa aikaisemman tietonsa ja kokemustensa pohjalta. (Tynjälä, 2002.) Oppijalla on avainasema oppimisprosessissa ja *”opetuksen tarkoituksena on kehittää oppijan luovuutta, omaehtoisuutta, yhteistyökykyä, vapautumista ja itsenäistymistä”* (Puolimatka, 2002, 252).

Konstruktivismi on ehkä laajimmin käytössä oleva pedagoginen lähestymistapa virtuaalitodellisuuteen opetuskäytössä (Duffy & Jonassen, 2013). Virtuaalitodellisuus visuaalisine 3D-maailmoineen onkin otollinen ympäristö konstruktivistiselle oppimiselle, sillä oppiminen perustuu pitkälti havaintojen tekemiseen. Rana ja Mittar (2016) huomauttavat, että opiskelijat hallitsevat, muistavat ja voivat yleistää uutta tietoa paremmin, kun he konstruoivat sitä aktiivisesti käytännöllisessä oppimisympäristössä. Virtuaalitodellisuus voisi parhaimmillaan olla tällaisen aidon oppimisympäristön korvaava käytännöllinen ympäristö. Myös Huang, Rauch ja Liaw (2010) pitävät VR-oppimisympäristöä sopivana ja arvokkaana aidon kokemuksen korvaajana, koska konstruktivismissa painotetaan vuorovaikutusta muiden kanssa ja virtuaalimaailmassa tämä vuorovaikutus on mahdollista saavuttaa.

### 9.2.4 Teknologian ja pedagogiikan suhde

Virtuaalitodellisuuden käyttöön opetuksessa ja opetusmenetelmänä on kohdistettu myös kritiikkiä. VR:n käyttö opetuksessa on nostanut esiin teknologian ja pedagogiikan suhteen. Esimerkiksi Chen, Toh ja Ismail (2005) toteavat, että suurin osa tutkimuksesta, joka käsittelee virtuaalisten ympäristöjen käyttöä, on teknologiavetoista, eikä se ota huomioon ihmistä.

Fowler (2015) painottaa, että virtuaalitodellisuuden ja oppimisen tutkimuksessa on keskitytty liian paljon teknisiin tekijöihin – kuten esimerkiksi uppoutumisen tasoon 3D

tilassa – jolloin pedagogiset näkökulmat ovat unohtuneet. Fowler (2015) esittääkin, että virtuaalitodellisuuden sovellusten tulisi osoittaa pedagogisesta näkökulmasta, kuinka VR-kokemus edustaa todellisuutta, kuinka se syventää ymmärrystä ja kuinka se ottaa huomioon laajemman sosiaalisen kontekstin, joka oppimiseen kuuluu. Slater (2017) ei kiistä näiden tarvetta, mutta nostaa esiin toisenlaisen näkökulman. Hänen mukaansa tavoitteena on oppiminen ylipäänsä, jolloin toisinaan voi olla vaikea määrittellä tarkkoja virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen vaikutuksia. Hän antaa esimerkiksi implisiittisen oppimisen, jossa monimutkaisia asioita opitaan ja abstraktia tietoa hankitaan alitajuisesti prosessin aikana.

Toisaalta ongelma ei välttämättä ole pelkästään sovellusten liiassa teknologiapainotteisuudessa. Myös opettajalla voi olla haasteita ymmärtää virtuaalisen oppimisympäristön toimintaa, mahdollisuuksia tai pedagogista näkökulmaa (Bottino, Ott & Tavella, 2013). Tällainen tilanne voi johtaa siihen, että teoreettiset puitteet, pedagogiset käytännöt ja niille sopivat olosuhteet jäävät ymmärtämättä tai huomaamatta (Bottino ym., 2013). Bottino ja muut (2013) korostavatkin, että teknologinen innovointi tulisi tehdä yhdessä pedagogisen innovoinnin kanssa.

Oppiminen ja asioiden ymmärtäminen ovat niin monimutkaisia prosesseja, että ei voida olettaa, että vahva läsnäolo virtuaalitodellisuudessa loisi sellaisenaan erityisen hyvän mahdollisuuden asioiden käsittämiseksi (Whitelock, Romano, Jelfs & Brna, 2000). Toki virtuaalimaailmassa tehtävää suoritusta voidaan arvioida suhteessa läsnäoloon, mutta on tärkeää määrittellä, tarkoitetaanko tehokkaalla suorituksella suoritusta VR-maailmassa vai sitä vastaavassa todellisuudessa. Slater, Linakis, Usoh ja Kooper (1996) toteavat empiirisen tutkimuksensa perusteella, että lisääntynyt immersio voi parantaa suoritusta joissakin tehtävissä, koska tällöin tarjolla on enemmän ja laadukkaampaa tietoa. Kuitenkin myös he korostavat, että ei ole mitään erityistä syytä olettaa, että läsnäolon taso vaikuttaisi suoritukseen. Sen sijasta läsnäoloa pitäisi tarkastella siitä näkökulmasta, kuinka ihmisen käyttäytyminen virtuaalimaailmassa vastaa hänen toimintaansa todellisessa elämässä. Bowman ja McMahan (2007) huomauttavat, että virtuaalisten oppimisympäristöjen etu on nimenomaan käytännön sovelluksissa vaikuttavien ja realististen visuaalisten näkymien sijasta. Heidän mukaansa realistinen kokemus täydessä immersiossa ei ole välttämättä ollenkaan tärkeää, sillä kokeellisten tutkimusten perusteella edut ja hyödyt tulevat muista komponenteista virtuaalitodellisuudessa.

Fowler (2015) painottaa, että virtuaalitodellisuudessa toimivien oppimisympäristöjen kehittäjien ja niitä käyttävien opettajien tulisi ottaa pedagogiikka huomioon. Myös Huang ja muut (2010) toivovat, että virtuaalitodellisuuteen perustuvia oppimisympäristöjä käyttävät opettajat perehtyisivät siihen, miten VR-teknologia ja sen sovellukset todella tukevat oppimista. He esittävät neljä tärkeää periaatetta VR-kurssien suunnitteluun:

1. Vuorovaikutuksessa oppii

Vuorovaikutusta tapahtuu virtuaalimaailman kanssa. Myös opettaja-oppija- ja oppija-oppija-vuorovaikutusta voisi edesauttaa VR:n avulla.

2. Huomaa ongelmanratkaisutaitojen ja luovuuden kehittyminen

Virtuaalitodellisuus voi auttaa oppijaa analysoimaan ongelmia ja tutkimaan uusia käsitteitä. Virtuaalimaailman immersivisyys, vuorovaikutteisuus ja mielikuvituksekkuus lisäävät oppijan ongelmanratkaisukykyä.

3. Muista motivointi

VR on parhaimmillaan motivoiva oppimisympäristö, mutta sen aihealueen pitäisi sopia opiskeltaviin sisältöihin.

4. Käytä tukipilarina muulle oppimiselle

3D-maailma auttaa mielikuvituksen kehittymisessä ja voi esimerkiksi toimia edullisena harjoitteluympäristönä. (Huang ym., 2010.)

### **9.3 Tutkimuksen lähtökohdat ja tutkimuskysymykset**

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millainen oppimiskokemus virtuaalitodellisuudessa suoritettava vanhuksen kotikäynti sosiaali- ja terveysalan oppilaitoksessa lähihoitajaopiskelijoiden mielestä oli. Painotus on pedagogisessa lähestymistavassa liittyen sekä nykytilanteeseen että tulevaisuuteen virtuaalitodellisuuden teknisen kehittämisen näkökulmasta. Pedagogisuuteen etsitään lisänäkökulmia haastatteleamalla myös yhteiskunnallisten aineiden opettajaa, joka on opettanut tutkimukseen osallistuneiden opiskelijoiden ryhmää, ja jolla on kokemusta virtuaalisen kotikäynnin toteuttamisesta aikaisempien opetusryhmiensä kanssa. Aiheeseen liittyvässä kirjallisuudessa nousee esiin teknologian ja pedagogiikan ristiriitainen suhde, joten

tutkimuksen yhteydessä on haastateltu myös virtuaalisen oppimisympäristön teknistä asiantuntijaa.

Kuten kirjallisuuskatsauksessa todettiin, niin VR-järjestelmien käyttäminen tuo useita erilaisia mahdollisuuksia opettamiseen. Niiden käyttöä perustellaan usein sillä, että ne mahdollistavat oppimistehtäviä, jotka reaali maailmassa olisi mahdotonta toteuttaa esimerkiksi saavuttamattomuuden tai eettisyyden takia. Aikaisemmat tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että usein sovelluksia on kehitetty teknologiapainotteisesti ja pedagoginen näkökulma on jäänyt huomiotta tai sitä ei ole pystytty tuomaan selkeästi esiin. Näihin lähtökohtiin perustuen olemme muodostanut kaksi tutkimuskysymystä lähihoitajaopiskelijoiden oppimistehtävään liittyvässä tapaustutkimuksemme. Tutkimuskysymyksemme ovat:

Mitä oppimisen kannalta merkittäviä kokemuksia lähihoitajaopiskelijoiden virtuaalitodellisuudessa suoritettussa oppimistehtävässä huomattiin?

Millä tavoin opetustehtävää ja siinä käytettävää virtuaalista ympäristöä voitaisiin kehittää, jotta se olisi pedagogisesti järkevä ja tukisi oppimista?

Tutkimuskysymyksiin vastataan ryhmähaastattelussa ja havainnoinnissa kerätyn tutkimusaineiston avulla. Näitä yhdistetään soveltuvin osin tutkimuksen teoriassa esitettyihin aikaisempiin tutkimustuloksiin. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastataan luvussa 9.5.1 ja toiseen luvuissa 9.5.2 ja 9.5.3.

## **9.4 Tutkimuksen toteutus**

Tässä luvussa käydään läpi tutkimuksen toteutusta. Tutkimus on laadullinen tapaustutkimus (9.4.1) ja virtuaalisena oppimisympäristönä toimi HTC Vive -järjestelmä (9.4.2). Aineisto kerättiin Omnian lähihoitajaopiskelijoiden opetuksessa (9.4.3). Aineiston analysointia kuvataan luvussa 9.4.4.

### **9.4.1 Laadullinen tapaustutkimus**

Tutkimus on laadullinen tapaustutkimus, jossa tutkitaan lähihoitajaopiskelijoiden kokemusta virtuaalitodellisuuden käytöstä opiskelussa sekä sitä, miten oppimiskokemusta voisi parantaa. Tapauksena on virtuaalitodellisuudessa suoritettava vanhuksen luona tapahtuva kotikäynti, jossa tarkoituksena on kartoittaa etenkin kodin turvallisuutta.

Laadullisessa tutkimuksessa lähtökohtana on tutkia ihmisiä heidän omassa elinympäristössään ja selvittää siihen liittyviä merkityksiä. Aineistonkeruumenetelmiä ovat esimerkiksi haastattelu, havainnointi ja videointi. Aineisto koostuu ihmisten kertomuksista ja heidän niille antamista merkityksistä, joten laadullisesta tutkimuksesta ei ole mahdollista saada tilastollisesti yleistettävää tietoa. Sen sijaan laadullinen tutkimus kuvaa jotakin ilmiötä tai tapahtumaa tutkimukseen osallistuvien ihmisten subjektiivisesta näkökulmasta siinä kontekstissa, jossa he elävät. (Hennink, Hutter & Bailey, 2011; Tuomi & Sarajärvi, 2009.)

Tapaustutkimuksen yleispätevä ja kattava määrittelemineen on puolestaan hankalaa, sillä käsitettä käytetään eri tieteenaloilla monenlaisista erilaisista lähtökohdista ja erilaisin tavoittein. Monimuotoisuutensa vuoksi tapaustutkimusta luonnehditaan enemmän tutkimusstrategiaksi (*research strategy*) tai lähestymistavaksi (*approach*) metodologian tai metodin sijasta. (Eriksson & Koistinen, 2014.)

Eriksson ja Koistinen (2014) määrittelevät itse, että tapaustutkimuksessa nimensä mukaisesti tarkastellaan yhtä tai useampaa tapausta, joiden määrittely, analysointi ja ratkaisu on tapaustutkimuksen keskeisin tavoite. Tällöin heidän mukaansa on merkityksellistä, miten tutkittavat tapaukset valitaan, rajataan ja perustellaan. Heidän mielestään helpoiten rajattavissa olevia tutkimuskohteita eri tieteenalueilta ovat potilas- ja oppilastapaukset, oikeustapaukset, oppilaitosten koulutusohjelmat sekä erilaisissa organisaatioissa toteutettavat projektit ja kehityshankkeet (Eriksson & Koistinen, 2014).

Tapaustutkimuksia voidaan luokitella erilaisia näkökulmia ja painotuksia lähtökohtina pitäen. Stake (1995) jakaa tapaustutkimukset kolmeen tyyppiin riippuen tapauksen luonteesta, lukumäärästä, tavoitteista ja tutkimukseen liittyvistä perusoletuksista. Itsessään arvokkaassa tapaustutkimuksessa (*intrinsic case study*) tutkijalla on erityinen kiinnostus tiettyyn, ainutlaatuisen tapaukseen, jonka hän haluaa ymmärtää kaikkine yksityiskohtineen. Välineellinen tapaustutkimus (*instrumental case study*) tehdään, kun tutkimuksen avulla halutaan ymmärtää jotain muuta kuin vain kyseistä tapausta. Toisin sanoen valittu tapaus on kiinnostava yleisten teemojen tai teoreettisten kehittelyjen vuoksi, mutta ei itsessään. Kollektiivisessa tapaustutkimuksessa (*collective case study*) puolestaan välineellinen tapaustutkimus laajennetaan usean tapauksen tutkimukseksi, jonka avulla yritetään päästä parempaan ymmärtämiseen tai parempaan teorian rakentamiseen. (Stake, 1995.)

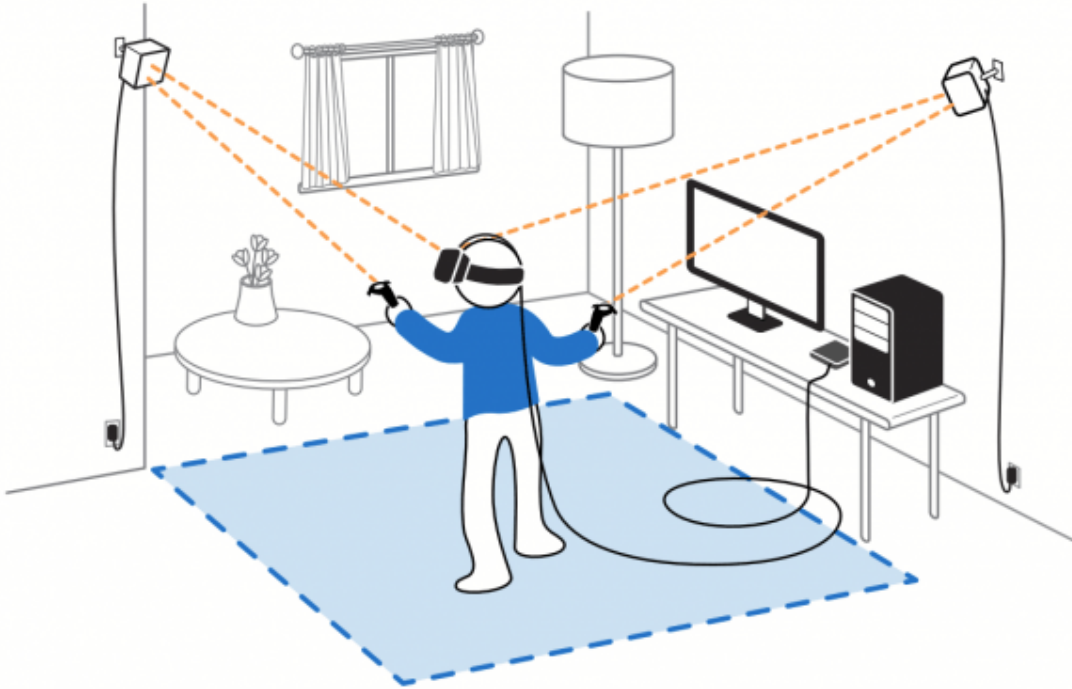
Tämä tutkimus on välineellinen tapaustutkimus, sillä tavoitteena tutkimuksessa on tuottaa tietoa, jota voidaan hyödyntää laajemminkin lähihoitajien (virtuaalisessa) koulutuksessa tai ihan yleisesti virtuaaliopetuksen suunnittelussa. Tarkoitus ei ole kerätä kehitysehdotuksia ainoastaan tutkimuksessa käytetyn sovelluksen osalta (vanhuksen kotikäynti). Välineellisessä tapaustutkimuksessa tutkimuskysymykset on mietitty ennen tutkimuksen aloittamista ja tapaus valitaan tutkimuskysymyksiin perustuen (Stake, 1995). Myös tässä tutkimuksessa tutkijoiden kiinnostus virtuaalitodellisuuteen liittyvään pedagogiikkaan oli olemassa ennen kuin mahdollisuus tehdä tutkimusta Omniassa virtuaalilaseihin liittyen tuli tietoon.

#### 9.4.2 Virtuaalisen oppimisympäristön kuvaus

Opiskelijoilla oli käytössään HTC Vive -virtuaalitodellisuusjärjestelmä (Kuva 9-1) (HTC Corporation, 2011-2018b). He käyttivät sitä oppilaitoksessa suuressa huoneessa, johon systeemi on pysyvästi rakennettu. Huoneessa oli lisäksi sohvia, joilla muut ryhmän jäsenet pystyivät istumaan. Huone on teknisen asiantuntijan ja hänen työparinsa työhuone.



Kuva 9-1. HTC vive -virtuaalitodellisuusjärjestelmän osat. (HTC Corporation, 2011-2018a).  
HTC VIVE -virtuaalitodellisuusjärjestelmään (Kuva 9-2) kuuluvat virtuaalilasit (*headset*, Kuva 9-3) ja kaksi ohjainta (*controllers*, Kuva 9-4) käsiin. Lisäksi virtuaalitodellisuuden käyttöön tarvitaan asemat (*base stations*, Kuva 9-5), jotka rajaavat aluetta, jolla virtuaalilasien käyttäjä voi liikkua.



Kuva 9-2. Virtuaalimaailman käyttöön tarvitaan tietokone, virtuaalilasit, ohjaimet ja asemat (<https://www.htc.com/managed-assets/shared/desktop/vive/Vive PRE User Guide.pdf>).



Kuva 9-3. HTC Vive -virtuaalilasit. (HTC Corporation, 2011-2018a).



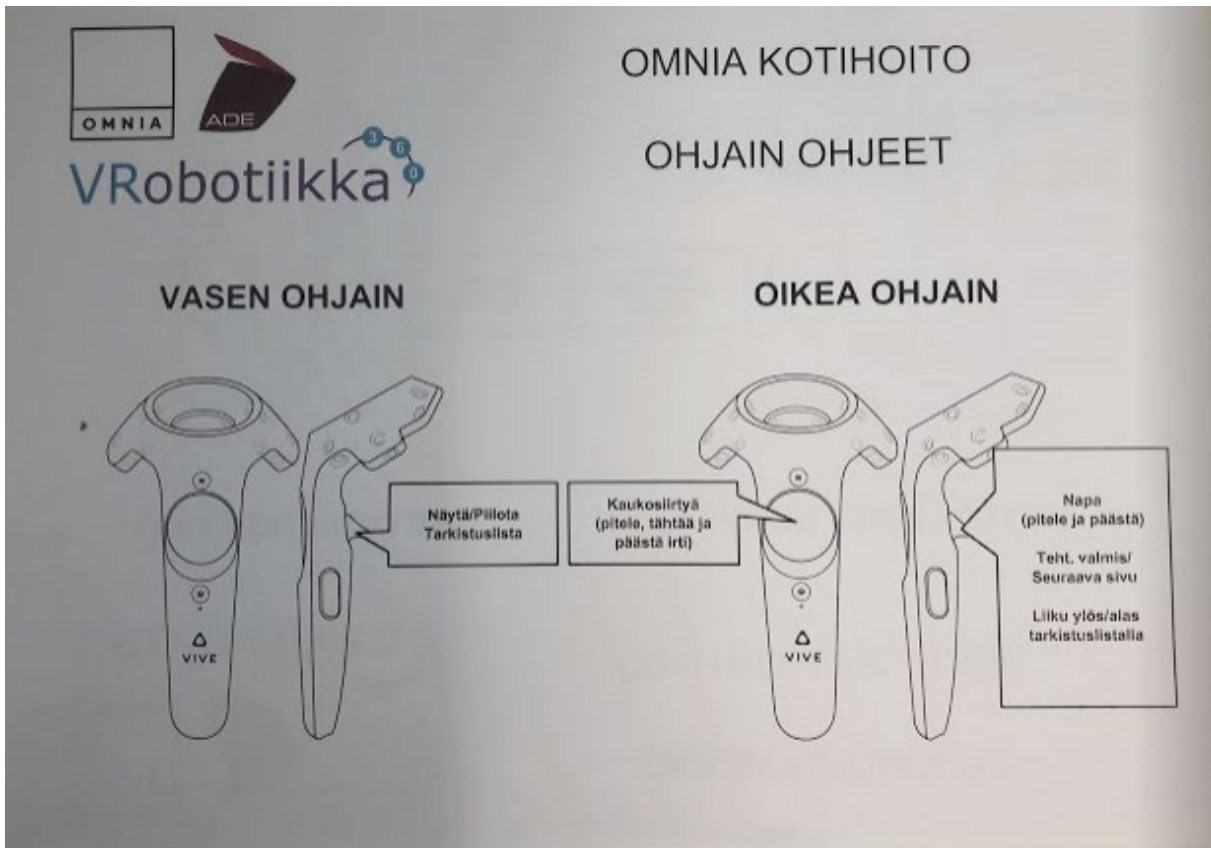
Kuva 9-4. HTC Vive -ohjain alta, sivusta ja päältä. (HTC Corporation, 2011-2018a).



Kuva 9-5. HTC Vive -asemat. (HTC Corporation, 2011-2018a).

Laitteissa on erilaisia sensoreita sijainnin, asennon ja liikkeen tunnistamiseen. Ohjaimissa on lisäksi haptinen palautemekanismi. Virtuaalilasit sopivat useimpien silmälasien päälle. (HTC Corporation, 2011-2018b). Tutkimuksessamme kenelläkään ei ollut ongelmia laitteiston päälle sopimisen kannalta.

Ohjaimissa päällä pyöreä painike ja alla liipaisimen tyyppinen painike. Tässä sovelluksessa navigointi tapahtui painamalla etupuolen painike pohjaan, tähtäämällä haluttuun paikkaan ja sen jälkeen irti päästämällä (Kuva 9-6). Pelialueen rajat näkyvät sovelluksessa visuaalisesti, jos rajojen yli yritetään navigoida. Lisäksi ohjaimen alapuolen liipaisimen avulla esimerkiksi tartuttiin esineisiin virtuaalimaailmassa.



Kuva 9-6. Navigointiohjeet.

Virtuaalinen kotikäynti on kehitetty osana VRobotiikka360-hanketta. VRobotiikka360 oli Opetushallituksen vuonna 2017 toteuttama hanke, jossa oli eri oppilaitoksia ja toimialoja mukana. Hankkeen tavoitteena oli teknologian hyödyntäminen opetuksessa. Virtuaalinen kotikäynti koettiin tarpeellisenä kehittää, koska lähihoitajaopiskelijat eivät kovin helposti saa kotihoidon paikkoja työharjoitteluun, vaikka moni sinne sijoittuukin valmistuttuaan. Tavoitteena on ollut myös kehittää opiskelijoiden havainnointia asiakkaan kotiympäristössä. Usein kotihoidon työntekijä on ainoa, joka voi välittää tietoa eteenpäin asiakkaan tarvitsemista apuvälineistä ja palveluista. Hänen on osattava huomata ne omalla käynnillään asiakkaan luona.

Sosiaali- ja terveysalalta hankkeessa mukana olivat koulutuskeskuksista Omnia, joka keskittyi virtuaaliseen kotikäyntiin, ja Salpaus, joka paneutui pelillisyyteen. Tekninen toteutus on ostettu ulkopuolelta hankkeen varoilla.

### 9.4.3 Tutkimusaineiston kerääminen

Tutkimusaineisto kerättiin Espoon Omnia-koulutuskeskuksessa sosiaali- ja terveystieteiden oppilaitoksessa osana lähihoitajaopiskelijoiden asiakkaan kohtaamiseen liittyvää opetusta 14.03.2018. Opiskelijat tekivät päivän aikana myös asiakkaan kohtaamiseen liittyviä oppimistehtäviä. Tutkimus tehtiin iltapäivällä. Aamulla hyvissä ajoin ennen tutkimusosuuden alkamista opiskelijoille kerrottiin iltapäivän tutkimuksesta osana opetusta ja opiskelijat saivat mahdollisuuden antaa kirjallisen suostumuksen tutkimukseen osallistumiseen. Kaikki opiskelijat halusivat osallistua tutkimukseen.

Tehtävän aluksi opiskelijat jaettiin kahteen ryhmään satunnaisesti jakamalla luokka keskeltä kahtia. Toisessa ryhmässä oli neljä opiskelijaa (ryhmä A) ja toisessa viisi (ryhmä B) eli yhteensä tutkimukseen osallistui yhdeksän opiskelijaa. Ryhmä A suoritti tehtävän suoraan virtuaalilasien kanssa, kun taas B teki tehtävän pohtien ja keskustellen. Molemmat kirjassivat tehtävään liittyviä vastauksia ja päätöksiä paperille ryhmän yhteiselle paperille tehtävän edetessä. Lopuksi myös ryhmän B jäsenet saivat kokeilla virtuaalilaseja ja täydentää tehtävää, jos mieleen tuli jotakin uutta.

Molemmat ryhmät saivat samanlaisen suullisen alustuksen ja ohjeistuksen tehtävään. Lisäksi opiskelijat saivat navigointiohjeen paperilla (Kuva 9-6). Alustus oli seuraavanlainen:

"Reino on 80-vuotias yksin asuva vanhus. Reinon kodin turvallisuudesta ja kotona pärjäämisestä on herännyt huoli ja tehtävänäsi on tehdä kotikäynti Reinon luokse. Miten käynti etenee? Kirjoittakaa ranskalaisin viivoin, mitä teette Reinon luona."

Pienempi ryhmä (ryhmä A) lähti suoraan toisen tutkijan ja ryhmän varsinaisen opettajan kanssa tilaan, johon HTC Vive -virtuaaliympäristö on rakennettu. Paikalla oli koko ajan oppilaitoksen puolesta tekninen asiantuntija, joka vastasi virtuaaliympäristön ja ohjelmien toiminnasta. Ryhmä A innostui lasien käytöstä niin, että varsinkin aluksi tehtävästä ja sen sisällöstä piti muistuttaa useaan kertaan. Jokainen käytti lasia vuorollaan viisi minuuttia, jotta kaikki varmasti ehtivät tutkia vanhuksen kotia myös lasien avulla. Yhteensä ryhmällä oli aikaa olla huoneessa ja tehdä tehtävää 45 minuuttia. Tekninen asiantuntija käytti ajasta alkuun noin 5 minuuttia kertoakseen virtuaalilaseista ja niihin liittyvästä tekniikasta rajoituksineen. Lisäksi opiskelijoiden kanssa piti käydä läpi ohjauskahvojen käyttö.

Ryhmä B alkoi tehdä tehtävää alustuksen ja ohjeistuksen jälkeen itsenäisesti ryhmässä keskustellen. Heillä oli tehtävän teolle aikaa korkeintaan 40 minuuttia, mutta he olivat valmiita noin puolen tunnin kohdalla. Tässä vaiheessa he olivat keskustelleet paljon erilaista yksityiskohdista vanhusten kotiin tehtäviin muutostöihin liittyen. Lopuksi ryhmä pääsi myös kokeilemaan virtuaalimaailmaa teknisen asiantuntijan alustuksen jälkeen. Kukin kokeili virtuaalimaailmassa toimimista muutaman minuutin ajan.

Molemmille ryhmille tehtiin omat ryhmähaastattelut virtuaalitodellisuudessa vierailun jälkeen. Ryhmähaastatteluun osallistuu noin 4-8 suhteellisen homogeenisella taustalla olevaa henkilöä, jotta kaikki haastateltavat ymmärtävät esitetyt kysymykset ja käsitteet, mikä mahdollistaa keskustelun (Eskola & Suoranta, 1998). Ryhmähaastattelussa tavoitteena onkin strukturoidun etenemisen sijasta suhteellisen vapaamuotoinen, mutta kuitenkin asiassa pysyvä keskustelu (Eskola & Suoranta, 1998).

Haastattelut nauhoitettiin mobiililaitteilla ja litteroitiin haastattelujen jälkeen. Haastattelukysymykset esitetään liitteessä 1. Lisäksi opettajalle ja tehtävän teossa paikalla olleelle tekniselle asiantuntijalle tehtiin omat yksilöhaastattelut, joiden kysymykset ovat liitteessä 2. Myös nämä haastattelut nauhoitettiin mobiililaitteilla ja litteroitiin jälkikäteen. Opettajalla oli henkilökohtainen kiinnostus tietotekniikkaan ja esimerkiksi juuri virtuaalisovellusten hyödyntämiseen opetuksessa. Hän oli teettänyt vanhuksen luona kotikäynnin virtuaalitodellisuudessa yhden ryhmän kanssa syksyllä 2017. Teknisen tukihenkilön tausta on tietotekniikan opinnoissa, mutta hänellä on jonkun verran myös pedagogista osaamista.

#### **9.4.4 Aineiston analysointi**

Haastattelujen litteroimisen jälkeen aineistoa luettiin useaan kertaan läpi. Aineistoa käsiteltiin tietokoneavusteisesti Atlas.ti-ohjelmoinnilla. Aineistoa koodattiin etsimällä ja merkitsemällä kommentteja, jotka olivat kiinnostavia tutkimuskysymysten näkökulmasta. Kommentteja koodattiin erilaisten teemojen alle. Näitä teemoja ryhmiteltiin koodiperheiksi, jotka sisälsivät koodeja samoihin teemoihin liittyen. Koodiperheistä löytyi tutkimuskysymysten kannalta olennainen haastattelumateriaali.

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen kannalta merkitykselliseksi nousivat koodiperheet, joiden sisältöjä voi kuvata seuraavin otsikoin: kokemus VR:stä, konteksti, oppiminen ja tulevaisuus. Tulevaisuus -koodiperheen sisällöt pystyttiin käsittelemään lopulta kokemus

VR:stä -koodiperheen kanssa. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen osalta aineistoa analysoitiin induktiivisesti eli aineistolähtöisesti. Laadullisessa tutkimuksessa voidaan lähteä liikkeelle mahdollisimman puhtaalta pöydältä ilman ennakoasettamuksia tai määritelmiä, jolloin puhutaan aineistolähtöisestä analyysistä (Eskola & Suoranta, 1998). Erityisesti aineistolähtöisyys sopii tilanteeseen, jossa tarvitaan perustietoa jonkun ilmiön olemuksesta (Eskola & Suoranta, 1998).

Toista tutkimuskysymystä lähestyttiin luvussa 9.2.4 esitettyjen VR-kurssien suunnittelun periaatteiden pohjalta. Aineiston analysointia ohjasi siis teoria. Tällaista teoriasidonnaista lähestymistapaa aineistoon voidaan kutsua myös abduktiiviseksi päättelyksi (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Toisen tutkimuskysymyksen osalta merkityksellisiksi koodiperheiksi analyysissä muodostuivat interaktiivisuus ja vuorovaikutus, ohjeistus, tekniikan kömpelyydet ja oppimisen vaikeudet.

## **9.5 Tutkimustulokset ja niiden tulkintaa**

Huang ja muut (2010) ovat listanneet VR-oppimisjärjestelmien kehityksen ja käytön haasteiksi seuraavia asioita: (1) Käytettävyys (erityisesti navigoinnin osalta), (2) Teknisiltä kehittäjiltä vaaditaan paljon taitoa – tarvitaan tukea tai rahavaroja, (3) Simuloitu maailma ei ole oikea, mikä voi aiheuttaa negatiivista asennetta oppimista kohtaan, (4) Kehittäminen on kallista, (5) Tarvitaan lisätutkimusta siitä, miten vaikuttavaa VR:n käyttö opetuksessa on. Huomasimme tutkimuksessamme pitkälti samoja ongelmia. Tässä luvussa esitellään tarkemmin tekemiämme havaintoja sekä tärkeimpiä kehityskohteita virtuaalitodellisuuksien kehityksessä ja niiden käytöstä oppimisympäristöinä.

### **9.5.1 Oppimisen kannalta merkityksellisiä havaintoja**

Tässä luvussa esitellään oppimisen kannalta merkityksellisiä huomioita haastattelujen ja havainnointien pohjalta.

#### **9.5.1.1 Viihdyttävyyden ja pelillisyyden korostuivat kokemuksissa**

Haastateltavat luonnehtivat virtuaalimaailmaa jännäksi, mielenkiintoiseksi, hauskaksi ja jopa ovelaksi. Opiskelijat olivat selkeästi innoissaan kokemuksesta sekä tehdessään tehtävää virtuaalimaailmassa että jälkikäteen ryhmähaastattelussa. Myönteiset tunteet ovat tärkeitä tehtävään keskittymisen ja sitkeyden perustana niin koulussa, urheilussa kuin

työelämässäkin, sillä ne edistävät optimaalisia kokemuksia (Salmela-Aro & Nurmi, 2017). Kokemuksen positiivisuus ja innostus virtuaalimaailmassa toimimiseen vaikuttivat näin ollen myönteisesti oppimiskokemukseen.

Kokemuksen kuvailu painottuu kuitenkin suurimmaksi osaksi koskemaan immersiota. Haastateltavat mieltivät, kuinka hyvin vanhuksen asunto vastasi todellisuutta ja kuinka immersiiivinen se oli. Asuntoa itsessään ei pidetty realistisena, vaikka yleisesti virtuaalimaailmaa kuvattiin todellisen tuntuiseksi. Toisaalta tähän saattoi vaikuttaa se, että lähes kaikille osallistujille kokemus oli ylipäänsä ensimmäinen kerta virtuaalilasien käytöstä ja he yllättyivät siitä, että lasit peittävät kaiken reaali maailmassa näkyvän.

”Mut ehkä se ympäristö jotenkin, kylhän se asunto oli tosi siisti ja siellä oli vähän tavaroita. Et ehkä ei ollut niin realistinen.” [n5]

Haastattelut tukevat näkökulmaa, jonka mukaan immersiiivisyyden ja läsnäolon taso ei ole mitenkään suoraan verrannollinen oppimistulosten kanssa (esim. Slater ym., 1996; Whitelock, 2000). Vaikka koti ei ollut monenkaan mielestä realistinen eikä vanhus liikkunut tai kommunikoinut asunnossa yhtään, ei kukaan kokenut, että tehtävää olisi turha tehdä näiden puutteiden takia. Kukaan ei kokenut ongelmaksi, että he jatkuvasti ymmärsivät olevansa oikeasti luokkahuoneessa muiden opiskelijoiden kanssa, sillä he jatkuvasti keskustelivat toisten opiskelijoiden kanssa. Läsnäolo oli siis hyvin jaettu todellisen sijainnin ja virtuaalitodellisuuden välillä.

Erityisesti toisessa ryhmähaastattelussa korostui paljon oppimisympäristön kuvailu pelillisyyden näkökulmasta, mikä ei välttämättä tue sovelluksen immersiiivisyyttä pedagogisesta näkökulmasta. Todellisessa kotikäyntitilanteessa lähihoitajan tulee havaita ongelmakohdat normaalin kotikaaoksen keskeltä.

”Nyt siellä oli ehkä selkeitä merkkejä, että se koko kämppä oli tyhjä ja siisti ja sit siellä oli joku paperirulla, niin oli varmaan merkki siitä, että täällä tarvittais apua. Vihje!” [n1]

Keskusteluissa nousi esiin sukupolvinäkökulma: osa haastateltavista uskoi, että nuoremmat käyttäjät voivat hyödyntää virtuaalista oppimisympäristöä paremmin oppimisessa.

”On se aika jännää, kyl mua ainaki kiinnostaa. Tiiän että itelle tuskin koskaan tulee tommosii, mutta kyllä toi oli aika makeeta. Sit taas oppimiskäytössä, niin mä oon niin vanha että emmä oikeen.” [n3]

Haastateltavat näkivät virtuaalitodellisuuden käyttämisessä opiskelussa paljon mahdollisuuksia ja suhtautuivat todella positiivisesti tulevaisuuteen. Samaa mieltä oli opettaja. Haastateltavat kokivat, että oppimistehtävässä hyödynnetty sovellus on vielä vajavainen, mutta samalla he uskoivat, että sitä voidaan kehittää sekä läsnäoloa että oppimista tukevaan suuntaan erityisesti liikkumista kehittämällä. Keskusteluissa nousi esiin resurssikysymykset ja opiskelijat pohtivatkin, riittävätkö rahat lähihoitajaopetuksen kehittämiseen.

"Kauheasti kehitettävää. Se vois olla tosi makee, mä uskon. Nykyään muutenki saadaan kaikkea hienoa noilla tehtyä. Niin miksei tossakin sit ku siihen on vähän rahoja." [n1]

Myös tekninen asiantuntija vahvisti, että virtuaalitodellisuuteen liittyvien järjestelmien kehittäminen on kallista.

### 9.5.1.2 Oppimiskokemus havainnointikyvyn kehittämisestä

Toinen ryhmä teki oppimistehtävän ensin perinteisesti keskustelevana ryhmätyönä kynän ja paperin avulla. Etenkin he toivat esiin, että virtuaalimaailmassa kokemus asiakkaan kotona vierailusta teki tehtävästä rikkaamman ja monipuolisemman kuin pelkkä tilanteen kuvittelu. Virtuaalimaailmassa he tulivat huomioineeksi asioita, jotka eivät olisi muuten tulleet mieleen ja toisaalta yksityiskohdat korostuivat.

"Sitten tuolla maailmassa tuolla asunnossa me mietittiin niitä yksittäisiä asioita. Mattoja ja sängyn korkeuksia me mietittiin jo ennenkin kun käytiin tuolla, mut sit kun sä näit siellä virtuaalimaailmassa kaikkii erilaisii juttuja hella jääkaappi pesukone niin sit sul tuli niitä juttuja paljon enemmän mieleen, asioita mitä pitäisi kehittää siellä asunnossa." [n6]

Haastatteluissa oppimiskokemus sekoittui helposti kokemukseen virtuaalitodellisuusympäristöstä yleisesti ja oppimista estävänä tekijänä koettiin laitteiden haastava käyttäminen esimerkiksi virtuaalimaailmassa liikkumisessa. Haastateltavat osasivat kuitenkin nimetä oppimiaan tai ehkä paremminkin havaitsemiaan asioita liittyen juuri tähän oppimistehtävään. Esimerkiksi he kertoivat nähneensä vanhuksen virtuaalisessa kodissa turhia mattoja, jotka voivat olla liikkumiseste, puuttuvia kahvoja ovissa tai huomanneensa, että keittiöön tarvittaisiin muutostöitä, jotta se olisi toimivampi ikäihmiselle.

Myös haastateltu opettaja korosti, että tämä virtuaalisovellus on nimenomaan auttanut opiskelijoita havainnoimaan ja hoksaamaan asioita. Tämä havainnoinnin kehittäminen on

opettaja mielestä ollut hyvä tavoite tehtävälle, sillä lähihoitaja on yleensä yksin asiakkaan kotona, jolloin on hänen vastuullaan huomata, mikäli asuntoon tarvitaan apuvälineitä tai muutostöitä.

Yleisesti virtuaalimaailman oppimissovellusten osalta oppimisen mittaaminen on haasteellista. Ideaalitulanteessa voitaisiin testata, siirtyikö virtuaalinen oppimiskokemus käytäntöön, mutta koulutukseen liittyvien innovaatioiden historia on osoittanut, että oppimista tapahtuisi joka tapauksessa teknologiasta huolimatta (Jacobson, 2017). Jacobson (2017) korostaakin, että virtuaalisten opetusvälineiden arvon ja siirtovaikutukseen vaikuttavan autenttisuuden määrittämiseksi tarvitaan tietoa sovelluksen tyypistä, rakenteesta ja aiheesta.

Toisessa ryhmäkeskustelussa nousi esiin näkökulma, jonka mukaan oppimistehtävän suorittamiseen ei tarvittu juurikaan lähihoitajan ammattitaitoa.

"Niin tuntuks nyt että ei kauheasti tarvinnut ammattitaitoa?" [haastattelija]

"Joo ei tätä lähihoitajan ammattitaitoa." [n3]

"Ei, ei." [n1]

"Ei. Et aha, ai tos on sen lääkkeet, no ne pitäis olla dosetissa. Ne tuli automaattisesti.

Ruuat on homeessa, no se pitää tehdä näin ja näin. Siitä puuttu se joku elämä." [n3]

Toisaalta huomasimme, että opiskelijat kiinnittivät tehtävässä huomiota sellaisiin asioihin, joihin asiaan perehtymätön ei olisi osannut kiinnittää huomiota. Esimerkkinä käy tuo sama dosetti lääkkeille, mutta lisäksi huomiota kiinnitettiin muiden muassa sängyn korkeuteen ja keittiön kalustukseen. Todennäköisempää onkin, että opiskelijat eivät osanneet tunnistaa osaamistaan tehtävää tehdessään.

### **9.5.1.3 Tehtävänanto ja muu konteksti oppimista rajoittavina tekijöinä**

Oppimista rajoittavina tekijöinä näyttäytyivät tekniikkaan ja laitteiden käyttämiseen liittyvät haasteet sekä itse tehtävän suorittamiseen tai tehtävänantoon liittyvät haasteet.

Laitteiden käyttöön ja teknologian vaikeakäyttöisyyteen liittyvissä kommentteissa näkyi kuitenkin vahva usko tulevaisuuteen. Haastateltavat kokivat, että jos tekniikka ja laitteisto olisi tutumpi, niin käyttäminen olisi varmasti sujuvampaa. Haastatteluissa tuli myös esiin, että nuoremmat sukupolvet onnistuvat heitä paremmin laitteiden käyttämisessä.

"Tekninen puoli. Vähän sellaista haparointia, että mitä mä painan. Enemmän käyttökokemusta, että sä pääset hyödyntään koko systeemiä." [n1]

Laitteiden käyttämistä olisi todennäköisesti helpottanut pidempi tehtävälle varattu aika. Lisäksi haastateltavat kokivat haasteeksi, että tehtävänannossa ei asukkaasta tai hänen voimavaroistaan kerrottu mitään.

"Meillä oli niin vähän aikaa. Toi ihminen ja ihan mahdoton oppia mestariksi tommosessa hommassa. Kaikki vaan kokeili, kun olisi jokaiselle enemmän aikaa tutustua tohon, niin olisi ihan erilainen oppimiskokemus." [n7]

Haastateltavat antoivat hyvin vähän negatiivista palautetta virtuaalimaailman vanhuksen kodista. Kodin osalta keskusteltiin sen realistisuudesta, koska koti oli aika tyhjä ja karu. Osan mielestä tällainenkin tilanne voi olla mahdollinen, sillä toisinaan vanhukset tekevät kuolemansiivouksia. Sen sijasta täysin staattinen vanhus koettiin rajoittavana tekijänä.

## 9.5.2 Suuntaviivoja tekniseen kehitykseen

Tässä luvussa esitellään tutkimuksemme perusteella tärkeimmät virtuaalitodellisuusjärjestelmien tekniseen kehittämiseen liittyvät kehityskohdat.

### 9.5.2.1 Navigointi, kulkeminen ja teknisten asioiden oppiminen

Yleisimmät käytettävyysongelmat VR-järjestelmissä liittyvät navigointiin 3D-maailmassa (Huang ym., 2010). Navigoinnin ajattelu vie opiskelijan mentaalisia resursseja, joten uuden asian oppimiseen käytettävät resurssit ovat pienemmät (Chen ym., 2005) ja tehtävien suorittaminen on vaikeaa (Chen, Toh & Wan, 2004). Haastatteluiden mukaan opiskelijat itsekin olivat huomanneet, että asian oppiminen jäi virtuaalilasien käytön jalkoihin.

"Niinku sanottu, niin ehkä se oppiminen oli siinä vähän marginaalissa ainaki aluks." [n1]

HTC Vive -järjestelmän ohjaimet koettiin hankaliksi ja kömpelöiksi.

"Tän tyyppinen tekniikka on vielä niin uutta ja aika kömpelöä minun mielestä nuo ohjaimet on. Turhan paljon aikaa menee semmoiseen miten tätä käytetään ja miten saadaan haltuun. Paljon enemmän pitäisi käyttää aikaa siihen substanssiin eikä siihen, miten nämä kapulat toimii vai toimiiko ollenkaan." [opettaja]

Lisätty todellisuus (*augmented reality*, AR) voisi teknisen asiantuntijan haastattelun mukaan tarjota uusia mahdollisuuksia virtuaalitodellisuuden kehitykselle. Ei tarvittaisi

kapuloita käsiin, vaan ehkä hanskat riittäisivät. Niistä opiskelijatkin puhuivat haastatteluissa.

Lisätyssä todellisuudessa navigointia varten ei ehkä tarvitsisi painella nappuloita ja osoitella, vaan tilassa kävely riittäisi. Tutkimukseen osallistuneet opiskelijat eivät – yllättävää kyllä – valittaneet navigoinnista haastattelussa, mutta ensimmäisillä liikkumiskerroilla virtuaalitodellisuudessa jotkut ääntelivät esimerkiksi ”huiiiii”, joten jotain erikoista reaali maailmaan verrattuna liikkumisessa ilmeisesti oli. Mahdollisesti suuremmalla käyttökokemuksella virtuaalitodellisuudessa liikkumiseen kuitenkin tottuisi.

### 9.5.2.2 Ohjeet ja muistin tukeminen

Chen ja muut (2005) huomasivat tutkimuksessaan, että opiskelijat hyötyivät enemmän ohjatusta virtuaalimaailmakäynnistä verrattuna ohjaamattomaan virtuaalimaailman tutkimiseen. Tämä tarkoittaa sitä, että VR-oppimisympäristön pitäisi tarjota asianmukaiset ohjeet, jotta saavutettaisiin haluttuja oppimistuloksia (Chen ym., 2005).

”Ku mä panin ne lasit päähän, nii mä olin vähän silleen ’öö, nii mitä täs pitikään, että mitäs varten mulla on nää päässä.’ [n1]

Opiskelijat tarvitsivat henkilökohtaisen ohjauksen, kun pääsivät ensimmäisen kerran kokeilemaan järjestelmää. Ohjeet järjestelmässä itsessään voisivat auttaa käytön aloittamisessa ja siinä, ettei opettajan tarvitse ohjeistaa jokaista yksitellen jälleen samaan asiaan. Myös tehtävänanto usein unohtui, kun virtuaalilasien ja ohjaimien käyttöä piti opetella.

”Ettet sä unohda sitä mitä sä oot siellä tekemässä. Siel vois olla semmonen et sä saat jostain nappulasta nippulasta sen sun päivän tehtävän siihen näkyviin.” [n3]

Ohjeet voisivat olla saatavilla joko yksinkertaisesti tekstinä tai vuorovaikutuksen avulla eli esimerkiksi virtuaalisen opettajan välityksellä annettuna.

### 9.5.2.3 Tyhjyyden ja staattisuuden tunnusta aitouteen ja liikkeeseen

Yksi opiskelija pohti ääneen, voiko virtuaalimaailmassa todella istua tuolille. Toinen yritti sulkea jääkaapin ovea kyynärpäällä työntämällä. Kun reaktiot ovat samanlaisia kuin reaali maailmassa, voidaan sanoa, että virtuaalimaailma herätti läsnäolon tunnetta.

Haastattelussa kuitenkin kävi ilmi, että jossain määrin virtuaalimaailman olosuhteissa olisi parantamisen varaa. Keskustelua herätti huoneiston tyhjyys ja valaistusolosuhteet.

”Mut ehkä se ympäristö jotenkin, kylhän se asunto oli tosi siisti ja siellä oli vähän tavaroita. Et ehkä ollut niin realistinen. Vois kuvitella, että kaheksakymppisellä olisi vähän enemmän tavaroita kerääntynyt.” [n6]

Asiakkaan liikkumattomuutta pohdittiin molemmissa ryhmähaastatteluissa melko laajasti. Lähihoitajien ammattitaitoon kuuluisi arvioida asiakkaan liikkumisen laatua ja esimerkiksi rollaattorin käyttöä, tuolilta ja sängyltä nousemista ja niin edelleen. Kaikki nämä taidot ja voimat vaikuttavat myös asunnossa tehtäviin muutostöihin.

”Varmaan se Reiska, joka siellä oli, niin hän vähän antaisi ilmaista itseään. Kun se vaan istua kyyhötti. Et liikkuminenkin niin näkis vähän et miten se liikkuu.” [n6]

”Sit ku sä meet käymään sinne, niin se voi olla vaik keittiössä ja sit yhtäkkiä se onki jo vaikka makkarissa pötköttää, kun sä siellä ite meet kattoon paikkoja. Et se niinku vähän vaihtais paikkaa se asiakaski, eikä vaan kyyhöttäis siinä tuolissa.” [n3]

Jotta oppimiskokemuksesta saataisiin riittävän kokonaisvaltainen, pitäisi järjestelmässä ehdottomasti kehittää vanhuksen liikettä. Näin lähihoitajaopiskelijat pääsisivät realistisemmin kotikäynnin makuun. Myös opettaja korosti haastattelussa sitä, että vanhuksen pitäisi olla eläväisempi ja opiskelijoiden pitäisi pystyä ympäristössä kiinnittämään huomiota esimerkiksi vanhuksen mahdolliseen yksinäisyyteen.

#### 9.5.2.4 Vuorovaikutuksen kehittäminen

Liikkeen lisäksi erittäin hyödyllistä olisi asiakaskohtaamisen harjoittelu. Se vaatisi jonkinlaista dialogia ja vuorovaikutusta asiakkaan kanssa. Vuorovaikutus on tärkeä osa myös lähihoitajien ammattiosaamista (ks. esim. Talvio & Klemola, 2017). Vuorovaikutustaitoja voisi harjoitella virtuaalimaailmassa, jossa saa tehdä virheitä, toistaa samaa dialogia ja kokeilla erilaisia vaihtoehtoja loukkaamatta dialogin toista osapuolta.

Vuorovaikutuksellisia järjestelmiä on olemassa esimerkiksi työhaastattelun harjoitteluun (SIMmersion Inc., 2017). Virtuaalimaailman vanhuksella voisi olla vastaavia vaihtoehtoja erilaisiin dialogeihin lähihoitajaopiskelijan ja vanhuksen välillä. Vuorovaikutusta virtuaalivanhuksen kanssa voisi kehittää hyvinkin radikaalisti. Myös tunteet voisivat näkyä dialogissa. Opiskelijat toivoivat, että edes jonkinlainen vuorovaikutus onnistuisi tulevaisuudessa.

”Jos se siinä jotenki kommunikoi, niin siinähan jo tulis jo se ensimmäinen oppiminen, että miten sä kohtaat tän asiakkaan ja miten sä tervehdit ja mitä kaikkee nyt insinöörit vois kehittääki siihen.” [n1]

Opettaja toi esiin haastattelussa, että edes tekstipohjainen vuorovaikutus olisi parempi kuin vanhuksen paikoillaan kyyhöttäminen. Liikkumatonta vanhusta ei välttämättä ole ollenkaan huomattu virtuaalimaailmassa vierailun aikana.

### **9.5.3 Ohjeita ja pohdintaa VR-pedagogiikkaan**

Tässä luvussa pohditaan, miten virtuaalitodellisuuteen liittyvää pedagogiikkaa voisi kehittää. Vertailemme tapausta Huangin ja muiden (2010) esittämiin pedagogisiin ohjeisiin (ks. luku 9.2.3) vuorovaikutusta, ongelmanratkaisua, motivointia ja muun oppimisen tukemista koskien.

#### **9.5.3.1 Vuorovaikutuksessa oppii**

Moore (1989) esitteli etäopetuksessakin hyödyllisiksi vuorovaikutuksiksi kolme eri vuorovaikutuksen muotoa:

1. oppija-sisältö -vuorovaikutus
2. oppija-ohjaaja -vuorovaikutus
3. oppija-oppija -vuorovaikutus.

Nämä kaikki vuorovaikutuksen muodot voidaan saavuttaa nykyään virtuaalitodellisuudessa (Huang ym., 2010). Omnian lähihoitajaopiskelijoiden virtuaalitodellisuusjärjestelmässä järjestelmä tarjoaa lähinnä oppija-sisältö -vuorovaikutusta, kun yksittäinen opiskelija pääsee vaikuttamaan sisältöön virtuaalilasit päässään ja ohjaimet käsissään. Ohjaajaa tai opiskelukavereita ei virtuaaliselle kotikäynnille saa – ainakaan visuaalisesti – mukaan. Tässä tapauksessa opetustilanteessa voisi olla hyvä tarjota muut vuorovaikutuksen muodot (oppija-ohjaaja ja oppija-oppija) todellisessa maailmassa. Tutkimuksessamme opiskelijat tekivät tehtäviä ryhmänä: yksi ryhmästä kerrallaan käytti virtuaalilaseja ja muut katselivat hänen toimintaansa ja näkymäänsä tietokoneen ruudulta. Ryhmä sai näin ohjata ja vaikuttaa virtuaalilasien käyttäjän tekemisiin. Myös ohjausta voitaisiin tarjota ehkä tarvittaessa enemmän, erityisesti jos opiskelijoilla olisi enemmän aikaa virtuaalimaailmassa.

### 9.5.3.2 **Huomaa ongelmanratkaisutaitojen ja luovuuden kehittyminen**

Puutteellinen teknologia ei ole ongelma, kunhan opiskelijat pääsevät hyödyntämään taitojaan käytännössä (Huang ym., 2010). Järjestelmää voitaisiin kehittää vielä niin, että ammattitaitoa tarvittaisiin esimerkiksi vanhuksen liikuntakyvyn arviointiin hänen liikkeidensä perusteella tai niin, että opiskelija pääsisi harjoittelemaan vuorovaikutustaitojaan kotikäynnillä. Kehitystyössä on huomioitava, että opiskelijoiden tulee ymmärtää, minkälainen vaikutus hänen omalla osaamisella on tehtävän tekemiseen, sillä nyt osa opiskelijoista koki, ettei heidän ammattitaitoaan ollenkaan tarvittu tehtävän tekemisessä (luku 5.1.2).

Opettaja puolestaan voisi tukea opiskelijoiden oppimista niin, että tekisi huomioita heidän kehittymisestään ja antaisi positiivista palautetta opiskelijoiden edistymisestä. Konstruktivistisesta näkökulmasta opettajan olisi tärkeä antaa formatiivista palautetta eli pitää arviointi osana oppimisprosessia (Tynjälä, 2002).

### 9.5.3.3 **Muista motivointi**

VR-oppimisympäristö motivoi oppimiseen (Huang ym., 2010). Omnian lähihoitajaopiskelijat kuvailivat virtuaalitodellisuutta positiivisesti (luku 9.5.1.1), mutta toisaalta myös kokivat, ettei heidän ammattitaitoaan varsinaisesti tarvittu (luku 9.5.1.2). Toisaalta he osasivat hyvin tarkkaan pohtia esimerkiksi vanhuksen kotiin tarvittavia muutostöitä (ks. luku 9.5.1.2). VR-ympäristö oli konkreettinen esimerkki heidän tulevasta työstään, joten aihe itsessään on opiskelijoille motivoiva ja liittyy erittäin läheisesti heidän oppimistavoitteisiinsa ja kurssisisältöihinsä.

### 9.5.3.4 **Käytä tukipilarina muulle oppimiselle**

Oppimisen ei tarvitse – eikä kuulu – tapahtua kokonaan virtuaalimaailmassa. Huang ja muut (2010) totesivat, että virtuaalimaailma oli hyvä tukipilari ja työkalu oppimiseen. Omnian lähihoitajaopiskelijoiden tapauksessa näyttää siltä, että ryhmä B, joka pohti kotikäyntiä ensin ryhmässä luokkatilassa ja vieraili vasta sitten virtuaalitodellisuudessa, sai oikeastaan enemmän aikaa tehtävänannon mukaista pohdintaa paperille. Hekin halusivat kuitenkin virtuaalimaailmassa käynnin jälkeen lisätä työhönsä kohtia, joten

virtuaalinen kotikäynti kuitenkin herätti ajatuksia ja syvensi oppimista. Opettajan pohdittavaksi jää, mikä olisi optimaalinen kombinaatio virtuaalista ja todellista.

### 9.5.3.5 **Anna optimaalinen määrä aikaa**

Tutkimuksemme toi esiin myös kysymyksen siitä, mikä olisi optimaalista ajankäyttöä virtuaalisten oppimisjärjestelmien käytössä. Tutkimuksemme ryhmällä A oli aikaa virtuaalilasien kanssa noin 5 minuuttia per henkilö. Yksi halusi luovuttaa vuoronsa hiukan ennen sen päättymistä. Ryhmä B kokeili virtuaalilaseja vielä lyhyemmän aikaa. Tarkoituksin oli kokeilla virtuaalimaailmassa käyntiä aika nopeasti, mutta oppimisen kannalta voisi olla järkevämpää käyttää virtuaaliseen kotikäyntiin hieman enemmän aikaa. Toisaalta ryhmä seurasi, ohjasi ja kommentoi myös toisten ryhmäläisten virtuaalilasien käyttöä ja joku kirjasi ylös tehtyjä huomioita, joten toimitettomanakaan ei tarvinnut olla.

”Kaikki vaan kokeili, kun olisi jokaiselle enemmän aikaa tutustua tohon, niin olisi ihan erilainen oppimiskokemus.” [n7]

Jos 45 minuutin oppitunti jaetaan esimerkiksi 10-20 oppilaan ryhmässä yksille laselle, ei opiskelijoille jää juurikaan aikaa oppia esimerkiksi virtuaalimaailmassa navigointia, sillä järjestelmän käytön oppimiseen meni aika paljon aikaa. Tekniselle asiantuntijalle tilanne oli tuttu, sillä hänen mukaansa oppimiseen tarkoitettujen työkalujen käyttöön ottamista pitää pohjustaa opettelemalla niiden käyttämistä.

Ongelmaa voisi ratkaista useammilla virtuaalilaseilla, jolloin vuorovaikutusta voisi ehkä tapahtua myös virtuaalimaailmassa. Myös ryhmän jakaminen niin, että pieni porukka kerrallaan tutkii virtuaalimaailmaa ja muut tekevät muuta, on mahdollista. Toisaalta silloin järjestelmän pitäisi ehkä tarjota enemmän ohjausta, jos opettaja ei ehdi sitä antaa.

### 9.5.3.6 **Ohjeista selkeästi**

Huomasimme, että uudesta teknologiasta hämmentyneitä opiskelijoita oli vaikea saada kuulemaan ja sisäistämään suullisesti annettua tehtävänantoa. Mitään papereita ei virtuaalitodellisuudessa vieraillessaan pysty lukemaan, joten ohjeet pitäisi mieluiten integroida virtuaalitodellisuuteen. Jos tämä ei ole mahdollista, on ehkä hyödyllistä pohtia aihetta etukäteen niin paljon, että opiskelijat ovat hetken keskittyneet ohjeisiin ja orientoituneet aiheeseen.

Esimerkiksi Tynjälä (2002) huomauttaa, että konstruktivistinen näkökulma vaikuttaa pedagogiikkaan niin, että oppijan aikaisemmat tiedot täytyy ottaa uuden oppimisen perustaksi. Pienellä pohdinnalla aikaisemmat tiedot nostetaan mieleen. Tynjälä (2002) toteaa myös, että opetuksessa tulisi käyttää monipuolisia representaatioita: erilaisia esitystapoja ja oppimistehtäviä. Virtuaalimaailman ohjeistukseen tai vähintäänkin jälkipuintiin kannattaisikin lisätä toisenlaisia esitystapoja.

## 9.6 Yhteenveto ja pohdinta

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä tarkoituksena oli selvittää, mitä oppimisen kannalta merkittäviä kokemuksia lähihoitajaopiskelijoiden virtuaalitodellisuudessa suoritettussa oppimistehtävässä huomattiin. Opiskelijat toivat vahvasti esiin, että virtuaalilasien käyttö oli mielenkiintoista, jännittävää ja hauskaa ja he olivat selkeästi innoissaan niiden käyttämisestä. Teknologia ja sen tuomat ongelmat koettiin rajoitteeksi, esimerkiksi virtuaalikodissa liikkuminen oli haasteellista. Yleisesti opiskelijat kokivat, että kehitystyö on vasta alussa ja he luottivat paljon siihen, että tulevaisuudessa sovellukset ja toiminnallisuudet ovat paljon nykyistä hienompia ja kätevämpiä. Oppimisympäristönäkökulma jäi haastattelussa hieman viihteellisyyden ja pelillisyyden varjoon, sillä opiskelijat kokivat, että tehtäväksi tarkoitettut työt virtuaalikodissa olivat selkeästi esillä muuten kohtuullisen karuksi tehdyksi kotiympäristössä. Oppimista tunnistettiin tapahtuneeksi havainnointikyvyn kehittymisessä, mikä oli myös opettajan mukaan tehtävän tavoite. Opiskelijat kokivat virtuaalitodellisuuden kokeiluun varatun ajan liian lyhyeksi ja uskoivat, että tehtävästä olisi helpompi suoriutua, jos laitteiden käyttö olisi paremmin hallinnassa.

Toisessa tutkimuskysymyksessä selvitettiin kirjallisuuden ja empiirisen tutkimuksen avulla, millä tavoin opetustehtävää ja siinä käytettävää virtuaalista ympäristöä voitaisiin kehittää, jotta se olisi pedagogisesti järkevä ja tukisi oppimista. Sovelluksen teknologisen kehittämisen näkökulmasta esiin nousi virtuaalimaailmassa liikkumisen ja navigoinnin kehittäminen sisältäen laitteet, joilla liikkumista ohjataan. Lisäksi kehittämiskohteiksi nousivat ohjeiden antaminen ja muistin tukemisen huomiointi, aitouden lisääminen niin asunnon ulkonäön kuin asunnossa asuvan asiakkaan osalta sekä vuorovaikutuksellisuuden kehittäminen. Erityisesti asukkaan toivottiin olevan jotakin muuta kuin staattinen olento sohvalla. Myös tunteiden läsnäoloa pohdittiin. Virtuaalisovelluksen rakentamiseen

muodostetut pedagogiset ohjeet perustuvat Huangin ja muiden (2010) tutkimukseen, jonka mukaan tärkeää on huomioida vuorovaikutuksessa tapahtuva oppiminen, ongelmaratkaisutaitojen ja luovuuden kehittyminen, motivoinnin merkitys sekä virtuaalitodellisuuden näkeminen tukipilarina muulle oppimiselle. Näiden lisäksi tässä tutkimuksessa tunnistettiin, että tehtävälle ja oppimiselle tulee antaa riittävästi aikaa sekä tehtävän ohjeistus tulee olla selkeä. Ohjeistus helposti unohtuu, joten ohjeen kannattaa olla ainakin osittain integroitu sovellukseen itseensäkin.

Tämä tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena ja se perustuu kokonaan yhden lähihoitajan koulutusohjelman virtuaalisen oppimissovelluksen käyttämiseen. Näin ollen tulosten yleistettävyyden osalta tulee käyttää harkintaa. Toisaalta tulokset hyvin linjassa aikaisemman tutkimustiedon kanssa eli siinä mielessä tulosten laajempikin tarkastelu on mahdollista. Vähintäänkin tuloksia voidaan hyödyntää yleisemmin hoito- ja hoiva-alaan liittyvien virtuaalisten oppimissovellusten kehittämisessä.

Tutkimuksessa ei pystytty ottamaan kantaa siihen, kuinka paljon oppimista tapahtui virtuaalimaailmassa suoritettun tehtävän avulla, joskin ylipäänsä asian monimutkaisuutta käsitellään tutkimuksen kirjallisuuskatsauksessa. Oppimisen määrän mittaamisen sijasta keskityttiin kokemuksiin. Tutkimuksessa ei myöskään verrattu virtuaalisovelluksella suoritettua oppimistehtävää muihin opetusmetodeihin, kuten draamaan tai simulaatioon, joilla voisi päästä samankaltaisiin oppimistuloksiin. Jatkossa olisikin tärkeää kehittää mittareita, joiden avulla voitaisiin vertailla erilaisten opetusmetodien vahvuuksia ja heikkouksia erilaisissa oppisisällöissä nimenomaan oppimisen näkökulmasta. Huangin ja muiden (2010) pedagogisiin ohjeisiin lisäsimme optimaalisen ajan käytön suunnittelun, mutta optimaalisen määrittely tarvitsee tuekseen lisätutkimusta. Toisaalta erittäin kiinnostava on virtuaalitodellisuusopetuksen tukipilari -näkökulma, mutta samaan aikaan se kaipaa lisää tutkimusta. Minkälainen virtuaalisen ja perinteisen opetuksen suhteen tulisi olla, jotta se tukisi parhaiten oppimista?

Tutkimuksen aikana nousi esiin erilaisia näkökulmia, joihin olisi tärkeää tarttua hoito- ja hoiva-alan opetuskäyttöön suunnatun virtuaalitodellisuuden tutkimuksessa. Haastateltavat toivat esiin, että virtuaalitodellisuudessa voisi olla hyvä opetella esimerkiksi intiimien hoitotoimenpiteiden opettelua hoitoalalla. Laajemmin ajateltuna virtuaalinen oppimisympäristö tarjoaa eettisesti kestävän mahdollisuuden tutustua erilaisiin

työkulttuureihin tai ylipäänsä ympäristöihin erilaisissa kulttuureissa. Maahanmuuttajien koulutuksessa tällaisilla sovelluksissa voisi olla todella paljon arvoa.

## 9.7 Lähteet

- Bailenson, J., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A., Lundblad, N., & Jin, M. (2008). The use of immersive virtual reality in the learning sciences: digital transformations of teachers, students, and social context. *The Journal of the Learning Sciences*, 17, 102-141
- Bottino, R. M., Ott, M. & Tavella, M. (2011). Scaffolding pedagogical planning and design of learning activities: an on-line dedicated tool. *International Journal of Knowledge Society Research (IJKSR)*, 2(1), 84-97.
- Bowman, D.A. & McMahan, R.P. (2007). Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough?, *IEEE Computer*, 36-43.
- Chen, C. J., Toh, S. C. & Ismail, W. (2005). Are learning styles relevant to virtual reality?, *Journal of Research on Technology in Education*, 38 (2), 120-128.
- Chen, C. J., Toh, S. C., & Wan, M. F. (2004). The theoretical framework for designing desktop virtual reality-based learning environments. *Journal of Interactive Learning Research*, 15(2), 147–167.
- Duffy, T. M. & Jonassen, D. H. (2013). *Constructivism and the technology of instruction: A conversation*. London: Routledge.
- Erikkson, P. & Koistinen, K. (2014). *Monenlainen tapaustutkimus*. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus.
- Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Tampere: Vastapaino.
- Freina, L. & Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in, Education: State of the Art and Perspectives. *Proceedings from eLSE: eLearning and Software for Education*, 1, 133-141.
- Hennink, M., Hutter, I. & Bailey, A. (2011). *Qualitative research methods*. London: SAGE.
- HTC Corporation. (2011-2018a). *VIVE Image Gallery*. <https://www.vive.com/us/pr/newsroom-gallery/htcvive/> [viitattu 23.4.2018].

- HTC Corporation. (2011-2018b). *Vive VR system*. <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/> [viitattu 23.4.2018].
- Huang, H.-M., Rauch, U. & Liaw, S.-S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, *55*(3), 1171-1182.
- Jacobson, J. (2017). Authenticity in Immersive Design for Education. Teoksessa Liu, D., Dede, C., Huang, R. & Richards, J. (toim.) *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*. Springer, 35-54.
- Kotimaisten kielten keskus. (2017). *Kielitoimiston sanakirja*. <https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/> [viitattu 11.03.2018].
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: a meta-analysis. *Comput. Educ.*, *70*, 29–40.
- Moore, M. G. (1989). Editorial: three type of interaction. *The American Journal of Distance Education*, *3*(2), 1–6.
- Oxford University Press. (2018). *Oxford living dictionaries*. [https://en.oxforddictionaries.com/definition/virtual\\_reality](https://en.oxforddictionaries.com/definition/virtual_reality) [viitattu 6.4.2018].
- Puolimatka, T. (2002). *Opetuksen teoria: Konstruktivismista realismiin*. Helsinki: Tammi.
- Rana, N. & Mittar, S. (2016). Virtual reality and its impact on learning among children. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, *11*(6), Ver. III, 59-63.
- Salmela-Aro, K. & Nurmi, J-E. (2017). Yhteenvetoa ja pohdintaa. Teoksessa Salmela-Aro, K. & Nurmi, J-E. (toim.) *Mikä meitä liikuttaa: motivaatiopsykologian perusteet*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- SIMmersion Inc. (2017). *Job Interview Training*. <https://jobinterviewtraining.net/> [viitattu 9.5.2018].
- Slater, M. (2003). A Note on Presence Terminology. *Presence Connect*, *3*.

- Slater, M. (2017). Implicit Learning Through Embodiment in Immersive Virtual Reality. Teoksessa Liu, Deijan & Dede, Chris & Huang, Ronghuai & Richards, John (toim.) *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*. Springer, 19-33.
- Slater, M., Linakis, V., Usoh, M. & Kooper, R. (1996). Immersion, Presence, and Performance in Virtual Environments: An Experiment with Tri-Dimensional Chess. *ACM Virtual Reality Software and Technology (VRST)*, 163-172.
- Slater, M. & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research: Perspectives on practice*. Thousand Oaks: SAGE.
- Talvio, M. & Klemola, U. (2017). *Toimiva vuorovaikutus*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* (6. uud. laitos.). Helsinki: Tammi.
- Tynjälä, P. (2002). *Oppiminen tiedon rakentamisena: Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita* (3. painos). Helsinki: Tammi.
- Whitelock, D., Romano, D., Jelfs, A. & Brna, B. (2000). Perfect presence: What does this mean for the design of virtual learning environments? *Education and Information Technologies*, 5(4), 277-289.

## 9.8 Liitteet

### LIITE 1

Haastattelukysymykset

Haastattelukysymys, vain ryhmä B:

Lisäisittekö tarinaanne jotakin virtuaalilasityöskentelyn jälkeen?

Haastattelukysymykset ryhmä A & B:

Minkälainen kokemus virtuaalilasien käyttö oppitunnilla oli?

Mitä opit vanhuksen luona tapahtuvaan kotikäyntiin liittyen virtuaalilaseilla suoritettavassa tehtävässä? Mitkä tekijät estivät oppimista?

Miten virtuaalilasien käyttö vaikutti sinuun? Mitä tunsit tai ajattelit?

Mitkä tekijät virtuaalisessa työympäristössä tuntuivat todellisilta? Mitkä eivät?

Miten virtuaalisesta työympäristöstä saisi paremman? (kysytään jos ehtii)

Minkälainen tehtävä ja ympäristö virtuaalimaailmassa tukisi parhaiten oppimistasi tähän aiheeseen liittyen?

Mitä muuta tähän liittyvää haluaisitte kertoa?

## LIITE 2

Haastattelukysymykset

Haastattelukysymykset opettajalle:

Miten olet käyttänyt VR:ää oppitunneilla?

Mitä haasteita käyttöön on liittynyt?

Mitä oppilaat ovat oppineet virtuaalilasien kanssa tehdyistä tehtävistä?

Minkälainen ympäristö ja tehtävä virtuaalimaailmassa tukisi parhaiten opiskelijoiden oppimista aiheeseen liittyen?

Mitä muuta tähän liittyvää haluaisit kertoa?

# 10 Simulaattoreiden käyttömahdollisuuksia lukion biologian opetuksessa

*Jukka-Pekka Ranki*

## 10.1 Johdanto

Lukio-opetuksessa on siirrytty yhä enemmän digitaalisten työvälineiden, kuten tietokoneiden ja niissä käytettyjen sähköisten oppimateriaalien, käyttöön. Ylioppilaskirjoitusten suorittaminen sähköisessä muodossa edellyttää lukio-opetuksessa tietokoneiden käyttöä ja tietoteknisiä taitoja. Digitaalisessa muodossa esitettyjen oppikirjojen ja koetehtävien lisäksi tämä tarjoaa mahdollisuuden hyödyntää myös erilaisia ohjelmistoja, kuten simulaattoreita, oppimisen tukena.

Lukion opetussuunnitelman mukaisessa biologian opetuksessa tarkastellaan mutkikkaita ilmiöitä ja prosesseja, joiden havainnollistaminen ja ymmärtäminen pelkästään tekstiin ja staattisiin kuviin pohjautuvan oppikirjan avulla voi olla vaikeaa. Animaatioiden ja videoiden avulla on mahdollista havainnollistaa esimerkiksi ihmisen fysiologiaa, kuten sydämen ja verenkiertoelimistön toimintaa. Niissä opiskelija ei kuitenkaan voi itse aktiivisesti kokeilla, miten biologisen prosessin toiminta muuttuu erilaisilla lähtöarvoilla tai erilaisissa tilanteissa. Simulaattoreissa puolestaan on – riippuen niiden toteutuksesta – erilaisia säätömahdollisuuksia, joiden avulla opiskelija voi itse kokeilla, miten ilmiö tai prosessi muuttuu erilaisissa tilanteissa.

Biologian opetukseen sisältyy myös kokeellista työskentelyä, jonka avulla on mahdollista havainnollistaa mutkikkaita asioita käytännössä. Kokeellisella työskentelylläkin on rajoitteita. Esimerkiksi ihmisen anatomiaa, kuten sydämen rakennetta, voidaan havainnollistaa eläinnäytteillä. Kuitenkin sydämen ja verenkierron toiminnan esittäminen pelkän eläinnäytteen avulla voi olla haastavaa. Myös muun muassa näytteiden saatavuus, koe-eläinsäädökset ja erilaiset eettiset näkökannat rajoittavat eläinnäytteiden käyttöä. Esimerkiksi pääjalkaisten ja selkärankaisten koe-eläinkäyttöä opetustarkoituksiin rajoitetaan laissa (Finlex 28.6.2013/497). Vastaavan kaltaisia saatavuuteen ja koe-eläinten käyttöön pohjautuvia rajoituksia ei ole biologisia prosesseja ja ilmiöitä havainnollistavilla

simulaattoreilla. Joillakin simulaattoreilla on lisäksi mahdollista työskennellä kokeellisesti virtuaalisessa ympäristössä.

Selvitän tässä tutkielmassa simulaattoreiden soveltuvuutta lukion opetussuunnitelman mukaiseen biologian opetukseen. Pääasiallisina lähteinä olen käyttänyt lukion opetussuunnitelmaa (LOPS 2016), Honeyn ja Hiltonin toimittamaa tutkimusta (Honey & Hilton, 2011) sekä Colorado Boulder -yliopiston ja Virtual Biology Lab -sivustoilla julkaistuja luonnontieteellisiä simulaattorisovelluksia.

## **10.2 Teoreettinen tausta**

Lukion opetussuunnitelma määrittelee biologian opetuksen tavoitteet ja sen keskeiset sisällöt. Biologian opetus jakaantuu useampaan kurssiin, joissa käsitellään laajoja aihekokonaisuuksia erilaisista biologian ilmiöistä ja prosesseista. Käsiteltävästä aiheesta riippuu, miten hyvin sitä voi havainnollistaa esimerkiksi kirjallisuuden tai videoiden avulla. Osa aiheista käsittelee ilmiöitä, joissa on monimutkaisia vuorovaikutussuhteita useiden tekijöiden välillä tai jotka ovat pitkäkestoisia ja mutkikkaita tapahtumia. Simulaattoreilla on mahdollista esittää hitaita prosesseja nopeutettuna, huomioida ilmiöihin sisältyviä satunnaisia tapahtumia ja esittää useiden tekijöiden vuorovaikutussuhteita visuaalisesti. Tarkastelen luvussa 10.2.1 lukion opetussuunnitelman vaatimuksia ja luvussa 10.2.2 aiempia tutkimuksia simulaattoreiden soveltuvuudesta luonnontieteellisen tiedon esittämiseen.

### **10.2.1 Biologian opetussisällöt**

Lukion opetussuunnitelman (LOPS 2016) mukaan biologian opetus jakaantuu pakollisiin ja valtakunnallisiin syventäviin kursseihin. Pakollisia kursseja ovat *Elämä ja evoluutio* sekä *Ekologia ja ympäristö*. Syventävien kursseja ovat *Solu ja perinnöllisyys*, *Ihmisen biologia* sekä *Biologian sovellukset*.

#### **10.2.1.1 Elämä ja evoluutio**

Elämä ja evoluutio -kurssin (BI1) tavoitteena on muun muassa syventää kiinnostusta biologiaan kokemusten avulla, biologisten tietolähteiden kriittinen käyttö, elämän perusteiden ja tutkimustapojen tuntemus, evoluution prosessien ja merkityksen sekä elämän tutkimuksen menetelmien ymmärtäminen, eliökunnan rakenteen jäsentäminen

sekä kokeellinen työskentely ja tutkimuksellinen toiminta tai projektityö yhdessä muiden kanssa. BI1:n sisältö käsittää muun muassa biologian tutkimusmenetelmät ja mallien käytön biologisen tiedon esittämisessä, elämän syntyvaiheet, solujen rakenteen ja toimintaa, geenien ilmenemisen, lisääntymisen, eliön elinkaaren sekä evoluutioon liittyen luonnonvalinnan ja sopeutumisen, lajiutumisen, sukupuutot ja eliökunnan sukuuun. (LOPS 2016, 156–157.) Simulaattoreiden käyttö sopii BI1:n tavoitteissa mainittuihin kiinnostuksen lisäämiseen kokemusten avulla, tietolähteiden kriittiseen käyttöön sekä kokeelliseen ja tutkimukselliseen toimintaan. Simulaattorit ovat ohjelmien avulla toteutettuja dynaamisia malleja (Honey & Hilton, 2011), joten ne sopivat BI1:n sisällössä mainittuun mallien käyttöön.

Elämän synnyn ja evoluution prosessit sisältävät satunnaisia tapahtumia, joiden vaikutusten hahmottaminen visuaalisen, käyttäjän kokeilu- ja säätelymahdollisuuden mahdollistavalla simulaattorilla voi olla helpompaa kuin pelkän tekstimuotoisen sisällön tai kokeilumahdollisuutta tukemattomien kuvitusten tai animaatioiden avulla. Myös soluihin ja geenien ilmenemiseen liittyy mutkikkaita prosesseja, joiden hahmottamista voi edistää kokeilun mahdollistavilla simulaattoreilla.

#### 10.2.1.2 **Ekologia ja ympäristö**

*Ekologia ja ympäristö* -kurssin (BI2) tavoitteena on muun muassa populaatioiden ja eliöyhteisöjen vuorovaikutusten ymmärtäminen, ihmistoiminnan vaikutusten analysointi ekosysteemeissä, ympäristöongelmien syiden ja niiden ekosysteemivaikutusten hahmottaminen sekä ekologiaan tai ympäristön tilaan liittyvän tutkimuksen suunnittelu. BI2:n sisältö käsittää muun muassa elollisen ja elottoman luonnon vuorovaikutukset, ekosysteemin aineiden kierron ja energiavirtauksen, populaatiot, lajien väliset suhteet, eliöiden ympäristöön sopeutumisen, erilaiset ympäristöongelmat ja kestävään tulevaisuuteen liittyen esimerkiksi ekosysteemipalvelut ja kiertotalous. (LOPS 2016, 157–158.)

Simulaattoreiden avulla voidaan esittää dynaamisia malleja, joilla kuvataan myös populaatioiden kasvua ja eri lajien populaatioiden välisiä vuorovaikutussuhteita. Myös ympäristön ainevirtojen kytkentöjä ja vaikutuksia ympäristön tilaan, kuten ilmastonmuutoksen kehittymiseen, voidaan esittää malleilla ja siksi myös simulaattoreilla. Kiertotalous sisältää myös ainevirtojen ohjailua, ja ainevirtojen muutokset puolestaan

vaikuttavat ympäristön tilaan. Saattaakin olla mahdollista mallintaa simulaattoreiden avulla paitsi luonnollisten ainevirtojen myös kiertotalouden materiaalivirtojen muutosten vaikutuksia ympäristön tilan kehittymiseen.

### 10.2.1.3 **Solu ja perinnöllisyys**

*Solu ja perinnöllisyys* -kurssin (BI3) tavoitteena on muun muassa mallien käyttö soluihin ja perinnöllisyyteen liittyvien ilmiöiden tarkastelussa, solujen toimintaan ja prosesseihin perehtyminen sekä kokeellisten tutkimusten toteuttaminen. BI3:n sisältö käsittää muun muassa proteiinisynteesin, epigeneettisen säätelyn, mitoosin, solujen jakautumisen ja elinkaaren, meioosin, geenien periytymisen ja ominaisuuksien siirtymisen sekä mutaatiot. (LOPS 2016, 158–159.)

Simulaattoreilla voi esittää satunnaisia tapahtumia sisältävien ilmiöiden kehittymistä, joten ne voivat soveltua periytymiseen ja mutaatioiden kehittymiseen sisältyvien satunnaisuusien havainnollistamiseen. Lisäksi simulaattorit tarjoavat mahdollisuuden seurata ilmiöiden kehittymistä vaihtelemalla niihin vaikuttavien parametrien arvoja. Simulaattori voikin soveltua esimerkiksi proteiinisynteesin, epigeneettisen säätelyn, mitoosin, solun kehitysvaiheiden tai meioosin seuraamisen erilaisissa tapauksissa, joissa ilmiöön vaikuttavat parametriarvot vaihtelevat.

### 10.2.1.4 **Ihmisen biologia**

*Ihmisen biologia* -kurssin (BI4) tavoitteena on muun muassa elinten rakenteiden toimintaperiaatteiden analysointi, ulkoisten ja sisäisten tekijöiden vaikutus ihmisen kemiallisen tasapainon säätelyyn, hermoston toiminta ja hormonaalinen viestintä, elimistön sopeutumiskyky muutoksiin ja tutkimus ihmisen elimistön toiminnasta. BI4:n sisältö käsittää muun muassa ruoansulatuksen, verenkiertoelimistön, hengityselimistön, hermoston, aistit, umpirauhaset, lisääntymisen ja fysiologista homeostasiasiaa. (LOPS 2016, 159–160.)

Simulaattoreilla voi esittää elimistön toimintoja, joita säätelee mm. hermosto ja hormonaalinen viestintä. Elimistön, elinten ja kudosten sopeutumista ulkoisiin ja fysiologisiin muutoksiin, kuten lämpötilan tai kemiallisten yhdisteiden pitoisuuksien vaihteluihin, voi havainnollistaa simulaattoreilla, joissa muutoksia säädellään simulaattorin asetuksilla. Esimerkiksi verenkiertoa voisi mallintaa simulaattorilla, jossa

säädeltävinä olisivat esimerkiksi lämpötila, elimistön rasiustilat, hapensaanti, nestehukka, ravinnon kulku ruoansulatuselimistössä, verenpaine tai sydämen syketiheyteen vaikuttavien kemikaalien pitoisuus.

### 10.2.1.5 **Biologian sovellukset**

*Biologian sovellukset* -kurssin (BI5) tavoitteena on muun muassa tarkastella biologian sovelluskohteita ja soveltamisen aikaansaamia vaikutuksia luonnon ja yhteiskuntien kannalta. BI5:n sisällöissä tarkastellaan sovellusmahdollisuuksia muun muassa bioteknologiassa, mikrobiologiassa, geeniteknologiassa ja jalostuksessa. (LOPS 2016, 160–161.)

Simulaattoreita on mahdollista hyödyntää myös biologian sovelluksia tarkastelevassa osuudessa esimerkiksi esittämään geenin alleelifrekvenssien muutoksia eläin- tai kasvijalostuksessa valinnan ja risteymien kautta. Lisäksi simulaattoreilla voi olla mahdollista tutustua biologian laboratoriotyöskentelyn käytänteisiin. Biologian matemaattisiin malleihin pohjautuvat simulaattorit ovat itsessäänkin tietotekniikkaa hyödyntävää biologista soveltamista.

## 10.2.2 **Simulaattorit luonnontieteellisen tiedon esittämisessä**

Simulaattoreilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi tiettyä toimintaa tai ilmiötä matkivaa tai mallintavaa fyysistä laitteistoa tai ohjelmasovellusta. Käsittelen tutkielmassa tietokoneessa toimivia sovelluksia, joilla mallinnetaan tiettyä ilmiötä ja joissa oppija voi säädellä simuloidun ilmiön kehittymistä. Kutsun näitä ilmiöitä simuloivia sovelluksia lyhyesti simulaattoreiksi. Simulaattorit voivat muun muassa tukea tutkivaa oppimista tarjoamalla käyttöön virtuaalilaboratorioita tai kenttätöskentelykokemuksia sekä auttaa oppijaa kytkemään omat havaintonsa tutkittavan ilmiön taustalla vaikuttaviin prosesseihin (Honey & Hilton, 2011).

### 10.2.2.1 **Simulaattoreiden piirteitä**

Simulaattoreiden mahdollisuuksia ja soveltuvuutta luonnontieteellisen tiedon esittämiseen on selvitetty Honeyn ja Hiltonin toimittamassa tutkimuksessa (Honey & Hilton, 2011). Tutkimuksessa tarkastellaan simulaattoreiden soveltuvuutta yhdysvaltalaisen koulujärjestelmän puitteissa. Sen havainnot simulaattoreiden

opetuskäyttömahdollisuuksista soveltunevat myös suomalaiseen koulujärjestelmään. Tutkimuksen (Honey & Hilton, 2011) mukaan simulaattorin ja digitaalisen pelin keskeiset erot liittyvät hyöty- ja viihdekäyttöön, niiden toimintaa sääteleviin sääntöihin, niiden tavoitteisiin ja siihen, miten käyttäjä tai pelaaja voi vaikuttaa niiden toimintaan.

Luonnontieteellisiä ilmiöitä voi havainnollistaa myös tietokoneanimaatioiden avulla. Esimerkiksi Central Lancashire -yliopiston sivustolla on ihmisen fysiologiaan, kuten verenkiertoon ja ruoansulatukseen, liittyviä animaatioita (<http://www2.uclan.ac.uk/visualization/>). Animaatiossa käyttäjän vaikutus tarkasteltavan ilmiön etenemiseen ei ole kuitenkaan suuri, koska hän ei voi aktiivisesti kokeilla ilmiöön vaikuttavien parametrien muuttamisen vaikutusta ilmiön etenemiseen.

Simulaattori- ja pelisovellukset muistuttavat toisiaan. Kummatkin ovat malleihin perustuvia ohjelmia, jotka simuloivat jotain ilmiötä ja joiden kanssa käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa. Simulaattori- ja pelisovellusten välillä on kuitenkin myös eroja. Pelaamisessa korostuu hauskuus, ja pelihetket ovat usein impulsiivisia ja epämuodollisessa yhteydessä tapahtuvia. Simulaattoreita käytetään tavallisesti muodollisen opetustapahtuman yhteydessä. Ne mallintavat jotain todellista tai hypoteettista tilannetta tai luonnonilmiötä. Simulaattoreissa käyttäjällä on mahdollisuus säätää parametreja, jotka vaikuttavat simulaattorin esittämään ilmiöön, ja samalla selvittää, miten muutokset parametrien arvoissa vaikuttavat tarkasteltavaan ilmiöön. Simulaattorin avulla käyttäjän on mahdollista havainnoida muutoin piiloon jääviä ilmiön piirteitä tai prosessien vaiheita. Peleissä puolestaan on selkeät säännöt, joiden mukaan pelaaja toimii, ja tavoitteet, joihin pelaaja pyrkii pelitapahtumia omalla toiminnallaan ohjaamalla. (Honey & Hilton, 2011.)

#### 10.2.2.2 **Simulaattoreiden jaottelu**

Honey ja Hiltonin (2011) mukaan simulaattoreita voi jaotella sen mukaan, missä määrin käyttäjä pystyy vaikuttamaan simulaattorin toimintaan. Jotkin simulaattorit sallivat käyttäjälle tarkoin rajatut mahdollisuudet säädellä simulaattorin kuvaaman ilmiön kehitystä. Esimerkiksi Physics Education Technology (PhET) -simulaattorit mahdollistavat käyttäjälle usein melko rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa ilmiöön ja sen kehittymiseen. Saattaa olla, että käyttäjän huomio kohdistuu silloin ilmiön kannalta olennaisiin asioihin ja käsitteisiin. Osa Virtual Biology Lab -sivustolla olevista simulaattoreista, jotka pohjautuvat

NetLogo-ohjelmointiympäristöön, tarjoavat käyttäjälle simulaattorin parametrien säätelyn lisäksi mahdollisuuden jopa muuttaa ilmiön kuvaamiseen käytettyä ohjelmakoodia ja samalla ilmiön taustalla vaikuttavaa mallia. Virtual Biology Lab -sivuston NetLogoon pohjautuvat simulaattorit eivät kuitenkaan edellytä käyttäjältä ohjelmakoodin tai taustalla vaikuttavan mallin muuttamista, vaan kuvatus ilmiön kehittymistä voi kokeilla myös muokkaamalla parametrien arvoja simulaattorien käyttöliittymien avulla.

Honey ja Hiltonin (2011) mukaan simulaattoreita voi jaotella myös sen mukaan, miten paljon ennakkotietämystä simulaattori edellyttää käyttäjältään ja miten hyvin se siksi soveltuu käytettäväksi eri kohdissa opetusta. He toteavat, että PhET-simulaattorit soveltuvat hyvin käytettäväksi yksittäin eri kohdissa opetusta, kun taas jotkin toiset simulaattorit voivat olla osa laajempaa simulaattorikokoelmaa ja vaatia enemmän valmistautumista ja enemmän aiempaa osaamista käyttäjiltään.

Muita simulaattoreita jaottelevia ominaisuuksia ovat tiedon esitystapa ja se, mitä ja miten simulaattorit mallintavat kuvaamaansa ilmiötä. Simulaattorit voivat kuvata ilmiötä, siihen liittyviä muuttujia ja muita piirteitä, esimerkiksi aakkosnumeerisessa tekstimuodossa, graafisesti, symboleilla ja niiden yhdistelmillä. Simulaattorien taustalla olevien mallien mukaan simulaattorit voidaan jaotella muun muassa sen mukaan, miten käyttäjä pystyy vaikuttamaan kuvattavien olioiden ominaisuuksiin ja käytökseen, eri tekijöiden vuorovaikutussuhteisiin tai kokonaisuuksien käyttäytymiseen tai minkälaisia ja miten mutkikkaita tehtäväkokonaisuuksia simulaattoriympäristössä voi harjoitella. (Honey & Hilton, 2011.)

### 10.2.2.3 **Simulaattoreiden opetuskäyttö**

Simulaattoreita on suunniteltu monenlaisiin tarkoituksiin. Niitä hyödynnetään muun muassa tutkimuksen apuna esimerkiksi luonnontieteissä, taitojen harjoittelussa ja poikkeustilanteisiin varautumisessa eri ammattitehtävissä sekä akateemisten taitojen ja tietojen oppimisessa. Simulaattoreille asetetut vaatimuksetkin vaihtelevat niiden käyttötarkoitusten mukaan. Luonnontieteellisessä opetuskäytössä simulaattoreilta voidaan odottaa esimerkiksi oppijoiden innostamista ja motivointia tieteeseen, tieteellisten käsitteiden ja prosessitaitojen oppimisen tukemista, tieteellisen ymmärryksen lisäämistä, kannustamista tieteelliseen keskusteluun ja kielenkäyttöön sekä tukea tieteellisen toimijan identiteetin omaksumisessa (Honey & Hilton, 2011). Honey ja Hilton (2011) toteavat, että

riittävää tutkimusnäyttöä simulaattoreiden tieteiden oppimista tukevista vaikutuksista on lähinnä käsitteiden ymmärtämisen ja motivoinnin suhteen.

Kiboss ja muut (2004) tutkivat simulaattorin käyttöä biologian soluteorian opetuksessa Kenian toisen asteen koulutuksessa. He havaitsivat, että simulaattoria hyödyntäneet kouluryhmät saavuttivat parempia oppimistuloksia kuin kontrolliryhmä, jossa ei käytetty oppimisen tukena simulaattoria. He toteavatkin, että hyvin suunnitellut simulaattorioppimisympäristöt voivat parantaa oppilaiden tietämystä ja suoriutumista soluteorian kurssilla ja myös muokata oppilaiden asenteita myönteisemmäksi kurssiaiheen suhteen. Heidän arvionsa mukaan simulaattorit voivat olla tehokkaita ainakin opettamisen tai oppimisen kannalta vaikeiden kurssien omaksumisessa. Kiboss ja muut (2004, 208) toteavat, että simulaattoreita voidaan käyttää myös opettamaan sellaisia aiheita, joiden opettaminen perinteisimmillä tavoilla tai tutkiminen luokkahuoneissa olisi vaikeaa tai jopa mahdotonta. Tällaisia luokkahuoneissa vaikeasti tutkittavia tai havainnoitavia aiheita saattaisivat olla esimerkiksi hyvin mutkikkaita järjestelmiä ja monia kytkentöjä sisältävät luonnonilmiöt, terveyshaittaa aiheuttavat tai erityisosaamista vaativat kokeelliset työt sekä kalliita resursseja tai runsaasti aikaa vaativat laboratoriotutkimukset.

Honey ja Hilton (2011) toteavat tutkimusten osoittavan, että simulaatiot ja pelit miellyttävät jatkuvasti digitaalista mediaa käyttäviä nuoria ja että yhdysvaltalaiset K-12 -oppilaat eli ensimmäisen ja toisen asteen oppilaat haluaisivat hyödyntää simulaatioita ja videopelejä matemaattis-luonnontieteellisen tiedon oppimisessa. Kuitenkin Gurung ja Rutledge (2014) toteavat, että digitaalisten oppimisympäristöjen ja -välineiden toimivuudesta kouluopetuksessa on erilaisia näkemyksiä: Teknologiasta innostuneiden mielestä digitaalisten oppimisympäristöjen koulukäyttö on diginatiiveille helppoa ja sujuvaa. Teknologiaan epäilevämmien suhtautuvien mielestä oppilaiden henkilökohtaisia kokemuksia teknologiasta ei välttämättä pysty hyödyntämään kouluopetuksessa, koska vapaa-ajalla, pääasiassa pelaamisessa, sosiaalisessa verkottumisessa ja internet-tiedonhaussa hankitut taidot eivät ole kouluoppimisen kannalta olennaisia akateemisia taitoja. Gurung ja Rutledge (2014) toteavat myös, että teknologian kotikäytöstä on havaittu olevan hyötyä oppimisessa: Oppimistulokset ovat parantuneet itsenäisen ja yksilöllisen oppimisen myötä. Motivaatio ja oppiseen käytetty aika ovat lisääntyneet. Tieto- ja viestintäteknologiset (ICT) taidot ja itseluottamus niihin ovat lisääntyneet (Gurung & Rutledge, 2014). Tämän perusteella voikin olla mahdollista, että myös sopivan

simulaattorin kotikäytöstä olisi hyötyä esimerkiksi valmistauduttaessa etukäteen seuraavien oppituntien aiheisiin. Ehkä simulaattoreita voisikin hyödyntää käänteisessä opetuksessa, jossa opiskelija etukäteen perehtyisi opetettaviin aiheisiin simulaattorilla ratkaistavien mielekkäiden tehtävien tai tutkimuskysymyksen avulla.

On olemassa kohtuullisesti näyttöä, että simulaattorit motivoivat luonnontieteiden opiskeluun ja lisäävät kiinnostusta luonnontieteisiin. Tutkimusten perusteella simulaattorit motivoisivat oppijoita tarjoamalla näille autenttisia ja kiinnostavia tehtäviä. Esimerkiksi tutkimuksessa on havaittu, että PhET-simulaattorit voivat olla hyvin sitouttavia ja tehokkaita fysiikan käsitteiden oppimisessa, kunhan opiskelija käyttää niitä omien tutkimuskysymystensä selvittämiseen. Opiskelijan kiinnostusta, sitoutumista ja motivoitumista edistävän simulaattorin suunnittelu on kuitenkin hyvin haastavaa. (Honey & Hilton, 2011.) Tämän perusteella on luultavaa, että simulaattori ei pelkästään motivoi luonnontieteiden opiskeluun, vaan saattaa tarjota tutkimuskysymysten selvittämisestä kiinnostuneille opiskelijoille muita tapoja tukevan ja joillekin jopa mielekkäämmän menetelmän perehtyä ongelmien ratkomiseen.

Suuri osa simulaattoreiden oppimiskäytön tutkimuksista on keskittynyt käsitteiden oppimiseen. Niiden perusteella on saatu näyttöä, että simulaattorit voivat lisätä tieteellisten käsitteiden ymmärrystä. On mahdollista, että hyvin suunniteltujen simulaattoreiden käytöllä opiskelijoiden omat, intuitiiviset selitykset luonnonilmiöistä voidaan korvata tieteellisesti pätevillä selityksillä. Jotta simulaattori olisi oppimisen kannalta tehokkaampi kuin esimerkiksi staattiset kaaviokuvat, pitää sen olla hyvin suunniteltu. Onkin määritelty yleisiä suunnitteluperiaatteita, joiden on ajateltu parantavan simulaattoreiden avulla saavutettavia oppimistuloksia. Jotta opiskelijat keskittyisivät pääasialliseen oppimistavoitteeseen, pitäisi simulaattorista olla karsittuna kaikki epäolennainen kognitiivinen vaatavuus. Simulaattorin pitäisi toimia opiskelijalle mielekkäässä tieteellisessä kontekstissa, jolloin tämä voi hyödyntää jo olemassa olevaa osaamistaan, tehdä mielekkäämpiä tutkimuskysymyksiä ja havaita epätodennäköisiä löydöksiä. Simulaattorille pitäisi olla saatavilla sen tehokasta käyttöä ja oppimistavoitteita tukevaa ohjeistusta. (Honey & Hilton, 2011.) Simulaattoria käytettäessäkin opettaja toimii oppimisen tukena ja voi antaa myös simulaattorin kehittäjille palautetta simulaattorin ominaisuuksista, jotka epähuomiossa synnyttävät opiskelijoille väärinkäsityksiä (Honey & Hilton, 2011, 59).

### 10.3 Tarkasteltavat simulaattorit

Selvitän, millaisia lukion opetussuunnitelman biologian sisältöjen opetusta tukevia simulaattoreita on olemassa. Olen etsinyt simulaattoreita julkisista www-sivustoista, joissa simulaattoreiden lataaminen ja käyttö on ilmaista. Lisäksi olen keskittynyt simulaattoreihin, joissa biologisia ilmiöitä havainnollistetaan visuaalisesti ja joissa on graafinen käyttöliittymä, jonka avulla simulaattorin käyttäjä voi vaikuttaa tarkasteltavan ilmiön etenemiseen.

Hain käyttämäni simulaattorit Coloradon yliopiston ylläpitämältä PhET-sivustolta (<https://phet.colorado.edu/>) ja Virtual Biology Lab -sivustolta (<http://virtualbiologylab.org/>). Simulaattoreihin liittyvät ohjeistukset ja selitykset ovat englanninkielisiä. PhET-simulaattoreille on usein saatavilla simulaattorien käyttäjien tekemiä tehtävädokumentteja, joista osa voi sopia lukion kurseillakin käytettäväksi. Virtual Biology Lab -simulaattorisivuilla joidenkin simulaatioiden alaosassa on NetLogon code -osio, jossa simulaattorin käyttäjä voi itse muokata simulaattorikoodia, minkä jälkeen muutetun koodin voi kääntää ja simulaattoria suorittaa uudella koodilla. Kokeilin myös yhden simulaattorin kokeiluversiota Virtual Physiology -sivustolta (<http://www.virtual-physiology.com/>), jossa myydään fysiologian neurosähköisten ilmiöiden mittaamista mallintavia simulaattoreita. Olen listannut tarkastelemani simulaattorit taulukkoon Taulukko 10-1. Taulukossa on simulaattorin nimen ja mahdollisen version lisäksi mainittu sen tyyppi, joka asettaa tietoteknisiä vaatimuksia suoritusympäristölle: Simulaattori toimii verkkoselaimessa, kun tyyppi on *selain*. Simulaattori vaatii Java-sovellusten suorittamisen mahdollistavan ympäristön (Java Runtime Environment, JRE), kun tyyppi on *java*. Jos tyyppi on merkitty *muu*, toimii simulaattori jotenkin muuten kuin verkkoselaimessa tai Java-sovelluksena. Merkintä *online* tarkoittaa, että sovellus vaatii toimiakseen verkkoyhteyden, kun taas muuten sovelluksen voi ladata esimerkiksi tietokoneelle ja myöhemmin käyttää sitä ilman verkkoyhteyttä.

Taulukko 10-1. Tarkasteltavat biologian ilmiöitä mallintavat simulaattorit.

Nimi	Tyyppi	Mallinnettu ilmiö	Sivusto
Barnacle Competition	selain online	Merirokkoyhdyskuntien levittäytyminen vuorovesialueella.	Virtual Biology Lab

DDT	selain	DDT:n kertyminen meriekosysteemin ravintoverkossa.	Virtual Biology Lab
Endler's Guppies	selain	Sukupuolivalinta miljoonakalapopulaatioissa, jossa tapahtuu mutaatioita ja saalistusta.	Virtual Biology Lab
Estimating Plant Biodiversity	selain	Kasvinäytepisteiden suunnittelu maastoon ja biodiversiteetin arviointi.	Virtual Biology Lab
Estimating Population Size	selain	Otosnäytteet haavilla ja haavinäytteitä merkitsemällä.	Virtual Biology Lab
Estimating Stream Diversity	selain	Virtavesinäytteiden keruu ja biodiversiteetin arviointi.	Virtual Biology Lab
Fishbowl	selain online	Lisääntymisen, kuolevuuden, migraation ja mutaatioiden vaikutukset alleelifrekvensseihin kalapopulaatioissa.	Virtual Biology Lab
Gene Expression Essentials, versio 1.0.2	selain	Geneettinen transkriptio ja translaatio ja proteiinisynteesin tehokkuus.	PhET
Gene Machine: The Lac Operon, versio 1.04.00	java	Laktaasientsyynnin synteesi ja siihen osallistuvat säätelytekijät.	PhET
GeneticDrift	selain	Geneettisen ajautumisen kuvaaminen vertailemalla kehitystä eri populaatioissa.	Virtual Biology Lab
Island Biogeography	selain online	Saariteorian havainnollistus lajimäärämuutosten avulla erikokoisissa ja eri etäisyydellä olevissa saarissa.	Virtual Biology Lab
Logistic_Growth	selain	Syntyvyyden ja kuolleisuuden vaikutus populaation logistiseen kasvuun.	Virtual Biology Lab
Mark Recapture	selain	Otosnäytteiden keruu myyräpopulaatioissa.	Virtual Biology Lab
Microcosm	selain	Petrialjalla resursseista kilpailevat mikro-organismit.	Virtual Biology Lab
Natural Selection, versio 1.03.00	java	Luonnonvalinta mutaatioiden, suojavärytyksen, ravintoresurssien ja saalis-peto-mallin avulla esitettynä.	PhET
Neuron, versio 1.1.4	selain	Hermostolon kalvopotentiaalinen muutos.	PhET
Random Genetic Effects	selain	Saariteorian havainnollistus, jossa kuvataan pullonkaulavaikutusta ja migraation aiheuttamaa geneettistä ajautumista saaripopulaatioiden alleelifrekvensseissä.	Virtual Biology Lab
SimNeuron	muu	Virtuaalilaboratorio, jossa voi mitata hermosolun potentiaaleja ja impulsseja.	Virtual Physiology

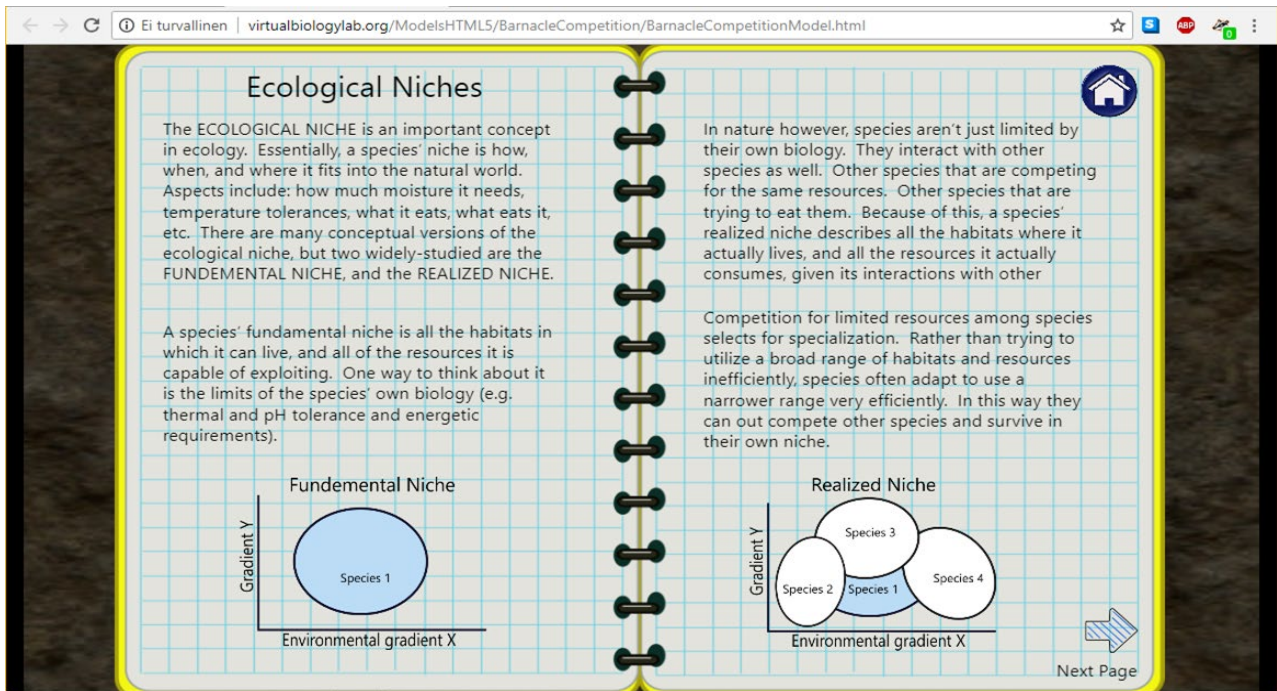
## 10.4 Simulaattorien toimivuus

Selvitin simulaattoreita kokeilemalla, miten käytettäviltä ne vaikuttavat. Arvioin simulaattoreiden ominaisuuksien lisäksi, millä tavoin tarkasteltavat simulaattorit vastaavat lukion biologian opetussisältöjä.

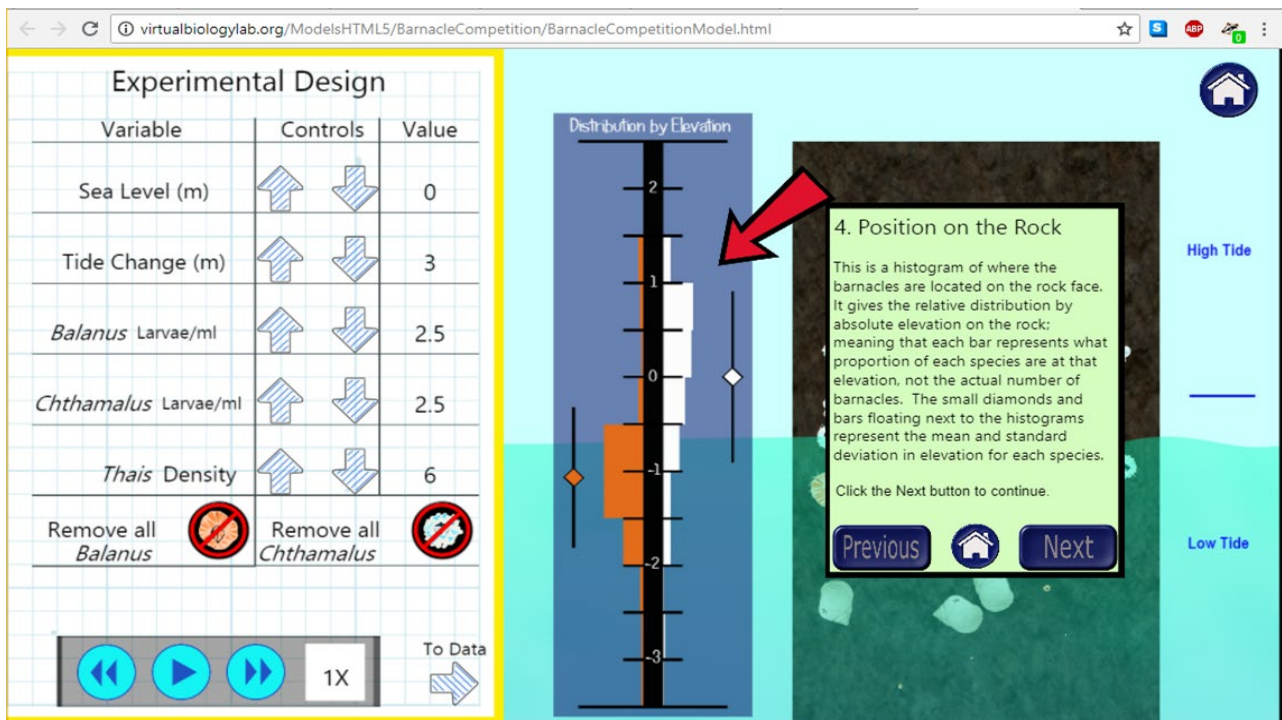
### 10.4.1 Barnacle Competition

Barnacle Competition -simulaattori mallintaa merirokkoyhdyskuntien leviämistä jatkuvan muutoksen alaisessa vuorovesihabitaatissa. Tarkastelun kohteena on kaksi eri merirokkolajia, joiden levinneisyyteen vaikuttaa niiden keskinäinen kilpailu ja sopeutuminen vuorovesivaihteluun. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla kuvaamaan samassa ympäristössä elävien eri populaatioiden välisiä vuorovaikutuksia sekä elottoman luonnon vaikutuksia populaatioiden sopeutumiseen ja levinneisyyteen.

Simulaattori sisältää taustatieto-osion (Kuva 10-1), jossa kerrotaan tarkasteltavasta ilmiöstä, ja opastustoiminnon, jossa kuvataan simulaattorien eri graafisten osien merkitystä ja niiden kuvaamia asioita. Kuvassa alla (Kuva 10-2) näkyy esimerkki simulaattorin opastustoiminnosta, jonka avulla käyttäjä saa tietoa simulaattorin esittämästä vedenkorkeusmittarista ja siitä, miten se kuvaa merirokkoyhdyskuntien levinneisyyttä vuorovesivyöhykkeellä. Vastaavanlaisella opastustoiminnolla saa tietoa simulaattorin muistakin osista.



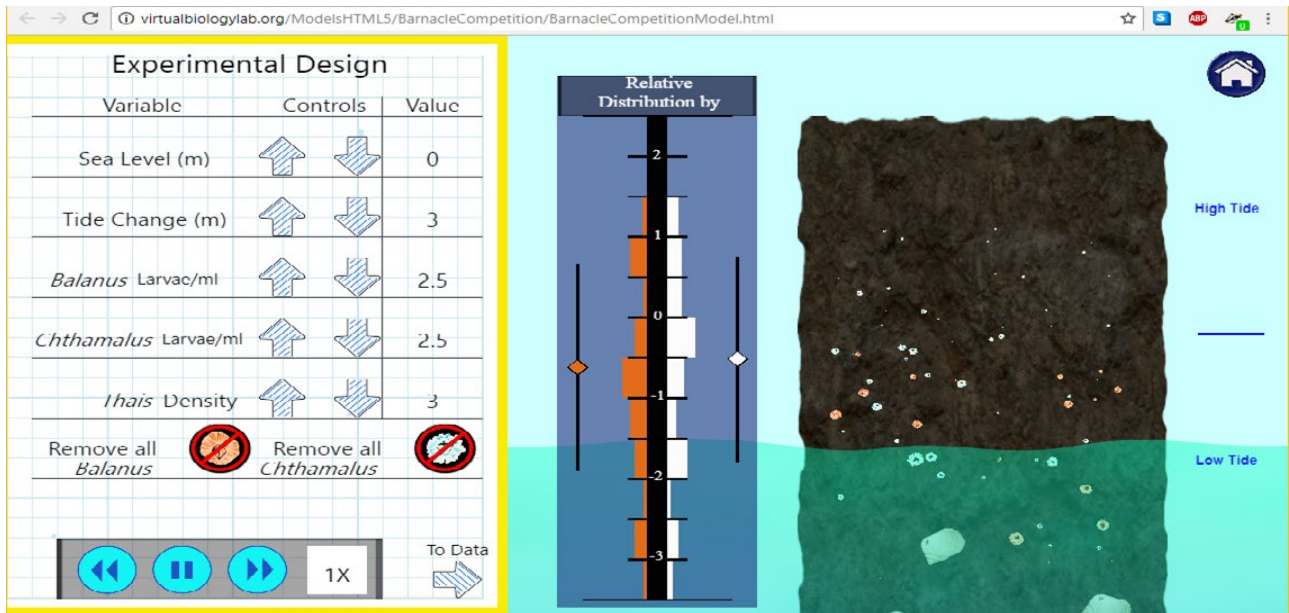
Kuva 10-1. Simulaattorin taustatieto-osio.



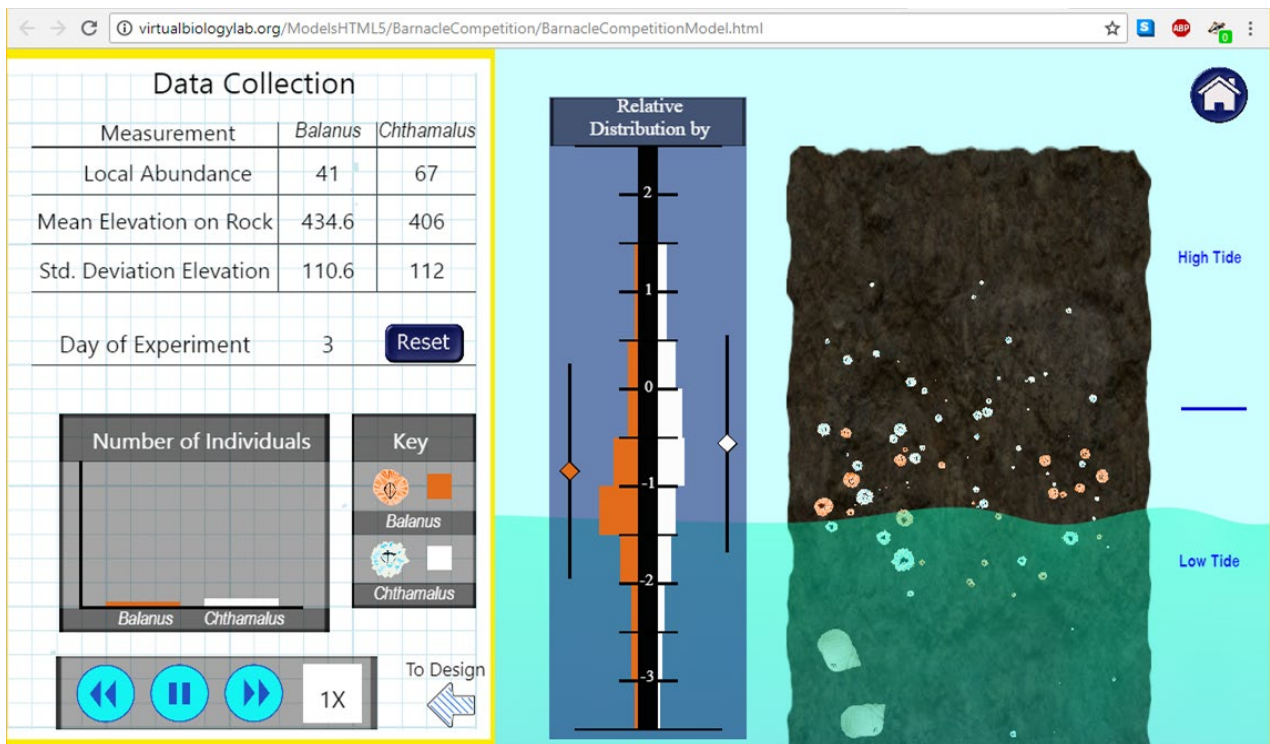
Kuva 10-2. Simulaattorin opastustoiminto.

Simulaattori sisältää kaksi päänäyttöä, joiden alareunassa on simulaattorin kelaus- ja pysäytyspainikkeet. Ensimmäinen näyttö (Kuva 10-3) esittelee simulaattorin toimintaan vaikuttavat parametrit, kuten vuoroveden vaihtelukorkeuden ja kummankin

merirokkolajin etenemisnopeuden. Käyttäjä voi samalla näytöllä säätää parametrien arvoja. Toinen näyttö (Kuva 10-4) esittää simulaattorin mittaustulokset, joihin kuuluvat kummankin merirokkolajin populaation runsaus sekä esiintymän korkeuden keskiarvo ja keskihajonta.



Kuva 10-3. Simulaattorin parametrien arvot ja nopeussäätö.



Kuva 10-4. Simulaattorin mittaustulokset ja nopeussäätö.

Simulaattori vaikuttaa helppokäyttöiseltä, ja sen käyttöä tukee sisäänrakennettu opastustoiminto. Simulaattori kuvaa ilmiötä varsin selkeästi ja havainnollistaa sitä sekä graafisesti että numeerisesti. Simulaattori vaatii kuitenkin toimiakseen pääsyn simulaattorin verkkosivulle, eikä sitä pysty lataamaan tietokoneelle ja käyttämään ilman verkkoyhteyttä.

## 10.4.2 DDT

DDT-simulaattori mallintaa DDT:n kertymistä vesiekosysteemin ravintoverkossa. Ravintoverkon eliöitä ovat kasviplankton, eläinplankton, lohenoikaset, aikuiset lohet ja pelikaanit. Simulaation alussa eliöissä ei ole DDT:tä ja käyttäjä voi säätää vain veden DDT-saastumisastetta. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla kuvaamaan aineiden kiertoa ravintoverkoissa ja ympäristöön päätyneiden haitallisten aineiden kulkeutumista ekosysteemissä.



Kuva 10-5. Simulaattorin kuvaama biomagnifikaatio.

Simulaattori sisältää yhden näytön, jossa kuvataan graafisesti eliöiden liikkumista ekosysteemissä ja DDT-pitoisuuden kasvua eri eliöryhmissä sekä numeerisesti DDT-pitoisuuden muutoksia eri eliöryhmissä. Simulaattorissa (Kuva 10-5) esitetään runsaasti numeerisia mittaustuloksia. Simulaation nopeutta pystyy säätämään simulaattorin yläosassa olevasta palkista. Veden DDT-kontaminaatio on ainoa säädeltävä parametri. Sen

arvoa voi muuttaa ravintoverkkönäytön oikeassa alakulmassa myös simulaation ollessa käynnissä. Säätokehtä on kuitenkin pieni, joten sen käyttö voi olla epäselvää. Simulaattorin alaosassa on NetLogo Code -valikko, jossa käyttäjä voi muokata simulaattorin koodia ja samalla sen esittämää mallia. Tämä vaatii kuitenkin ohjelmointiosaamista ja simulaattorin esittämän mallin tuntemista. Simulaattorin mallin toimintaa kuvataan sen alaosassa olevassa Model Info -valikossa. Simulaattorin toimintaa selitetään myös erillisessä BiomagnificationDirections.pdf-dokumentissa. Simulaattorin käyttö voi kuitenkin olla haastavaa ilman etukäteen annettua ohjeistusta.

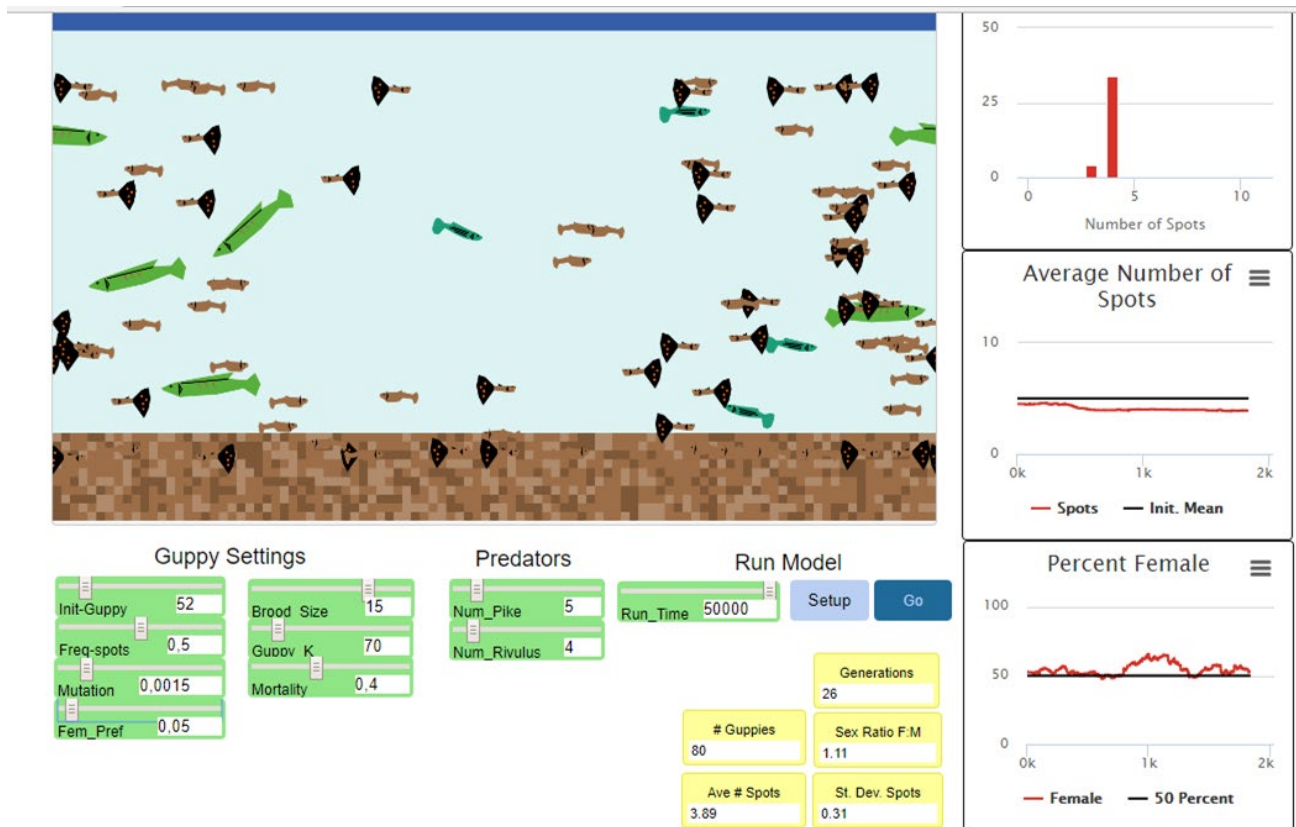
Simulaattorin käyttö voi olla haastavaa, koska siinä esitetään runsaasti numeerista mittaustietoa. Toisaalta simulaattorissa on vain yksi säädettävä parametri, veden DDT-kontaminaatio, ja DDT:n kertymistä eliöryhmiin kuvataan viivadiagrammeilla, mikä saattaa helpottaa vierasaineen kasaantumisen seuraamista ravintoverkossa. Simulaattorin html-sivun voi ladata omalle tietokoneelle eikä se sen jälkeen vaadi toimiakseen verkkoyhteyttä.

### **10.4.3 Endler's Guppies**

Endler's Guppies -simulaattori mallintaa miljoonakalojen sukupuolivalintaa ja luonnonvalintaa. Simulaation kuvaamia vuorovaikutussuhteita ja ilmiöitä ovat miljoonakalojen parivalinta ja lisääntymismenestys sekä petokalojen saalistusmenestys erilaisia sukupuoliominaisuuksia ilmentävien miljoonakalojen suhteen. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Evoluutio ja elämä* -kurssilla kuvaamaan valinnan vaikutusta lajien kelpoisuuteen.

Simulaattori sisältää yhden näytön, jossa kuvataan erilaisen ilmiön omaavien miljoonakalojen lisääntymistehokkuutta ja petokalojen saalistustehoa niiden suhteen. Simulaattorissa (Kuva 10-6) on runsaasti erilaisia säädeltäviä parametreja ja muutama numeerinen mittaustuloskenttä. Simulaation nopeutta pystyy säätämään simulaattorin yläosassa olevasta palkista. Säädeltäviä parametreja ovat muun muassa miljoonakalojen aloitusmäärä, lisääntymistehokkuus, kuolleisuus ja muita lisääntymiseen ja selviytymiseen vaikuttavia parametreja. Säädeltäviä parametreja ovat myös kahden petokalalajin yksilömäärät sekä simulaation kesto. Parametrien arvoja voi muuttaa myös simulaation ollessa käynnissä. Simulaattorin alaosassa on NetLogo Code -valikko, jossa käyttäjä voi muokata simulaattorin koodia ja samalla sen esittämää mallia. Tämä vaatii kuitenkin

ohjelmointiosaamista ja simulaattorin esittämän mallin tuntemista. Simulaattorin mallin toimintaa kuvataan sen alaosassa olevassa Model Info -valikossa. Simulaattorin toimintaa selitetään myös erillisessä EndlersGuppiesDirections.pdf-dokumentissa. Simulaattorin käyttö voi kuitenkin olla haastavaa ilman etukäteen annettua ohjeistusta.



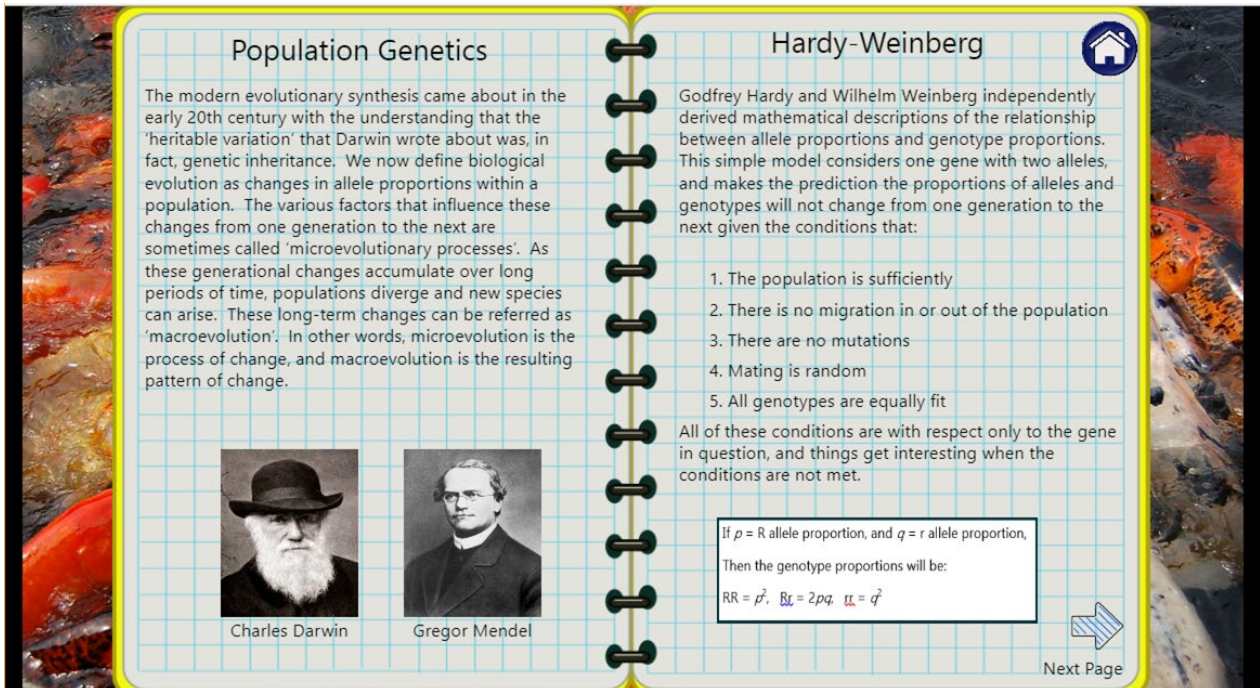
Kuva 10-6. Miljoonakalojen sukupuolivalinta ja luonnonvalinta.

Simulaattorin käyttö voi olla haastavaa, koska siinä on useita säädettäviä parametreja. Toisaalta simulaattorissa esitetään vain muutamia mittaustuloksia, joita kuvataan myös pylväs- ja viivadiagrammeilla. Simulaattorin html-sivun voi ladata omalle tietokoneelle eikä se sen jälkeen vaadi toimiakseen verkkoyhteyttä.

#### 10.4.4 Fishbowl

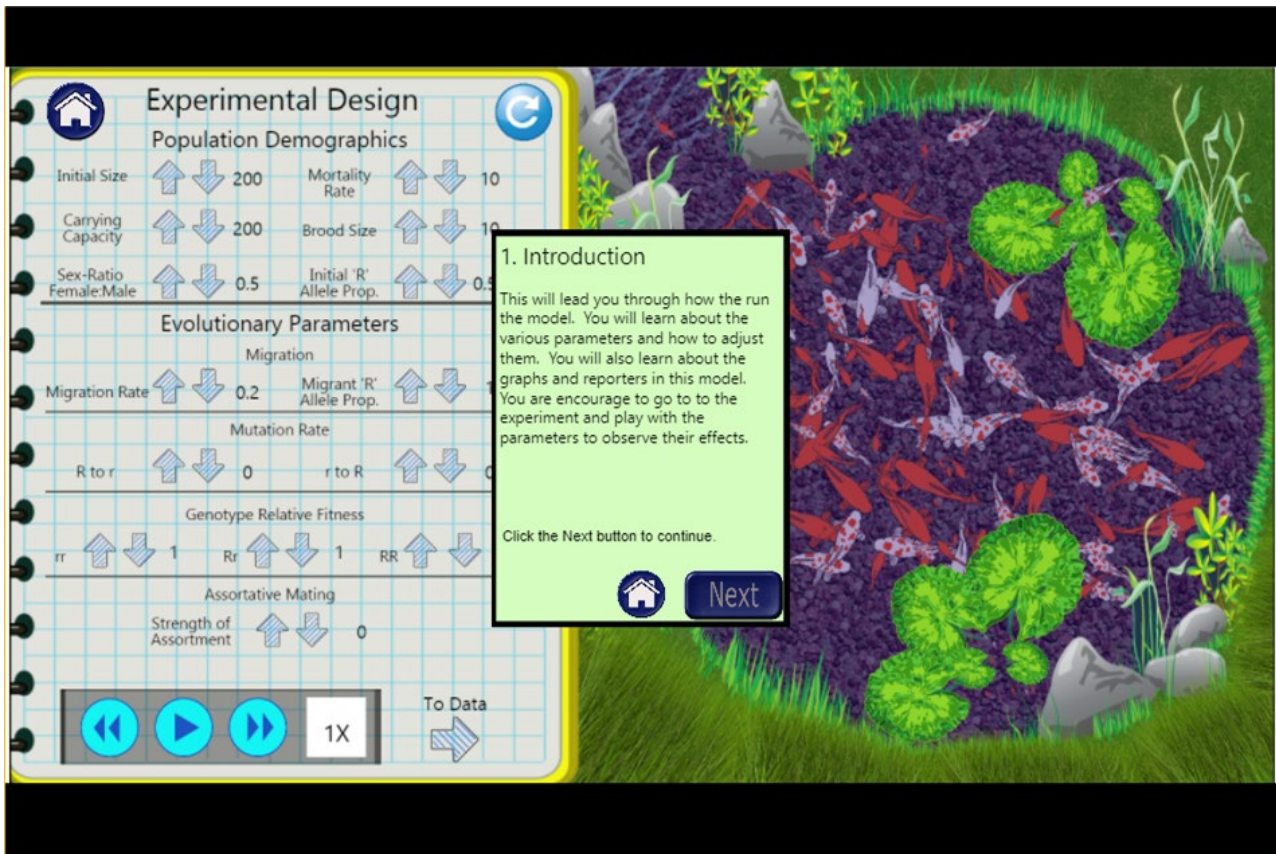
Fishbowl-simulaattori mallintaa kahden alleelin muodostamien genotyyppien frekvenssimuutoksia. Eri genotyypeillä (RR, Rr ja rr) on eri ilmiasu. Elinympäristönä toimii lampi, jossa migraatio on mahdollista. Tarkastelun kohteena on genotyyppien frekvenssimuutokset, kun genotyypeillä on erilainen kelpoisuus ja niiden lisääntymismenestys, kuolleisuus ja migraationopeus vaihtelee. Simulaattori voi soveltua

käytettäväksi lukion *Elämä ja evoluutio* -kurssilla selittämään kelpoisuuden ja mutaatioiden vaikutusta eri alleelien yleisyyteen tai *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla selittämään populaatiodynamiikkaa syntyvyyden, kuolleisuuden ja muuttoliikkeen kautta. Simulaattori voi sopia myös *Solu ja perinnöllisyys* -kurssille alustamaan geenien periytymistä ja ominaisuuksien siirtymistä.



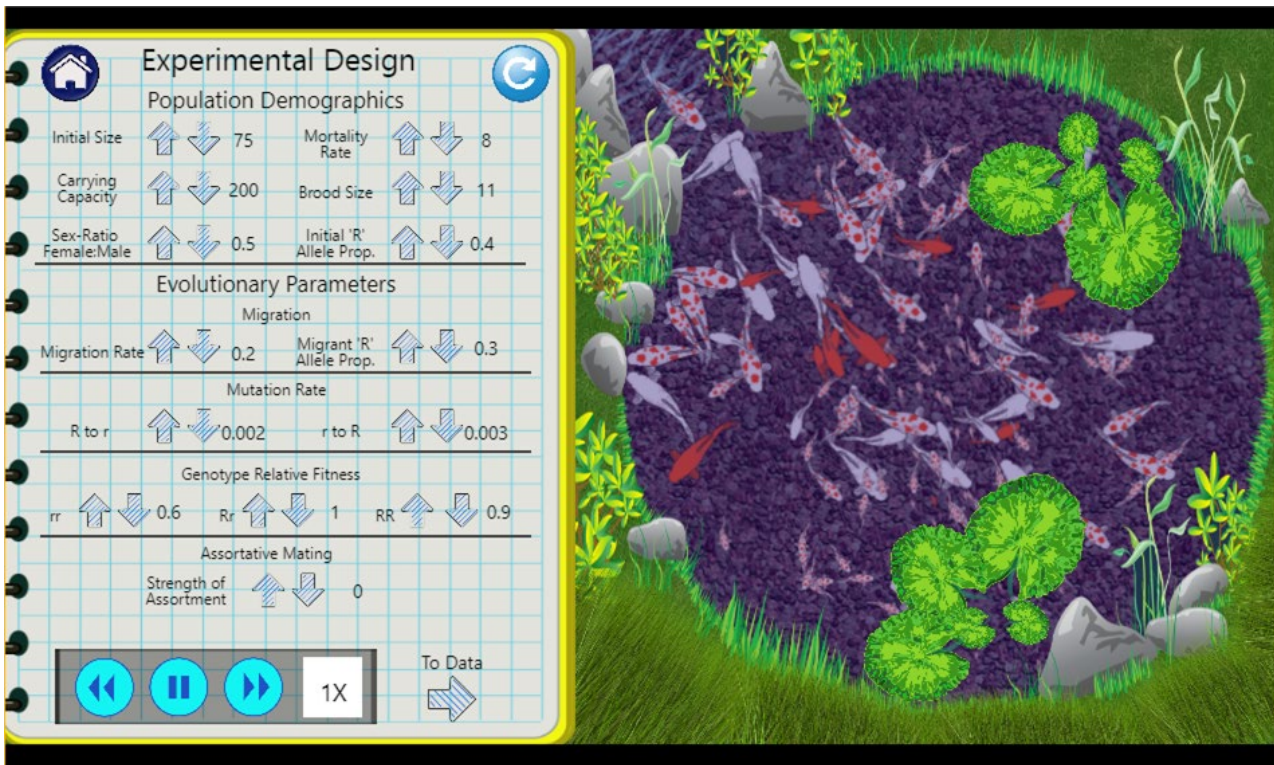
Kuva 10-7. Simulaattorin taustatieto-osio.

Simulaattori sisältää taustatieto-osion (Kuva 10-7), jossa kerrotaan tarkasteltavasta ilmiöstä, ja opastustoiminnon, jossa kuvataan simulaattorien eri graafisten osien merkitystä ja niiden kuvaamia asioita. Kuvassa alla (Kuva 10-8) näkyy esimerkki simulaattorin opastustoiminnosta, jossa annetaan alustavaa tietoa simulaattorin toiminnasta. Vastaavanlaisella opastustoiminnolla saa tietoa simulaattorin muistakin toiminnoista ja osista.

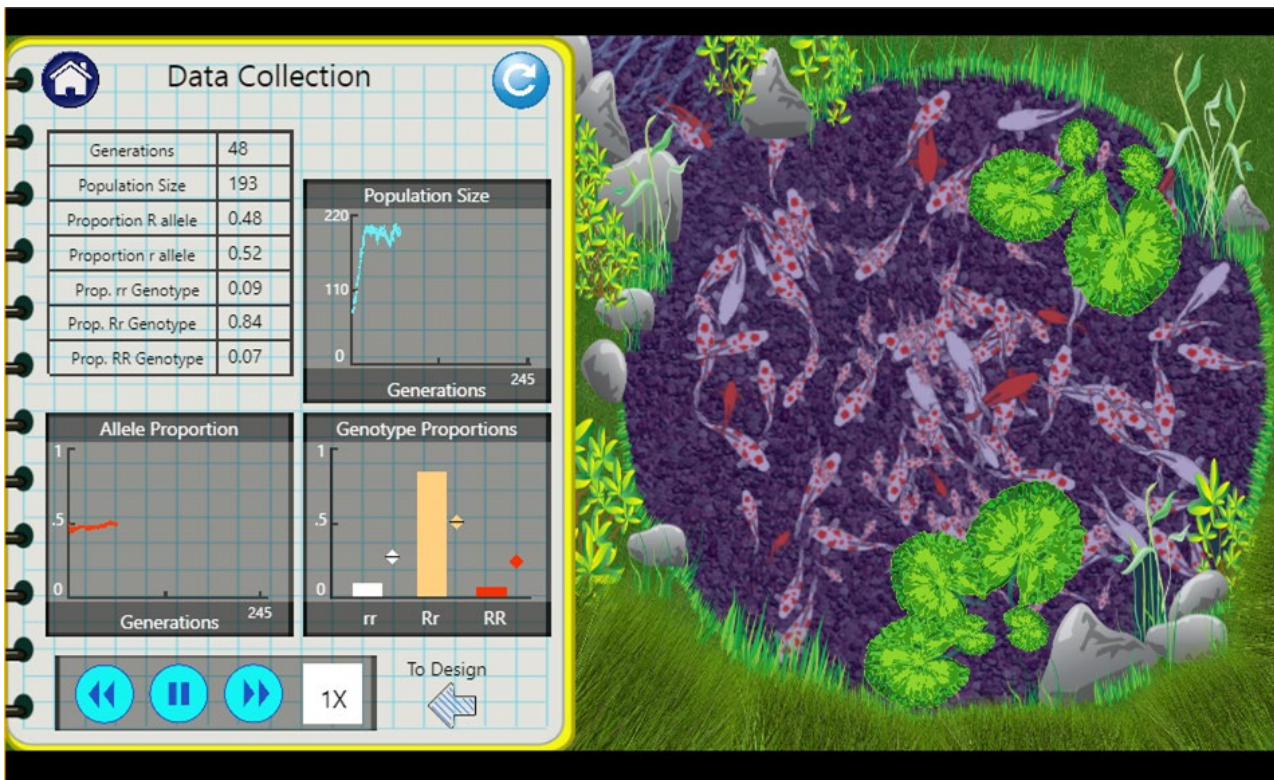


Kuva 10-8. Simulaattorin opastustoiminto.

Simulaattori sisältää kaksi päänäyttöä, joiden alareunassa on simulaattorin pikakelaus-, takaisin kelaus- ja pysäytyspainikkeet. Ensimmäinen näyttö (Kuva 10-9) esittelee simulaattorin toimintaan vaikuttavat parametrit, kuten populaation aloituskoko, elinympäristönä toimivan lammen kantokyky, syntyvyys, kuolleisuus, migraationopeus, mutaatiovauhti, genotyyppien kelpoisuus ja valikoivan pariutumisen voimakkuus. Käyttäjä voi samalla näytöllä säätää parametrien arvoja. Toinen näyttö (Kuva 10-10) esittää numeerisesti ja graafisesti simulaattorin mittaustulokset, joihin kuuluvat muun muassa alleelien ja genotyyppien frekvenssit ja populaatiokoon muutos.



Kuva 10-9. Simulaattorin parametrien arvot ja nopeussäätö.



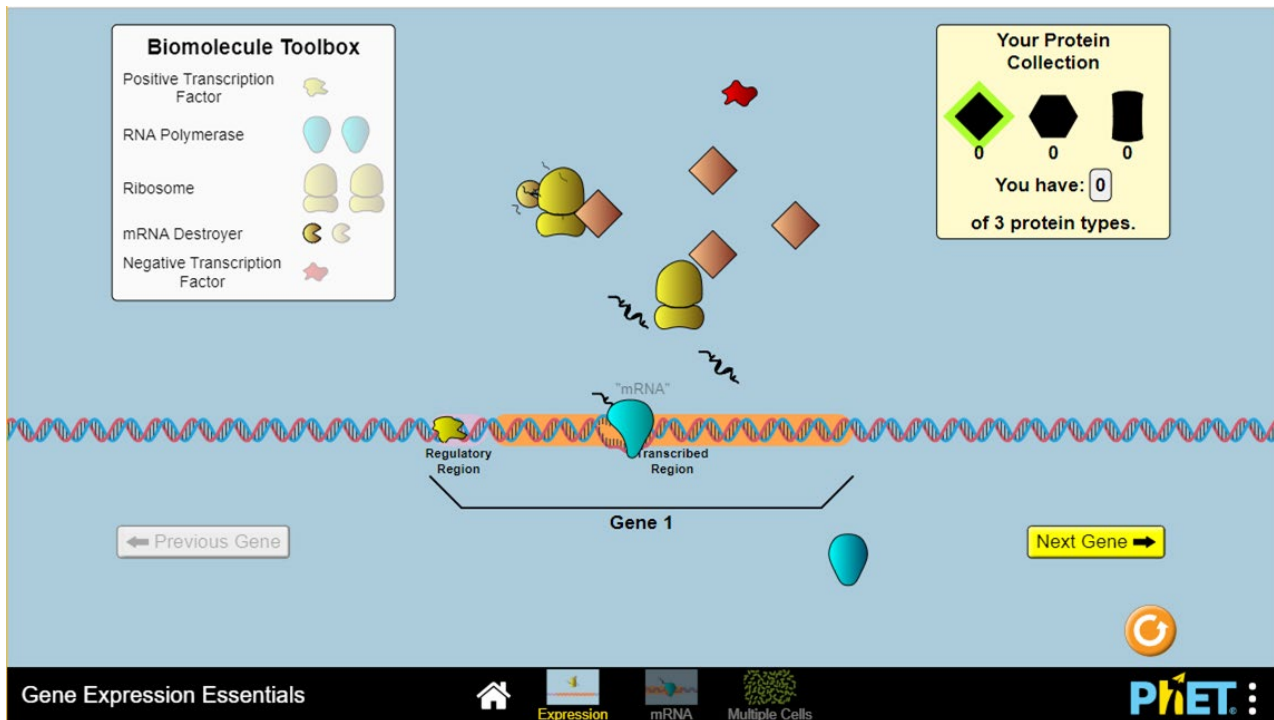
Kuva 10-10. Simulaattorin mittaustulokset ja nopeussäätö.

Simulaattori on graafisesti näyttävä. Se vaikuttaa helppokäyttöiseltä, vaikkakin siinä on melko runsaasti säädeltäviä parametreja, jotka voivat vaikeuttaa simulaattorin esittämän mallin toiminnan havainnointia ja ymmärtämistä. Simulaattorin käyttöä tukee sisäänrakennettu opastustoiminto. Simulaattori kuvaa ilmiötä varsin selkeästi ja havainnollistaa sitä sekä graafisesti että numeerisesti. Simulaattori vaatii kuitenkin toimiakseen pääsyn simulaattorin verkkosivulle eikä sitä pysty lataamaan tietokoneelle ja käyttämään ilman verkkoyhteyttä.

#### **10.4.5 Gene Expression Essentials**

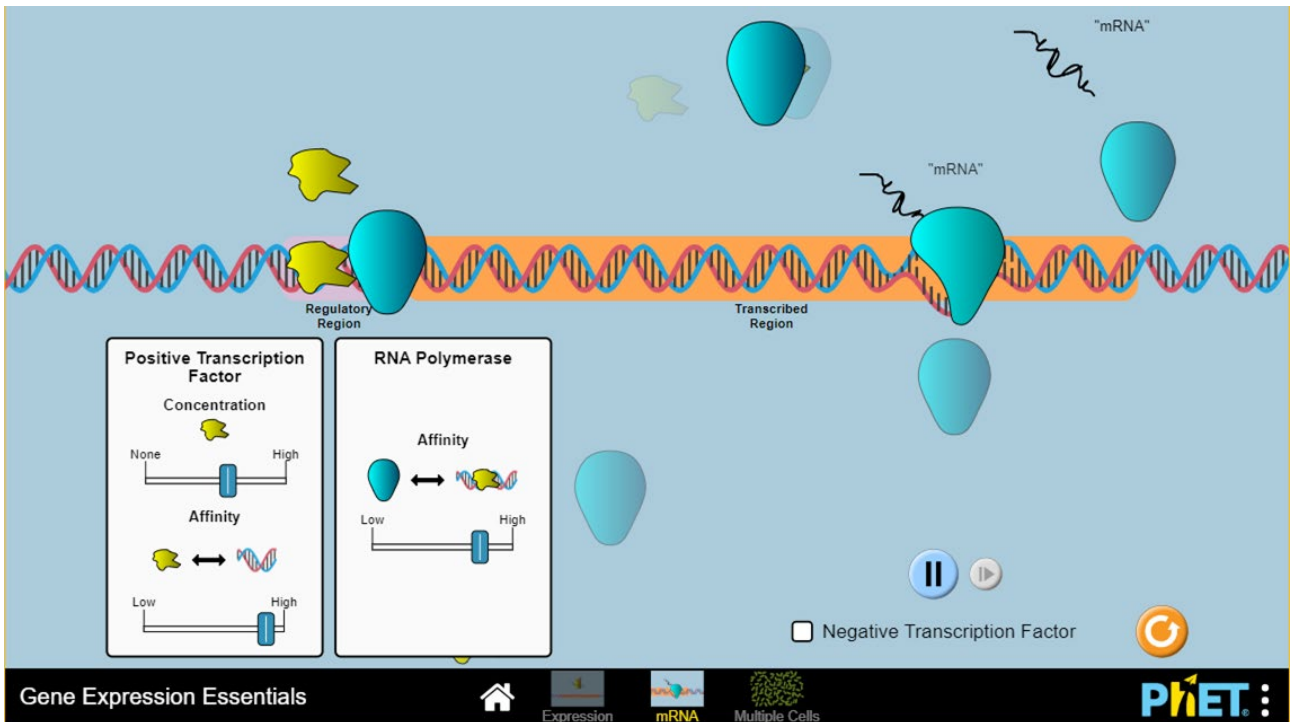
Gene Expression Essentials -simulaattori mallintaa geeniekspressiota proteiinisynteesin tasolla kolmen eri osasimulaation ja kolmen eri näytön avulla. Kaikkia osasimulaatioita havainnollistetaan graafisesti. Osasimulaatioissa on useita säädeltäviä parametreja. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Solu ja perinnöllisyys* -kurssilla kuvaamaan proteiinisynteesiä.

Ensimmäisessä osasimulaatiossa (Expression-simulaatio, Kuva 10-11) mallinnetaan geneettistä transkriptiota ja geneettistä translaatiota. Siinä käyttäjän pitää osata liittää transkriptiotekijöitä ja RNA-polymeraaseja oikeaan kohtaan DNA:ta, jotta RNA-synteesi käynnistyy (tai estyy), ja ribosomeja sopivaan kohtaan lähetti-RNA:ta, jotta vastaava proteiini muodostuu. Simulaatiossa on käytössä myös lähetti-RNA:ta pilkkova entsyymi.



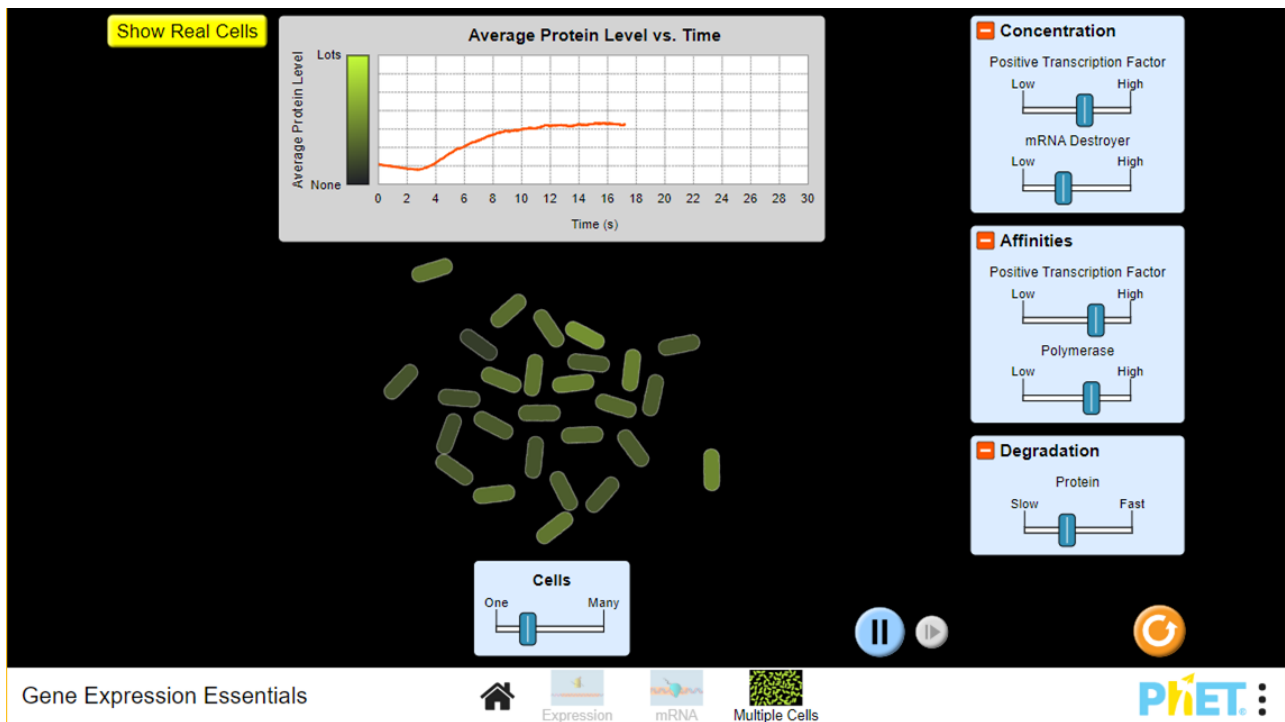
Kuva 10-11. Proteiinisynteesi Expression-simulaatiossa.

Toisessa osasimulaatiossa (mRNA-simulaatio, Kuva 10-12) kuvataan geneettistä translaatiota tarkemmin. Siinä käyttäjä voi säätää transkriptiofaktorin konsentraatiota sekä transkriptiofaktorin ja RNA-polymeraasin affiniteettia ja havainnoida sen jälkeen geneettisen transkription tehokkuutta.



Kuva 10-12. Proteiinisynteesi mRNA-simulaatiossa.

Kolmannessa osasimulaatiossa (Multiple Cells -simulaatio, Kuva 10-13) kuvataan viivadiagrammin avulla syntetoidun proteiinin määrää, kun käyttäjä säätää transkriptiofaktorin ja mRNA:ta pilkkovan entsyymin konsentraatiota, transkriptiofaktorin ja polymeraasin affiniteettia sekä proteiinin pilaantumisenopeutta.



Kuva 10-13. Proteiinisynteesi Multiple Cells -simulaatiossa.

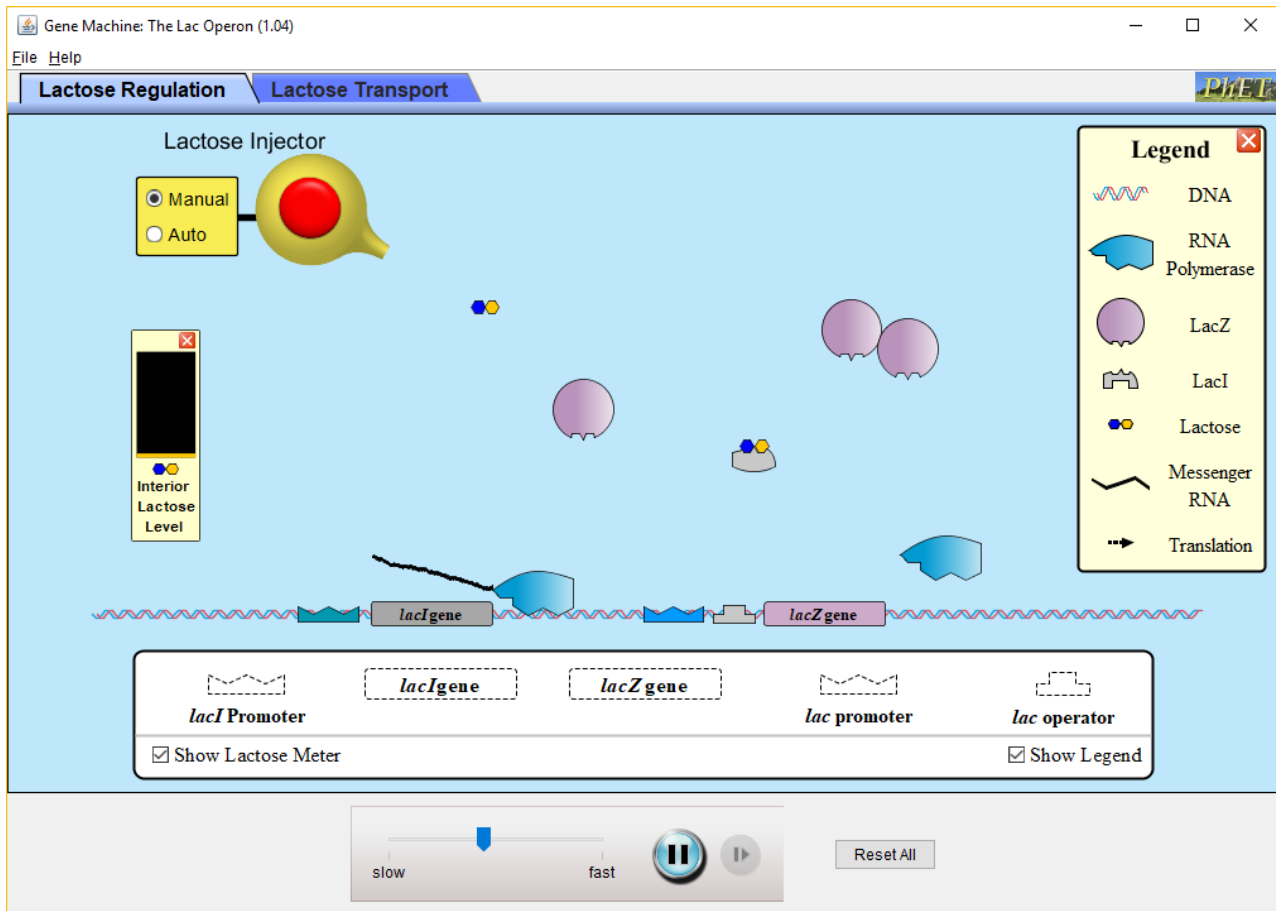
Simulaattorissa ei ole sisäänrakennettuna opastustoimintoa, joka selventäisi simulaattorin toimintaa. Tämän vuoksi simulaattorin käyttö voi olla haastavaa ilman etukäteen annettua ohjeistusta. Simulaattorin toimintaa selitetään kuitenkin erillisessä gene-expression-essentials-html-guide\_en.pdf-dokumentissa, joka on saatavilla samassa paikassa kuin simulaattorikin. Simulaattorin html-sivun voi ladata omalle tietokoneelle eikä se sen jälkeen vaadi toimiakseen verkkoyhteyttä.

#### 10.4.6 Gene Machine: The Lac Operon

Gene Machine: The Lac Operon -simulaattori mallintaa laktoosiaineenvaihduntaan osallistuvien proteiinien synteesiä. Simulaattorissa on kaksi osasimulaatiota, joita havainnollistetaan graafisesti kahdella eri näytöllä. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Solu ja perinnöllisyys* -kurssilla kuvaamaan laktoosiaineenvaihduntaan liittyviä proteiinisynteesiä. Simulaattorin soveltuvuutta lukiokursseihin voi kuitenkin rajoittaa muun muassa liiallinen yksityiskohtaisuus.

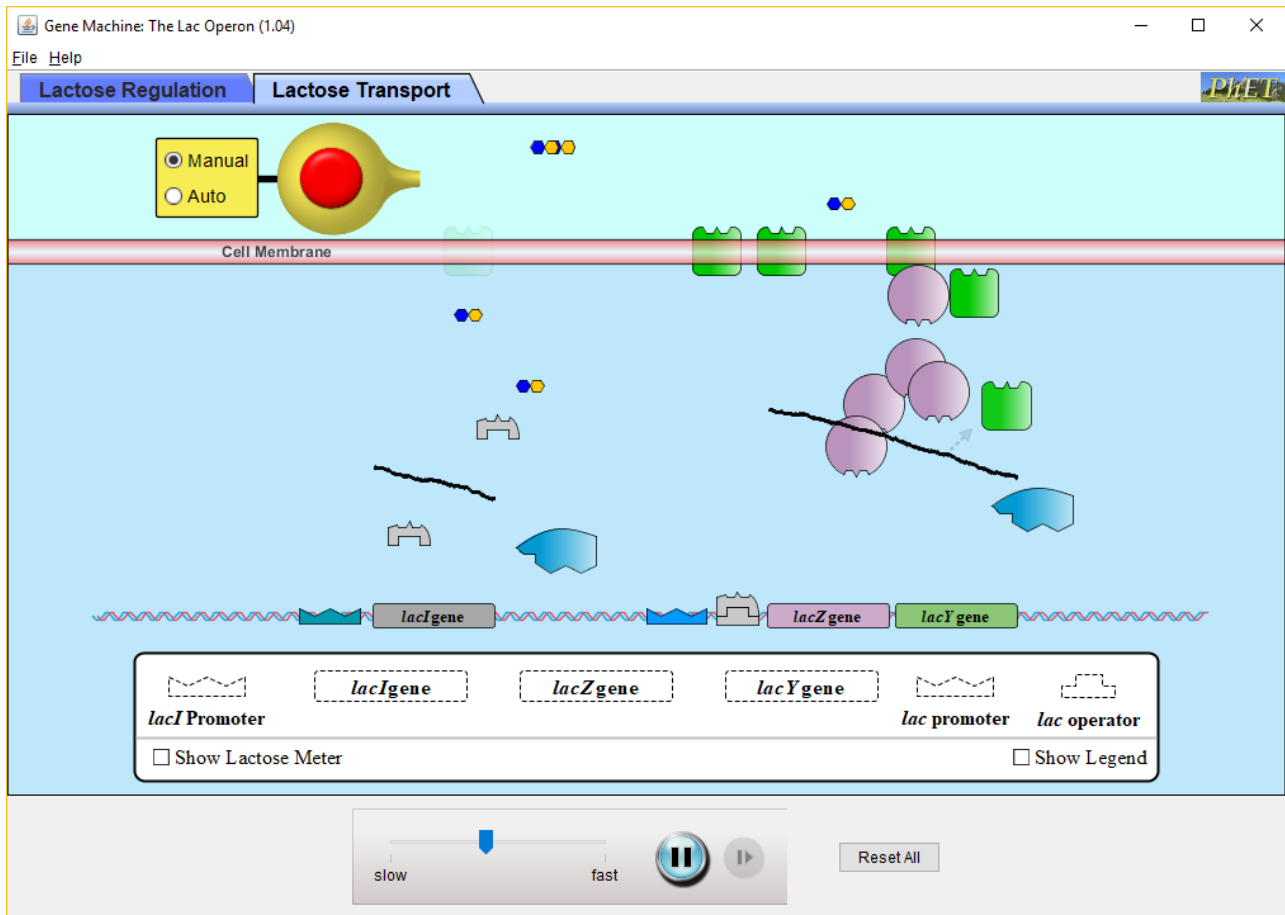
Ensimmäisessä osasimulaatiossa (Lactose Regulation -simulaatio, Kuva 10-14) mallinnetaan laktaasientsyymien synteesiä geneettisessä transkriptiossa ja translaatiossa sekä laktaasin säätelemää laktoositasoa. Siinä käyttäjän pitää osata liittää

laktaasisynteesiin osallistuvat promoottorit, operaattori ja geenit oikeaan kohtaan DNA:ta, jotta proteiinisynteesi käynnistyy.



Kuva 10-14. Proteiinisynteesi Lactose Regulation -simulaatiossa.

Toisessa osasimulaatiossa (Lactose Transport -simulaatio, Kuva 10-15) mallinnetaan proteiinisynteesiä, joiden avulla laktoosin siirtyminen solukalvon läpi soluun ja laktoositason säätely mahdollistuu. Siinä käyttäjän pitää osata liittää proteiinisynteesiin osallistuvat promoottorit, operaattori ja geenit oikeaan kohtaan DNA:ta, jotta proteiinisynteesi käynnistyy.



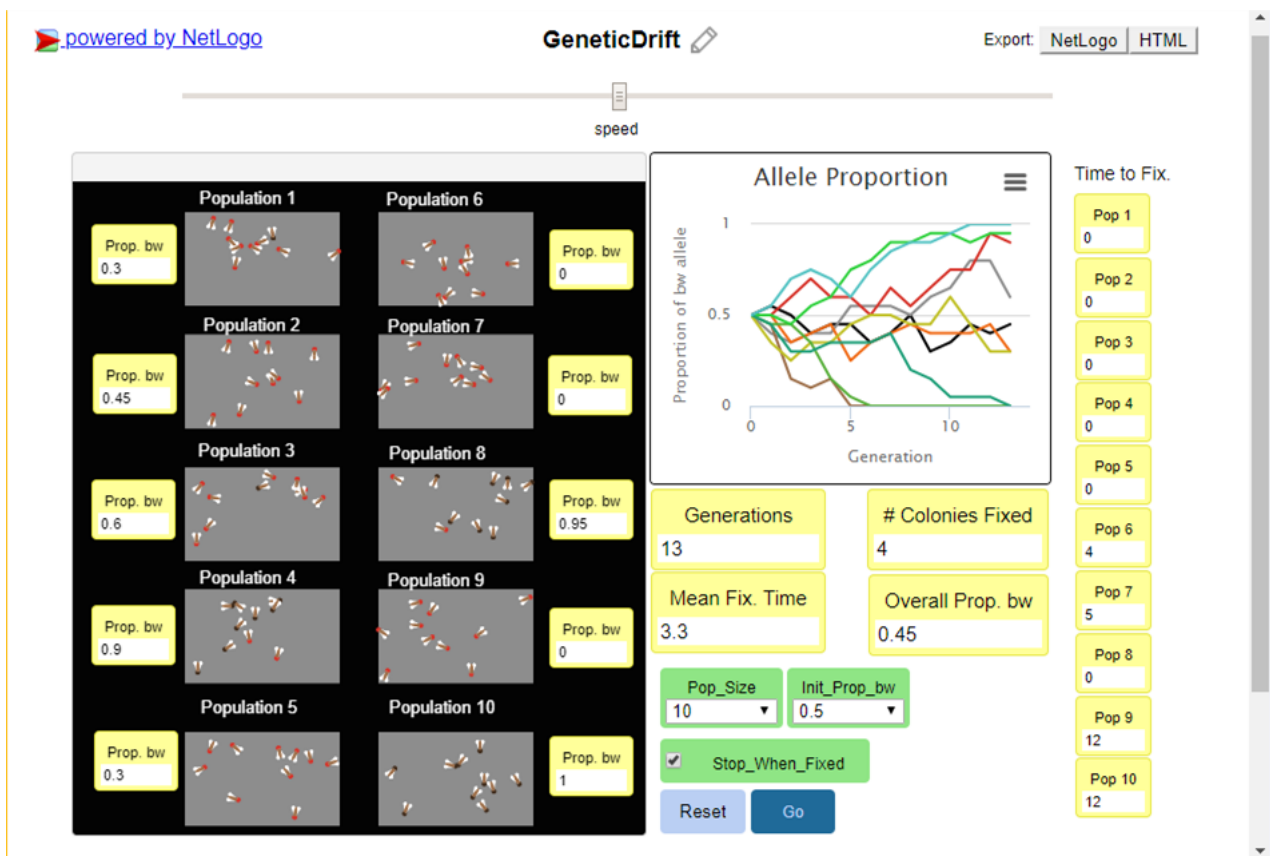
Kuva 10-15. Proteiinisynteesi Lactose Transport -simulaatiossa.

Simulaattorissa ei ole sisäänrakennettuna opastustoimintoa, joka selventäisi simulaattorin toimintaa. Tämän vuoksi simulaattorin käyttö voi olla haastavaa ilman etukäteen annettua ohjeistusta. Simulaattori on Java-sovellus, joten tietokoneessa pitää olla asennettuna Java Runtime Environment (JRE), jotta simulaattoria voi käyttää.

### 10.4.7 GeneticDrift

GeneticDrift-simulaattori mallintaa geneettistä ajautumista. Siinä tarkastellaan, miten geenifrekvenssit populaatioissa sukupolvien myötä ja sattuman vaikutuksesta lopulta kiinnittyvät arvoon nolla tai yksi. Simulaattori havainnollistaa, miten populaatiokoko vaikuttaa geneettisen ajautumisen nopeuteen. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Evoluutio ja elämä* tai *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla kuvaamaan esimerkiksi sattuman ja geneettisen ajautumisen vaikutusta populaation geenipooliin tai populaatiokoon merkitystä (geenin alleelien) sukupuuttoihin ja biodiversiteettiin.

Simulaattori (Kuva 10-16) sisältää yhden näytön, jossa kuvataan erilaisia geenipopulaatioita. Simulaation nopeutta pystyy säätämään simulaattorin yläosassa olevasta palkista. Säädeltäviä parametreja ovat populaatioiden koko ja populaatioiden geenifrekvenssit simulaation alussa. Simulaattorin geneettisen ajautumisen mittaustulokset esitetään viivadiagrammeilla ja numeerisina arvoina. Simulaattorin alaosassa on NetLogo Code -valikko, jossa käyttäjä voi muokata simulaattorin koodia ja samalla sen esittämää mallia. Tämä vaatii kuitenkin ohjelmointiosaamista ja simulaattorin esittämän mallin tuntemista. Simulaattorin mallin toimintaa kuvataan sen alaosassa olevassa Model Info -valikossa. Simulaattorin toimintaa selitetään myös erillisessä RandomGeneticDriftDirections.pdf-dokumentissa. Simulaattorin käyttö voi kuitenkin olla haastavaa ilman etukäteen annettua ohjeistusta. Simulaattorin html-sivun voi ladata omalle tietokoneelle eikä se sen jälkeen vaadi toimiakseen verkkoyhteyttä.



Kuva 10-16. Geneettinen ajautuminen populaatioissa.

## 10.4.8 Island Biogeography

Island Biogeography -simulaattori mallintaa saariteoriaa. Simulaattorissa verrataan kahden erikokoisen ja eri etäisyydellä mantereesta olevan saaren eliöyksilö- ja eliölajimääriä. Simulaattorissa voi valita, minkälainen habitaatti saarilla on ja minkä taksonin muuttoa mallinnetaan. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla selittämään kolonisaatiota ja biodiversiteettiä. Simulaattori voi sopia myös *Biologian sovellukset* -kurssille esittämään menetelmää, jolla voidaan suunnitella luonnonsuojelun sijaintia ja kokoa.

Simulaattori sisältää taustatieto-osion (Kuva 10-17), jossa kerrotaan tarkasteltavasta ilmiöstä, ja opastustoiminnon, jossa kuvataan simulaattorien eri graafisten osien merkitystä ja niiden kuvaamia asioita. Kuvassa alla (Kuva 10-18) näkyy esimerkki simulaattorin opastustoiminnosta, jossa annetaan alustavaa tietoa simulaattorin toiminnasta. Vastaavanlaisella opastustoiminnolla saa tietoa simulaattorin muistakin toiminnoista ja osista.

**Island Biodiversity**

In conservation biology, islands are of particular concern because they have unusually high rates of extinction. Famous examples are the dodo bird of Mauritius, or many species of honey creepers (birds) in Hawaii. In general, islands have smaller populations and lower genetic diversity than the mainland (Frankham 1997), which makes them more prone to extinction. Islands are also more susceptible to natural disturbance (e.g., hurricanes), but human activity has contributed more by far to island extinction. Introduction of invasive species (e.g., rats) and disease, habitat destruction and development all make islands among the most threatened habitats on the planet.

**Island Biogeography**

MacArthur and Wilson (1963) developed a hypothesis/model that predicts equilibrium in biodiversity on islands. In their model, species colonize islands by migrating from the mainland at some rate, and the existing species on the islands go extinct at some rate. Island colonization of new species is a function of the island's distance from the mainland (colonization is more likely if the island is near), and the number of species already on the island (the more species, the less likely a colonizer will be a new species). The extinction rate is a function of the island's size (with larger islands having a lower rate), and also the number of species present (the more there are, the more likely one will go extinct).

Colonization Rate

Extinction Rate

Number of Species

Near Island

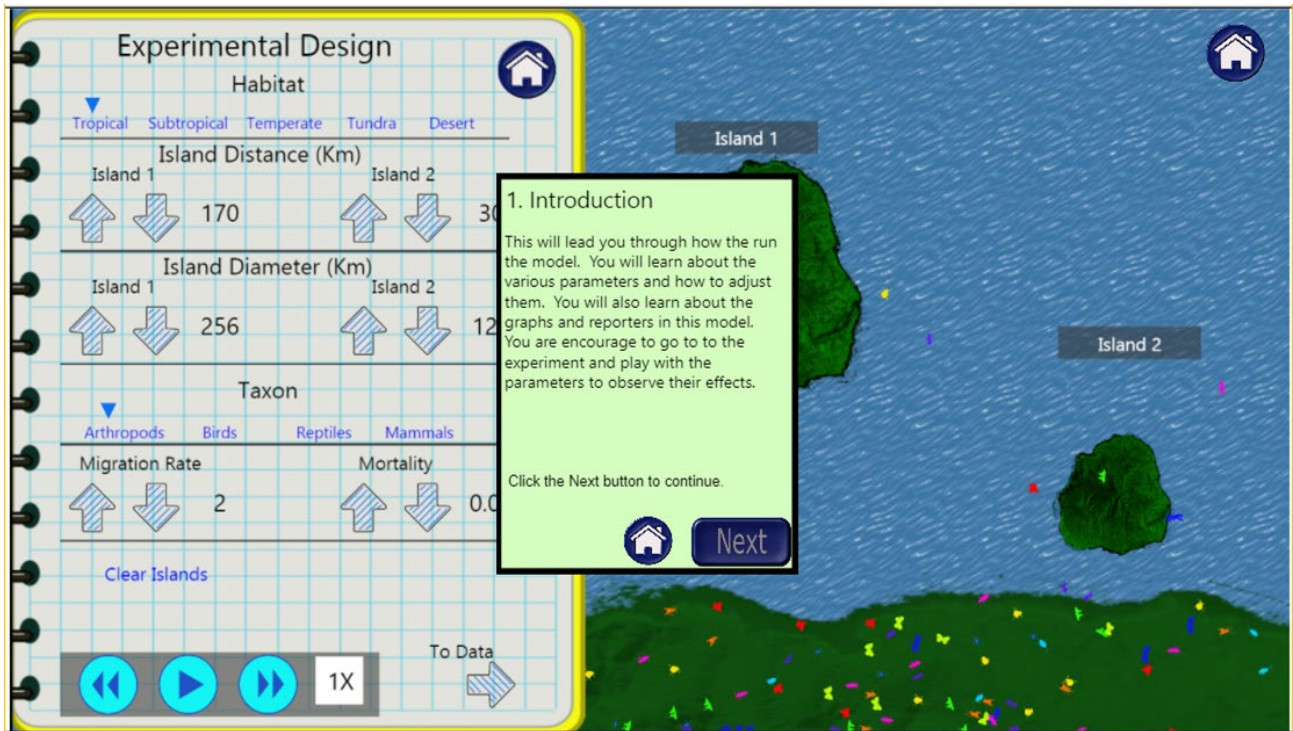
Far Island

Small Island

Large Island

Next Page

Kuva 10-17. Simulaattorin taustatieto-osio.

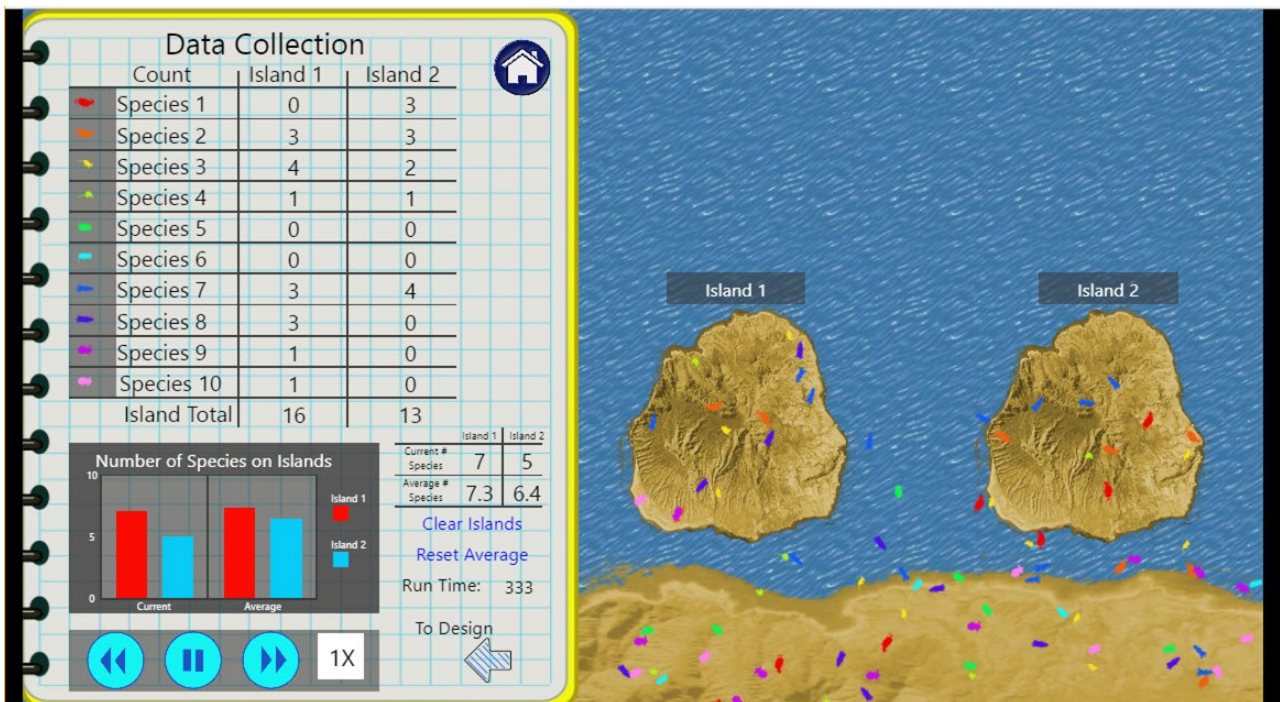


Kuva 10-18. Simulaattorin opastustoiminto.

Simulaattori sisältää kaksi päänäyttöä, joiden alareunassa on simulaattorin kelaus- ja pysäytyspainikkeet. Ensimmäinen näyttö (Kuva 10-19) esittelee simulaattorin toimintaan vaikuttavat parametrit, joita ovat habitaatti ja taksoni sekä saarten koko ja etäisyys mantereesta. Käyttäjä voi samalla näytöllä säätää parametrien arvoja. Toinen näyttö (Kuva 10-20) esittää numeerisesti ja graafisesti simulaattorin mittaustulokset, joihin kuuluvat muun muassa saarilla kyseisellä hetkellä olevien lajien määrät ja populaatiokoot.



Kuva 10-19. Simulaattorin parametrien arvot ja nopeussäätö.



Kuva 10-20. Simulaattorin mittaustulokset ja nopeussäätö.

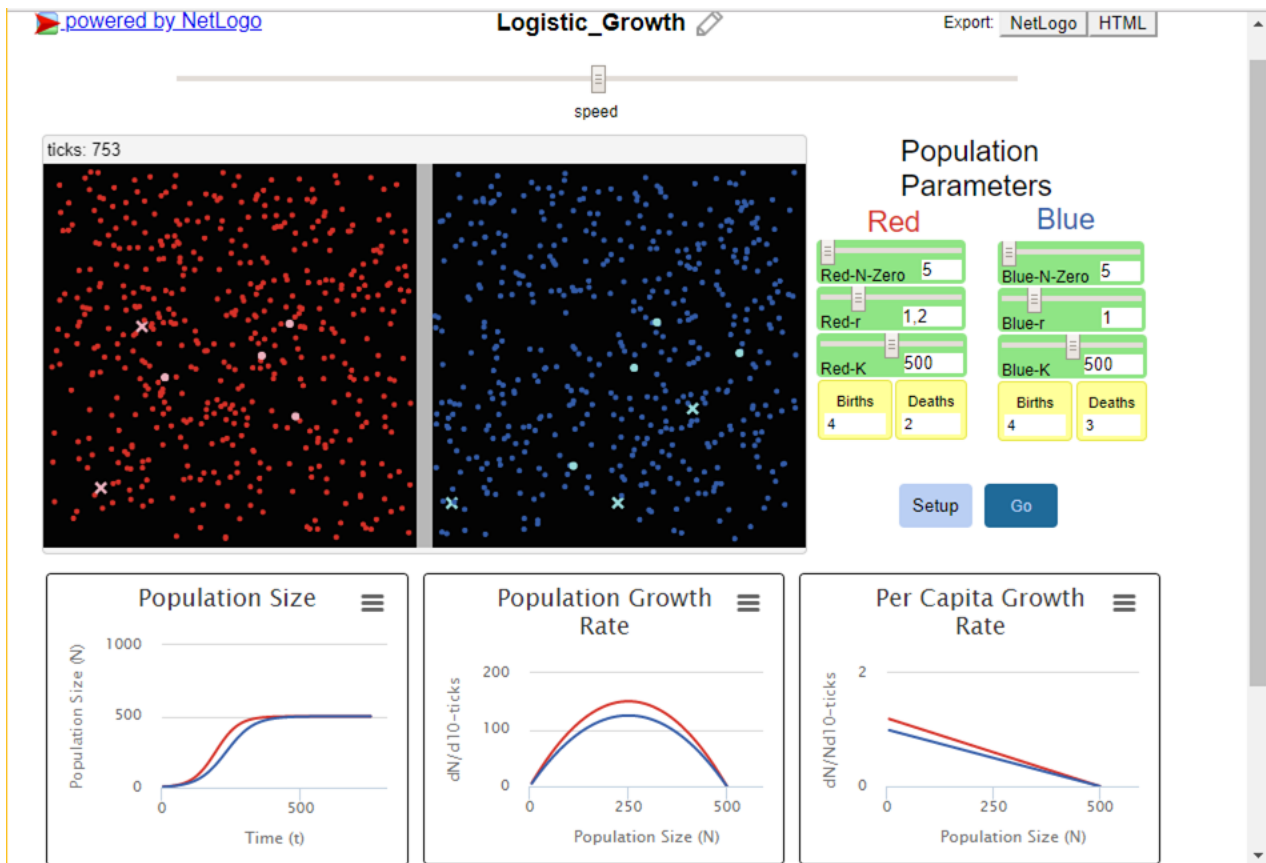
Simulaattori vaikuttaa helppokäyttöiseltä, ja sen käyttöä tukee sisäänrakennettu opastustoiminto. Simulaattori kuvaa ilmiötä varsin selkeästi ja havainnollistaa sitä sekä graafisesti että numeerisesti. Simulaattori vaatii kuitenkin toimiakseen pääsyn

simulaattorin verkkosivulle eikä sitä pysty lataamaan tietokoneelle ja käyttämään ilman verkkoyhteyttä.

### 10.4.9 Logistic\_Growth

Logistic\_Growth-simulaattori mallintaa populaation kasvua, kun ympäristön kantokyky asettaa ylärajan kasvulle. Simulaattori havainnollistaa, että populaatiokoko ei voi kasvaa rajattomasti, vaan ympäristö asettaa sille rajat. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla havainnollistamaan, että populaatiodynamiikkaa voi kuvata matemaattisella mallilla, kuten logistisen kasvun mallilla, jonka parametreja säätämällä malli voidaan sovittaa kuvaamaan erilaisia populaatioita.

Simulaattori (Kuva 10-21) sisältää yhden näytön, jossa kuvataan kahden eri populaation kasvua graafisesti viivadiagrammeilla ja kullakin hetkellä syntyvien ja kuolevien yksilöiden määrää numeerisesti. Simulaation nopeutta pystyy säätämään simulaattorin yläosassa olevasta palkista. Säädeltäviä parametreja ovat populaatioiden aloituskoot ja kasvunopeudet sekä kantokyvyt. Simulaattorin alaosassa on NetLogo Code -valikko, jossa käyttäjä voi muokata simulaattorin koodia ja samalla sen esittämää mallia. Tämä vaatii kuitenkin ohjelmointiosaamista ja simulaattorin esittämän mallin tuntemista. Simulaattorin mallin toimintaa kuvataan sen alaosassa olevassa Model Info -valikossa. Simulaattorin toimintaa selitetään myös erillisessä LogisticGrowthDirections.pdf-dokumentissa. Simulaattorin html-sivun voi ladata omalle tietokoneelle eikä se sen jälkeen vaadi toimiakseen verkkoyhteyttä.



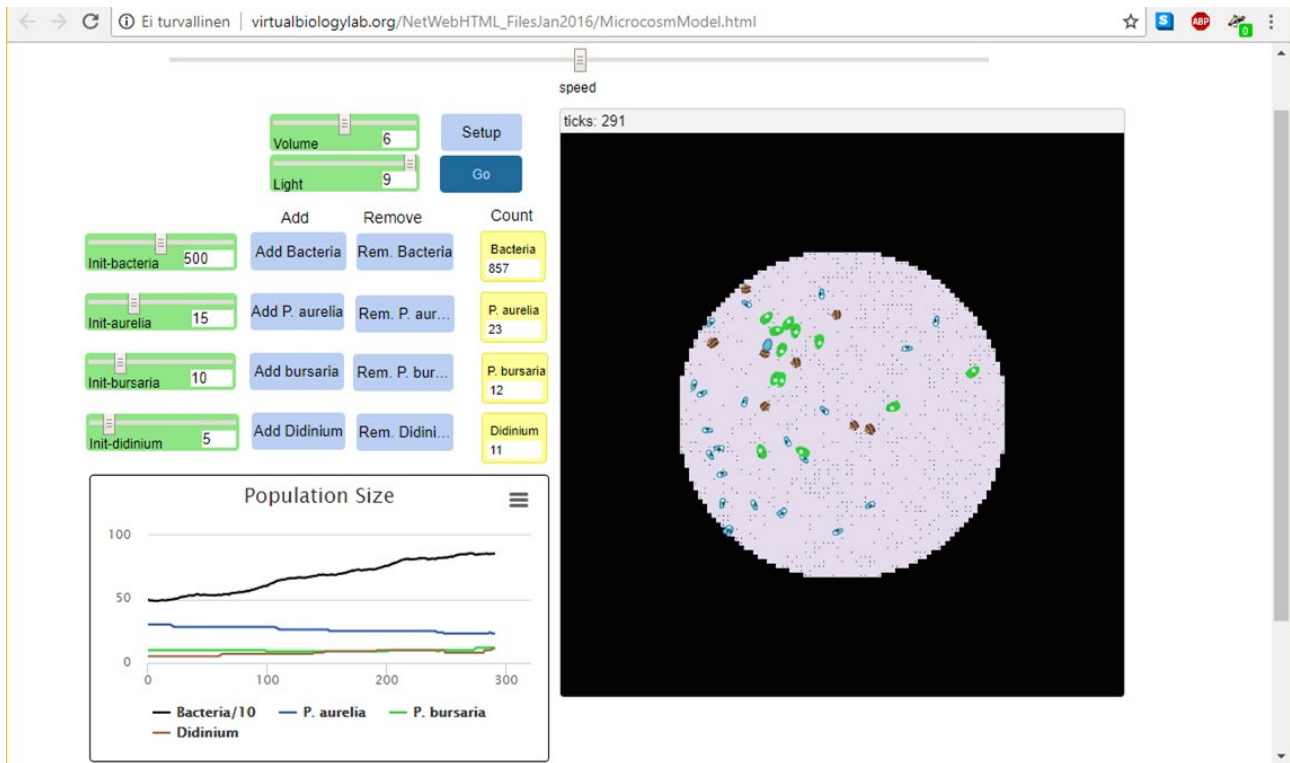
Kuva 10-21. Populaatioiden logistinen kasvu.

### 10.4.10 Microcosm

Microcosm-simulaattori mallintaa eliöyhteisön lajien välisiä vuorovaikutussuhteita. Habitaattina toimii petrimalja, jossa yksi bakteerilaji ja kolme alkueliölajia kilpailevat keskenään tai saalistavat toisiaan. Simulaattori havainnollistaa eliöyhteisön lajien välisistä vuorovaikutussuhteista resurssikilpailua ja saalistusta. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla havainnollistamaan lajien välisten vuorovaikutussuhteiden merkitystä populaatiokokoihin.

Simulaattori (Kuva 10-22) sisältää yhden näytön, jossa kuvataan eri eliölajien lukumäärän kehitystä viivadiagrammeilla ja numeerisesti. Simulaation nopeutta pystyy säätämään simulaattorin yläosassa olevasta palkista. Säädeltäviä parametreja ovat eri lajien populaatiokoot simulaation alussa ja petrimaljalla esiintyvät lajit. Simulaattorin alaosassa on NetLogo Code -valikko, jossa käyttäjä voi muokata simulaattorin koodia ja samalla sen esittämää mallia. Tämä vaatii kuitenkin ohjelmointiosaamista ja simulaattorin esittämän mallin tuntemista. Simulaattorin mallin toimintaa kuvataan sen alaosassa olevassa Model

Info -valikossa. Simulaattorin toimintaa selitetään myös erillisessä MicrocosmDirections.pdf-dokumentissa. Simulaattorin html-sivun voi ladata omalle tietokoneelle eikä se sen jälkeen vaadi toimiakseen verkkoyhteyttä.



Kuva 10-22. Mikro-organismieliöyhteisön vuorovaikutussuhteet.

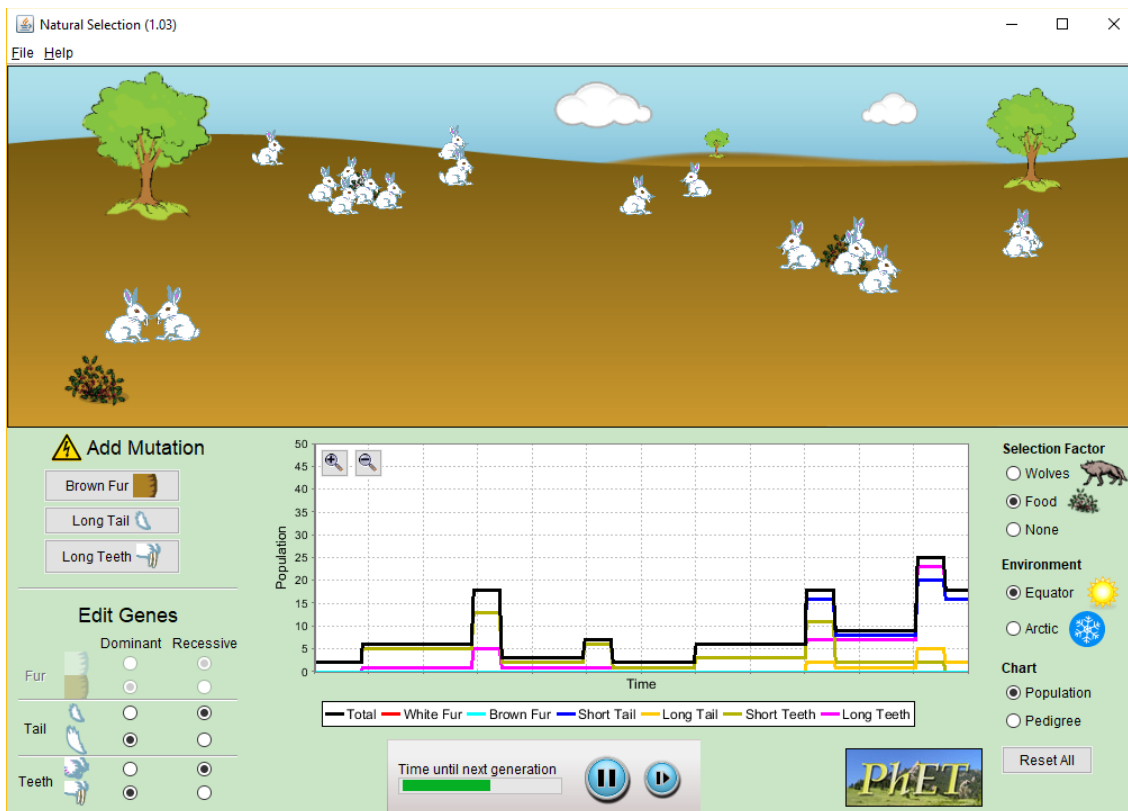
Simulaattori ei kuvaa erityisen näyttävästi eliöyhteisön lajien vuorovaikutussuhteita. Lisäksi eliöyhteisössä on enimmillään vain neljä eri lajia, joiden vuorovaikutussuhteiden laatua käyttäjä ei pysty säätämään. Tämä voi vähentää simulaattorin hyödynnettävyyttä ja kiinnostavuutta.

### 10.4.11 Natural Selection

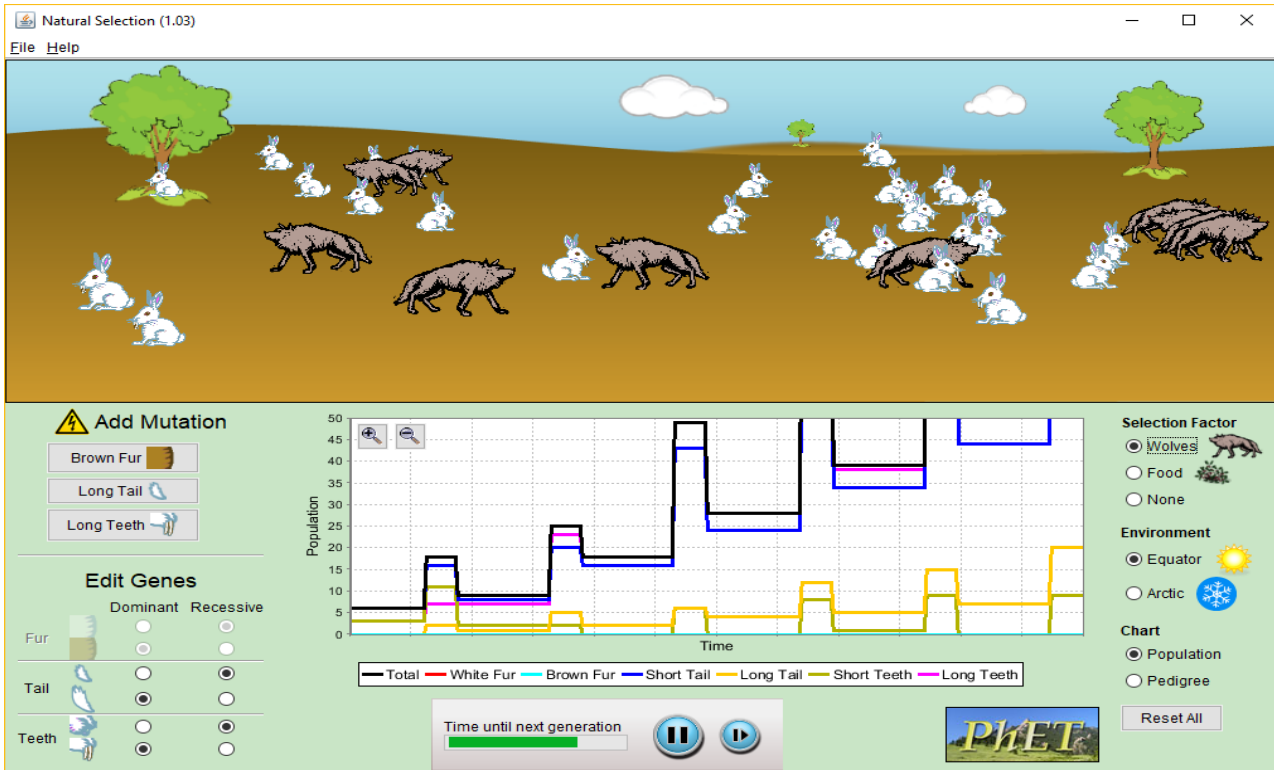
Natural Selection -simulaattori mallintaa populaatiodynamiikkaa ja luonnonvalintaa jänispopulaatiossa, jossa voi esiintyä puutetta ravinnosta, saalistusta ja mutaatioita turkin värin, hännän ja hampaiden suhteen. Lisäksi populaation elinympäristö voi vaihdella lämpimän ja arktisen habitaatin välillä. Simulaattorissa havainnollistetaan jänispopulaation kokoa ja sen yksilöiden sukupuita ja fenotyyppijä. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Evoluutio ja elämä* tai *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla kuvaamaan luonnonvalintaa ja populaatiodynamiikkaa. Simulaattorissa on kuitenkin

useita säädettäviä parametreja, jotka voivat haitata simulaattorin käytettävyyttä tekemällä siitä liian monimutkaisen. Siksi etukäteen annettava ohjeistus ja tehtävistä voivat olla tarpeen.

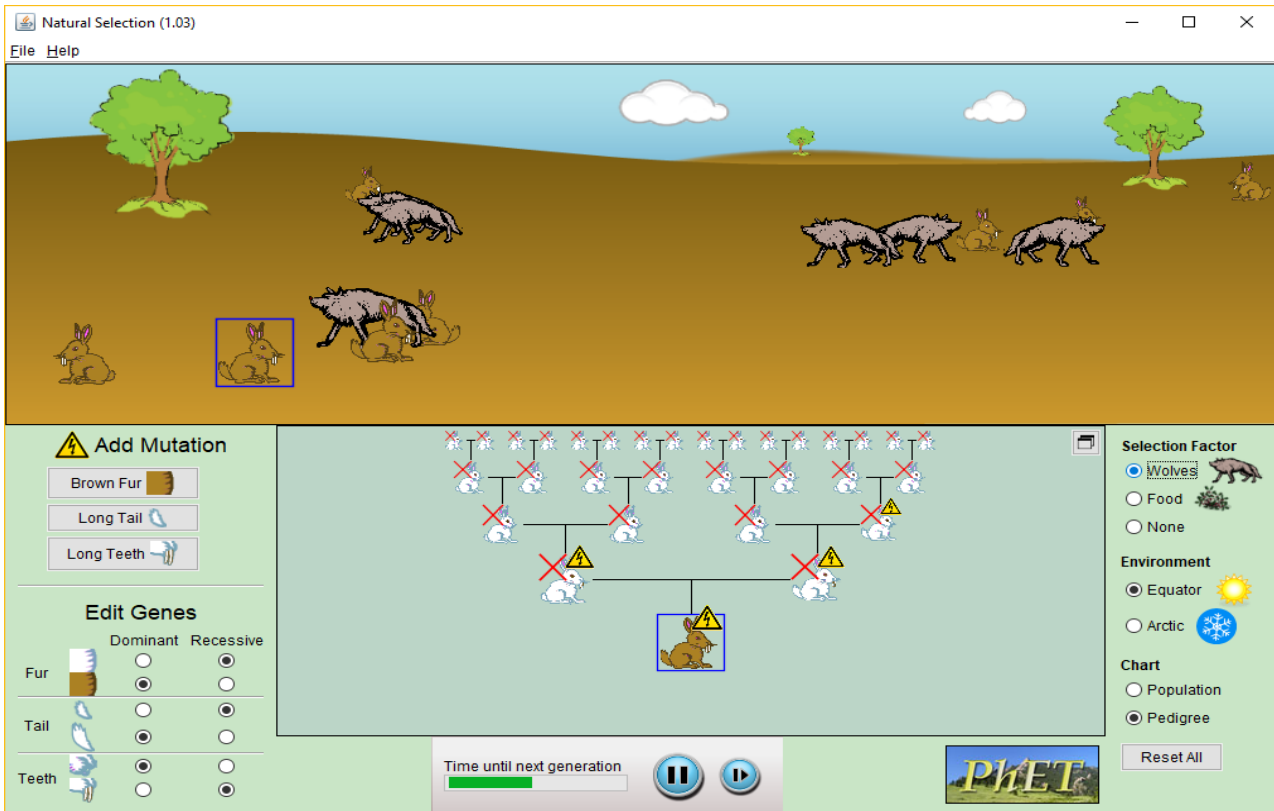
Kuvassa (Kuva 10-23) jäniksiä sekä ravintoresursseja ja jänispopulaation fenotyypifrekvenssejä on kuvattu viivadiagrammeilla. Kuvassa (Kuva 10-24) on jäniksiä ja saalistajia. Kuvassa (Kuva 10-25) saalistus on muuttanut jänispopulaation alleeli- ja fenotyypifrekvenssejä. Kuvassa (Kuva 10-25) on esitetty myös yhden jänisyksilön sukupuoli. Kuvassa (Kuva 10-26) on habitaatti vaihtunut ja samalla aiemmassa habitaatissa selvinneen jänisyksilön kelpoisuus on romahtanut, kuten sukupuusta käy ilmi. Kuvassa (Kuva 10-27) näkyy, että uudessa habitaatissa saalistuspaineen alla eri alleelit ja toisenlaiset fenotyypit menestyvät.



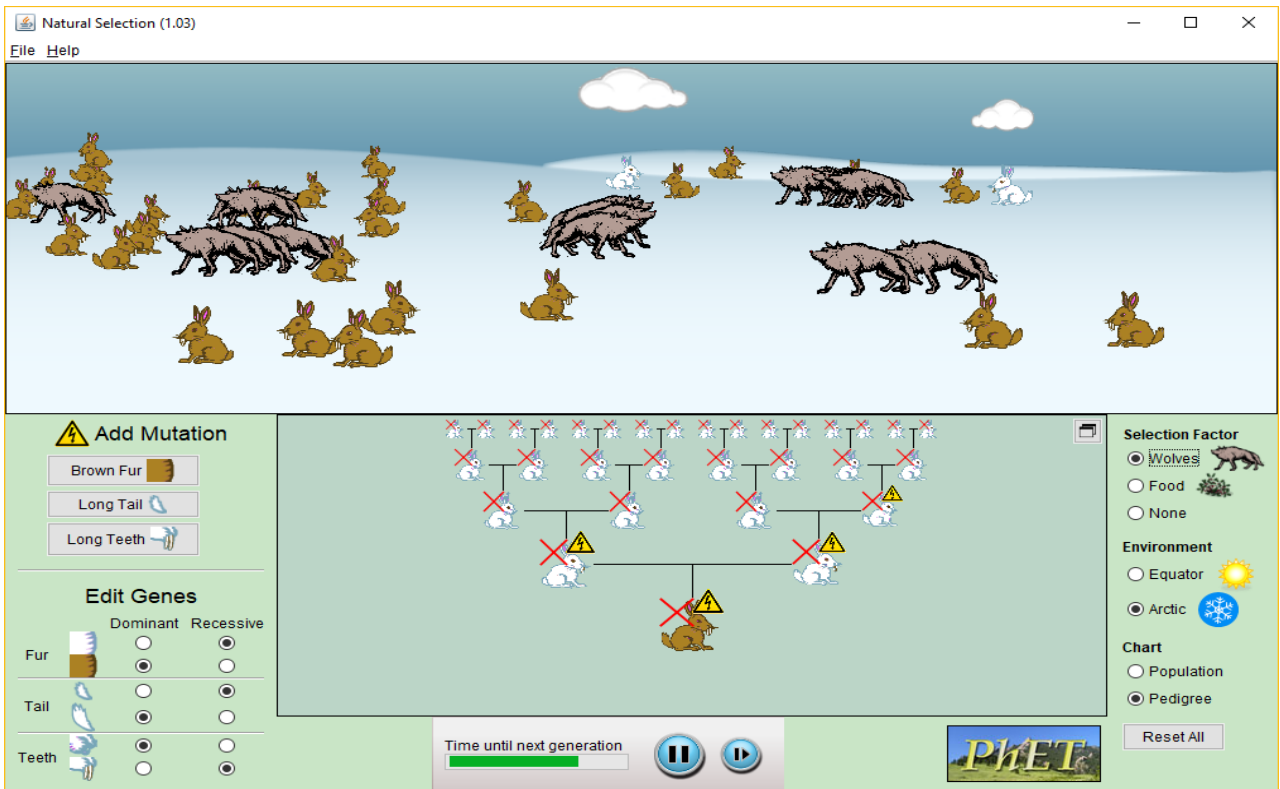
Kuva 10-23. Jäniksiä ja ravintoa.



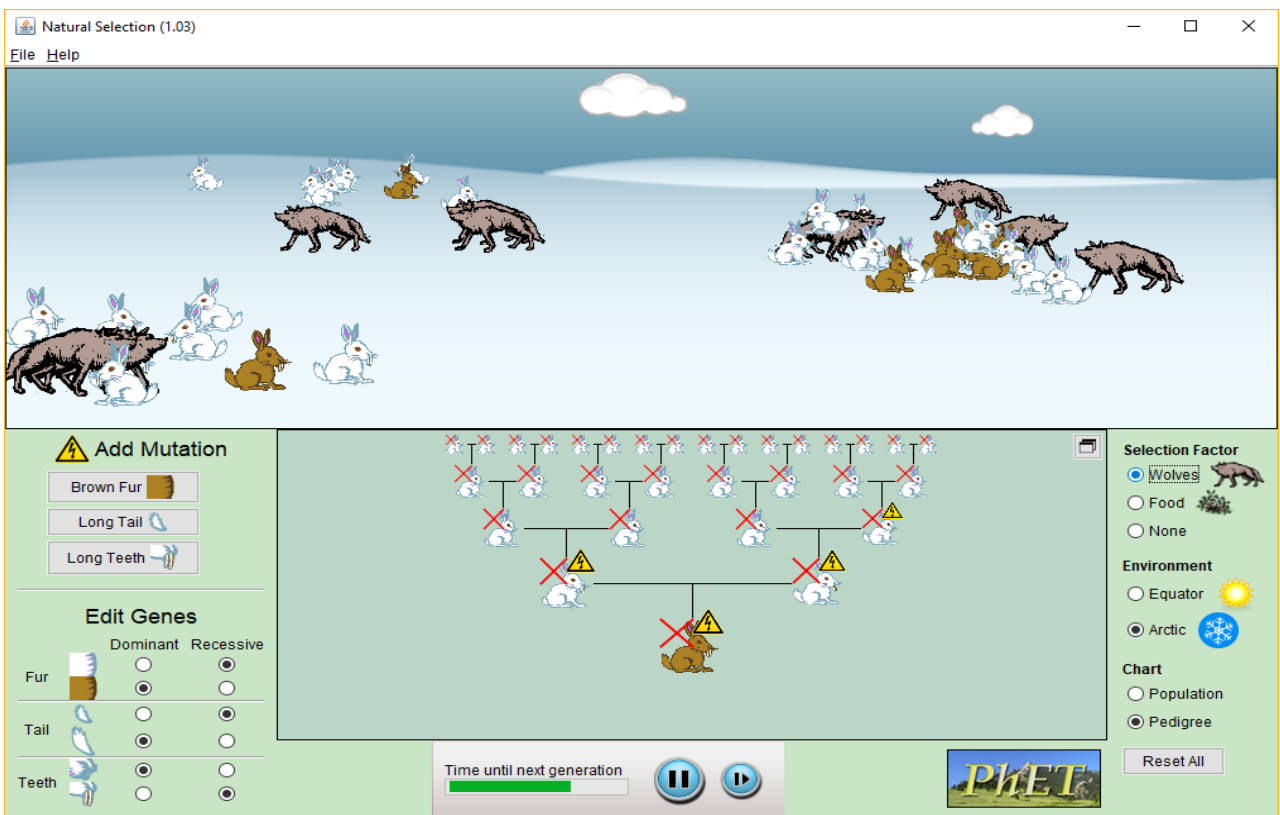
Kuva 10-24. Jäniksiä ja petoja.



Kuva 10-25. Jäniksen sukupuu.



Kuva 10-26. Jänikset arktisessa habitaatissa.

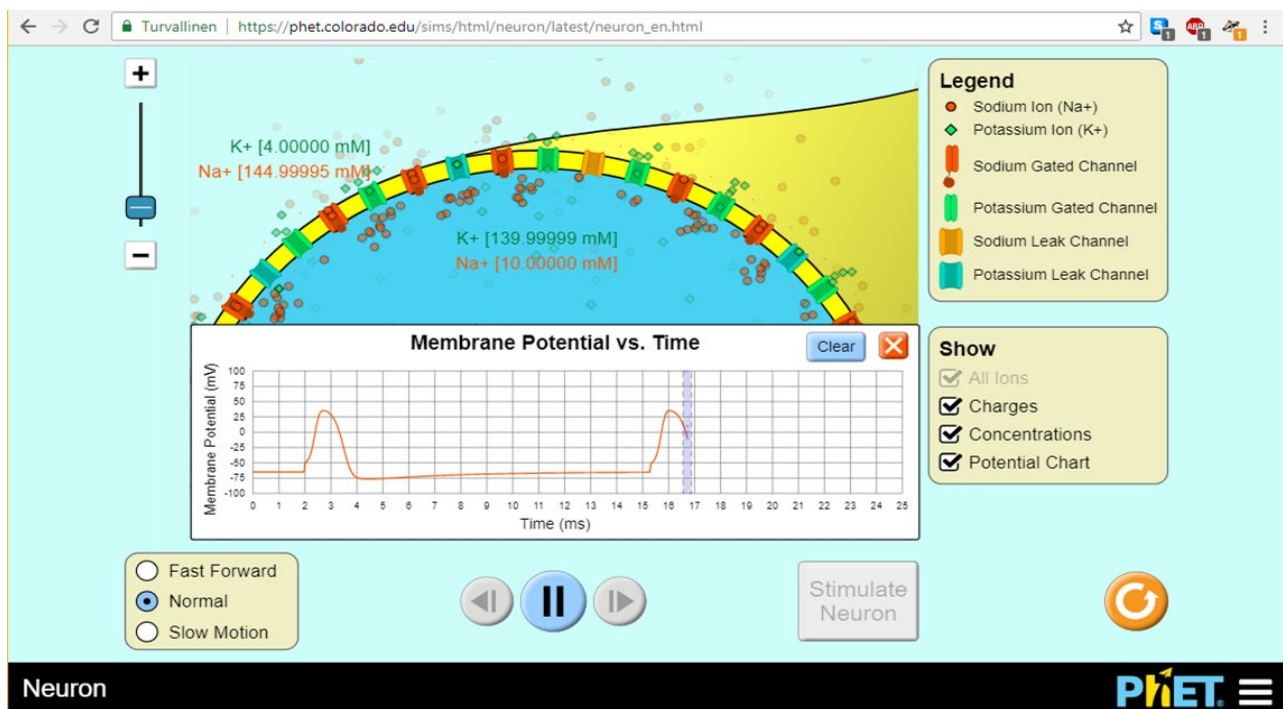


Kuva 10-27. Luonnonvalinta ja kelpoisuus.

Simulaattori on varsin näyttävä. Siinä on kuitenkin runsaasti säädeltäviä parametreja, minkä vuoksi sen käyttö voi olla monimutkaista ja sen tulosten havainnointi haastavaa. Simulaattorissa ei ole sisäänrakennettuna opastustoimintoa, joka selventäisi simulaattorin toimintaa. Tämän vuoksi simulaattorin käyttö voi olla haastavaa ilman etukäteen annettua ohjeistusta. Simulaattori on Java-sovellus, joten tietokoneessa pitää olla asennettuna Java Runtime Environment (JRE), jotta simulaattoria voi käyttää.

### 10.4.12 Neuron

Neuron-simulaattori (Kuva 10-28) mallintaa hermosolun kalvojännitettä. Simulaattori kuvaa graafisesti hermosolun toimintaa  $\text{Na}^+$ - ja  $\text{K}^+$ -ionien kulkiessa solun pinnan läpi ionikanavien kautta. Näkyville saa myös numeerisen näytön kalvojännitteistä ja viivadiagrammin kalvojännitteen muutoksesta. Käyttäjä voi ärsyttää hermosolua, jolloin käy ilmi lepopotentiaali ja aktiopotentiaali. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Ihmisen biologia* -kurssilla kuvaamaan, miten hermosolun kalvopotentiaali muuttuu.



Kuva 10-28. Hermostulun kalvojännite.

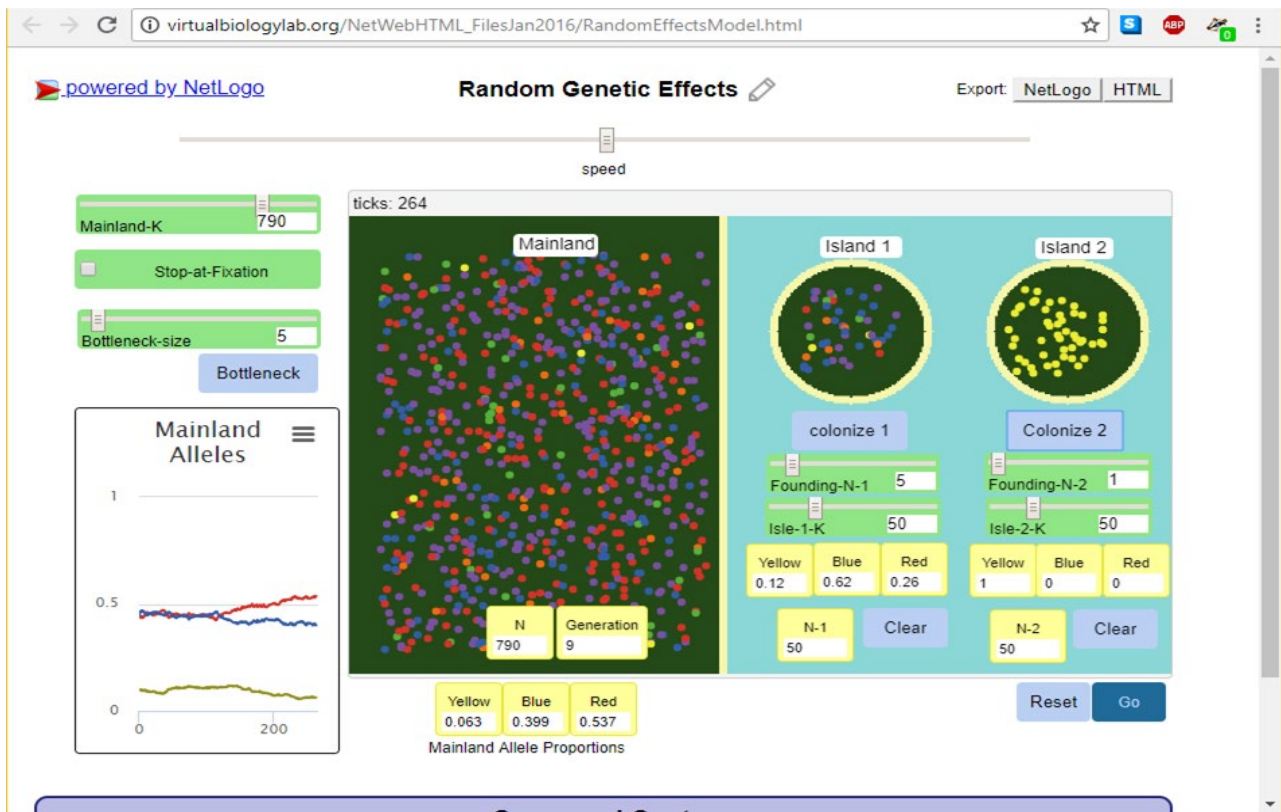
Simulaattorissa ei ole sisäänrakennettuna opastustoimintoa, joka selventäisi simulaattorin toimintaa. Tämän vuoksi simulaattorin esittämä toiminta voi olla epäselvää ilman etukäteen annettua ohjeistusta. Simulaattorin toimintaa selitetään kuitenkin erillisessä

neuron-html-guide\_en.pdf-dokumentissa, joka on saatavilla samassa paikassa kuin simulaattorikin. Simulaattorin html-sivun voi ladata omalle tietokoneelle eikä se sen jälkeen vaadi toimiakseen verkkoyhteyttä.

### 10.4.13 Random Genetic Effects

Random Genetic Effects -simulaattori mallintaa geneettistä ajautumista, pullonkaulaefektiä ja perustajanvaikutusta. Siinä tarkastellaan, miten geenifrekvenssit muuttuvat mantereella ja kahdella saarella, jotka on kolonisoitu mantereelta saapuneilla yksilöillä. Simulaattori havainnollistaa, miten populaatiokoko vaikuttaa geneettisen ajautumiseen. Simulaattori voi soveltua käytettäväksi lukion *Evoluutio ja elämä* tai *Ekologia ja ympäristö* -kurssilla kuvaamaan esimerkiksi sattuman ja geneettisen ajautumisen vaikutusta populaation geenipooliin tai populaatiokoon merkitystä (geenin alleelien) sukupuuttoihin ja biodiversiteettiin.

Simulaattori (kuva 29) sisältää yhden näytön, jossa kuvataan manner- ja saaripopulaatioita. Simulaation nopeutta pystyy säätämään simulaattorin yläosassa olevasta palkista. Säädeltyviä parametreja ovat muun muassa mannerpopulaation ja saaripopulaatioiden vakaa koko sekä saarille muuttavien yksilöiden lukumäärä. Simulaattorin geneettisen ajautumisen mittaustulokset esitetään viivadiagrammeilla ja numeerisina arvoina. Simulaattorin alaosassa on NetLogo Code -valikko, jossa käyttäjä voi muokata simulaattorin koodia ja samalla sen esittämää mallia. Tämä vaatii kuitenkin ohjelmointiosaamista ja simulaattorin esittämän mallin tuntemista. Simulaattorin mallin toimintaa kuvataan sen alaosassa olevassa Model Info -valikossa. Simulaattorin toimintaa selitetään myös erillisessä *RandomGeneticEffectsDirections.pdf*-dokumentissa. Simulaattorin käyttö voi kuitenkin olla haastavaa ilman etukäteen annettua ohjeistusta. Simulaattorin html-sivun voi ladata omalle tietokoneelle eikä se sen jälkeen vaadi toimiakseen verkkoyhteyttä.



Kuva 10-29. Geneettinen ajautuminen populaatioissa.

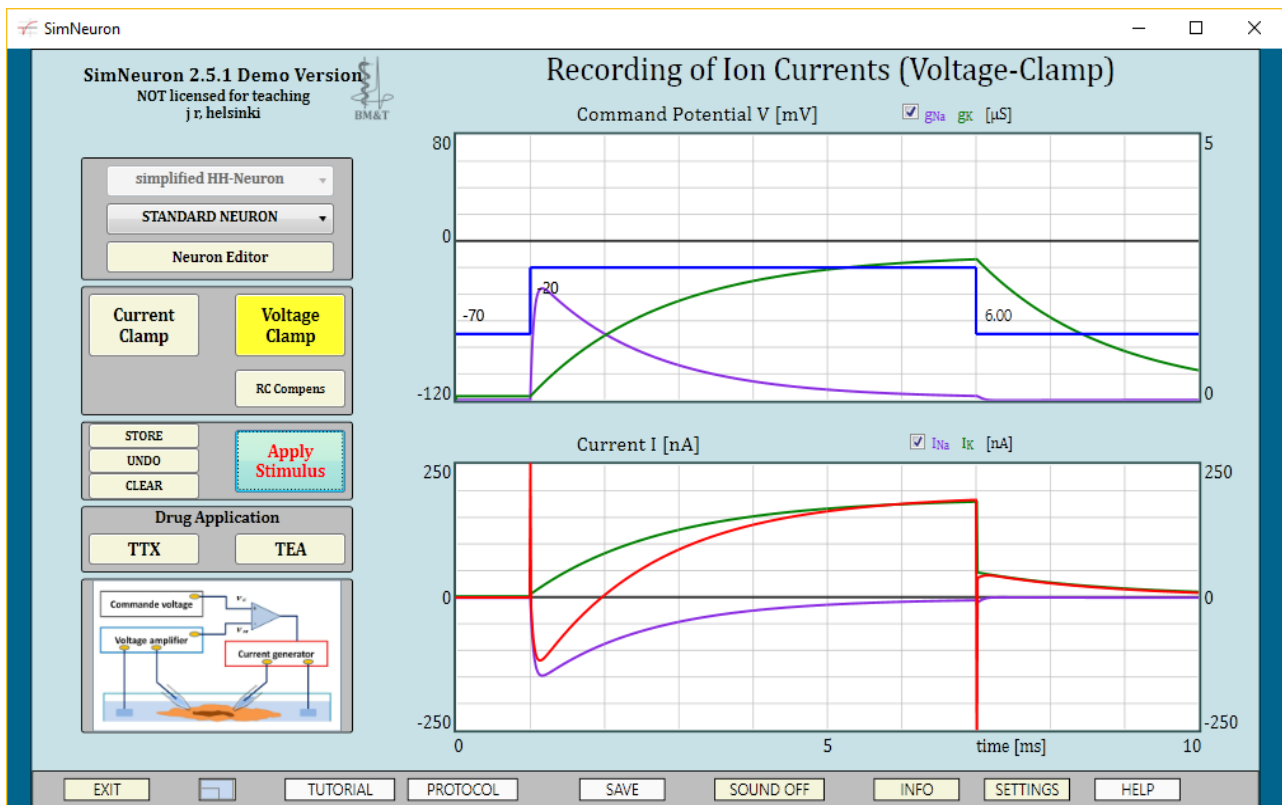
Simulaattorin toiminnan ymmärtäminen on melko mutkikasta. Joidenkin toimintojen suhteen vaikuttaa, että sen toiminta saattaa poiketa pdf-dokumentin kuvauksesta. Saattaa olla, että simulaattori ei selkeytä tai tue lukion biologian kurssien sisältöjä kovin hyvin.

#### 10.4.14 SimNeuron

SimNeuron-simulaattori on virtuaalilaboratorio, joka simuloi hermosolun potentiaalin ja impulssin mittauslaitetta. Se on kaupallinen tuote, jonka käyttö vaatii lisenssiä. Sitä voi kuitenkin kokeilla ilmaiseksi. Samalla valmistajalla on tarjolla muitakin virtuaalilaboratorioita. Kokeilin SimNeuron-simulaattorista Microsoftin Windows-käyttäjärjestelmässä toimivaa versiota, jonka sai yrityksen verkkosivulla tapahtuneen rekisteröitymisen jälkeen ladattua omalle koneelle pakattuna zip-tiedostona. Purettu zip-tiedosto sisälsi muun muassa suoritettavan exe-tiedoston ja simulaattorin käyttöohjeita pdf-tiedostossa.

Simulaattori saattaa sopia lukion *Ihmisen biologia* -kurssille kuvaamaan hermosolun sähköistä toimintaa. Simulaattori vaikuttaa kuitenkin vaativalta käyttää ja edellyttää runsaasti ennakkotietoa, koska siinä on runsaasti parametreja, jotka vaikuttavat

kuvattavaan ja mitattavaan ilmiöön. Simulaattori edellyttäisikin syvällisempää perehtymistä ja opastamista sen toimintaan, joten se voi olla liian haastava tai sekava käytettäväksi lukion kursseilla. Kuvissa (Kuva 10-30, Kuva 10-31 ja Kuva 10-32) on käyttöliittymän näytöjä, joissa esitetään graafisesti hermosolun kalvojännitteiden mittaustuloksia, simulaattorin parametrien säätöeditori ja simulaattorin oletusarvojen säätöeditori.



Kuva 10-30. Simulaattorin mittaustuloksia.

SimNeuron 2.5.1 Demo Version Recording of Ion Currents (Voltage-Clamp)

### Neuron-Editor

STANDARD NEURON  
PACEMAKER  
STD NEURON

Neuron name: STANDARD NEURON

Neuron size: d [μm] 56.4 C<sub>M</sub> [nF] 0.100

**Ion Concentrations and Equilibrium Potentials**

[K] in mMol/L V<sub>K</sub> [mV] V<sub>Na</sub> [Na] in mMol/L

Out 5.5 In 150.0

V<sub>K</sub> -87.6 V<sub>Na</sub> 50.0

**Leak Conductances [nS] and Leak voltage [mV]**

g<sub>LK</sub> 170 g<sub>LNa</sub> 30 g<sub>L</sub> 200 V<sub>L</sub> -66.9

**Equations**

**Membrane equation:**  
 $-C_M \cdot dV/dt = \sum I = I_L + I_{Na} + I_K + I_{noi} + I_{stim}$

**Leak currents:**  
 $I_L = g_L \cdot (V - V_L)$   
 $I_{Na} = g_{LNa} \cdot (V - V_{Na})$   
 $I_K = g_{LK} \cdot (V - V_K)$

**Voltage and Time dependent currents:**

**Voltage dependencies:**  
 $m_{\infty} = 1 / (1 + \exp(-s_{Na} \cdot (V - V_{hNa})))$   
 $h_{\infty} = 1 - 1 / (1 + \exp(-s_{Na} \cdot (V - V_{hNa})))$   
 $n_{\infty} = 1 / (1 + \exp(-s_K \cdot (V - V_{hK})))$

**Time dependencies:**  
 $dm/dt = (m_{\infty} - m) / \tau_{Na}$   
 $dh/dt = (h_{\infty} - h) / \tau_{Na}$   
 $dn/dt = (n_{\infty} - n) / \tau_K$

**Equilibrium potentials:**  
 $V_K = -(R \cdot T / z \cdot F) \cdot \ln([K]_{out} / [K]_{in})$   
 $V_{Na} = -(R \cdot T / z \cdot F) \cdot \ln([Na]_{out} / [Na]_{in})$

**Noise current:**  
 $I_{noi} = \cos(2\pi \cdot b) \cdot \sqrt{(-4 \cdot D_{noi} / dt) \ln(a)}$

**Voltage dependent Ion-Currents**

	Na	K
max. Conductance: g [μS]	3.5	3.0
half activation potential: V <sub>h</sub> [mV]	-30.0	-40.0
half inactivation potential: V <sub>hi</sub> [mV]	-55.0	
slope of activation: s [1/mV]	0.140	0.120
slope of inactivation: s <sub>i</sub> [1/mV]	0.120	
activation time constant: τ [ms]	0.050	1.800
inactivation time constant: τ <sub>i</sub> [ms]	1.500	

V<sub>C</sub> + V<sub>M</sub>  noise: D<sub>noi</sub> 0.000

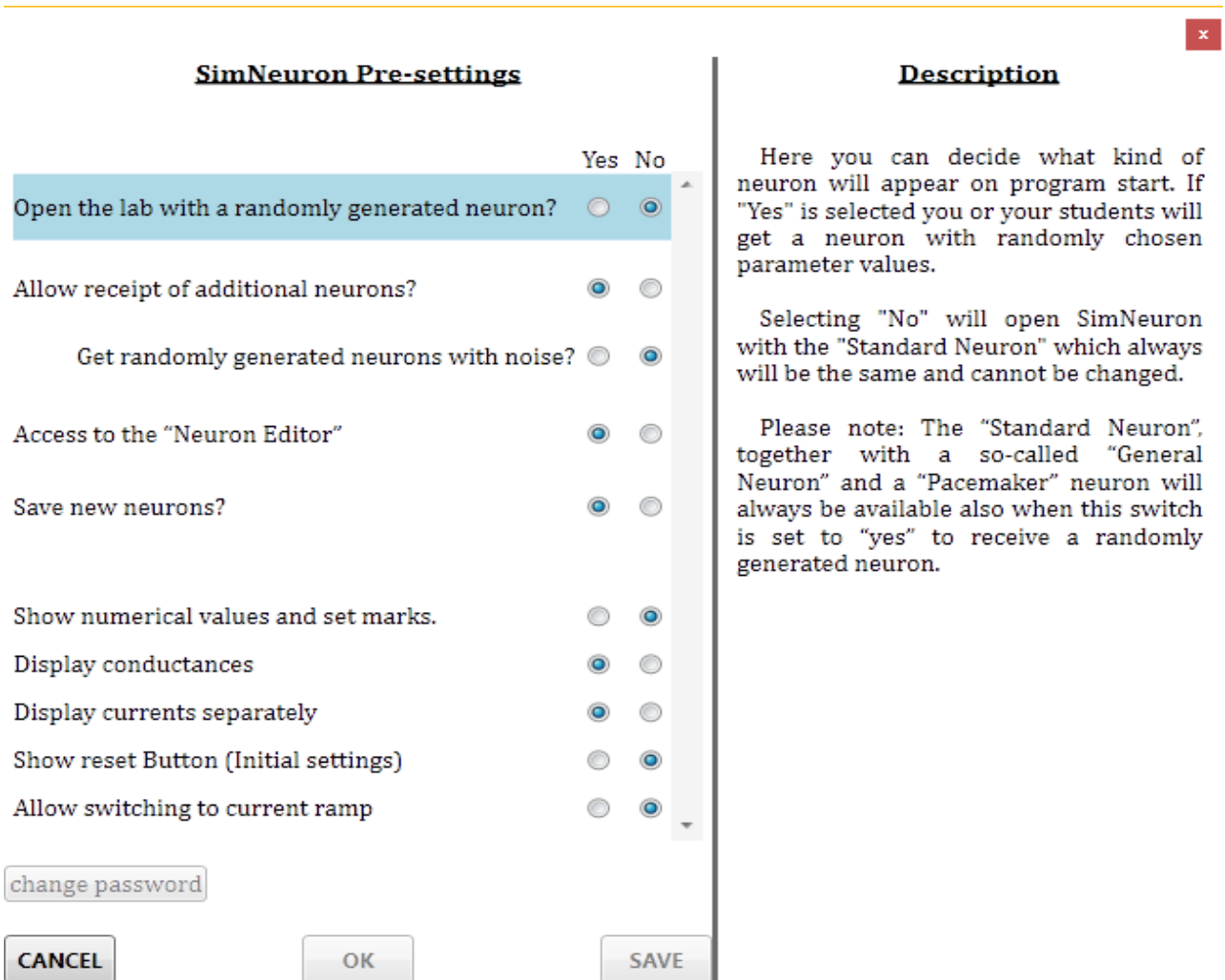
**Leak Currents**

**Voltage Dependencies**

**Time Dependencies**

EXIT TUTORIAL PROTOCOL SAVE SOUND OFF INFO SETTINGS HELP

Kuva 10-31. Simulaattorin parametrien säätöeditori.



Kuva 10-32. Simulaattorin oletusarvojen säätöeditori.

### 10.4.15 Näytteiden keruu -simulaattorit

Virtual Biology Lab -sivustolla on useita näytteiden keruuta kuvaavaa simulaattoria. Jos lukion biologian kursseilla tehdään kokeellisia töitä, joihin kuuluvat ulkona kerättävät näytteet, voi simulaattorin avulla ehkä selittää, havainnollistaa tai suunnitella näytteiden keruuta etukäteen luokassa.

Simulaattoreiden alaosassa on NetLogo Code -valikko, jossa käyttäjä voi muokata simulaattorien koodia ja samalla niiden toimintaa. Tämä vaatii kuitenkin ohjelmointiosaamista ja simulaattorien toiminnan tuntemista. Simulaattorien mallien toimintaa kuvataan niiden alaosassa olevassa Model Info -valikossa. Simulaattorin

toimintaa selitetään myös erillisissä pdf-dokumenteissa., jotka ovat saatavilla samassa paikassa kuin simulaattoritkin.

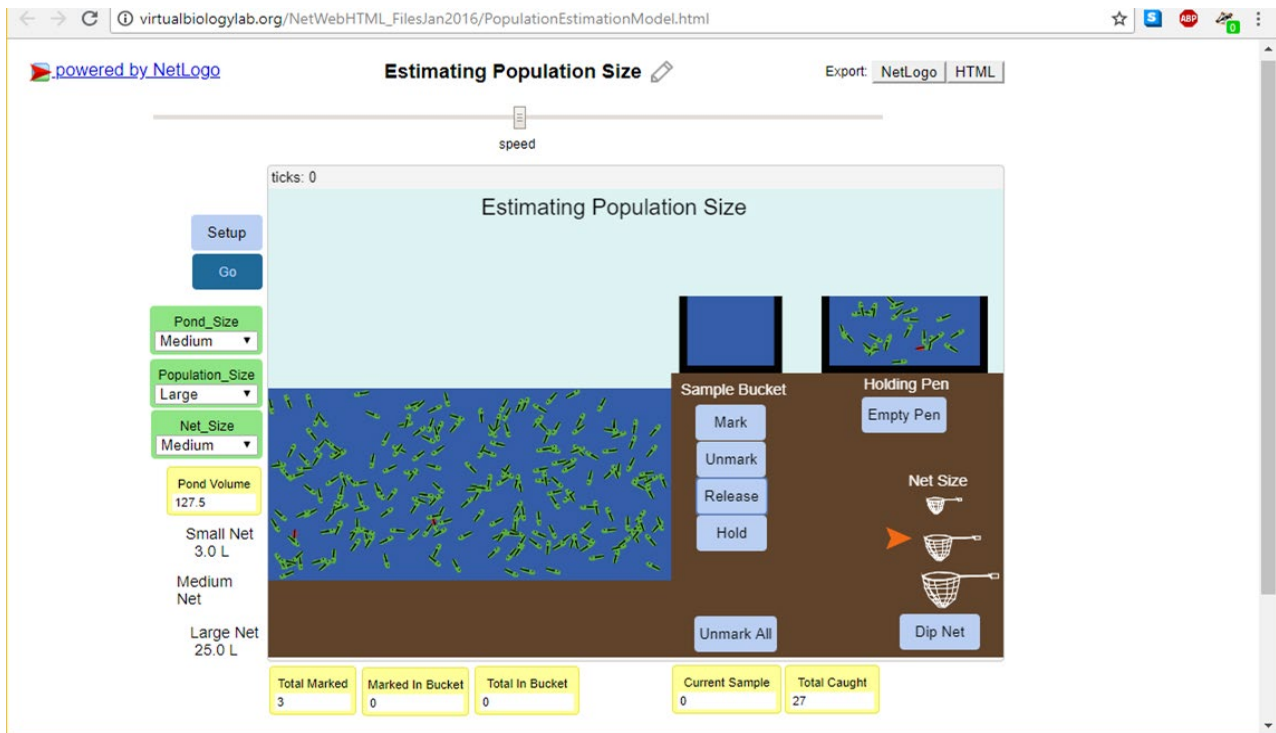
Estimating Plant Biodiversity -simulaattori (Kuva 10-33) havainnollistaa kasvillisuusnäytteiden keruuta. Sen avulla voi ehkä selittää, miten näyteruutujen paikat kannattaa päättää, jotta saadaan riittävän edustava otos. Simulaattorissa näyteruutujen asettelu on kuitenkin melko hankalaa.

The screenshot shows the 'Estimating Plant Biodiversity' simulator interface. At the top, the browser address bar displays 'virtualbiologylab.org/NetWebHTML\_FilesJan2016/PlantDiversityModel.html'. The main area features a 2D grid representing a landscape with green and brown patches. A path of sample points is shown, with the current point highlighted. Below the grid are control panels for 'Current Sample' and 'Cumulative Sample', including tables for species counts, richness, abundance, and sample area. There are also buttons for 'Reset All', 'Reset Pts', 'Replicate', 'Sample\_Radius', 'move\_point', and directional movement buttons (Up, Down, Left, Right).

Current Sample					Cumulative Sample				
Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	Sp 5	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	Sp 5
0	0	0	0	0	34	32	1	36	29
Sp 6	Sp 7	Sp 8	Sp 9	Sp 10	Sp 6	Sp 7	Sp 8	Sp 9	Sp 10
0	0	0	0	0	8	2	1	2	0
Sp 11	Sp 12	Sp 13	Sp 14	Sp 15	Sp 11	Sp 12	Sp 13	Sp 14	Sp 15
3	3	0	0	0	28	19	20	0	5
Sp 16	Sp 17	Sp 18	Sp 19	Sp 20	Sp 16	Sp 17	Sp 18	Sp 19	Sp 20
3	0	0	1	1	5	4	0	2	2
Sp 21	Sp 22	Sp 23	Sp 24	Sp 25	Sp 21	Sp 22	Sp 23	Sp 24	Sp 25
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

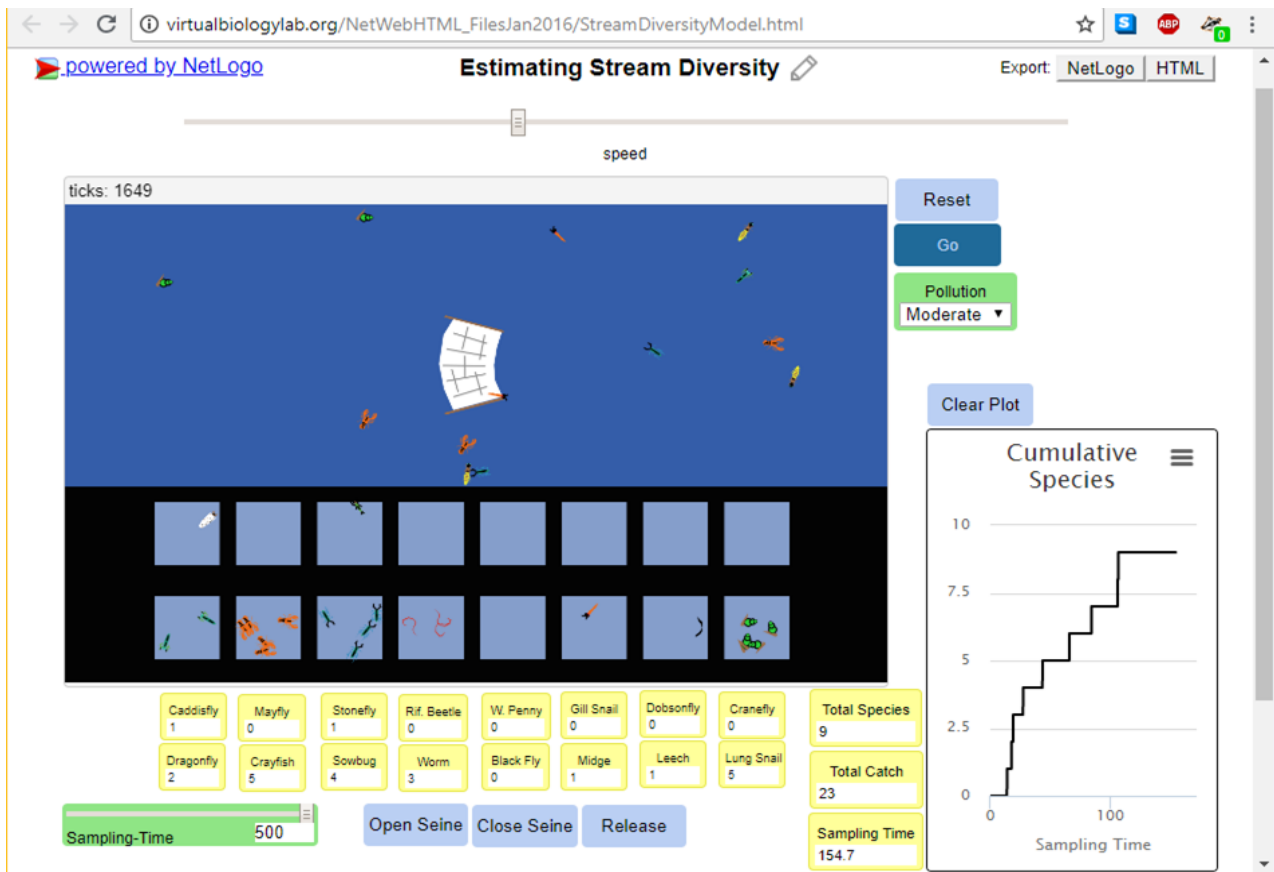
Kuva 10-33. Estimating Plant Biodiversity -simulaattori.

Estimating Population Size -simulaattori (Kuva 10-34) havainnollistaa haavinäytteiden keruuta vesiekosysteemissä ja populaation koon arviointia näytteitä merkitsemällä ja vapauttamalla. Sen avulla voi ehkä selittää, miten populaatiokokoa voi arvioida ilman, että on tarvetta pyydystää kaikkia populaation yksilöitä. Koska selkärankaisten koekäyttöä ja samalla keruuta opetusikäikässä rajoitetaan laissa (Finlex 28.6.2013/497), simulaattorista ei välttämättä ole hyötyä kokeellisessa työskentelyssä.



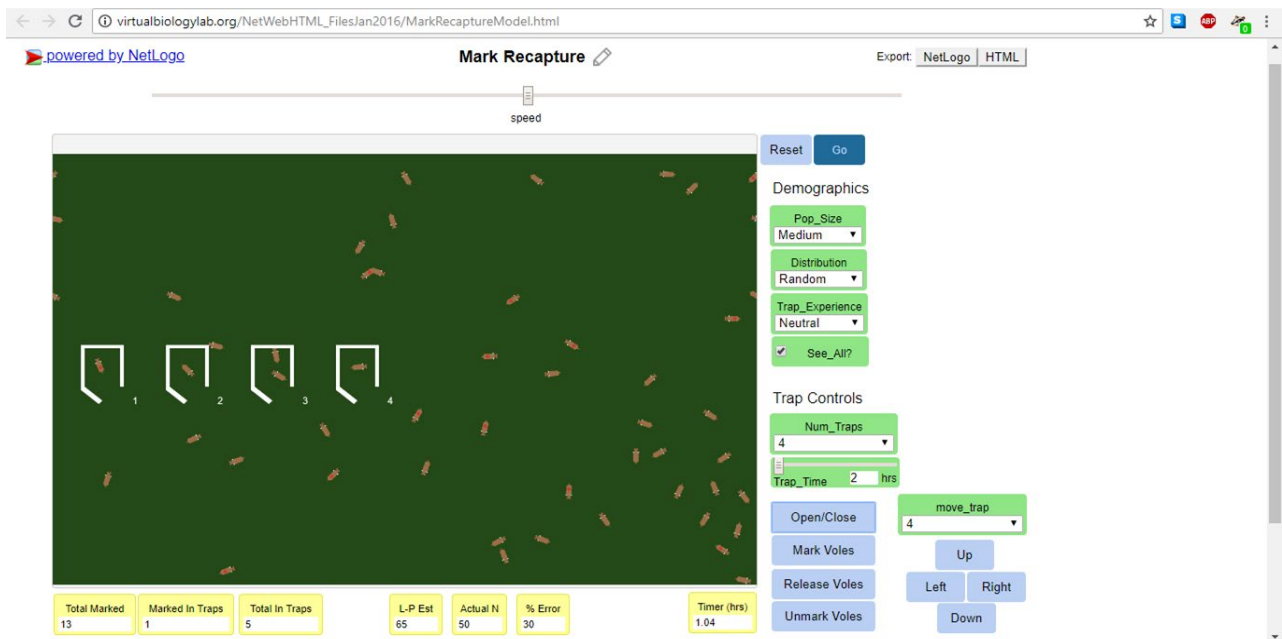
Kuva 10-34. Estimating Population Size -simulaattori.

Estimating Stream Diversity -simulaattori (Kuva 10-35) havainnollistaa verkkonäytteiden keruuta virtavesissä ja eri lajin yksilöiden kertymisen nopeutta. Koska tällainen näytteenottotapa voi olla haastavaa ja koska selkärankaisten koekäyttöä ja samalla keruuta opetuskäytössä rajoitetaan laissa (Finlex 28.6.2013/497), simulaattorista ei välttämättä ole hyötyä kokeellisessa työskentelyssä.



Kuva 10-35. Estimating Stream Diversity -simulaattori.

Mark Recapture -simulaattori (Kuva 10-36) havainnollistaa myyränäytteiden keruuta loukuilla. Koska tällainen näytteenottotapa voi olla haastavaa ja koska selkärankaisten koekäyttöä ja samalla keruuta opetuskäytössä rajoitetaan laissa (Finlex 28.6.2013/497), simulaattorista ei välttämättä ole hyötyä kokeellisessa työskentelyssä, mutta sillä voitaneen tarvittaessa selittää, miten muissa kenttäkokeissa näytteiden keruupisteet kannattaa järjestää, jotta otos on riittävän laadukas. Loukkujen siirtäminen simulaattorin näytöllä on kuitenkin melko työlästä, joten näytteiden keruupisteiden sijoittelua maastoon voi kuvata helpommin esimerkiksi piirtämällä.



Kuva 10-36. Mark Recapture -simulaattori.

## 10.5 Pohdintaa

PhET- ja Virtual Biology Lab -simulaattoreita, joiden käyttö on ilmaista, on käytettävyydeltään hyvin erilaisia. Osassa simulaattoreita kuvattavan ilmiön havainnointi tai ymmärtäminen voi olla haastavaa. Lisäksi niiden tuki käyttäjälle vaihtelee, koska simulaattoreiden opastustoiminnot ovat hyvin erilaisia ja myös niiden käyttöön opastavien dokumenttien laatu ja määrä vaihtelevat. Havaintojeni mukaan osassa simulaattoreissa ilmiötä ei mallinnettu tai ei ainakaan esitetty sillä tavoin kuin simulaattori antoi ymmärtää. Voikin olla, että joidenkin ilmaissimulaattoreiden ylläpito on heikkoa tai niitä ei ole testattu kunnolla. Tämän vuoksi opettajan kannattaa kokeilla, testata ja perehtyä simulaattorin toimintaan kunnolla ennen kuin ottaa sen opetuskäyttöön. Myös omien käyttöohjeiden ja tehtävälisteröjen teko voi olla tarpeen, koska tarkastelemani simulaattorit tukivat englannin kieltä, jolloin ilmiötä selittävien valmiiden oppaiden lukeminen ja ymmärtäminen voi olla haastavaa, jos esimerkiksi englanniksi esitetyt käsitteet ovat vieraita. Koska riittävää tutkimusnäyttöä simulaattoreiden tieteiden oppimista tukevista vaikutuksista on lähinnä käsitteiden ymmärtämisen ja motivoinnin suhteen (Honey & Hilton, 2011), kannattaneen varmistaa, että simulaattori kuvaa ja selittää simuloitavaan ilmiöön liittyviä käsitteitä hyvin ja mielekkäällä, helppokäyttöisellä tavalla.

On haastavaa suunnitella opiskelijan kiinnostusta, sitoutumista ja motivoitumista edistävä simulaattori (Honey & Hilton, 2011). Tämän takia kannattanee arvioida tarkemmin, minkälaisia vaikutuksia simulaattorilla voi olla opiskelijoiden aiheesta kiinnostumiseen. Vaikeasti ymmärrettävä ja käytettävä simulaattori saattaa heikentää motivoitumista opetettavaan aiheeseen, varsinkin jos sen käyttöä ei voi välttää. Oman kokemukseni perusteella tarkastelemani simulaattorit erosivat melko paljon innostavuuden suhteen, koska niiden helppokäyttöisyydessä, näyttävyydessä ja opastuksissa oli selkeitä eroja.

Ilmaisia biologian ilmiöitä mallintavia simulaattoreita on muitakin. Myös kaupallisia simulaattoreita on monia. Sen vuoksi on luultavaa, että lukion biologian kursseille sopivia simulaattoreita on lukuisia, että niiden käytettävyys ja laatu vaihtelevat ja että ne asettavat erilaisia vaatimuksia käyttäjän ennakko-osaamiselle.

Tarkastellut ilmaissimulaattorit soveltuvat vaihtelevasti eri lukion biologian kurssien sisältöihin. Osa simulaattoreista voi sopia käytettäväksi useillakin kursseilla. Vaikutti kuitenkin, että *Ekologia ja ympäristö* -kurssille sopivia simulaattoreita oli eniten – yhdeksän kappaletta, jos mukaan ei lasketa näytteiden keruu -simulaattoreita – ja *Evoluutio ja elämä* -kurssille sopivia simulaattoreita seuraavaksi eniten – viisi kappaletta. *Solu ja perinnöllisyys* -kurssille sopivia simulaattoreita oli kolme kappaletta ja *Ihmisen biologia* ja *Biologian sovellukset* -kursseille sopivia simulaattoreita yksi kappale. Tosin voi myös ajatella, että biologian ilmiöitä mallintava simulaattori on itsessään biologian soveltamista matemaattisten mallien ja tietotekniikan avulla.

## 10.6 Lähteet

Finlex 28.6.2013/497. *Laki tieteellisiin tai opetustarkoituksiin käytettävien eläinten suojelusta.* <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130497> [viitattu 22.8.2018].

Gurung, B., & Rutledge, D. (2014). Digital learners and the overlapping of their personal and educational digital engagement. *Computers & Education*, 77, 91–100.

Honey, M. A., & Hilton, M. L. (2011). *Learning science through computer games and simulations.* Washington: The national academies press. <https://www.ics.uci.edu/~wscacchi/GameLab/Recommended%20Readings/Learning-Science-Games-2011.pdf> [viitattu 22.8.2018].

Kiboss, J. K., Ndirangu, M. & Wekese, E. W. (2004). Effectiveness of a computer-mediated simulations program in school biology on pupils' learning outcomes in cell theory. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 207–213. <http://www.kentsenglish.com/portfolio/portfolio/research/actionResearch/kiboss.PDF> [viitattu 22.8.2018].

LOPS 2016. *Lukio-opetuksen opetussuunnitelman perusteet 2016*. Helsinki: Opetushallitus. [https://www.oph.fi/saadokset\\_ja\\_ohjeet/opetussuunnitelmien\\_ja\\_tutkintojen\\_perusteet/lukiokoulutus/lops2016/103/o/lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2015](https://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/opetussuunnitelmien_ja_tutkintojen_perusteet/lukiokoulutus/lops2016/103/o/lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015) [viitattu 22.8.2018].

# **11 Kokemuksia puhtaasti funktionaalisen ohjelmoinnin opetuksesta yläkoululaisille ja lukiolaisille**

*Eeva Mäkelä ja Joonatan Saarhelo*

## **11.1 Tähtäimessä ohjelmoinnillisen ajattelun ja ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen**

Suomen peruskoulujen uudessa opetussuunnitelmassa on asetettu tavoitteeksi tutustuttaa kaikki ohjelmoinnilliseen ajatteluun ja ohjelmointiin. Yläkoululaisille se merkitsisi suositusten mukaan jonkin tekstuaalisen ohjelmointikielen opetusta. Silti opetuksen päätavoitteeksi ei ole mielekästä ottaa tietyn kielen hallintaa, vaan painopisteen pitäisi olla yleisemmissä valmiuksissa: analyttisessä ajattelussa ja ongelmanratkaisussa sekä ohjelmoinnin perustekniikoissa ja -käsitteissä. Ohjelmoinnin alkeiskurssin kielivalinnan pitäisikin tukea tätä tavoitetta. Voisiko puhtaasti funktionaalinen ohjelmointikieli opetuskielenä toteuttaa vaatimuksen vapauttamalla aikaa ajattelun taitojen kehittämiseksi?

### **11.1.1 Funktionaalissa ohjelmoinnissa vältytään valtaosin ohjelmoinnin aloittelijoille tyypillisiltä kompastuskiviltä**

Ohjelmoinnin oppiminen on kognitiivisesti haastavaa, ja alkeiskurssien oppimistulokset tutkimusten mukaan heikkoja (Guzdial, 2011; Sorva, 2012). Tutkimuksissa yliopisto-opiskelijoiden suoriutumista ohjelmoinnin alkeiskurssilla on monesti mitattu tehtävällä, jossa ohjelma lukee positiivisia kokonaislukuja ja tulostaa niiden keskiarvon. Guzdialin (2011) mukaan yhdessä tutkimuksessa vain 14 % Yalen opiskelijoista selviytyi tehtävästä, eivätkä tulokset muissa tutkimuksissa ole olleet juuri sen parempia.

Opiskelijoille syntyy ohjelmointikurssien aikana paljon erilaisia virhekäsityksiä. Sorva (2012) on laatinut laajan kirjallisuuskatsauksen käsitteistä ja sisällöistä, joiden omaksuminen tuottaa aloittelijoille vaikeuksia. Monet aloittelijoiden ongelmakohdista liittyvät lause lauseelta etenevän ohjelman suoritusjärjestykseen (control flow), esimerkiksi toistorakenteisiin, muuttujiin sekä funktiokutsuihin liittyviin sivuvaikutuksiin. Ohjelmoinnin aloittelija saattaa esimerkiksi luulla, että muuttuja ”muistaa” siihen

aiemmin talletettuja arvoja. Tai hänellä on vaikeuksia ymmärtää ohjelman vaiheittaista etenemistä. Hän saattaa myös olettaa, että while-silmukan suoritus päättyy välittömästi, kun sen ehto muuttuu epätodeksi.

Puhtaasti funktionaalissa ohjelmoinnissa sellaisilta ongelmilta valtaosin vältytään, sillä puhtaasti funktionaalinen ohjelmakoodi ei sisällä silmukoita ja viittaukset ovat läpinäkyviä, funktioilla ei ole sivuvaikutuksia. Sorvan (2012) luettelosta jäljelle jäävät ehtolauseisiin, rekursioon, parametrien välitykseen ja tietotyyppeihin liittyvät haasteet. Jos siis alkeisopetuksessa käytetään puhtaasti funktionaalista ohjelmointikieltä, näiden keskeisten käsitteiden opetukseen jää enemmän aikaa ja energiaa, koska kielen valinnalla osa aloittelijoiden kompastuskivistä on jo raivattu pois tieltä.

Ehtolauseiden kohdalla sivuvaikutusten ja sekventiaalisuuden puute poistavat monet Sorvan (2012) luettelossa mainituista pulmista. Ehdollisen suorituksen sijaan funktionaalisen kielen if-lauseke valitsee toisen kahdesta arvosta. Sillä, suoritetaanko haarat, on väliä ainoastaan, kun pohditaan, voiko ohjelma jumittua ikuiseen silmukkaan.

Funktionaalissa ohjelmoinnissa siis vaikuttaa olevan elementtejä, jotka voivat suojata aloittelijaa karikoilta. Siksi voisi kuvitella, että funktionaalinen ohjelmointi olisi helpommin omaksuttavaa kuin tyypillisesti alkeisopetuksessa käytetty rivi riviltä eteneviin peräkkäisiin käskyihin perustuva imperatiivinen ohjelmointityyli. Myös Lapidot ja muut (2000) pitävät funktionaalista ohjelmointia aloittelijoille suositeltavana paradigmana. Tosin heidän kokemuksensa mukaan ohjelmointia jo osaavien opiskelijoiden voi olla hyvinkin hankala muuttaa ajattelutapaansa ja siirtyä imperatiivisesta paradigmasta funktionaaliseen.

Opetuksessa yksi puhtaasti funktionaalisen ohjelmoinnin eduista on se, että voidaan kognitiivis-konstruktivistisessä hengessä lähteä liikkeelle opiskelijoille ennestään tutuista matemaattisista lausekkeista ja viittausten läpinäkyvyyden (referential transparency) ansiosta edetä funktioihin samalla matemaattisen funktion analogialla. Koska puhtaassa funktiossa viittaukset ovat läpinäkyviä, funktio tuottaa samoilla argumenteilla aina saman paluuarvon, joten funktion voi korvata paluuarvollaan ilman, että ohjelman käyttäytyminen muuttuu.

Samasta syystä ajonaikaisen ohjelman käyttäytymisen ymmärtämisen kannalta välttämätön kynnyksäsite käsitteellinen kone (notional machine, esim. Sorva, 2012) on

funktionaalissa ohjelmoinnissa hyvin korkealla abstraktiotasolla. Riittää, että osaa evaluoida funktion. Tosin sen lisäksi tarvitaan skoopin käsitettä, koska skoopeilla on merkitystä vakioiden arvojen määrittämisessä, mutta muistinkäsittelyyn tai esimerkiksi listojen alkioden (mahdollisesti ohjelmoijan yllätykseksi) muuttuviin arvoihin ei tarvitse perehtyä.

### 11.1.2 Mitä funktionaalinen ohjelmointi on?

Puhtaasti funktionaalinen ohjelma koostuu nimensä mukaisesti funktioista. Kaikki funktiot ovat puhtaita (puhtaan funktion määritelmä, katso edellinen kappale 11.1.1), ja käytetään vain vakiomuuttujia. Funktioiden keskinäisellä järjestyksellä ohjelmakoodissa ei ole väliä.

Funktion suoritus voi haarautua ehtolauseen tai valintalauseen (case) kohdalla. Toisto toteutetaan rekursion avulla. Koodi muistuttaa kovasti matematiikasta tuttuja funktiomäärittelyjä (ks. Kuva 11-1). Funktionaalinen ohjelmointi pohjautuukin 1930-luvulla kehitettyyn lambdakalkyyliin (Kaipiainen, 2016).

```
kertoma n =  
... if n == 0 then  
..... 1  
... else  
..... n * kertoma (n-1)
```

Kuva 11-1. Esimerkkikoodi Elm-kielillä: Funktio, joka palauttaa n:n kertoman.

Ominaisuuksiensa ansiosta funktionaalisten kielten semantiikka on huomattavasti yksinkertaisempi kuin imperatiivisten kielten. Koodi on monesti helposti tulkittavissa, vaikka ei käytettyä kieltä osaisikaan (Vesänen).

### 11.1.3 Aiempia kokemuksia funktionaalista ohjelmoinnista yliopiston ohjelmoinnin peruskursseilla

Funktionaalinen ohjelmointi ei kuulu valtavirtaan, mutta puhtaasti funktionaalisen ohjelmointikielen opetusta ensimmäisenä ohjelmointikielenä on kokeiltu esimerkiksi

Italiassa Udinen ja Australiassa New South Walesin yliopistossa (Mirolo, 2011; 2012 ja Chakravarty & Keller, 2004).

Chakravarty ja Keller (2004) korostavat, että ensimmäisen vuoden ohjelmointikurssin tavoitteena ei pitä olla tietyn kielen opiskelu sellaisenaan vaan ohjelmoinnin perustekniikoiden ja -käsitteiden omaksuminen, analyyttinen ajattelu ja ongelmanratkaisutaidot, johon nykyaikainen funktionaalinen kieli sopii heidän mielestään täydellisesti. Tavoitteet mielessään he ovat tietoisesti jättäneet kurssillaan käsittelemättä muutamia vain funktionaalisille kielille tyypillisiä piirteitä. He ovat jo usean lukuvuoden ajan vetäneet isoja jopa 600 opiskelijan alkeisohjelmointikursseja funktionaalisesta lähtökohdasta. Heidän kursseillaan käytetty kieli on Haskell.

Nykyaikaisissa funktionaalisissa kielissä on monia etuja ensimmäisen ohjelmointikurssin toteutuksen kannalta. Kielten syntaksi on yksinkertainen, käskyjä on vähän ja semantiikka on selkeä. Lisäksi niiden abstraktiotaso on korkea, ne ovat hyvin ilmaisuvoimaisia. Kielten staattisen tyyppityksen ansiosta tietotyyppien merkitys korostuu, mikä on kurssin tavoitteiden kannalta edullista. Tyypit kun ovat ohjelmoinnissa keskeinen käsite ja edistävät analyyttistä ohjelmointiajattelua. (Chakravarty & Keller, 2004.)

Lisäksi Chakravarty ja Keller (2004) ovat kursseillaan havainneet, että funktionaalisen ohjelmoinnin opettaminen tasaa tehokkaasti opiskelijoiden lähtötasojen eroja. Ohjelmoinnin alkeiskurssien yhdeksi ongelmaksi on koettu se, että osa kurssilaisista turhautuu etenemiseensä, joka vaikuttaa hitaalta verrattuna aiemmin ohjelmoineisiin, jotka porskuttavat reippaasti edellä. Siitä huolimatta toisaalta ne, joilla on aiempaa ohjelmointikokemusta, saattavat jossain vaiheessa pudota kärryiltä, koska ylenkatsovat alkuun liian helpolta vaikuttavaa kurssia. Chakravarty ja Kellerin mukaan funktionaalisen ohjelmointikielen valinta kurssikieleksi ratkaisee nämä ongelmat, koska se on yleensä kaikille tasapuolisesti yhtä uusi. Samalla se tasoittaa sukupuolten välisiä eroja, koska tavallisesti juuri naiset ovat niitä, joilla on vähemmän ohjelmointikokemusta. (Chakravarty & Keller, 2004.)

### **11.1.4 Mahdollisia haasteita: onko rekursio silmukkarakennetta vaikeampi oppia?**

Funktionaalista ohjelmointikieltä käytettäessä aloittelijatkaan eivät voi välttyä rekursiolta. Rekursion oppimista kuitenkin pidetään vaikeana, ja siihen liittyy monia virhekäsityksiä (Sorva, 2012). Siksi se opetetaan monilla ohjelmointikursseilla vasta silmukoiden jälkeen. Onko silmukoiden oppiminen sitten rekursiota helpompaa? Pitäisikö alkeiskurssilla välttää funktionaalisia ohjelmointikieliä rekursion vaikeuden vuoksi?

Mirola (2012) on verrannut rekursion ja silmukoiden oppimistuloksia testaamalla Udinen yliopiston aloittelevia ohjelmoinnin opiskelijoita kolmena lukuvuonna. Osa opiskelijoista oli osallistunut kurssille, jolla ohjelmointi aloitetaan funktionaalisella ohjelmointikielillä ja osa tavanomaisella imperatiivisella kielellä aloittavalle kurssille. Mirola kiteyttää, että tulosten perusteella ei voi väittää, että silmukkarakenne olisi helpompaa omaksua kuin rekursio. Itse asiassa testitulokset viittaavat siihen suuntaan, että rekursion opettaminen ennen silmukoita saattaa jopa johtaa syvempään ymmärrykseen, myös silmukoista. Se tosin saattaa Mirolon mukaan liittyä testattujen opiskelijaryhmien motivaatioeroihin, eikä sitä siksi pidä yleistää.

#### **11.1.4.1 Rekursion opettamisen malleja**

Rekursiota voi havainnollistaa opiskelijoille monella tapaa. Yksi niistä on Leap of Faith -selitysmalli, jossa vain oletetaan, että rekursio toimii ilman, että sitä ryhdytään todistamaan (Hazzan ym., 2014, jonka 12. luku keskittyy rekursioon). Toinen on kolmivaiheinen hajoita ja hallitse -ongelmanratkaisumalli, jossa etsitään alkeistapaus, tiivistetään ongelma pienemmäksi osaongelmaksi ja rakennetaan ratkaisu sen pohjalta (McCauley ym., 2015). Massachusettsin teknillisen korkeakoulun tutkijoiden kehittämällä kurssilla rekursion rakentaminen kytketään systemaattiseen ongelmanratkaisureseptiin (Felleisen, Findler, Flatt & Krishnamurthi, 2014). Jos ratkaisu vaatii itseensä viittaavaa tietorakennetta, myös ohjelmasta pääsääntöisesti tulee itseensä viittaava. Myös ratkaisuun liittyvien ehtolauseiden rakentaminen johdetaan reseptistä. Rekursiivisen ja alkeistapauksen yhdistämisen avuksi taas Felleisen ja muut (2014) esittävät taulukkomallin.

Rekursion havainnollistamiseen on ehdotettu myös Little people -mallia ja sen pohjalta kehitettyä roolileikkiä (Hazzan ym., 2014, luku 12 s. 230). Mallissa pikkutontut toteuttavat funktiokutsut. Jokainen tonttu vastaa vain oman funktiokutsunsa suorittamisesta. Kun se jää kesken, tonttu jää odottamaan vuoroaan sen loppuun suorittamiseksi kutsuttuaan ensin seuraavaa tonttua. Odottavien tonttujen pino auttaa hahmottamaan rekursiopinin luonteen ja erityisesti siinä odottavien funktiokutsujen suoritusjärjestyksen. Little people -malli todennäköisesti auttaa niitä, joille on kehittynyt kirjallisuudessa kuvattu vaillinainen sisäinen malli rekursiosta, ns. looping-malli, jossa rekursio ymmärretään pelkkänä toistorakenteena. Looping-mallissa funktiokutsua toistetaan, kunnes saavutetaan alkeistapaus. (McCauley ym., 2015)

Funktionaalisisessa ohjelmoinnissa funktion kertaalleen suorittaminen on yksinkertaista. Siksi funktionaalinen ohjelmointi saattaa antaa paremman lähtökohdan rekursioiden ymmärtämiseen kuin imperatiivinen ohjelmointi. Lisäksi imperatiivisessa ohjelmointityylissä sivuvaikutukset saattavat mutkistaa asioita. Näin käy, jos funktio muokkaa jaettua tilaa. Silloin ohjelmoijan pitää muistaa palauttaa se ennalleen. Ymmärrystä edistää myös se, että funktionaalisisessa ohjelmoinnissa rekursio on keskeinen ongelmanratkaisutapa, jota käytetään alusta asti. Harjoitusta kertyy runsaasti.

Silti rekursioiden opettamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota ja tuettava ymmärryksen kehittymistä runsain esimerkein, erilaisin mallein, havainnollistuksin ja kuvin. Esimerkiksi ohjelma, joka piirtää jotakin ruudulle rekursioiden avulla, voisi olla hyvä harjoittelun väline. Toisaalta, jos alkeisohjelmointikurssilla sovelletaan systemaattista ongelmanratkaisureseptiä (Felleisen ym., 2014), rekursio avautuu luontevasti osana reseptiä. Sen rakentamiseen on omat säännönmukaisuutensa, eikä se jää mystiseksi. On myös hyvä muistaa, että rekursioiden opettaessaan opettajan on syytä välttää tartuttamasta opiskelijoihin omaa käsitystään siitä vaikeasti hahmotettavana asiana (McCauley ym., 2015).

### **11.1.5 Elm-kielellä on monia etuja ohjelmoinnin alkeiskurssin opetuskielenä**

Alkeiskurssimme opetuskieleksi valikoitui Elm osittain siitä syystä, että virheet ovat turhauttavia ja ohjelmoinnissa aloittelijoille niitä sattuu paljon. Ohjelmoinnissa voi

tapahtua neljänlaisia virheitä: syntaksi- ja tyyppivirheitä, ajonaikaisia poikkeustiloja ja semanttisia eli loogisia virheitä.

Elmin kääntäjä käytännössä karsii syntaksi- ja tyyppivirheiden lisäksi ajonaikaiset poikkeukset. Se ei päästä läpi mitään, mikä sotkisi ohjelman suorituksen. Kääntämisen jälkeen mahdollisia virhetilanteita on siis yksi vähemmän.

Elm on suhteellisen uusi funktionaalisen kieliperheen jäsen, joka julkaistiin vuonna 2012. Elm on kehitetty nimenomaan verkko-ohjelmointiin. Kielen kehityksessä on kiinnitetty erityistä huomiota omaksuttavuuteen ja helppokäyttöisyyteen (Czaplicki, 2015). Elm-kielen syntaksi ja käskyvalikoima on hyvin pelkistetty. Lisäksi lähes kaikki rakenteet, esimerkiksi operaattorit, ovat funktioita, joiden toimintaperiaate on sama. Funktioiden lisäksi opittavia rakenteita on hyvin vähän. Elmin tavoitteena on olla helposti lähestyttävä kieli, joka ei oleta, että ohjelmoija tietää, kuinka kone toimii. Ohjelmoidessa ei esimerkiksi tarvita yksityiskohtaista tietoa ohjelman tila-avaruudesta tai lukujen esittämisestä.

Kaupallisessa käytössä Elmin etuja ovat luotettavuus, helppo ylläpidettävyys ja kehitystyön nopeus. Verkkosovelluksia työkseen tekevät kertovat, että Elmin käyttöönoton jälkeen ohjelmien ajonaikaiset virheet ovat käytännössä historiaa ja testaaminen on helpottunut (Feldman, 2017). Richard Feldman kertoo Youtube-videolla kokemuksia Elmillä toteutetusta englannin opetukseen tarkoitettuun verkkosovelluksesta. Sovelluksen käyttöönoton jälkeen vuonna 2015 Elm-koodi ei ole kaatunut kertaakaan, vaikka sovelluksessa on 100 000 riviä koodia ja vastauksia sovelluksen sisältämiin tehtäviin on kertynyt kaksi miljardia (<https://www.youtube.com/watch?v=XsNk5aOpqUc>, <https://www.noredink.com>). Elmin käyttö selvästi parantaa ohjelmien laatua ja tehostaa kehitystyötä. Samaa raportoi Kaipainen (2016), joka on tutkinut yleensä funktionaalisen ohjelmoinnin soveltuvuutta verkko-ohjelmointiin. Tosin hänen tutkimuksessaan juuri Elm ei ollut mukana. Uskomme, että Elm ja funktionaalinen ohjelmointi ovat nousussa, ja Elmin osaajia kaivataan tulevaisuudessa.

Elm kääntyy suoraan JavaScriptiksi, jonka voi upottaa nettisivuun. Se tekee siitä erityisen kiinnostavan koulu- ja opetuskäyttöön. Koodauksen tulos näkyy heti selaimessa. Oppilaat voivat helposti jakaa linkkejä valmiisiin ohjelmiinsa. Elmille on myös olemassa helppokäyttöisiä verkkoselaimessa toimivia ohjelmointiympäristöjä, joilla alkuun pääseminen käy helposti (esimerkiksi Ellie, <https://ellie-app.com/>).

Ohjelmistokehitys- ja opetuskielenä Elmin etuihin kuuluu staattinen tyyppitys. Sen vuoksi tietotyyppeihin on välttämätöntä paneutua jo alkeiskurssilla, mikä on hyvä, koska tyytit ovat olennainen käsite ohjelmoinnissa. Lisäksi sen ansiosta tehokas tyytin tarkistus on mahdollista. Tyyppivirheiden karsimisesta pitää huolen Elm-kääntäjä, joka ohjaa koodaria harvinaisen selkein ja kuvailevin virheilmoituksin (esimerkki virheilmoituksesta)

```
53 ageOn : Planet -> Float -> Html msg
54 ageOn planet ageInSeconds =
55     text (ageInSeconds / orbitalPeriodIn planet)
56
```

```
TYPE MISMATCH
The argument to function text is causing a mismatch.
Function text is expecting the argument to be:
String
But it is:
Float
```

Kuva 11-2. Esimerkki Elm-kääntäjän virheilmoituksesta: Tyyppivirhe. Funktion argumentti on väärää tyyppiä, koska jakolasku tuottaa liukuluvun, mutta funktio `text` odottaa argumentikseen merkkijonoa.

### 11.1.6 Visuaalinen ohjelmointiympäristö karsii syntaksivirheet

Ohjelmoinnin opiskelu on kognitiivisesti kuormittavaa. On yhtä aikaa pidettävä mielessä kielen syntaksi ja logiikka sekä annettu tehtävä ja siihen liittyvät parametrit sekä ongelman ratkaisun prosessi. (esim. Robins ym., 2003.)

Yksi tapa vähentää kognitiivista kuormaa on visuaalisen ”palikkaohjelmointiympäristön” käyttäminen. Tätä mallia hyödyntää menestyksekkäästi esimerkiksi *Scratch*-ohjelmointiympäristö (<https://scratch.mit.edu/>).

## 11.2 Yläkoululaisille ja lukiolaisille suunnattu ohjelmointikurssi

Suunnittelimme yläkoululaisille ja lukiolaisille suunnatun ohjelmointikurssin, jossa opetuskielenä on puhtaasti funktionaalinen Elm-kieli. Yläkoululaisille kurssi oli kerho,

lukiolaisille valinnainen kurssi. Kurssi arviointiin suoritusmerkinnällä hyväksytty tai hylätty.

### **11.2.1 Opetusmateriaalin suunnittelu**

Elm on niin uusi kieli, että siitä ei näytä olevan lainkaan ohjelmoinnin aloittelijoille suunnattua opetusmateriaalia. Ohjelmoinnissa jo pitkälle edistynyt hyötyy kielen dokumentaatiosta, joka tarjoaa tutkittavaksi kirjastofunktioiden lähdekoodit. Lisäksi opiskelun avuksi on tarjolla esimerkkejä ja tutoriaaleja (esimerkiksi Czaplickin materiaali osoitteessa: <https://guide.elm-lang.org/>).

Elmistä on myös kirjoitettu ammattilaisille suunnattuja oppikirjoja (esim. Feldman, 2017), mutta ohjelmoinnin ensiaskeleita ottavalle Elm-tukea ei toistaiseksi ole ollut tarjolla.

Koska tavoitteena oli testata puhtaasti funktionaaliseen paradigmaan perustuvaa Elmiä ohjelmoinnin alkeisopetuksessa, oli välttämätöntä kehittää aloittelijoille soveltuva oppimateriaali.

### **11.2.2 Opetusmateriaalin kuvaus**

Laadimme ohjelmointikurssia varten sarjan opetusmonisteita, joissa käydään läpi ohjelmoinnin peruskäsitteitä sekä Elm-kielen perusrakenteet. Ajatuksena oli, että moniste esitysmuotona mahdollistaa oppilaiden omatahtisen etenemisen. Halusimme, että opetusmateriaali on oppikirjamainen, eikä sähköinen, osittain siksi, että opiskelijoilla oli käytössään kannettavat tietokoneet. Ajattelimme, että niiden näyttö on sen verran pieni, että on mukavampi pitää esillä paperista opetusmateriaalia kuin jakaa pieni näyttö sähköisen materiaalin ja ohjelmointiympäristön kesken.

Opetusmateriaalin ensimmäisissä monisteissa on paperilla suoritettavia ohjelmointitehtäviä, joiden tavoitteena on auttaa hahmottamaan Elm-kielen lausekkeista koostuva rakenne, tavallisimmat matemaattiset operaattorit ja tietotyypit. Vasta sen jälkeen kurssilla siirrytään soveltamaan opittua koneella ohjelmointiympäristössä.

Seuraavissa monisteissa oppilas tutustuu Elm-kielen rakenteisiin ja muutamiin kirjastofunktioihin sekä funktion ja ohjelman käsitteisiin. Oppimateriaalissa systemaattisella ongelmanratkaisulla ja funktion suunnittelulla on keskeinen rooli. Sille on varattu oma oppituntinsa, joka esittelee systemaattisen ongelmanratkaisun ja funktion

suunnittelun reseptin (Felleisen ym., 2014). Kurssin edetessä reseptiä edelleen sovelletaan ja muokataan erilaisiin tapauksiin ja tietorakenteisiin sopivaksi. Esimerkiksi listojen yhteydessä lineaarista rekursiota harjoitellaan runsaasti soveltamalla suunnittelu reseptiä matemaattisen kaavan omaisesti itseensä viittaaviin tietorakenteisiin. Runsaalla harjoittelulla ja reseptin soveltamisella pyrimme varmistamaan, että opiskelijoille syntyy rekursiosta oikeellinen sisäinen malli.

### **11.2.3 Pedagogisten ratkaisujen perustelut**

Halusimme laatia oppimateriaalin sellaiseksi, että se tukee oppilaan autonomiaa mahdollistamalla aktiivisen, omatahtisen ja itsenäisen työskentelyn. Pyrimme opetusmonisteissa myös antamaan opiskelijalle oivaltamisen mahdollisuuksia esimerkiksi tehtävillä, jotka kannustavat kokeilemaan ja tekemään omia johtopäätöksiä (Kuva 11-3). (Esikuvana oli Hazzan ym., 2015, alaluvun 8.3 Lab-first-menetelmä, jossa käytetään itsenäisen ja oivaltavan oppimisen mahdollistavia monisteita).

Itsemääräämisteorian mukaan autonomian kokemus ja omien oivallusten synnyttämä pystyvyyden tunne motivoi (Vasalampi, 2017). Lisäksi omatahtinen eteneminen auttaa eriyttämisessä, mikä on välttämätöntä, sillä nuoret ovat ajattelu- ja teknologiataidoiltaan hyvin erilaisia. On oppilaita, jotka ovat hankkineet laajasti tietoteknistä osaamista esimerkiksi tietokonepeliyhteisöissä toimimalla (Kaarainen ym., 2015) ja toisia, joilla on puutteita perustaidoissa, kuten työvälineohjelmien käytössä, tiedonhaussa ja verkkoviestinnässä (RUSE).

Koska yksi kurssin keskeisistä tavoitteista oli auttaa ja innostaa opiskelijoita jatkamaan ohjelmointiharrastusta kurssin jälkeen omin päin, ohjasimme heitä alusta asti etsimään tietoa autenttisista lähteistä. Siksi jo ensimmäisessä monisteessa on viittaus Elm-kielen dokumentaatioon ja kehotus etsiä tarvittaessa siitä lisätietoa. Kuva 11-4 antaa esimerkin dokumentaatiota hyödyntävästä tehtävästä.

Yhdistä seuraavat lausekkeet niiden arvoihin.

"kissan"++"viikset"++"!" → "Mikään ei voi mennä vikaan vikaan vikaan vikaan..."

"abc"++"def" → "kissanviikset!"

"kissan"++"viikset!" → "abcdef"

"Mikään ei voi mennä"++String.repeat(4,"vikaan"++"...")→"kissanviikset!"

"Tyhjä"++String.repeat(50,"") → "Tyhjä"

Yhteenveto: Kirjoita tähän edellisen tehtävän perusteella tekemäsi päätelmät.

Mitä tekee ++?↵

Entä String.repeat?↵

Kuva 11-3. Tehtäväkokonaisuus, jossa oppilas tekee esimerkkitapausten pohjalta itse johtopäätöksiä siitä, mitä merkinnät tarkoittavat.

Elmin List-moduulissa on funktioita listojen käsittelyyn. Mitä funktiota käyttäisit, kun tahdot:↵

a) valita listasta sen ensimmäisen alkion?↵

b) palauttaa listan ilman sen ensimmäistä alkion?↵

b) laskea listan alkioiden lukumäärän?↵

c) tarkistaa, onko jokin arvo listassa?↵

Löydätkö List-moduulista samannimisiä funktioita kuin String-moduulissa on?↵

<http://package.elm-lang.org/packages/elm-lang/core/5.1.1/List> tai [bit.ly/Elm-list](http://bit.ly/Elm-list).

Kuva 11-4. Tehtävä, jossa harjoitellaan Elmin kirjastofunktioiden dokumentaation lukemista. On olennaista havaita, että moduuleissa List ja String on samannimisiä funktioita.

### 11.2.3.1 Monipuoliset tehtävät auttavat syventämään ajattelun taitoja

Noudatimme opetusmateriaalin laadinnassa kognitiivis-konstruktivistista periaatetta siitä, että uusi oppiaine rakentuu aiemmin opitun varaan. Materiaalissa lähdetään liikkeelle tutuista matemaattisista lausekkeista. Lausekkeiden evaluointitehtäviä on paljon, koska funktionaalisen ohjelmointikielen käsitteellisen koneen ymmärtäminen edellyttää evaluoinnin hallintaa. Evaluointi on siis keskeinen kynnystaito, joka kaikkien on syytä

oppia hallitsemaan varmasti. Kuva 11-5 antaa näytteeksi kaksi evaluointitehtävää kurssimateriaalista.

### Tehtäväesimerkki 1:

Mikä on alla olevan if-lausekkeen arvo, kun..

a)  $x = 2$  b)  $x = 0$  c)  $x = -5$ ?

```
if x < 0 then
  ... x
else
  ... x
```

### Tehtäväesimerkki 2:

**Esimerkki.** Funktio `kerroKymmenellä` kertoo nimensä mukaan saamansa luvun kymmenellä.

Evaluoidaan lauseke `kerroKymmenellä (1+2) + 2`:

```
kerroKymmenellä (1+2) + 2
= (kerroKymmenellä 3) + 2 ..... koska 1+2 = 3
= (10 * 3) + 2
= 30 + 2
= 32
```

**Tehtävä.** Evaluoi kuten edellä.

`kerroKymmenellä 4 * (kerroKymmenellä 3 + 2)`

Kuva 11-5. Kaksi evaluointitehtävää. Ensin evaluoitiin lausekkeiden, sitten funktioiden arvoja. Funktioiden käsittely aloitettiin evaluointitehtävillä, joissa käytettiin valmiiksi annettuja funktioita. Vasta myöhemmin kirjoitettiin omia funktioita.

Funktioiden käsittely aloitetaan käyttämällä ja evaluoimalla valmiita funktioita, jonka jälkeen vasta lähdetään kirjoittamaan omia funktioita. Kirjoitusvaiheessa aloitetaan lausekkeista, joista päästään funktioihin muokkaamalla ensin lausekkeen esittämästä erikoistapauksesta yleinen tapaus, jossa käytetään muuttujaa, ja lopulta funktio, joka saa syötteenään ko. muuttujan. Näin edetään myös Felleisenin ja muiden (2014) kehittämässä

opetusmateriaalissa. Esimerkki tällaisesta jatkumosta on jonkin geometrisen kappaleen pinta-alan laskeminen. Ensin pinta-alan laskemisesta kirjoitetaan lauseke lukuarvoilla, seuraavaksi luvut korvataan muuttujilla ja lopuksi lausekkeesta muokataan funktio, joka saa muuttujat parametreinä. Kuva 11-6 näyttää esimerkin hiukan mutkikkaammasta sanallisesta tehtäväjatkumosta. Viimeisessä tehtäväesimerkissä (Kuva 11-7) tehdään ensin vain yhteen erikoistapaukseen soveltuva funktio, jonka pohjalta kirjoitetaan yleinen ratkaisu.

### 1. Totuusarvoihin liittyvä tehtävä:

Joulupukin pajalla tonttujen on aina noustava aamuviideltä ja lähdettävä reellä kuljettamaan lahjoja, jos sää vain on sopiva rekiajelulle. Jos pyryttää liikaa tai maassa ei ole lunta, rekiajelulle ei lähdetä.

Koska pajalla halutaan automatisoida kaikki mahdolliset tehtävät ja toisaalta ottaa huomioon tonttujen yksilölliset taipumukset, ohjelmointiriihen tontut päättivät helpottaa aamu-unisten elämää. He tekivät ohjelman, joka ilmoittaa maakuukamarien näytöillä, onko soveliasta painaa torkkua ja jatkaa unia.

Auta tonttuja kirjoittamalla ohjelmaa varten lauseke, jonka arvo kertoo, saako torkkua painaa.

Ohjelma saa säätiedot vakioina lunta ja pyryttääLiikaa. Tänään niiden arvot ovat:

lunta = True

pyryttääLiikaa = False

Tämän päivän säätiedoilla lausekkeen arvon siis tulee olla epätosi. Kaikkien tonttujen on pompattava ylös sängyistään.

### 2. Jatkotehtävä, kun opitaan if-lauseke:

Täydennä alla oleva if-lauseke edellisen sivun tehtävässä 9. tekemälläsi lausekkeella, joka tarkastaa tonttujen puolesta, saavatko he vielä jatkaa uniaan. Korvaa lauseke saaNukkua aiemmin tekemälläsi totuusarvolausekkeella.

```
if saaNukkua then
    "Zzzz..."
else
    "Kaikki tontut pukeisiin!"
```

### 3. Jatkotehtävä, kun on edetty funktioihin:

Tee aiemmin kirjoittamastasi lausekkeesta funktio aamunKomento, joka tarkastaa saavatko tontut vielä jatkaa uniaan. Funktio saa syötteenä vakiot lunta ja pyryttääLiikaa Jos nukkua vielä saa, funktio palauttaa arvon "Zzzzz.." Jos ei saa, funktion paluuarvo on "Kaikki tontut pukeisiin!"

Kuva 11-6. Tehtäväjatkumo lausekkeesta funktioon. Ensin kirjoitetaan totuusarvotyyppinen lauseke, joka sitten sijoitetaan paikalleen if-lausekkeeseen. Lopuksi if-lauseke täydennetään funktioksi.

Tee-funktio, joka saa parametrina listan viikonpäivistä ja palauttaa ne viikonpäivät, joiden nimessä on ”tai”. Tee sitten yleistetty versio, joka palauttaa ne listan alkiot, jotka sisältävät annetun merkkijonon. ¶

Kuva 11-7. Listankäsittelytehtävä, jossa edetään spesifistä tapauksesta yleiseen.

Kiinnitimme tehtävien valinnassa erityistä huomiota niiden monipuolisuuteen. Tehtävien joukossa on luettavia esimerkkejä; koodin toiminnan selittämistä, muokkausta ja täydentämistä vaativia tehtäviä; evaluointitehtäviä sekä pienempiä ja isompia itsenäistä ohjelmointia vaativia tehtäviä, jotka kehittävät erityyppisiä ja Bloomin taksonomiassa eri tasoille sijoittuvia ajattelun taitoja (Halinen ym., 2016, s. 241; Hazzan ym., 2014, luku 9, joka sisältää pohdintaa tehtävien taksonomisesta vaikeustasosta erityyppisiin ohjelmointitehtäviin sovellettuna). Oppilaat etenevät ymmärrys- ja muokkaustehtävien kautta itsenäistä ohjelmointia vaativiin tehtäviin ja syventävät vähitellen ajattelun taitojaan ja käsitteiden hallintaa.

### 11.2.3.2 **Systemaattisen ongelmanratkaisun resepti keventää kognitiivista kuormaa**

Oppimateriaalin systemaattista ongelmanratkaisua käsittelevässä osassa esitellään jo edellä mainittu Felleisenin ja muiden (2014) kehittämä systemaattisen ongelmanratkaisun resepti, jota voidaan yleisessä muodossaan soveltaa myös muilla elämänalueilla. Opetusmateriaalin yhtenä tavoitteena onkin kehittää ajattelun ja ongelmanratkaisun taitoja, ohjelmoinnillista ajattelua, joka on siirrettävissä myös ohjelmoinnin ulkopuolelle. Mielestämme em. resepti tukee sitä oivallisesti ja toimii sosiokonstruktivistisen oppimisteorian mukaisena oppimista tukevana oikea-aikaisen tuen välineenä (scaffolding).

## FUNKTION SUUNNITTELUN VAIHEET

### 1. Ongelman analysointi ja tiedon määrittely

Selvitä, millaista tietoa on tarkoitus käsitellä ja kuinka se esitetään käyttämälläsi ohjelmointikielellä. Muodosta käsiteltävästä tiedosta määrittely ja havainnollista niitä esimerkein.

### 2. Tyypimäärittely, funktion kuvaus ja tynkäfunktio

Kirjoita ylös minkä tyyppistä dataa funktio saa syötteenä ja tuottaa. Muotoile ytimekäs kuvaus siitä, mitä funktio tekee. Tee tynkäfunktio, joka vastaa funktion tyypimäärittelyä.

### 3. Esimerkkejä funktion toiminnasta

Keksi esimerkkejä siitä, mitä funktion on tarkoitus palauttaa erilaisilla syötteen arvoilla.

### 4. Funktion runko

Muokkaa tiedon määrittelystä funktion runko.

### 5. Funktion määrittely

Täydennä runko. Käytä hyödyksesi funktion kuvausta ja esimerkkejä.

### 6. Testaus

Käytä laatimiasi esimerkkejä testitapauksina ja varmista, että funktio läpäisee kaikki testit. Testaaminen saattaa paljastaa mahdolliset virheet. Lisäksi testikuvaukset täydentävät esimerkkejä niin, että toisten on helpompi ymmärtää koodia.

Kuva 11-8. Funktion suunnittelun resepti (Felleisen ym. 2014 mukaillen).

Aluksi opiskelija seuraa funktion suunnittelureseptiä tarkasti kohta kohdalta (Kuva 11-8). Myöhemmin kokemuksen ja taitojen karttuessa resepti sisäistyy osaksi opiskelijan omaa kehittyvää ajattelua. Reseptin käyttö luotsaa opiskelijan läpi funktion kirjoittamisen karikoiden, mutta myös ohjaa häntä ”automaattisesti” pohtimaan ratkaisussa käytettäviä tietorakenteita, miettimään testitapauksia jo funktion suunnitteluvaiheessa ja dokumentoimaan ohjelmaansa. Oppituntityöskentelyssä reseptin käyttö helpottaa opettajan työtä. Kun opiskelijalla on ongelma, opettaja voi kysyä, mihin kohtaan reseptiä hän on juuttunut.

Esittelimme reseptin kurssilla sekä yleisessä muodossaan (Kuva 11-9), että ohjelmointiin sovellettuna vaihe vaiheelta esimerkkifunktion kautta. Oppilaat myös pohtivat ryhmissä, millaisissa tehtävissä reseptiä voisi yleisessä muodossaan hyödyntää.

## Systemaattisen ongelmanratkaisun resepti

1. Analysoi tehtävänanto tai ongelma.
2. Suodata siitä olennainen, ongelman ydin, ja ilmaise se ytimekkäästi.
3. Havainnollista ongelman ydintä esimerkein.
4. Hahmottele analyysin pohjalta ratkaisun runko, tee toimintasuunnitelma.
5. Tuota ratkaisu, joka vastaa odotettuja tuloksia.
6. Korjaa / paranna lopputulosta tarkistusten ja testien perusteella.

Kuva 11-9. Systemaattisen ongelmanratkaisun resepti yleisessä muodossaan (Felleisen ym., 2014, käännös).

### 11.2.3.3 Opittua sovellettiin pikkuprojekteissa, joiden tekotavan voi valita taitotason mukaan

Käytyään läpi tässä kuvatut opetusmonisteet kurssilaiset toteuttivat muutamalla viimeisellä oppitunnilla pienen interaktiivisen ohjelman. Ohjelmointiprojektivaihe aloitettiin tutustumalla yhdessä interaktiivisen ohjelman periaatteisiin. Olimme kirjoittaneet ohjelmointiprojekteja varten joukon valmiita tutoriaaleja, joista opiskelijat valitsivat mieleisensä. Tutoriaalit oli kirjoitettu siten, että opiskelija saattoi itse valita, millä taitotasolla hän niiden parissa työskentelee. Valittavana oli esimerkiksi Conway's Game of Life - ja matopeliprojekti.

Tutoriaaleissa ensimmäisellä sivulla on laadittavan ohjelman kuvaus, spesifikaatio. Pitkälle edistynyt oppilas voi aloittaa toteutuksensa siitä. Sivua kääntämällä hän pääsee yksityiskohtaisempaan ratkaisun kuvaukseen, jossa ensimmäiseksi selostetaan malliratkaisussa käytetyt tietorakenteet. Sen jälkeen toteutuksen kuvaus etenee vaihe vaiheelta niin, että osa ohjelman vaatimista funktioista annetaan ohjelmointitehtävinä. Tutoriaalissa on myös linkki malliratkaisun koodiin kokonaisuudessaan.

## 11.3 Kurssilla opetusta monipuolistettiin yhteistoiminnallisina tehtävinä

Toteutimme keväällä 2018 ohjelmointikurssin, jolla testasimme laatimiamme opetusmonisteita. Kurssilla opiskeltiin Elm-kielen perusrakenteet pääasiassa yksilötyönä

laatumamme monistesarjan opastamana. Kurssin teoria ja tehtävät oli kokonaisuudessaan esitetty monisteilla, mutta välillä havainnollistimme keskeisiä asioita myös tietokoneella tai taululla. Yksilötyöskentelyn lisäksi tarjosimme mahdollisuutta parityöskentelyyn.

Monipuolistimme opetusta kokeilemalla yhteistoiminnallisia aktiviteetteja, joiden tavoitteena oli myös kehittää kurssilaisten motivaatiota nostattamalla yhteishenkeä ja yhteenkuuluvuudentunnetta. Ensimmäisellä oppitunnilla toteutimme yksikäsitteisten ohjeiden antamista havainnollistavan unplugged-aktiviteetin (muunnelma tehtävästä Marching Orders, CS-unplugged). Kysymystä siitä, mikä on ohjelma, puitiin ryhmässä aktiivisen, oivaltavan oppimisen menetelmällä, jossa oppilaille esitettiin sarja kuvia, joista heidän piti yhdessä keskustellen ja pohtien luoda teesi siitä, mikä on ohjelma. Keskustelun virittäjinä toimineissa kuvissa oli esimerkiksi Jacquard-kutomakone, automaattipiano, kytkentäkaavio ja koodia tietokoneen ruudulla. Innoittajana tässä tehtävässä oli yhteistoiminnallinen luokittelutehtävä, jossa lähtökohtana on sarja käsitteeseen liittyviä kuvia (Hazzan ym., 2014, 120). Pyrimme oppitunneilla aktiivisesti virittämään keskustelua ohjelmoinnista ja ohjaustilanteissa opastamaan oppilaita keskustellen.

## **11.4 Kurssilaisissa oli osaavia ohjelmoijia ja aloittelijoita**

Elm-ohjelmointikurssin aloitti 15 opiskelijaa, joista nuorimmat olivat 8-luokkalaisia ja vanhimmat abiturientteja. Oppimateriaalin suunnittelun lähtökohtana oli sen suuntaaminen ohjelmoinnin aloittelijoille. Valtaosalla kurssilaisista oli kuitenkin jo ohjelmointikokemusta (Taulukko 11-1). Vasta-alkajia kurssin loppuun käyneistä oli vain kaksi. Viisi kurssilaista ilmoitti osaavansa ainakin ohjelmoinnin alkeet, ja viisi hallitsevansa useita ohjelmointikieliä. Joukossa oli myös kisakoodareita, joille ohjelmointi oli säännöllinen harrastus. Suurin osa (8 opiskelijaa) ilmoitti ohjelmoineensa jonkin verran. Muutama kurssilainen osasi kurssin alussa kuvata joitakin funktionaalisen ohjelmoinnin erityispiirteitä, mutta kukaan ei ollut aiemmin ohjelmoinut puhtaasti funktionaalisella kielellä.

Motivaatio kurssille tulemiseen vaihteli kurssin tarpeesta (lukiolainen) haluan kokeilla ohjelmointia. Viisi kurssilaista kertoi pitävänsä ohjelmoinnista ja neljän oli ystävä vakuuttanut osallistumaan kurssille.

Taulukko 11-1. Elm-ohjelmointikurssilaisten esitiedot. Kurssin aloitti 15 opiskelijaa.

Aiempi ohjelmointikokemus	ei	3
	jonkin verran	8
	harrastaa säännöllisesti ohjelmointia, vähintään viikoittain	4
Jos on ohjelmoinut aikaisemmin, kokee osaavansa...	alkeet	5
	yhden kielen	2
	monta kieltä	5
Uskoo tietävänsä, mitä funktionaalisella ohjelmoinnilla tarkoitetaan.		6

#### 11.4.1 Kurssin onnistumista mitattiin välitestillä, keräämällä palautetta ja teettämällä itsearviointi

Kartoitimme oppimateriaalin saamaa vastaanottoa keräämällä opiskelijoilta palautetta opetusmateriaalista ja erilaisista opetusmenetelmistä. Toteutimme kurssin aikana kaksi kertaa anonyymien palautekyselyjen sähköisellä lomakkeella. Kysyimme esimerkiksi opiskelijan mielipidettä kurssin etenemisnopeudesta ja vaikeustasosta. Lisäksi rohkaisimme opiskelijoita jo kurssitiedotteessa antamaan meille suullista palautetta kurssin aikana.

Kurssin päätteeksi kysyimme sähköisellä itsearviointilomakkeella, mitä opiskelija ajatteli ohjelmoinnista ennen kurssia ja sen jälkeen. Lisäksi pyysimme pohtimaan syitä ajattelun muutokseen tai muuttumattomuuteen ja kuvailemaan, mikä kurssilla oli omalta kannalta merkityksellisintä. Kysyimme myös, kuinka kurssilaiset aikovat tulevaisuudessa hyödyntää oppimaansa.

Kurssin puolivälissä testasimme oppilaiden siihenastista osaamista ohjelmoinnin peruskäsitteistä. Testin tarkoitus oli varmistaa ennen monimutkaisempiin asioihin siirtymistä, että jokainen hallitsee ohjelmointiin liittyvää perussanastoa ja osaa evaluoida funktion eli ymmärtää Elmin käsitteellisen koneen toiminnan. Testiä ei pisteytetty, vaan annoimme testistä palautteen välittömästi suullisesti kullekin henkilökohtaisesti.

## 11.5 Tulokset ja pohdinta

### 11.5.1 Kurssin välipalaute oli pääosin positiivista

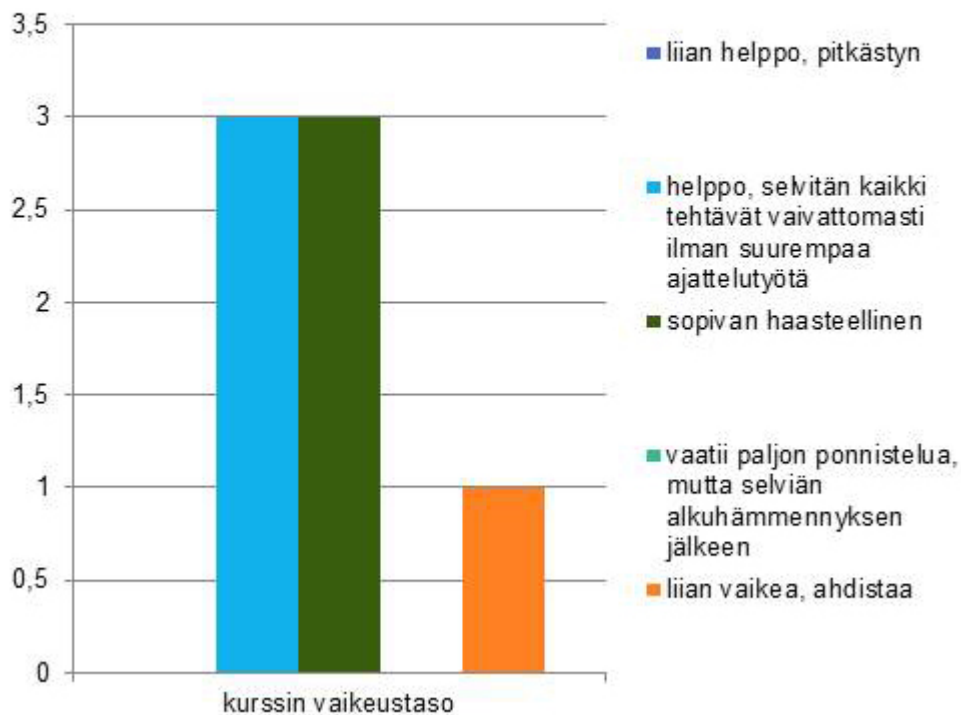
Sähköisen välipalautteen palautti kurssin kolmannen tapaamiskerran jälkeen osuneella kyselykerralla seitsemän opiskelijaa. Välitestin palautti kymmenen, loppupalautteen seitsemän ja itsearvioinnin kuusi opiskelijaa.

Välipalautteessa opiskelijat olivat enimmäkseen tyytyväisiä kurssiin. Kaikki pitivät etenemisnopeutta sopivana. Kurssin vaikeustasoa valtaosa vastanneista piti joko sopivan haasteellisena tai helppona. Yksi koki kurssin olevan liian vaikea. ( Kuva 11-10.)

Vaikeusasteen arviointiin oli liitetty lisäkysymys sellaisille, jotka pitivät kurssia joko liian helppona tai vaikeana. Kysyimme: ”Jos vastasit edelliseen liian vaikea tai liian helppo, kerro kuinka voisimme auttaa sinua.” Kurssia liian vaikeana pitänyt opiskelija vastasi: ”*Oon kyllä vaan aika huono näissä jutuissa.*” Vastaus kuvastaa heikkoa minäpystyvyyttä ja saattaa ilmentää yleisemminkin tuntemusta aloittelijana osaavien joukossa. Kolmannella tapaamiskerralla aloittelijat olivat tutustuneet ohjelmointiin vajaan kuuden tunnin ajan, harrastuneilla kurssilaisilla taas saattoi olla jo yli tuhannen tunnin ohjelmointikokemus. Osaamiskuilu on vääjäämättä suuri, eikä silti heijasta aloittelijan valmiuksia kehittyä hyväksi ohjelmoijaksi, vaikka hän niin saattaa kokea.

Palautelomakkeen vapaamuotoisissa kysymyksissä tiedustelimme, mistä opiskelijat olivat pitäneet, mitä he olivat jääneet miettimään ja mitä he toivoisivat jatkossa. Pidettyjä olivat *tarkat selitykset, ohjelmointi, kaikki kurssilla, haastavammat tehtävät, opetus, tehtävät ja Elmin oppiminen*. Kukaan ei maininnut mitään yksittäistä tehtävätyyppiä tai aktiviteettia. Jatkolta opiskelijat toivoivat, että kurssilla ohjelmoitaisiin enemmän ja että tulisi vaikeampia tehtäviä. Yksi kertoi jääneensä miettimään, olivatko hänen tehtävänsä oikein.

## Elm-kurssilaisten antama välipalaute – kurssin vaikeustaso



Kuva 11-10. Elm-kurssilaisten kokemus kurssin vaikeustasosta välipalautteen mukaan.

### 11.5.2 Välitestin tulokset olivat enimmäkseen lupaavia

Opiskelijoiden osaamista mitattiin kurssin puolivälissä välitestillä, jonka palautti kymmenen opiskelijaa. Testin ensimmäisenä tehtävänä oli nimetä annetusta ohjelmakoodista ohjelmointiin liittyviä käsitteitä. Vaikeimmiksi osoittautuivat käsitteet funktion määrittely ja funktiokutsu. Kolme opiskelijaa sekoitti funktion määrittelyn funktion tyyppimäärittelyyn. Funktiokutsun kaikki olivat kyllä löytäneet, mutta kolme oppilasta ei sisällyttänyt siihen lainkaan funktion saamia argumentteja. Tehtävän tulokset on esitetty taulukossa Taulukko 11-2.

Testin muissa tehtävissä piti evaluoida funktioiden ja ohjelmien paluuarvoja annetuilla syötteillä, kuvailla koodilistauksen perusteella sanallisesti ohjelman toimintaa ja muokata ohjelmakoodia. Muokkaustehtävissä kyse oli sisäkkäisten if-lausekkeiden sieventämisestä ne korvaaviksi Boolean algebran lausekkeiksi. Alla olevassa taulukossa esitetään yhteenveto tehtävien osaamisesta (Taulukko 11-2).

Taulukko 11-2. Yhteenveto opiskelijoiden osaamisesta välitestin ensimmäisessä tehtävässä. Testin palautti 10 opiskelijaa.

Käsite	Osasi nimetä	Nimesi virheellisesti	Vastaus puuttui
funktiokutsu	5	3	
funktion määrittely	5	2	
funktion nimi	8		
argumentti	6	1	1
vakio	8		
lauseke	7		1

Kaikki oppilaat (10) osasivat lukea funktion tyyppimäärittelystä, millaista syötettä se saa. Kaikki osasivat myös evaluoida if-lausekkeita sisältävät funktiot. Niiden sieventäminen oli vaikeampi tehtävä. Tapauksia oli kaksi, joista toisessa tarkoitus oli vain yhdistää kaikki ehdot and-operaattorilla. Toisessa taas piti käyttää myös or-operaattoria ja keksiä itse sillä yhdistettävät lausekkeet. Kaksi oppilasta kymmenestä ei osannut vaikeammassa tapauksessa korvata if-lausekkeita Boolean algebran lausekkeella. Ilmeisesti joidenkin oppilaiden on vaikea hahmottaa sitä, että jo pelkkä Boolean algebran lauseke palauttaa totuusarvon eikä erillistä if-lausetta tarvita. Toisaalta heillä saattaa myös olla väärinkäsitys, että vertailuja on mahdollista käyttää vain if-lausekkeen ehtoina.

Oppilaat olivat kurssin alkuosan aikana selvästi oppineet lukemaan ohjelmakoodia. Seitsemän kymmenestä osasi kuvailla sanallisesti kahdesta funktiosta koostuvan ohjelman toiminnan. Ohjelma sai syötteenä kokonaisluvun ja palautti merkkijonon syötteen jaollisuuden mukaan. Samat seitsemän myös osasivat evaluoida ohjelman paluuarvon esimerkkisyötteillä. Yksi oppilas ei vastauksessaan kuvaillut ohjelman toimintaa, vaan ainoastaan sen saaman syötteen ja tuottaman tulosteen tyyppin. Hän oli kuitenkin onnistunut evaluoimaan paluuarvon oikein yhdessä kolmesta esimerkkitapauksesta.

Taulukko 11-3. Elm-ohjelmointikurssin välitestin tuloksista lukuun ottamatta ensimmäistä tehtävää, jonka osaaminen esitetään yllä (Taulukko 7 2). Testin palautti 10 opiskelijaa.

Tehtävä		Osasi	Ei
sisäkkäisiä if-lausekkeita sisältävä funktio (helppo tapaus)	evaluointi esimerkisyötteillä	8	
	sieventäminen (Boolean algebra vs. if)	7	1
sisäkkäisiä if-lausekkeita sisältävä funktio (vaikeampi tapaus)	evaluointi esimerkisyötteillä	8	
	sieventäminen (Boolean algebra vs. if)	6	2
kahdesta funktiosta koostuva ohjelma	toiminnan sanallinen kuvailu	7	1
	evaluointi esimerkisyötteillä	7	1
funktion tyyppimäärittelyn lukeminen		8	

### 11.5.3 Kurssilaisten loppupalaute

Viimeisellä kurssikerralla jaetun sähköisen loppupalautelomakkeen täytti seitsemän opiskelijaa. Aktiivisten kurssilaisten määrä oli kurssin kuluessa suunnilleen puolittunut. Lomakkeen palauttaneista yksi oli ohjelmoinnin aloittelija. Lisäksi joukossa oli kolme, joilla oli hiukan aiempaa kokemusta ohjelmoinnista. Loput olivat kokeneita ohjelmoijia, jotka osasivat entuudestaan useita ohjelmointikieliä.

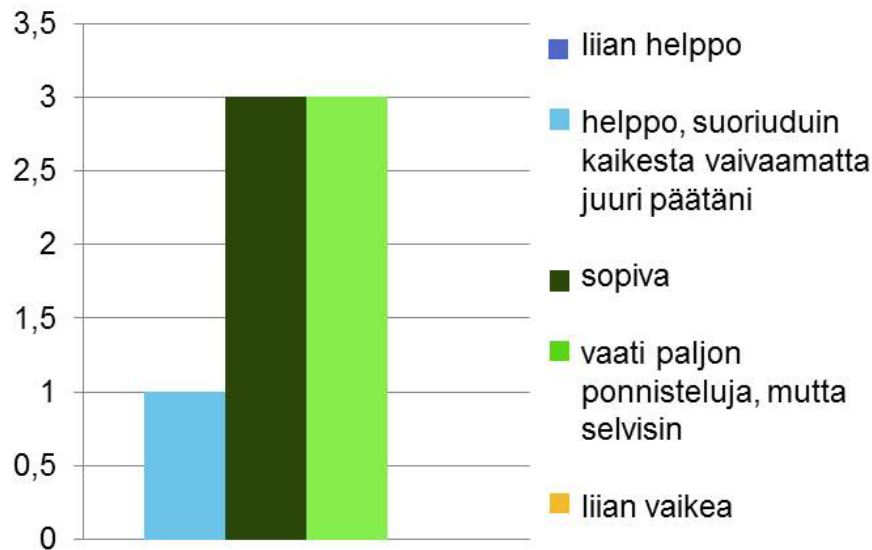
#### 11.5.3.1 Kurssin vaikeustaso ja etenemisnopeus

Kurssin vaikeustason kokemisessa oli selvästi siirtymää välipalautteeseen verrattuna (Kuva 11-11). Kurssin loppuosa koettiin keskimäärin alkuosaa vaikeammaksi. Helppona kurssia pitäviä oli enää yksi. Kukaan vastanneista ei pitänyt kurssia enää liian vaikeana, mikä johtuu varmaankin osittain siitä, että välipalautteeseen verrattuna loppupalautteeseen vastanneiden joukossa oli vähemmän aloittelijoita. Kurssin liian vaikeaksi tai turhauttavaksi kokeneet eivät jatkaneet loppuun asti. Samaa kuvastanevat vastaukset kysymykseen, kannattiko kurssille tulla. Ainoastaan yhden loppupalautteeseen vastanneen mielestä ei kannattanut.

Kurssin etenemisnopeus oli kaikkien vastaajien mielestä sopiva. Vastaus ei ihmetytä, sillä varsinkin kurssin loppuosassa jokainen eteni aivan omaa tahtiaan. Nopeimmat ehtivät

saada valmiiksi sekä kurssimonisteiden tehtävät että ohjelmointiprojektin. Hitaimmilta, joilla oli myös paljon poissaoloja, kurssimonisteiden tehtävät jäivät kesken. Autoimme jokaista yksilöllisesti juuri siinä vaiheessa, jossa hän oli.

Oppilaiden arvio kurssin vaativuustasosta loppupalautteessa



Kuva 11-11. Elm-ohjelmointikurssilaisten arvio kurssin vaativuustasosta loppupalautteessa. Vastaajia oli seitsemän.

Opiskelijat arvostivat selvästi mahdollisuutta omatahtiseen opiskeluun. Sen ansiosta kurssin vaatimustaso sopi kurssin loppupuolella paremmin kunkin oppilaan osaamistasoon. Jokainen sai henkilökohtaista ohjausta juuri omalle tasolle sopivissa tehtävissä. Palautelomakkeen vapaassa tekstikentässä yksi oppilas nosti myönteisenä erikseen esiin mahdollisuuden edetä omassa tahdissa, vaikka se hänen kohdallaan merkitsikin sitä, että ohjelmointiprojekti jäi tekemättä. Jälkeenpäin ajatellen olisimme vielä voineet lisätä omatahtisuutta niin, että hitaimmat opiskelijat olisivat voineet pysyä monisteiden alkupään tehtävissä niin kauan kuin heistä tuntuu tarpeelliselta. Nyt yritimme runsaista poissaoloista huolimatta avustaa heitä nopeammin eteenpäin, jotta he saavat tehtyä kurssin pakollisiksi määritellyt tehtävät. Olisi voinut olla viisaampi antaa oppilaiden itse valita kurssimateriaalista taitotasolleen sopivat pakolliset palautettavat tehtävät.

### 11.5.3.2 Mikä oli mielestäsi parasta, hauskinta ja / tai opettavaisinta?

Loppupalautteen vapaamuotoisten kysymysten perusteella kurssi oli varsin onnistunut. Kysymykseen, mikä kurssilla oli mielestäsi parasta, hauskinta ja / tai opettavaisinta, vastattiin:

*Parasta oli se, kun onnistui jossakin.*

*Ylipäättään kurssilla oleminen.*

*Ylipäättään se, että miten funktionaalisesti voi tehdä toimivia ohjelmia.*

*oppiminen*

*Projektityö*

*Opetus, tehtävät*

*Parasta oli päästä itse tekemään ja kirjoittamaan ohjelmaa.*

*Opettavaisin oli paperilliset tekstit ja tehtävät. Toinen hyödyllinen ominaisuus tässä kurssissa oli mahdollisuus saada opettajaan yhteyttä välittömästi, kun oli avun tarpeessa.*

Ensimmäinen vastaus kuvastanee aloittelijan tuntemuksia. Olemme iloisia, että onnistumisen kokemuksia syntyi edes joskus, vaikka vastauksesta voi myös päätellä, että ne ilmeisesti olivat suhteellisen harvassa. Onnistumisia sattui ”jossakin” ei kaikessa tai usein.

Viimeisessä vastauksessa viitataan luomaamme Telegram-ryhmään, jonka kautta sai tavoitettua opettajan milloin tahansa myös kurssikertojen ulkopuolella. Yksi opiskelija käytti aktiivisesti hyväkseen mahdollisuutta kysyä neuvoa sitä kautta. Hän kertoi tunnilla sen olleen hyvin ratkaiseva tekijä oman oppimisensa kannalta. Jos vastauksia päässä heränneisiin kysymyksiin ei olisi saanut kurssikertojen välillä, ne olisivat hänen mukaansa ehtineet unohtua. Myös välitön palaute ohjelmointiongelmien oli hänelle tärkeää.

### 11.5.3.3 Valitse kolme oman oppimisesi kannalta hyödyllisintä, ajatuksia herättävintä tai hauskinta työtapaa

Vastaukset monivalintakysymykseen hyödyllisimmästä, ajatuksia herättävimmästä tai hauskimmasta työtavasta jakautuivat lähes kaikkien annettujen vaihtoehtojen kesken (Taulukko 11-4). Ainoastaan kurssin alussa tehty toiminnallinen piirtämistehtävä jäi ilman mainintoja.

Taulukko 11-4. Loppupalautteen täyttäneiden kurssilaisten vastaukset monivalintakysymykseen: ”Valitse alla olevasta listasta kolme oman oppimisesi kannalta hyödyllisintä, ajatuksia herättävintä tai hauskinta työtapaa.” Kysymykseen vastasi seitsemän opiskelijaa.

Työtapa	Mainintoja
parityöskely	3
omasta ja toisten koodista keskustelu	2
keskustelu ryhmässä (tehtävä: mikä on ohjelma)	1
koodaus yksin	2
ilman konetta monisteelta tehdyt tehtävät	1
opetusmonisteiden ohjelmointitehtävät	5
funktion suunnitteluresepti	1
ohjelmointiprojektit	2
kurssin ensimmäisen tunnin piirtämistehtävä, jossa toinen antoi ohjeita ja toinen piirsi	0

Taulukosta (Taulukko 11-4) näkee, että valtaosa (5/7) piti opetusmonisteiden ohjelmointitehtäviä oman opiskelunsa kannalta hyödyllisimpinä tai hauskimpina. Parityöskentelyn mainitsi melkein puolet (3/7). Se oli opiskelijoista miellyttävämpää tai hyödyllisempää kuin koodaus yksin (2/7).

Kaksi opiskelijaa lisäsi oman vastauksen monivalintakysymyksen kenttään muuta. Toinen heistä piti hyödyllisimpänä sitä, että kurssitapaamisten ulkopuolella pystyi kysymään opettajalta tai keskustelemaan hänen kanssaan. Toinen taas nosti erikseen esille

asiantuntevan henkilökohtaisen ohjauksen ja hyvät selitykset. Jälkimmäinen kommentti kuvastaa erityisesti edistyneiden oppilaiden tilannetta. Myös omasta mielestämme yhteistyö opettaja–asiantuntijatyöparina oli kurssin rikkaus, joka myös mahdollisti tehokkaan eriyttämisen.

#### **11.5.3.4 Mitä olisi voinut tehdä toisin – toivomuksia ja parannusehdotuksia**

Kaksi opiskelijaa käytti hyväkseen palautelomakkeen mahdollisuuden antaa parannusehdotuksia. Toinen olisi toivonut, että kurssi olisi ollut aloittelijaystävällisempi. Toinen taas olisi toivonut, että alussa olisi esitetty enemmän esimerkkejä erilaisista ohjelmista, joista olisi itse voinut katsoa miten ne toimivat käytännössä. Hänestä myös tehtävien määrää olisi voinut karsia ja tehtävämonisteet olisivat voineet olla sähköisiä, koska paperiset katoavat helposti.

#### **11.5.4 Itsearviointitulokset**

Itsearvioinnissa meitä kiinnosti erityisesti se, muuttiko kurssi opiskelijoiden käsityksiä ohjelmoinnista. Lisäksi halusimme tietää, mikä kurssilla oli opiskelijoille merkityksellisintä ja kuinka he aikovat hyödyntää oppimaansa kurssin jälkeen. Itsearviointilomakkeen palautti kuusi opiskelijaa.

Osa opiskelijoista kertoi kurssin muuttaneen heidän käsityksiään ohjelmoinnista. Yksi opiskelija kirjoitti, että ennen kurssia hän piti ohjelmointia aika tylsänä. Kurssilla hän kuitenkin havaitsi, että se on kiinnostavaa ja hauskaa. Hänen mielestään onnistuimme esittämään ohjelmoinnin helpoksi. Toinen taas kertoi kurssin yllättäneen hänet. Se ei ollut samanlainen kuin hänen aiemmin kokemansa. Opetusmenetelmä ja kieli olivat erilaiset. Ainoa itsearvioinnin palauttanut vasta-alkaja totesi, että kurssin jälkeenkin ohjelmointi on hänestä edelleen mielenkiintoista, mutta hän oli havainnut sen myös työlääksi. Kokeneempien ohjelmoijien käsitys ohjelmoinnista ei juurikaan muuttunut. He kuvailivat ohjelmointia kivaksi, luovaksi ja kehittäväksi. Yksi heistä kertoi kurssilla kiinnostuneensa funktionaalisista ohjelmointikielistä ja ryhtyneensä opiskelemaan Haskellia. Huomasimme, että kurssin aikana tai jo siitä tiedotettaessa koululle alkoi syntyä funktionaalisten kielten opiskelijoiden yhteisö, jossa Haskell oli vahvasti edustettuna.

Merkityksellisimmäksi opiskelijat kokivat oikea-aikaisen avun, uuden ohjelmointikielen oppimisen ja sen ominaisuuksien kokeilemisen, opetuksen laadun, onnistumiset ja ohjelmointiprojektit, joiden tekeminen antoi mahdollisuuden ymmärtää funktionaalisen ohjelmoinnin oikeaa käyttöä.

Viisi kuudesta vastaajasta aikoi jatkaa funktionaalista ohjelmointia vähintään joskus. Ainoastaan loppupalautteeseen vastannut aloittelija oli epävarma eikä oikein tiennyt, kuinka hyödyntäisi oppimaansa. Kaksi opiskelijaa ilmoitti jatkavansa ohjelmoinnin opiskelua kurssin pohjalta. Yksi arveli käyttävänsä Elmiä joskus. Kahden suunnitelmat olivat yksityiskohtaisempia. Toinen heistä suunnitteli tekevänsä tulevaisuudessa Datatähti-tehtäviä Haskellilla. Toinen taas kertoi todennäköisesti hyödyntävänsä funktionaalisia ohjelmointikieliä tai funktionaalistyylistä ohjelmointia kesätöissään.

### **11.5.5 Omat havaintomme**

Kurssilla oli mukana loppuun asti kahdeksan opiskelijaa. Kolme kurssille ilmoittautunutta keskeytti parin kurssikerran jälkeen. Keskeyttäjät olivat ohjelmoinnin aloittelijoita tai osasivat ennestään korkeintaan ohjelmoinnin alkeet. Oma arviomme opettajina oli, että keskeyttäminen johtui kiinnostuksen puutteesta tai siitä, että keskeyttäneet kokivat kurssin raskaaksi. Yksi keskeyttäneistä kertoikin todenneensa, että hänellä ei ollutkaan juuri nyt motivaatiota syventyä ohjelmointiin. Hän koki kuitenkin saaneensa oppitunneilla riittävästi tukea ja apua. Yksi keskeyttäneistä mainitsi syyksi aikatauluongelmat.

Kurssin loppupuoliskolla jaoinme kurssilaiset kahteen ryhmään, joista osa teki perustehtäviä omaan tahtiinsa ja osa työsti toisessa luokassa ohjelmointiprojekteja. Lisäksi tarjosimme tukimuotona etäapua oppituntien välillä kurssin alussa perustetun Telegram-ryhmän kautta. Eriyttämisestä huolimatta yksi aloittelija lakkasi käymästä oppitunneilla. Ehkä hän luovutti, koska kurssin suoritusmerkinnän saaminen olisikin vaatinut enemmän ponnistelua ja läsnäoloa kuin hän oli varautunut panostamaan. Oppimisen hinta oli liian kova.

Ensimmäisen tunnin unplugged-aktiviteettiin kaikki osallistuivat innokkaasti. Myös keskustelu siitä, mikä on ohjelma, oli onnistunut ja herätti selvästi ajatuksia. Sen sijaan systemaattisen ongelman ratkaisun reseptin soveltaminen ohjelmoinnin ulkopuoliseen maailmaan ei samalla tavalla kiinnostanut opiskelijoita.

Funktion suunnittelureseptin ajatuksena oli vähentää ohjelmointiin liittyvää mystiikkaa – tehdä siitä taito, jonka voi oppia vaiheittain etenevää reseptiä seuraamalla. Kurssin edistyneet opiskelijat eivät osoittaneet aluksi kovinkaan suurta kiinnostusta reseptiä kohtaan, mikä johtui varmasti osaltaan siitä, että esimerkkeinä käytetyt ohjelmointitehtävät olivat hyvin yksinkertaisia. Aloittelijoita ja vähemmän kokeneita ohjelmoijia opastaessamme jatkoimme sinnikkäästi reseptin soveltamista. Varsinkin rekursiota vaativan listojen käsittelyn opettamisessa ja sisäistämisessä reseptistä oli huomattavasti hyötyä. Sen avulla pystyi helposti osoittamaan, että listojen käsittely noudattaa samaa ”kaavaa” tapauksesta riippumatta. (Lisää reseptistä ja sen listoille sovelletusta versiosta Felleisen ym., 2014.)

## 11.6 Johtopäätökset

Opetusmonisteiden käyttö oli suhteellisen toimiva ratkaisu. Opiskelijat pystyivät etenemään omaan tahtiinsa ja tekivät ahkerasti tehtäviä. Toisaalta osa kaipasi mallivastauksia varsinkin ensimmäisten tuntien monisteisiin, koska pelkästään paperilla tehtävissä harjoituksissa varmistusta ei tullut ohjelmointiympäristöstä. Osalle riitti se, että opettajilta saattoi aina kysyä, jos oli epävarma ratkaisustaan. Tulevaisuudessa kannattaisi järjestää mahdollisuus tehtävien itsenäiseen tarkastukseen esimerkiksi antamalla käyttöön mallivastaukset.

Opiskelumonisteiden käytössä jäi mietityttämään se, että kaikki eivät vaikuttaneet riittävän itseohjautuvilta siihen, että he olisivat itsenäisesti lukeneet opetusmonisteiden teoriaosuuksia. Varsinkin poissaoloista syntyi tietoaukkoja, joita useimmat opiskelijat eivät paikanneet omatoimisella opiskelulla kurssikertojen ulkopuolella. Itseohjautuvuudessa oli huomattavia eroja opiskelijoiden kesken. Lukiolaiset eivät automaattisesti olleet siinä suhteessa kypsempiä kuin yläkoululaiset.

Kurssin lähtökohtana oli, että emme anna kotitehtäviä. Päätös liittyi siihen, että kurssi oli valinnainen. Peruskoululaisille se oli kerho, joten heidän osallistumisensa perustui täysin harrastuneisuuteen ja kiinnostukseen. Kotitehtävättömyys kuitenkin johti siihen, että kurssilla ei ehditty harjoitella ohjelmointia kovin paljon, koska osa ajasta meni teoriaasioiden selostamiseen ja lukemiseen. Uskoisin, että käänteinen opetus, jossa opiskelijat tutustuvat teoriaan monisteista kotona, olisi voinut toimia paremmin. Käänteiseen käytäntöön siirtyminen olisi ollut helppoa, koska kurssin oppimateriaali oli valmiina

monisteina, jotka runsaine koodiesimerkkeineen olisivat toimineet itseopiskeluun sopivana oppikirjana.

Jos kurssilla olisi ollut pelkästään vasta-alkajia, olisi varmaankin ollut syytä edetä hitaammin ja todennäköisesti esitellä rajatumpi kokonaisuus käytetystä ohjelmointikielestä. Aloittelijoiden kanssa olisi voinut keskittyä esimerkiksi pelkästään Elmillä piirtämiseen tai tarjota valmiita funktioita ja ohjelmia muokattavaksi. Nyt kävimme systemaattisesti läpi ohjelmoinnin peruskäsitteitä ja Elm-kielen rakenteita. Ajatuksena oli tarjota tiivis paketti, jonka turvin ohjelmointiharrastusta voisi jatkaa omin päin Internetin resursseja hyödyntäen. Aloittelijoille olisi kuitenkin voinut riittää kurssi, jolla opitaan peruskäsitteitä toiminnallisesti aktivoivien keskustelujen ja unplugged-aktiiviteettien kautta ja harjoitellaan koodin lukemista sekä rohkaistaan toimimaan sen kanssa, eikä niinkään opeteta tuottamaan koodia tyhjästä. Oma lopputuotos voisi olla vaikka ohjelmoimalla tuotettu kuvio tai pikkuanimaatio. Tällainen ratkaisu olisi kuitenkin vaatinut sitä, että olisi saatu järjestettyä pelkästään aloittelijoille suunnattu kurssi. Ennakko-odotuksemme oli, että sellaiselle ei saataisi riittävästi ilmoittautumisia.

Loppupalautteen mukaan kolme opiskelijaa seitsemästä koki parityöskentelyn erityisen mielekkäänä työtapana. Parikoodaukseen voisikin kiinnittää koulujen kursseilla enemmän huomiota. Omat kokemuksemme vahvistavat kirjallisuudessa esitettyä näkemystä, että parikoodaus on tehokas työskentelytapa, joka lisää opiskelijoiden itseluottamusta ja toimii parhaiten silloin, kun parin osapuolilla on suunnilleen yhtä paljon ohjelmointiosaamista (Hanks, Fitzgerald, McCauley, Murphy & Zander 2011). Silloin pari tuntee mielekkäällä tavalla täydentävänsä toisiaan, ja vuorovaikutus toimii ilman pohdintoja omasta huonommuudesta tai paremmuudesta. Vasta-alkajat eivät kurssillamme edes halunneet työskennellä konkarien kanssa. Sen sijaan tasavahvan parin kanssa syntyi keskustelua tehtävistä, ja toinen saattoi auttaa eteenpäin kohdassa, jossa yksin olisi jäänyt jumiin. Williamsin ja Kesslerin (2001) havaintojen mukaan parityöskentely myös parantaa palautettujen ohjelmointitehtävien laatua. Kun heidän kursseillaan työtapana oli pariohjelmointi, jopa vähiten motivoituneet opiskelijat suoriutuvat hyvin ohjelmointiprojekteista.

### 11.6.1 Opetuksen haasteita

Kurssilaisten lähtötason suuri hajonta oli haaste, mutta vastasi varmaankin hyvin ohjelmointikurssien todellisuutta. Pyrimme vastaamaan haasteeseen jo suunnitteluvaiheessa tekemällä oppimateriaalista omatahtiseen opiskeluun soveltuvan. Lisäksi kielen rakenteiden esittelyn jälkeen kukin saattoi edetä ohjelmointiprojekteissa itselleen sopivalla omatoimisuuden tasolla. Lisäksi jaoin ryhmän pari kertaa kahteen osaan. Edistyneemmät ratkoivat lisätehtäviä erillisessä tilassa samaan aikaan kuin vasta-alkajat tekivät opettajan avustamana perustehtäviä. Yhteisopettajuus, jossa toinen opettajista oli edistynyt tietotekniikan asiantuntija ja toinen vastasi pedagogiikasta, mahdollisti runsaan eriyttämisen. Lisäksi tietotekniikan asiantuntija pystyi tehokkaasti ruokkimaan hyvin edistyneiden opiskelijoiden kiinnostusta.

Kurssilaisissa aloittelijat olivat vähemmistössä. Kurssin alkaessa 15 opiskelijan ryhmässä oli vain kolme vasta-alkajaa. He kokivat kurssin vaikeaksi ja olisivat varmaankin välillä tarvinneet enemmän henkilökohtaista ohjausta. Vaikka ryhmässä oli salliva ja avoin ilmapiiri ja oppilaat kyselivät paljon, aloittelijoiden ajatuksille ja kysymyksille oli vähemmän tilaa. Toisaalta tarjosimme mahdollisuuden pyytää neuvoa tehtäviin myös kurssikertojen ulkopuolella, mutta aivan vasta-alkajat eivät tarttuneet siihen. Oli hienoa, että kaksi aloittelijaa uskalsi jatkaa melkein loppuun asti hyvinkin edistyneiden joukossa. Yritimme tehdä selväksi, että kaikkea ei ole tarkoitus omaksua heti, vaan toivomme, että jokainen oppii jotakin uutta. Kurssin loppupuoliskolla tarjosimme kaksi etenemisvaihtoehtoa. Osa teki nopeaan tahtiin kurssilla vaaditut pakolliset tehtävät ja siirtyi sitten vapaamuotoisempiin ohjelmointiprojekteihin, osa teki kurssin tehtäviä hitaammassa tahdissa ja jätti vaativimmat projektit väliin.

Uskomme, että yhteisopettajuus on tulevaisuudessa hyödyllinen työtapana. Ohjelmoinnin asiantuntijan mukana oleminen tekee kurssista myös ohjelmointia entuudestaan osaaville mielekkään. Harrastuneella asiantuntijalla on syvä näkemys ohjelmoinnista. Hän hallitsee ohjelmointiympäristöt ja tekniikan ja pystyy myös improvisoiden kehittämään esimerkkejä ja tehtäviä. Kurssilla ei mene aikaa tekniikan parissa taistelemiseen. Asiantuntijan johdolla myös harrastuneet ja erityislahjakkaat pääsevät syventämään taitojaan ja kehittämään täyteen mittaansa.

Voi olla, että tietotekniikan valinnaisten kurssien kohdalla on yleistä, että niille tulevat jo valmiiksi harrastuneet opiskelijat. Se kuitenkin vain kasvattaa nuorten osaamiseroja tietotekniikassa, mikä on huolestuttavaa, sillä tulevaisuuden yhteiskunnassa ainakin jonkinasteinen tietotekniikan ymmärrys on osallisuuden edellytys. Mistä saataisiin aloittelijoille enemmän rohkeutta ja innostusta valita tietoteknisiä kursseja? Pitäisikö heille perustaa omia ryhmiä, joihin otetaan pelkästään aloittelijoita?

## **11.6.2 Visuaalinen ohjelmointi vauhdittamaan oppimista**

Kuten jo edellä totesimme, visuaalinen ohjelmointiympäristö keventää ohjelmoinnin aloittelijan kognitiivista kuormaa. Joonatan Saarhelo on kehittämässä visuaalista Elmiin pohjautuvaa ohjelmointiympäristöä opetuskäyttöön. Tässä kuvatulla kurssilla sitä ei päästy vielä täysimääräisesti hyödyntämään, mutta keräsimme alustavia käyttökokemuksia. Tulevaisuudessa lähtisimme kehittämään opetusta siten, että ainakin alkuvaiheessa visuaalisella ohjelmointiympäristöllä olisi merkittävä rooli.

### **11.6.2.1 Turhauttavat virheilmoitukset aloittelijan kiusana**

Visuaalisen ohjelmointiympäristön kehitystyö lähti ohjelmointikerhoissa ja peruskoulun tietotekniikan tunneilla tehdyistä havainnosta (imperatiivisen) ohjelmoinnin oppimisen haasteellisuudesta. Tyypillisesti oppilaat kokevat ohjelmoinnin hankalaksi, koska ohjelmakoodin pitää noudattaa tiukkoja sääntöjä. Se voi myös ohjata huomion epäolennaisuuksiin. Esimerkiksi Go:ta opiskelevat oppilaat oppivat, että tiedosto tulee aloittaa "package main".

Varsin selkeätkin virheilmoitukset voivat olla oppilaille ylivoimaisia. Nekin oppilaat, jotka osaavat englantia hyvin, eivät aina ymmärrä ohjelmointikielen osaamista vaativia virheilmoituksia. Monet eivät edes lue virheilmoituksia. Heille tekstimuotoisen palautteen yhdistäminen ohjelmakoodiin on liian vaikeaa.

Käännösaikaisia tyyppivirheitä on erityisen vaikea hyväksyä, sillä ne eivät anna konkreettista esimerkkiä ongelmasta. Toisaalta tyyppijärjestelmä kieltää tekemästä asioita, joissa ei suoritusajana olisi mitään vikaa. Kääntäjä ei esimerkiksi voi tietää, että tietty lista ei ole koskaan tyhjä.

Python pyrkii olemaan ihmisystävällinen ohjelmointikieli. Siinä kaikki tyyppivirheet tulevat vasta ajon aikana, ja ohjelmoijalle esitetään konkreettisia todisteita. Silloin tyyppivirheet on helppo hyväksyä. Ajonaikainen tyyppitys tekee ohjelmien muokkaamisesta työlästä, sillä yhden kohdan muuttaminen luo muutostarpeita myös muualle, ja yhdenkin muutoksen laiminlyöminen saa ohjelman jälleen kaatumaan.

Aloittelijoille suunniteltu palikkaohjelmointiympäristö *Scratch* puolestaan oikaisee tyyppien kohdalla. Tyyppejä on vain kaksi, numero ja merkkijono. Vaikka vertailu on mahdollista, totuusarvotyyppiä ei ole. Ajonaikaisia virheitä ei ole, koska esimerkiksi jos ohjelmoija käyttää virheellisesti merkkijonoa numerona, se tulkitaan nollassi. Lista on ainoa tietorakenne, mutta Scratchissa lista ei voi sisältää listoja. Elm osoittaa, että ajonaikaiset virheet voi välttää ilman, että riisuu kielen tietorakenteista ja funktioista.

Elmin kaltaisessa kielessä kokeneeltakin ohjelmoijalta kuluu paljon aikaa tyyppivirheiden korjaamiseen. Virheen paikantaminen ei aina ole yksioikoista, koska tyyppivirheen alkuperää ei voi päätellä virheilmoituksesta. Kääntäjä vain valitsee kaksi lauseketta, joiden tyytit ovat ristiriidassa. Jos koodieditori ehkäisisi tällaiset tilanteet ennalta, hankalalta korjaustyöltä vältyttäisiin.

Joonatan Saarhelon kehittämässä visuaalisessa ohjelmointiympäristössä ohjelmoija ei voi tehdä tyyppivirheitä, koska ohjelmointipalikkaan voi aina kiinnittää vain siihen sopivia palikoita. Palikan tyytin tunnistaa sen ulkonäöstä. Virhe tulee siis ilmi jo ennen kuin sen ehtii tehdä. Koska palikkaohjelmointiympäristö jo sinänsä karsii syntaksivirheet, mahdollisista virhetilanteista enää semanttiset virheet ja ikuiset silmukat ovat mahdollisia. Ohjelmoija pääsee suoraan kokeilemaan koodiaan joutumatta ensin painiskelemaan virheilmoitusten parissa. Näin oppilas saa välittömästi palautteen oppimisen kannalta olennaisesta, eli ohjelmansa logiikasta. Se auttaa opiskelijaa keskittymään ajattelun taitojen harjoitteluun.

Vaikka tulevaisuudessa käyttäisimme pääasiassa visuaalista ohjelmointiympäristöä, olemme sitä mieltä, että opetusmateriaalin kodiesimerkit kannattaa esittää tekstinä. Silloin oppilas tutustuu tekstuaaliseen koodiin heti ja joutuu palikkaohjelmointiympäristössä työskennellessään ”kääntämään” ohjelman mielessään palikoiksi. Silloin puhdas koodin kopioiminenkin on mielenkiintoista ja vaatii

syväisempää ajattelua kuin tavallisessa ohjelmointiympäristössä toteutettu pelkkä kirjain kirjaimelta kopioiminen.

## 11.7 Lähteet

Chakravarty, Manuel M. T. ja Keller, Gabriele C. (2004). The risks and benefits of teaching purely functional programming in first year. *Journal of Functional Programming* 14(1), 113 - 123.

Czaplicki Evan *An Introduction to Elm*. Luettavissa: <https://guide.elm-lang.org/> [viitattu 14.3.2018].

Czaplicki Evan (2015). *Let's be mainstream! User focused design in Elm*. Esitys 7.7.2015 Curry On -konferenssissa Prahassa. Katsottavissa osoitteessa: <http://www.elmbark.com/2016/03/16/mainstream-elm-user-focused-design> [viitattu 23.5.2018].

CS-unplugged-sivusto *Marching orders* -aktiiviteetti. Luettavissa: <https://classic.csunplugged.org/programming-languages/> [viitattu 15.3.2018].

Feldman, Richard (2017). *Elm in production*. Youtube-video, katsottavissa osoitteessa: <https://www.youtube.com/watch?v=XsNk5aOpqUc> [viitattu 25.5.2018].

Feldman, Richard (2017). (tekeillä): *Elm in Action*. Version 4, Manning MEAP Edition (Manning Early Access Program). E-kirja. Shelter Island: Manning Publications.

Ellie - live editor. <https://ellie-app.com/>

Felleisen, Matthias; Findler, Robert Bruce; Flatt, Matthew; Krishnamurthi, Shriram (2014). *How to Design Programs*. Second edition. Cambridge: MIT Press. E-kirja, luettavissa: <https://htdp.org/>

Guzdial, Mark (2011). From Science to Engineering – Exploring the Dual Nature of Computing Education Research. *Communications of the ACM* 54(2), 37–39.

Halinen, Irmeli; Hotulainen, Risto; Kauppinen, Eija; Nilivaara, Päivi; Raami, Asta ja Vainikainen, Mari-Pauliina (2016). *Ajattelun taidot ja oppiminen*. Jyväskylä: PS-kustannus.

- Hanks, Brian; Fitzgerald, Sue, McCauley, Renée; Murphy, Laurie ja Zander, Carol (2011). Pair Programming in Education: a literature review. *Computer Science Education* 21(2), 135–173.
- Hazzan, Orit; Lapidot, Tami ja Ragonis, Noa (2014). *Guide to Teaching Computer Science. An Activity-Based Approach*. 2nd edition. London: Springer.
- Kaarakainen, Meri-Tuulia; Kivinen, Osmo; Hutri, Heikki (2015). Pelit ja pelaaminen sosiaalisena oppimisympäristönä. *Pelitutkimuksen vuosikirja 2015*, 4–22.
- Kaipiainen, Arttu (2016). *Funktionaalinen ohjelmointi web-ohjelmistokehityksessä*. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto: Tampere.
- Lapidot, Tami; Levy, Dalit; Paz, Tamar (2000). Teaching Functional Programming for High School Students. *Proceedings International Conference on Mathematics / Science Education and Technology*.
- McCauley, Renée; Grissom, Scott; Fitzgerald, Sue ja Murphy, Laurie (2015). Teaching and learning recursive programming: a review of the research literature. *Computer Science Education* 25(1), 37–66.
- Mirola, Claudio (2011). Is iteration Really Easier to Master than Recursion? An Investigation in a Functional-First CS1 Context. *Proceedings of the 16th annual joint conference on Innovation and technology in computer science education*. ACM Digital Library.
- Mirola, Claudio (2012). Is iteration Really Easier to Learn than Recursion for CS1 Students? *Proceedings of the ninth annual international conference on International computing education research*. ACM Digital Library.
- Robins, Anthony; Rountree, Janet; Routree, Nathan (2003). Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion. *Computer Science Education* 13(2), 137–172.
- RUSE Turun yliopiston koulutussosiologian tutkimuskeskus. *Nuorten ICT-taidoissa hälyttäviä eroja*. Tiedote ICT-taitotestien alustavista tuloksista. <http://www.utu.fi/fi/Ajankohtaista/Uutiset/Sivut/Nuorten-ICT-taidoissa-halyttavia-eroja.aspx> [viitattu 21.3.2018].

- Sorva, Juha (2012). Visual Program Simulation in Introductory Programming Education. *Aalto University publication series Doctoral Dissertations 61*.
- Vasalampi, Kati (2017). Itsemääräämisteoria. Teoksessa Salmela-Aro, K ja Nurmi, J-E (2017) *Mikä meitä liikuttaa. Motivaatiopsykologian perusteet*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Vesanen, Ari *Ohjelmointikielten periaatteet: Funktionaalinen ohjelmointi*. Oulun yliopiston kurssin 815338A luentomateriaali, ladattava pdf-tiedosto: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjY1teQ29zbAhVBEpoKHY5SAmIQFggmMAA&url=https%3A%2F%2Fnoppa.oulu.fi%2Fnoppa%2Fkurssi%2F815338a%2Fluennot%2F815338A\\_funktionaalinen\\_ohjelmointi\\_-\\_luentomateriaali.pdf&usg=AOvVaw29Mal2Woyp8to7TaOYJb8S](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjY1teQ29zbAhVBEpoKHY5SAmIQFggmMAA&url=https%3A%2F%2Fnoppa.oulu.fi%2Fnoppa%2Fkurssi%2F815338a%2Fluennot%2F815338A_funktionaalinen_ohjelmointi_-_luentomateriaali.pdf&usg=AOvVaw29Mal2Woyp8to7TaOYJb8S) [viitattu 11.9.2017].
- Williams, Laurie A. ja Kessler, Robert R. (2001). Experiment with Industry's "Pair-Programming" Model in the Computer Science Classroom. *Computer Science Education* 11(1), 7–20.

# **12 Uusien teknologioiden opetus korkea-asteen oppilaitoksissa. Opetusmateriaali mobiiliverkkoihin pohjautuvista teollisen internetin teknologioista**

*Tuija Hurtta*

## **12.1 Johdanto**

Korkea-asteen oppilaitoksissa, ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa, on tärkeää mahdollistaa vuosikausia opettujen aineiden rinnalla myös sellaisten uusien teknologioiden opetusta, joiden perustiedoista opiskelijoille on hyötyä työelämään siirtyessään. Uudet teknologiat saattavat olla hyvinkin tuoreita, ja niistä voi olla vaikea löytää opetusmateriaalia. Internetistä saattaa löytyä materiaalia, mutta siitä on opetukseen osattava löytää oleellinen. Se voi osoittautua hyvinkin haasteelliseksi, mikäli ei ole kokemusta siitä, mistä etsiä, tai tietoa siitä, mikä saatavilla olevassa materiaalissa on enemmän ja mikä vähemmän tärkeää.

Tässä seminaarityössä kuvaan uusien teknologioiden opetusmateriaalin laadinta- ja muokkausprosessia. Pidin Metropoliassa luentoja mobiiliverkkoihin perustuvista uusista teknologioista, jotka on suunniteltu vastaamaan teollisen internetin/ esineiden internetin tarpeisiin. Koska valmista opetusmateriaalia ei ollut, tein sitä itse. Teen työtä näiden teknologioiden parissa, joten luentojen aihe oli minulle tuttu. Pidin suunnilleen samansisältöisiä luentoja useille ryhmille, yleensä yhden luentokerran per ryhmä. Luentoihin valmistautumisesta ja luennoista pidin päiväkirjaa, johon kirjoitin luentomateriaalin laadintaan ja muokkaukseen, luentojen kulkuun sekä opiskelijoihin ja heidän aktiivisuuteensa liittyviä havaintojani. Muokkasin materiaalia luentojen välissä opetukseen sopivammaksi. Metropolian lisäksi olen pitänyt samanlaisia luentoja muuallakin. Olenkin pystynyt hyödyntämään opetusmateriaalia moneen kertaan, sitä sopivasti muokaten.

Tämän seminaarityön kappaleessa 12.2 annan esimerkkejä siitä, miten teollinen internet/ esineiden internet näkyy korkea-asteen oppilaitosten opetustarjonnassa. Kappaleessa 12.3 kuvaan opetusmateriaalin valmistelua ja muokkausta aina vaan paremmin opetukseen

sopivaksi. Suunnittelin myös opetukseen sopivan harjoitustyön, jota kuvaan kappaleessa 12.4. Kappale 12.5 käsittelee oppimisen arviointia. Lopuksi kappaleessa 12.6 esitän omia pohdintojani siitä, millainen on hyvä opetusmateriaali.

## **12.2 Teollinen internet/ esineiden internet korkea-asteen oppilaitosten opetuksessa**

Teollisessa internetissä/ esineiden internetissä (käytän tässä seminaarityössä molemmista termiä Internet of Things, IoT) erilaiset älykkäät laitteet keräävät tietoa tilastaan ja ympäristöstään esimerkiksi sensorien avulla ja välittävät tietoa Internetin yli sovelluksille, jotka on usein toteutettu pilvessä (cloud). IoT-laitteet tarvitsevat jonkinlaisen yhteyden, jotta ne voivat kommunikoida Internetin yli. Yhteyden muodostamiseen on olemassa monia eri teknologioita. Usein IoT-laitteiden käytössä on jokin lyhyen kantaman teknologia (short range technology), esimerkiksi langaton lähiverkko (Wireless Local Area Network, WLAN). Toisaalta myös mobiiliverkkoihin perustuvat yhteydet IoT-laitteille ovat yleistymässä. Erityisesti 4G-mobiiliverkkoihin perustuviin NB-IoT- (NarrowBand Internet of Things) ja Cat-M-teknologioihin on kiinnostusta markkinoilla, ja niitä ollaan ottamassa käyttöön maailmanlaajuisesti. (Markkanen, 2017.)

Työn tekeminen ja työelämän osaamistarpeet muuttuvat digitalisaation ja teknologian nopean kehityksen myötä. Teknologiateollisuuden tuoreessa raportissa IoT on yksi yritysten esille nostamista tärkeistä osaamisalueista (Teknologiateollisuus, 2018). Osaamisen kehittämisessä korkea-asteen oppilaitokset ovat avainasemassa.

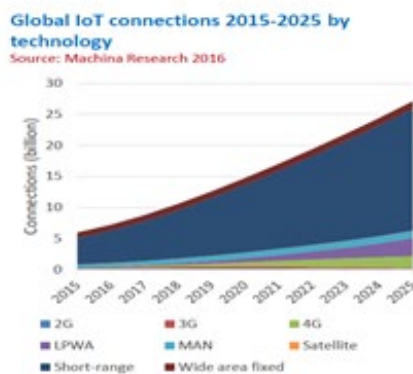
IoT ja sen mahdollistamat uudet teknologiat näkyvät jo nykyään korkea-asteen oppilaitosten opetustarjonnassa. Metropolia, jossa kävin luennoimassa, IoT & Cloud Computing on yhtenä pääainevaihtoehtona tieto- ja viestintäteknikan insinööreille (Metropolia, 2018). Teorian lisäksi Metropoliaassa opiskelijat pääsevät tekemään käytännönläheisiä harjoitustöitä ja -projekteja, ja minäkin sain kokemusta tältä osalta. IoT näkyy myös yliopistojen opetustarjonnassa, sekä kursseilla että harjoitustöissä. Aalto-yliopistossa on jopa Teollisen Internetin kampus, joka luo opiskelijoille, tutkijoille ja yrityksille yhteistyömahdollisuuksia teollisen internetin alalla (Aalto, 2018).

## 12.3 Luentomateriaalin valmistelu ja muokkaus

Metropolian luentoja varten pyrin etukäteen opettajilta kyselemällä selvittämään opiskelijoiden lähtötason luentojen aiheena olevista teknologioista. Pyrin selvittämään, mitä opiskelijoille oli jo kurssilla opetettu ja miten saisin oman osani parhaiten sopimaan kurssin kokonaisuuteen. Koska suurimmalla osalla opiskelijoista ei ollut aikaisempaa tietoa luentojen aiheista, pyrin suunnittelemaan opetusmateriaalin siten, että se oli helposti omaksuttavaa, monipuolisesti aiheita käsittelevää eikä mennyt liian syvälle teknisiin yksityiskohtiin.

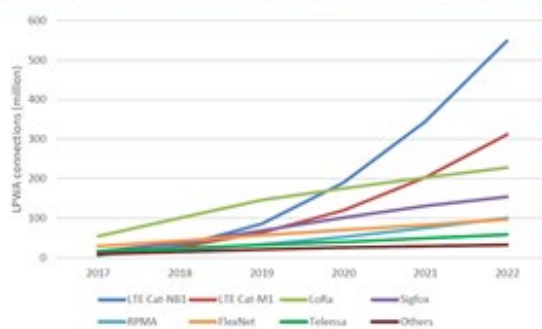
Opetusmateriaalissa halusin aluksi motivoida opiskelijoita uusien IoT-teknologioiden tärkeydestä. Useat IoT-teknologioita tutkivat yritykset ovat tehneet ennusteita siitä, miten tärkeiksi eri IoT-teknologiat muodostuvat tulevaisuudessa. Työni puolesta minulla on pääsy näiden yritysten materiaaleihin. Käytin luentomateriaaliini Machina Researchin ennusteita, jotka on esitetty alla (Kuva 12-1) (Markkanen, 2017). Niiden mukaan NB-IoT- ja Cat-M-teknologioiden käyttö IoT-laitteiden yhteyksiin kasvaa huomattavasti vuoteen 2022 mennessä, minkä vuoksi on hyödyllistä ymmärtää oleelliset asiat IoT-teknologioista.

### IoT connections divided by technologies



Majority of IoT connections will use short-range technologies in 2025 (72%)  
11% of IoT connections will use LPWA technologies

Figure 3: LPWA Technologies by Installed Base, 2017-2022 [Source: Machina Research, 2017]



NB-IoT and LTE-M will collectively exceed 50% of the LPWA market within next 5 years

Kuva 12-1. Ennusteet eri IoT-teknologioiden käytöstä tulevaisuudessa.

Jotta luennot eivät olisi jääneet liian teoreettisiksi, pyrin jokaisen uuden ryhmän kohdalla kertomaan opiskelijoille, mihin uusia IoT-teknologioita voi oikeasti käyttää. Samaisen

Machina Researchin ennusteita käyttämällä syntyi taulukko käyttökohteista. Taulukko on esitetty alla (Kuva 12-2). Taulukossa uusien IoT-teknologioiden tärkeimmiksi käyttökohteiksi on ennustettu lämmitykseen, ilmanvaihtoon tai ilmastointiin liittyvät ohjauspaneelit, palohälyttimet, älykkäät kaasu-, vesi-, ja sähkömittarit sekä katuvalaisimet. Näiden käyttökohteiden IoT-laitteet pysyvät paikallaan ja lähettävät yleensä pienen määrän dataa sovelluksille Internetin yli. IoT-teknologiat on voitu suunnitella ottamalla nämä erityispiirteet huomioon.

### TOP20 LPWA use case categories

Use case categories	Connections (M) 2020
Commercial HVAC*, control panels, controlled devices, alarms, fire alarms, others	129,8
Residential HVAC*, control panels, controlled devices, alarms, fire alarms, others	129,0
Gas, Water, Electricity, Residential, Business	124,7
Street lighting	86,5
Crop, Livestock Management (Agriculture)	36,8
Parking, Parking Payment, In-Car Congestion & Toll devices	27,3
Field Force Efficiency, Equipment Location Monitoring	23,1
Heart Disease, Diabetes, Pulmonary Disease Monitoring	16,1
Lost Item Finders, Information Devices, Asset Location Monitoring	9,0
Infrastructure and Environmental Monitoring	8,8
Connected Scales, Non-Clinical Health Monitoring	6,8
Solar panels	5,5
Monitoring & Control, Location	5,4
Monitoring	5,4
Inventory Management & Usage Monitoring	4,8
Hospital Tracking	4,7
Goods removal control	4,6
Usage-Based Insurance	4,0
Alarms	3,5
Stolen Vehicle Recovery	2,7
Venue Management	2,8

\* HVAC = Heating, ventilation, air conditioning

Source: Machine Research

In general, NB-IoT and LTE-M can be used for all the use case categories

NB-IoT suits well to use cases with small infrequent data transmission requirements

LTE-M suits well to use cases with medium data rate requirements and for use cases requiring voice support

Kuva 12-2. NB-IoT ja Cat-M teknologioiden 20 tärkeintä käyttökohdetta.

Jo ensimmäisellä luennolla huomasin, että opiskelijat halusivat keskustella aika yksityiskohtaisestikin IoT-teknologioiden käyttökohteista ja niihin liittyvistä laitteista. Tämä asetti minulle pienen haasteita, sillä IoT-laitteita lueteltuihin käyttökohteisiin on saatavilla vain rajoitetusti ja tarkempaa tietoa niistä on vaikea löytää. Pystyin kuitenkin kertomaan esimerkkejä joistakin IoT-laitteista.

Keskityin luentomateriaalissani kahteen IoT-teknologiaan, NB-IoT:hen ja Cat-M:ään. Halusin kuvata opiskelijoille näiden kahden teknologian tärkeimmät tekniset ominaisuudet ja samalla vertailla niiden eroja. Sitä varten koostin taulukon, josta niiden tekniset ominaisuudet selviävät. Taulukko on alla kuvassa (Kuva 12-3). Siitä näkee

teknologioiden vaatiman kapasiteetin mobiiliverkossa, bittinopeudet, eri vaihtoehdot käyttöönottoa ajatellen, liikkuvuuden tuen ja sen tukeeko teknologia puheen välitystä.

### LTE Based IoT Technologies: NB-IoT and CAT-M

	NB-IoT	CAT-M (LTE-M)
<b>Bandwidth</b>	180 kHz	1,08 MHz
<b>Max bitrate (DL/UL)</b>	Tens of kbps	300 kbps
<b>Link budget</b>	164 dB	156 dB
<b>Deployment modes</b>	Inband, Standalone, Guardband	Inband
<b>Mobility</b>	Idle mode mobility	Idle mode mobility + handover
<b>Voice support (VoLTE)</b>	No	Yes

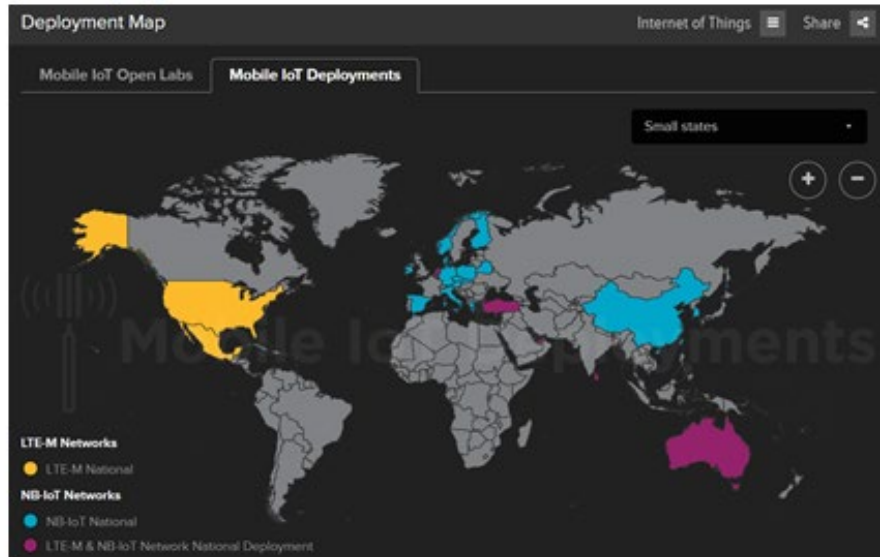
Kuva 12-3. NB-IoT ja Cat-M teknologioiden tärkeimmät tekniset ominaisuudet.

IoT-teknologioiden lisäksi minua pyydettiin luennoilla puhumaan 5G-mobiiliverkoista. Tämän sain kivasti liitettyä aiempaan IoT-opetusmateriaaliin, sillä IoT on yksi 5G:n tärkeimmistä käyttökohteista. 5G on vieläkin tuoreempi teknologia, sillä standardointi on vielä menossa ja 5G-mobiiliverkkoja vasta testataan. Olen ollut mukana tekemässä standardeja mobiiliverkkoihin, joten tiesin, mistä löydän 5G-mobiiliverkkoja kuvaavat standardit ja miten saan selville standardoinnin statuksen. Tämän pystyin sitten käymään opiskelijoiden kanssa läpi luennoilla.

Luentojen aikana halusin aktivoida opiskelijoita etsimään itse tietoa Internetistä. Halusin näyttää opiskelijoille, että IoT-teknologioita on oikeasti otettu käyttöön maailmalla. Tiesin, mistä löytyy ajantasainen tieto teknologioiden käyttöönotosta. Pyysin opiskelijoita tutkimaan GSMA:n (GSM Association) verkkosivustoa, josta löytyy tietoa siitä, missäpäin maailmaa ja kuinka monessa maassa näitä teknologioita on jo käytössä (GSMA, 2018). Pyysin opiskelijoita myös selvittämään, millaisia maantieteellisiä eroja teknologioiden käyttöönotossa näkyy ja mikä on esimerkiksi tilanne Suomessa. Olin itse pari päivää

aiemmin käynyt katsomassa samaisen tiedon internetistä ja siirtänyt sen kalvolle (Kuva 12-4).

### Mobile IoT Deployments



Kuva 12-4. NB-IoT ja Cat-M teknologioiden käyttöönotto maailmalla.

Suomen tilannetta kävimme tarkemmin läpi luennolla sen jälkeen, kun maailmankartalle ilmestyi tieto siitä, että NB-IoT teknologia on otettu käyttöön myös Suomessa. Etsin Internetistä ennen luentoa tietoa siitä, mihin teknologiaa aiotaan alkuun käyttää täällä meillä.

Käytin luennoilla opetusmateriaalina myös videoita. Etsin etukäteen Youtubesta IoT:stä ja 5G:stä kertovia videoita, ja valitsin sopivimmat. Videoiden näyttäminen vaati pääsyn Internetiin. Se osoittautui yhdellä luentokerralla haasteeksi, sillä emme saaneet opettajan kanssa tietokoneellani yhteyttä WLAN:iin. Yritimme näyttää videon opettajan tietokoneella, mutta emme saaneet ääniä toimimaan. Ratkaisin asian ottamalla Internet-yhteyden kännykkäni kautta, ja lopulta pystyin kuin pystyinkin näyttämään videon äänien kera omalta tietokoneeltani. Opin kantapäähän kautta, miten tärkeää on varmistaa Internet-yhteyden ja laitteiden toimivuus, jotta luentoja pystyy monipuolistamaan verkosta löytyvällä materiaalilla.

Tein luentomateriaalia mielelläni, ja käytin sen tekemiseen monta tuntia. Opin itsekin paljon uutta, varsinkin niistä osa-alueista, jotka eivät olleet minulle niin tuttuja työni

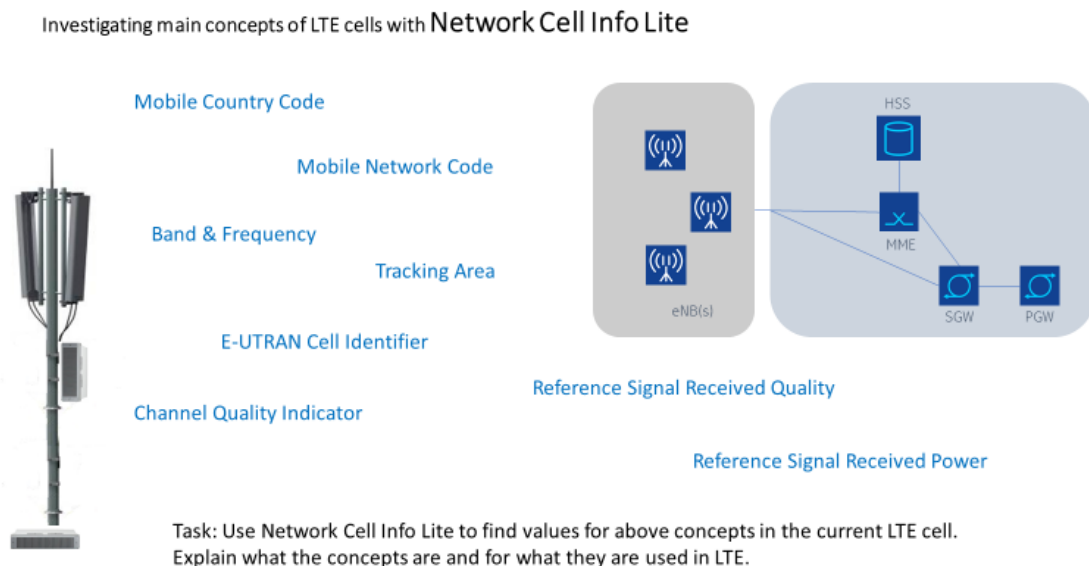
puolesta. Ensin on opittava itse, jotta opitun voi sitten jakaa muille. Nyt minulla on olemassa materiaalia, jota pystyn käyttämään myös työssäni.

## 12.4 Luentojen rikastuttaminen harjoitustyöllä

Luentojen lisäksi minua pyydettiin suunnittelemaan harjoitustyö 4G-mobiiliverkkojen kurssille. Halusin harjoitustyössä tehtävän jotain konkreettista. Halusin myös linkittää harjoitustyön IoT-teknologioihin, joihin minun oli tarkoitus keskittyä luennoilla.

Mietin aika pitkään sopivaa työskentelytapaa harjoitustyölle. Selvitin, millaisia applikaatioita kännyköille on saatavissa ilmaiseksi ja mitä niiden avulla voi oppia. Latsin itse sopivalta tuntuvan applikaation kännykkääni ja tutkin, mitä 4G-mobiiliverkoista sen avulla saa selville.

Päädyin siihen, että harjoitustyö tehdään käyttämällä Network Cell Info Lite -applikaatiota. Sen avulla opiskelijoille on mahdollista opettaa 4G-solun tärkeimpiä käsitteitä ja tunnisteita, joiden ymmärrystä tarvitaan myös mobiiliverkkoihin pohjautuvissa IoT-teknologioissa. Pyysin opiskelijoita selvittämään applikaation avulla arvot tietyille käsitteille ja tunnisteille ja lisäksi sen, miksi näitä käsitteitä ja tunnisteita 4G-mobiiliverkoissa tarvitaan ja mihin niitä käytetään. Alla on esitetty harjoitustyön tehtävänanto (Kuva 12-5).



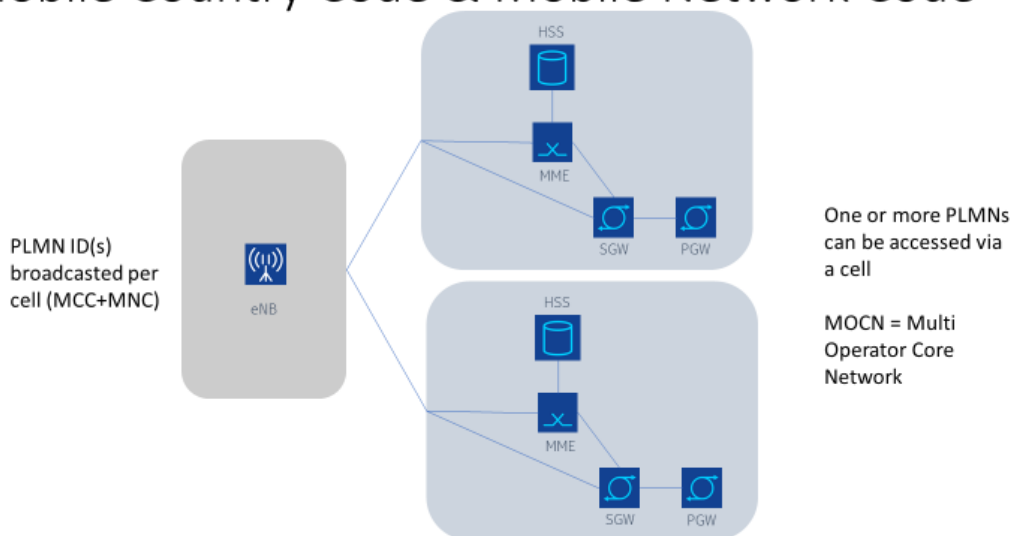
Kuva 12-5. Harjoitustyön tehtävänanto.

Olin etukäteen puhunut Metropolian opettajan kanssa ja pyrkinyt varmistamaan, että harjoitustyö onnistuu esimerkiksi käytettävissä olevien laitteiden puolesta. Opettaja kertoi minulle, että opiskelijoilla on yleensä kännykät mukanaan ja jos jollain ei ole, sellaisen saa Metropoliaa lainaksi. Opettaja myös kertoi, että oppilailla on pääsy Internetiin, josta käsitteiden ja tunnisteiden käyttötarkoitusta voi etsiä.

Kun sitten aloitin opiskelijoiden kanssa harjoitustyön tekemisen, minulle selvisi, että joko kaikilla ei ollut kännykkää mukana tai sitten kännykkään ei pystynyt lataamaan applikaatiota esimerkiksi rajallisen muistin takia. Lainakännyköitä oli olemassa, mutta niidenkin käyttöönnotossa ilmeni haasteita. Yksi kännyköistä saatiin käynnistettyä, mutta sepä ei sitten suostunutkaan pysymään 4G-verkossa, joten opiskelijat eivät sillä pystyneet katsomaan 4G-verkon käsitteitä ja tunnisteita. Aikaa kului, ja oli pakko lopettaa harjoitustyön tekeminen sillä kertaa.

Päätin, etten luovuta. Jatkoimme samalla harjoitustyöllä viikon kuluttua. Työtä tehtiin nyt pareittain ja pienryhmissä. Kuljin luokassa ja näytin käsitteitä ja tunnisteita omasta kännykästäni. Päätarkoitukseni oli sillä kertaa käydä läpi kaikki kuvassa (Kuva 12-5) esitetyt käsitteet ja tunnisteet siten, että opiskelijat saivat kuvailla niiden käyttötarkoituksen ja millaisia arvoja näkivät applikaatiossa. Silti tein myös etukäteen materiaalia, jota näytin opiskelijoille jokaisen käsitteen ja tunnisteiden kohdalla. Alla (Kuva 12-6) on esimerkki näistä kalvoista.

## Mobile Country Code & Mobile Network Code



Kuva 12-6. Kalvo harjoitustyön läpikäyntiä varten.

Tästä harjoitustyöstä opin itsekin paljon. Laitteiden kanssa voi tulla yllättäviä haasteita. Voi melkein olettaa, että jokaisella opiskelijalla on kännykkä käytössään, mutta voikin olla, että kännykän muisti on täynnä eikä siihen saakaan ladattua uutta applikaatiota. Oppilaitosten omat laitteet saattavat olla vanhanaikaisia, tai sitten niitä ei osata käyttää. Jossain vaiheessa on vaan pakko luovuttaa yhden aiheen kanssa, jotta on mahdollisuus siirtyä seuraavaan aiheeseen. Mutta aina voi yrittää uudestaan, jos aiheen kokee tarpeeksi tärkeäksi.

### 12.5 Oppimisen arviointi

Minulle opetusharjoittelijana olisi ollut hyödyllistä saada selville, tapahtuiko luennoilla oppimista. Pyrin luentojen aikana selvittämään sitä antamalla opiskelijoiden esimerkiksi selittää harjoitustyön käsitteitä ja tunnisteita muille opiskelijoille. Yhdellä luennolla teetin lopuksi ryhmä-/parityön, jossa kerrattiin luennolla opittua ja kerrottiin opitusta muille opiskelijoille.

Koska pidin luennot yleensä aina eri ryhmille, minulla ei ollut mahdollisuutta pitää opiskelijoille loppukoetta. Toimitin luentomateriaalit opettajille, jotta he pystyivät jakamaan ne opiskelijoille kurssien loppukokeita varten. Valitettavasti en päässyt näkemään opiskelijoiden vastauksia loppukokeisiin tai edellä kuvaamaani harjoitustyöhön.

## 12.6 Pohdintaa

Luentomateriaalin teko oli mielekästä. Koko ajan piti pitää mielessä se, että teen materiaalia opiskelijoille, jotka eivät tunne aihetta etukäteen. Työssäni toimin uusien teknologioiden parissa hyvinkin yksityiskohtaisella tasolla, mutta samaa tasoa en voinut käyttää opetusmateriaalissa.

Minusta hyvä opetusmateriaali on sellainen, joka on sovitettu opiskelijoiden tasoon. On kovin ikävää, jos opiskelijat putoavat luennoilla kärryiltä jo heti alkuun. Jos asiat menevät liian vaikeiksi, mielenkiinto aiheen seuraamiseen saattaa lopahtaa. Aihetta on hyvä lähestyä monelta eri kannalta. Ja konkreettiset esimerkit auttavat uuden asian ymmärtämisessä.

Nykypäivänä erilaista materiaalia on saatavilla Internetissä esimerkiksi artikkeleiden ja videoiden muodossa. Opettajan on kuitenkin käytettävä aikaa soveltuvien materiaalien etsimiseen. Lisäksi laitteiden on oltava kunnossa, jotta siirtyminen esimerkiksi kalvoista videon esittämiseen ei vie kohtuuttomasti aikaa.

Itse uskon siihen, että itse tekemällä oppii. Konkreettisilla harjoitustöillä esimerkiksi käsitteet ja tunnisteet saattavat jäädä paremmin mieleen kuin kirjoista lukemalla. Uskoisin, että opiskelijoistakin on mielenkiintoista nähdä, että uusilla opetettavilla asioilla on yhteys käytäntöön.

Alkuun opetusmateriaalin tekeminen vie paljon aikaa. Mutta kun materiaali sitten on olemassa, sitä voi hyödyntää moneen otteeseen. Päivityksiä materiaaliin toki on tärkeää tehdä silloin tällöin, varsinkin sellaisten uusien teknologioiden osalta, joita ollaan vielä kehittämässä.

## 12.7 Lähteet

Aalto (2018). *Teollisen Internetin kampus*. Luettavissa: <http://aiic.aalto.fi/fi/>

GSMA (2018). *Mobile IoT Deployments*. Luettavissa: <https://www.gsma.com/iot/deployment-map/>

Markkanen A. (2017). *Market shares of LPWA technologies in 2017-2022: trending towards 3GPP, but with considerable fragmentation*. Markkina-analyysi. Gartner.

Metropolia (2018). *Tieto- ja Viestintäteknikka*. Luettavissa:  
<http://www.metropolia.fi/haku/koulutustarjonta-nuoret-tekniikka-ja-liikenne/tieto-ja-viestintateknikka-helsinki/>

Teknolohiateollisuus (2018). *9 ratkaisua Suomelle. Teknolohiateollisuuden Koulutus ja osaaminen -linjaus 2018*.

Tämän kirjan ovat kirjoittaneet Opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittaman ”Opettajan pedagogiset opinnot IT-alan ammattilaisille” hankkeen opettaja-opiskelijat osana opintojaan. Kyseessä on poikkeuksellinen ryhmä ja ehkä siis myös poikkeuksellinen kirja.

Kirja koostuu pedagogisista tutkielmista, ja ne vastaavat erinomaisesti kolmeen tarpeeseen:

- (1) tarve saada opettajankoulutukseen soveltuvaa kotimaista materiaalia,
- (2) tarve tuottaa tietotekniikan opetuksen kotimaista tutkimusta, ja
- (3) tarve herättää tietotekniikan opetukseen kytkeytyvää keskustelua.

Kirjassa tartutaan useisiin teemoihin. Tarkastellaan perusopetuksen opetussuunnitelman tieto- ja viestintäteknologian tavoitteita, niiden muodostamaa kokonaisuutta ja tarkoituksenmukaisuutta, ja opettajien näkemyksiä tieto- ja viestintäteknikan oppimistavoitteiden toteutumisesta koulussaan. Pureudutaan korkea-asteen käytettävyyuskoulutuksen määrän niukkuuteen ja miten sen osaamisen puute näkyy ohjelmistoprojekteissa käytettävyyden aliarvostuksena muuhun toiminnallisuuteen verrattuna. Otetaan esille paljon puhuttaneet ICT-alan stereotypiat ja sukupuolinäkökulma. Pohditaan ohjelmoinnilliseen ajatteluun ja ohjelmointiin sekä laaja-alaisuuteen ja monialaisuuteen liittyvää opettajien täydennyskoulutustarvetta ja oppiainerajat ylittävien opetuskokonaisuuksien rakentamista lukioissa. Selvitetään virtuaalitodellisuuden käyttöä lähihoitajakoulutuksessa ja simulaatioiden mahdollisuuksia lukion biologian opetuksessa. Lisäksi tarkastellaan funktionaalisen ohjelmoinnin kurssin suunnittelua ja toteutusta yläkoulun ja lukion opiskelijoiden yhteisellä kurssilla, sekä esineiden internetiä (IoT) käsittelevän kurssin ammattikorkeakoulutoteutusta.

Tulevia tietotekniikan opettajia ja heidän opettajankouluttajaansa askarruttavat, kuinka perusopetuksen oppilaat saavuttavat yksilönä, tulevana opiskelijana, työntekijänä ja kansalaisena häneltä edellytettävät tietotekniset valmiudet. Milloin niitä opetetaan, opetetaanko ne kaikille ja kuka niitä opettaa?