

**ALAKOULUN 6. LUOKAN OPPILAIKEN KOGNITIIVISET TAIDOT
SÄHKÖOPIN SIMULAATIOHARJOITUKSISSE**

Käpy-Maaria Kärkkäinen

Pro gradu -tutkielma
Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos
14.4.2014
Ohjaaja: Jouni Viiri

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää alakoulun 6.-luokkalaisten kognitiivisia taitoja, kun he tekevät pienryhmässä sähköopin tasavirtapiirikytkentöjä PhET-simulaatiolla. Tutkimuksen viitekehyksenä toimi kognitiivisten taitojen osalta uudistettu Bloomin taksonomia (2001), sekä pienryhmän oppimisen osalta sosiokulttuurinen (Vygotskyn lähikehitysvyöhyke) ja sosiokognitiivinen (Piagetin kognitiivinen ristiriita) oppimisnäkemys.

Tutkimuskohteena oli Jyväskylän normaalikoulun yksi 6. luokka, jossa oli 23 oppilasta. Luokka jaettiin 3–5 hengen pienryhmiin ja kukin ryhmä osallistui kahdelle sähköopin tasavirtapiirikytkentöjä käsittelevälle oppitunnille. Oppilaiden väliset keskustelut äänitettiin ja oppilaiden puhe analysoitiin soveltaen Veera Kallungin (2009) luomia Bloomin uusittuun taksonomiaan perustuvia puheentasoja. Ryhmien oppitunneista oppilaiden ja opettajan puhe koodattiin Excel-taulukoihin, joista ilmeni puhekertojen määrä ja puheen taso. Tuloksia havainnollistettiin kuvaajilla ja puheen tasojen prosentuaalisella jakautumisella.

Tutkimuksella haluttiin löytää vastauksia seuraaviin pääkysymyksiin: Millaisia kognitiivisia taitoja pienryhmissä esiintyy oppilaiden tehdessä virtapiirikytkentöjä simulaatiolla? Millaisissa tilanteissa korkeamman asteen puhetta esiintyy? Millaisia ennakkokäsityksiä oppilailla on virtapiirikytkennöistä? Mitkä olivat simulaation hyödyt ja haitat?

Tutkimuksessa havaittiin oppilaiden käyttävän tunnilla suurimman osan ajasta alemman tason puhetta, jossa oppilaat käyttävät alemman tason kognitiivisia taitoja (*muistaa, ymmärtää, soveltaa*). Korkeampien kognitiivisten taitojen (*analysoida, arvioida, luoda*) vaativaa puhetta esiintyi 21 % oppilaiden puheista, joista kahta korkeinta kognitiivista tasoa (*arvioida ja luoda*) oli 8 %. Tilanteet, joissa esiintyi oppilaiden korkeamman tason puhetta, olivat kognitiivinen konflikti, oivallus tai pohdinta kytkentää tehdessä sekä vastaus opettajan tai tehtävämonisteen kysymykseen. Tutkimuksessa huomattiin, että pienryhmä ja PhET-simulaatio aktivoivat korkeampien kognitiivisiin taitojen käyttöä. Oppilaat oppivat nopeasti käyttämään PhET-simulaatiota ja olivat motivoituneita työskentelemään tietokoneella. Oppilaat leikkivät paljon simulaatiolla tehden omia kytkentöjä. Näissä tilanteissa esiintyi useasti korkeamman asteen puhetta, joskin leikki johti joissakin tilanteissa pois varsinaisesta tehtävästä.

Tutkimus osoitti sähköopin haasteellisuuden oppiaineena. Oppitunneilla käydyssä keskustelussa ja tehdyssä ennakkokyselyissä ilmeni virheellisiä käsityksiä sähköopista. Oppilaat käyttivät sähköopin käsitteitä heikosti ja hallitsemattomasti. Simulaatioharjoitusten aikana oppilaat olivat oppineet sähköoppia, sillä ennakko- ja loppukyselyn keskiarvojen ero oli tilastollisesti merkitsevää.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	1
2 Tutkimuksen teorettinen tausta.....	2
2.1 Kognitiivinen tieto ja uudistettu Bloomin taksonomia	2
2.1.1 Bloomin taksonomia	3
2.1.2 Uudistettu taksonomia.....	3
2.1.3 Tiedon dimensio	4
2.1.4 Kognitiivisen prosessin dimensio	5
2.2 Keskustelu pienryhmissä.....	7
2.2.1 Sosiokulttuurinen näkemys oppimisesta.....	7
2.2.2 Sosiokognitiivinen näkemys oppimisesta	8
2.2.3 Pienryhmä vertaistukena	9
2.3 Alakoulun sähköopin opetussuunnitelmat	10
2.4 Sähköopin ennakkokäsitykset	10
2.4.1 Yleistä ennakkokäsityksistä	11
2.4.2 Sähköopin tasavirtapiirien ennakkokäsitykset	12
2.5 Simulaatiot	14
2.5.1 Simulaatiot opetuksessa	14
2.5.2 PhET-simulaatiot	16
3. Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset.....	17
3.1 Tutkimuksen tavoite.....	17
3.2 Tutkimuskysymykset	18
4. Tutkimuksen toteutus	19
4.1 Tutkimusryhmien muodostaminen.....	19
4.2. Oppitunnit	19
4.3 Aineiston keruu	20
4.3.1 Tehtävämonisteet.....	20
4.3.2 Ennakko- ja loppukysely.....	21
4.3.3 Ääninauhurit ja videointi	21
4.4 Aineiston analysointi.....	21
4.4.1 Puheen analysointi	22
4.4.2 Ennakko- ja loppukyselyn analysointi	25

5. Oppilasryhmien tulokset ja analysointi.....	26
5.1 Ryhmä 1	26
5.1.1 Ryhmän 1 ensimmäinen oppitunti	27
5.1.2 Ryhmän 1 toinen oppitunti.....	31
5.1.3 Ryhmän 1 loppuarvionti.....	34
5.2 Ryhmä 2	35
5.2.1 Ryhmän 2 ensimmäinen oppitunti	36
5.2.2 Ryhmän 2 toinen oppitunti.....	39
5.2.3 Ryhmän 2 loppuarviointi.....	40
5.3 Ryhmä 3	40
5.3.1 Ryhmän 3 ensimmäinen oppitunti	41
5.3.2 Ryhmän 3 toinen oppitunti.....	44
5.3.3 Ryhmän 3 loppuarviointi.....	45
5.4 Ryhmä 4	46
5.4.1 Ryhmän 4 ensimmäinen oppitunti	47
5.4.2 Ryhmän 4 toinen oppitunti.....	51
5.4.3 Ryhmän 4 loppuarviointi.....	54
5.5 Ryhmä 5	54
5.5.1 Ryhmän 5 ensimmäinen oppitunti	55
5.5.2 Ryhmän 5 toinen oppitunti.....	58
5.5.3 Ryhmän 5 loppuarviointi.....	60
5.6 Ennako- ja loppukyselyjen analyysi	60
6. Johtopäätökset.....	62
6.1 Millaisia kognitiivisia taitoja pienryhmissä esiintyy oppilaiden tehdessä virtapiirikytkentöjä simulaatiolla?	62
6.2 Missä tilanteissa korkeamman asteen puhetta esiintyy?	63
6.2.1 Pienryhmä vertaisryhmänä ja kognitiivinen konflikti.....	66
6.2.2 Tehtävät, jotka johtivat korkeamman tason puheeseen.....	67
6.2.3 Opettajan rooli.....	67
6.3 Millaisia ennakkokäsityksiä oppilailta on virtapiirikytkennöistä?.....	68
6.4 Mitkä ovat simulaation hyödyt ja haitat oppitunnilla?.....	69
6.4.1 Elektronit.....	70
6.5 Oppivatko oppilaat sähköoppia simulaatiotunneilla?	70
7 Tutkimuksen luotettavuus ja kehittäminen	71
LÄHTEET.....	73
LIITEET	

1 Johdanto

Fysiikan oppiminen koetaan haasteelliseksi ja vaikeaksi, erityisesti sähköoppi ja virtapiirit ovat abstrakteja ja vaikeasti lähestyttäviä. Koska ajattelu on tärkeä osa oppimisen prosessia, on oppilaan ajattelutaitojen tunteminen opettajalle tärkeää opetuksen suunnitteluvaiheessa.

Ajattelutaitojen tutkimuksen pohjana pidetään Bloomin taksonomiaa, jonka Anderson ja Krathwohl uudistivat vuonna 2001. Monesti oppilaat käyttävät oppiessaan alempia kognitiivisia taitoja, jolloin oppiminen ei ole syvällistä. Opettajan on tärkeä tietää, missä tilanteissa oppilaat käyttävät korkeampia kognitiivisia taitoja, jotka ovat edellytys mielekkääseen oppimiseen.

Kokeellisella fysiikan työskentelyllä on huomattu olevan yhteys oppimistuloksiin. Tekniikan kehitys mahdollistaa uusia opetusmenetelmiä, joista yhtenä voidaan pitää simulaatioita.

Simulaatioilla on saatu yhtä hyviä oppimistuloksia kuin kokeellisella työskentelyllä laboratoriossa. Lisäksi niillä voidaan havainnollistaa asioita, jotka eivät ole kokeellisesti mahdollisia, esimerkiksi elektronit sähköopissa. Simulaatiot motivoivat oppilaita ja herättävät kiinnostusta luonnontieteisiin. On mielenkiintoista tutkia, voivatko simulaatiot aktivoida pienryhmän puhetta.

Tutkimuksen tavoitteena on tutkia, millaista vuorovaikutusta 6.-luokkalaisten oppilaiden välillä on pienryhmissä heidän tehdessään sähköopin PhET-simulaatioita (Physics Education Technology Project -simulaatioita). Tutkimuksissa katsotaan millaisia kognitiivisia taitoja oppilaat käyttävät, sekä millaisissa tilanteissa korkeamman asteen puhetta esiintyy.

Fysiikka ja kemia ovat olleet vasta 10 vuotta alakoulussa omina oppiaineinaan erotettuna ympäristö- ja luonnontiedosta. Fysiikan aineenopettajan koulutuksessa ei käsitellä alakoulun didaktiikkaa. Tämän tutkimuksen toivotaan myös antavan tutkimuksen tekijälle eli tulevalle opettajalle näkemystä erityisesti alakoululaisten ajattelutaidoista, pienryhmätyöskentelystä ja tietokonepohjaisten simulaatioiden tarjoamista oppimismahdollisuuksista.

2 Tutkimuksen teoreettinen tausta

2.1 Kognitiivinen tieto ja uudistettu Bloomin taksonomia

Ajattelemisen on tärkeä osa oppimisen prosessia. Luonnontieteellisen ajattelun kehittäminen on yksi fysiikan opetuksen päätavoitteista (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004).

Oppilaan ajattelutaitojen tunteminen on opettajalle tärkeää opetuksen suunnittelussa. Ajattelutaitoja on luokiteltu useilla eri tavoilla, joita opettajan on mahdollista hyödyntää opetuksen suunnittelussa, opettamisessa ja arvioinnissa. Ajattelutaitojen pohjana pidetään Bloomin taksonomiaa, jonka Anderson ja Krathwohl uudistivat vuonna 2001. (Anderson & Krathwohl, 2001.)

Viime vuosikymmenien useat tutkimukset (esim. Aksela, 2005; Kallunki, 2009; Bennet ym., 2001) ovat käsitelleet korkeamman tason ajattelutaitoja, jotka ovat edellytyksinä mielekkäälle ja syvälliselle oppimiselle. Jokaisella tutkimuksella on kuitenkin oma tapansa määrittää korkeamman tason ajattelutaidot. Silti on havaittavissa kolme keskeistä lähestymistapaa: 1. filosofien ja psykologien perspektiivin erottelu, 2. alemman ja korkeamman tason ajattelutaitojen erottelu, sekä 3. kriittisen ajattelun ja ongelmanratkaisun suhteen hahmottaminen ja tämän ymmärtäminen korkeamman tason ajattelutaitojen kannalta (Lewis & Smith, 1993).

Alemman tason ajattelutaidot (Low-order cognitive skills, LOCS) sisältävät asioiden yksinkertaista tietämistä ja tiedon yksinkertaista soveltamista, kuten rutiinomaiset laskutehtävät. Korkeamman tason ajattelutaidot (Higher-order cognitive skills, HOCS) sisältävät tiedon laajempaa soveltamista, analysointia ja luomista. (Aksela, ym., 2012.)

Oppilaille annettavat haastavat ja monipuoliset tehtävät kehittävät korkeamman tason ajattelua.

Kuitenkin opettajan on huomioitava jokaisen oppijan oma taso tehtäviä annettaessa, koska oppilaat käyttävät eritasoista ajattelua samassa tehtävässä (Lewis & Smith, 1993). Avoimet, tutkimukselliset ja ongelmanratkaisutehtävät vaativat korkeamman tason ajattelutaitoja (Aksela ym., 2012).

Korkeamman tason ajattelutaitojen kehittämisessä on tärkeää pienryhmäkeskustelu, jossa keskustellaan tehtävistä (Aksela, 2005). Simulaatioilla tehtävien luonnontieteellisten harjoitustöiden on havaittu lisäävän korkeamman tason puhetta ja ajattelua (Repo & Pitkänen, 2012; Aksela, 2005).

2.1.1 Bloomin taksonomia

Ajattelutasojen perustana pidetään ns. Bloomin taksonomiaa. Amerikkalainen kasvatustieteiden psykologi Benjamin Bloom on kehittänyt sen vuonna 1956. Se on kuusiportainen osaamisen tasojen järjestelmä. Se on tarkoitettu opetusalan ammattilaisille kehykseksi, jolla pystyttäisiin ymmärtämään opetuksen tavoitteita. (Anderson & Krathwohl, 2001.)

Bloomin taksonomian kuusi tasoa ovat *tieto, ymmärtäminen, soveltaminen, analysoiminen, syntetisoiminen ja arvioiminen*. Ne ovat hierarkkisessa yksitasoisessa järjestyksessä ja sisältävät alakategorioita. Bloomin taksonomia on tehty opettajille helpottamaan oppimisen suunnittelua, toteuttamista ja arviointia. Tärkein taksonomian avulla saatu tieto on, ettei opetuksessa yleensä päästä korkeammille tasoille (*arvioiminen tai syntetisoiminen*), vaan jäädytään pelkästään alemmille tasoille (Krathwohl, 2002).

2.1.2 Uudistettu taksonomia

2000-luvun alussa kasvatustieteiden psykologit Lorin Anderson ja David Krathwohl uudistivat Bloomin luomaa taksonomiaa. He halusivat olla ajan tasalla psykologisten ja koulutuksellisten aatteiden kanssa, käyttää selkeää kieltä ja tarjota realistisia esimerkkejä taksonomiataulukon käytöstä. (Anderson & Krathwohl, 2001.)

Uudistettu Bloomin taksonomia on kaksiulotteinen. Sen toinen osa on *kognitiivisen prosessin dimensio* ja toinen osa on *tiedon dimensio*. Kognitiivista prosessia eli ajatteluprosessia kuvataan verbeillä, kun taas tiedon prosessia kuvataan substantiiveilla. Alaspäin mentäessä tiedon luokat muuttuvat konkreettisemmista abstraktisemmiksi. Vasemmalta oikealle mentäessä kognitiiviset taidot vaikeutuvat. Esimerkiksi *soveltaa* vaatii korkeamman tason ajattelutaitoja kuin *muistaa*. (Anderson & Krathwohl, 2001.)

Uusittu taksonomiataulu ei ole yhtä hierarkkinen järjestelmä kuin alkuperäinen Bloomin taksonomia. Esimerkiksi *ymmärtää* ja *soveltaa* -kategoriat menevät osittain limittäin, koska osa *ymmärtää*-kategorian vaikeimmista kognitiivisista tehtävistä on haastavampia kuin helpot soveltamisen tehtävät. Kuitenkin kognitiivisen prosessin kategorioiden "keskipisteet" muodostavat Bloomin taksonomian kaltaisen hierarkian. (Krathwohl, 2002.)

Koska uusittu taksonomia on kaksiulotteinen, se on koottu taksonomiataulukoksi (Taulukko 1). Sitä voidaan hyödyntää luonnontieteellisen ajattelun opettamisessa oppilaille ja opetuksen suunnittelussa (Aksela ym., 2012). Sen avulla voidaan suunnitella opetettavaa asiaa, korjata kokeita ja asettaa oppituntien tavoitteita. Esimerkiksi Tikkanen (2010) on tutkinut uusitun taksonomiataulukon avulla ylioppilaskirjoitusten kemian tehtävien vaatimia kognitiivisia taitoja. Tutkimuksen mukaan suurin osa tehtävistä edellytti korkeampia kognitiivisia taitoja.

Taulukko 1: Uusittu taksonomiataulukko (Aksela ym., 2012,13)

Tiedon taso	Ajattelun tasot (kognitiivinen prosessi)					
	1. Muistaa	2. Ymmärtää	3. Soveltaa	4. Analysoida	5. Arvioida	6. Luoda
A. Faktatieto						
B. Käsitetieto						
C. Menetelmätieto						
D. Metakognitiivinen tieto						

2.1.3 Tiedon dimensio

Tiedon dimensio on se tieto, joka oppilaan tulisi opetuksessa tavoitteiden mukaan saavuttaa. Tiedon dimensiot eli tasot on jaettu neljään kategoriaan: faktatietoon, käsitetietoon, menetelmätietoon sekä metakognitiiviseen tietoon. (Anderson & Krathwohl, 2001.)

Faktatieto käsittää ne tiedon osat, jotka koostuvat yksittäisistä asioista. Faktatietoon kuuluvat perusasiat, jotka oppilaan tulee hallita ymmärtääkseen tieteenalaa ja pystyä tekemään siihen liittyviä tehtäviä. Faktatieto voi olla esimerkiksi tietoa merkeistä ja symboleista. (Anderson & Krathwohl, 2001.) Fysiikan suureiden tunnuksot ja yksiköt ovat esimerkkejä faktatiedoista.

Käsitetiedolla tarkoitetaan tietoa peruselementtien välisistä yhteyksistä osana laajempaa rakennetta. Oppilas hahmottaa kategorioita, luokitteluita, niiden välisiä suhteita, sekä tiedon malleja, teorioita ja rakenteita. (Anderson & Krathwohl, 2001.) Käsitetiedon esimerkkinä ovat fysiikan lait.

Menetelmätiedolla tarkoitetaan tietoa erilaisista metodeista, tekniikoista, taidoista ja näiden käyttökriteereistä (Anderson & Krathwohl, 2001). Tieto fysiikan tutkimusmenetelmistä on esimerkki menetelmätiedoista.

Metakognitiivinen tieto on yleistietoa kognitiosta sekä tietoa oman kognition tietoisuudesta ja tiedosta (Anderson & Krathwohl, 2001). Metakognitiivista tietoa ovat esimerkiksi koestrategiat sekä tieto omista vahvuuksista ja heikkouksista erilaisissa koetehtävissä (Tikkanen, 2010).

2.1.4 Kognitiivisen prosessin dimensio

Andersonin ja Krathwohlin uudistetun taksonomian kognitiivisen prosessin dimensio sisältää kuusi tasoa: 1. muistaa (remember), 2. ymmärtää (understand), 3. soveltaa (apply), 4. analysoida (analyze), 5. arvioida (evaluate) ja 6. luoda (create). Korkeamman tason ajattelua (HOCS) vastaavat luokat *analysoida*, *arvioida* ja *luoda*. Sen sijaan luokat *muistaa*, *ymmärtää* ja *soveltaa* ovat alemman tason ajattelutaitoja (LOCS). (Tikkanen, 2010.)

Taulukko 2: Ajattelutaitojen luokittelu (Aksela ym., 2012)

Pääluokka		Alaluokka
Korkean tason kognitiiviset taidot	6. Luoda	6.1 Kehittäminen
		6.2 Suunnitteleminen
		6.3 Tuottaminen
	5. Arvioida	5.1 Tarkistaminen
		5.2 Arvosteleminen
	4. Analysoida	4.1 Erotteleminen
		4.2 Organisoiminen
		4.3 Piilomerkitysten havaitseminen
	Alemman tason kognitiiviset taidot	3. Soveltaa
3.2 Menetelmän käyttäminen		
2. Ymmärtää		2.1 Tulkitseminen
		2.2 Esimerkin antaminen
		2.3 Luokitteleminen
		2.4 Yhteenvedon tekeminen
		2.5 Päätely
		2.6 Vertaaminen
		2.7 Perusteleminen
1. Muistaa		1.1 Tunnistaminen
		1.2 Mieleen palauttaminen

Kognitiivisen prosessin dimension ensimmäinen luokka on muistaa (remember). Se sisältää *mieleen palauttamisen* sekä *tunnistamisen*. Mieleen palauttamisella tarkoitetaan relevantin tiedon palauttamista pitkäkestoisesta muistista. Esimerkiksi oppilas muistaa sähkövirran yksikön olevan ampeeri. Tunnistamisella tarkoitetaan pitkäkestoisesta muistista oikeanlaisen tiedon löytämistä ja käyttämistä esimerkiksi monivalintatehtäviin vastattaessa. Muistaminen on tärkeä osa oppimista. (Krathwohl, 2002.)

Ymmärtää (understand) on kognitiivisen tiedon toinen luokka. Se sisältää *tulkittamisen, esimerkkien antamisen, vertaamisen, päättelämisen, luokittelemisen, perustelemisen ja yhteenvedon tekemisen*. Tulkittamisella tarkoitetaan, että oppilas osaa muuttaa tietoa toisesta muodosta toiseen, esim. oppilas osaa kertoa käsitteen *sähkövirta* omin sanoin. Esimerkin antaessaan oppilas osaa havainnollistaa käsitteitä ja periaatteita, esim. oppilas antaa selityksen laitteesta, jossa on katkaisija. Luokittelu tarkoittaa, että oppilas osaa luokitella käsitteitä kategorioihin. Yhteenvedon tehdessään oppilas osaa laatia keskeisistä asioista yhteenvedon. Päättely tarkoittaa, että oppilas osaa tehdä loogisia johtopäätöksiä esitetyn tiedon pohjalta. Vertaillessaan oppilas havaitsee kahden tai useamman asian eroja ja yhtäläisyyksiä. Ymmärtäminen on kouluissa eniten käytetty kognitiivisen prosessin luokka. (Krathwohl, 2002.)

Kognitiivisen prosessin kolmas luokka on soveltaa (apply). Soveltaminen sisältää *menetelmän käyttämisen* sekä *menetelmän toteuttamisen*. Menetelmän käyttäminen tarkoittaa, että oppilas käyttää valitsemaansa menetelmää ratkaistakseen entuudestaan tuntemattoman tehtävän, esim. ongelmanratkaisutehtävän. Menetelmän toteuttaminen tapahtuu, kun oppilas soveltaa yhtä tai useampaa menetelmää ratkaistessaan tutun tehtävän. Menetelmän toteuttaminen sisältää soveltamisen lisäksi myös ymmärtämisen. (Krathwohl, 2002.)

Analysoida (analyze) on kognitiivisen prosessin neljäs luokka. Analysoiminen sisältää *erottelemisen, organisoimisen tai piilomerkitysten havaitsemisen*. Analysoida-luokka tarkoittaa materiaalin pilkkomista osiin ja päättelystä, miten osat suhtautuvat toisiinsa ja itse kokonaisuuteen. Erottelusta tapahtuu, kun oppilas osaa erotella tiedosta hyödylliset ja tärkeät asiat. Organisoiminen tapahtuu, kun oppilas tunnistaa osia ja muodostaa niistä sopivan kokonaisuuden. Piilomerkitysten havaitsemista tapahtuu, kun oppilas tunnistaa materiaalista sivumerkityksiä, näkökulmia, ennakoasenteita ja arvoja. (Krathwohl, 2002.)

Arvioida (evaluate) on kognitiivisen prosessin viides luokka. Arviointi tarkoittaa arvioinnin tekoa kriteerien ja standardien pohjalta. Arvioida-luokka jaetaan *arvosteleamiseen* sekä *tarkistamiseen*. Tarkistaminen tarkoittaa, että oppilas tutkii onko tuote tai prosessi johdonmukainen ja toimiva. Arvosteleminen taas tarkoittaa, että oppilas osaa arvostella tuotetta tai operaatiota ulkoisin kriteerein ja standardien pohjalta. (Krathwohl, 2002.)

Kognitiivisen prosessin kuudes ja viimeinen luokka on luoda (create). Luomisella tarkoitetaan osasten kokoamista siten, että saadaan toimiva kokonaisuus. Luominen pitää sisällään *kehittämisen*, *suunnittelemisen* ja *tuottamisen*. Kehittäminen sisältää hypoteesien tekemisen ja ratkaisutapojen muodostumisen. Suunnittelemisella tarkoitetaan ratkaisutavan tai menetelmän laatimista tehtävän suoritusta varten. Tuottamisella tarkoitetaan oman tuotoksen syntymistä. (Krathwohl, 2002.)

2.2 Keskustelu pienryhmissä

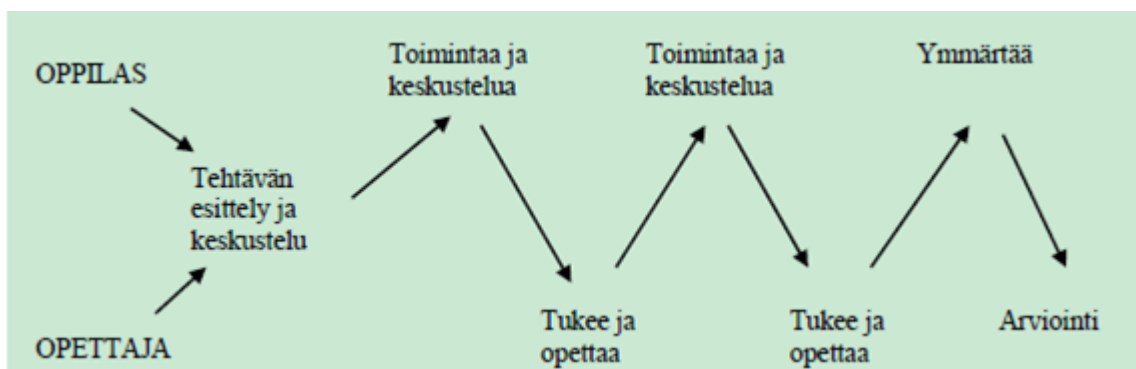
Oppiminen sekä tietojen ja taitojen kehittyminen ovat niin luokkahuoneessa kuin koko yhteiskunnassakin sosiaalinen tapahtuma. Puheen merkitys on keskeinen vuorovaikutustilanteissa. Puheen avulla ilmaisemme ajatuksiamme ja mielipiteitämme. Yhteisöllinen oppiminen on ryhmässä tehokkaampaa ja edistää toisen huomioon ottamista (Kupias, 2001). Tässä luvussa esitetään kaksi yhteisöllisen oppimisen suuntausta (sosiokulttuurinen ja sosiokognitiivinen), sekä tuodaan esille näkemyksiä tehokkaasta pienryhmäoppimisesta.

2.2.1 Sosiokulttuurinen näkemys oppimisesta

Sosiokulttuurinen näkemys on kasvatustieteellinen käsitys tiedon sosiaalisesta rakentumisesta. Sosiokulttuurisessa oppisuuntauksessa ollaan kiinnostuneita oppimisen sosiaalisista, yhteistoiminnallisista ja vuorovaikutuksellisista prosesseista. Sosiokulttuurinen näkemys pohjaa siihen, miten ympäristö vaikuttaa oppijan ajattelun ja kielen kehitykseen.

Sosiokulttuurisen oppimiskäsityksen taustan kehittäjänä pidetään kehityspsykologi Lev Vygotskya. Hänen mukaan oppiminen tapahtuu sosiaalisesta vaikutuksesta ja psyykkisistä prosesseista käsin. Tieto rakentuu ja kehittyy kokeneemman henkilön kanssa sosiaalisessa vuorovaikutuksessa, kuten keskusteluissa, yhdessä tekemisessä, leikeissä ja muissa sosiaalisissa aktiviteeteissä. Sosiaalisen luonteen ja välineiden lisäksi historiallinen ja kulttuurinen ympäristö vaikuttavat tiedon rakentumiseen. (Vygotsky, 1978.)

Oppimisprosessiin kuuluu oppimisen vahventaminen yhdessä toisten oppijoiden ja asiantuntijoiden (opettajien) kanssa. Tätä kutsutaan lähikehityksen vyöhykkeeksi (zone of proximal development), ZPD:ksi eli tilaksi, jossa oppija voi ympäristön vaikutuksesta oppia jotain sellaista, mihin hän ei yksin kykenisi. Prosessissa oppijat saavat ensin keskenään omatoimisesti keskustella käsiteltävästä asiasta, minkä jälkeen he saavat palautetta asiantuntijalta. Tämän jälkeen oppijat jatkavat toiminnan tekemistä keskenään, kunnes he ovat oppineet ja ymmärtäneet käsiteltävän asian. Lopuksi asiantuntija kokoaa asian arvioinnissa. (Von Wright, 1992.) Prosessia on kuvattu kuvassa 1.



Kuva 1: Vygotskyn lähikehitysmalli (Viiri 2012, 106)

2.2.2 Sosiokognitiivinen näkemys oppimisesta

Sosiokognitiivinen oppimisenäkemys perustuu yhteisöllisen tiedonrakentamisen kognitiivisiin prosesseihin. Tässä näkemyksessä yhteisön, kuten pienryhmän, kognitiiviset prosessit ja oppimistulokset ovat yhteydessä toisiinsa. Sosiokognitiivisessa näkemyksessä tutkitaan oppijoiden vuorovaikutuksen vaikuttavia kognitiivisia tekijöitä ja niiden vaikutusta yksilön oppimiseen. (Arvaja & Mäkitalo-Siegl, 2006.)

Sosiokognitiivinen oppimisenäkemys perustuu Piaget'n näkemykseen sosiokognitiivisesta konfliktista. Piaget'n mukaan oppimista tapahtuu, kun yksilöt muokkaavat kognitiivisia tietorakenteitaan vastaamaan nykyistä kontekstia. Sosiokognitiivinen konflikti syntyy siis ryhmän jäsenten esittäessä eri näkökulmia tai näkemyksiä käsiteltävästä asiasta. Jäsenet mukauttavat tilannetta aiempiin näkemyksiinsä ja havaitsevat puutteita tiedoissaan, kun kuulevat toisten jäsenten ajatuksia, käsityksiä ja näkemyksiä. Tällöin he ratkaisevat konfliktin muuttamalla aiempaa tietorakennettaan. (Dillenbourg, 1999.)

Sosiokognitiivinen oppimisenäkemys kiinnittää huomiota ryhmässä toimivien yksilöiden kognitiiviseen toimintaan ja heidän oppimiseensa, kun taas sosiokulttuurinen tutkimus kiinnittää

huomiota ryhmän tiedonrakentamiseen ja huomioi laajemmin kontekstin, kuten toimintaa ohjaavat sosiaaliset käytännöt (Arvaja & Mäkitalo-Siegl, 2006). Sosiokulttuurisessa yhteisöllisessä oppimisessa oppilaat työskentelevät ryhmässä niin, että yksi oppilas toimii alan asiantuntijana ja kehittää toisten ryhmäläisten tiedon rakentumista, kun taas sosiokognitiivisessa näkemyksessä oppilaat ovat tasa-arvoisia ja rakentavat yhdessä tietoa.

Aktiivisen keskustelun kautta pienryhmässä oppilas voi ratkaista tiedon ristiriidat ja saavuttaa korkeampia kognitiivisia taitoja, joita hän ei olisi itsenäisesti työskennellessään saavuttanut (De Lisi, 2002).

2.2.3 Pienryhmä vertaistukena

Pienryhmällä tarkoitetaan yleensä 2–6 hengen ryhmää, joka toimii itsenäisesti yhteisen päämäärän eteen. Ryhmässä oppilaat jakavat ja muodostavat työjaon ja roolit. Roolit (esimerkiksi kirjoittaja, kokeen tekijä, piirtäjä, sanelija) voivat vaihtua kesken työskentelyn (Arvaja & Mäkitalo-Siegl, 2006). Pienryhmätyöskentely opettaa tiedon ohessa sosiaalisia taitoja.

Pienryhmä on tehokas oppimisympäristö. Ryhmässä oppiminen aktivoi lapsia neuvottelemaan, ajattelemaan ja ilmaisemaan asioita keskenään omin sanoin. Oppilaan voi olla helpompi tulkita toisten lasten puhetta, kun heidän selityksensä ovat lähempänä oppilaan omaa käsitystä asiasta. (De Lisi, 2002.) Tällöin keskustelu pysyy Vygotskyn lähikehitysvyöhykkeellä, jolloin oppilaan on helpompi ymmärtää ryhmätoveria kuin opettajaa. Opettaja esittää opetettavan asian liian vaikeasti, jolloin oppiminen poistuu oppilaan lähikehitysvyöhykkeeltä. (Vygotsky, 1978.)

Jos oppilaille annetaan pienryhmässä mahdollisuus tuoda ideoitaan ja aiempia kokemuksiaan julki opeteltavasta asiasta, ryhmä voi edesauttaa viemään oppilaan ja koko ryhmän ajattelua eteenpäin. Keskustelu kehittää useita tiedon rakentamisen prosesseja. Ryhmän keskustelu tarjoaa foorumin, jolla oppilaan aiemmat yksittäiset ideat voidaan selventää pohdinnan avulla. Keskustelu tarjoaa tilanteita, joissa yksilöiden täytyy selventää omia käsityksiään prosessissa ja kehittää toistensa ajatuksia ratkaisuun päästäkseen. (Driver ym., 1994.) Sosiaalisella vuorovaikutuksella on siis mahdollista parantaa lasten oppimista. Vertaisryhmillä ja puheen aktivoimisella voidaan nopeuttaa oppilaan oppimista. (Kallunki, 2009.)

Pienryhmän tehokas ja mielekäs oppiminen edellyttää ensiksi pienryhmältä sitoutumista ja suuntautumista yhtenäisen tehtävän suorittamiseen ja tiedonrakentamiseen. Toiseksi pienryhmän

jäsenet osallistuvat tiedonrakentamiseen tasa-arvoisesti. Nämä näkyvät pienryhmän keskustelijoiden viittauksina toistensa ideoihin, toisten ajatusten laajentamisena ja yhteisenä ongelmanratkaisuna. Kolmanneksi pienryhmän ongelmanratkaisutehtävän kriittisen hetken aikana kaikkien osallistujien huomio on yhteisesti suuntautunut. Kuitenkin, kun ryhmällä ei ole kriittistä ongelmanratkaisua, ryhmäläiset voivat olla toiminnassaan eri rooleissa. (Arvaja & Mäkitalo-Siegl, 2006.) Oppilaiden työskentely ryhmässä ei johda aina yhteisten tavoitteiden saavuttamiseen, vaan vaatii oppilaan sitoutumista kognitiivisesti ja kollektiivisesti oppimiseen (De Lisi, 2002).

2.3 Alakoulun sähköopin opetussuunnitelmat

Fysiikan ja kemian opetuksen lähtökohtana alakoulun 5.–6.-luokkalaisille ovat oppilaiden aikaisemmat tiedot, taidot ja kokemukset, sekä havainnot ympäristön kappaleista, aineista ja ilmiöistä. Näiden pohjalta edetään opetuksessa kohti fysiikan ja kemian peruskäsitteitä. Oppilaiden tulisi kiinnostua luonnontieteistä. Opetuksen tavoitteena on turvallinen työskentely, yksinkertaisten luonnontieteellisten kokeiden, havaintojen ja mittausten tekeminen, johtopäätösten tekeminen havainnoista ja mittauksista, sekä luonnonilmiöiden ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyvien syy-seuraussuhteiden tunnistaminen. Oppilaan tulisi oppia käyttämään luonnontieteellisen tiedon kuvailemisessa, vertailemisessa ja luokittelussa fysiikan ja kemian alaan kuuluvia käsitteitä. (Perusopetuksen opetussuunnitelma 2004.) Nämä taidot kehittävät luonnontieteellistä ajattelua ja vaativat myös korkeampia kognitiivisia taitoja.

Alakoulun 5.–6. luokan fysiikan energian ja sähkönsä osalta perusopetuksen opetussuunnitelman (2004) keskeiset sisällöt ovat lämmön, valon ja liikkeen aikaansaaminen sähkönsä avulla, sekä sähköturvallisuus. Oppilaiden tulisi oppia erilaisia sähkönsä ja lämmön tuotantotapoja sekä energiavaroja.

2.4 Sähköopin ennakkokäsitykset

Fysiikan opetuksen lähtökohtana alakoulun 5.–6.-luokkalaisille ovat oppilaiden aikaisemmat tiedot, taidot ja kokemukset (Perusopetuksen opetussuunnitelma 2014), joilla myös tarkoitetaan ennakkokäsityksiä. Nykypäivän opetusnäkemysten mukaan opettajan täytyy ottaa nämä oppilaiden ennakkokäsitykset huomioon opetuksen lähtökohtana, jotta opetuksessa voidaan muuttaa ja kehittää oppilaan aikaisempia malleja (Viiri, 2000). Tässä luvussa tutustutaan aluksi yleisesti ennakkokäsityksiin ja sitten perehdytään sähköopin ennakkokäsityksiin.

2.4.1 Yleistä ennakkokäsityksistä

Ennakkokäsityksistä käytetään myös sanoja: *virhekäsitys*, *väärä ennakkokäsitys*, *oppilaan ennakkokäsitys* ja *vaihtoehtoinen käsitys*. Lavosen ja Meisalon mukaan oppilailla esiintyviä mielikuvia ja uskomuksia luonnonilmiöiden selityksistä kutsutaan oppilaiden ennakkokäsityksiksi.

Oppilaan ennakkokäsityksillä voidaan tarkoittaa kolmea eri asiaa:

- 1) Oppilaan omien havaintojen ja uskomusten pohjalta muodostettua väärää selitystä.
- 2) Oppilaan intuitiivisen käsityksen pohjalta muodostettua selitystä.
- 3) Oppilaan kausaaliselityksiä, jotka ovat kehittyneet omista havainnoista ja kokemuksista.

Ennakkokäsitykset ovat virheellisiä, kun ne ovat ristiriidassa yleisesti hyväksytyjen tieteen käsitysten, selitysten ja periaatteiden kanssa. Ristiriita ennakkokäsityksen ja hyväksytyn teorian välille saattaa syntyä myös teorian idealisoinnista, esimerkiksi kitkattomista olosuhteista. (Lavonen & Meisalo)

Ennakkokäsitysten syntymiselle on useita syitä. Yleinen syy on abstraktien käsitteiden vaikea ymmärtäminen, jolloin oppilaat käyttävät mieluummin tuttuja itse- tai ihmiskeskeisiä käsitteitä. Oppilaat omaksuvat ensimmäisen sopivan mallin tai selityksen asiasta, joka sopii heidän näkemyksiinsä. He eivät ole kiinnostuneita ristiriidoista ja monipuolisista malleista. Arkikielessä käsitteiden merkitys voi olla eri kuin luonnontieteellisessä kielessä. Oppilaat voivat saada virheellistä tietoa myös oppikirjan virheiden tai opettajan puutteellisten tietojen takia. (Lavonen & Meisalo)

Useissa tutkimuksissa ennakkokäsitykset ovat varsin pysyviä (Driver ym., 1994). Oppilaiden ennakkokäsitysten muuttaminen opetuksessa on vaikeaa, koska ne muodostuvat oppilaiden omien arkikokemusten perusteella ja niitä on käytetty arkielämässä vuosia. (Viiri, 2005.) Kurki-Suonioiden (1998) mukaan ennakkokäsitysten pysyvyys johtuu siitä, että oppilaiden arkikieli tukee ja vahvistaa väärin ennakkokäsitysten asemaa.

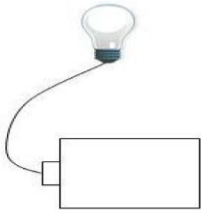
Oppilaiden heikko ilmaisutaito on otettava huomioon tutkittaessa ennakkokäsityksiä. Oppilailla ei ole käytössään yhtä laaja käsitevarasto kuin opettajalla ilmaistakseen ajatuksiaan sekä näkemyksiään. Uudet käsitteet voivat mennä oppilailla sekaisin ja tällöin oppilaat voivat käyttää käsitteitä väärin ajatuksiaan ilmaistessaan. Vaikka oppilaalla on oikea käsitys opetettavasta asiasta, hän ei kykene tuomaan ajatuksiaan johdonmukaisesti esille. (Driver ym., 1994.)

2.4.2 Sähköopin tasavirtapiirien ennakkokäsitykset

Oppilaiden ennakkokäsitykset tasavirtapiireistä voidaan jakaa neljään yleisimpään selitysmalliin. Tasker ja Osborne kokosivat Uudessa-Seelannissa kerätyn aineiston pohjalta neljä yleistä selitysmallia. Nämä mallit toistuvat useissa muissa tutkimuksissa.

1. Yksinapamalli

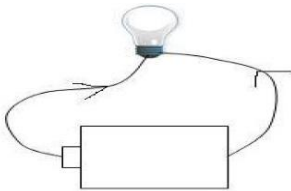
Paristo on virtalähde. Yksinapamallin mukaan sähkövirta lähtee vain pariston toisesta navasta, jolloin toinen johdin on tarpeeton.



Kuva 2. Yksinapamalli (Kalliovaara, 2009)

2. Törmäävien sähkövirtojen malli

Sähkövirta lähtee pariston molemmista navoista, jolloin sähkövirrat törmäävät lampussa ja aiheuttavat lampun syttymisen.



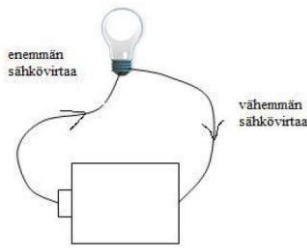
Kuva 3. Törmäävien sähkövirtojen malli (Kalliovaara, 2009)

3. a Sähkövirran vaimennusmalli

Lamppu kuluttaa sähkövirtaa, joten toinen johdoista kuljettaa vähemmän sähkövirtaa takaisin paristoon. Näin toinen lampuista palaa himmeämmin.

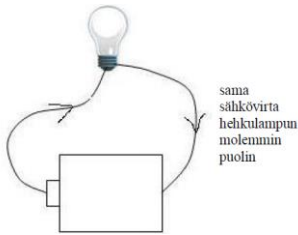
b Sähkövirran jakomalli

Lamput kuluttavat sähkövirtaa, joten toinen johdoista kuljettaa vähemmän sähkövirtaa takaisin paristoon. Lamput palavat yhtä kirkkaasti, koska ne jakavat virran tasaisesti.



Kuva 4. Sähkövirran vaimennus ja jakomalli (Kalliovaara, 2009)

4. Neljäntenä mallina on teoreettinen malli eli tieteen yleinen näkemys asiasta. Virtapiirissä oleva sähkövirta ei muutu. Vain suljetussa virtapiirissä on sähkövirta.



Kuva 5. Teoreettinen malli (Kalliovaara, 2009)

Driverin, Squires'n, Rushworthin ja Wood-Robinsonin keräämissä tutkimustuloksissa virtapiirien ennakkokäsityksistä on havaittu, että ennakkokäsitykset ovat suhteellisen pysyviä. Yhden tutkimuksen mukaan 40 % 12-vuotiaista englantilaisista nuorista selitti virtapiirin ilmiöitä törmäävien sähkövirtojen mallin avulla. Toisessa tutkimuksessa 50 % nuorista selitti virtapiirin ilmiöitä vaimennusmallin mukaan. (Driver ym., 1994.)

13-vuotiaista englantilaisista nuorista noin 80 % pitää virtapiiriä sarjana peräkkäisiä tapahtumia: sähkö lähtee paristosta, kulkee komponenttien kautta ja lopuksi palaa paristoon. Tällainen ajattelutapa estää oppilaita ajattelemasta virtapiiriä kokonaisena systeeminä, eivätkä oppilaat hahmota yhden komponentin merkitystä koko virtapiiriin. (Driver ym., 1994.)

Oppilaat ajattelevat pariston olevan sähkön ja energian varasto. Pariston ei nähdä ylläpitävän jännitettä tai potentiaaliero, vaan tuottavan sähkövirtaa suljetussa virtapiirissä. Oppilaat pitävät jännitettä sähkövirran voimakkuutena. Oppilaat eivät useinkaan ymmärrä jännitteen olevan pariston ominaisuus ja ajattelevat sen liittyvän sähkövirtaan. Oppilaat eivät käsitä pariston napojen välillä olevaa jännitettä, kun piirissä ei kulje sähkövirta. (Driver ym., 1994.)

Oppilaat tarkastelevat helposti virtapiirien komponentteja yksitellen eivätkä tällöin huomio kokonaisuutta ja muiden komponenttien vaikutuksia virtapiirissä. Tällaista paikallista ja sarjallista ajattelua ennakkokäsityksissä on vaikea muuttaa. Oppilaiden mielestä muutos virtapiirissä on aina paikallista eikä oppilas tällöin ymmärrä esimerkiksi lampun vaihtamisen vaikutusta muihin piiriin osiin. (Viiri, 2005.)

2.5 Simulaatiot

Simulaatiot yrittävät jäljentää tai mallintaa ilmiöitä ja prosesseja. Niiden tavoitteena on luoda oppimisen kannalta tehokas oppimisympäristö. Simulaatioita käytetään tilanteissa, joissa muuten on ongelmallista, vaarallista tai mahdotonta päästä vuorovaikutuksiin kyseisen ilmiön kanssa. (Sinnemäki, 1998.)

Simulaatio-ohjelma sisältää yhden tai useampia malleja. Käyttäjä voi asettaa mallin parametrien arvot mieleisikseen ja käynnistää simulaation. Jokainen yksittäinen suoritettu tietokoneajo on simulaatio. Mallit itsessään ovat kätkeytyinä ohjelmakoodiin, jota käyttäjä ei voi yleensä muuttaa tai edes nähdä. (Sinnemäki, 1998.)

2.5.1 Simulaatiot opetuksessa

Simulaatioiden käytöstä opetuksessa on paljon hyötyä oppimisessa. Simulaatiokokeita on helppo ja nopea tehdä. Niitä voi myös toistaa, kunnes tuntee ymmärtäneensä niiden havainnollistaman asian. Simulaatioilla tehtävillä kokeilla on paljon etuuksia. Niitä voidaan käyttää kouluissa, joissa kokeelliseen työhön ei ole välineitä. Niillä voidaan tehdä työ, jota ei ole mahdollista tehdä kokeellisesti laboratoriossa. Niillä voidaan yhdistää mikro- ja makrotason mallit samassa työssä. Opiskelija voi suorittaa simulaation omalla koneellaan kotona. (Wieman ym., 2012)

Wellington (1999) on selvittänyt simulaatioiden hyötyjä ja haittoja. Ne on esitelty taulukossa 3.

Taulukko 3: Simulaatioiden hyödyt ja haitat (Repo & Pitkänen, 2012).

Simulaation hyödyt	Simulaation haitat
<ul style="list-style-type: none">• Parantavat abstraktien käsitteiden ymmärtämistä.• Antavat vastuuta oppilaalle oppimisesta.• Kehittävät tieteellisten käsitteiden käyttöä.• Kehittävät oppilaiden kognitiivisia taitoja sekä asenteita.• Uutuusarvo.• Lisäävät motivointia ja kiinnostusta opittavaa aihetta kohtaan.• Käyttö voi laajentaa oppimista muillekin osa-alueille.• Mahdollistavat oppilaalle sopivan vauhdin itsenäisellä työskentelyllä ja lisäävät opetuksen yksilöllisyyttä.• Tekevät opiskelusta hauskeempaa ja mukavampaa.• Tavoittavat oppilaiden huomion ja saa sen pysymään aiheessa.	<ul style="list-style-type: none">• Oppilaat leikkivät simulaatiolla ja unohtavat oppimisen.• Oppilailla on houkutus mennä tietokoneella muille internetsivuille.• Yhden opettajan on vaikea valvoa tietokoneella työskentelevää luokkaa• Simulaatiot voivat olla hyvinkin monimutkaisia tai ne sisältävät epäolennaista tietoa, mikä toimii oppimista rajoittavana tekijänä.• Oppilaille voi olla epäselvää simulaatioiden käytön tavoite, jolloin he eivät tiedä mitä tehdä tai oppia.• Houkutus jättää kokeelliset laboratorioskokeet ja korvata ne simulaatioilla.• Jos simulaatiolla työskennellään aina, ei opita kokeellisia taitoja eikä tekemään koejärjestelyjä ja mittauksia.• Virheistä ei opita yhtä hyvin.• Simulaatioilla ei opita tehden, vaan "katsotaan mitä tapahtuu".

Simulaatioiden haittariskinä onkin, että simulaatiot muistuttavat liikaa pelejä ja ovat hauskoja, jolloin niiden käyttö menee leikkimiseksi eikä opetuksellista tavoitetta saavuteta. Tämän estämiseksi on oppilaille annettava tarkat työohjeet, joiden noudattamista ja oppilaiden työskentelyä opettajan tulee valvoa. (Repo & Pitkänen 2012.)

Simulaatioilla voidaan havainnollistaa malleja selvemmin kuin kokeellisella työllä laboratoriossa. Ronen ja Eliahu (1999) ovat tutkineet 15-vuotiaiden oppilaiden simulaatioiden käyttöä. Oppilaista yli puolet koki simulaatioiden havainnollistavan ja edistävän oppimista. Kuvat voivat havainnollistaa enemmän kuin opettajan puhe tai numeeriset mittaustulokset. Hennessy, Deaney ja Ruthven (2006) ovat todenneet simulaatioiden auttavan vaikeasti ymmärrettävien tai vaikeasti selitettävien asioiden oppimista. Fysiikassa tätä esiintyy erityisesti fysiikan lakien abstraktiuden takia.

Simulaatiot helpottavat asioiden mieleen jäämistä ja muistamista. Simulaatioiden yhtenä etuna opetuksessa on, että niillä voidaan mallintaa ilmiöitä, jotka eivät ole silmin nähtävissä (Hennessy ym., 2006). Esimerkkinä tästä on elektronien mallintaminen virtapiirikytkennöissä. Tätä voidaan havainnollistaa PhET-virtapiirisimulaatiolla. (<https://phet.colorado.edu/fi/simulation/circuit->

[construction-kit-dc](#)) (Repo & Pitkänen, 2012.) PhET-virtapiirisimulaatio mallintaa elektroneita koko johdon kokoisilla palloilla, jotka liikkuvat tasaisella nopeudella. Oppilaille olisikin hyvä painottaa, että simulaatiolla elektronit ovat vain mallinnuksia. Todellisuudessa elektronit ovat hyvin pieniä ja liikkuvat erilaisilla nopeuksilla.

2.5.2 PhET-simulaatiot

Tässä opetuskokeilussa käytettiin Coloradon yliopiston ”The Physics Education Technology” (PhET) -projektissa ohjelmoituja fysiikan simulaatioita. PhET-simulaatiot ovat internetissä toimivia erittäin interaktiivisia visuaalisia simulaatioita, joiden tavoitteena on opettaa fysiikkaa ja muita luonnontieteitä. PhET-simulaatiot ovat tutkimukseen perustuvia ja käyttäjillä testattuja. Ne ovat ilmaisia, kaikkien saatavilla olevia eri www-sivujen kautta toimivia simulaatioita. Ne toimivat Java-sovelluksina tai Flash-ohjelmina, tai ne voidaan ladata tietokoneelle halutuilta www-sivuilta. PhET-simulaatiot löytyvät internetistä osoitteesta <http://phet.colorado.edu>.

PhET-simulaatiot muistuttavat ulkoasultaan tietokonepelejä, joten ne kiinnostavat oppilaita ja siten houkuttelevat oppimaan. Ne saavat oppiaineen tuntumaan helpommalta. Simulaatioissa kokemusmaailman tutut ilmiöt yhdistyvät suoraan havaintotasolla ilmiöitä selittäviin fysiikan visuaalisiin ja käsitteellisiin malleihin. Kokemusmaailman ja fysikaalisen mallin yhdistymistä nopeuttavat PhET-simulaatioihin upotetut arkielämästä tutut asiat kuten aidon näköiset paristot, kytkimet ja lamput – simulaatioissa näkyvät jopa koira ja pyyhekumi. Nämä asiat myös toimivat osana simulaatiota ja konkreettisesti vastaavat arkielämän käyttötarkoitustaan.

Laboratoriotyöskentelyn oppimista vahvistavat simulaatioissa käytettävät mittalaitteet, jotka muistuttavat hyvin todellisia esikuviaan. Esimerkiksi jännitemittari näyttää ja toimii kuten oikea jännitemittari antureineen.

3. Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

3.1 Tutkimuksen tavoite

Fysiikan opiskelu koetaan vaikeaksi ja haastavaksi. Siksi onkin vaadittu, että luonnontieteiden opetuksessa tulisi ottaa käyttöön uusia toimintatapoja, jotka luovat mielenkiintoa aineeseen ja parantaisivat oppimista. Koska kokeellisella työtavalla ovat yhteys luonnontieteelliseen osaamiseen ja oppiaineesta pitämiseen, kehoitetaan vuoden 2012 luonnontieteiden kehittämishankkeessa käyttämään opetuksessa tavoitteellisesti tieto- ja viestintäteknikkaa sekä kiinnittämään huomiota arvioinnin ja analysoinnin taitoihin (Kärnä, 2012). Tässä tutkimuksessa selvitetään, millaisia kognitiivisia taitoja oppilaat käyttävät, kun he työskentelevät PhET-simulaatioilla. Tätä tutkitaan alakoulun 6.-luokkalaisten pienryhmien tehdessä sähköopin virtapiirikytkentöjä. Pienryhmien puhetta analysoidaan Bloomin taksonomiaa hyödyntäen.

Nykyisen opetuskäsityksen mukaan opettajan tulee ottaa huomioon oppilaan kognitiiviset taidot ja ennakkokäsitykset. Luonnontieteellisen ajattelun opettaminen onkin yksi tärkein tavoite luonnontieteiden opettamisessa. Tutkimuksissa (Kallunki, 2009; Aksela 2005; Bennet ym., 2001) on todettu korkeampien kognitiivisten taitojen vaikuttavan oppimiseen. Kognitiivisia taitoja on tutkittu paljon ja on havaittu, että oppilaat käyttävät suurimmaksi osaksi vain alempia kognitiivisia taitoja.

Opetus sosiaalikultuurisena tapahtumana pienryhmässä keskustellen on lisännyt korkeampia kognitiivisia taitoja. Kuitenkin tutkimuksissa on havaittu, etteivät edes yliopistossa opiskelevat kyetse tuottamaan korkeamman asteen puhetta (Alftan 2012). Tämän takia olisi tärkeä opettaa oppilaille kriittistä ja ongelmalähtöistä ajattelua. Tässä tutkimuksessa selvitetään, millaista puhetta esiintyy fysiikan opintojen alkutaipaleella olevilla alakoulun 6.-luokkalaisilla. Tulevana opettajana haluan tietää, millaisilla tilanteilla voin edesauttaa oppilaiden kognitiivisten taitojen kehittymistä, joten tutkimuksessa selvitetään, missä tilanteissa syntyy korkeamman asteen puhetta.

Sähköoppi ja virtapiirit ovat abstrakteja aiheita ja oppilailla on monesti virheellisiä ennakkokäsityksiä sähköstä. Nämä ennakkokäsitykset tulisi opettajien ottaa huomioon opetuksessaan. (Viiri, 2005.) Simulaatioilla ovat hyvä kehittää oppilaiden fysiikan osaamista ja kartoittaa ennakkokäsityksiä, koska oppilaat pystyvät nopeasti muuttamaan koejärjestelyjä ja toistamaan kokeen. Lisäksi simulaatioilla pystytään mallintamaan mikromaailman ilmiöitä.

Tässä tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita siitä, kuinka alakoulun 6.-luokkalaiset yhdistävät mikromaailman elektronit sähkövirtaan ja makromaailman syyseurauksiin, eli lampun palamiseen.

Simulaatioilla on saatu yhtä hyviä oppimistuloksia kuin kokeellisella työskentelyllä laboratoriossa. On tutkittu, että simulaatiot kiinnostavat oppilaita ja herättävät mielenkiinnon oppiaineeseen (Ronen & Eliahu 1999). Tavoitteena on selvittää, hyötyvätkö oppilaat simulaation käytöstä.

3.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksessa etsitään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Millaisia kognitiivisia taitoja pienryhmissä esiintyy oppilaiden tehdessä virtapiirikytkentöjä simulaatiolla?
2. Millaisissa tilanteissa korkeamman asteen puhetta esiintyy?
 - Mikä merkitys on pienryhmällä?
 - Mikä merkitys on tehtävillä?
 - Mikä merkitys on opettajalla?
3. Millaisia ennakkokäsityksiä oppilailla on virtapiirikytkennöistä?
4. Mitkä ovat simulaation hyödyt ja haitat oppitunnilla?
5. Oppivatko oppilaat sähköoppia simulaatiotunneilla?

4. Tutkimuksen toteutus

4.1 Tutkimusryhmien muodostaminen

Tutkimuksen oppitunteihin osallistui yksi Jyväskylän normaalikoulun 6.-luokka keväällä 2012. Tutkimukseen osallistui 23 oppilasta, 10 tyttöä ja 13 poikaa. Luokan oma opettaja jakoi oppilaat seitsemään ryhmään, jolloin oppilaat työskentelivät 3–4 hengen pienryhmissä. Luokka jaettiin kahteen erilliseen oppituntiryhmään oppilaiden A1-kielen mukaisesti. Näin ollen tiistain ryhmässä oli 15 oppilasta ja torstain ryhmässä oli ensimmäisellä kerralla seitsemän oppilasta ja toisella kerralla kahdeksan oppilasta. Yksi oppilas oli kipeä torstain ensimmäisellä tunnilla. Tiistain opetustuntiryhmästä muodostui siis viisi pienryhmää ja torstain opetustuntiryhmästä kaksi pienryhmää.

Jokainen pienryhmä osallistui kaksi kertaa 45 minuutin pituiselle oppitunnille, jossa ryhmä työskenteli tietokoneella tehden PhET-simulaatiolla tasavirtapiirikentöjä. Oppitunnit olivat samat molemmille oppituntiryhmille. Oppituntien välissä oli viikon tauko.

4.2. Oppitunnit

Oppitunnit suunniteltiin niin, että paristojen ja lamppujen kytkennät käsiteltiin eri oppitunneilla, koska tämä tukee oppilaiden oikean ajatusmallin kehittymistä (Driver ym., 1994).

Ensimmäisellä tunnilla oli yksikertaisempia simulaatiotehtäviä, jotta oppilaiden ajattelumallit vakiintuisivat. Tunti käsitteli suljettua ja avointa virtapiiriä sekä lamppujen rinnan- ja sarjankytkentöjä. Ensimmäisen tunnin tavoitteena oli, että oppilaat ymmärtävät elektronien yhteyden sähkövirtaan, jolloin he voisivat vaikeimmissa kytkennöissä käyttää tiedon muodostumisessa apuna havaintoja elektronien liikkeestä. Toisen oppitunnin tavoitteena oli tutkia johteita ja eristeitä sekä paristojen rinnan- ja sarjankytkentöjä.

Ryhmäläisiä opastettiin PhET-simulaatioiden käyttöön vain muutamalla sanalla. Ideana oli motivoida oppilaita itse oivaltamaan simulaation käyttö. Kuitenkin ensimmäinen tehtävä on tehtävämonisteessa ohjattu tarkasti, jotta kaikki pääsisivät PhET-simulaation työskentelyn alkuun. Oppilaat saivat työskennellä itsenäisesti pienryhmässä tehtävämonisteen mukaan. Opetuksessa pyrittiin mahdollisimman paljon oppilaiden itsenäiseen toimintaan ja oivaltamiseen ryhmässä. Opettaja kierteli luokassa auttamassa, valvomassa ja esittämässä lisäkysymyksiä. Lisäksi oppilaille jäi molemmilla tunneilla aikaa omille virtapiirikokeiluille.

Simulaatiotunnit piti tutkimuksen tekijä ja tiistain ensimmäisellä oppitunnilla oli avustamassa fysiikan aineenopettajaopiskelija (Jaana Romppainen). Luokan oma opettaja ei ollut simulaatiotunneilla paikalla.

4.3 Aineiston keruu

4.3.1 Tehtävämonisteet

Tehtävämonisteet on laadittu käyttäen hyväksi eri alakoulujen työ- ja teoriakirjoja (esim. *Pisara 6, FyKe 5-6lk, Koulun fysiikka ja kemia 6*). Tavoitteena oli, että tehtävät vastaisivat mahdollisimman paljon tarvittavaa tietoa, jota 6.-luokkalaiset käsittelevät yleisemminkin fysiikan sähköopin kytkennöissä.

Tehtävät on muutettu simulaatioille sopiviksi ja tehtävämonisteeseen on laitettu ohjeita ja kuvia auttamaan simulaation käyttöä. Kunkin tehtävän kohdalla on kysytty oppilaiden ennakkonäkemykset hypoteesein ennen tehtävän tekemistä. Tehtävämonisteiden kysymyksillä pyritään siihen, että oppilaat tiedostaisivat omat näkemyksensä, jotta työskentely joko vahvistaisi tai muuttaisi niitä. Samoin hypoteeseilla on kartoitettu oppilaiden ennakkokäsityksiä.

Oppilaat täyttivät pienryhmässä yhteistä tehtävämonistetta kirjallisesti tietokoneella työskentelyn ohessa. Sanallisten tehtävien kohdalla edellytettiin oppilaiden perustelevan vastaustaan. Sanallisten vastausten lisäksi oppilaiden tuli antaa vastauksia piirtämällä ja ympyröimällä vastauksia eri vaihtoehtoista.

Ensimmäisen tunnin monisteiden (Liite 2) tehtävät koostuivat seuraavanlaisista tehtävistä:

- Tehtävä 1 käsittelee avointa ja suljettua virtapiiriä.
- Tehtävä 2 käsittelee lamppujen sarjaankytkentää.
- Tehtävissä 3 ja 4 tehdään aikaisemmat kytkennät uudestaan elektronien kanssa.
- Tehtävä 5 käsittelee lamppujen rinnakkainkytkentää.

Toisen oppitunnin monisteiden (Liite2) tehtävät ovat seuraavat:

- Tehtävässä 6 tehdään hypoteesit erilaisten kytkentöjen lamppujen palamisesta. Osassa kytkennöissä on johteita ja eristeitä.
- Tehtävässä 7 kyseiset kytkennät tehdään simulaatiolla.
- Tehtävä 8 käsittelee paristojen sarjaankytkentää.

- Tehtävä 9 käsittelee paristojen rinnankytkentää.

Mikäli oppilaat ennättivät, he saivat tehdä lisätehtäviä:

- Tehtävä 10 käsittelee lisää johteita ja eristeitä.
- Tehtävä 11 käsittelee oikosulkua.

4.3.2 Ennakko- ja loppukysely

Ennakko- ja loppukysely pohjautuivat samaan kyselylomakkeeseen (Liite1), jonka oppilaat täyttivät oman opettajan ohjauksessa. Ennakkokysely tehtiin edellisellä viikolla ennen ensimmäisen viikon oppitunteja ja loppukysely tehtiin viikon päästä viimeisestä simulaatiotunnista.

Kyselylomakkeessa oppilaiden täytyi perustella palaako kuvassa (suljettu virtapiiri) lamppu, sekä ympyröidä erilaisista kytkentäkuvista, missä lamput palavat. Lisäksi heidän täytyi perustella, missä tilanteissa heistä lamppu paloi kirkkaimmin ja missä himmeimmin. Ennakkokyselyn avulla pyrittiin hahmottamaan oppilaiden ennakkokäsityksiä tasavirtapiirikytkennöistä. Vastausten perusteella pyrittiin selvittämään, oliko simulaatiotyöskentely edistänyt oppimista.

4.3.3 Ääninauhurit ja videointi

Jokaisen pienryhmän puheet äänitettiin ääninahurille. Ryhmät ja ääninauhurit oli sijoitettu mahdollisimman kauaksi toisistaan, jotta toisten ryhmien äänet eivät häiritsisi yksittäisen ryhmän puheen kuulumista ääninauhulta. Ääninauhurit asetettiin ryhmän tietokoneen viereen, jotta nauhuri ottaisi oppilaiden puheet tarkasti ja tasapuolisesti nauhalle.

Tiistain oppitunneilla kaikkia ryhmiä kuvattiin videolle yhtä aikaa yhdestä kuvauspisteestä ja myös torstain oppituntien aikana yhtä ryhmää videoitiin.

4.4 Aineiston analysointi

Tässä tutkimuksessa analysoidaan ääninauhosten avulla oppilasryhmien puhetta. Myös ennakko- ja loppukyselyjen avulla analysoidaan, tapahtuiko simulaatioilla oppimista.

Tutkimuksen aineistoksi valittiin lopulta viisi ryhmää alkuperäisen seitsemän ryhmän sijaan. Tiistain yhden ryhmän nauhurissa oli pitkiä nauhoittamattomia pätkiä. Toisen tiistain ryhmän

puheesta oli vaikea saada selvää, vaikka oppilaiden työpisteet oli yritetty asettaa mahdollisimman eripuolille luokkaa ja nauhurit ryhmän keskelle. Näin nämä ryhmät jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Kuitenkin näiden kahden ryhmän oppilaat ovat mukana ennakko- ja loppukyselyssä. Lopulta tutkimuksessa on kolme ryhmää tiistailta (ryhmät 1, 2 ja 3) ja kaksi ryhmää torstailta (ryhmät 4 ja 5).

Videonauhoitteet eivät antaneet lisäarvoa oppilaiden puheeseen, joten videonauhoitteita ei erikseen analysoitu.

4.4.1 Puheen analysointi

Oppilasryhmien nauhoitetut puheet analysoitiin pohjautuen Veera Kallungin (2009) tutkimuksessa esitettyjen puhetasojen mukaan. Kallungin puhetasot perustuvat uudistettuun Bloomin taksonomian kognitiivisiin taitoihin. Tutkimuksessa Kallunki selvitti tasavirtapiirikytkentöjen kuvakorttien vaikutusta 3.-luokkalaisten kognitiivisiin taitoihin. Tässä tutkimuksessa käytetyt puheen tasot on esitetty taulukossa 3. Taulukossa on myös tämän tutkimuksen oppilaiden esimerkkipuheita eri puheen luokista.

Korkeamman tason puhetta ovat 5. luokka (ääneen ajattelu), 6. luokka (selittävä puhe) ja 7. luokka (luova puhe). Näissä luokissa oppilaat käyttävät korkeamman tason kognitiivisia taitoja.

Taulukko 3. Puheen tasot. (Mukaiillen Kallunki, 2009)

Puheen luokka	Kognitiivinen luokka	Huomautuksia	Esimerkkejä oppilaan puheista
7. Luova puhe (creative talk) - perustelee uuden mallin - kehittää selitystä	Luoda	Luovaan puheeseen kuuluu aikaisempien mallien uudelleenorganisointi, jolloin syntyy uusi malli tai rakenne.	”Kun lamppu on tässä piirissä näin, niin ei tule oikosulkua, sen siis täytyy jollakin tavalla vastustaa elektronien liikettä. Lamppu siis toimii vastuksena..” (Poistettu ryhmä)
6. Selittävä puhe (explanation talk) - keksiminen - kritisointi - puheen perustelu - mikro-tai makrotason selitykset - valmis ajatus	Arvioida	Selittävä puhe on mallintamisen ensimmäisen tason vaihe. Se tarkoittaa rakentavan syy-seuraus -mallin käyttämistä.	”Lamppu ei pala, koska kumi on eriste. Silloin virtapiiri ei ole suljettu.” (Ryhmä 1)
5. Ääneen ajattelu (thinking aloud) - ääneen lausuttu ajatus - ajatus tai selitys on puutteellinen - kysymyksen esittäminen	Analysoida Ymmärtää	Tämä luokka sisältää selvästi korkeammalla tasolla olevaa ajattelua, mutta ajatukset eivät ole täysin ilmaistuja.	”Me ei saada koira palamaan yhdellä paristolla, tarvitaan ehkä lisää paristoja.” (Ryhmä 1) ”Mikä on resonanssi?” (Ryhmä 4)
4. Selvä näkemys (clear opinion) - oman näkemyksen selvä ilmaisu ilman perusteluja. - hyväksyn/olen eri mieltä -aloitteet	Ymmärtää	Tässä luokassa oppilaan puhe on luottavainen, mutta koska se ei sisällä perusteluja tai laajempia näkökohtia, se on alempana taulukossa.	”Lamppu palaa tuossa ja tuossa (tilanteessa).” (Ryhmä 2) ”Tämä ei toimi.” (Ryhmä 2)
3. Tekninen puhe (technical talk) - aloitteellinen puhe työskentelyssä - kytkentöjen tekemistä - sisältää myös joissakin tilanteissa päättelyä.	Soveltaa Muistaa	Ryhmään kuuluva puhe on aloitteellista puhetta kokeellisessa työskentelyssä tai tehtäväpaperin täyttämässä.	”Nyt voit yhdistää johtimen tuohon lamppuun.” (Ryhmä 3) ”Ota paristo ja johdin.” (Ryhmä 3)
2. Muistaminen/ (answering, vastaaminen) - ei sisällä päättelyä - tehtävänannon lukeminen - ei aloitteellinen vastaus - "en tiedä"-vastaukset	Muistaa	Tämä luokka perustuu uskottavasti muistamiseen, koska vastaukset eivät sisällä perusteluja tai päättelyä	”En tiedä” (Ryhmä 2)
1. Muu puhe (other talk) - Puhe, joka ei liity asiaan -			”Nauhottaako tämä nauhuri?” (Ryhmä 2) ”Teidän koira on ihana Sakari.” (Ryhmä 3)

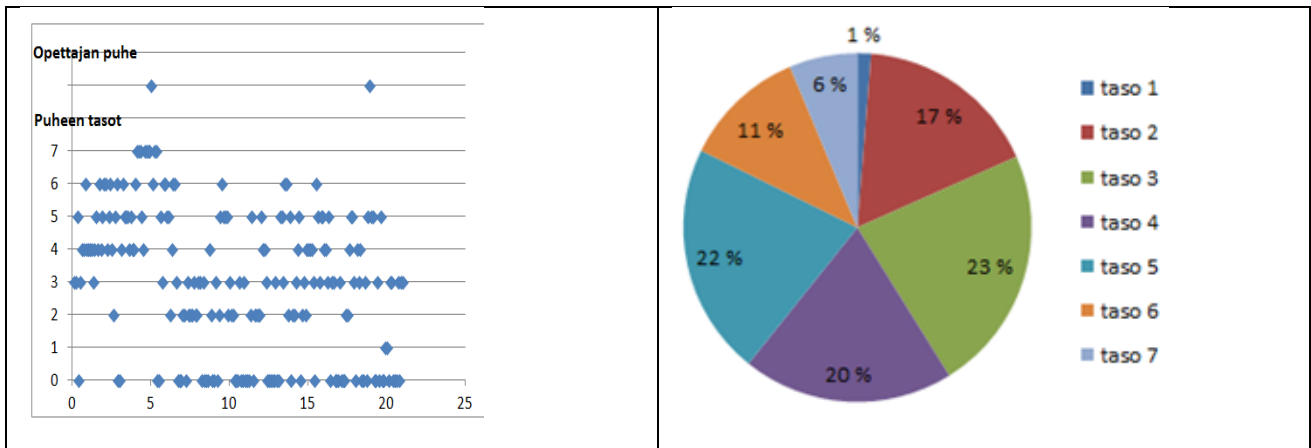
Jokaisen ryhmän puheesta tehtiin Excel-taulukot, joissa x on aika ja y on puheen tasot taulukon 4 mukaisesti: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe, 7 luova puhe. Tutkimuksen aikana kävi selväksi, että oppilaat tarvitsevat opettajaa auttamaan ja syventämään oppimista, minkä takia opettajan puhe koettiin tärkeäksi ottaa mukaan taulukoihin. Opettajan puhe käsittää kaiken aikuisen puheen, jonka hän esittää kyseiselle ryhmällä tai koko luokalle.

Excel-taulukkoon koodaamisen helpottamiseksi minuutti ajettiin 10 osaan. Näin ollen oppilaiden puhe jaettiin kuuden sekunnin puhekerroiksi taulukointia varten. Sekunti johti liian työlääksi, kun taas esim. 15 sekuntia ei tuonut esille keskustelua riittävästi. Kuuden sekunnin jakso antoi riittävän tarkkuuden. Puhe ei välttämättä ole koko kuutta sekuntia kyseisellä tasolla, vaan valintatilanteessa puhe on koodattu korkeamman asteen mukaan.

Nauhurit laitettiin nauhoittamaan jo ennen oppilaiden saapumista luokkaan ja nauhoitus lopetettiin tunnin jälkeen. Puhetaulukoiissa aika on laitettu alkamaan siitä, kun oppilaat alkavat keskustella simulaatioista tai tunti on selvästi alkanut. Nauhoitus on lopetettu siihen, kun sähköopin simulaatioiden tekeminen loppuu. Tiistain ryhmäläisillä meni enemmän aikaa siirtyä tietokoneiluokkaan ja jakaantua ryhmiin, minkä takia ensimmäinen oppitunti on lyhempi kuin torstain ryhmäläisillä.

Toisella tunnilla, kun ryhmäläiset olivat saaneet tehtyä tehtävämonisteen tehtävät, he saivat tutustua muihin PhET-simulaatioihin, jolloin tutkimusaika lopetettiin. Oppilaat kokeilivat ja leikkivät erittäin innostuneesti muilla simulaatioilla eikä välitunnille meno olisi kiinnostanut.

Jokaisen ryhmän puheet koodattiin ensimmäiseltä ja toiselta tunnilta ja niistä muodostettiin kuvaajat. Puheen tasoista tehtiin myös ympyrädiagrammit, joissa näkee puheen tasojen prosentuaaliset jakaumat. Esimerkit näistä jakaumista on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6: Esimerkki oppituntien puhekuvaajasta ja puhekertojen prosentuaalisesta jakaumasta.

Korkeampia kognitiivisia taitoja oppilaat käyttävät jo tasolla 5, mutta tässä tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita enemmän korkeimpien puheen tasojen 6 ja 7 tilanteista. Tässä tutkimuksessa tilanteeksi on määritetty tilanne, jossa keskustelu on yhtenäistä ja käsittelee samaa asiaa. Tilanne, joka johtaa korkeampaan puheeseen voi sisältää useampia puhekertoja samalla puheen tasolla tai alemmalla puheentasolla.

4.4.2 Ennako- ja loppukyselyn analysointi

Ennako ja loppukyselyt pisteytettiin arviointia varten seuraavasti:

Tehtävässä 1 lampun palamisesta sai yhden pisteen ja perusteluista maksimissaan kolme pistettä: Suljettu virtapiiri 1p, johtimien kytkentä 1p, sähkövirran liikkuminen 1p, elektronit 1p. Tehtävän 1 maksimipisteet olivat siis 4 pistettä.

Tehtävässä 2 jokaisesta oikein ympyröidystä kytkennästä sai yhden pisteen. Väärästä menetti 0,5 pistettä. Tehtävän 2 maksimipisteet olivat 4 pistettä.

Tehtävissä 3 ja 4 sai oikean kytkennän valitsemisesta yhden pisteen ja perusteluista toisen pisteen. Näin ollen tehtävien 3 ja 4 yhteismaksimipisteet olivat 4 pistettä.

Jos oppilas ei ollut täyttänyt toista kyselylomaketta, häntä ei otettu huomioon arvioinnissa.

Oppimisen arvioimiseksi tehtiin pisteytetyistä ennako- ja loppukyselyistä t-testi Excel-ohjelmalla. Koska simulaatiotunneilla voidaan ajatella tapahtuneen oppimista, tehdään testi yksisuuntaisena ja parillisena, koska tulokset ovat toisistaan riippuvat.

Lisäksi ennako- ja loppukyselyistä nostettiin esille oppilaiden ennakkokäsityksiä ja käsitteiden käyttöä.

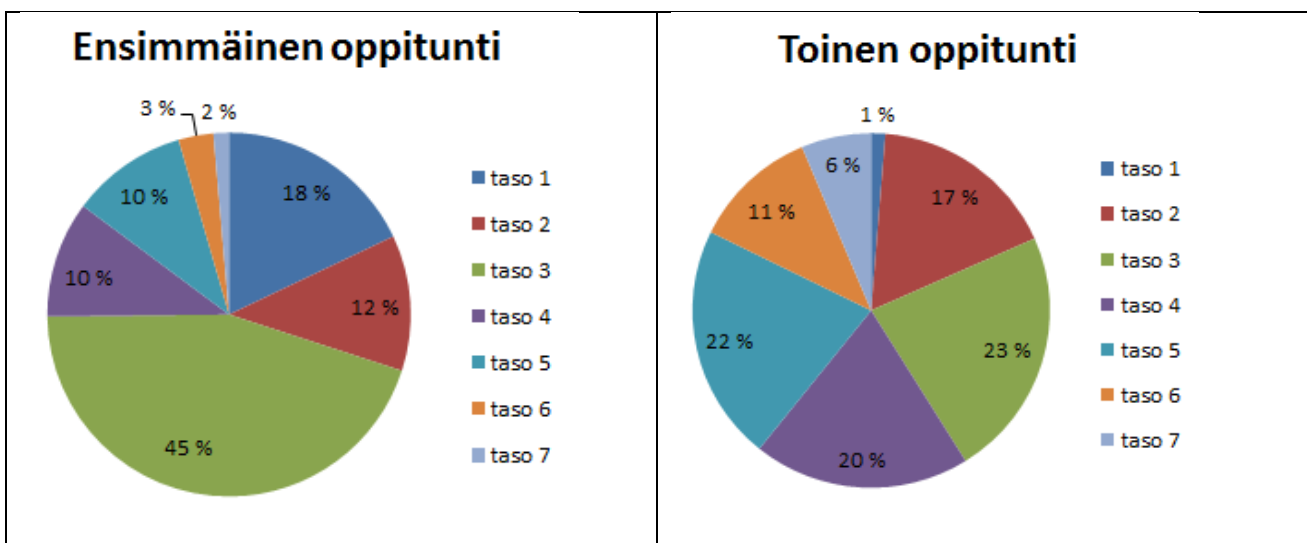
5. Oppilasryhmien tulokset ja analysointi

Tässä luvussa analysoidaan oppilaiden pienryhmien puhetta tunneittain. Ryhmät analysoidaan ryhmä kerrallaan. Ensiksi havainnoidaan ryhmän dynamiikkaa ja ryhmässä käytyä puhetta yleisesti. Tämän jälkeen esitetään ryhmän puhekuvaajat tunneittain. Oppilaiden puhetta havainnollistetaan useiden esimerkkitilanteiden avulla, joissa esiintyy korkeamman tason puhetta, ennakkokäsityksiä ja simulaation käyttöön liittyviä asioita. Simulaatioissa on kiinnitetty huomioita mm. elektronien käyttöön liittyvään puheeseen. Tilanteet esitetään aikajärjestyksessä. Ryhmän analysoinnin lopussa on vielä havaintoja ryhmän oppilaiden ennakkokäsityksistä ja simulaation käytöstä. Oppilaiden puheanalyysin jälkeen analysoidaan ennako- ja loppukyselyt.

Ryhmät 1,2 ja 3 olivat simulaatiotunnilla tiistaisin ja ryhmät 4 ja 5 torstaisin.

5.1 Ryhmä 1

Ryhmä 1 koostui kahdesta pojasta ja yhdestä tytöstä. Ryhmähenki oli hyvä ja se kasvoi työskentelyn edetessä. Ensimmäisellä tunnilla oppilaat tekivät tehtävämonisteen tehtäviä ajattelematta suuremmin, mitä niissä tapahtuu ja vastasivat vasta tunnin lopuksi tehtävämonisteen kysymyksiin. Tällä tunnilla tyttö toimi kirjurina ja pojat käyttivät simulaatioita. Ensimmäisellä tunnilla korkeampitasoisissa keskusteluissa pojat olivat huomattavasti enemmän äänessä. Tyttö patisti poikia aina takaisin tehtävämonisteen pariin, kun pojat tekivät liian pitkään omia kytkentöjään. Toisella tunnilla roolit oli vaihdettu ja tyttö oli mukana korkeamman puheen tason keskustelussa. Toisella tunnilla oppilaat tekivät heti tehtävämonistetta ja lopuksi vasta omia kytkentöjä.



Kuva 7: Ryhmän 1 puhetasojen prosentuaalinen esiintyminen oppitunneilla

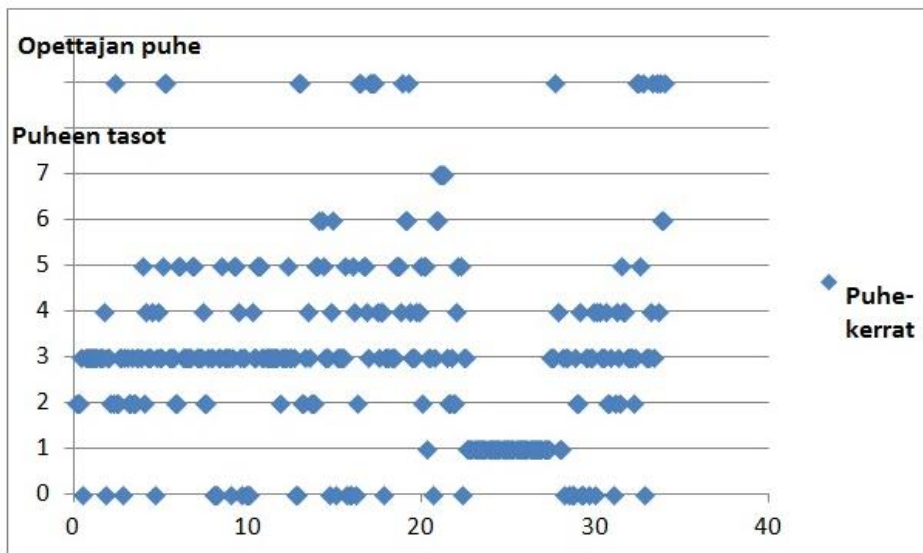
Ensimmäisellä tunnilla oppilaat puhuivat eniten teknistä puhetta (taso 3, 45 %) ja oppilailla oli runsaasti pohdintoja, mutta perustelut olivat puutteellisia (taso 5). Korkean tason puhetta, tasoilla 5–7, esiintyi yhteensä 15 % ja korkeimpien tasojen 6 ja 7 puhetta esiintyi 5 %, kun oppilaat tekivät omia kytkentöjä.

Toisella tunnilla korkeatasoista puhetta esiintyi huomattavasti enemmän eli 39 %. Tasojen 6 ja 7 puhetta oli 17 % ja se liittyi eniten tehtävien tekemiseen. Teknistä puhetta oli huomattavasti vähemmän (23 %) kuin ensimmäisellä tunnilla. Toisen tunnin tehtävät olivat haastavampia ja simulaatio sekä tunnin kulku olivat oppilaille tuttuja. Ryhmäläiset olivat kiinnostuneita simulaatiosta ja pohtivat jo ensimmäisen tunnin alussa ”Pitäisiköhän tätä testata kotonakin?”. Ryhmä jaksoi työskennellä simulaation parissa koko työskentelyajan, joten tällä ryhmällä oli hyvin vähän simulaation ulkoista puhetta (taso 1) ja suurin osa siitäkin oli tietokoneen kaatuessa ensimmäisellä tunnilla (aikavälillä 22.37–27.19).

Ensimmäisellä tunnilla korkeimman asteen puhetta esiintyi tasolla seitsemän kertaa, kun ryhmä pohti oman kytkentänsä toimivuutta. Tason 6 puhetta esiintyi neljä kertaa: kerran vastaus tehtävämonisteen kysymykseen, kahdesti vastaus opettajan kysymykseen ja kerran oivallus kytkennöissä. Toisella tunnilla esiintyi tason 7 puhetta kerran, kun oppilailla oli kognitiivinen konflikti. Tason 6 puhetta esiintyi kahdeksan kertaa, joista kolmesti kognitiivinen konflikti, kolmesti vastaus tehtävämonisteen kysymykseen ja kahdesti oma oivallus kytkennöissä.

5.1.1 Ryhmän 1 ensimmäinen oppitunti

Kuvasta 8 havaitaan, että heti ensimmäisen tunnin alussa ryhmän 1 oppilaiden puhe oli teknistä puhetta (taso 3). Tasojen 4 ja 5 puhetta ilmeni tasaisesti pitkin oppituntia. Ensimmäisellä tunnilla ryhmän korkeatasoisin puhe liittyi oppilaiden leikkeihin. Opettaja oli muutamissa keskusteluissa mukana.



Kuva 8: Ryhmän 1 keskustelu ensimmäisellä tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe.

Tilanne 1: Leikki (Keskustelu on aikaväliltä 10.11–10.55.)

Tässä keskustelussa oppilaat haluavat saada oman kytkentänsä syttymään tuleen lisäämällä paristoja sarjankytkentään.

P2: Nyt lisätään kolmas paristo, tulee vielä lisää.

P1: Erittäin hauskaa.

P2: Eikun mahtavaa.

P2: Vielä pari paristoo.

P1: Laita niitä paljon.

P1: Kohta se syttyy kunnolla palamaan.

P2: Niin se onkin tarkoituskin.

P1: Vielä yks.

T1: Kohta se räjähtää.

Tällainen keskustelu on oppilaille tyypillinen ensimmäisellä tunnilla. Oppilaiden puhe on pääosin teknistä puhetta ja ääneen ajattelua, jolloin oppilaiden perustelut näkemyksilleen ovat puutteellisia. Tällöin oppilaat puhuvat nyt korkeimmillaan ääneen ajattelun tasolla (taso 5). Ensimmäisessä pojan P2 puheenvuorossa ”Nyt lisätään kolmas paristo, tulee vielä lisää”, nähdään, että oppilas ei käytä käsitteitä puheissaan. Tässä tilanteessa voidaan olettaa, että oppilas ajattelee virran lisääntyvän, kun paristoja lisätään kytkentään. Toisaalta voidaan olettaa, että oppilas ei tiedä, mikä lisääntyy lampun kirkastuessa. Kun käsitteet ovat uusia ja abstrakteja, oppilas käyttää niitä epätarkasti ja huolimattomasti (Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1999).

Tilanne 2: Tehtävämonisteen kysymykseen vastaus (14.02–14.14)

Oppilaat vastaavat tehtävämonisteen kysymykseen 1a, jossa kysytään palaako hehkulamppu virtapiirin ollessa auki.

T1: Lamppu ei pala, koska johtimet ei ole kiinni. Vai?

P2: Ei pala, koska johdot ei ole kiinni, eikä synny virtapiiriä.

Tässä ryhmän tyttö varmistaa ajatustaan tehtävämonisteen vastaukseen. Poika P2 käyttää selkeää ensimmäisen tason mallintamista, syy-seurausmallia, selittävän puheen tasolla kuusi. Hyvässä ryhmädynamiikassa oppilaat täydentävät, viittaavat ja antavat palautetta toisen vastauksiin (Arvaja & Mäkitalo-Siegl, 2006), kuten tässä lyhyessä keskustelussa.

Tilanne 3: Leikki ja vastaus opettajan kysymykseen (18.30–20.23)

Oppilaat haluavat saada oman kytkentänsä syttymään tuleen. Kytkennässä on useita lamppeja ja paristoja yhdistettyinä toisiinsa. Kytkentä ei syty tuleen, jolloin he pyytävät opettajalta apua.

P1: Miten tän saa palamaan? Pitääkö siihen vaan laittaa paljon paristoja?

Opettaja: Kyllä

P1: No niin! Oh right. Testataan.

Hiljaisuus.

Opettaja: Mitä paristo tekee kytkennässä?

P2: Se antaa sille lisää virtaa. Lisää siis vaan paljon paristoja.

Opettaja: Mitä lamppu tekee sit sähkövirralle?

P2: Kuluttaa sitä.

P1: Aivan, jep.

P2: Siis paljon paristoja ja vähän lamppeja.

Vygotskyn lähikehityksen mallin avulla oppilaat tarvitsevat oppimiseen asiantuntijan, joka auttaa oppilaita syventämään tietojansa. Tämän jälkeen oppilaat jatkavat ja soveltavat itsenäisesti asian käsittelyä (Vygotsky, 1978). Tässä keskustelussa opettaja toimii asiantuntijana ja johdattelee oppilaat oikeaan vastaukseen, minkä jälkeen he pääsevät jatkamaan eteenpäin leikissään. Oppilaan P2 puhe on selittävää puhetta tasolla kuusi, kun hän vastaa opettajan kysymyksiin.

Tilanne 4: Elektronit ja leikki (20.54–21.20)

Oppilaat ovat saaneet oman kytkennän syttymään tuleen pitkän työn tuloksena ja pohtivat, miten kytkennän saisi muuten syttymään.

P2: Kyllähän se kuumenee silloinkin, jos on paljon virtaa.

P2: Kato, kun tekee hullun pienen... vähän elektroneja.

P1: Siit muodostuu sähkökenttä.

P1: ja paljon paristoja vai onko se sillain?

P2: Pienes tilas sittenkin paljon elektroneja. Eiks sillon?

P1: Joo, taitaa mennä niin. Eikö sillon ole suuri virta ja se syttyy tuleen?

Tämä keskustelu on ensimmäisen tunnin ainoa korkeimman tason 7 luova keskustelu. Tässä keskustelussa oppilaat luovat uutta mallia, jossa he pohtivat miten elektronit ja virta vaikuttavat kytkennän kuumenemiseen. Elektroneissa pojat kiinnittävät huomiota elektronien määrään. Poikien keskustelu jää harmillisesti kesken, kun tyttö ohjaa pojat takaisin tehtävämonisteen kimppuun.

Tilanne 5: Vastaus opettajan kysymykseen (33.33–33.55)

Oppilaiden pitää tehtävässä 2 verrata yhden lampun ja kahden lampun sarjankytkettyjen lamppujen kirkkautta ja pohtia mistä lamppujen kirkkauden ero johtuu.

Opettaja: Mitä huomaatte lamppujen kirkkaudessa?

P1: Se saa yhdes lampus..

P2: Se yks lamppu palaa paljon kirkkaammin.

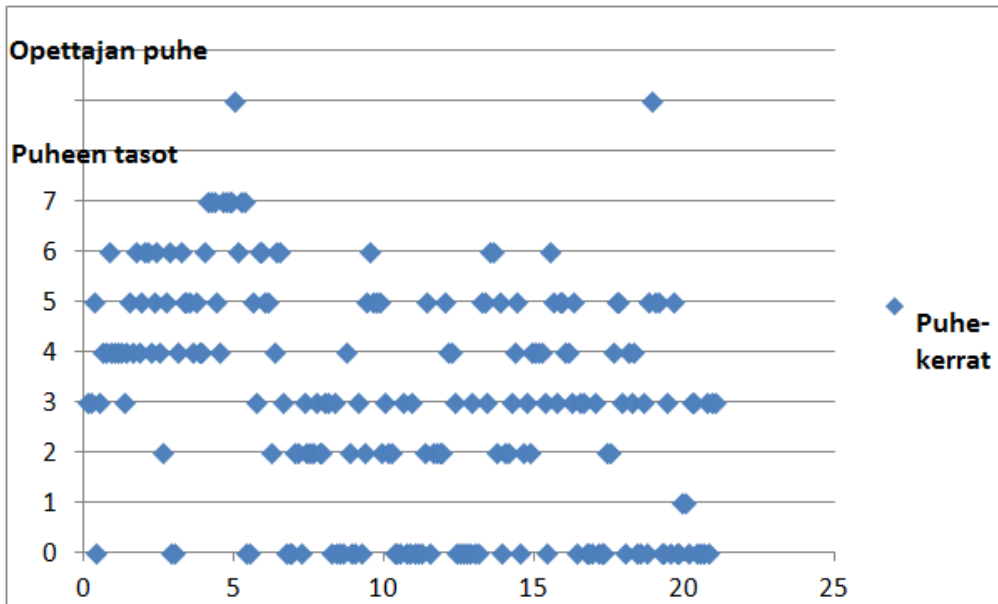
Opettaja: Minkä takia lamput ei pala yhtä kirkkaasti?

P2: Koska siinä on kaksi lamppua ja se vie enemmän sitä jännitettä tai sähkövirtaa.

Oppilailla on selkeä näkemys, jonka he perustelevat vastatessaan opettajan kysymykseen. Jotta opettaja saa tietää tarkemmin oppilaiden kognitiivisia taitoja ja käsityksiä asiasta, on opettajan esittämällä kysymyksillä merkitystä. Kuten tässä keskustelussa, opettajan esittämä lisäkysymys lamppujen kirkkaudesta oli tärkeä. Jos opettaja olisi esittänyt vain ensimmäisen havaintokysymyksensä, ei hän olisi saanut tietää oppilaiden päättelytaidoista mitään. Keskustelussa tulee esille käsitteet *jännite* ja *sähkövirta*, jotka ovat oppilaille yleisesti haastavia ymmärtää. Opettaja olisikin voinut auttaa oppilaita pohtimaan, kuluttaako kaksi paristoa jännitettä vai sähkövirtaa.

5.1.2 Ryhmän 1 toinen oppitunti

Kuvasta 9 havaitaan, että ryhmän 1 toisen oppitunnin korkeatasoisinta puhetta esiintyy eniten tunnin alkupuolella tehtävien 6 ja 7 kohdalla. Opettaja oli vain kahdesti ryhmän keskusteluissa mukana.



Kuva 9: Ryhmän 1 keskustelu toisella tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe

Tilanne 1: Kognitiivinen konflikti ja pienryhmä vertaistukena (Keskustelu on aikaväliltä 1.33–2.30.)

Oppilaat pohtivat tehtävän 6 tilannetta, jossa on pyyhekumi, paristo ja lamppu kytkettyinä toisiinsa.

P1: Periaatteessa pyyhekumi ehkä johtais vähäsen.

T1: Ei se johda

P2: Ei se johda, se on kumia.

P1: Ai niin joo. Se vois johtaa jos ois hyvä tuuri. Jos ei ois kumia.

P1: Lisätään jännitettä

P2: Ei se pala silti, kun se ei tee virtapiiriä

P1: Jos ton poistais ja tekee tälläsen?

T1: Oho. Aika nördest palaa.

T1: Mitä sä vastasit siihen?

P2: Ei, koska kumi ei johda sähköä.

T1: Hyvä

Tässä oppilailla on selkeä syy-seurausmalli puheen ollessa tasolla kuusi: lamppu ei pala, koska kumi ei johda sähköä. Tässä keskustelussa oppilaat tarkoittavat virtapiirillä suljettua virtapiiriä. Poika P1 epäili kumin johtavan hiukan sähköä (kognitiivinen konflikti). Hän ymmärtää kumin eristävän, vaikkakin hän haluaa kokeilla erilaisia tapoja saada lamppu silti palamaan. Soveltaessaan oppimaansa hän ohittaa kumin kytkennästä ja saa lampun palamaan. Pienryhmä toimii vertaisryhmänä, jossa P2 on asiantuntijana. Keskustelun lopussa tyttö antaa ryhmänsä jäsenelle vielä positiivista palautetta kirjoitetusta vastauksesta.

Tilanne 2: Kognitiivinen konflikti ja pienryhmä vertaistukena (3.25–5.20)

Tehtävässä 7e kaksi paristoa on kytketty vastakkain ja oppilaat pohtivat palaako lamppu.

T1: Palaa.

P2: Niin palaa.

Työn tekoa.

P1: Ei tää pala.

P2: Ei muuten pala.

T3: Ei tietenkään, kun et oo vielä yhdistänyt tonne.

P2: Ei se pala muutenkaan.

T3: Yllättävää.

Hiljaisuus.

P1: Kun se on väärässä kiinni.

P2: Niin just.

T3: Ei oo

P1: Eikun on se oikeassa kiinni, mutta katso, nää on vastakkain. Se ei voi palaa.

P2: Meil tapahtu tääl pikkuinen virhe... (kumin etsintää, hiljaisuus)... kumi, kumi....

(Lamppu syttyy palamaan.)

P1: Kato, aaa... kun lisätään jännitettä

T1: Nyt se palaa

P2: Ahaaa! Palaa se! Lisää vaan jännitettä.

P1: Nyt se palaa, kun lisää vain jännitettä.

P2 : Nyt se ei pala. Nyt se palaa.

P1: Jos tehdään näin, tää syttyy palamaan.

Se palaa, jos on erikokoiset jännitteet

P2: Jos on samankokoiset jännitteet silloni ei.

Opettaja: Jos on samankokoiset jännitteet, miksi lamppu ei pala?

P1: Koska silloin...

P2: Se on vastavirta.

P1: Patterikin siis toimii sulakkeena tai semmoisena joka estää sen... virtapiirin.

Tässä keskustelussa oppilaat luovat uutta mallia (taso 7), jolloin he organisoivat vanhoja malleja. Keskustelu on antoisa, koska siinä ilmenee kognitiivinen konflikti oppilaiden ajattellessa ennen kytkennän tekoa lampun syttyvän, vaikka pariston samanmerkkiset navat ovat vastakkain. Kun lamppu ei syttynytään kytkentää tehdessä, he tajuavat kiinnittää huomiota paristojen kytkentätapaan. Ryhmä on aktiivinen, jolloin he löytävät simulaatiosta kohdan, jossa voidaan muuttaa paristojen jännitettä. Nyt he saavat lampun syttymään paristojen erikokoisilla jännitteillä.

Opettajan kysyessä lampun palamisesta, oppilaat käyttävät käsitettä *vastavirta* ja kertovat patterin toimivan sulakkeena, joka estäisi virtapiirin. Koska käsitteet ovat oppilaille uusia ja he käyttävät niitä väärin (kuten tässä tilanteessa), voidaan olettaa pojan P1 tarkoittavan *sulakkeella* vastusta. *Vastavirta*-sanaa käyttäessään oppilaat ajattelevat muodostuvan vastakkaissuuntaisen virran, joka estäisi pariston syttymisen. Kuitenkin tämä vastavirta esiintyy myöhemmin heidän puheessaan (5.40):

P2: Nythän näitten pitäis räjähtää kun tulee niin kova vastavirta.

Tilanne 3:Elektonit (15.15–15.35)

Oppilaat pohtivat johtaako lyijykynä sähköä

P1: Lyijykynä johtaa.

T1: Ei välttämättä. Tee testi.

Hiljaisuus.

P1: Joo, koska elektroni liikkuu.

Ryhmä puhuu elektroneista vähän toisella tunnilla. Tehdessään kuitenkin lisätehtävää 11 (johde- ja eristetehtäviä) he perustelevat itsenäisesti elektronien liikkumisella, johtaako kyseinen esine sähköä. Tämä kertoo oppilaiden ymmärtäneen elektronien liikkeellä olevan yhteys sähkövirtaan.

Tilanteet 4 ja 5: Ennakkokäsitykset

Tehtävää 9 tehdessä oppilaat ovat tehneet kytkennän kahdesta paristosta kytkettyinä rinnan. He vastaavat kysymykseen: ”Mitä lampun kirkkaudella käy, kun lisätään toinen paristo?” (16.02)

P1: Joo... Lamppu palaa kirkkaammin. Laita, että jännite on kasvanut.

Tilanteessa näkyy, että oppilaat näkevät lampun kirkastuvan, vaikka lamppu palaa samalla kirkkaudella kuin ennen lisättyä toista paristoa. Tällöin he haluavat nähdä tulosten sopivan omaan teoriaansa eivätkä näe ristiriitaa oman teoriansa ja kokeen tuloksen välillä. Ennakkokäsityksistä on vaikea luopua. Chinnin ja Brewerin (1998) mukaan opiskelijoiden käsitteelliset rakenteet ovat niin joustavia, että opettajan mielestä selvä ristiriita voikin sopia oppilaan omaa malliin eikä kognitiivista konfliktia synny. Tämä ilmenee myös lisätehtävässä 2, jossa oppilaiden kuuluisi tehdä oikosulku paristolla, johtimilla ja kolikolla. Seuraavassa keskustelussa oppilaat ohittavat työohjeen antaman ohjeistuksen ennakkokäsitystensä vuoksi ja laittavat kytkentään vastusta lisäävän lampun. (18.42–18.59)

P2: Kytke paristo kahdella johtimella toisiinsa. Mitä tapahtuu?

P1: No ei mitään.

P2: Virtapiiri tietenkin sulkeutuu, mut se on pikkujuttu. Laita siihen lamppu.

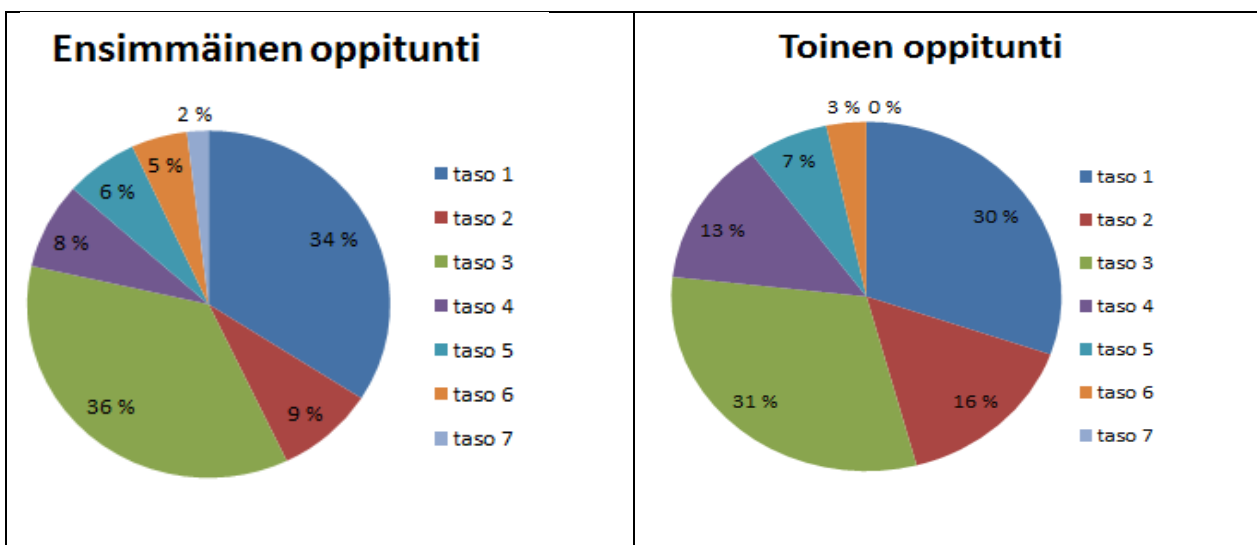
5.1.3 Ryhmän 1 loppuarvionti

Ryhmän 1 ryhmähenki parani huomattavasti toisella tunnilla ja myös korkean tason puhetta esiintyi enemmän. Näin ollen on mahdollista, että näillä on yhteys toisiinsa. Tehtävissä 6 ja 7 oppilaat tekivät hypoteesin ennen kytkennän tekemistä, mikä edesauttoi kognitiivisen konfliktin syntyä. Oppilaiden täytyi ensiksi sisäistää oma käsitys asiasta, ennen kuin kognitiivinen konflikti voi syntyä. Ryhmän asiantuntijana toimi suurimmaksi osaksi poika P2. Hänellä oli paljon selkeitä näkemyksiä, joita hän myös perusteli. Ryhmäläiset havainnoivat jonkin verran elektroneja ja perustelivat elektronien avulla mm. aineen johtavuutta sekä kytkennän kuumenemista. Ryhmän jäsenillä oli ennakkokäsityksiä aineiden johtavuuksista ja ryhmän toimissa ilmeni, että ennakkokäsityksiä on vaikea muuttaa. Oppilaiden korkeamman tason puhetta synnytti leikki simulaatiolla. Tällöin oppilailla oli suurempi halu löytää ratkaisuja ongelmatilanteisiin kuin tehtävämonistetta tehdessä. Leikkiessäänkin oppilaat tekevät havaintoja, päätelmiä ja oppivat kokeilujen kautta. Myös kiinnostuneisuus simulaatioihin näkyy leikkinä. Simulaatiot ovat turvallinen tapa antaa oppilaiden tehdä omia kytkentöjä.

5.2 Ryhmä 2

Ryhmä 2 koostui kahdesta pojasta ja yhdestä tytöstä. Ryhmän dynamiikka oli vaihtelevaa, koska ryhmäläisillä oli tunnilla vain hetkittäin yhteneväiset tavoitteet. Pojat halusivat tehdä – ja tekivätkin – paljon omia kytkentöjä, jolloin he työskentelivät yhdessä. Tytön tavoitteena oli täyttää tehtävämonistetta. Tyttö toimi ryhmässä kirjurina ja kyseli pojilta, mitä tehtävämonisteen tehtäviin vastataan. Pojat pääsivätkin välillä korkeamman puheen tasolle leikkiessään simulaatiolla. Kun ryhmältä puuttuivat yhteiset tavoitteet, puhe oli erittäin hajanaista ja pomppi asiasta toiseen.

Ryhmäläisillä esiintyi molemmilla tunneilla eniten tason 3 teknistä puhetta (36 % ja 31 %) ja muuta puhetta, taso 1 (34 % ja 30 %). Yhtä ryhmäläistä kiinnostivat tunnilla olleet nauhurit, minkä takia muuta kertomuksellista puhetta (taso 1) on paljon. Korkean asteen puhetta (13 %) esiintyi enemmän ensimmäisellä tunnilla. Tästä puheesta tasojen 6 ja 7 puhetta oli 7 %. Toisella tunnilla korkean asteen puhetta oli 10 %, josta tasojen 6 ja 7 puhetta oli vain 3 %.

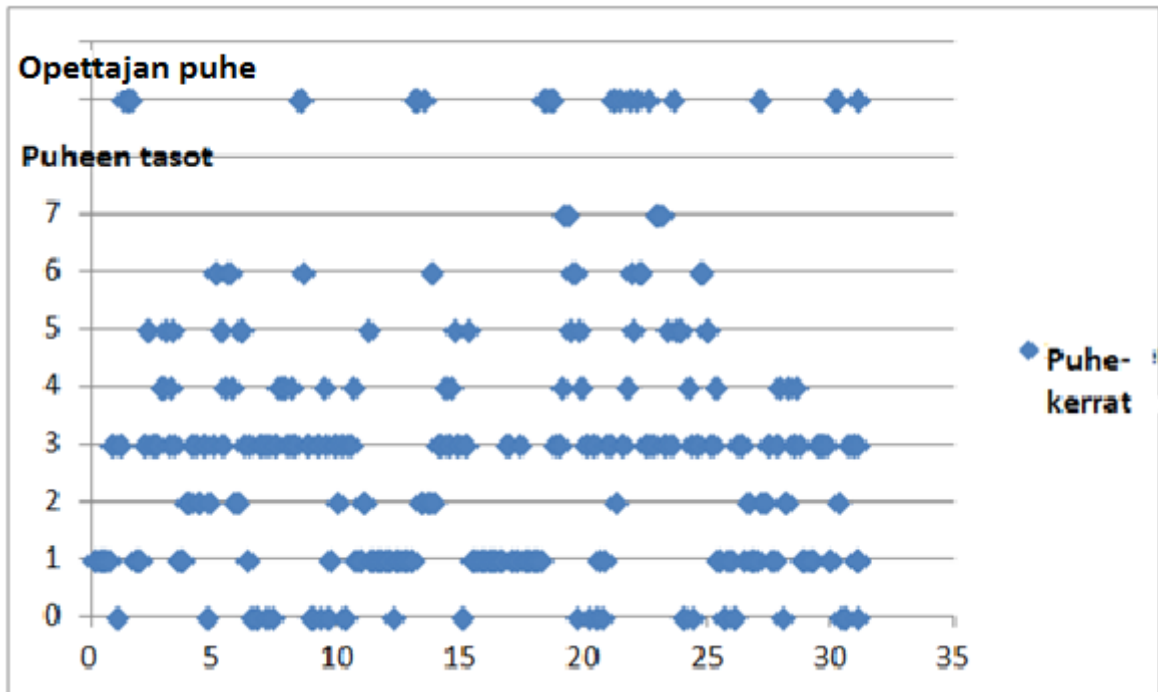


Kuva 10: Ryhmän 2 puhetasojen prosentuaalinen esiintyminen oppitunneilla.

Ensimmäisellä tunnilla korkeimman asteen puhetta luoda (taso 7) esiintyi kaksi kertaa. Ensimmäisen kerran tätä esiintyi, kun oppilas oivalsi kytkentöjä tehdessään ja toisen kerran vastatessaan opettajan kysymykseen. Selittävää puhetta (taso 6) esiintyi seitsemän kertaa: kahdesti vastatessa opettajan kysymykseen, kahdesti vastatessa tehtävämonisteeseen, kahdesti oivaltaessa kytkennöissä ja kerran kognitiivisen konfliktin parissa. Toisella tunnilla korkeamman asteen puhetta esiintyi vähemmän, yhteensä neljä kertaa tasolla 6, ja se tapahtui tehtävässä 7. Tällöin puhetta esiintyi, koska oppilaat vastasivat tehtävämonisteen kysymyksiin.

5.2.1 Ryhmän 2 ensimmäinen oppitunti

Kuten kuvasta 10 havaitaan ryhmän 2 oppilaiden eritasoiset puheet jakautuvat tasaisesti ensimmäisellä oppitunnilla. Opettaja on ollut mukana monissa keskustelu tilanteissa.



Kuva 11: Ryhmän 2 keskustelu ensimmäisellä tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe.

Tilanne 1: Leikki (Keskustelu on aikaväliltä 2.04–3.24)

Pojat alkavat heti koneelle päästyään tehdä omia kytkentöjä. Tässä nähdään, kuinka nopeasti oppilaat oppivat käyttämään simulaatiota ilman ohjeistusta. Keskustelu on tunnin ensimmäisiltä minuuteilta.

P2: Sit ota vastus.

P1: Jännitemittari.

P1: Tää auttaa meitä vähän enemmän.

P2: Laita, eiku, tuo tonne.

P1: Ouu... Ei toimi.

T: Oota nyt.

P2: Sen pitää olla tolleen.

P1: Toimiiko tuo patteri ollenkaan. (Virtapiiri ei ole suljettu)

Välissä monisteen täyttää.

P1: 8,4. Kato mie lisäsin siihen tällaisen johtimen resistiivisyyden.

T1: Kato, eihän nuo oo kiinni, silloin se ei pala.

P1 ja P2: Se toimii.

Keskustelu on pääosin teknistä puhetta eli kuinka kytkentä täytyy tehdä. Keskustelussa on kuitenkin päättelyä, esimerkiksi P1: ”Laita, eiku tuo tonne.” Keskustelun alussa pojilla esiintyy virheellinen ennakkokäsitys, yksinapamalli, jonka mukaan lamppu palaa yhdellä johtimella (avoimessa virtapiirissä.) Tällöin ryhmän tyttö kuitenkin havainnoi ja perustelee, miksi lamppu ei pala (T: ”Kato, eihän nuo oo kiinni, silloin se ei pala”). Tämä on mallintamisen ensimmäinen vaihe, jolloin tyttö käyttää selvästä syy-seurausmallia (taso 6).

Tilanne 2: Elektronit (19.07–19.15)

Ryhmäläiset ottavat elektronit käyttöön ja tekevät havaintoja leikkiessään.

P2: Lyijykynässä on monta elektronia.

P1: Hei nyt mä keksin, elektronit ei liiku, kun ne eivät ole yhteydessä.

Tässä keskustelussa ryhmän poika P1 luo itselleen uuden mallin, jossa elektronit liikkuvat suljetussa virtapiirissä. Puhe on korkeimman tason puhetta luoda (taso 7). Keskustelussa nähdään, kuinka oppilaat kiinnittävät huomiota elektronien määrään.

Tilanne 3: Pienryhmä vertaisryhmänä, kognitiivinen konflikti ja leikki (19.24–19.56)

Ryhmän pojat leikkivät paljon simulaatioilla. Tässä keskustelussa poikien välille syntyy erimielisyyttä siitä, palaako lamppu, kun virtapiirissä on kytkettynä lamppu, seteli ja paristo. Pojan P1 oma ennakkokäsitys ja kytkennän tulos eivät sovi samaan malliin eli syntyy kognitiivinen konflikti, miksi lamppu ei pala. Hänen mielestään puun pitäisi johtaa sähköä. Poika P2 todistaa hänelle kokeellisesti, että puu ei johda sähköä.

P1: Miks tää ei hei pala?

P2: Koska siin ei oo mitään palavaa. Puu ei johda sähköä.

P1: Kyllä johtaa.

P2: Kato, mie voin todistaa sulle, et se ei johda.

P1: Tämä on mielenkiintoinen hetki, se ei syty, koska meillä ei ole tarpeeksi pattereita.

T1: Palaako tuo lamppu, jos nuo päät yhdistetään?

P2: Ei seteli pala, koska se ei johda sähköä. Ne (elektronit) ei liiku.

P1: Ahaa!

T1: Kolikkohan palo.

P2: Kolikonhan takiahan se syttyi.

Kun ryhmäläisten mielipiteissä on erimielisyyttä, pienryhmä toimii hyvin mallin muuttajana. Tässä keskustelussa erityisesti pojat ovat aktiivisia. Ryhmän poika P2 toimii asiantuntija ja näyttää kokeellisesti, että puu ei johda sähköä ja auttaa muita ryhmäläisiä löytämään oikean vastauksen pojan P1 kysymyksen, miksi lamppu ei pala. Oppilaiden kanssa ei ole käyty vielä eristeitä tai johteita, mutta silti poika P1 osaa yhdistää syy-seuraussuhteita. Elektronit eivät liiku, joten seteli ei johda sähköä. Tässä keskustelussa pojat pysyvät innokkaina, koska heillä on sisäinen halu löytää ratkaisu kysymykseen. Tässä keskustelussa nähdään, kuinka pojalla P1 on arkielämästä ennakkokäsitys, jonka mukaan seteli johtaisi sähköä, koska se voi syttyä tuleen.

Tilanne 4: Opettaja, leikki ja elektronit (22.12–23.25)

Pojat jatkavat omia kytkentöjään ja opettaja sattuu paikalle. Seuraavassa keskustelussa nähdään, kuinka poika P1 käyttää aiemmin oppimaansa, kun hän vastaa opettajan kysymykseen.

Opettaja: Minkä takia ne elektronit liikkuvat siellä?

P1: Koska nuo osat johtavat sähköä ja se virtapiiri on yhtenäinen.

Oppilaat jatkavat kytkentöjen tekoa ja ottavat laittamansa vastuksen pois.

Opettaja: Katsokaapa miten elektronit liikkuvat nyt. Laita vastus takaisin.

(Oppilaat eivät ole vielä laittaneet vastusta takaisin.)

P1: Ne liikkuvat hitaammin eli se hidastaa niiden liikettä joka tekee siitä hitaamman, joka tuottaa et siin on vähemmän sähköä ja et se lamppu ei syty palamaan. Eikö?

Olimme oikeassa.

P2: Pakko koittaakin!

P1: Niin ei syty.

P2: Ota pois kokeillaan...

(Oppilaat laittavat vastuksen.)

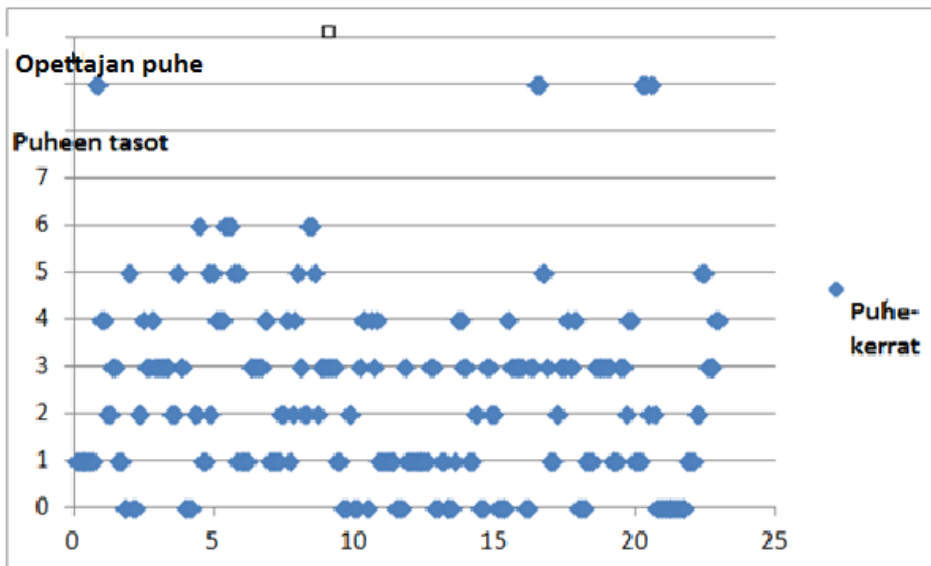
P1: Laitamme vastuksen. Se hidastaa niiden liikettä.

P2: Entäs jos laittaisimme toisen vastuksen, vastustaisiko se enemmän?

Tässä keskustelussa oppilas P1 vastaa opettajan kysymykseen luoda puheella (taso7) ja hän luo uuden mallin itselleen. Oppilas P1 sanoo kytkennän tehtyään, että lamppu ei pala, vaikka lamppu kuitenkin palaa himmeästi. Opettajan on otettava huomioon, että oppilaiden on vaikea välillä ilmaista itseään (Driver ym., 1994). Poika P2 näyttää, kuinka hän soveltaa oppimaansa varmistaen (taso 6): ”Entäs jos laittaisimme toisen vastuksen, vastustaisiko se enemmän?” Oppilaat antavat ryhmänjäsenilleen positiivista palautetta kysymyksillään, joissa he varmistavat, että ovat ymmärtäneet asian. (Arvaja & Mäkitalo-Siegl, 2006.)

5.2.2 Ryhmän 2 toinen oppitunti

Kuvasta 11 havaitaan, että toisen tunnin korkeatasoisin puhe esiintyi tunnin alkupuolella tehtäviä 6 ja 7 tehdessä. Opettaja osallistui ryhmän keskusteluun-vain kolme kertaa.



Kuva 12: Ryhmän 2 keskustelu toisella tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe.

Tilanne 1: Vastaus tehtävämonisteen tehtävään (5.48–6.20)

Ryhmäläiset vastaavat tehtävän 7b kysymykseen, palaako lamppu, kun kolikko, lamppu ja paristo on kytketty toisiinsa. Keskusteluun osallistuu myös naapuriryhmäläinen. Ryhmän tyttö perustelee vastaustaan syy-seurausmallilla.

T1: Palaako lamppu?

P2: Kyll lamppu palaa.

T1: No kyll mä sen tiedän. Koska euron kolikko johtaa sähköä, koska se on metallia.

Naapuri: Ei kolikko johda.

P1: Miten niin?

Naapuri: Ei se johda sähköä.

Kytkenän tekemistä.

T1: Naapuri, mä olin oikeessa. Se lamppu palaa.

5.2.3 Ryhmän 2 loppuarviointi

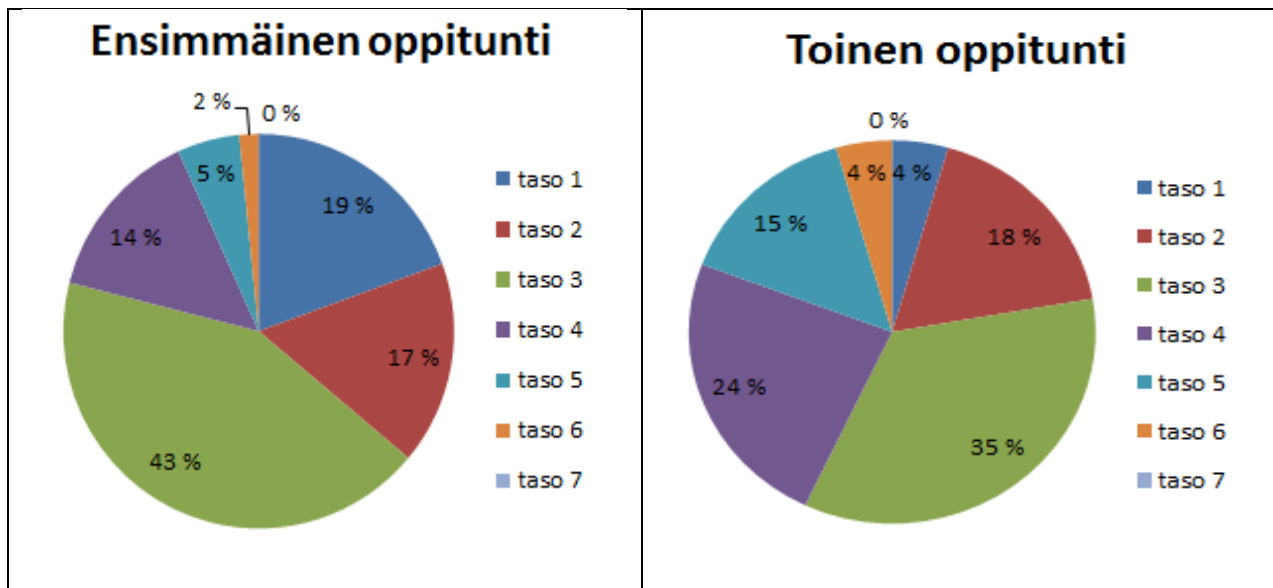
Oppilaiden eriävät tavoitteet tunnille näkyvät myös oppilaiden puheissa. Ensimmäisellä tunnilla ryhmän pojat pääsivät puheen tasolle 7 (luoda). Toisella tunnilla oppilaat puhuvat vähemmän korkeatasoista puhetta ja se kaikki on tehtävässä seitsemän. Tässä tehtävässä oppilaiden oli aikaisemmin pitänyt tehdä hypoteesit ennen kytkentöjen tekemistä.

Ryhmän pojat ovat todella innokkaita tekemään omia kytkentöjä ja korkeamman tason puhetta esiintyykin omia kytkentöjä tehdessä. Ryhmä puhuu ja kiinnittää ensimmäisellä tunnilla hiukan huomiota elektroneihin ja havainnoi elektronien määriä ja liikkeitä. Kun opettaja oli paikalla auttamassa oppilaita kiinnittämään huomiota elektroneihin, saatiin korkeamman asteen puhetta. Toisella tunnilla oppilaiden työskentely oli hajanaista, joten puhe on katkonaista eivätkä oppilaat pääse korkean puheen tasolle. Ensimmäisen tunnin alussa ryhmän pojat ajattelivat lampun palavan yksinapamallin avulla. Muita ennakkokäsityksiä oli mm. aineiden johtavuuksissa.

5.3 Ryhmä 3

Ryhmä 3 koostui kahdesta pojasta ja yhdestä tytöstä. Ryhmäläisten dynamiikka oli vaihtelevaa. Ryhmäläiset vaihtelivat rooleja (kirjuri, tekijä, yms.) ensimmäisellä tunnilla osittain. Mutta pääsääntöisesti tyttö yksin vastasi kirjurin roolista ja vastasi useasti itsenäisesti monisteen kysymyksiin. Ryhmän poika P2 teki suurimman osan kytkennöistä. P1 vaelteli luokassa ja oli kiinnostunut nauhureiden toiminnasta. Ensimmäisellä tunnilla pojan P1 puhe esti välillä kuulemasta muiden ryhmäläisten puhetta. Tehtävän seitsemän aikana ryhmä puhalsi yhteen hiileen, jolloin korkeamman tason puhetta esiintyi.

Ryhmällä oli molemmilla tunneilla eniten teknistä puhetta tasolla 3 (43 % ja 35 %) ja myös selviä näkemyksiä tasolla 4 (14 % ja 24 %). Ryhmällä 3 esiintyi korkeamman tason puhetta vain ääneen ajattelun tasolla 5 ja selittävällä tasolla 6. Ensimmäisellä tunnilla korkean tason puhetta esiintyi 7 %. Toisella tunnilla korkean tason puhetta esiintyi huomattavasti enemmän 19 %, josta 4 % on tason 6 puhetta. Ryhmässä ei käyty puhetta tasolla 7.

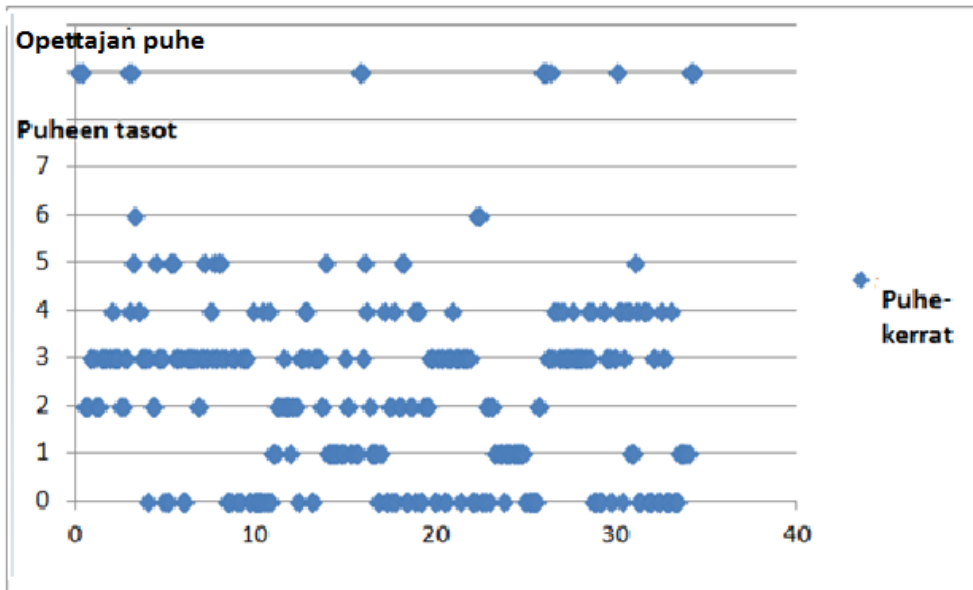


Kuva 13: Ryhmän 3 puhetasojen prosentuaalinen esiintyminen oppitunneilla.

Ensimmäisellä tunnilla tason 6 puhetta esiintyi kaksi kertaa: yhden kerran oivallus kytkennöissä ja toisen kerran vastatessa tehtävämonisteen kysymykseen. Toisella tunnilla tason 6 puhetta esiintyi viisi kertaa: kolmesti kognitiivinen konflikti ja kahdesti vastaus tehtävämonisteen kysymykseen. Koska puhetta tasolla 6 oli vähän, tarkastelemme puhetta myös tasolla 5.

5.3.1 Ryhmän 3 ensimmäinen oppitunti

Kuvasta 14 havaitaan, että ryhmällä 3 esiintyi eniten teknistä puhetta (taso 3). Ryhmän korkeatasoisin puhe esiintyi ensimmäisen tunnin alkupuolella. Opettajan puhetta oli kuudessa tilanteessa.



Kuva 14: Ryhmän 3 keskustelu ensimmäisellä tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe

Tilanne 1: Vastaus opettajan kysymykseen (Keskustelu on aikaväliltä 2.50–3.21)

Oppilaat tekevät tehtävää 1, jossa käsitellään suljettua ja avointa virtapiiriä. Opettaja on mukana keskustelussa.

Opettaja: Syttyykö lamppu palamaan?

P2: Ei.

Opettaja: Minkä takia ei syttynyt?

P1: Laita yhteen nuo johdot.

Opettaja: Ei laiteta vielä. Mitä tapahtuu kun laitatte johdot yhteen?

P2: Se pitää laittaa.

P1: Sit se toimii, kun tässä on paristo.

Opettaja: Mitä sit tapahtuu?

T: Se palaa.

Opettaja: Miksi se sitten syttyy?

P2: Se syttyy, koska tää johtaa sähköä.

P1: Jee, se sytty palamaan.

Tässä keskustelussa ei päästä korkeamman keskustelun asteelle, vaikka opettaja on mukana keskustelussa. Oppilaiden vastaukset opettajalle ovat selkeitä näkemyksiä (taso 4) tai heikosti perusteltuja (taso 5). Opettajan olisi pitänyt kyetä johdattamaan oppilaita enemmän asian ymmärtämiseen, jolloin hänen olisi kuulunut esittää soveltavia kysymyksiä, kuten ”Mitä sähkö on?”.

Tilanne 2: Työn tekoa (20–5.31)

Tehtävässä 2 oppilaiden pitää saada kaksi lamppua palamaan kolmen johtimen ja pariston avulla.

T: Pitäiskö meidän yhdistää tää johdin tähän näin tai jotain sellaista.

Ryhmän oppilaat puhuvat harvoin kytkennöistä. Tässä tehtävän tyttö pohtii, miten johtimet olisi asetettava, että saataisiin kaksi lamppua palamaan yhden pariston avulla. Puhe on laitettu tasolle 5, koska oppilas käyttää selvästi korkeampaa puhetta, mutta ajatus ei ole selkeästi ilmaistu.

Tilanne 3: Elektronit (16.01–16.07)

Oppilaat pohtivat elektroneja.

T1: Kuljettaako nuo elektronit energiaa?

P2: Joo mun mielestä.

P1: En mä oikein tiä, huulis.

Tämänkin ryhmän oppilaat puhuvat vain vähän elektroneista. Toisella tunnilla ryhmäläiset eivät havainnoineet tai selittäneet asioita elektronien avulla ollenkaan. Tässä tyttö kysyy korkeamman tason puheella 5, kuljettavatko elektronit energiaa. Tämä oivallus on harvinainen tässä tutkimuksessa. Oppilaat harvoin pohtivat, mitä elektronit ovat. He yleensä kiinnittävätkin huomiota vain elektronien liikkeisiin ja määrään.

Tilanne 4: Vastaus tehtävämonisteen kysymykseen, elektronit (22.15)

Tehtävässä 4 oppilaiden pitää verrata lamppujen kirkkautta kahdessa eri kytkennässä. Tehtävässä 3 lamppu ja paristo on kytketty toisiinsa ja tehtävässä 4 kaksi lamppua ja yksi paristo on kytketty.

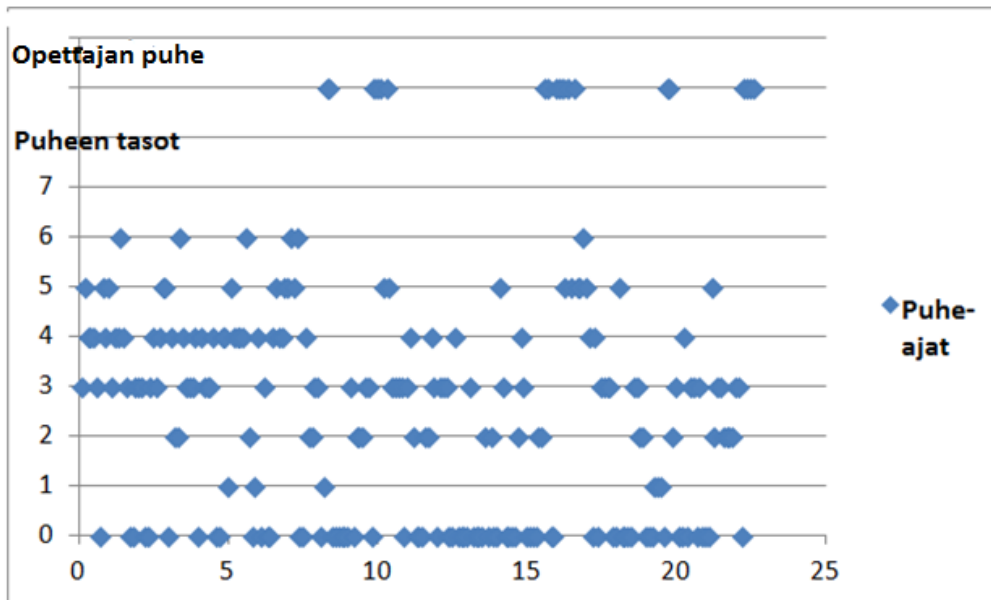
Ryhmän tyttö perustelee vastausta siihen, kummassa tehtävässä lamppu palaa kirkkaammin. Tässä on selkeä syy-seurausmallin käyttäminen, jolloin puhe on tasolla 6.

T: Lamppu on kirkkaampi, koska sillä on enemmän virtaa. (Tehtävässä 3)

Vaikka oppilaat ovat juuri havainnoineet elektroneja, eivät he perustele vastaustaan elektroneilla.

5.3.2 Ryhmän 3 toinen oppitunti

Kuvasta 15 havaitaan, että ryhmän 3 toisen oppitunnin alussa esiintyi tason 4 ja 6 puhetta eniten (tehtävissä 6 ja 7), kun taas opettajan puhetta esiintyi enemmän loppupuolella tuntia.



Kuva 15: Ryhmän 3 keskustelu toisella tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe

Tilanne 1: Kognitiivinen konflikti ja pienryhmä vertaistukena (3.23–3.40)

Tehtävässä 7b oppilaat pohtivat, johtaako kolikko sähköä.

T: Tääkään ei varmaan pala? Euron kolikko.

P2: Palaa. Se johtaa vettä.

T: Kokeillaan, vähän erilainen kolikko.

P1: Ihan sama.

T: Laita lamppu sinne.

P1: Pitää laittaa paristo.

T1: Ei se varmaan pala.

P2: Palaa se. Se on metallia.

T1: Ahaa. No niin.

Ryhmässä syntyy kognitiivinen konflikti lampun palamisesta. Tässä keskustelussa poika P2 toimii asiantuntijana ja auttaa tyttöä muuttamaan malliansa. Usein huomataan, että oppilailla menevät sanat helposti väärin. Vaikka poika P2 sanoo virheellisesti kolikon johtavan vettä, voidaan olettaa hänen tarkoittavansa sähköä.

Tilanne 2: Kognitiivinen konflikti ja pienryhmä vertaistukena (5.13–5.32)

Tehtävän 7 kytkennöissä oppilaat perustelevat näkemyksiään toisilleen (kohdat 7a avoin virtapiiri ja 7e paristot vastakkain).

T1: Palaako tää lamppu?

P1: Palaa se.

P2: Ei se pala. Mä tiedän jo.

P2: Koska toinen pää ei ole kytkettynä siihen, niin se ei pala (tekoa)

P1: Se palaa, se palaa, se palaa.

T: Palaako tää, se kahden patterin?

P2: Palaa

T: Mut tässä ei ole johdinta.

P2: Ei sillä ole mitään väliä.

T: Miks tää palaa?

P2: Se palaa, kun paristot on yhdessä.

T1: Se on johde.

P2: Eiku se on suljettu virtapiiri.

Näissä keskusteluissa oppilaat perustelevat vastauksiaan toisilleen, kun mielipiteet eriävät. Tällöin oppilaat puhuvat selittävän puheen tasolla (taso 6). Toisessa tilanteessa, jossa paristot ovat vastakkain, lampun ei kuuluisi palaa. Oppilaat eivät ole kiinnittäneet paristojen kytkentätapaa huomiota ja tekevät tehtävän omien ennakkoajatustensa mukaan.

5.3.3 Ryhmän 3 loppuarviointi

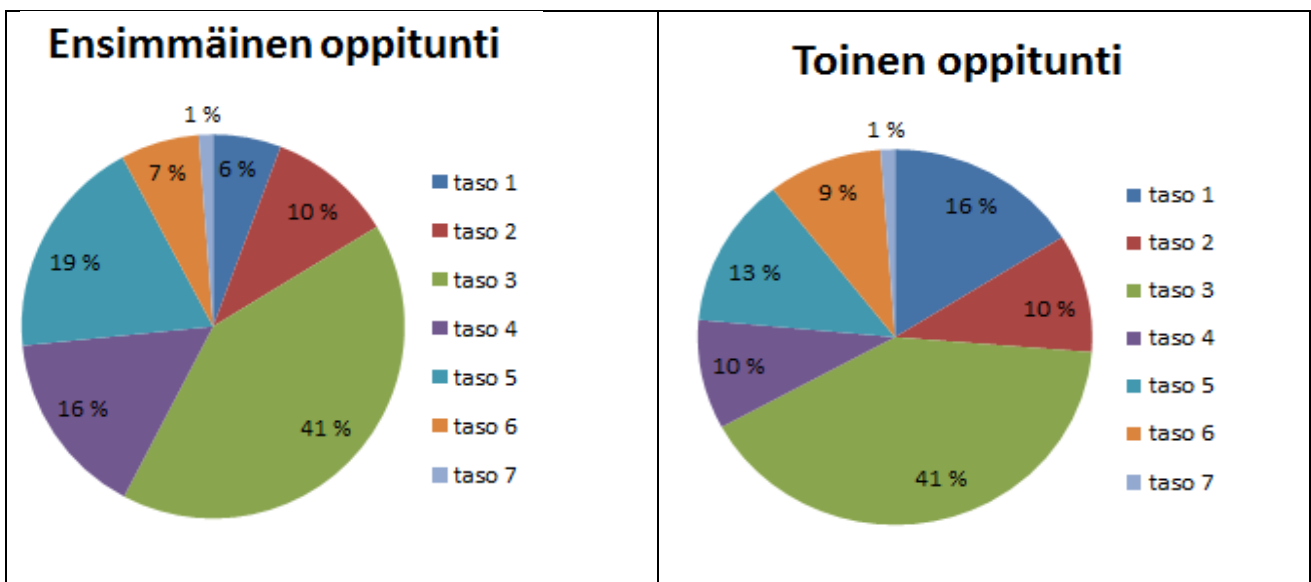
Tällä ryhmällä esiintyi kaikista vähiten korkeamman asteen puhetta ja oppilaat ylsivät vain muutaman kerran puheessaan tasolle 6. Ryhmän dynamiikka ja ryhmäläisten eriävät tavoitteet eivät johtaneet hyvään ryhmähenkeen. Oppilaat eivät myöskään tehneet paljon omia kytkentöjä. Oppilaat puhuivat vähän elektroneista, mutta pohtivat mitä elektronit ovat. Virheellisiä ennakkokäsityksiä oli monessa kytkennässä eivätkä oppilaat perustelleet näkemyksiään. Oppilaat eivät myöskään kiinnittäneet kytkennöissä huomiota oikeisiin asioihin.

5.4 Ryhmä 4

Ryhmä 4 koostui ensimmäisellä tunnilla neljästä pojasta ja toisella tunnilla viidestä pojasta. Poika P5 oli koulusta poissa ensimmäisen tunnin aikana eikä osallistunut toisella tunnilla paljontaan tehtävien tekemiseen. Ryhmäläiset vaihtoivat paljon rooleja keskenään (kirjuri, tekijä). Ryhmän jäsenet puhuivat keskenään tasapuolisesti – lukuun ottamatta poikaa P5 – ja heidän välillään oli hyvää ryhmädynamiikkaa. Ryhmä toimi vertaisryhmänä, jossa pystyttiin vaihtamaan ajatuksia puolin ja toisin. Ryhmän poika P1 oli usein ryhmän asiantuntija, joka auttoi muita.

Ryhmän 4 tunnit olivat torstaina ja heillä oli oma tietokone luokassaan. Opettaja oli monissa keskusteluissa mukana. Keskusteluissa nähtiin opettajan esittämällä kysymyksillä olevan tärkeä rooli. Opettajaa myös tarvittiin auttamaan uusien mallien syntymisessä oppilaille. Koska ryhmä oli motivoitunut simulaatioiden tekemiseen, olisi opettajan ollut hyvä antaa oppilaille enemmän aikaa tehdä omia kytKentöjä ja keskustella keskenään.

Ryhmän puhe oli molemmilla oppitunnilla teknistä puhetta (41 %). Korkean tason (5–7) puhetta esiintyi ensimmäisellä tunnilla 27 %, josta 8 % oli tasoilla 6 ja 7. Toisella tunnilla korkean tason puhetta esiintyi 22 %, mutta tasojen 6 ja 7 puhetta oli 10 %. Toisella tunnilla tason 1 puhe (16 %) voidaan selittää osittain oppilaiden tietokoneen kaatumisesta.



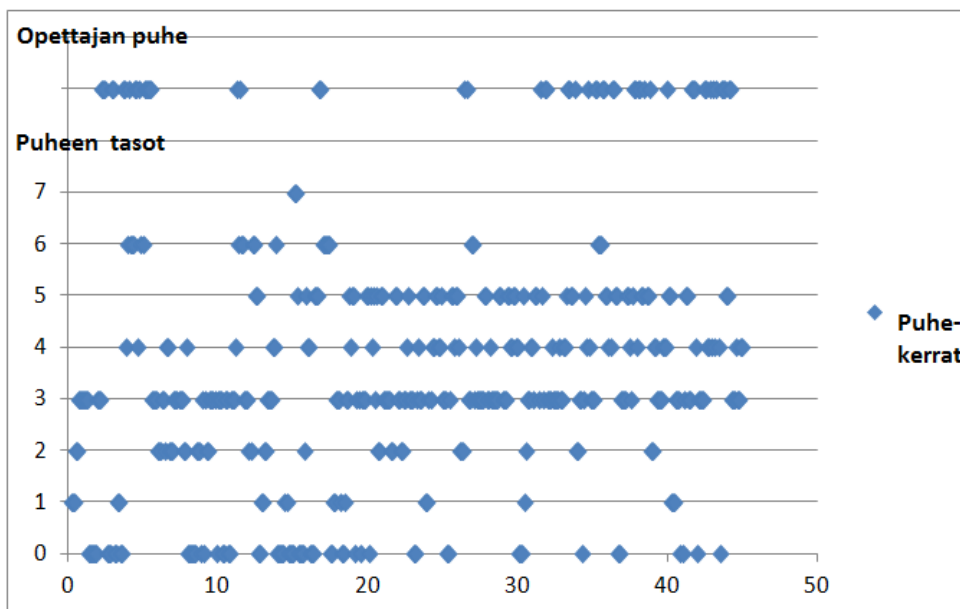
Kuva 16: Ryhmän 4 puhetasojen prosentuaalinen esiintyminen oppitunneilla.

Ensimmäisellä tunnilla korkeimman asteen puhetta esiintyi tasolla 7 kerran, kun ryhmä sai oivalluksen kytKentää tehdessä. Tason 6 puhetta esiintyi seitsemän kertaa: neljästi opettajan kysymykseen vastatessa, kahdesti kognitiivisen konfliktin myötä ja kahdesti tehtävämonisteen

kysymykseen vastatessa. Toisella tunnilla esiintyi myös tason 7 puhetta, kun oppilailla oli kognitiivinen konflikti. Tason 6 puhetta esiintyi yksitoista kertaa, joista neljä esiintyi tehtävässä 7, toiset neljä opettajan kysymykseen vastatessa, kahdesti oivaltaessa kytkennöissä ja kerran kognitiivisen konfliktin parissa.

5.4.1 Ryhmän 4 ensimmäinen oppitunti

Kuvasta 17 havaitaan, että ryhmän 4 ensimmäisellä tunnilla oppilaat alkavat perustella (taso 5 ja 6) vastauksiaan vasta oppitunnin alusta 10 minuutin päästä. Opettaja on keskusteluissa runsaasti mukana.



Kuva 17: Ryhmän 4 keskustelu ensimmäisellä tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe

Tilanne 1: Oppilaat vastaavat opettajan kysymyksiin (Keskustelu on aikaväliltä 3.40–4.55)

Opettaja käsittelee oppilaiden kanssa tehtävän 1 hypoteeseja tunnin alussa.

Opettaja: Mitä luulette tapahtuvan, kun teette tällaisen kytkennän?

P1: Se ei pala.

P2: Ei pala koska...

P4: Koska ei ole suljettu virtapiiri.

Opettaja: Miksi virtapiirin täytyy olla suljettu?

P1: Kun se ei saa kun tuohon yhteen napaan sitä virtaa. Niin se ei saa tuolta sit tuohon toiseen napaan.

Opettaja: Mitä sitten tapahtuu kun yhdistätte johtimet?

P4: Syttyy palamaan.

P2: Hmm...

Opettaja: Mitä silloin tapahtuu?

P1: Se saa virtaa patterilta ja sitten tuo hehkulanka kuumenee ja sit lamppu syttyy.

Oppilaalla P1 on selvästi pohjatietoa sähköopista ja hän käyttää selkeää syy-seurausmallintamista vastatessaan opettajan kysymyksiin. Opettajan tulee esittää tarkentavia kysymyksiä, jotta hän tietää, millaisia ennakkotietoja ja -käsityksiä oppilaille on. Tässä keskustelussa ilmenee oppilaan P1 virheellinen ennakkokäsitys sähkövirran tapauksittain kulkemisesta hänen perustellessa, miksi suljetussa virtapiirissä ei kulje virta.

Tilanne 2: Elektronit (13.06–13.50)

Tässä tehtävässä 2 oppilaat ottavat elektronit käyttöön, jolloin elektroneja kuvataan palloilla. Ensimmäisessä kohdassa on avoin virtapiiri ja toisessa kohdassa suljettu virtapiiri.

P4: Mitä hemmettiä? Mitä nuo pallot on? vähän pelottavaa?

Työn tekoa.

P3: Ne ei liiku.

P2: Ne ei pääse liikkuun.

P4: Ne ei pääse kiertään.

P1: Nuo ei liiku, kun siel ei ooo suljettu virtapiiri.

(15.00–15.08)

P1: Ne elektronit on niinku kai sitä sähköä.

P4: Ja ne pääsee kiertään tuolta sinne lampulle paristolta.

Elektronit aiheuttivat oppilaissa ihmetystä. Oppilaat kiinnittävät huomiota siihen, että elektronit eivät liiku avoimessa virtapiirissä. Ryhmän oppilaat kertovat selkeästi havaintonsa ja ilmaisevat ajatuksiaan (taso 4), mutta eivät perustele. Vasta oppilas P1 perustelee vastaustaan tasolla 6. Seuraavaksi oppilaat luovat uuden mallin sille, mitä elektronit ovat: elektronit ovat sähköä.

Oppilas P2 pohtii simulaation kytkimen yhteyttä elektroniin (25.05)

P4: Kato, tuo on niinku silta, mitä kautta elektronit liikkuvat.

Ryhmäläiset tekevät paljon havaintoja elektroneista ja he ovat kiinnostuneita elektronien liikkeistä. Ryhmäläiset kiinnittävät jatkossakin huomiota enemmän elektronien liikkeisiin verrattuina muihin ryhmiin. Muun muassa muiden oppilaiden leikkiessä he haluavat saada aina elektronit liikkumaan mahdollisimman nopeasti: ”*Vielä nopeampaa. Kohta se hajoaa se lamppu.*”

Tilanne 3: Yhteys arkipäivään (26.43)

P1: Mehän ollaan Iivari tehty niitä kytkimiä.

P4: Joo, teknisessä töissä.

Oppilaat yhdistävät simulaatiokytkennöistä kytkimen teknisissä töissä tehtyihin kytkimiin. Tällaista omiin arkipäivän tilanteisiin viittaavaa puhetta esiintyi keskusteluissa vähän.

Tilanne 4: Ennakkokäsitys (38.39–38.49)

P2: Lamput syö sitä virtaa

Opettaja: Mitä on syöminen?

P2: Ne tarvitsee sitä virtaa siihen palamiseen.

Oppilaat voivat puhua fysiikan ilmiöistä metaforin. Tässä oppilas sanoo lampun syövän virtaa ja kysyttäessä häneltä asiasta, hän kommentoi aivan oikein eli lamput tarvitsevat virtaa palamiseen. Kuitenkaan keskustelussa ei selkene, ajatteleeko oppilas lampun kuluttavan sähkövirtaa (jolloin lamppu söisi virtaa) vai eikö oppilas vain osaa pukea sanoiksi lampun vastustavan sähkövirtaa.

Tilanne 5: Käsitteet (30.12–30.55)

Simulaatiota käsiteltäessä oppilaille tulee vieraita suureita ja tunnuksia.

P4: Mikä on Ohmi?

P2: Sellanen...

Työn tekoa.

P4: Mikä on resistanssi?

... Ei vastausta...

P4: Jos sen laittais isoksi, palaisiko se helpommin? Isonnetaan.

(43.20–43.40)

P4: Mikä on resistanssi? ei vastausta

Hiljaisuus.

Opettaja: Kasvattakaa sitä resistanssia. Miten lamppu palaa?

P2: Palaa tosi himmeesti.

Opettaja: Miten elektronit liikku?

P4: Hyvin hitaasti.

Opettaja: Mitä resistanssin kasvattaminen tekee?

P1: Se hidastuu

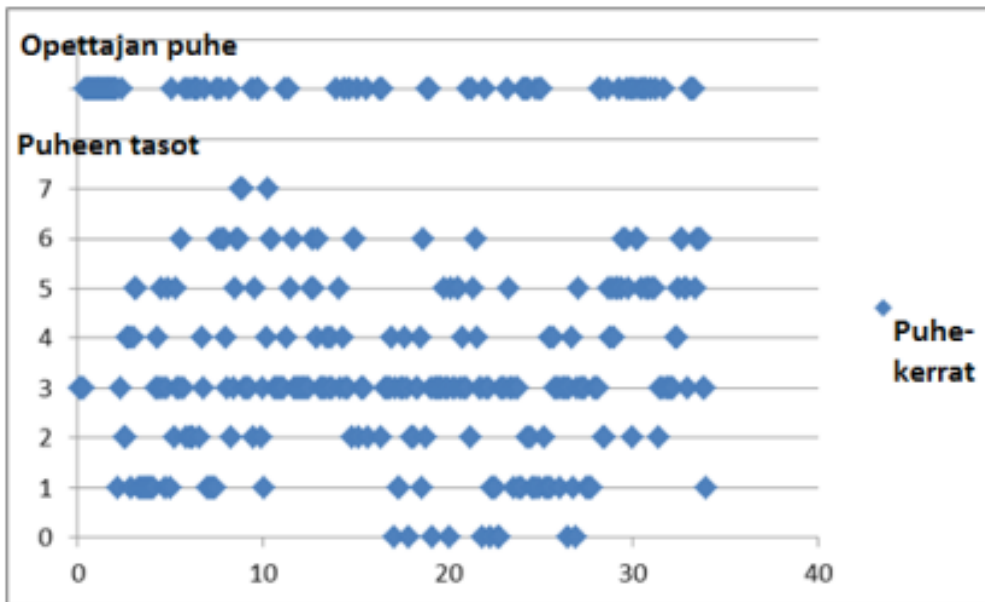
P2: Heikentää tai vastustaa.

Tässä keskustelussa tarvitaan opettajaa auttamaan oppilaita päättämään, mikä on tuntematon käsite. Vastaukset opettajan kysymyksiin ovat selkeitä mielipiteitä, mutta niitä ei ole perusteltu (taso 4).

Simulaatiota käytettäessä oppilaat kohtaavat uusia yksiköitä: *ohmin* ja *resistanssin*. Yksi pojista on kiinnostunut, mitä tuntemattomat käsitteet tarkoittavat ja kysyy muilta. Toiset oppilaat eivät luultavastikaan tiedä, mitä käsitteet ovat ja ylittävät kysymykset hiljaisuudellaan, jotta voivat vain jatkaa tehtävien tekemistä. Seuraavalla tunnilla oppilas kysyy uudestaan ja jatkaa pohtimista, miten resistanssin suurentaminen vaikuttaa palamiseen. Oppilaat kokeilevat mitä tapahtuu. Tällöin he ymmärtävät opettajan avustuksella resistanssin kasvattamisen vastustavan sähkövirtaa. Opettaja toimiikin asiantuntijana Vygotskyn lähikehityksen vyöhykkeellä.

5.4.2 Ryhmän 4 toinen oppitunti

Kuvasta 18 havaitaan, että ryhmä 4:llä ilmenneet puheen tasot olivat jakautuneet tasaisesti toisella oppitunnilla. Opettaja osallistui keskusteluun useasti.



Kuva 18: Ryhmän 4 keskustelu toisella tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe

Tilanne 1. Pienryhmä vertaistukena ja leikki (8.36–10.31).

Oppilaat leikkivät simulaatiolla ja laittavat kytkentäkaaviomallinnuksen realistisen sijaan.

P4: Miks sulla on vastus siellä?

P2: Missä muka?

P3: Niin se.

P1: Kolikko on vastuksena

P2: Aaa...niin...

P4: Laitappa realistinen.

P4: Niin se kolikko toimii vastuksena, kun se on kuparia.

Työn tekoa.

Opettaja: Kolikko on johdin, koska

P2: Se on kuparia.

P3: Ja kupari on eriste.

P1: Ja eristää sen kuoliaaksi.

Opettaja: Eristääkö kupari, kumi eristi. Kulkeeko siellä nyt elektronit?

P2: Niin se on johdin...

P3: Mutta voiko olla samalla vastus?

P4: Niin.

Oppilaat luovat uutta mallia (taso 7) kolikon toimimisesta johtimena ja vastuksena. Oppilailla menevät sekaisin *eriste-* ja *vastus-*käsitteet. Pienryhmä toimii vertaisryhmänä, jossa voidaan yhdessä ratkaista ongelmalähtöisesti asiaa.

Tilanne 2: Pienryhmä vertaisryhmänä (10.40–11.28)

Tehtävässä 7e kaksi paristoa on kytketty samat navat vastakkain ja oppilaat pohtivat, palaako lamppu.

P4: Miks tehdä, kun tiedetään et ei pala? Ajan hukkaa

Työn tekoa.

P3: Se palaa. (yllättynyt)

P2: Mut noin se ei pala.

P1: Se paristo on väärinpäin.

P4: Laita oikeinpäin, nyt se on oikeinpäin.

P2: Käännäppä.

P3: Mut ei se silloin pala.

Työn tekoa.

Opettaja: Miksi se ei pala?

P4: Ne on vastakkain.

P2: Miinusnavat ovat vastakkain.

Keskustelut kuvaavat, kuinka vertaisryhmäläisten käsitys muuttuu muun ryhmäläisen avustuksella. Oppilaille on kognitiivinen konflikti aiemman mallin ja tehdyn kytkennän välillä.

Näissäkin tilanteissa huomataan, kuinka tärkeä rooli on opettajan kysymyksillä. Kun oppilaat eivät osaa jatkaa ajatuksiaan yksin eteenpäin, opettajan pitäisi toimia asiantuntijana ja esittää oppilaille johdattelevia kysymyksiä ja tarkistaa onko asia ymmärretty korkeammalla tasolla, kuten Vygotskyn lähikehityksen vyöhykkeessä. Jälkimmäisessä tilanteessa opettajan olisi pitänyt kysyä tarkentavia kysymyksiä, kuten ”Miksi lamppu ei syty palamaan, kun miinusnavat ovat vastakkain?” tai ”Mitä tapahtuu, kun paristojen miinusnavat ovat vastakkain?”.

Tilanne 3: Leikki (3.30–34.42)

Tässä keskustelussa nähdään, kuinka oppilaat ovat omatoimisesti löytäneet jännitemittarin ja pohtivat olisiko koulussa mahdollista tehdä samoja kytkentöjä.

P2: Jos saatais kässässä käyttää noin paljon paristoja niin loppuis rahat kesken.

P3: Kyll sen lampun täytyy pystyy räjähtää.

P2: Mitataan se sit tolla jännitemittarilla.

P4: Räjähtääkö jännitemittari?

P3: Jos koulussakin sais käyttää, täs on ainakin 20 paristoo.

P2: Animaation enimmäisnopeus saavutettu.

P3: ONNISTU, Vuhuu!

Simulaation avulla oppilaiden on turvallista antaa tehdä omia kytkentöjä, joita ei olisi muutoin turvallista tehdä koulussa. Koululla ei välttämättä olisi myöskään resursseja kaikkiin oppilaiden kytkentöihin, kuten tähän 20 pariston kytkentään (Wieman ym., 2012). Tällaiset kytkennät antavat oppilaille onnistumisen tunteita.

Tilanne 4: Vastaus opettajan kysymykseen (25.05–34.50)

Tehtävässä 9 on kaksi paristoa rinnankytkennässä.

Opettaja: Mitä tapahtuu, kuin lampun rinnan?

P1, P3 ja P4: Se kirkastuu.

tekoa...

P1, P4: ei tapahdu mitään.

Opettaja: Mitä tuossa tapahtuu?

P1: Virta jakaantuu tuossa kohtaa.

P2: Niin se tuottaa vähemmän sitä.

P4: Hei nuo toiset (elektronit) on stopannut.

P4: Miska tappoi noi elektronit ne ei liiku enää.

Opettaja: miksi ei?

P2: Patterit on tules.

P4: Ne menee niin nopeesti.

Opettaja: Miten elektronit liikkuu täällä verrattuna noihin nopeuksiin?

P2,3: Nopeammin.

P4: Ja kun sit ne jakaantuu tuossa tolleen.

P3: Eikö elektronit lähde tuolt paristosta.

P2: Niin tavallaan jokainen kulkee omaa ja jakaantuu.

P1: Tai liittyy

Tässä keskustelussa oppilaat pohtivat elektronien liikettä opettajan avustuksella. Oppilaiden ennakkokäsityksen mukaan lampun pitäisi kirkastua, koska kytkennässä on kaksi paristoa. Lisäksi oppilaalla P3 on virheellinen ennakkokäsitys, että elektronit lähtisivät paristosta. Tämä on virheellinen malli sähkövirran tapauksittain etenemisestä. Tässä keskustelussa oppilaat puhuvat selittävää puhetta, jossa he keksivät, huomioivat ja mallintavat puhetta.

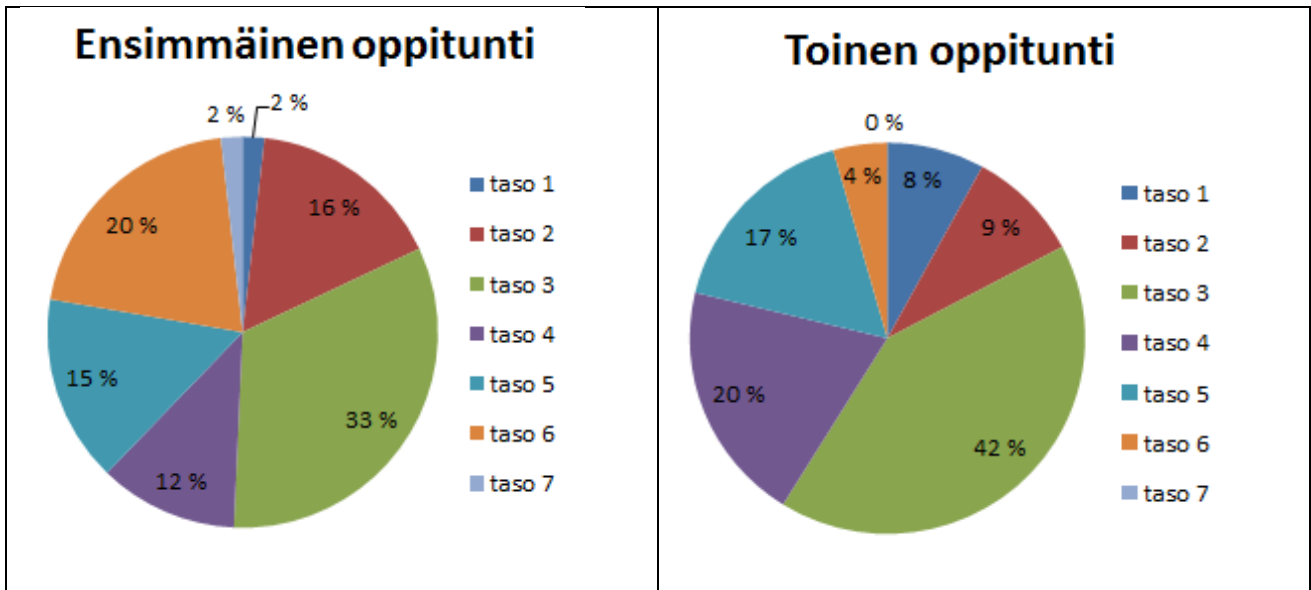
5.4.3 Ryhmän 4 loppuarviointi

Poikien ryhmän hyvä yhteishenki näkyi myös puheessa; heillä on paljon tasojen 4 ja 5 puhetta. Korkeimpien asteiden puhetta oli myös suhteellisen paljon. Pojat olivat valmiita perustelemaan omia ajatuksiaan sähköopista ja antoivat toisilleen vertaistukea. Oppilaat tekivät paljon havaintoja elektronien kautta ja pohtivat myös, mitä elektronit ovat. Ryhmäläiset olivat kiinnostuneita simulaatioista ja tekivät paljon omia kokeita. Oppilailla oli virheellisiä ennakkokäsityksiä, kuten virtapiirin pitäminen sarjana peräkkäisiä tapahtumia.

5.5 Ryhmä 5

Ryhmä viisi koostui kolmesta tyttöstä. Tyttöjen ryhmädynamiikka oli tasa-arvoinen: kaikki osallistuivat keskusteluun ja vaihtelivat rooleja tasapuolisesti. Ryhmä työskenteli hiljaisesti ja huolellisesti tehtävämonisteen parissa. Puheessa ilmeni paljon hiljaisia taukoja (ks. kuva 20 ja 21). Tytöt pohtivat paljon asioita, mutta olivat perusteluissaan varovaisia. Ryhmän hiljaisuus ja rohkeuden puute esittää mielipiteitä voivat osittain johtua ääninauhurista ja videonauhurista, joka kuvasi pelkästään kyseistä ryhmää.

Eniten oppilaiden puheessa oli molemmilla oppitunneilla teknistä kolmannen tason puhetta (33 % ja 42 %). Yllättävästi tytöt puhuivat ensimmäisellä tunnilla huomattavasti enemmän selittävällä puheella (20 %) kuin toisella tunnilla (4 %). Korkean tason puhetta (tasot 5–7) esiintyi ensimmäisellä tunnilla jopa 37 % ja toisella tunnilla 21 %.

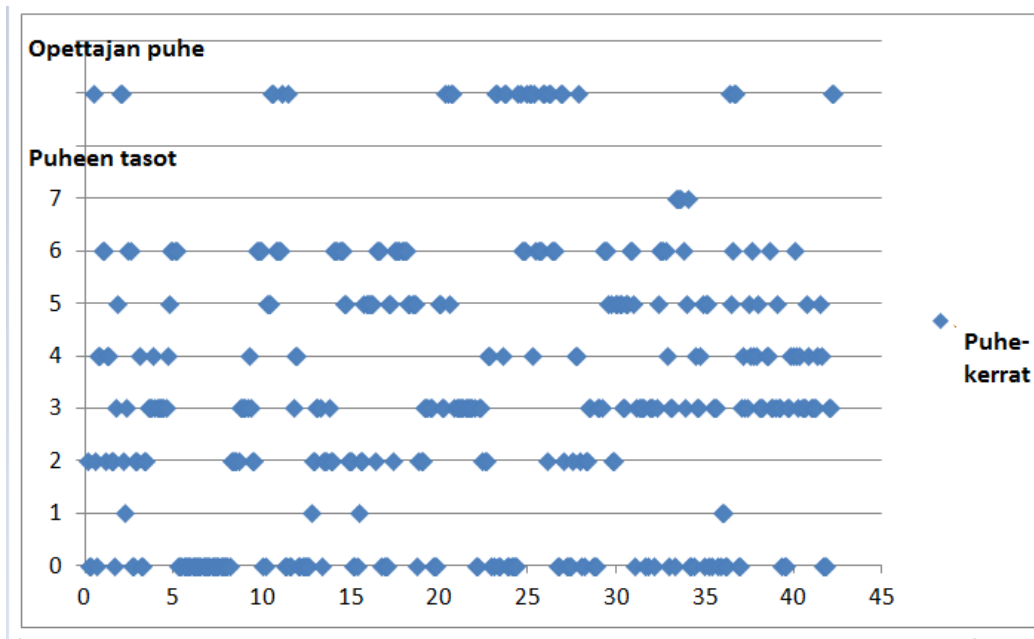


Kuva 19: Ryhmän 5 puhetasojen prosentuaalinen esiintyminen oppitunneilla.

Ensimmäisellä tunnilla esiintyi tason luoda (taso 7) puhetta kerran kytkennässä tapahtuvassa oivalluksessa. Selittävää puhetta (taso 6) esiintyi 14 kertaa, joista viisi oli vastauksia tehtävämonisteen kysymyksiin, neljä vastauksia opettajan kysymykseen ja kolme kytkentöihin liittyviä oivalluksia. Loput kaksi olivat kognitiivisia konflikteja. Toisella tunnilla tason 6 puhetta esiintyi kuusi kertaa: kahdesti vastaus opettajan kysymykseen, kahdesti oma oivallus kytkentää tehdessä ja kahdesti vastausta tehtävämonisteeseen.

5.5.1 Ryhmän 5 ensimmäinen oppitunti

Kuten kuvasta 20 havaitaan, oppilaiden eri puheen tasot jakaantuivat tasaisesti. Tason 7 puhetta ilmeni lopputunnista. Opettaja oli keskusteluissa mukana vähemmän kuin tiistaina ryhmän 4 kanssa.



Kuva 20: Ryhmän 5 keskustelu ensimmäisellä tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe

Tilanne 1: Pienryhmä vertaistukena (Keskustelu on aikaväliltä 4.37–5.01)

Keskustelussa oppilaat pohtivat, miten yhden ja kahden lampun sarjaankytkennät eroavat toisistaan.

T1: Kyll se lamppu palaa kirkkaammin.

T3: Minkä takia lamppu palaa kirkkaammin?

T1: Kun sitä virtaa ei tarvitse käyttää kahteen eri juttuun vaan yhteen. Niin sitä riittää enemmän ja lamppu palaa kirkkaammin.

Tyttö T1 käyttää selkeää syy-seurausmallia selittävällä puheella (taso 6) vastatessaan toisen ryhmäläisen kysymykseen. Oppilaat toimivat pienryhmässä alan asiantuntijoina kasvattaen kaikkien ryhmäläisten tiedonmallien muodostumista.

Tilanne 2: Elektronit (10.43–11.02)

Oppilaat havainnoivat elektroneista ensimmäistä kertaa.

T1: Jos ei ole suljettu, niin nuo pallerot ei liiku.

T2: Jos se ois tolleen, jos se ois kiinni, ne liikkuis.

T1: Ne tekisi silleen ympyrää.

T2: Ne pysähtyy, kun ne ei pääse liikkumaan.

T3: Sähkövirtaa, ei taida kulkea.

Ensimmäisellä tunnilla, kun oppilaat käsittelivät elektroneja, oli puhe havainollistamista, päättelyä ja oivaltamista (taso 6). Tyttöjen ryhmä puhui elektroneista paljon verrattuna tiistain ryhmiin. Tytöt myös useasti havainnoivat puheissaan elektronien liikettä (toinen tunti 20.24):

*T3: Kato, joka toinen elektroni lähtee tonne ylös ja joka toinen lähtee tonne sivulle.
Virta ei lisääntynyt.*

Tilanne 3: Pienryhmä vertaistukena (32.15–34).

Seuraava keskustelu käsittelee lamppujen rinnankytkentää tehtävässä 5. Tässä keskustelussa on oppilaiden korkeatasoista puhetta tasolla luoda (taso 7), vaikka oppilaat päätyivätkin virheelliseen malliin.

T3: Meiän pitää laittaa noin... yhtähimmeesti. Laita sama. Periaatteessa niitten pitäis palaa himmeemin, kun ne on pitemmän matkan pääs. Siin on sun väärin lamppu.

Testataan.

T1: Samalla lailla kun pikkujutussa.

T2: Mitenkä?

T3: Ne käy siel yhdessä lampussa (tauko) ensin ja sit ne menee vielä sit uudestaan.

T2: Aika jännä.

Tekoa (lamput palavat samalla kirkkaudella kuin a-kohdan lamppu).

T2: Se saattaa johtua siittä. kun molemmilla on kaks johdinta ja ne saa niiltä sen energian.

T1: Niin.

T2: Ja jos irrottaa ton toisen johtimen ei ne enään saa.

T3: Kokeillaan.

T1: Se palaa kirkkaammin, kun molemmilla on kaksi kirkasta johdinta.

Tai sit me ollaan vaan tehty jossain kohtaa jotain väärin.

Työn tekoa.

T2: Ei pala.

T3: Kato, kun se ei ole tuossa toisessa lampussa kiinni se yks johto.

T1: Niin.

T2: Poista tuo yks johto.

T3: Eikä tarvitse.

T2: Kyll tarvitsee, niil on johdot muuten silleen.

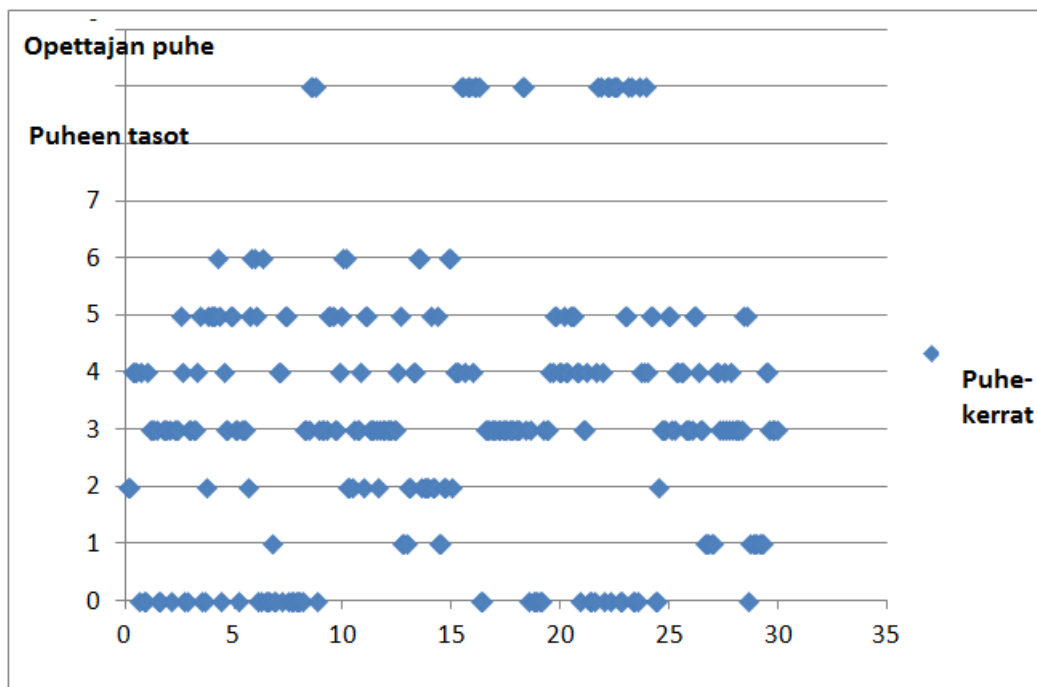
T1: Lamput palaa kirkkaammin kun niil on kaks omaa johdinta!

Tämä keskustelu on korkeatasoisempaa puhetta, vaikka oppilaat päätyvätkin virheelliseen käsitykseen. Tässä nähdään, miten oppilaiden ennakkokäsitys lampun kirkkaudesta lamppujen rinnankytkennässä muuttuu työn edetessä. Lisäksi he epäilevät tehneensä väärin, koska työn tulokset eivät sopineet heidän aikaisempaan malliinsa. Tytöt pohtivat paljon yhdessä ja heidän kokeellinen lähestymistapansa kytkentöihin näkyy halussa testata uusia ajatuksia. Simulaatiot sopivat hyvin kokeelliseen lähestymistapaan, sillä niillä voidaan tehdä turvallisesti ja nopeasti uusia kytkentöjä tai muuttaa vanhoja kytkentöjä. Tässä oppilaat eivät näe ristiriitaa omien tulostensa ja mallin välillä.

Tyttöjen ryhmälle jää virheellinen käsitys lampun kirkkauden johtuvan johtojen määrästä, jolloin kaksi johtoa antaisi enemmän sähkövirtaa. Tämä virhekäsitys ei muuttunut simulaatiotunnin aikana, koska oppilaille ei syntynyt kognitiivista konfliktia tuloksen kanssa.

5.5.2 Ryhmän 5 toinen oppitunti

Kuvasta 21 havaitaan, että oppilaiden tason 6 puhetta esiintyi toisen tunnin alkupuolella, kun taas muut puheen tasot (tasot 1-5) esiintyivät tasaisesti pitkin tuntia. Opettaja oli keskusteluissa vähemmän mukana kuin ensimmäisellä tunnilla.



Kuva 21: Ryhmän 5 keskustelu toisella tunnilla. X-akselilla on aika ja y-akselilla puheen tasot: 0 hiljaisuus, 1 muu puhe, 2 muistaminen, 3 tekninen puhe, 4 selvä näkemys, 5 ääneen ajattelu, 6 selittävä puhe ja 7 luova puhe

Tilanne 1: Ennakkokäsityksiä (14.50)

T3: Ei se varmaan yhtä kirkkaasti paista, koska siin on niin paljon niit johtoja.

Edellisellä tunnilla rinnakkainkytkennän tehtävässä 5 oppilaat ovat päättelleet johtojen antavan energiaa kytkennöissä. Mutta nyt toisella tunnilla tytöllä T3 onkin ennakkokäsitys, jonka mukaan johdot kuluttavat sähkövirtaa.

Tilanne 2: Käsitteet (19.33–19.50):

T1: Oho nyt kävi kalpaten. Maksiminopeus saavutettu. Nyt se ei enään mene sinne lampulle se vaan menee...

T2: Se räjähtää. Se menee rikki.

T3: Oho, meidän veikkaus meni väärin.

T1: Se oli oikosulku.

Lisätehtävässä oppilaat tekevät oikosulun paristosta ja johtimista. Keskustelua on selvän näkemyksen (taso 4) ja ääneen ajattelun tasoilla (taso 5). Oppilaat huomaavat tehneensä oikosulun ja käyttävät kyseistä käsitettä, vaikka se ei tullut esille simulaatiotuntien aikana.

Tilanne 3: Elektronit (24.55–25.04)

T3: Me tiedetään, että koira on eriste, kun me testattiin sitä viimekerralla.

T1: Kato, on tossa elektroineita, jännä koska se on eriste.

(26.00–26.15)

T2: Kolikos on vaan kaksi elektronia.

T3: Katsokaa tuo numero pienenee. Nuo pallerot ei liiku.

Lisätehtävässä 11 oppilaat pohtivat elektroneja eristeissä ja johteissa. Ryhmällä on virheellinen käsitys, että eristeessä ei olisi elektroneja. Oppilaat muistavat viime tunnin leikissä koiran olleen eriste, vaikka koirassa näkyivät elektronit. Toinen asia, jota oppilaat pohtivat, on elektronien määrä esineissä. Oppilaat tietävät kuitenkin, että elektronien täytyy liikkua, jotta esine olisi johdin. Kuitenkaan oppilaat eivät jää tarkemmin pohtimaan, miksi eristeessä on elektroneja, vaan jatkavat tehtävien tekemistä eteenpäin.

5.5.3 Ryhmän 5 loppuarviointi

Ryhmäläiset olivat kiinnostuneita simulaatioista ja jäivät välitunniksi tekemään kytkentöjä vapaa-ajallaan. Tyttöillä oli kokeellinen lähestymistapa. Jos he eivät tieneet jotain, he halusivat testata. Tytöt luottivat omiin testauksiinsa: ”Mehän testattiin viimeksi, joten näin on.” Tyttöjen ryhmälle jäi virheellisiä malleja simulaatiotunnin jälkeen. Oppilailla oli virheellisiä ennakkokäsityksiä, joiden mukaan johdot antavat enemmän energiaa tai kuluttavat energiaa. Ryhmäläiset havainnoivat paljon elektroneja ja osasivat yhdistää niiden kulkemisnopeuden sähkövirtaan. Ryhmä halusi jäädä tekemään omia kytkentöjä välitunninkin ajaksi. Tämä kertoi heidän kiinnostuksestaan simulaatioihin.

5.6 Ennako- ja loppukyselyjen analyysi

Oppilaiden ennako- ja loppukyselyistä tehtiin t-testi yksisuuntaisena ja parillisena Excel-ohjelmalla. T-testin tulos osoittaa todennäköisyyden $p=0,002$, mikä tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää tulosta. Näin ollen voidaan olettaa, että oppimista tapahtui. Ennakkokyselyn keskiarvo 6,1 muuttui loppukyselyn keskiarvoksi 8,3. Keskiarvo 6,1 osoitti, että oppilailla oli ennakkotietoa sähköopin tasavirtapiirin kytkennöistä.

Ennako- ja loppukyselyissä havaittiin myös oppilaiden virheellisiä ennakkokäsityksiä.

Ennakkokyselyn tehtävässä 1 ilmeni kolmella oppilaalla käsitys, että virtapiiri on sarja peräkkäisiä tapahtumia, mutta loppukyselyissä tätä mieltä oli vain yksi oppilas. Oppilaat myös ajattelivat lamppujen palavan kirkkaammin, kun lamppuja oli kytkennöissä enemmän. Loppukyselyssä vain yksi oppilas kykeni käyttämään vastauksissaan apuna elektroneja.

Oppilaiden ajattelun ja käsitteiden käytön huomattiin paranevan. Tästä muutama esimerkki:

- Tehtävässä 4 käsketään oppilaiden perustella, miksi heidän valitsemassaan kytkennässä lamppu palaa himmeämmin. Oppilas T1 on vastannut kysymykseen kahden lampun sarjankytkennästä oikeaoppisesti eli hän perustelee vastaustaan. Ensin hän on vastannut ”Siinä on kaksi lamppua ja ne johdot menee monimutkaisesti”, kun taas loppukyselyssä hän on vastannut ”Siinä on kaksi lamppua ja ne vie enemmän sähkövirtaa”.
- Samassa tehtävässä poika P2 on valinnut saman vastauksen kuin tyttö T1. P1 perustelee ennakkokyselyssä vastaustaan kirjoittamalla ”Koska kaksi lamppua”, kun taas loppukyselyssä hän perustelee ”Kaksi lamppua vastustaa virtaa enemmän.”

- Samassa tehtävässä tyttö T2 on valinnut vastaukseksi kytkennän, jossa lamppu on kaukana (ei suljettua virtapiiriä kyseisessä kuvassa). T2 perustelee ennakkokyselyssä vastaustaan: ”Siinä on pitkä lanka.” Loppukyselyssä oppilas puolestaan on vaihtanut valintansa oikeaan kytkentään ja perustelee sitä: ”Siinä on kaksi lamppua.”
- Tehtävässä 1 poika P2 perustelee lampun palamista ennakkokyselyssä: ”Kyllä, koska on kääntöpiiri.” Loppukyselyssä oppilas vastaa: ”Kyllä palaa. On suljettu virtapiiri ja sähkövirta kiertää lampussa.”
- Ennakkokyselyn tehtävässä 1 myös tyttö T3 perustelee lampun palamista seuraavasti: ”Palaa, koska plus- ja miinuspäät ovat oikein päin”. Loppukyselyssä hän vastaa huomattavasti tarkemmin: ”Palaa, koska virtapiiri on suljettu ja johdot menevät oikeaan paikkaan ja elektronit pystyvät kiertämään lampussa ja patterissa.

6. Johtopäätökset

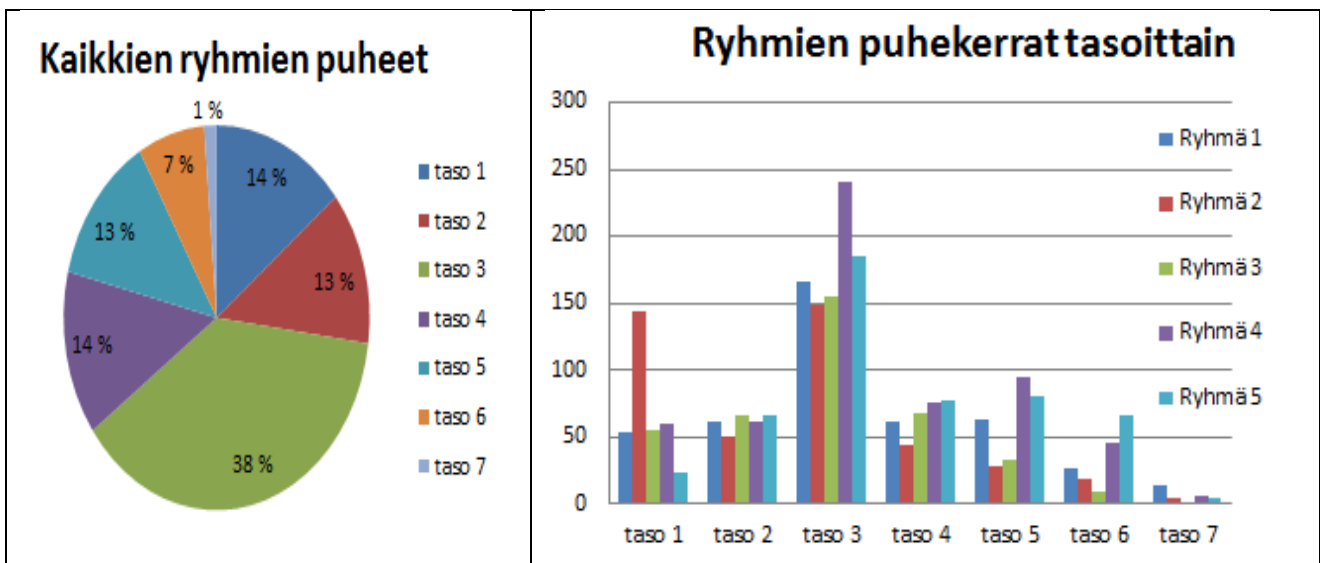
6.1 Millaisia kognitiivisia taitoja pienryhmissä esiintyy oppilaiden tehdessä virtapiirikytkentöjä simulaatiolla?

Oppilaat puhuivat ryhmissä eniten teknistä puhetta (taso 3) eli puhe oli aloitteellista, kun he rakensivat virtapiirikytkentöjä. Tämä puhe sisältää alemman tason kognitiivisia taitoja *muistaminen* ja *soveltaminen* ja joissakin tilanteissa myös *päättelyä*. Kaiken kaikkiaan eri ryhmien puheesta teknistä puhetta oli lähes 40 %. Oppilailla menee aikaa käyttää simulaatiota ja rakentaa virtapiirikytkentöjä. Ryhmissä oppilaat myös joutuvat päättelemään, miten kytkentä rakentuu. Tulos ei ole yllättävä.

Oppilailla oli selviä näkemyksiä tasolla 4 ja puhetta oli 14 % käydystä puheesta. Tämä puhe on vielä alemman kognitiivisen taidon alueella *ymmärtää*.

Korkean tason puhetta (tasot 5–7) esiintyi kaikkien ryhmien puheesta yhteensä 21 %, joista kognitiivisia taitoja oli seuraavasti:

- *analysoida ja ymmärtää* 13 % (puheen taso 5),
- *arvioida* 7 % (puheen taso 6) ja
- *luoda* 1 % (puheen taso 7).



Kuva 22: Yhteenveto kaikkien ryhmien puheesta sekä ryhmien puhekertojen esiintymisestä.

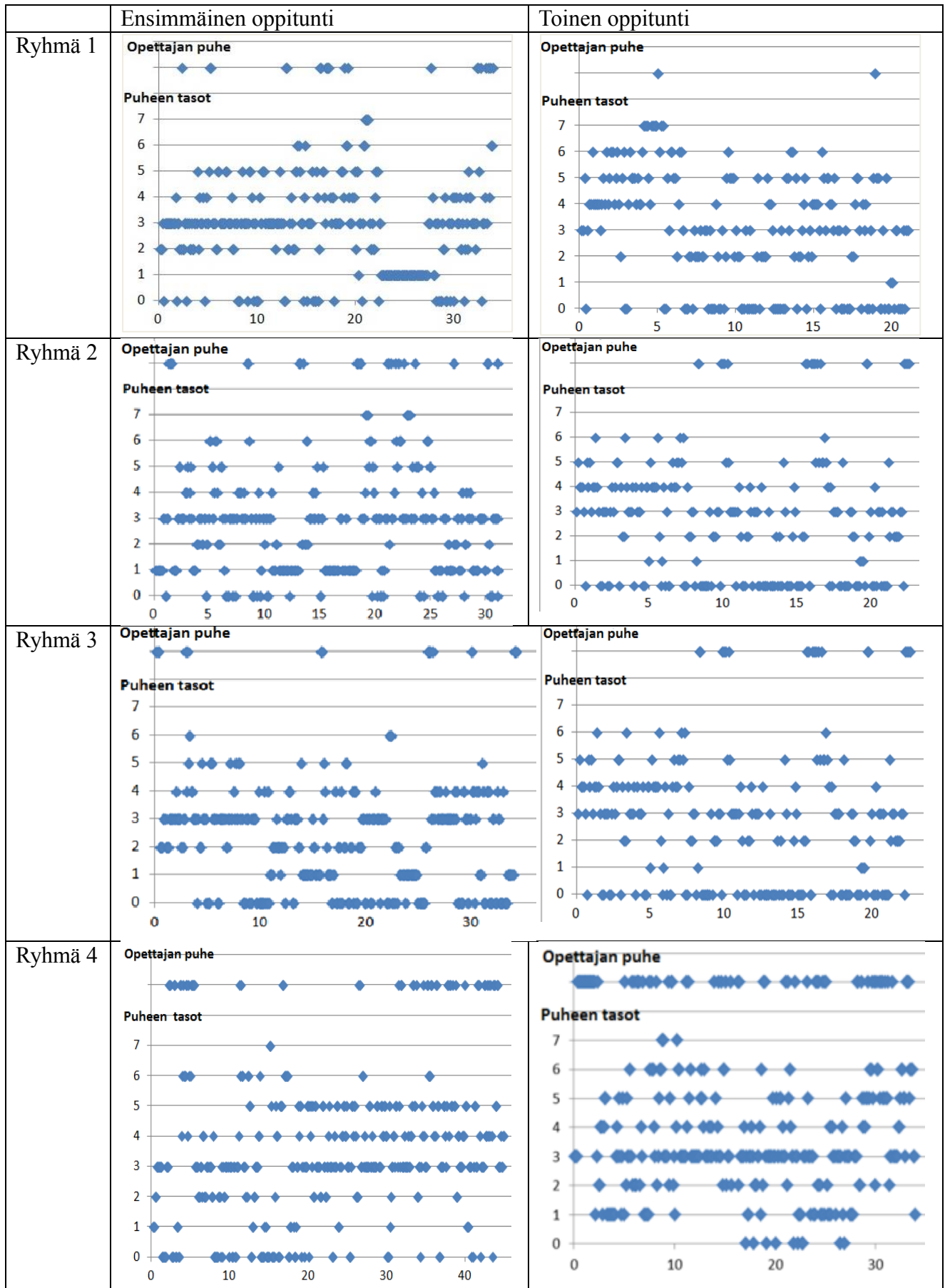
Korkeamman asteen kognitiivisia taitoja esiintyi oppilaiden puheessa simulaatiotunneilla, joten tulos on samansuuntainen kuin muiden tutkimusten kanssa, esim. Repo & Pitkänen (2012) ja Aksela (2005). Selkeästi näitä kognitiivisesti korkeita taitoja, *arvioida ja luoda*, esiintyi vain vähän. Yksi syy tähän on, kuten Piaget (1977) on todennut: ”Alakouluikäinen lapsi ei kykene abstraktiin ajatteluun.” Sähköoppi virtapiireineen ja käsitteineen on tällainen vaikeasti ymmärrettävä oppiaine. Kuitenkin simulaatiot helpottivat oppilaita mallintamaan virtapiirikytkentöjä ja pienryhmä pystyi toimimaan vertaisryhmänä.

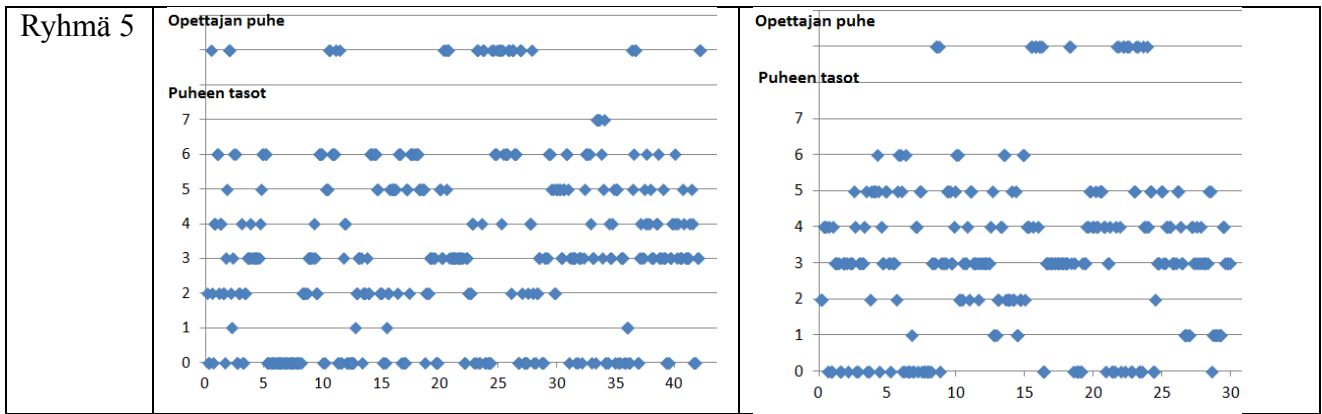
Tason 1 puhetta oli kaikesta puheesta 14 %. Sitä voidaan selittää sillä, että oppilaille ääninauhurit olivat uusia ja mielenkiintoisia laitteita, joilla innostuttiin leikittelemään. Toinen peruste puheen määrälle on kahden tietokoneen kaatuminen, jolloin oppilaat puhuivat muuta puhetta. Puhetta tasolla *muistaminen* (taso 2) esiintyi 13 %. Tämä luokka merkitsee ei-aloitteellista puhetta eikä se sisällä päättelyä. Tähän luokkaan koodattiin mm. oppilaiden tehtävämonisteiden lukeminen.

Oppilaat loivat uusia malleja ja toimintatapoja tehtävien välissä, mutta ne eivät ilmenneet oppilaiden puheessa. Voidaankin siis olettaa oppilaiden käyttävän enemmän korkean tason kognitiivisia taitoja kuin niitä puheessa ilmenee. Oppilaiden puheita oli vaikea hahmottaa kokonaisuudeksi. Tällöin oppilaan puhe saattoi jäädä alemmalle tasolle, vaikka oppilas olisikin käyttänyt korkeampia kognitiivisia taitoja.

6.2 Missä tilanteissa korkeamman asteen puhetta esiintyy?

Tutkimuksessa selvitettiin, missä tilanteissa oppilaat käyttivät kahta korkeamman tason – eli tasojen 6 ja 7 puhetta. Tätä puhetta esiintyi 8 % oppilaiden puheista. Korkeamman puheen esiintymiset voitiin ryhmittää neljään eri luokkaan: kognitiiviseen konfliktiin pienryhmässä, oivallukseen tai pohdintaan kytkentää tehdessä, sekä joko tehtävämonisteen tai opettajan esittämän kysymyksen vastaukseen. Tilanteiden esiintymiset on koottu taulukkoon 4. Korkeamman tason puhetta esiintyi myös oppilaiden leikkiessä simulaatiolla.





Kuva 23: Ryhmien puhekuvaajat oppitunneittain

Taulukko 4: Korkean tason 6 ja 7 puheiden esiintymistilanteet. Jokainen numero vastaa yhtä tilannetta, kyseisellä tasolla. Esimerkiksi Ryhmällä 1 on kognitiivinen konflikti toisella oppitunnilla neljä kertaa: yhden kerran puheentasolla 7 ja kolmesti puheentasolla 6.

	Kognitiivinen konflikti	Oivallus/ pohdinta kytkennässä	Vastaus tehtävämonisteen kysymykseen	Vastaus opettajan kysymykseen
Ryhmä 1 op.1		76	6	66
op.2	7666	66	666	
Ryhmä 2 op.1	6	76		766
op.2	6		666	
Ryhmä 3 op.1		6	6	
op.2	666		66	
Ryhmä 4 op.1	66	6	6	6666
op.2	76	66	6666	6666
ryhmä 5 op.1	66	766	66666	6666
op.2		66	66	66
yhteensä	14	15	22	19

6.2.1 Pienryhmä vertaisryhmänä ja kognitiivinen konflikti

Pienryhmät, joilla oli hyvä ryhmähenki (ryhmät 1, 4, 5) ja yhteiset tavoitteet, toimivat parhaiten vertaisryhmänä. Näillä ryhmillä esiintyi eniten korkean tason puhetta. Näissä ryhmissä oppilaat auttoivat, tukivat, kritisoivat, antoivat palautetta ja vahvistivat toistensa näkemyksiä. Tämä näkyi mm. oppilaiden täydentäessä toistensa lauseita, oppilaiden jatkaessa toistensa ajatuksia ja esittäessä toisilleen kysymyksiä. Nämä tilanteet edesauttoivat oppilaita pääsemään korkeampaan puheeseen. Esimerkkinä tästä on ryhmä 1, jossa oppilaat pohtivat setelin johtavuutta tilanteessa 4 ensimmäisellä tunnilla.

Kun oppilaat työskentelivät itsenäisesti simulaattorilla, toimivat pienryhmän oppilaat vuorollaan ryhmän asiantuntijoina (kuten Vygotskyn lähikehitysvyöhykkeen mallissa) ja rakensivat yhdessä uutta mallia sähköopin kytkennöistä. Kun oppilailta oli yhteinen tavoite (tehtävän tekeminen, simulaatiolla leikkiminen), pienryhmän jäsenet auttoivat ja tukivat toisten oppilaiden ajatuksia, sekä antoivat palautetta ryhmän jäsenille (esim. ensimmäisellä tunnilla ryhmän 5 tilanne 1).

Erityisesti pienryhmätoiminta oli antoisaa silloin, kun ryhmässä syntyi kognitiivinen konflikti. Useasti tällaiset tilanteet johtivat korkeampaan puheeseen. Kognitiivisen konfliktin synnyn kannalta oli tärkeää, millainen tehtävänanto oppilaille oli esitetty. Oppilaiden tuli tiedostaa omat näkemyksensä, jotta konflikti voi syntyä.

Kognitiivisen konfliktin syntyyn oli kaksi erilaista tapaa:

- Pienryhmän jäsenten välillä syntyi erimielisyys, jolloin oppilaat perustelivat näkökantojaan toisilleen ja tällöin simulaatiolla tehty kokeellinen työ vahvisti jonkun oppilaan näkemystä. Yleensä tämä ryhmänjäsen toimi tällöin asiantuntijana ryhmässä (esim. ryhmän 2 tilanne 3 ensimmäisellä tunnilla).
- Toinen tapa kognitiivisen konfliktin syntyyn oli, että oppilaiden ennakkokäsitykset olivat ristiriidassa simulaatiolla tehtyjen töiden havaintojen kanssa. Tällöin kaikki oppilaat olivat tasa-arvoisia jäseniä, jotka tukivat toisiaan ja pohtivat ilmiön syitä. Tällainen tilanne oli mm. ryhmällä 1 tehtävän 7e kytkennässä, jossa kaksi paristoa oli kytketty samat navat vastakkain (tilanteessa 2 toisella tunnilla).

Lisäksi huomattiin oppilaiden ennakkokäsitysten olevan välillä niin joustavia, että kognitiivista konfliktia ei synny, vaikka opettajasta konflikti on ilmeinen (mm. ryhmän 1 tilanteet 4 ja 5 toisella oppitunnilla). Chinn & Brewer (1998) ovatkin kritisoineet kognitiivisen ristiriidan käyttöä opetuksessa oppilaiden joustavien mallien takia.

6.2.2 Tehtävät, jotka johtivat korkeamman tason puheeseen

Tehtävissä 6 ja 7 esiintyi eniten korkeamman tason puhetta. Näissä tehtävissä oppilaiden täytyi ennustaa etukäteen, missä kytkennöissä lamput palavat. Oppilaiden täytyi selvittää oma näkemys asiasta ennen kytkennän tekemistä, mikä johti pienryhmän kognitiiviseen konfliktiin. Kuten aiemmin on jo todettu, kognitiiviset konfliktit lisäävät korkeampia kognitiivisia taitoja.

Opettajan olisikin tärkeää suunnitella tehtäviä, jotka edesauttavat oppilaita korkeampiin kognitiivisiin taitoihin. Tällaisia ovat ongelmanratkaisu- ja avoimet tehtävät (Aksela ym., 2012). Voidaankin olettaa, että tässä tutkimuksessa olisi pitänyt olla enemmän haastavampia tehtäviä oppilaille, jolloin oppilaat olisivat työskennelleet motivoituneemmin ja ongelmien ratkaisuun olisi tarvittu koko ryhmän panos.

6.2.3 Opettajan rooli

On tärkeää huomata, että torstaina oli vain kaksi ryhmää, ja opettaja pystyi olemaan enemmän läsnä ja tekemään kysymyksiä. Näin oppilaat pystyivät muodostamaan tasojen 5 ja 6 puhetta. Luovan tason 7 puhetta oli kuitenkin vain yksittäisiä tapauksia. Kun verrataan tiistain oppitunteja (3+2, joita ei pystytty litteroimaan) torstain oppitunteihin (2 ryhmää), voidaan tehdä johtopäätös, että opettajan merkitys on oleellinen. Kun opettaja esittää kysymyksiä, puhe siirtyy korkeammalle tasolle.

Kuten kuvassa 23 nähdään, opettajan roolilla on merkitystä korkean tason puheeseen. Tilanteissa, joihin opettaja on puuttunut, ryhmän työskentelyssä on päästy korkeamman asteen puheeseen. Näin tapahtui esim. ryhmän 4 toisella oppitunnilla, kun oppilaat puhuivat tasoilla 5 ja 6 suhteellisen paljon.

Opettajan kysymysten laadulla osoittautui olevan merkitystä. Opettajan pitää pystyä auttamaan oppilaita syventämään ja uudelleen organisoimaan tietoa. Pelkästään havaintoihin liittyvien kysymysten esittäminen ei johtanut korkean tason puheeseen, vaan sellaisten kysymysten, jotka syvensivät tai sovelsivat oppilaiden tietoa.

Esimerkiksi ensimmäisellä oppitunnilla ryhmän 3 tilanteessa 1 opettaja kysyi havaintokysymyksiä lampun kirkkaudesta, jolloin oppilaat eivät käyttäneet korkeampia kognitiivisia taitoja, taas ryhmässä 1 tilanteessa 3 opettaja osasi auttaa oppilaita pohtimaan, miten kytkennän lamput saadaan palamaan kirkkaammin, ja puhe oli huomattavasti korkeammalla tasolla.

Tutkimuksissa havaittiin, että oppilaat eivät itse osanneet kiinnittää huomiota oikeisiin asioihin ja muodostaa uusia malleja. Tällöin oppilaat tarvitsevat näissä tilanteissa Vygotskyn mallin mukaisen asiantuntijan (eli opettajan) synnyttämään ristiriitaa oppilaiden vanhoihin malleihin ja kiinnittämään oppilaiden huomiota oikeisiin asioihin. Opettajaa tarvittiin tutkimuksessa myös ohjaamaan oppilaita simulaatioleikeistä takaisin tehtävämonisteen pariin.

6.3 Millaisia ennakkokäsityksiä oppilailla on virtapiirikytkennoistä?

Neljästä perinteisestä (Driver ym., 1994) tasavirtapiirin selitysmallista (yksinapamalli, törmäävien sähkövirtojen malli, sähkövirran vaimennusmalli ja teoreettinen malli) esiintyi vain virheellistä yksinapamallia (ryhmä 2) sekä teoreettista mallia (kaikilla ryhmillä). Näitä virheellisiä selitysmalleja havaittiin tässä tutkimuksessa vain kerran. Se voi johtua siitä, että oppilaille ei suunnattu erityisesti kysymystä, missä paljastuisi tasavirtapiirin yleisiä selitysmalleja.

Virheellinen ennakkokäsitys, jossa ajatellaan virtapiirin olevan sarja peräkkäisiä tapahtumia (kuten, että sähkövirta lähtee paristosta, kulkee lampun kautta ja palaa lopulta paristoon takaisin), havaittiin sekä ryhmällä 4 että ennakkokyselyssä kolmella oppilaalla. Tällaista virhekäsitystä on vaikeinta muuttaa (Viiri, 2005). Tätä ennakkokäsitystä havaittiin myös ryhmän oppitunnin alussa ja viimeisellä tunnilla. Siten oppilaiden työskentely itsenäisesti ei muuttanut tätä käsitystä. Loppukyselyssä tämä malli esiintyi vain yhdellä oppilaalla.

Tutkimuksessa havaittiin myös, että ennakkokäsitykset ovat joskus varsin pysyviä. Tällöin oppilaiden malli asiasta on niin joustava, että kokeellisen työn ja oppilaan oman mallin tulosten välille ei synny ristiriitaa, vaikka opettaja ajattelisi ristiriidan syntyvän. (Esim. ryhmän 1 tilanne 4 ensimmäisellä tunnilla)

Ryhmällä 5 esiintyi muista poikkeavia ennakkokäsityksiä. Oppilaat ajattelivat johtimella olevan suuri merkitys kytkennän vaikutukseen:

- Joko johtimet antavat lisää virtaa kytkennällä, jolloin kahden johtimen tilanteissa lamput palavat kirkkaasti
- tai johtimet kuluttavat sähkövirtaa, jolloin kaukana palava lamppu palaa himmeämmin.

Monella ryhmällä esiintyi virheellisiä ennakkokäsityksiä eri aineiden johtavuuksista. Lisäksi oppilaat eivät mm. havainnoineet lamppujen ja vastusten vastustavan sähkövirtaa.

Oppilaiden puhe on arkipuhetta, jossa he käyttävät käsitteitä heikosti, väärin tai ei ollenkaan. Tähän varmasti vaikuttaa fysiikan käsitteiden abstraktisuus. Tässä tutkimuksessa oppilailta ei kysytty erikseen, mitä sähköopin yleisimmät käsitteet tarkoittavat. Tämä olisi ollut hyvä tehdä syvällisemmän oppimisen kannalta. Tällöin oppilaat olisivat voineet käyttää käsitteitä oikeammin. Oppilaiden arkipuhe vahvistaa Kurki-Suonioiden (1998) mukaan oppilaiden vääriä ennakkokäsityksiä.

Oppilaiden ajatusten ilmaisu ja käsitteiden käyttö paranivat ennakkokyselystä loppukyselyyn.

6.4 Mitkä ovat simulaation hyödyt ja haitat oppitunnilla?

Kaikki ryhmäläiset oppivat käyttämään nopeasti simulaatioita, vaikka simulaation käyttöä ei erikseen opastettu kuin muutamalla sanalla ja tehtävämonisteen ohjauksella. Oppilaat löysivät simulaatioista itsenäisesti komponentteja ja asioita, jotka edesauttoivat oppimista (esim. ryhmä 4 löysi jännitemittarin ja ryhmä 1 osasi muuttaa paristojen jännitteitä).

Kaikki ryhmät alkoivat työskennellä nopeasti simulaation parissa eivätkö poistuneet muille sivustoille. Simulaatio motivoi oppilaita tekemään kytkentöjä. Kuitenkin oppilaiden työskentely siirtyi tehtävämonisteen tehtävistä oppilaiden omiin kytkentöihin, leikkeihin.

Kiinnostuneisuus simulaatioihin näkyi myös oppilaiden innostuksena tehdä simulaatioita kotona (ryhmä 1 ja 4) sekä haluna jäädä välitunniksi leikkimään simulaatioilla (ryhmä 5).

Simulaatioilla leikkiessään oppilaat oppivat kokeilujen kautta, tekivät havaintoja, päätelmiä, arviointeja ja loivat uusia malleja. Oppilaiden leikkiessä ilmeni myös useasti korkeampia kognitiivisia taitoja. Tällöin heillä oli ongelmatilanteissa suurempi halu ratkaista dilemma. Näin ollen oppilaiden leikki onkin yksi oppimisen keino. Pelkästään leikillä ei kuitenkaan saavuteta opetussuunnitelman tavoitteita.

Näin ollen oppilaille olisi hyvä antaa mahdollisuus oppitunneilla tehdä omia kokeita. Kokeellisessa työssä laboratorioissa tai luokassa oppilaiden omat kokeelliset työt voivat olla vaarallisia ja mahdottomia tehdä (kuten 20 pariston kytkennät). Simulaatiossa tätä haittaa ei ole, koska ne ovat turvallisia. Simulaatiot ovat myös nopeita tehdä, joten ajankäytöstä pienempi aika riittää oppilaiden kokeiluille.

6.4.1 Elektronit

Simulaatio antaa mahdollisuuden mallintaa sähkövirtaa elektroneilla, mistä voi olla hyötyä vaikeampien kytkentöjen selittämisessä. Noin puolet oppilaista osasi hyödyntää elektroneja selittäessään kytkentöjä (esim. ryhmä 1). Kuitenkin elektronien avulla kytkentöjen selittäminen oli vähäistä. Kaikki ryhmät havainnoivat elektroneja. Elektroneissa kiinnitettiin huomiota määrään ja liikkeisiin. Ryhmät myös havaitsivat elektronien liikkeellä olevan yhteys sähkövirtaan. Vain kaksi ryhmää (ryhmät 3 ja 4) pohti, mitä elektronit ovat.

Elektroneista puhuttiin eniten aineiden johtavuuksissa. Vaikeimmissa tehtävissä elektroneja havainnoitiin vähiten. Kun opettaja oli paikalla auttamassa oppilaita kiinnittämään huomiota elektroneihin vaikeammassa kytkennöissä, saatiin korkeamman asteen puhetta (ryhmä 2). Ryhmät, joilla oli parempi ryhmähenki ja jotka olivat opiskeluorientoituneita, puhuivat myös enemmän elektroneista.

Vaikka PheT-simulaatio antaa mahdollisuuden mallintaa elektroneita tasavirtapiirikytkennöissä, täytyy muistaa niiden antavan vain mallin. Tämä malli voi antaa oppilaille virheellisiä malleja; elektronit eivät ole sellaisia, millaisiksi simulaatio on elektronit mallintanut: Pyöreiksi suuriksi palloiksi, jotka liikkuvat tasaisesti johdossa.

6.5 Oppivatko oppilaat sähköoppia simulaatiotunneilla?

Oppilaiden keskiarvo kasvoi ennakkokyselystä loppukyselyyn ja t-testin tulos osoittaa eron olevan tilastollisesti merkitsevä. Ennako- ja loppukyselyistä huomattiin myös oppilaiden ajattelun ja käsitteiden käytön parantuneen. Näin ollen voidaan olettaa, että oppimista tapahtui tunneilla. Simulaatiotunneilla huomattiin oppilaiden käyttävän korkeampia kognitiivisia taitoja, joilla on tutkimuksissa (Aksela, 2005, Kallunki, 2009, Repo & Pitkänen, 2012) huomattu olevan vaikutusta oppimiseen.

7 Tutkimuksen luotettavuus ja kehittäminen

Tutkimuksen luotettavuuteen liittyviä ongelmia:

- Tutkimusmenetelmä: Tutkimuksessa olisi voitu tutkia kognitiivisia taitoja suoraan uudistetun Bloomin taksonomian mukaan eikä olisi tarvinnut käyttää erillistä puheen tasojen luokittelua. Kallungin puhetasoissa keskityttiin myös puheen mallintamiseen. Kallungin mallin käytössä ilmeni joitain ongelmia: esim. jotkin puheen perustelut tasolla 5 kuuluvat tason *ymmärtää* luokkaan, joka on alemman kognitiivisen taidon luokka.
- Korkean puheen virheellinen määrä: Oppilaiden puhekertojen esiintymisessä esiintyy enemmän korkean tason puhetta, koska oppilaiden puheet on laitettu aina korkeammalle asteelle puhekerran aikajassa (6 s). Tällöin kuvaajat eivät anna oikeaa tulosta, mutta toki ne tarjoavat osviittaa oppilaiden puheen esiintymistä.
- Opettaja: Tunnit piti oppilaille vieras opettaja. Opettaja oli uransa alkutaipaleella eikä hänellä ollut kokemusta alakoululaisista. Tuntien pitäjän oli vaikea tukea ryhmien yhteishenkeä, koska oppilaat olivat hänelle vieraita. Tunneilta puuttui oman opettajan auktoriteetti, mikä saattoi johtaa siihen, ettei tehtävämonistetta jaksettu tehdä välttämättä huolella.
- Ärsykkeet: Oppilaille tunneilla olleet ääni- ja videonauhurit olivat uusia ja mielenkiintoisia. Ne veivät osan oppiaineen opiskelun huomiosta.
- Tutkimuksen luotettavuutta olisi lisännyt vertaisanalysoija, joka olisi luokitellut oppilaiden puheista 20 % puheentasoihin. Vertaisanalysoijan ja tutkimuksen pitäjän luokitteluja puheentasoihin verrattaisiin keskenään, ja tulosten ollessa yhteneväiset oppilaiden puheen luokittelu olisi näin luotettavampaa.

Jos tutkimus toistettaisiin ja haluttaisiin tutkia kognitiivisia taitoja pienryhmässä, tulisi kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Tutkimuksessa käytettäisiin suoraan uusitun Bloomin taksonomian kognitiivisia taitoja tai jotain toista kognitiivisen taidon asteikkoa.
- Tehtävämonisteen kysymykset olisivat haastavampia ja ongelmalähtöisempiä. Oppilailta

kysyttäisiin myös sähköopin käsitteiden tarkoitusta, esim. ”Mitä sähkö, elektronit tai jännite on?”

- Kognitiivisista taidoista saataisiin enemmän tietoa, jos opettaja osallistui ryhmän keskusteluun tasa-arvoisena jäsenenä tai haastattelisi oppilaita yksitellen.

LÄHTEET

- Anderson, L., Krathwohl, D., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Raths, J. & Wittrock, M. (toim.) (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Abridged Edition. New York: Addison Wesley Longman.
- Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: a design research approach*. Akateeminen väitöskirja. Helsingin yliopisto. Kemian laitos.
- Aksela, M., Tikkanen G., & Kärnä P. (toim.) (2012). *Mielekäs luonnontieteiden opetus: miten tukea oppilaiden ajattelua ja ymmärtämistä*. Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012, s.9-27.
- Alftman J. (2012), pienryhmäkeskustelu opetuskeinona yliopistofysiikan peruskurssin laskuharjoituksissa. Pro gradu- tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Fysiikan laitos.
- Arvaja, M. & Mäkitalo-Siegl, K (2006). Yhteisöllisen oppimisen kognitiiviset ja sosiaaliset ja kontekstuaaliset tekijät: verkkovuorovaikutuksen näkökulma (s.125-146). Teoksessa Järvelä S, Häkkinen, P., Lehtinen, E.(toim) *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö* (s.125-146). Wsoy Oppimateriaalit, 2006.
- Arjanne, S., Heinonen, M. & Palosaari, M. (2006). *Koulun fysiikka ja kemia 6*. Keuruu: Otava.
- Arjanne, S., Heinonen, M. & Palosaari, M. (2006). *Koulun fysiikka ja kemia 6, työkirja*. Keuruu: Otava.
- Bennett, J., Lubben, F., Hogarth, S. & Campbell, B. (2004). A systematic review of the use of small-group discussions in science teaching with students aged 11-18, and their effects on students' understanding in science or attitude to science. *Research Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education.
- Cantell, H., Jutila, H., Laiho, H., Lavonen, J., Pekkala, E. & Saari, H. (2008). *Pisara 6, fysiikka ja kemia*. Helsinki: WSOY.
- Cantell, H., Jutila, H., Laiho, H., Lavonen, J., Pekkala, E. & Saari, H. (2008). *Pisara 6, fysiikka ja kemia, työkirja*. Helsinki: WSOY.
- Chinn, C. & Brewer, W. (1998). An Empirical test of a taxonomy of responses to amalous data in science. *Journal of Research in science Teaching* 35 (6), 623-654

- Dillenbourg, P. (1999) Introduction: What do you mean by 'collaborative learning'? Teoksessa Dillebourg, P. (toim.) *Collaborative learning: cognitive and computational approaches* (s.1-19). Oxford: Elsevier.
- De Lisi, R. (2002). From marbles to Instant Messenger™: Implications of Piaget's ideas about peer learning. *Theory into Practice* 41 (1), 5–12.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*. Research into children's ideas (neljäs painos), Lontoo: RoutledgeFarmer.
- Hennessy, S., Deaney, R. & Ruthven, K. (2006). Situated Expertise in Integrating Use of Multimedia Simulation into Secondary Science Teaching. *International Journal of Science Education* 28(7), 701–732.
- Kaartinen, S., Niinämäki, K. & Saravesi, P. (2004). *FyKe 5-6, Fysiikan ja kemian työkirja perusopetuksen 5. ja 6. luokalle*. Keuruu: Otava.
- Kalliovaara, P. (2009). Tapaustutkimus opettajan pedagogisesta sisältötiedosta, sähköopin virtapiirien opettaminen alakoulun kontekstissa. Pro gradu- tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Fysiikan laitos.
- Kallunki, V. (2009). *A Historical Approach to Children's Physics Education*. Akateeminen väitöskirja. Fysiikan laitos. Helsingin yliopisto.
- Kurki-Suonio, K. & Kurki-Suonio, R. (1999). *Fysiikan merkitykset ja rakenteet* (muuttumaton painos). Helsinki: Limes.
- Kärnä, P. (2012). Peruskoululaisten asenteet fysiikan opintoja kohtaan – mitä tehdä, kun fysiikasta ei pidetä. Teoksessa Kärnä, P., Houtsonen, L., Tähkä, T. (toim.) *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012*, (s.121-144).
- Krathwohl, D. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212–218.
- Kupias, P.(2001). *Oppia opetusmenetelmistä*. Helsinki: Educa.
- Lewis, A. & Smith, D. (1993). Defining higher order thinking. *Theory into Practice*, 32 (3), 131–137.
- Lavonen, J. & Meisalo, V. *Oppilaiden ennakkokäsitykset*. Haettu 15.5.2013 osoitteesta <http://ww.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/ennakko/main.htm>.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1977). *Lapsen psykologia*. Suom. Rutanen, M. Jyväskylä:Gummerus.

- Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet* (2004). Helsinki: Opetushallitus.
- Repo, P. & Pitkänen, V. (2012). PhET-simulaatiot fysiikan opetuksessa. Fysiikan pro gradu - tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos.
- Ronen, M. & Eliahu, M. (1999). Simulation as a home learning environment – students views. *Journal of Computer Assisted Learning* 15, 258–268.
- Sinnemäki, J. (1998). *Tietokonepelit ja sisäinen motivaatio – Kahdeksan kertotaulujen automatisointipeliä* (Tutkimuksia 186). Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos.
- Tikkanen, G. (2010). *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*. Akateeminen väitöskirja. Kemian laitos. Helsingin yliopisto.
- Viiri, J. (2000). *Vuorovesi-ilmiön selityksen opetuksellinen rekonstruktio*. Akateeminen väitöskirja. (Kasvatustieteen julkaisuja 59), Joensuun yliopisto.
- Viiri J, (2005). *Miten opetan fysiikkaa ja kemiaa alakoulussa*. Helsinki: WSOY.
- Viiri J, (2012). Fysiikan opettaminen ja oppiminen. Teoksessa Kärnä, P., Houtsonen, L., Tähtä, T. (toim.) *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012*, (s.105-119).
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University.
- Von Wright, J. (1992). *Oppimiskäsitysten historiaa ja pedagogisia seurauksia*. Helsinki: Opetushallitus.
- Wieman, C., Adams, W., Loeblein, P. & Perkins, K. (2012). *Teaching physics using PhET simulations*. Haettu osoitteesta 18.10.2013:
http://phet.colorado.edu/publications/Teaching_physics_using_PhET_TPT.pdf.
- Wellington, J. (1999). Integrating multimedia into science teaching: barriers and benefits. *School Science Review* 81(295), 49-54.

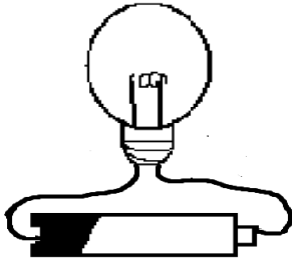
LIITEET

LIITE 1

ENNAKKO-JA LOPPUKYSELY

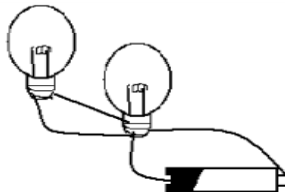
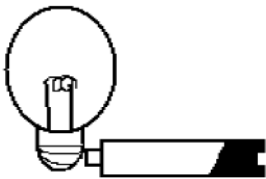
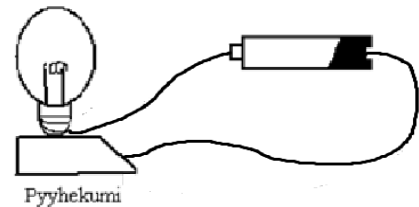
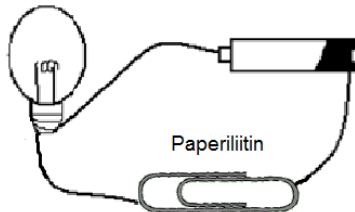
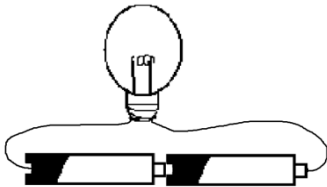
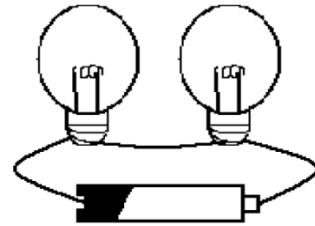
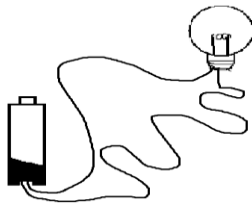
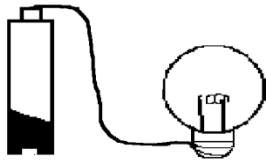
NIMI: _____

1



Palaako lamppu? Perustele vastauksesi huolellisesti.

2. Ympyröi tilanteet, joissa lamppu palaa.



3. Missä tehtävän kaksi (2) kohdassa lamppu palaa kirkkaiten? _____

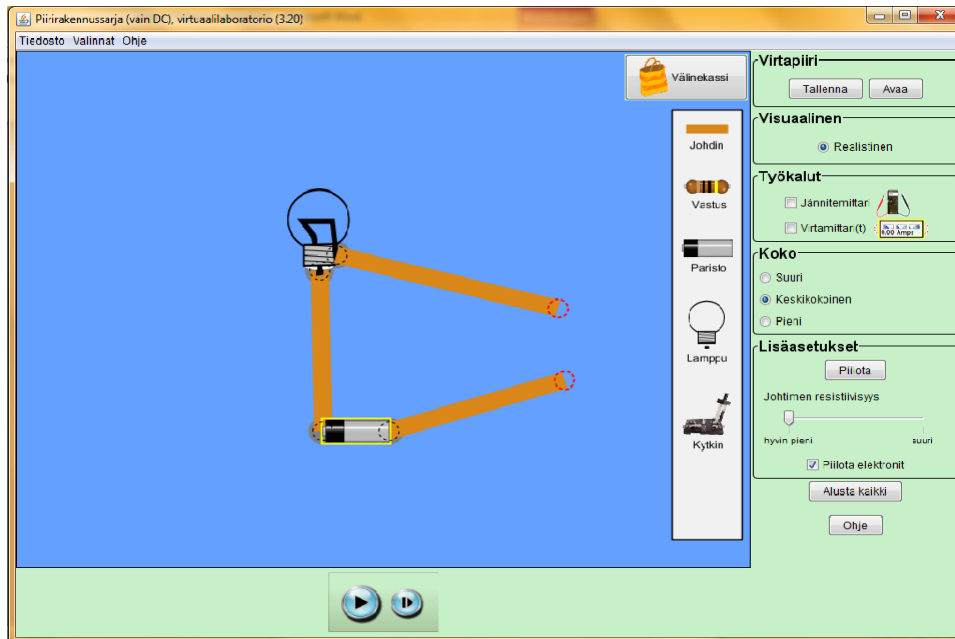
Perustele:

4. Missä kohdassa lamppu palaa himmeiten? _____

Perustele:

LIITE 2 SIMULAATIOTEHTÄVÄT, OPPITUNTI 1

Nimi: _____



1.a) Tee PHET:illä samanlainen kytkentä, kuin yllä. Käytä paristoa, lamppua ja kolmea johdinta.

1. Valitse oikeasta valikosta paristo ja lamppu
2. Yhdistä paristo ja lamppu johtimella.
3. Lisää toinen johdin ja kiinnitä se lampun toiseen napaan.
4. Ota kolmas johdin ja lisää se pariston toiseen napaan. Älä yhdistä vielä johtimien avoimia päitä toisiinsa.

5. Paina play  nappia alhaalta.

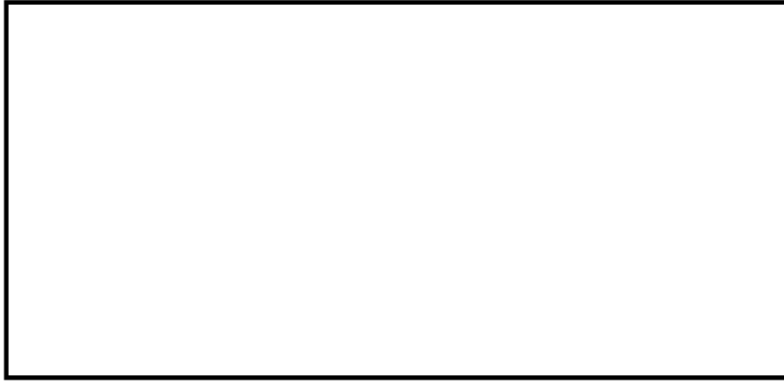
Palaako hehkulamppu? Osaatko selittää, mistä havaintosi johtuu?

Mitä luulet tapahtuvan, jos irrallisten johtimien päät yhdistetään?

b) Yhdistä seuraavaksi johtimet toisiinsa. Vie toisen johtimen pää toisen johtimen avoimeen päähän. Mitä havaitset? Selitä, mistä havaintosi johtuu?

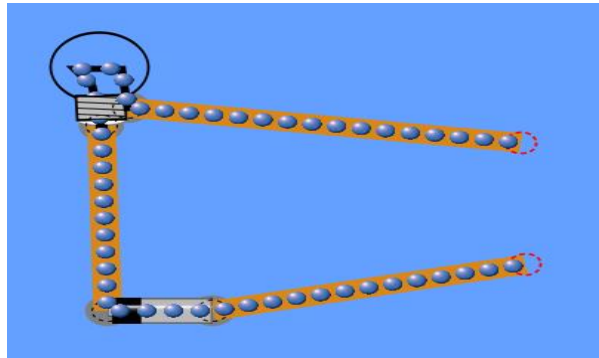
c) Tarkkaile, kuinka kirkkaasti lamppu palaa. Vertaat lampun kirkkautta seuraavissa tehtävissä toisiin lampuihin.

2. a) Miten saat kaksi hehkulamppua palamaan yhden pariston ja kolmen johtimen avulla?
Piirrä tulevasta kytkennästäsi kuva.



b) Tee kytkentä PHET:llä. Mitä eroja havaitset hehkulamppujen kirkkaudessa verrattuna tehtävään yksi? Perustele vastauksesi.

3. Mene näytön oikeaan reunaan kohtaan lisäasetukset. Ota elektronit käyttöön poistamalla raksi kohdasta piilota elektronit. Piilota elektronit



a) Tee PHET:illä samanlainen kytkentä, kuin kohdassa 1a (kuva yllä). Käytä paristoa, lamppua ja kolmea johdinta. Paina play nappia.

Mitä havaitset?

Tällaista tilannetta kutsutaan avoimeksi virtapiiriksi, silloin sähkövirta _____ piirissä. Mitä luulet tapahtuvan, kun irrallisten johtimien päät yhdistetään?

b) Yhdistä seuraavaksi johtimet toisiinsa. Vie toisen johtimen pää toisen johtimen avoimeen päähän. Paina play nappia

Mitä havaitset? Selitä, mistä havaintosi johtuu. Käytä vastauksessasi apuna elektroneja.

Tällaista tilannetta kutsutaan suljetuksi virtapiiriksi, silloin sähkövirta _____ piirissä.

c) Suljit ja avasit äskettäin virtapiirin. Mitä nimitystä käytetään laitteesta, jolla virtapiirin voi avata ja sulkea?

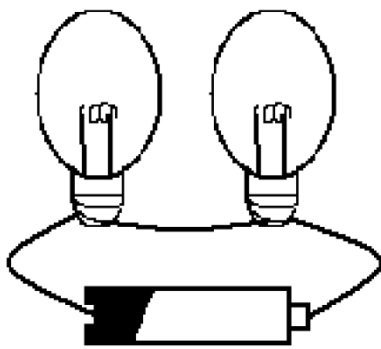
Miksi tällaista laitetta tarvitaan virtapiirissä?

Millaisissa tilanteissa olet havainnut tällaisia laitteita arkipäivässäsi?

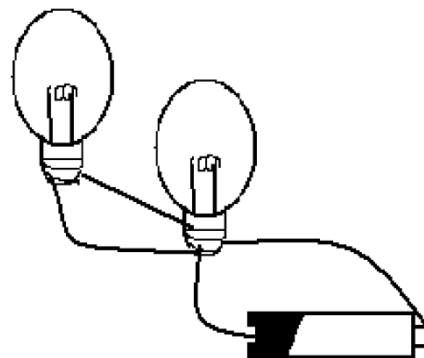
4. a) Tee PHET:llä samanlainen kytkentä, kuin kohdassa kaksi. Kytke kaksi hehkulamppua palamaan yhden pariston ja kolmen johtimen avulla. Paina play nappia

Mitä eroja havaitset hehkulamppujen kirkkaudessa verrattuna tehtävään kolme? Perustele, mistä tämä johtuu?

b) Vertaa äskeistä kytkentääsi alla oleviin kuviin. Kytkitkö lamput rinnan vai sarjaan?



lamppujen SARJANKYTKENTÄ



lamppujen RINNANKYTKENTÄ

5. a) Kun kaksi lamppua kytketään rinnakkain yhden pariston kanssa, mitä luulet lamppujen kirkkaudelle tapahtuvan?

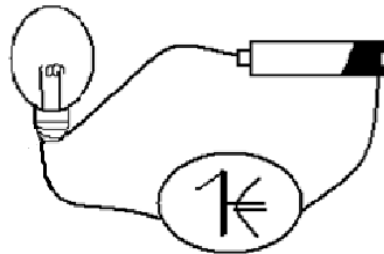
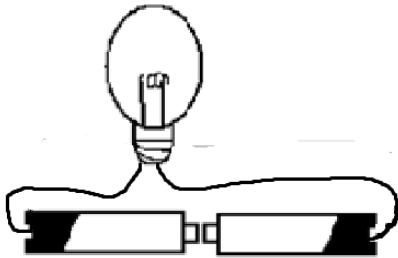
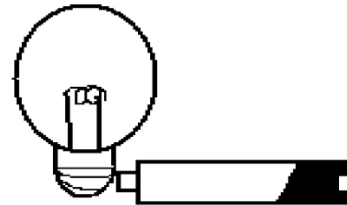
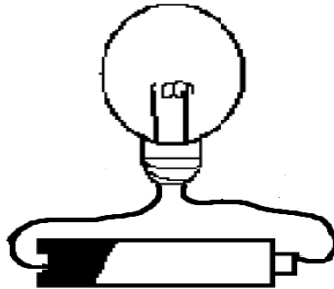
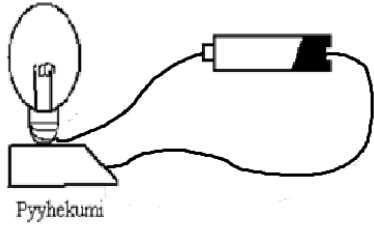
b) Kytke PHET:llä kaksi hehkulamppua rinnakkain. (Voit katsoa mallia 4b kohdasta). Miten lamput palavat? Perustele vastauksesi.

SIMULAATIOTEHTÄVÄT, OPPITUNTI 2

NIMI _____.

6. Pohdi palaako lamppu alla olevissa tilanteissa?

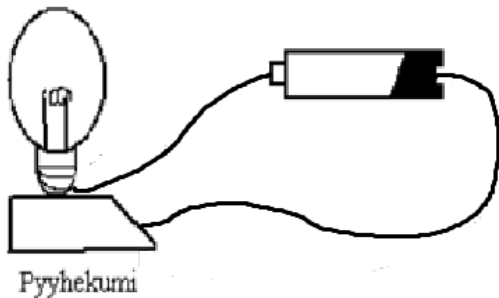
Ympyröi tilanne, jos lamppu palaa.



7. Tee alla olevat kytkennät PHET:llä. Kulkeeko virta piirissä? Perustele vastauksesi. Pyyhekumin ja kolikkon löydät sivun oikeasta ylänurkasta olevasta välinekassista.



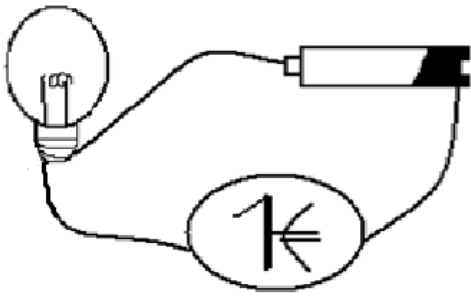
a)



Palaako lamppu? Miksi?

Pyyhekumi on eriste, koska

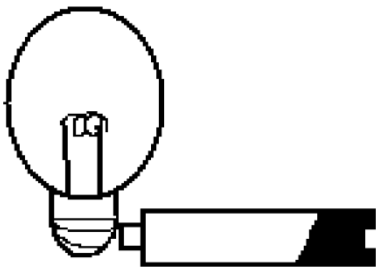
b)



Palaako lamppu? Miksi?

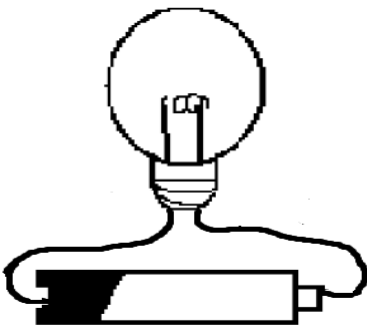
Kolikko on johdin, koska se

c)



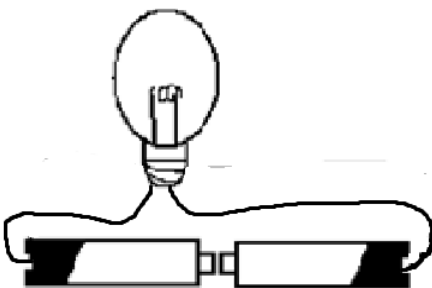
Palaako lamppu? Miksi?

d)



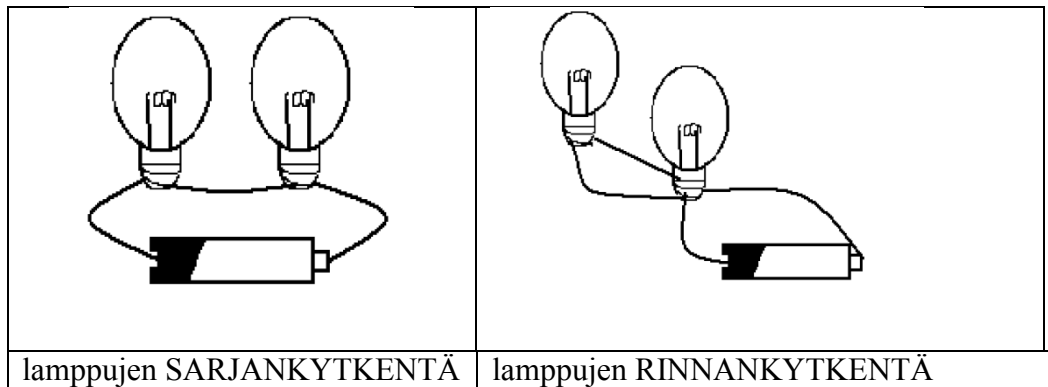
Palaako lamppu? Miksi?

e)



Palaako lamppu? Miksi?

8 a) Muistele, mitä tarkoitti lamppujen sarjaan- ja rinnan kytkentä.



Miten kytkisit kolme paristoa sarjaan yhden lampun kanssa? Piirrä paristojen plusnapa kiinni miinusnapaan. Tarvitset kolme paristoa, lampun ja kaksi johdinta. Miten kirkkaasti luulet lamppujen nyt palavan?

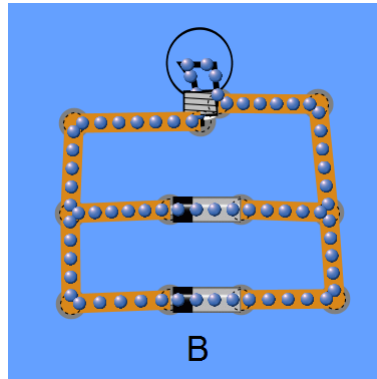
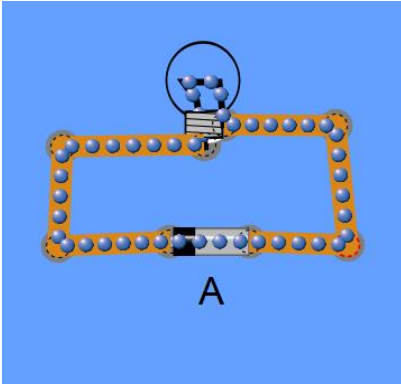
Piirrä tulevasta kytkennästäsi kuva.



b) Tee kytkentä PHET:lla. Miten hehkulamppu palaa? Peruste vastauksesi.

c) Yhden pariston jännite on 1,5 V. Kun kaksi paristoa kytketään sarjaan, jännite kaksinkertaistuu eli jännite on _____ V. Kun kolmas paristo kytketään, jännite kolminkertaistuu eli jännite on _____ V.

9 a) Mitä luulet tapahtuvan lampun kirkkaudelle, kun kytkentään A lisätään yksi paristo kuvan B osoittamalla tavalla ?



b) Tee PHET:llä kytkentä A . Lisää sitten paristo, kuvan B osoittamalla tavalla ja tarkkaile lampun kirkkautta. Mitä huomaat? Miksi lamppu palaa tällä kirkkaudella? Mitä luulet jännitteelle tapahtuneen?

c) Onko äskettäin kytkemäsi paristot sarjassa vai rinnakkain?

d) Mitä etua on kun paristot kytketään rinnan?

10. Lisätehtävä: Selvitä onko koira, lyijykynä, postimerkki eristeitä vai johtimia?

11. Lisätehtävä: Kytke kahdella johtimella paristo ja kolikko toisiinsa. Mitä tapahtuu