

**Fysiikan opiskelijoiden  
pienryhmätyöskentelyn  
dialogisuuden ja argumentaation  
yhteys tasavirtapiireihin  
liittyviin käsityksiin**

Pro gradu -tutkielma, 14.3.2022

Tekijä:

JOUNI RISTIMÄKI

Ohjaaja:

ANTTI LEHTINEN

TERHI MÄNYTLÄ

PASI NIEMINEN



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
FYSIKAN LAITOS

© 2022 Jouni Ristimäki

Julkaisu on tekijänoikeussäännösten alainen. Teosta voi lukea ja tulostaa henkilökohtaista käyttöä varten. Käyttö kaupallisiin tarkoituksiin on kielletty. This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use. Commercial use is prohibited.

## Tiivistelmä

Jouni Ristimäki

Fysiikan yliopisto-opiskelijoiden käyttämien dialogisten siirtojen ja argumentaation vaikutus oppimiseen virtapiiritehtävien aikana

Pro gradu

Fysiikan laitos, Jyväskylän yliopisto, 2022, 76 sivua

Luonnontieteissä argumentaatio on keskeisessä roolissa. Perinteisessä luonnontieteiden opetuksessa opetettavat asiat tarjotaan oppilaille usein kokoelmana valmiita faktoja, jolloin oppilaille saattaa jäädä virheellinen kuva tieteen luonteesta. Aikaisemmissa tutkimuksissa argumentaatiota painottavan opetuksen on huomattu edesauttavan oppilaiden oppimista.

Tässä työssä tarkasteltiin yliopisto-opiskelijoiden argumentaation käyttöä ja sen yhteyttä oppimiseen ryhmätyöskentelyn aikana. Aineisto koostui litteroiduista keskusteluista, joita opiskelijat olivat käyneet ratkaistessaan tasavirtapiiritehtäviä. Argumentaation tarkastelussa aineistosta pyrittiin tunnistamaan keskusteluissa esiintyviä dialogisia siirtoja, jotka voitiin luokitella argumentatiivisiin ja epäargumentatiivisiin siirtoihin. Lisäksi argumentatiiviset siirrot jaettiin dialektisiin ja ei-dialektisiin siirtoihin. Aineistosta tunnistettiin myös opiskelijoiden tasavirtapiireihin liittyviä virhekäsityksiä ja niiden korjaantumista tehtävien aikana. Opiskelijoiden kehittymistä verrattiin ryhmissä havaittuihin dialogisiin siirtoihin. Tässä työssä argumentatiivisten ja epäargumentatiivisten siirtojen jakautumisella ei havaittu olevan yhteyttä opiskelijoiden oppimiseen. Sen sijaan tulokset viittaisivat siihen, että dialektisten siirtojen esiintyvyydellä vaikuttaisi olevan selvempi yhteys oppimiseen.

Avainsanat: Argumentaatio, virhekäsitykset, tasavirtapiiri, dialoginen vuorovaikutus



## Abstract

Ristimäki, Jouni

The effect of dialogic moves and argumentation used by physics university students on learning during circuit assignments

Pro gradu

Fysiikan laitos, Jyväskylän yliopisto, 2022, 76 pages.

In the natural sciences argumentation is important. However in traditional science education concepts are often offered to students as ready-made facts which may leave students with an incorrect picture of the nature of science. In previous studies argumentation focused teaching has been found to promote student learning.

In this thesis the use of university students argumentation and its connection to learning during group work was examined. The material used consisted of transcribed discussions that students had had while solving DC circuit problems. The examination of the argumentation aimed to identify the dialogic moves in the discussions. Moves were divided into argumentative and non-argumentative moves. In addition argumentative moves were divided into dialectical and non-dialectical moves. Students misconceptions about DC circuits and student learning were also examined during the assignments. Student development could then be compared to the dialogic moves observed in the groups. In this work the distribution of argumentative and non-argumentative moves was not found to be related to student learning. Instead the results would suggest that the prevalence of dialectical moves appears to have a clearer link to learning.

Keywords: Argumentation, misconceptions, DC-circuits, dialogical interactions



## Esipuhe

Isot kiitokset ohjaajilleni Antti Lehtiselle, Terhi Mäntylälle ja Pasi Niemiselle arvokkaasta palautteesta ja neuvoista, mitä olen saanut työn joka vaiheessa. Lisäksi erityiskiitokset Terhille, jolta sain valmiiksi litteroidun aineiston käyttöni, kun en vallitsevan tilanteen takia päässytäkään keräämään aineistoa itse. Haluan myös kiittää perhettäni ja varsinkin äitiä pitkäjänteisestä ja väsymättömästä kannustuksesta koko työn ajalta.

Jyväskylässä 25. helmikuuta 2022

Jouni Ristimäki





# Sisällys

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tiivistelmä</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Abstract</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Esipuhe</b>  | <b>7</b>  |
| <b>1 Johdanto</b>   | <b>11</b> |
| <b>2 Argumentaatio</b>  | <b>13</b> |
| 2.1 Argumentaatio opetuksessa . . . . .   | 15        |
| 2.2 Argumenttien tyyppejä . . . . .   | 18        |
| 2.3 Argumentaation ja dialogin analyysi Asterhanin ja Schwarzin tavoin .                      | 20        |
| <b>3 Käsitteellinen ymmärrys</b>  | <b>25</b> |
| 3.1 Käsitteellinen ymmärrys ja virhekäsitykset sähköopissa . . . . .                          | 27        |
| <b>4 Työn toteutus</b>  | <b>31</b> |
| 4.1 Aineisto . . . . .  | 31        |
| 4.2 Analyysi . . . . .  | 34        |
| 4.2.1 Dialogisten siirtojen tunnistaminen . . . . .   | 34        |
| 4.2.2 Opiskelijoiden virhekäsitysten ja käsitteellisen kehittymisen<br>tarkastelu . . . . .   | 37        |
| <b>5 Tulokset</b>   | <b>39</b> |
| 5.1 Havaitut virhekäsitykset ja opiskelijoiden käsitteellinen kehittyminen                    | 39        |
| 5.1.1 Ryhmä 1. Korkean pohjaosaamisen ja matalan käsitteellisen<br>kehityksen ryhmä . . . . . | 39        |
| 5.1.2 Ryhmä 2. Kohtalaisen käsitteellisen kehityksen ryhmä. . . . .                           | 43        |
| 5.1.3 Ryhmä 3. Ei havaittua käsitteellistä kehitystä . . . . .                                | 47        |
| 5.1.4 Ryhmä 4. Korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä . . . . .                              | 52        |
| 5.1.5 Ryhmä 5. Korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä . . . . .                              | 56        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.2      | Dialogisten siirtojen vaikutus opiskelijoiden kehitykseen . . . . . | 61        |
| 5.2.1    | Ryhmissä havaitut dialogiset siirrot . . . . .                      | 61        |
| 5.2.2    | Dialogisten siirtojen vaikutus opiskelijoiden kehittymiseen . . .   | 65        |
| <b>6</b> | <b>Pohdinta</b>   | <b>69</b> |
| 6.1      | Tulosten arviointi . . . . .  | 69        |
| 6.2      | Tulosten luotettavuus . . . . .                                     | 72        |
| 6.3      | Jatkotutkimusehdotuksia . . . . .                                   | 72        |
|          | <b>Lähteet</b>  | <b>72</b> |

# 1 Johdanto

Perinteisessä luonnontieteiden opetuksessa argumentaatio jää usein hyvin vähäiseksi. Kouluissa opetettavat asiat tarjotaan oppilaille usein valmiina faktoina, jolloin opetuksessa korostuu tiedon ulkoa opettelu ja johtopäätösten tekeminen luokassa suoritettavien aktiviteettien avulla. Tällöin argumentaatiolle ei usein jää riittävästi tilaa. Argumentaation korostamisen hyödyistä perinteisessä opetuksessa on kuitenkin paljon näyttöä.

Luonnontieteissä argumentaatio on keskeisessä roolissa uuden tiedon tuottamisessa. Jotta uudet ideat ja teoriat voisivat saavuttaa laajemman hyväksynnän, niiden tulee käydä läpi laajemman yhteisön arviointi [1, 2]. Tällöin uudet ehdotukset tulee esittää hyvin perustellusti aikaisempien tietojen, mahdollisen tutkimuksessa kerätyn datan ja selkeästi esitettyjen päättelyketjujen avulla. Opetuksessa argumentaation puute saattaa aiheuttaa sen, että tieteellisen tiedon kriittinen luonne ei tule oppilaille selväksi ja tiede nähdään vain kokoelmana valmista tietoa [3].

Tässä työssä pyrittiin selvittämään millaista argumentaatiota yliopisto-opiskelijat käyttivät ryhmätyöskentelyn aikana ratkaistessaan tasavirtapiiritehtäviä. Samalla tarkasteltiin millaisia virhekäsityksiä opiskelijoilla ilmeni tasavirtapiirejä koskevien ryhmätöiden aikana ja millaista dialogista keskustelua ryhmissä ilmeni. Keskustelujen analysoimisessa käytettiin Asterhanin ja Schwarzin luomaa koodausjärjestelmää, jonka avulla voitiin selvittää millaisia dialogisia siirtoja opiskelijat käyttivät keskustelujen aikana. Näiden avulla pyrittiin selvittämään millainen dialoginen vuorovaikutus johtaa opiskelijoiden käsitteelliseen kehittymiseen.

Tutkimuskysymykset ovat:

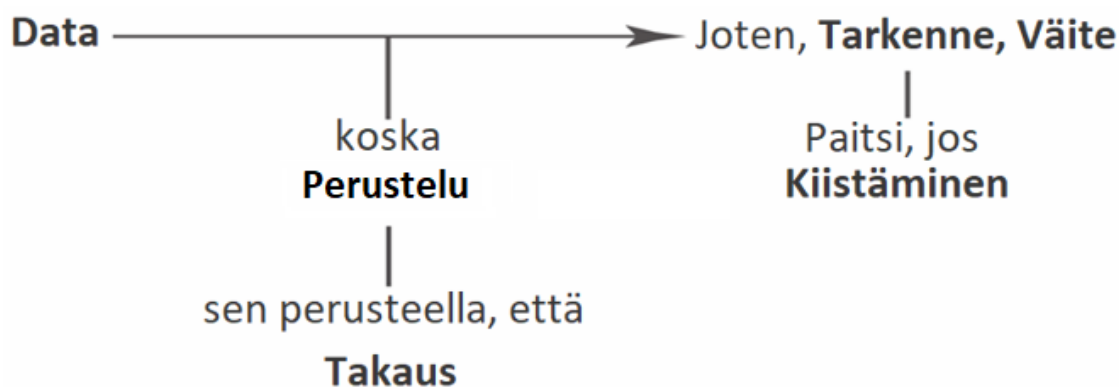
- 1) Millaisia tasavirtapiireihin liittyviä virhekäsityksiä opiskelijoilla ilmeni?
- 2) Millaisia dialogisia siirtoja opiskelijat käyttävät?
- 3) Millaista dialogista vuorovaikutusta ryhmissä on?
- 4) Millainen dialoginen vuorovaikutus myötävaikuttaa opiskelijoiden kehittymistä?



## 2 Argumentaatio

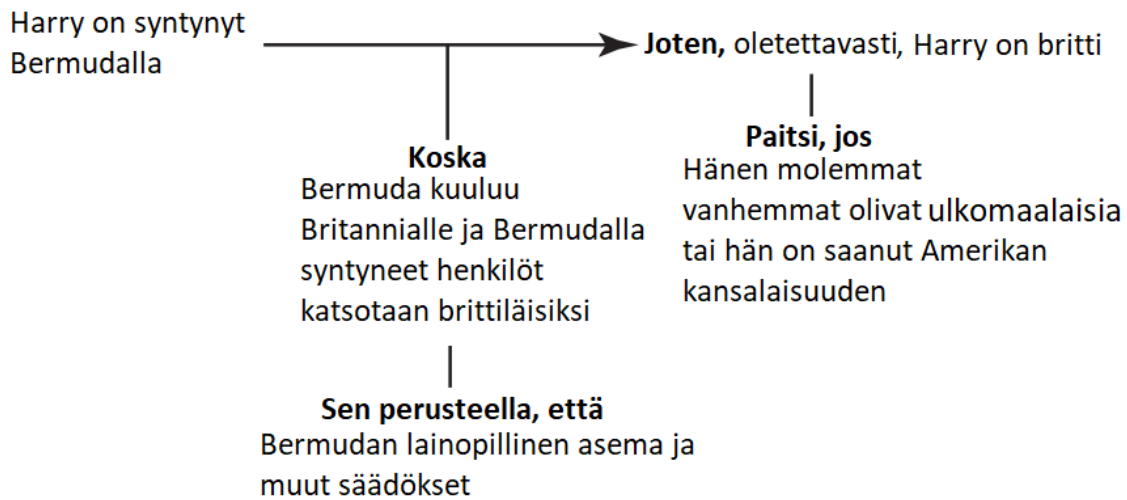
Termillä argumentti tarkoitetaan perustelua, jolla pyritään tukemaan tai vastustamaan väitettä, joka on kiistanalainen. Perusoletus argumentoinnissa edellyttää dialogia kahden tai useamman näkökulman välillä. [4] Vastaväitteen lisääminen argumenttiin vaatii kykyä tarkastella argumenttia useammasta näkökulmasta ja erotella siihen liittyviä päättelyketjuja toisistaan. Tästä syystä vastaväitteen sisältäviä argumentteja pidetään usein laadukkaimpina. [2]

Argumenttien mallintamiseen ja analysoimiseen käytetään usein Toulminin mallia. Malli antaa hyvän yleiskäsityksen argumentin rakenteesta. Toulminin mallissa argumentit koostuvat kuudesta osasta, joista data, perustelu ja väite ovat argumentin pääkomponentteja. Data sisältää pohjatiedot ja faktat, joihin argumentissa tukeudutaan. Perustelu sisältää päätelmät, lait ja askeleet, joiden kautta datasta voidaan tehdä annettu johtopäätös, eli väite. Argumenttien muita osia ovat tarkenne, takaus ja kiistäminen. Tarkenteella kuvataan argumentin vahvuutta, takauksella oikeutetaan perustelu ja kiistämällä otetaan huomioon mahdolliset poikkeustapaukset, joissa väite ei mahdollisesti päde. Toulminin mallin mukaista argumenttia havainnollistetaan kuvissa 1 ja 2. [5]



**Kuvio 1.** Toulminin malli argumenttien rakenteelle [6]

Argumentti ja selitys saatetaan usein sekoittaa keskenään, sillä ne voivat esiintyä dialogissa usein rinnakkain. Argumentointia analysoitaessa näiden erottaminen on



**Kuvio 2.** Esimerkki Toulminin mallin mukaisesta argumentista. Käännetty lähteestä [6].

kuitenkin tärkeää. Muuten selitys saatetaan tuomita virheellisesti puutteelliseksi argumentiksi. Esimerkiksi puhuja saattaa vain kertoa faktoja tai uskomuksia ilman kyseenalaistamista. Selitys eroaa argumentista siinä, että niiden tarkoituksena on selventää jotain asiaa vastapuolelle ilman selityksen asettamista kyseenalaistamisen kohteeksi. Selitys esiintyy dialogissa usein pyydettyä selvennystä epäselväksi jääneelle asialle. [4, 7]

Tieteen opetuksessa argumentit ovat usein valmiiksi tehtyjä ja uudet asiat selitetään faktoina, mikä voi luoda oppilaalle virheellisen käsityksen tieteestä massiivisena tiedon kokoelmana, josta puuttuu ideoiden ja niiden seurausten kriittinen tarkastelu. [3] Teorioiden kritisismille ja vasta-argumenteille altistamisen tärkeys tieteessä ei siis aina tule kouluopetuksessa tarpeeksi esille. Tieto tarjotaan oppilaille puhtaina faktoina, jolloin argumentoinnille ei jää kouluopetuksessa tarpeeksi tilaa.

Asettamalla argumentointi osaksi päivittäistä kouluopetusta, saadaan oppilaiden päättely havaittavaksi ja näin opettajan arvioitavaksi [8]. Opettaja saa siis tarkempaa tietoa oppilaan ajattelusta ja kykenee näin antamaan hänelle tarkempaa palautetta. Lisäksi argumenttien monimutkaisesta loogisesta rakenteesta johtuen, argumentoinnin ehdotetaan edistävän käsiterakenteiden kehittymistä.

## 2.1 Argumentaatio opetuksessa

Perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmissa painotetaan päättelyn ja argumentaation sisällyttämistä opetukseen. Lisäksi Opetushallitus painottaa luonnontieteiden opetuksessa tieteellisen tiedon luonteen ymmärtämistä ja tieteellisen ajattelutavan omaksumista. Tavoitteena on kehittää oppilaiden kriittisen ajattelun taitoja. [9]

Oppiminen vaatii, että oppilaille annetaan mahdollisuus kehittää ja puollustaa väitteitä ja tulla haastetuksi. Keskustelu ja väittely muiden kanssa on todennäköisin tapa saada oma näkemys kiistämisen ja vasta-argumenttien testattavaksi. Oppilaille täytyy opettaa sosiaalisen vuorovaikutuksen normit ja heidän tulee ymmärtää, että heidän käyttämien argumenttien tehtävänä on vakuuttaa keskusteluun osallistujat argumentin väitteen paikkansa pitävyydestä. Oppilaille on hyvä tarjota esimerkkejä hyvistä argumenteista ja keskustelulle määrittää selkeä lopputavoite. [2, 10] [11]

Argumentoinnin on useissa tutkimuksissa huomattu auttavan oppilaiden käsitteellistä kehittymistä. Esimerkiksi Schwarz ja Biezuner huomasivat vertaistyöskentelyn edistävän tehokkaammin oppilaiden oppimista, jos ryhmäläisten näkemykset erosivat toisistaan [12]. Eri näkemyksistä keskustellessaan, oppilaat joutuvat tarkastelemaan kriittisesti omia näkemyksiään. Haastetuksi tullessaan heidän täytyy joko puolustaa omaa käsitystään antamalla sille lisäperusteluita, kumota esitetty haaste vastaväitteen avulla tai mahdollisesti muutettava omaa näkemystään. Osborne ehdottaakin, että keskustelu ja väittely ovat tehokkain tapa saada oma käsitys muiden arvioinnin alaiseksi ja väittää tämän perusteella argumentoinnin olevan keskeisessä roolissa ajattelemaan oppimisessa ja uuden tiedon rakentamisessa [2].

Vastaavasti Asterhan ja Schwarz pyrkivät selvittämään millaista dialogista vuorovaikutusta oppilasparien välillä ilmenee vertaistyöskentelyn aikana ja mitkä vuorovaikutuksen piirteet edesauttavat oppilaiden käsitteellistä kehittymistä. He huomasivat dialektisen argumentoinnin, jossa osallistujien välillä ilmenee erimielisyyksiä, edesauttavan molempien oppilaiden käsitteellistä kehittymistä. [13] Telenius ja Yli-Panula seurasivat toisen asteen opiskelijoista muodostettujen, 39 pienryhmän työskentelyä virtuaalisessa laboratorioympäristössä. Heidän tuli suunnitella, suorittaa ja analysoida kokeilu hankajalkaisten pH-arvojen vaikutuksesta itämeren ravintoketjuun. Ryhmistä valittiin tarkempaan tarkasteluun kaksi matalan tuloksen, kaksi keskimääräisen tuloksen ja kaksi korkean tuloksen ryhmää. He havaitsivat, että korkean

tuloksen ryhmissä käytiin muita ryhmiä enemmän argumentatiivista keskustelua. Lisäksi he huomasivat, että korkean tuloksen ryhmissä esitettiin enemmän aiheeseen liittyviä kysymyksiä, mikä puolestaan johti argumentatiivisten keskusteluiden alkamiseen. [14]

Larrain et al. tutkivat argumentaatiota painottavan luokkaopetuksen ja perinteisen opetuksen välisiä oppimistuloksia. Tutkimukseen osallistui 187 10-11 vuotiasta oppilasta kahdeksalta eri luokalta. Neljää luokista opetettiin erityisesti argumentaatiota tukevaksi suunnitellun opetustavan avulla. Oppimista mitattiin alku- ja lopputestien sekä viivästettyjen testien avulla. Kokeellisen ryhmän ja kontrolliryhmän välillä ei havaittu merkittäviä eroja oppimistuloksissa välittömien lopputestien perusteella. Kokeellinen ryhmä pärjäsikin huomattavasti paremmin viivästetyssä lopputestissä. [15]

Driver, Newton ja Osborne esittävät, että argumentoinnilla tulisi olla keskeinen rooli tieteiden opetuksessa. Painottamalla argumentointia voidaan antaa oikea kuva tieteen sosiaalisista käytännöistä ja kehittää oppilaiden ymmärrystä tieteellisen tiedon arviointiin käytettävistä kriteereistä. He havaitsivat kolme erilaista opetusmallia, jotka antavat oppilaille erilaiset käsitykset tieteestä ja tieteen oppimisesta. Opetusmallit siirtomalli, havaintomalli ja sosiaalikostruktivistinen malli, ovat kuvattuna taulukossa 1. [10] Nämä mallit tukevat ajatusta, että argumentointia tukevalla opetuksella voidaan antaa oppilaille todellisempi kuva tieteen luonteesta.

Ryhmä- ja vertaistyöskentely on todettu tehokkaaksi oppimistavaksi ja omien näkemysten vertailu auttaa oppilaiden ymmärryksen kehittymisessä. Ryhmätyöskentelyä tarkastelleissa tutkimuksissa on huomattu, että ryhmissä joissa osallistujien näkemykset eroavat toisistaan saavutetaan suurempia saantoja oppimistuloksissa [12, 16]. Howe ym. tarkastelivat ryhmiä, joissa otettiin huomioon jäsenten väliset eroavaisuudet strategioiden, ongelmanratkaisukyvyn ja pohjatietojen osalta. Ryhmät, joissa jäsenet erosivat toisistaan sekä ratkaisustrategioiden että ongelmanratkaisukyvyn osalta, saavuttivat parhaimmat lopputulokset. Tämän katsottiin tukevan piagetilaista teoriaa, jossa kongitiivisen konfliktin ajatellaan olevan keskeisessä roolissa käsitteellisen muutoksen saavuttamisessa. Toisaalta taas ryhmät, joissa jäsenten pohjatiedot olivat samantasoiset, kehittivät enemmän strategioiden osalta. Tämän ehdotettiin johtuvan siitä, että samantasoiset pohjatiedot jäsenten välillä mahdollistivat paremman yhteisymmärryksen kielellisten termien hyödyntämisessä, joka



**Taulukko 1. 3** opetusmallia Newtonin, Driverin ja Osbornen mukaan [10])

|                                   | Opetustavat  | Tieteen luonne oppilaan näkökulmasta   | Tieteen oppimismalli   |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Siirtomalli                       | Oppilaille kerrotaan tieteellisiä faktoja  | Tiede nähdään muuttumattomana tiedon ja faktojen kokoelmana, johon pääsee käsiksi virallisen lähteen (kuten opettajan) kautta. | Kiinnittämällä huomio virallisiin lähteisiin, tieteellistä tietoa opitaan absorption kautta  |
| Havaintomalli                     | Opetus toteutetaan aktiviteettien avulla. Oppilaille järjestetään toimintaa, jossa he pääsevät tekemään havaintoja ja niiden avulla johtopäätöksiä | Tiede nähdään koelmana faktoja, lakeja ja teorioita, joihin päästään käsiiksi kokemusten ja havaintojen kautta                 | Huomio kiinnitetään henkilökohtaisiin havaintoihin, joista oppilas voi poimia niistä yleisiä perusteita ja säännönmukaisuuksia         |
| Sosiaali-konstruktivistinen malli | Keskustelemalla kokemuksista ja selityksistä oppilaiden kanssa, tavoitteena saada heidät hyväksymään tieteellinen käsitys                          | Tiede nähdään mahdollisina selityksinä eri ilmiöille, joihin pääsee käsiksi argumentaation kautta                              | Yhteistyö yhdessä virallisten lähteiden kanssa, tavoitteena uskottavan tieteellisen selityksen saavuttaminen tarkasteltavalle ilmiölle |

saattoi mahdollistaa laadukkaamman viestinnän strategioista. [16] Samankaltaisiin tuloksiin viittaa tutkimus, jossa havaittiin oppilasparien onnistuvan lukujen luokittelutehtävässä paremmin, jos parit olivat eri mieltä, vaikka molempien jäsenten alkuperäiset vastaukset olivat väärin. Parit menestyivät paremmin myös silloin, kun heidän päättelystrategiat erosivat toisistaan tai heille annettiin mahdollisuus testata hypoteesejaan aktiivisesti. [12]

## 2.2 Argumenttien tyyppejä

Argumentaation tutkimuksessa on luotu useita erilaisia malleja argumenttien piirteille ja rakenteille, joita voidaan hyödyntää argumenttien tunnistamisessa ja analysoimisessa.

Walton tarkastelee argumentaatiota erilaisten argumentaatiokeskeemojen avulla. Argumentaatiokeskeemoilla tarkoitetaan yleisiä argumentin piirteitä, jotka esittävät keskusteluissa esiintyvien argumenttien oikeellisuuden perusteita. Useat skeemat on tunnistettu varsinkin arkisessa keskustelussa esiintyvistä ja yleisesti argumentointivirheinä pidetyistä perusteluista. Tällaisia skeemoja ovat esimerkiksi asiantuntijuuteen vetoaminen, vakiintuneeseen sääntöön vetoaminen tai puutteelliseen tietämykseen vetoaminen. Skeemojen mukaiset argumentit koostuvat eri premisseistä (usein pääpremissi ja alapremissi) ja niiden perusteella tehtävästä johtopäätöksestä. Esimerkiksi puutteelliseen tietämykseen vetovan argumentin pääpremissi voi olla: Jos väite A on totta, A:n tiedettäisiin olevan totta; alapremissi: A:n ei tiedetä olevan totta; johtopäätös: A ei ole totta. [17, 18] Walton ja Macagno ryhmittelivät argumenttiskeemat luokkiin, jotka olivat: löytävät argumentit, käytännön päättely, sääntöjen soveltaminen tapauksiin ja lähde riippuvaiset argumentit. Löytäviin argumentteihin luokitellaan argumentit, joiden avulla pyritään osoittamaan uusia sääntöjä tai kokonaisuuksia. Käytännön päättelyyn luokitellaan argumentit, joiden tarkoituksena on ohjata tai perustella toimintaa. Sääntöjä tapauksiin soveltaviin argumentteihin luokitellaan argumentit, jotka pyrkivät yleistämään aiemmin havaittuja johdonmukaisuuksia uusiin tilanteisiin. [17]

Macagno et al. kehittivät kaksitasoisen koodaustavan, jonka avulla he tarkastelivat oppilaiden argumentaatiotaitojen kehittymistä asiantuntija-oppilas vuorovaikutuksen aikana. Ensimmäinen, eli funktionaalinen taso keskittyi oppilasparien käyttämiin strategioihin, joilla he pyrkivät kumoamaan keskustelukumppanin näkemyksen. Tähän tasoon kuului kolme erilaista strategiaa, jotka olivat: vaihtoehtoisen ja yhteensopimattoman näkemyksen tukeminen, suora keskustelukumppanin näkemyksen kumoaminen osoittamalla sen virhellisyyden ja keskustelukumppanin näkemyksen pohjatietojen tai olettamusten kumoaminen. [19]

Toinen koodaustapaan kuuluva taso oli nimeltään sisällön taso. Tämä taso perustui ylempänä kuvattuihin Waltonin esittämiin skeemoihin, jotka kuvaavat alkuoletusten

ja johtopäätösten välistä yhteyttä ja siinä käytetyn päättelyn tyyppiä. Koodaukseen valittiin kuusi skeemaa, jotka olivat: seurauksiin ja käytännön päättelyyn perustuvat argumentit (päättöksiä tukemaan käytetyt skeemat), arvoihin ja sääntöihin perustuvat argumentit (tuet eettisille tai normatiivisille näkemyksille), parhaaseen selitykseen perustuvat argumentit ja luokitteluun perustuvat argumentit.

Sampson määrittelee tieteellisen argumentoinnin tietoa rakentavana tai validoivana toimintana, jossa osalliset pyrkivät perustelujen avulla luomaan tai validoimaan väitteen. Sampsonin malli kehitettiin osana argumentaatiota painottavaa opetustapaa. Mallissa argumentti koostuu Toulminin mallin tapaan kolmesta pääkomponentista, jotka ovat: väite, evidenssi ja perustelu. Väitteeksi voidaan katsoa esimerkiksi esitetty johtopäätös, konjektuuri, selitys tai jokin muu vastaus tutkimuskysymykseen. Todisteita voivat olla esimerkiksi tehdyt havainnot, mittaustulokset tai aiemmissä tutkimuksissa tehdyt löydöt. Perusteluun kuuluu lausunnot, jotka selittävät, miten ja miksi todisteet tukevat väitettä. Näiden lisäksi argumenttien laatua arvioidaan eri kriteerien avulla, jotka ovat jaoteltu empiirisiin, teoreettisiin ja analyttisiin kriteereihin. Empiiriset kriteerit tarkastelevat kuinka hyvin käytössä oleva evidenssi sopii esitettyyn väitteeseen, onko evidenssi oleellista ja riittävää, sekä oliko käytetty data kerätty käyttäen asianmukaisia keinoja. Teoreettiset kriteerit tarkastelevat onko väite pätevä ja johdonmukainen hyväksytyjen teorioiden ja lakien kanssa. Analyttiset kriteerit tarkastelevat onko mittaustulokset analysoitu asianmukaisesti ja tehdyt tulkinnat järkeviä. [20, 21]

Böttcher ja Meisert kehittivät argumentointimallin, joka painottaa kognitiivisten mallien tärkeyttä opetuksessa. Argumentaation tarkoituksena nähdään mallien sopivuuden määrittäminen. Argumentaatioprosessi kuvataan uusien mallien esittämisenä ja niiden yhtenäisyyden varmistamisena todellisuuden kanssa empiirisen aineiston avulla. Argumentit kuvataan indikaattoreina mallin soveltuvuuden puolesta tai vastaan, jotka arvioidaan niiden loogisen yhtenäisyyden empiirisen aineiston kanssa perusteella. Argumentaation tarkoituksena ei siis ole tiettyjen väitteiden puolustaminen, vaan mallien uskottavuuden varmistaminen. [22]

**Taulukko 2.** Böttcherin ja Meisertin luoma malleihin pohjautuva malli argumentaatiolle. Kuva käännetty mukailen lähdettä [22].

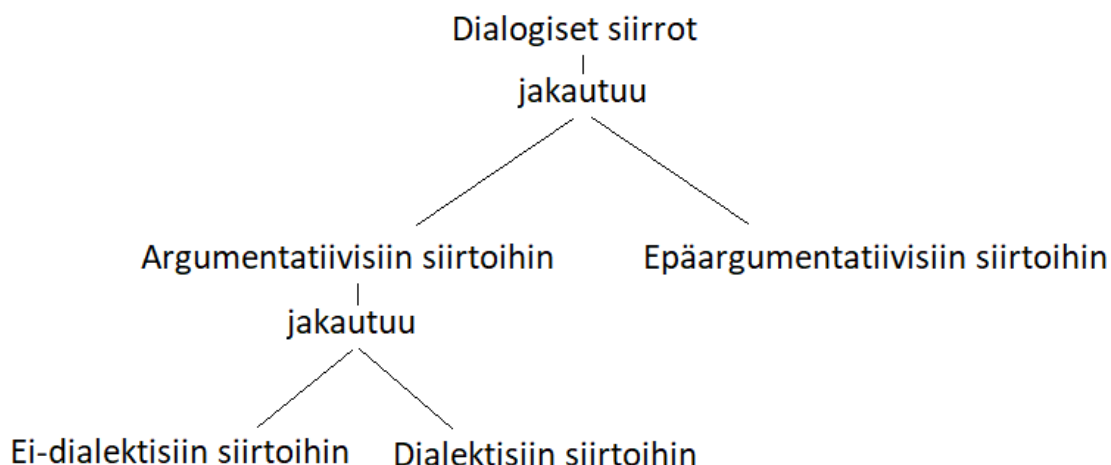
|                            |   |  |   |
|----------------------------|---|--|---|
| (A) Mallin taso            | Kohdemallit ja niiden olennaiset osat   |  |   |
|                            | Taustamallit ja niiden olennaiset osat  |  |   |
| (B) Osallisuuden taso      | Argumentaation osapuolet  |  |   |
| (C) Pohjatietojen taso     | Käytettävä aineisto (sisältää aineistossa ajan kuluessa tapahtuvat muutokset) |  |   |
| Prosessin taso: Argumentit | mallien (osien) puolesta  | suhteessa loogiseen johdonmukaisuuteen                   | mallien soveltuvuuden puolesta tai vastaan                                |
|                            |   | suhteessa mallin ennustettavuuteen ja empiiriseen dataan | mallien soveltuvuuden puolesta tai vastaan                                |
|                            | mallien (osien) puolesta, kilpailevien mallien (osia) vastaan                 | suhteessa loogiseen johdonmukaisuuteen                   | puollustettavan tai kilpailevan mallin soveltuvuuden puolesta tai vastaan |
|                            |   | suhteessa mallin ennustettavuuteen ja empiiriseen dataan | puollustettavan tai kilpailevan mallin soveltuvuuden puolesta tai vastaan |

### 2.3 Argumentaation ja dialogin analyysi Asterhanin ja Schwarzin tavoin

Tässä työssä hyödynnettiin Asterhanin ja Schwarzin kehittämää koodaustapaa argumentaation mikrotason tarkastelemiseen. Menetelmä soveltuu hyvin suuremman aineiston analysoimiseen ja sen avulla voidaan erottaa argumentatiiviset ja epäargumentatiiviset dialogiset puheenvuorot toisistaan. Koodaustapa erottelee keskustelusta eri erityispiirteitä, minkä avulla voidaan arvioida eri dialogisten ominaisuuksien vaikutusta oppimiseen. Koodaustapa ei huomioi keskustelun sisältöä, vaan puhtaasti puheenvuoron vaikutusta keskusteluun [13].

Asterhan ja Schwartz pyrkivät selvittämään, mitkä vertaistyöskentelyn ominaisuudet vaikuttavat positiivisesti oppimistuloksiin. Tutkimuksessa analysoitiin nauhoitettuja keskusteluja tilanteista, joissa opiskelijaparit pyrkivät ratkaisemaan evoluutiota käsitteleviä tehtäviä. [13]

Parien tuli ratkaista kaksi tehtävää, joista ensimmäinen oli lämmittelytehtävä ja toinen varsinainen koetehtävä. Lämmittelytehtävä koski Darwininsirkkuja, joita käsiteltiin myös opiskelijoille ennen koetta esitetystä opetusvideossa. Varsinaisessa tehtävässä opiskelijoiden tuli keksiä selitys sille, miten ankkojen räpylät ovat kehittyneet. Opiskelijoille oli kerrottu, että ankkojen esi-isien jalat olivat olleet alunperin



**Kuvio 3.** Havainnekuva dialogisten siirtojen luokittelusta

kyyhkysten jalkojen kaltaiset ja ilmastonmuutoksesta johtuen niiden elinympäristö oli tulvinut. [13]

Keskustelujen analysoimista varten kehitettiin koodausmenetelmä, joka sopii dialogien mikrotason tarkasteluun. Mikrotason tarkkailussa keskitytään yksittäisiin keskusteluyksiköihin. Suurimmillaan keskustelu ykikkö voi olla kokonainen puheenvuoro, mutta usein puheenvuorot sisältävät useita eri aiheisiin liittyviä lausuntoja tai ehdotuksia. Tapauksissa, joissa puheenvuoro sisältää useita dialogisia siirtoja, puheenvuoro jaetaan pienempiin keskusteluyksiköihin. Lisäksi, jos keskustelun toinen osapuoli keskeyttää puhujan kesken keskusteluyksikön, mutta puhuja jatkaa sitä pian keskeytyksen jälkeen, käsitellään alkuosa ja jatko yhtenä keskusteluyksikkönä.[13]

Koodausmenetelmä koostuu 12 dialogisesta siirrosta, jotka ovat esitetty taulukossa 3. Koodaustavan avulla voidaan erottaa keskusteluista argumentatiiviset ja epäargumentatiiviset siirrot. Epäargumentatiiviset siirrot lisäävät keskusteluun informaatiota tai laajentavat aikaisemmin esitettyjä ajatuksia, ilman että ne ottavat kantaa keskustelussa esitettyjen väitteiden asemaan. Näiksi siirroiksi luokitellaan jatkokehittäminen, tiedon pyytäminen ja tiedon antaminen. [13]

Argumentatiivisiksi siirroiksi katsotaan puolestaan ne, joiden tarkoituksena on vaikuttaa jonkun esitetyn väitteen asemaan joko vahvistavasti tai heikentävästi. Argumentatiiviset siirrot jaetaan ei-dialektisiin ja dialektisiin siirtoihin. Dialektisessä argumentoinnissa esiintyy useampi kilpaileva väite, joista keskustelijat pyrkivät pääse-

mään yhteisymmärrykseen tai yksi väite, jonka oikeellisuudesta esitetään perusteluita puolesta ja vastaan. Dialektisiksi argumentatiivisiksi siirroiksi luokitellaan siirrot, joiden tarkoituksena on heikentää jonkun esitetyn väitteen asemaa keskustelussa. Näitä ovat haastaminen, vastustaminen, vastaväite ja myöntäminen. Ei-dialektisessa, eli yksipuoleisessa argumentoinnissa esiintyy yksi väite, jonka puolesta keskustelussa esitetään oikeutuksia ja perusteluita. Ei-dialektisten siirtojen tarkoituksena on vahvistaa jonkun esitetyn väitteen asemaa keskustelussa. Tässä koodaustavassa näitä ovat puoltaminen ja hyväksyntä. [13, 23]

**Taulukko 3.** Asterhanin ja Schwarzin kehittämä dialogin koodaustapa argumentaation mikrotason tarkasteluun.

| Koodaus                                  | Kuvaus  |
|--|---|
| Argumentatiiviset siirrot                |   |
| Väite                                    | Ehdotettu selitys (tai sen osa) ankkujen räpylöiden kehittymiselle (huom. vain ensimmäinen puheenvuoro, jossa selitystä ehdotetaan luetaan väitteeksi).   |
| Väitteen pyytäminen                      | Ratkaisun/selityksen pyytäminen tai selvennyksen pyytäminen jo annettuun väitteeseen tai sen osaan  |
| Ei-dialektiset argumentatiiviset siirrot |   |
| Puoltaminen                              | Mikä tahansa suullinen, perusteltu lausunto, joka on tarkoitettu vahvistamaan väitteen episteemistä asemaa  |
| Hyväksyntä                               | Avoin suullinen perustelematon hyväksyntä, yksinkertainen uudelleenvahvistus väitteen (tai sen osan) oikeellisuu-delle. Edellyttäen että se sisältyy aiempaan epäkriittiseen keskustelun sisältöön. |
| Dialektiset argumentatiiviset siirrot    |   |
| Haastaminen                              | Mikä tahansa suullinen perusteltu lausunto, joka on tarkoitettu heikentämään väitteen episteemistä asemaa.  |
| Vastustaminen                            | Avoin suullinen perustelematon erimielisyys. Yksinkertainen vastustus väitteelle (tai sen osalle), ilman perustelun tarjoamista.  |
| Vastaväite                               | Vastaus väite-haasto -ketjuun, joka on tarkoitettu vahvistamaan väitteen episteemistä asemaa heikentämällä vastustusta väitteelle.  |
| Myöntäminen                              | Mikä tahansa suullinen perustelematon hyväksynnän ilmaisu kriittisessä "kokonaisuudessa". ts. kun sisältö, jonka keskustelija hyväksyy, oli aiemmin saman keskustelijan vastustamana.               |
| Epäargumentatiiviset siirrot             |   |
| Jatkokehittäminen                        | Yksi keskustelija kehittää eteenpäin hänen itsensä tai keskustelukumppaninsa aikaisemmalla vuorolla esittämää sisältöä/ideaa tai jatkaa sitä välittömästi sen esittämisen jälkeen.                  |
| Tiedon pyyntäminen                       | Pyyntö lisäinformaatiolle tai selvennykselle. (tähän ei kuulu kysymykset, jotka on tarkoitettu kritiikiksi, mikä kyseenalaistaa aikaisemmin esitetyn sisällön. Nämä kuuluvat haastoihin.)           |
| Tiedon antaminen                         | Pelkän tiedon/informaation tarjoaminen selvennykseksi tai keskustelukumppaneille aiemmin tuntemattoman faktuaalisen tiedon tarjoaminen.   |
| Toistaminen                              | Aikaisemmillä vuoroilla esitetyn sisällön toistaminen. Ei sisällä uutta informaatiota tai johtopäätöksiä verrattaessa keskustelun aikaisempaan sisältöön.   |
| Jatkaminen                               | Puhuja jatkaa vuoroaan, vaikka keskustelukumppani koittaa keskeyttää puhujan. (ts. alkuperäinen keskusteluyksikkö ja jatko käsitellään yhtenä yksikkönä)  |
| Ei koodattu                              | Keskusteluyksikkö joka sisältää epäselvää tekstiä tai jota ei voida sisällyttää muihin kategorioihin.   |





### 3 Käsitteellinen ymmärrys

Aiheen syvä ymmärtäminen muodostuu laajasta tietopohjasta, josta pystytään muodostamaan tarkempia viitekehyksiä. Syvän ymmärryksen kehittyminen vaatii merkityksellistä oppimista ulkoa opeteltujen faktojen sijaan. Asiantuntijat pystyvät erottamaan tarkasteltavaa ongelmaa koskevan merkityksellisen informaation muusta tietopohjasta. [24] Käsitteiden soveltaminen vaatii johdonmukaisten viitekehysten muodostamista suhteuttamalla käsitteitä toisiinsa. [25] Tässä työssä käsitteillä voidaan tarkoittaa tasavirtapiirien suureita, ymmärryksiä suureiden käyttäytymisestä (esim. virran säilyminen piirissä) tai tasavirtapiireihin liittyviä fysiikan lakeja (esim. Ohmin laki).

Käsitteellinen ymmärrys tulee ymmärtää laaja-alaisesti. Sillä ei tarkoiteta pelkästään yksittäisten käsitteiden tunnistamista vaan miten ne kuvaavat fysiikan ilmiöitä ja käsitteiden välisiä riippuvuuksia, sekä näistä muodostuvia suurempia kokonaisuuksia. [26] Parhaimmillaan opiskelijan aikaisempi tieto auttaa omaksumaan uutta käsitteellistä tietoa. Joskus aikaisempi tieto voi kuitenkin haitata tieteellisen tiedon oppimista tai jopa estää sen. [27] Erityisesti tilanteissa, joissa virheellisesti ymmärretty käsitys vaikuttaa oppilaasta johdonmukaiselta, virhekäsitysten korjaaminen voi olla vaikeaa. Tällöin he eivät huomaa ristiriitaa käsitysten välillä ja virheellinen käsitys jää huomaamatta. [24]

Käsitteellinen muutos on oppimiprosessi, jossa henkilön omaksumat käsitteet tai niiden väliset suhteet muuttuvat. Käsitteellisen muutoksen teoreettisia malleja on luotu useita erilaisia. Luonnontieteissä käsiteltävien monimutkaisten aiheiden oppiminen voi tapahtua ainakin kolmella erilaisella tavalla, riippuen oppilaan aikaisemmista tiedoista: Opittavan käsityksen puuttuessa kokonaan oppiminen tapahtuu puhtaasti uuden tiedon lisääntymisenä. Osittaisen käsityksen tapauksessa oppimiseen riittää puutteellisen tiedon täydennys (eng. gap filling). Jos oppilaalla on virheellinen tai uuden opittavan asian kanssa ristiriidassa oleva käsitys, oppiminen vaatii laajempaa tiedon uudelleenorganisointia. Tällaista virheellisen käsitteen "korjaamista" voidaan kutsua käsitteelliseksi muutokseksi. [28]

Virheellisillä käsityksillä on kolme ominaisuutta: (a) ne ovat ristiriidassa tieteellisten käsitysten kanssa, joita opettajat yrittävät opettaa luokissa. (b) Ne ovat tiukasti juurtuneita, johtuen ajasta ja panostuksesta, jonka oppilas on käyttänyt käsitteenrakentamiseen, ja ne ovat aiemmin kyenneet selittämään oppilaan havaintoja. (c) Ne ovat vastustuskykyisiä muuttumiselle. [29]

Käsitteellistä muutosta voidaan ajatella siirtymänä joidenkin alku- ja lopputilojen välillä, jolloin sen kuvaamiseen tarvitaan kolme tekijää: kuvaus alkutilasta, kuvaus lopputilasta sekä määrittely oppimismekanismista/mekanismeista, joilla henkilön käsitys tai tietorakenne opitusta aiheesta muuttui. Malleja käsiterakenteiden alku- ja lopputiloille sekä oppimismekanismeille on useita, mutta tämän hetkisestä tiedonpuutteesta johtuen ne ovat enemmänkin valistuneita arvauksia. [30]

Useat tutkijat esittävät, että kognitiivinen ristiriita mahdollistaa käsitteellisen muutoksen muodostumisen [31, 32]. Posner ym. selittää, että on uuden käsityksensisäistäminen on epätodennäköistä, jollei vanha käsitys ensin aiheuta tyytymättömyyttä. Vasta kun tyytymättömyyttä vanhaan käsitykseen ilmenee, henkilö voi lähteä harkitsemaan uutta lähestymistapaa. Uuden käsityksen tulee olla ymmärrettävä, uskottava tai toimiva. [32] Vastaavasti Hashwell esittää, että käsitteelliseen muutokseen liittyy kaksi erilaista konfliktia. Ensimmäinen konflikti tapahtuu, kun oppilaan virheellinen käsitys ei kykene selittämään vastaan tullutta ongelmaa. Toinen konflikti on virheellisen ja uuden käsityksen välillä, jota oppilas ei kykene omaksumaan. Hashwellin mukaan oppilaan tulee ratkaista molemmat konfliktit, jotta uusikäsitys voi muodostua. [31] Argumentointi on mahdollisesti tehokas keino virheellisten käsitteiden ristiriitojen esiintuomiseen, sillä argumentoinnissa omat käsitykset altistetaan luonnostaan vastapuolen tarkasteltavaksi. Tämä mahdollistaa sen, että oppilaat ovat avoimempia uusille tieteellisille käsitteille. [33]

Fysiikassa opiskelijoilla on usein virheellisiä ennakkokäsityksiä liittyen opeteltavaan asiaan. Nämä virhekäsitykset ovat usein ristiriidassa opeteltavien käsitteiden kanssa ja saattavat tuottaa opiskelijalle suuria vaikeuksia sisäistää opeteltavaa asiaa. Opiskelijoiden käsitteitä ja niiden kehittymistä tarkastelevissa tutkimuksissa on usein keskitytty tarkastelemaan opiskelijoiden käsityksiä tasavirtapiireistä, sillä opiskelijoilla on tunnistettu olevan usein toistuvia naiiveja ennakkokäsityksiä niihin liittyen. [34]

### 3.1 Käsitteellinen ymmärrys ja virhekäsitykset sähköopissa

Engelhardt ja Beichner kehittivät DIRECT-testin, jonka avulla voidaan selvittää useiden yleisten tasavirtapiireihin liittyvien virhekäsitysten esiintyvyyttä opiskelijoilla. Testi koostuu kahdestakymmenestä yhdeksästä monivalintakysymyksestä. Tehtävät ja niiden vastausvaihtoehdot on suunniteltu tuomaan esille eri virhekäsityksiä, joita opiskelijalla saattaa olla. He havaitsivat yleisimmän virhekäsityksen olevan ajatus paristosta vakiovirran lähteenä. Haastatteluissa ilmeni, että opiskelijoiden käyttämä päättely ja virhekäsitykset vaihtelivat riippuen käsitteillä olevasta tehtävästä. [35]

Kokkonen ja Mäntylä pyrkivät selvittämään millaisia selitysmalleja opiskelijat käyttivät tasavirtapiirien kuvaamiseen ja millaisia muutoksia selitysmalleissa ilmeni ryhmähaastattelujen aikana. Aineistosta tunnistettiin kahdeksan erilaista opiskelijoiden käyttämää käsitteellistä mallia, jotka erosivat toisistaan niissä käytettyjen attribuuttien, fysiikan sääntöjen ja käsitteiden osalta. Näiden perusteella tunnistettiin kolme eri tyyppistä mallin muuttamistapaa, jotka ilmenivät haastattelutehtävien ennustus ja selitysvaiheiden välillä. Nämä olivat mallin vaihto (eng. model switch), mallin laajentaminen (model elaboration) ja mallin jalostus (eng. model refinement). Mallin laajentaminen vaatii tietorakenteen laajentamista sisältämään uusia osatekijöitä, minkä katsottiin olevan edellytyksenä asianmukaisten mallien rakentamisessa ja tieteellisen tiedon oppimisessa. Mallin jalostamisessa opiskelija kykenee tuottamaan asianmukaista tietoa yhdistämällä eri mallien osia yhdeksi johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi. [36]

McDermott ja Shaffer tutkivat oppilaiden ymmärrystä virtapiireistä ja tunnistivat useita toistuvia virhekäsityksiä, joita he pyrkivät hyödyntämään opetussuunnitelmien kehittämisessä. He jaottelivat virhekäsitykset kolmeen pääluokkaan, jotka olivat: kyvyttömyys soveltaa virallisia käsitteitä virtapiireihin, kyvyttömyysyhdistää muodolliset esitykset ja numeeriset mittaukset virtapiireihin ja kyvyttömyys perustella laadullisesti virtapiirien käyttäytymistä. Kukin näistä jakautuu vielä useampaan alaluokkaan. Luokittelu on esitettyinä tarkemmin taulukossa 4. Kategoriat eivät ole välttämättä toisiaan poissulkevia, eli yksittäinen virhekäsitys voi kuulua useampaan eri kategoriaan. [34]

Kyvyttömyys soveltaa virallisia käsitteitä virtapiireihin, sisältää virhekäsityksiä, jotka aiheutuvat vaikeuksista ymmärtää virtapiirien peruskäsitteitä ja vaikeuksista erottaa

niitä toisistaan. Tämä luokka voidaan jakaa vielä yleisiin vaikeuksiin, sähkövirran käsitteeseen liittyviin vaikeuksiin, potentiaalieron käsitteeseen liittyviin vaikeuksiin ja resistanssin käsitteeseen liittyviin vaikeuksiin. Esimerkiksi yleisiin vaikeuksiin voidaan lukea vaikeudet erottaa toisiinsa liittyviä käsitteitä keskenään. Opiskelijat, jotka ennustivat kahden lampun sarjaankytkennässä toisen lampun palavan kirkkaammin, perustelivat ennustettaan usein joko virran, energian tai tehon kulumisella piirissä. [34]

Toinen luokka, kyvyttömyys yhdistää muodolliset esitykset ja numeeriset mittaukset virtapiireihin ilmenee esimerkiksi vaikeuksina tulkita virtapiirikaavioita ja sähköopin suureiden numeerisia mittauksia. Opiskelijat eivät esimerkiksi aina kyenneet tunnistamaan kahden lampun rinnankytkentää esittävien piirikaavioiden kuvaavan samaa piiriä, jos ne oli piirretty hieman eri tavoilla. Lisäksi opiskelijoiden havaittiin usein ratkaisevan virtapiiritehtäviä käyttäen algebrallisia kaavoja ilman, että he ymmärtävät niissä esiintyvien suureiden yhteyttä virtapiirien todelliseen toimintaan. [34]

Kolmas luokka, kyvyttömyys perustella laadullisesti virtapiirien käyttäytymistä, koostuu päättelyyn liittyvistä vaikeuksista. Nämä vaikeudet eivät aiheudu puhtaasti puutteellisista käsitteistä, vaan vaikeuksista päätellä laadullisesti käsitteitä sovellettaessa. Näihin lukeutuu esimerkiksi taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti, holistisen päättelyn sijaan. Kun virtapiiriin tehtiin muutos, opiskelijoiden havaittiin usein keskittyvän vain siihen virtapiiriin pisteeseen, johon muutos tehtiin. He eivät siis huomanneet, että tiettyyn pisteeseen tehty muutos aiheutti muutoksia koko piirissä. [34]

**Taulukko 4.** McDermottin ja Shafferin tunnistamat tasavirtapiireihin liittyvät virhekäsitykset.

1. Kyvyttömyys soveltaa “virallisia” käsitteitä virtapiireihin
  - a. Yleisiä vaikeuksia
    - i. Vaikeudet erottaa toisiinsa liittyviä käsitteitä keskenään
    - ii. Konkreettisen kokemuksen puute todellisista piireistä
    - iii. Vaikeudet ymmärtää ja soveltaa suljetun piirin käsitteitä
  - b. Sähkövirran käsitteeseen liittyvät vaikeudet
    - i. Uskomus, että virran suunnalla ja piirin elementtien järjestyksellä on väliä
    - ii. Uskomus, että virta “kuluu” piirissä
    - iii. Uskomus, että paristot toimivat vakiovirran lähteinä
  - c. Vaikeudet potentiaalieroon liittyvien käsitteiden kanssa
    - i. Vaikeus tunnistaa, että ideaalinen paristo säilyttää vakio potentiaalieron napojen välillä
    - ii. Vaikeus erottaa paristoon rinnankytkettyjen haarojen ja muualla rinnankytkettyjen haarojen välillä
    - iii. Vaikeus erottaa potentiaalilin ja potentiaalieron käsitteet toisistaan
  - d. Resistanssin käsitteeseen liittyvät vaikeudet
    - i. Taipumus keskittyä elementtien ja haarojen lukumäärään
    - ii. Vaikeus erottaa piirin kokonaisresistanssi ja yksittäisen elementin resistanssi toisistaan
    - iii. Vaikeudet tunnistaa sarjaan- ja rinnankytkentöjä
2. Kyvyttömyys yhdistää muodolliset esitykset ja numeeriset mittaukset virtapiireihin
  - i. Vaikeus tunnistaa, että kytkentäkaavio esittää vain piirin elementtejä ja kytkentöjä, ei niiden fyysisiä tai tilallisia suhteita
  - ii. Vaikeudet käsitellä mittareita piirin osina ja tunnistaa niiden merkitys kytkentöjen rakenteeseen ja ulkoihin liitännöihin
3. Kyvyttömyys perustella laadullisesti virtapiirien käyttäytymistä
  - i. Taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti, holistisen päättelyn sijaan
  - ii. Käsitteellisen mallin puute yksinkertaisten tasavirtapiirien käyttäytymisen ennustamiseksi ja selittämiseksi



## 4 Työn toteutus

Työ on luonteeltaan laadullinen. Laadullisessa tutkimuksessa tutkimuksen vaiheet eivät välttämättä ole selvästi rajattuja, vaan sen menetelmät voivat tarkentua tutkimuksen edetessä. [37] Työssä keskityttiin aluksi tarkastelemaan opiskelijoiden argumentaatiota ja myöhemmin käsitteellistä kehittymistä ryhmätyöskentelytilanteissa. Aineisto koostui litteroiduista keskusteluista opiskelijoiden välillä ryhmätyöskentelytilanteissa, jossa heidän tuli ratkaista tasavirtapiireihin liittyviä tehtäviä. Argumentaation analyysissä hyödynnettiin Asterhanin ja Schwartzin tunnistamia dialogisia siirtoja, joiden avulla voitiin erotella erilaiset opiskelijoiden käyttämät argumentatiiviset ja epäargumentatiiviset siirrot keskenään. Kuten laadullisessa tutkimuksessa usein on tapana, myös tässä aineisto käytiin läpi hyvin yksityiskohtaisesti ja siitä saatu tieto nojaa vahvasti tarkkailijan omiin havaintoihin. [37]

Aineistosta pyrittiin myös tunnistamaan opiskelijoiden käsitteellistä kehittymistä ja millaisia tasavirtapiireihin liittyviä virhekäsityksiä opiskelijoilla ilmeni. Näiden tunnistamisessa käytettiin apuna McDermottin ja Shafferin tunnistamia yleisiä tasavirtapiireihin liittyviä virhekäsityksiä. Tunnistettujen argumentatiivisten siirtojen esiintyvyyttä verrattiin sitten opiskelijoiden kehittymiseen ja näistä pyrittiin tulkitsemaan millainen dialoginen vuorovaikutus edesauttaa opiskelijoiden oppimista.

### 4.1 Aineisto

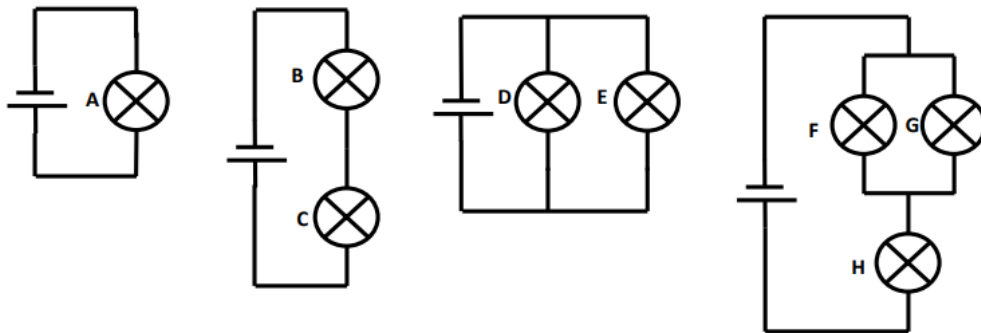
Työssä käytetty aineisto on koottu erään suomalaisen yliopiston fysiikan opettajao-piskelijoiden ryhmätyöskentelytilanteista litteroiduista keskusteluista. Osallistujilla oli fysiikka yhtenä sivuaineena ja he olivat jo suorittaneet fysiikan peruskursseja. Aineiston kokoamisen alkuperäisenä tavoitteena oli selvittää opiskelijoiden tasavirtapiirien selittämiseen käyttämien käsitysmallien kehittymistä ryhmätehtävien aikana. Tässä työssä analysoidaan samasta aineistosta opiskelijoiden argumentaation käyttöä ja sen vaikutuksia tehtävissä suoriutumiseen. Työssä on käytössä opiskelijoiden ensimmäinen tapaamiskerta, eli haastattelut ovat osa isompaa kokonaisuutta. Tapaamiskertoja jokaisella ryhmällä oli 4 ja lopputestit järjestettiin vain koko tutkimuksen

lopussa. Tästä syystä näitä ei voida hyödyntää tässä työssä opiskelijoiden oppimisen saantojen määrittämiseen.

Aineisto koostui videoista litteroiduista keskusteluista, joita opiskelijat kävivät ryhmätehtävien aikana. Tapaamisissa 3-4 opiskelijaa ratkaisivat tasavirtapiireihin liittyviä tehtäviä. Tutkimusaineisto koostuu viiden eri ryhmän ensimmäisistä tapaamiskerroista. Ryhmätyöskentelykerran kesto oli noin 60-90 min.

**Ryhmä:**

Kirjoittakaa ryhmän ennuste alle ja pyytäkää opettaja paikalle.



**Ennuste:**

**Havainto:**

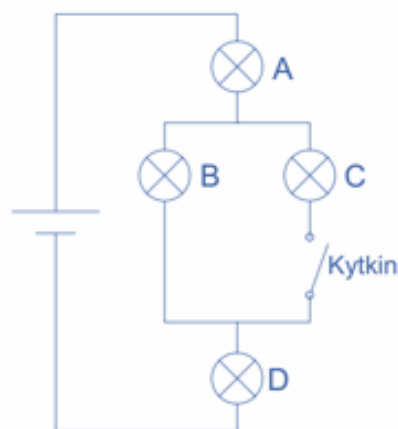
**Kuvio 4.** Tehtävä 1. Tehtävä annettiin opiskelijoille osissa, joissa piirejä lisättiin yksi kerrallaan. Tehtävänanto kuului: "Yllä olevat virtapiirit koostuvat samanlaisista lamppuista ja paristoista. Oleta, että paristot ovat ideaalisia (ts. paristoilla ei ole sisäistä resistanssia). Aseta lamput kirkkauden mukaiseen järjestykseen kirkkaimmasta himmeimpään ja merkitse se paperiin. Jos kaksi lamppua tai useampi lamppu ovat yhtä kirkkaita, tuo se vastauksessasi esiin. Pohdi vastausta ensin itse ja vastauksen kirjoittamisen jälkeen pohtikaa ja keskustelkaa ryhmässä."

Ensimmäisenä tehtävänä oli asettaa lamput kirkkausjärjestykseen kuviossa 4 esitetyissä virtapiireissä. Tehtävä oltiin jaettu paloihin, joissa virtapiirejä lisättiin yksi kerrallaan. Ensimmäisessä vaiheessa opiskelijoille annettiin kaksi ensimmäistä virtapiiriä (lamput ABC), jotka heidän tuli asettaa kirkkausjärjestykseen. Tämän jälkeen he esittivät ja perustelivat tarkkailijalle vastauksensa ja heille annettiin seuraava piiri



kuviosta 4. Kun opiskelijat olivat suorittaneet ykköstehtävän kaikki vaiheet ja he olivat luoneet ennustuksensa lamppujen kirkkausjärjestykselle, heille annettiin välineet, joiden avulla he pääsivät rakentamaan kuvien mukaiset piirit ja testaamaan vastauksensa oikeellisuuden. Tämä tarjosi opiskelijoille mahdollisuuden arvioida heidän päättelynsä oikeellisuutta ja korjata virheellisiä malleja.

Vastausten tarkistamisen jälkeen opiskelijoille annettiin vielä toinen tehtävä (kuvio 5). Tehtävään kuului kolme osaa: Ensimmäisessä kohdassa opiskelijoiden tuli asettaa lamput kirkkausjärjestykseen, kun kytkin on auki. Vastaavasti toisessa kohdassa lamput tuli asettaa kirkkausjärjestykseen, kun kytkin on kiinni. Kolmannessa kysymyksessä opiskelijoiden tuli pohtia, mitä lampun A kirkkaudelle tapahtuu, kun kytkin suljetaan. Tehtävän tarkoituksena oli testata oppilaiden käsitteiden kehittymistä ryhmätyöskentelyn aikana. Kakkostehtävä oli piireistä monimutkaisin ja sisälsi sekä sarjaan että rinnankytkentöjä. Lisäksi opiskelijoiden tuli tunnistaa kytkimen sulkemisen vaikutus koko piiriin ja tunnistaa miten se vaikuttaa koko piirin resistanssiin, jännitteen jakautumiseen ja siinä kulkevaan virtaan.



**Kuvio 5.** Tehtävä 2. Tehtävänanto kuului: "Yllä oleva virtapiiri muodostuu ideaalisesta paristosta, neljästä samanlaisesta lampusta ja kytkimestä. Pohdi vastauksia ensin itse ja vastausten kirjoittamisen jälkeen pohtikaa ja keskustelkaa ryhmässä. a) Kun kytkin on auki: aseta lamput kirkkauden mukaiseen järjestykseen ja merkitse se tähän. b) Kun kytkin suljetaan: kasvaako, pieneneekö vai pysyykö lampun A kirkkaus samana? c) Kun kytkin on kiinni: aseta lamput kirkkauden mukaiseen järjestykseen ja merkitse se tähän."

Haastattelija poistui keskustelujen ajaksi paikalta ja tuli mukaan vasta pyydettyä, kun opiskelijat olivat valmiita esittämään ennusteensa. Hän pyrki välttämään keskusteluihin puuttumista ja ei antanut opiskelijoille termejä, jotka olisivat saattaneet

vaikuttaa heidän käyttämiin selityksiin. Tällainen avoin luonnollinen keskustelu mahdollistaa myös tässä työssä tehdyn vapaan argumentaation vaikutuksen tarkastelun.

## 4.2 Analyysi

### 4.2.1 Dialogisten siirtojen tunnistaminen

Litteroidusta aineistosta pyrittiin selvittämään opiskelijoiden argumentaation käyttöä mukailien kappaleessa 2.3 esitettyä argumentaation mikrotason koodaustapaa. Tässä työssä keskusteluyksiköt koodattiin taulukossa 5 esitetyn koodauksen avulla, joka on muutettu tähän työhön soveltuvaksi. Keskusteluyksiköt koostuivat vastaavasti pääasiassa kokonaisista puheenvuoroista, mutta mikäli puheenvuorot sisälsivät useita eri asioihin liittyviä lausuntoja tai kommentteja, jaettiin se niiden mukaisesti pienempiin keskusteluyksiköihin. Lisäksi tilanteissa, joissa puhuja keskeytettiin ja hän jatkoi puheenvuoroaan heti keskeytyksen jälkeen, käsiteltiin molemmat puheenvuorot yhtenä keskusteluyksikkönä. Tällöin ensimmäinen puheenvuoro koodattiin ja jälkimmäinen merkittiin jatkamiseksi.

Analyysiä tehdessä vastaan tuli monia epävarmuustilanteita, joissa puheenvuoron koodaaminen oli haasteellista kommentin epäselvyydestä tai monitulkintaisuudesta johtuen. Taulukossa 6 on esitetty esimerkkikatkelma eräästä haastattelusta, missä oppiskelijat pohtivat tehtävää 1\_3. Esimerkkikatkelmassa esiintyy joitain tyypillisiä haasteita aiheuttaneita tilanteita. Alla on kuvattu miten nämä tilanteet on tulkittu. Tavoitteena oli käsitellä aineisto mahdollisimman konsistentisti.

Keskustelussa esiintyy kaksi ehdotettua järjestystä lamppujen kirkkauksille, mitkä on molemmat luokiteltu väitteeksi. Toistamiseksi on merkitty ne puheenvuorot, jotka eivät sisällä mitään uutta tietoa tai kannanottoa, vaan toistaa keskustelussa aiemmin ilmenneitä asioita. Alussa opiskelijat A ja B puhuvat hieman ristiin ja B keskeytetään. Hän kuitenkin jatkaa puheenvuoroaan, jolloin ne käsitellään yhtenä keskusteluyksikkönä ja vain ensimmäinen osa koodataan ja jälkimmäinen merkitään yksinkertaisesti jatkamiseksi. Ensimmäinen osa on merkitty vastustamiseksi, sillä hän esittää erimielisyyttä väitteen kanssa, mutta ei vielä perustele kantaansa. Väitteen pyytämiseksi on luokiteltu ne kysymykset, joilla pyydetään uutta väitettä, selvennystä tai arvioita väitteelle, mutta eivät ota kantaa sen oikeellisuuteen. A:n kommentti: "mut mä mietin et ku täst menee niinku sama jännite tonne ((H ja FG)) vai meneeks

**Taulukko 5. Tähän työhön sovitettu versio luvussa 2.3 esitetystä koodaustavasta. Dialogin koodaus mukailee taulukossa 3 esitettyä koodausta.**

| Koodaus   | Kuvaus  |
|---|---|
| <b>Argumentatiiviset siirrot</b>                |   |
| Väite   | Ehdotettu järjestys lamppujen kirkkauksille   |
| Väitteen pyytäminen                             | Ehdotuksen pyytäminen lamppujen kirkkausjärjestykseksi tai selvennyksen pyytäminen jo annettuun väitteeseen tai sen osaan   |
| <b>Ei-dialektiset argumentatiiviset siirrot</b> |   |
| Puoltaminen                                     | Mikä tahansa suullinen, perusteltu lausunto, joka on tarkoitettu tukemaan väitteen episteemistä asemaa  |
| Hyväksyntä                                      | Avoin suullinen perustelematon hyväksyntä, yksinkertainen uudelleenvahvistus väitteen (tai sen osan) oikeellisuu-delle, edellyttäen että se sisältyy aiempaan epäkriittiseen keskustelun sisältöön. |
| <b>Dialektiset argumentatiiviset siirrot</b>    |   |
| Haastaminen                                     | Mikä tahansa suullinen perusteltu lausunto, joka on tarkoitettu heikentämään väitteen episteemistä asemaa.  |
| Vastustaminen                                   | Avoin suullinen perustelematon erimielisyys. Yksinkertainen vastustus väitteelle (tai sen osalle), ilman perustelun tarjoamista.  |
| Vastaväite                                      | Vastaus väite-haasto -ketjuun, joka on tarkoitettu vahvistamaan väitteen episteemistä asemaa heikentämällä vastustusta väitteelle.  |
| Myöntäminen                                     | Mikä tahansa suullinen perustelematon hyväksynnän ilmaisu kriittisessä "kokonaisuudessa". ts. kun sisältö, jonka keskustelija hyväksyy, oli aiemmin saman keskustelijan vastustamana.               |
| <b>Epäargumentatiiviset siirrot</b>             |   |
| Jatkokehittäminen                               | Yksi keskustelija kehittää eteenpäin hänen itsensä tai keskustelukumppaninsa aikaisemmalla vuorolla esittämää sisältöä/ideaa tai jatkaa sitä välittömästi sen esittämisen jälkeen.                  |
| Tiedon pyytäminen                               | Pyyntö lisäinformaatiolle tai selvennykselle. (Tähän ei kuulu kysymykset, jotka on tarkoitettu kritiikiksi, mikä kyseenalaistaa aikaisemmin esitetyn sisällön. Nämä kuuluvat (tn.) haastoihin.)     |
| Tiedon antaminen                                | Pelkän tiedon/informaation tarjoaminen selvennykseksi tai keskustelukumppaneille aiemmin tuntemattoman faktuaalisen tiedon tarjoaminen.   |
| Toistaminen                                     | Aikaisemmillä vuoroilla esitetyn sisällön toistaminen. Ei sisällä uutta informaatiota tai johtopäätöksiä verrattaessa keskustelun aikaisempaan sisältöön.   |
| Jatkaminen                                      | Puhuja jatkaa vuoroaan, vaikka keskustelukumppani koittaa keskeyttää puhujan. (ts. alkuperäinen keskusteluyksikkö ja jatko käsitellään yhtenä yksikkönä)  |
| Ei koodattu                                     | Keskustelu yksikkö joka sisältää epäselvää tekstiä tai jota ei voida sisällyttää muihin kategorioihin.  |

siit ees", on luokiteltu tiedon pyytämiseksi, vaikka hän samalla sivuaa esittämänsä väitteen asemaa, sillä kysymys hakee vain tietoa jännitteen jakautumisesta.

**Taulukko 6.** Esimerkkikatkelma siirtojen luokittelusta

|  |                     |
|--|---------------------|
| A: eiks se järjestys oo.. nää on niit vanhoja juttui. Noi on kirkkaimmat noi on toisiks kirkkaimmat ((HBC)) ja sit on noi ((FG))   | Väite               |
| B: siis mikä oli se kirkkausjärjestys  | Väitteen pyytäminen |
| C: A: a d e  | Toistaminen         |
| B: se muuttuu nyt pikkasen .. siis toi noi on kirkkaimmat  | Vastustaminen       |
| A: ja sitten b c ja h on yhtä kirkkaat nää on kaikista himmeimmät eiks oo.   | Toistaminen         |
| B: tohon mä puutun vähän   | Jatkaminen          |
| A: aijjaa eiks sun mielestä tää oo   | Väitteen pyytäminen |
| C: mä aattelin sen kans niin et noi ois nää ois ((FG)) niinku siin välissä nää ois... nää ois ((ADE)) kirkkaimmat sit tulis nää ((FGH)) ja sit tulis vast nää ((BC))   | Väite               |
| A: meneeks se niin tosiaan   | Väitteen pyytäminen |
| A: mut mä mietin et ku täst menee niinku sama jännite tonne ((H ja FG)) vai meneeks siit ees   | Tiedon pyytäminen   |
| A: sano mikä täs mun ajattelussa on pielessä   | Väitteen pyytäminen |
| B: siis mun mielestä se menee näin et tässä näin mä vertaan näitä kahta tilannetta toisiinsa tällä ((C)) lampulla on joku resistanssi ja tällä lampulla on joku resistanssi r, kokonaisresistanssi täs piiris on kaks r. tällä lampulla on sama resistanssi r, | Haastaminen         |
| B: tällä komponentilla on puolet siitä resistanssista mikä tässä on  | Jatkaminen          |
| B: joten virta tässä piirissä on   | Jatkaminen          |
| C: pikkasen isompi   | Jatkokehitys        |
| B: on isompi koska tän resistanssi on puoltoista r ja tän resistanssi kaks r   | Jatkaminen          |
| A: joo mäki.. älä sano lisää... koska eihän tää jännitekään oo tässä vakio. ((kumittaa paperiaan))   | Myöntyminen         |
| B: ei. Näis on jännitehäviöt eri näis komponenteis.  | Toistaminen         |
| A: aivan no elikkä se menee tos ((FG)) on yks kolmasosaa tost u:Sta ja täs on kaks kolmasosaa tost u:Stä ((H)) noin.   | Tiedon antaminen    |

Tilanteessa, jossa keskustelussa ilmeni useampia kilpailevia väitteitä, oli vaikeutena usein tunnistaa, mitä väitettä tai väitteitä puheenvuoro koski. Tällöin on usein tulkinnanvaraista luokitellaanko kommentti haastamiseksi, puoltamiseksi tai peräti vastaväitteeksi. Esimerkissä B:n puheenvuoro on tulkittu haastamiseksi, sillä se on vastaus pyyntöön arvioida hänen vastustamaansa väitettä.

Siirtojen tunnistamisen jälkeen havaittujen siirtojen määrät laskettiin jokaiselle opiskelijalle ja ne taulukoitiin sekä opiskelijoittain että ryhmittäin. Havaittujen argumentatiivisten siirtojen (väite, väitteen pyytäminen, puoltaminen, hyväksyntä, haastaminen, vastustaminen, vastaväite ja myöntäminen) ja epäargumentatiivisten siirtojen (jatkokehittäminen, tiedon pyytäminen ja tiedonantaminen) määrät laskettiin ryhmittäin. Vastaavasti laskettiin myös ei-dialektisten siirtojen (puoltaminen ja hyväksyntä), sekä dialektisten siirtojen (haastaminen, vastustaminen, vastaväite ja myöntäminen) määrät. Näiden esiintyvyyttä verrattiin opiskelijoiden käsitteelliseen kehittymiseen, jonka tarkastelua kuvataan seuraavassa kappaleessa.

#### 4.2.2 Opiskelijoiden virhekäsitysten ja käsitteellisen kehittymisen tarkastelu

Opiskelijoiden käsitteellisen kehittymisen tarkastelussa käytettiin apuna taulukossa 4 esitettyjä usein ilmeneviä virhekäsityksiä. Tässä työssä vastaan tulleet opiskelijoiden virhekäsitykset vastasivat hyvin McDermottin ja Shafferin tunnistamia virhekäsityksiä, jolloin niiden käyttö opiskelijoiden osaamisen ja heidän käsitteiden tarkkailussa oli luontevaa. Tämä mahdollisti myös opiskelijoiden käsitteellisen kehittymisen seurannan yhden haastattelukerran aikana. Virhekäsityksiä pyrittiin tunnistamaan opiskelijoiden antamien ennusteiden, kommenttien ja perusteluiden avulla. Joissan tilanteissa virheellinen käsitys luokiteltiin pelkästään opiskelijan antaman ennusteen perusteella. Välillä tunnistaminen oli tulkinnanvaraista, sillä virhekäsitykset eivät ole välttämättä toisiaan poisskulkevia ja tietyn opiskelijan antaman ennusteen virheellisyys saattoi johtua useammasta eri virhekäsityksestä.

Esimerkiksi seuraavassa keskusteluista otetussa katkelmassa havainnollistetaan tilannetta, jossa opiskelijat antavat kaksi virheellistä ennustetta tehtävään 1.3 (kuvio 4). Katkelma toimii hyvänä esimerkkinä virhekäsitysten tulkitsemisen vaikeudesta. Toinen opiskelija ei perustele ennustettaan ollenkaan, jolloin virhekäsitysten tunnistaminen on tehty pelkästään ennusteen perusteella.

**A:** eiks se järjestys oo.. nää on niit vanhoja juttui. Noi on kirkkaimmat noi on toisiks kirkkaimmat ((HBC)) ja sit on noi ((FG))

**B:** siis mikä oli se kirkkausjärjestys

**A:** a d e

**A:** ja sitten b c ja h on yhtä kirkkaat nää on kaikista himmeimmät eiks oo.

**B:** tohon mä puutun vähän

**A:** aijjaa eiks sun mielestä tää oo

**C:** mä aattelin sen kans niin et noi ois nää ois ((FG)) niinku siin välissä nää ois...  
nää ois ((ADE)) kirkkaimmat sit tulis nää ((FGH)) ja sit tulis vast nää ((BC))

**A:** meneeks se niin tosiaan

**C:** tota emmä tiedä mä en tosiaan oo ihan satavarma mistään

**A:** mut mä mietin et ku täst menee niinku sama jännite tonne ((H ja FG)) vai meneeks siit ees

Opiskelija A:n antaman ennusteen ( $A=D=E>B=C=H>F=G$ ) on katsottu viittaavan kolmeen eri virhekäsitykseen, joita ovat: Taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti holistisen päättelyn sijaan, vaikeus tunnistaa sarjaan- ja rinnankytkentöjä, sekä uskomus, että paristot toimivat vakiovirran lähteinä. Varsinkin ennuste  $B=C=H$  viittaa taipumukseen ajatella paikallisesti ja ajatukseen paristojen toiminnasta vakiovirran lähteinä, sillä hän ei huomio eroja piirin kokonaisresistansseissa, kun verrataan piirejä BC ja FGH. Lisäksi hänen antamansa perustelu ei ole linjassa tämän ennusteen kanssa ja viittaa vaikeuksiin tunnistaa sarjaan- ja rinnankytkentöjä, sekä niiden vaikutuksia piiriin. Opiskelija B:n ennusteen ( $A=D=E>F=G=H>B=C$ ) on katsottu viittaavan vaikeuteen erottaa paristoon rinnankytkettyjen haarojen ja muualla rinnankytkettyjen haarojen välillä. Tähän viittaisi varsinkin ennuste  $F=G=H$ , sillä aiemmin tehtävässä 1.2 opiskelijat ennustivat piirien A ja DE lamppujen olevan yhtä kirkkaita ja B vaikuttaisi käyttävän tätä samaa päättelyä piiriin FGH.

Tehtävä 1.4 toimi tässä tarkastelussa lopputehtävänä, jossa opiskelijoiden antamista vastauksista ja perusteluista voitiin tulkita heidän käsitysten kehittymistä ja keskusteluissa ilmenneiden virhekäsitysten mahdollista korjaantumista. Tehtävä toimi tässä tarkoituksessa hyvin sen monipuolisuuden takia. Tehtävän ratkaisemiseksi opiskelijoiden tuli tunnistaa piiristä sarjaan- ja rinnankytkennät, sekä ymmärtää virran ja jännitteen jakautuminen piirissä. Lisäksi lampun A kirkastumisen huomaamiseksi opiskelijoiden tuli tunnistaa kytkimen sulkemisen vaikutus koko piirin resistanssiin.

## 5 Tulokset

### 5.1 Havaitut virhekäsitykset ja opiskelijoiden käsitteellinen kehittyminen

Opiskelijoiden keskusteluista tunnistettiin useita erilaisia virhekäsityksiä, jotka on esitetty taulukoissa 7-11. Näitä on kuvattu tarkemmin alempana. Opiskelijoiden käsitteellisen kehittymisen mittarina käytettiin tehtävää 2 (kuvio 5), jonka perusteella arvioitiin virhekäsitysten vähentymistä. Ryhmät on nimetty sen mukaan, monenko opiskelijan kohdalla käsitteellistä kehittymistä havaittiin. Ryhmä 1 on lisäksi nimetty korkean pohjaosaamisen ryhmäksi, sillä ryhmäläisten osaaminen vaikutti olevan muita ryhmiä selvästi korkeammalla tasolla.

#### 5.1.1 Ryhmä 1. Korkean pohjaosaamisen ja matalan käsitteellisen kehityksen ryhmä

Tässä ryhmässä neljästä opiskelijasta kahdella (O1 ja O3) oli hieman kahta muuta opiskelijaa heikompi pohjaosaaminen. Osaaminen ryhmässä oli kuitenkin valmiiksi suhteellisen korkealla tasolla ja opiskelijoilla O2 ja O4 ei havaittu virhekäsityksiä. Tästä johtuen heidän kohdalla ei havaittu myöskään käsitteellistä kehittymistä. Tässä ryhmässä kehitystä katsottiin tapahtuneeksi vain opiskelijan O3 kohdalla. Ryhmässä 1 ilmenneet virhekäsitykset on esitetty taulukossa 7.

Ensimmäisessä tehtävässä opiskelija O1 esittää taipumusta virheelliseen käsitykseen paristosta vakiovirran lähteenä. O2 ja O4 kuitenkin tunnistavat Ohmin lain avulla resistanssin tuplaantumisen vaikutuksen piirissä kulkevaan virtaan. Alla on esitettynä ote ryhmän keskusteluista ensimmäisen tehtävän aikana.

**O4:** virta on puolet kanssa koska resistanssi tuplaantuu

**O2:** niin eiks se tosta tuu että jos  $i$  on  $u$  per  $r$  niin tääl on  $i$  per, siis  $u$  per kaks  $r$  jos me merkitään näitä niinku tää on se patterin jännite

**O3:** siis virtahan on sama tosta

**Taulukko 7.** Ryhmässä 1 ilmenneet virhekäsitykset opiskelijoittain. Numero tarkoittaa monessako tehtävässä virhekäsitys ilmeni

|  | O1 | O2 | O3    | O4 |
|--|----|----|-------|----|
| Vaikeudet erottaa toisiinsa liittyviä käsitteitä keskenään   | 1  | -  | -     | -  |
| Uskomus, että paristot toimivat vakiovirran lähteinä   | 2  | -  | 2     | -  |
| Vaikeus erottaa paristoon rinnankytkettyjen haarojen ja muualla rinnankytkettyjen haarojen välillä | 1  | -  | -     | -  |
| Vaikeus tunnistaa sarjaan- ja rinnankytkentöjä   | -  | -  | 1     | -  |
| Taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti   | -  | -  | 1     | -  |
| Havaittiinko kehitystä?  | Ei | Ei | Kyllä | Ei |

**O1:** eiks virta oo sama näin mäkin aattelin

**O4:** miten virta voi olla sama

**O3:** no eiks täs pidä mennä joka kohdas sama virta

...

**O4:** niin niin siis... sehän on luonnollista että tota tehonkulutus täs piirin menee puoleen, koska täältä tulee niinku samalla jännitteellä puolet vähemmän niinku varauksia per aikayksikk ni täältä tulee niinku samalla nku varauksia per aikayksikköulutus täs piirin menee puoleen, koska täältä tulee niinku samalla ö ni tehonkulutus menee puoleen, koska virta menee

**O1:** niin tehonkulutus menee näillä yhdessä

**O4:** niin siis tällä virtapiirillä tehonkulutus

**O1:** joo aivan

**O4:** koska täältä tulee saman potentiaalilin omaavia varauksia puolet vähemmän per aikayksikkö ulos koko ajan

Molemmat opiskelijat O1 ja O3 kommentoivat virran olevan sama. O3 vaikuttaisi kuitenkin tarkoittavan virran säilymistä piirissä, vaikka hänkin sortuu myöhemmissä tehtävissä ajatteluun vakiovirrasta. O2 ja O4 vaikuttavat hallitsevan Ohmin lain mukaisen käytöksen ainakin yksinkertaisissa sarjaankytkennöissä. Lisäksi O4 selittää piirien välisen tehon eron yksittäisten varauksenkuljettajien määrän ja piirin potentiaalilin avulla.



Ensimmäisen tehtävän toisessa kohdassa O1 ja O3 esittävät jälleen ajatuksen paristosta vakiovirran lähteenä. He kuitenkin tunnistavat virheen tässä ajattelussa, kun O2 ja O4 selittävät omat ennusteensa. Tämä implikoi kuitenkin siitä, että opiskelijoilla ei ole kunnollista käsitystä virtapiirien toiminnasta, sillä he eivät ota huomioon piirin kytkentöjen vaikutusta sen kokonaisresistanssiin ja eivät näin pysty tunnistamaan päättelyssään Ohmin lain mukaista käyttäytymistä. Alla on esitettyinä katkelma opiskelijoiden käymästä keskustelusta ensimmäisen tehtävän toisen kohdan aikana.

**O1:** joo. Mä ajattelin sen vaan niin, että jännite säilyy näitten yli ja mut virta puolittuu näille lampuille eli jännite säilyy virta puolittuu, edellisessä tilanteessa meillä oli että jännite puolittuu ja virta puolittu ja nyt me oltais sit siin välitilantees et a ois kirkkain sit tulis nää d e ja sit

**O3:** niin mäkin ajattelin mut en mä oo ajatellu ollenkaan tos mitään resistansseja vaan ihan suoraan vaan ajattelin mikä Kirchhoffin sääntö se oli et tos kohassa täytyy käydä niin että toi virta jakaantuu noihin kahteen ja potentiaalit on samat ni sit se varmaan jakautuu tasasesti

**O2:** niin siis virta on kaksinkertainen tässä kohtaa ((enne DE haaroittumista)) eli tässä kohtaa, mutta täällä jakaantuu kahteen elikä täällä ((D)) on sama virta ku tässä ((A))

**O4:** eli siis tän piirin tehonkulutus tuplaantuu ((DE)) verrattuna siihen mitä se on tossa et täältä lähtee kaksinkertanen virta ja tässä se jakaantuu näiden kahen lampun kesken et kummatki sekä e että d lamppu palaa yhtä kirkkaasti a lampun kanssa

...

**O1:** joo sama jännite on se on selvä... mut nyt mä puhun siit virrasta

**O4:** virtahan me voidaan laskee ne on samoja lamppuja samalla resistanssilla samalla jännitteellä ni virrat näiden lamppuje yli on ihan sama ku ton yhen lampun yli tuolla koska se on sama lamppu samalla resistanssilla saman jännitehäviön aiheuttaa

**O3:** niin mäkin eka ajattelin että virtalähteessä on vakiovirta mut eihän se [tietenkään.. niin niin ]

Sekä O1, että O3 eivät huomioi resistanssin puolittumista piirissä ja ajattelevat

pariston antaman virran olevan sama, kuin yhden lampun piirissä. He kuitenkin huomaavat jännitehäviön olevan sama molempien lamppujen yli rinnan kytkennässä. O3 toteaa itsekin, ettei ottanut piirien resistansseja huomioon ennusteessaan. Hän vaikuttaa kuitenkin ymmärtävän virheen ajattelussaan, kun O2 ja O4 selittävät omat ennusteensa. O1 on puolestaan vastahakoisempi luopumaan ennusteestaan.

Kolmas kohta tuottaa ryhmälle jo hieman enemmän vaikeuksia. Ryhmäläiset pääsevät kuitenkin oikeaan vastaukseen. Opiskelijalla O1 vaikuttaisi olevan vaikeuksia erottaa paristoon rinnankytkettyjen ja muualla rinnankytkettyjen haarojen välillä. Opiskelijan O3 esittämä ennuste vaikuttaisi jälleen viittaavaan ajatukseen pariston antamasta vakiovirrasta.

**O3:** ja sitten b c ja h on yhtä kirkkaat nää on kaikista himmeimmät eiks oo.

...

**O1:** mä aattelin sen kans niin et noi ois nää ois ((FG)) niinku siin välissä nää ois...  
nää ois ((ADE)) kirkkaimmat sit tulis nää ((FGH)) ja sit tulis vast nää ((BC))

...

**O4:** siis mun mielestä se menee näin et tässä näin mä vertaan näitä kahta tilannetta toisiinsa tällä ((C)) lampulla on joku resistanssi ja tällä lampulla on joku resistanssi r, kokonaisresistanssi täs piiris on kaks r. tällä lampulla on sama resistanssi r,

...

**O4:** joten virta tässä piirissä on

**O1:** pikkasen isompi

**O4:** on isompi koska tän resistanssi on puoltoista r ja tän resistanssi kaks r

**O3:** joo mäki.. älä sano lisää... koska eihän tää jännitekään oo tässä vakio. ((kumittaa paperiaan))

**O3:** aivan no elikkä se menee tos ((FG)) on yks kolmasosaa tost u:Sta ja täs on kaks kolmasosaa tost u:Stä ((H)) noin.

Opiskelijan O3 ennusteen ( $H=B=C$ ) on katsottu viittaavan pariston antaman vakiovirtakäsityksen lisäksi taipumukseen paikalliseen ajatteluun, sillä hän jättää jälleen

**Taulukko 8.** Ryhmässä 2 ilmenneet virhekäsitykset opiskelijoittain. Numero tarkoittaa, kuinka monessa eri tehtävässä virhekäsitys ilmeni

|   | O5 | O6    | O7 | O8    |
|---|----|-------|----|-------|
| Vaikeudet erottaa toisiinsa liittyviä käsitteitä keskenään  | -  | 1     | -  | 1     |
| Konkreettisen kokemuksen puute todellisista piireistä   | -  | 1     | -  | -     |
| Uskomus, että paristot toimivat vakiovirran lähteinä  | 1  | 1     | -  | 1     |
| Vaikeus tunnistaa, että ideaalinen paristo säilyttää vakio-<br>potentiaalieron napojen välillä        | -  | -     | -  | 1     |
| Vaikeus erottaa paristoon rinnankytkettyjen haarojen<br>ja muualla rinnankytkettyjen haarojen välillä | -  | 1     | 2  | 2     |
| Taipumus keskittyä elementtien ja haarojen lukumää-<br>rään   | 1  | -     | -  | -     |
| Vaikeus erottaa piirin kokonaisresistanssi ja yksittäisen<br>elementin resistanssi toisistaan         | 1  | -     | -  | 2     |
| Vaikeus tunnistaa sarjaan- ja rinnankytkentöjä  | 1  | -     | -  | -     |
| Taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti  | 1  | 1     | 1  | 2     |
| Havaittiinko kehitystä?   | Ei | Kyllä | Ei | Kyllä |

huomioimatta piirin kokonaisresistanssin ennusteessaan. Hän kuitenkin osaa korjata ennusteensa oikeaksi, kun O4 huomauttaa hänelle piirissä olevan rinnankytkennän vaikutuksen piirin resistanssiin.

Viimeisestä tehtävästä ryhmä suoriutuu sujuvasti. Suurimman panostuksen tehtävään antaa kuitenkin O2 ja O4, jolloin muiden ryhmäläisten käsitteiden kehittymisestä ei saa kunnollista havaintoa. Viimeisessä tehtävässä O2 ja O3 ei juuri osallistu tehtävien ratkaisuun. Kuitenkin opiskelijan O3 kohdalla kehittymistä on katsottu tapahtuneeksi, sillä virheistään huolimatta hän osaa korjata vastaukset oikeaksi ja selittää, miksi alkuperäinen päättely oli väärin. On myös huomioitava, että tässä ryhmässä osaaminen vaikutti olevan muita ryhmiä korkeammalla tasolla, jolloin luonnollisesti mahdollista käsitteellistä kehittymistäkin on vähemmän.

### 5.1.2 Ryhmä 2. Kohtalaisen käsitteellisen kehityksen ryhmä.

Ryhmässä 2 osaaminen vaikutti olevan muita ryhmiä hieman heikompaan ja siinä ilmeni eniten virhekäsityksiä. Ryhmässä havaitut virhekäsitykset on esitetty taulukossa 8. Keskustelut kestivät tässä ryhmässä pidempään, kuin muissa. Opiskelijat jumittuivat joissain kohdissa kehäpäätelmiin, jotka pidensivät keskusteluja ja opiskelijat toistelivat samoja huomioita useaan kertaan. Kehittymistä tulkittiin tapahtuneeksi opiskelijoiden O6 ja O8 kohdalla.

Ensimmäisessä tehtävässä O5 oli päätellyt oikein virran puoliintuvan piirissä, kun kaksi lamppua kytketään sarjaan, mutta hän perääntyi tästä ajatuksesta nopeasti muiden opiskelijoiden sanoessa vastaan. Ryhmäläiset ennustavat lamppujen kirkkausjärjestyksen oikein. He tunnistavat jännitehäviön lampun yli puolittuvan sarjaan-kytkennässä, mutta eivät huomaa virran puoliintumista piirissä. Alla on katkelma ryhmäläisten ensimmäisen tehtävän aikana käydyistä keskusteluista.

**O5:** Mä oon sitä mieltä et toi A on kirkkain ja sit B ja C yhtä kirkkaita, mut siis himmeämpiä [kuin A.]

...

**O5:** Sen virran takii just... Koska tota... Se virta periaatteessa on puolet pienempi. Se kohdistuu ()

**O8:** [virta ei muutu]

**O6:** [se virta on sama molemmissa]

**O8:** virta on sama. Koska suljetul (kierroksel)

**O6:** Se on vaan (siin sit) ku se haarautuu.

**O5:** Ai niin joo.

...

**O8:** No (P on yhtä ku R) toiseen... Joo-o, Okei,. No virta on sama. Mut täällä on (osoittaa paperiaan) niinkuun. Sillon mitä me saadaan täst R on... R on yhtä kuin... V jaettuna I:llä kertaa yks kahesosa (kirjoittaa paperiinsa). ni okei i on meil molemmissa piireis mun mielest sama.

...

**O7:** Resistanssi on tällä puolella suurempi. (osoittaa O8:n paperia)

**O8:** Niin näis kummaski on. Koska, ei vaan resistanssi on... pienempi. Ni kummanki lampun resitanssi on pienempi. [Ni totta kai jos] ne kuluttaa vähemmän sitä (potentiaalia) ni sillon se resistanssi on

**O7:** [Niin ku niillä on yhteensä (suurempi)]

**O8:** pienempi. Ku resistanssi on pienempi ja virta on sama ni sillon teho, yhden

lampun kuluttama teho on pienempi ja nyt saamme niin, että.. totta kai jos teho on pienempi niin sit ne palaa himmeemmin.

Opiskelija O5 toteaa virran puolittuvan sarjaankytkennässä, mutta perääntyy tästä ajatuksesta, kun muut ryhmäläiset toteavat virran olevan piireissä samat. Opiskelijoiden O6 ja O8 esittämien kommenttien perusteella tämä vaikuttaisi johtuvan Kirchhoffin ensimmäisen lain virheellisestä ymmärtämisestä. Ryhmällä on kuitenkin oikea ennuste lamppujen kirkkausjärjestyksestä. He tunnistavat myös pariston jännitteen olevan sama molemmissa piireissä. Tästä seuraa ristiriita, kun he yrittävät laskea piirien tehoja kaavalla  $P = RI^2$ . O8 yrittää ratkaista tätä ristiriitaa käsittelemällä piirien resistanssia ainoana muuttujana ja saa tulokseksi, että sarjaankytkennän resistanssin tulee olla yksittäistä lamppua pienempi.

Seuraavassa kohdassa ryhmäläisten ennuste lamppujen kirkkausjärjestykselle on oikea. He tunnistavat rinnankytkennässä jännitehäviön kummankin lampun yli olevan sama kuin paristolla. Alla olevassa katkelmassa he päätyvät jälleen ristiriitaan lamppujen jännitteiden ja läpi kulkevan virran kanssa.

**O8:** Mut arvatkaa mitä. Onks resistanssi... öö... onks resistanssi niinku? Eiks resistanssikin riipu virrasta? Jotenkin... Niiinku et.

**O6:** U on R kertaa I ni R on U per I

...

**O8:** Niin kyllä. Mutta... yks juttu, ku onks resistanssi niinku lampun ominaisuus vai onks se... mua ärsyttää ku mä oon niin kujalla. Onks resistanssi lampun ominaisuus?

**O5:** Mut eiks se sillei ku maalaisjärjellä ajattelee ni näitten ((A,D ja E)) pitäis palaa yhtä kirkkaasti mut tää patteri vaa kuluu nopeemmin loppuun?

**O5:** Mä en kyl vielkään ymmärrä miten toi virta sitte ((osoittaa DE))

**O8:** no mut periaatteessa.. ei tääl niinku (3s) No se menee siihen että tavallaan et se virta mikä täällä kulkee ((piiri DE)) ni sehän riippuu tän (D) resistanssista ja me tiedetään et tän jännite on sama ku ton (pariston) jännite. Tän (d) resistanssi on R, ni sillen tää virta, ni tavallaan tää I ykkönen on sama ku meillä tuolla (A) toi I. Ja myöskin tää I kakkonen (lampun E virta) on tavallaan sama ku meillä tuolla (A) toi I eli tavallaan niin sanotusti toi alkuperäinen

virta mikä meil on I, joka yhtä kun I yks plus I kaks. Ni periaattes tää I on niinku kaks kertaa toi (piirin A virta). Ymmärrättekste mitä mä se-sanon?

**O6:** Voiks sielt tulla niinku.. jos se on sama patteri?

Opiskelijat yrittivät jälleen sovittaa ajatukset vakiojännitteestä ja vakiovirrasta yhteen käsittelemällä resistanssia muuttujana. Lopulta he kuitenkin huomasivat lamppujen resistanssin olevan vakio ja virran muuttuvan. He muistivat miten resistanssi lasketaan rinnankytkennässä ja totesivat tämän perusteella resistanssin pienenevän ja virran kasvavan.

Kohdassa 1\_3 ryhmäläisten ennustukset eroavat toisistaan. Ryhmäläiset perustelevat ennusteitaan enimmäkseen aikaisempien kohtien perusteella, eivätkä käytä tasavirtapiireihin liittyviä termejä tai suureita. Alla olevassa katkelmassa on esimerkki tämän tyyppisestä keskustelusta.

**O7:** A, D ja E on yhtä kirkkaita, ne on kirkkaampii ku B,C,F,G,H ne loput on yhtä kirkkaita.

...:

**O5:** No mä aattelin et ne himmenee viel tästä (H) mut sit mä aloin miettii tätä (piiri BC)... niin ni tän perusteella ni...

**O7:** Mun mielest se on tän (a) ja tän (DE) perusteella niitten täytyy olla [yhtä kirkkaita] ja

**O8:** Koska periaattes toi C on niinku toi H ja sit se mitä tääl B:ssä tapahtuu ni se tavallaan jakaantuu [noille] (FG)

...

**O5:** Tämä, tämä, tämä (A, BC, DE) yhtä kirkkaita. Sitten nämä (FGH) on yhtä himmeitä kaikki

**O7:** Koska toi (FG) vähä niinku tää (C) Ni noitten (FGH) täytyy olla yhtä kirkkaita. Toi oli niinku toi mikä oli niinku toi sit se oli niinku toi.

Opiskelijat perustelevat väitteensä vain aikaisempien kohtien perusteella. Opiskelijan O7 ennusteen on katsottu viittaavan vaikeuteen tunnistaa sarjaan ja rinnankytkentöjä, sekä vaikeuteen tunnistaa kytkentöjen vaikutuksia piirin resistanssiin. Vastaavasti O8 lisäämä perustelu on tulkittu taipumuksena paikalliseen ajatteluun.

Alla on katkelma opiskelijoiden keskustelusta tehtävän 2 aikana. He osaavat ottaa kytkimen sulkemisen vaikutuksen koko piirin resistanssiin ja resistanssin muutoksen vaikutuksen virtaan. Ainoastaan O5 ajattelee resistanssin kasvavan, mikä viittaa vaikeuksiin tunnistaa sarjaan- ja rinnankytkentöjä.

**O5:** Se resistanssi kasvaa taas tos koko

**O6:** Mut eiks se resistanssi just pienene

**O7:** ja sitte ja sit sinne toisen kohda vikaan kohtaan

**O7:** verrattuna ni tost tulee

**O8:** Tos niinku näitten resistanssi nyt pienenee.. tos on.. nyt meil onki sellanen

**O7:** Niin ni sillon se kirkastaa näitä (3s) a:ta ja... d:tä

**O5:** ((kumittaa paperiaan))

**O8:** (,..) on r per kak, koska se... muuttuiks se läpi kulkeva virta? Muuttuu.

**O7:** Sek kirkastaa noita... Mä oon sitä mieltä, emmä teist tiää

Ryhmäläiset osoittavat viimeisessä tehtävässä käsitteellistä edistystä usealla eri osaluella. O7 arvioi oikein lampun A kirkastuvan, kun kytkin suljetaan. Hän ei kuitenkin pohjaa päättelynsä pelkästään aiempien tehtävien tarkastuksessa havaittuihin kirkkausjärjestyksiin ja ei pysty perustelemaan vastaustaan käyttäen fysiikan termejä, jolloin käsitteellistä kehittymistä ei ole katsottu tapahtuneeksi. He demonstroivat, että osaavat ottaa koko piirin resistanssin muutoksen huomioon, eli he eivät ajattele paikallisesti. He tunnistavat resistanssin pienentyvän kun B:n rinnalle lisätään toinen vastus ja ymmärtävät sen vaikutuksen koko piiriin. Lisäksi he tunnistavat pienenevän resistanssin vaikutuksen virtaan ja saavat koko 2 tehtävän oikein.

### 5.1.3 Ryhmä 3. Ei havaittua käsitteellistä kehitystä

Myös tässä ryhmässä opiskelijoiden lähtötaso oli hieman heikompi, kuin muissa. Lisäksi kaksi opiskelijaa (O9 ja O12) ei juuri osallistunut keskusteluihin, jolloin tehtävien ratkaisu jäi pääosin opiskelijoiden O10 ja O11 suorittamaksi. Selvää käsitteellistä kehittymistä ei havaittu kenenkään ryhmäläisen kohdalla. Ryhmässä 3 havaitut virhekäsitykset ja kehittyminen on esitetty taulukossa 9.

**Taulukko 9.** Ryhmässä 3 ilmenneet virhekäsitykset opiskelijoittain. Numero tarkoittaa, kuinka monessa eri tehtävässä virhekäsitys ilmeni

|  | O9 | O10 | O11 | O12 |
|--|----|-----|-----|-----|
| Vaikeudet erottaa toisiinsa liittyviä käsitteitä keskenään   | -  | -   | 3   | -   |
| Uskomus, että virta kuluu piirissä   | 1  | -   | -   | 1   |
| Uskomus, että paristot toimivat vakiovirran lähteinä   | -  | -   | 1   | -   |
| Vaikeus erottaa paristoon rinnankytkettyjen haarojen ja muualla rinnankytkettyjen haarojen välillä | -  | -   | 1   | -   |
| Taipumus keskittyä elementtien ja haarojen lukumäärään   | -  | 1   | 2   | -   |
| Vaikeus erottaa piirin kokonaisresistanssi ja yksittäisen elementin resistanssi toisistaan         | -  | 1   | 1   | -   |
| Taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti   | -  | -   | 1   | -   |
| Havaittiinko kehitystä?  | Ei | Ei  | Ei  | Ei  |

Ensimmäisen tehtävän alussa O12 ja O9 ennustavat lamppujen kirkkausjärjestykseksi  $A=B>C$ . O12 kuitenkin toteaa, ettei ole vastauksestaan ollenkaan varma, ja hän ilmeisesti esitti sen ennemminkin arvauksena. Tämän kuitenkin katsottiin viittaavaan virheelliseen käsitykseen virran kulumisesta piirissä. Alla on katkelma ryhmäläisten keskustelusta ensimmäisen tehtävän aikana.

**O11:** no mun mielestä ku miettii et se A on kirkkain ni se johtuu siitä et se saa yksinään tän koska nää paristot on yhtä voimakkaat (..) ni se saa kokonaisuudessaan sen pariston energian itelleen kun taas b ja c joutuu jakamaan. Niitten välillä tapahtuu kuitenkin jännitehäviötä, P on U I

**O11:** jotenki niinku ne kuitenkin se virta pysyy niil samana

**O10:** mm. siis noil on, joka lampulla on samat resistanssit ja virta on kuitenkin aina sama, tässä yhdessä suljetussa lenkissä ((osoittaa piiriä BC)) ni sitte näil on näiden läpi kulkee samat virrat ja näiden päiden välillä on aina samat jännitteet ni niiden pitää olla yhtä kirkaat

**O10:** no vaikka. Siis nää, virta kuitenkin yhdessä lenkissä on aina sama ((osoittaa piiriä BC)) sit kuitenkin näis on jännitteet näis on molemmis jännitelähteis samat ja resistanssit on kaikilla lampuilla samat ni silloin niinku näis välil on samat jännitteet ((osoittaa sormilla B ja C yli vuorotellen)) kummankin lampun välilä kulkee sama virta, mutta sit toisaalta se virta on tässä ((A)) kaksinkertainen tähän ((BC)) verrattuna

Opiskelijat O10 ja O11 esittävät oikean ennusteen lamppujen kirkkausjärjestykseksi.



Opiskelijan O11 antama selitys on kuitenkin hieman epäselvä ja hän käyttää suureita hieman ristiin. Hän kuitenkin tunnistaa molempien lamppujen läpi kulkean virran olevan sama. O10 saa vielä tarkennettua tätä perustelua sarjaankytkennän resistanssin avulla ja tunnistaa virran puolittuvan BC-piirissä.

Alla on katkelma opiskelijoiden keskustelusta ensimmäisen tehtävän toisen kohdan tehtävän aikana. Opiskelijat esittävät kaksi virheellistä väitettä  $A>B=C=D=E$  ja  $A>B=C>D=E$ .

**O10:** mä tulin siihen tulokseen, et A on kirkkain, kaikki muut yhtä kirkkaita

**O11:** mä tulin siihen tulokseen, että, mä tulin siihen tulokseen, että A on kirkkain ja B ja C on kirkkaampia ku nää ((DE)) koska tääl menee se

**O11:** mä mietin Kirchhoffeja niin just, mäki rupesin miettii jsut Kirchhoffin kautta se on niinku . Tässä ((BC)) se menee samankokosena mut puolet a:sta, mut tässä se joutuu niinku jakautuu noihin kahteen haaraan

**O11:** niin koska rinnanjutuissa [piti vaan muistaa] ne Kirchhoffin lait et se virta on niinku

**O10:** koska mä mietin sillei et täs silmukassa ((DE)) se jännite on kuitenkin sama näis molemmissa [ja sama ku] tää virtapiiriin jännite

**O11:** itseasiassa mä mietin kans tota ku mä en oo varma mut mä sit kallistuun Kirchhoffin puolelle mut niinku yeah mä mietin tota sun samaa siis yeah koska mä en oo

...

**O11:** joo. Me tultiin siihen tulokseen et A on kirkkain, samast syystä ku tossa ekassakin kohassa ja sit ku me mietittii tätä ni nää B C D E on yhtä kirkkaita koska se samahan joutuu jakautuu puoliks tässä ((BC)). Ku miettii Kirchhoffinkin kautta niin se kuitenkin menee näitten molempien kautta ni se kuitenkin menee näitten moelmpien kautta ni se summa pitää, virtojen summa pitää olla tässä sama ku tässä ni sen takii se on periaatteessa sama tilanne näillä kahella. Jos täs ois vielä ((DE)) joku rinnankytketty juttu ni se tilanne muuttuis

Ryhmäläiset tunnistavat jännitteen säilyvän rinnankytkennässä. He eivät kuitenkaan huomaa virran kasvamista rinnankytkennässä, vaikka O10 tunnistikin sen puolittu-

van sarjaankytkennässä. Tämä ilmiö tuli vastaan useammassa eri ryhmässä. Lisäksi O10:n antama vastaus viittaisi taipumukseen keskittyä vain elementtien ja haarojen lukumäärään, sillä hän arvelee aluksi sarjaankytkettyjen ja rinnankytkettyjen lamppujen kirkkauksien olevan samat. O9 ja O12 eivät juuri osallistuneet tehtävän ratkaisuun.

Kolmannessa tehtävässä O11 arvioi lamppujen kirkkausjärjestykseksi  $A > B = C = D = E > H > F = G$  ja O10  $A > H > B = C = D = E > F = G$ . Opiskelijat päätyivät lopulta O10:nen ehdottamaan ratkaisuun. Alla on esitettyä katkelma opiskelijoiden keskustelusta.

**O11:** Joo mä oon sitä mieltä et A on kirkkain, B C D E ja sit H on noitten jälkeen ja F ja G on sit niinku H:ta himmeemmät.

**O10:** mmh. Mä sain vähän eri... A kirkkain, sit H sit B:stä E:hen sit sit F ja G

**O10:** Koska tolle tulee ((H)) kaks kolmasosaa

**O11:** Sä oot muuten oikeessa. Jep. Sä oot oikeessa. (3) Joo. Very good point.

...

**T:** eli eli.

**O10:** No... me tultiin tälläseen tulokseen. A kirkkain sit H menee tonne väliin ja sit tulee nuo neljä sit vielä nuo F ja G. Ne on himmeempiä. T: Okei. Oliko jotai... perusteluja

**O11:** Eli siis A on kirkkain, koska sähköenergia menee yksinään sille. H on niinku toisiks kirkkain ku se saa kaks kolmasosaa siitä, koska se jakautuu..

Ratkaisu on FGH-piirin osalta oikea, mutta ryhmäläiset antavat vain hyvin pintapuolisen perustelun. O10 perustelee vastauksen ilmeisesti jännitteen jakautumisen perusteella, vaikka ei käytäkään suureen nimeä. Jännitteen jakautumisen tunnistaminen kuitenkin vaatii, että hän tunnistaa resistanssien jakautumisen piirissä oikein. O11 vaikutti ymmärtävän tämän perustelun, mutta hänkin esittää perustelun hyvin epämääräisesti, käyttäen "sähköenergian"jakautumista.

Seuraavassa katkelmassa opiskelijat pohtivat havaintojaan, kun he ovat saaneet tarvittavat välineet piirien rakentamiseen. Keskustelusta ilmenee, ettei opiskelijoille ole selvää jännitteen ja virran välinen yhteys. Tästä johtuen viimeisessä tehtävässä he keskittyvätkin vain jännitteen käsitteeseen.

**O10:** okei. No se ongelma nyt lienee siinä, että ei se. se kirkkaus ei riipu virrasta vaan jännitteestä.

**O11:** Joo.

**O10:** sehän on. Silloinhan se selittää et näis ((ADE)) on se sama, näis ((BC)) on puolet. Täs ((H)) kaks kolmasosaa ja näissä ((FG)) yks kolmasosa

**O11:** joo johtuu jännitteestä eikä virrasta. Se on niinku, joo niinpä

**O11:** mut tosiaan niinku se tuntuu itsestäänselvältä se menee just virrasta

**O10:** onhan se tietysti niinkin, että jos johonkin laittaa... johonkin laittaa tota kahenkymmenen voltin lampun tai no ei se ei se on vakiolamppu... No mut näin se nyt ilmiselvästi on.

Opiskelijoille jäi ristiriita jännitteen ja virran välille, jolloin he toteavat lamppujen kirkkauden riippuvan vain jännitteestä. Voi olla, että tämä johtuu virhekäsityksestä paristosta vakiovirran lähteenä, joka on aiheuttanut ristiriidan jännitteen ja virran välille.

Viimeisessä tehtävässä opiskelijat eivät pääse yhteisymmärrykseen siitä, mitä tapahtuu, kun piirin kytkin suljetaan. O11 on sitä mieltä, että kytkimen sulkeminen vaikuttaa vain lamppuihin B ja C himmentävästi. Tämä viittaisi jälleen paikalliseen ajatteluun. O10 saa pääteltyä pelkästään jännitteen jakautumisen perusteella oikein, että lamppu A kirkastuu.

**O11:** Joo. Sit kun se on suljettu niin mun mielestä a ja d pysyy yhtä kirkkaina, mut tota niinkun ja b ja c, b himmenee ku c tulee siihen [kuvioon], koska se jännite jakautuu näitten välille

**O11:** Niin kato ku mun mielestä siis se alunperin on niinku yks kolmasosa, yks kolmasosa, yks kolmasosa ni sitten ku tää laitetaa kiinni ni se, tälle tulee yks kuudesosa ja tälle yks kuudesosa. Näin mä se ajattelen

**O10:** joo mut se jännite on sama näiden molempien ((B ja C)) kohalla

**O11:** niin on, mut kato ku se pitää jakautuu kahella

**O10:** joo, mutta se virta jakautuu, mutta se jännite on näiden pisteiden välillä aina sama

**O11:** niin on. Niin on, mut tota se pitää tavallaan jakaa se. Niinku se jännite on sama mut se pitää mennä noille molemmille. Siis sitä mä yritän jakaa takaa, ajaa takaa. Apua mä en osaa suomee enää.

**O10:** niin siis mun mielestä siit tulee niinku. Siis täs on niinku kaks viidesosaa ((A)), kaks viidesosaa ((D)) ja yks viidesosa tässä näin ((BC))

Opiskelijat pyrkivät selittämään havaintonsa vain jännitteen avulla, koska eivät saaneet sidottua sen yhteyttä virtaan. Tämä saattoi johtua resistanssin käsitteen puutteesta ja pohjalla olevista virhekäsityksistä virran kanssa. Opiskelijat eivät missään vaiheessa pohtineet resistanssin vaikutuksia piireissä. Ja heille jäi ristiriita jännitteen ja virran välille. Huomattavaa käsitteellistä edistystä ei siis voi havaita. Lisäksi opiskelijoiden O9 ja O12 osallistuminen oli hyvin vähäistä, jolloin heidän omaamista käsitteistä tai heidän mahdollisesta kehittämisestä ei keskustelujen perusteella voida tehdä johtopäätöksiä. Opiskelija O10 saa pääteltyä tehtävän 2 oikein, mutta ei tunnu hallitsevan virran, jännitteen ja resistanssin Ohmin lain mukaista käyttäytymistä. Hän siirtää ensimmäisten tehtävien testauksen jälkeen päättelyssään painopisteen virrasta jännitteeseen. Viimeisessä tehtävässä O11 antamat perustelut viittaavat edelleen paikalliseen ajatteluun ja hän ei kykene ottamaan koko piirin resistanssin vaikutuksia huomioon. Lisäksi hän vaikuttaa sekoittavan virran ja jännitteen käsitteitä keskenään. Selvää käsitteellistä kehittymistä ei ole havaittavissa kenenkään ryhmäläisen kohdalla.

#### 5.1.4 Ryhmä 4. Korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä

Ryhmässä 4 havaitut virhekäsitykset ja kehittyminen on esitettyinä taulukossa 10. Ryhmässä käsitteellistä kehittymistä havaittiin kolmesta opiskelijasta kahden kohdalla (O13 ja O14).

Ensimmäisen tehtävän alussa O14 ja O13 omasivat käsityksen virran kulumisesta piirissä. Oppilaat ennustivat, että toinen lampuista B ja C palaa kirkkaammin, kuin toinen. Alla olevassa katkelmassa he keskustelevat virran suunnan merkityksestä lamppujen kirkkauksiin.

**O14:** Okei... kyl niil lampuil nyt on pakko olla joku resistanssi, muuten toi ei ois hyvä tehtävä (10 s) kerro O13 miten päin se menee , onks virta kaikkialla tääl piiris yhtä suuri vai onks se sillei et tää ((B)) on kirkkaampi ku tää ((C))

**Taulukko 10.** Ryhmässä 4 ilmenneet virhekäsitykset opiskelijoittain. Numero tarkoittaa, kuinka monessa eri tehtävässä virhekäsitys ilmeni

|  | O13   | O14   | O15 |
|--|-------|-------|-----|
| Vaikeudet erottaa toisiinsa liittyviä käsitteitä keskenään   | 1     | -     | 1   |
| Uskomus, että virran suunnalla ja piirin elementtien järjestyksellä on väliä   | 1     | -     | 1   |
| Uskomus, että virta kuluu piirissä   | 1     | -     | -   |
| Uskomus, että paristot toimivat vakiovirran lähteinä   | -     | 2     | -   |
| Vaikeus tunnistaa, että ideaalinen paristo säilyttää vakiopotentiaalieron napojen välillä  | -     | -     | 1   |
| Taipumus keskittyä elementtien ja haarojen lukumäärään   | 1     | -     | -   |
| Vaikeus erottaa piirin kokonaisresistanssi ja yksittäisen elementin resistanssi toisistaan   | -     | -     | 2   |
| Vaikeus tunnistaa, että kytkentäkaavio esittää vain piirin elementtejä ja kytkentöjä, ei niiden fyysisiä tai spatiaalisia suhteita | 2     | -     | -   |
| Taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti   | -     | -     | 1   |
| Havaittiinko kehitystä?  | Kyllä | Kyllä | Ei  |

**O13:** ei se virta oo yhtä suuri, ei se oo. Ei se voi olla. Miettii et tasavirtapiirei, miettii, tos on resistanssi ((piirtää paperiinsa)) palikka tos on resistanssipalikka, sit sinne voi piirtää sen I ykkösen ja I kakkosen ja I kolmosen, sit voi laskee noitten resistanssien avulla eiks voi?

...

**O15:** sillei mä mietin et ku tää ei haaraudu ni Kirchhoffin jonku lain mukaan tääll kaikkialla virtapiirissä on sama virta

**O14:** onko, [onks se niin... munkin mielestä se on niin

**O15:** [on, on on on] mut koska se virta menee niinku, onks tää nyt plussa, tää miinus, se menee täältä, eiku mist se menee, kumpi näist oli plussa

...

**O15:** niinku jännite yli tän ((C)) on toi ((RI))

**O14:** jännite yli sen ((B)) pitäis olla sama

**O13:** niin on se sama

**O15:** ja jännite yli ton on sama, mutta tän koko virta tai voi ajatella et noi on

niinku vastuksii ni sit se lasketaa tol sarjaankytkennäl et sen koko virtapiirin resistanssi on kuitenkin toi kaks r s jolloin se kuulu se... jotenki. Jolloin tää ((B)) palaa himmeemmin

**O13:** eei. Ei se, ei se kulu . jos jännite [on sama]

Opiskelijoiden kommentteista näkyy selvästi käsityksiä, että piirin elementtien ja virran suunnalla olisi merkitystä lamppujen kirkkausjärjestykseen. Opiskelijat pääsevät yhteisymmärrykseen virran säilymisestä piirissä. Opiskelija O15 jopa huomaa Ohmin lain avulla molempien lamppujen yli vaikuttavan jännitehäviön olevan sama. Mielenkiintoisesti hän oli silti vielä hetken sitä mieltä, että lamput eivät ole yhtä kirkkaat, kunnes O13 toteaa, ettei tämä voi olla oikein. Ryhmäläiset pääsivät yhteisymmärrykseen oikeasta vastauksesta.

Toisessa tehtävässä opiskelijat esittävät useita eri ehdotuksia lamppujen kirkkausjärjestyksille. Seuraavassa katkelmassa opiskelijat keskustelevat 1\_2 tehtävän ratkaisusta. Opiskelijat esittävät viitteitä ajatukseen pariston antamasta vakiovirrasta. He osaavat kuitenkin ratkaista piirin resistanssin oikein, mutta eivät huomaa sen vaikutusta rinnankytkettyjen lamppujen läpi kulkevaan virtaan.

**O15:** ja ää ja jos i on (nolla).. u on ... puolikas toiseen.. hei voi helkatti p on u i ja u on r i [jolloin tosta tulee] e i toiseen ja ton lampun teho on p d on toi jänn r s ja i .. kahteen silloin tulee r s on .. oho ei mitään tollasta kertomerkkii (( $P_D = R * I^2/4$ ))

...

**O14:** no mut hetkinen eiks tällä nyt kumminki .. ahaa nyt mä tiedän mist se johtuu, täälhän meil menee i ((A piirissä)) mut täällä ku meil on sama u mut se kokonaisresistanssi on kaks r ni tääl menee oikeesti vaan [puolikas i] ((BC piiri)) eli tänne tulee kumminki sit jotenki mut nyt sit

...

**O14:** siis ku tää, ku tääl on kirjotettu et u on kaks r i antais jotenkin ymmärtää et tääl ois suurempi jännite ku täällä mikä ei pidä paikkaansa koska se on se sama paristo josta tulee aina se sama jännite

**O13:** no ni eli silloin tuol ((BC)) on se niinku tän ((A)) i per kaks tääl kulkee okei silloin se on kaks r kertaa i per kaks kertaa i per kaks se teho joka on r i toiseen

per kaks joka on r i toiseen per kaks tääl on r i toiseen per neljä ((DE)) ja tääl ((A)) on ri toiseen. Sit meil on selitys tollle

...

**O13:** emmä tiedä, mä luulin et tääl menee erisuuruisia virtoja

**O14:** siel ei voi mennä koska on se joku ihme

**O14:** noi kuvat tietty aina hämää sehän on oikeesti sillein jos niinku oikeesti rakentaa ton systeemin ni nehän on silleen ((viittilöi käsillään)) täs

**O13:** niin ei toi oo niinku enne tos

Opiskelijat pohtivat piirin resistanssin laskemista ja saavat selvitettyä rinnan kytkennän resistanssin. Opiskelijan O14 ennuste ( $A > B = C > D = E$ ) juontuu huomiosta, että jännite säilyy piirissä, mutta hän ei huomaa myös virran tuplaantuvan pienentyneen resistanssin johdosta. Hän myös tajuaa virran puolittumisen sarjaankytkennässä, mutta ei aluksi huomaa konfliktia tämän ja DE-piirissä esiintyvän ajatuksen kanssa, jossa molemmat sekä jännite, että virta säilyvät. Opiskelija O13 ei tunnista molemmissa haaroissa kulkevan virran olevan yhtä suuri, vaikka lamppujen resistanssit ovat samat. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että piirikaaviossa toinen lamppu on kauempana paristosta. Tämä on tulkittu vaikeutena tunnistaa, että kytkentäkaavio esittää vain piirin elementtejä ja kytkentöjä, ei niiden fyysisiä tai spatiaalisia suhteita.

Viimeisestä tehtävästä ryhmä suoriutuu sujuvasti. He esittävät viitteitä huomattavaan käsitteelliseen kehittymiseen. He tunnistavat piirin kokonaisresistanssin vaikutuksen virtaan ja osaavat soveltaa sitä yksittäisiin lamppuihin. Ainoastaan O15 osallistuu tehtävän ratkaisuun hieman vähemmän. Hän huomaa kytkimen pienentävän resistanssia, mutta ajattelee tämän aluksi pienentävän lampun A kirkkautta. Hän kuitenkin toteaa itse tämän olleen ajatusvirhe. Selkeää käsitteellistä kehittymistä ei hänen kohdallaan kuitenkaan voi todeta.

**Taulukko 11.** Ryhmässä 5 ilmenneet virhekäsitykset opiskelijoittain. Numero tarkoittaa, kuinka monessa eri tehtävässä virhekäsitys ilmeni

|  | O16   | O17   | O18   |
|--|-------|-------|-------|
| Vaikeudet erottaa toisiinsa liittyviä käsitteitä keskenään   | -     | 2     | -     |
| Uskomus, että paristot toimivat vakiovirran lähteinä   | 2     | 1     | 1     |
| Taipumus keskittyä elementtien ja haarojen lukumäärään   | -     | 1     | -     |
| Vaikeus erottaa piirin kokonaisresistanssi resistanssi ja yksittäisen elementin resistanssi toisistaan | 1     | -     | -     |
| Taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti   | -     | 2     | -     |
| Havaittiinko kehitystä?  | Kyllä | Kyllä | Kyllä |

### 5.1.5 Ryhmä 5. Korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä

Ryhmässä 5 havaitut virhekäsitykset ovat esitettyinä taulukossa 11. Erilaisten virhekäsitysten kokonaismäärä jäi ryhmässä melko pieneksi ja ryhmäläisten pohjaosaaminen vaikutti olevan kohtalaisen korkealla tasolla. Käsitteellistä kehittymistä havaittiin jokaisen ryhmäläisen kohdalla.

Opiskelijat saavat pääteltyä ensimmäisen tehtävän oikein. Keskustelussa esiintyy kuitenkin käsitys pariston antamasta vakiovirrasta. Alla on katkelma ryhmässä käydyistä keskusteluista ensimmäisen tehtävän aikana.

**O16:** niin ku eiks se oo et virta on sama näissä piireissä

**O17:** Kirchhoffin ensimmäisen lain mukaan, tää virta, virta ei tässä ((piiri BC)) näin muutu mitenkään et se virta tavallaan kuluu näihin lamppuihin.

**O16:** Mut tavallaan eiks se oo se joku jännitehäviö ku se menee tavallaan sen

Täs ((A)) palaa koko jännite, täs ((BC)) ((osoittaa ensin b sitten c))

**O16:** niinku puolet, mut minkä takii se sitten näkyy sen lampun himmeytenä

**O17:** no kato ku jos se himmeys niinku ois niinku tälle näin et P on yhtä ku U i ja sitten ja tää arvo määräytyy tästä mikä tää, E ((kirjoittaa E paristojen viereen)) ... koska ton, näiden jännitehäviöiden ((os. B ja C)) pitää olla yhtä suuret ku ton((os. paristoa)) ... ni sen takii näiden tää jännitehäviö U on niinku puolet siitä mitä tossa.. Mut en mä tiedä meneeks se oikeesti täsmälleen niinku tollei noin mut varmastikin se.... mut täs nyt ehkä se miten mä ite aattelin ni tota niinku ne perus, perusjutut mistä tää lähtis liikkelle, Kirchhoffin ensimmäine n



laki ja sit tota

Opiskelijoista ainakin O16 ja O17 vaikuttaisivat ajattelevan pariston toimivan vakiovirran lähteenä. Lisäksi O17 mainitsee virran kuluvan lamppuihin, mikä on ristiriidassa lamppujen läpi kulkevan vakiovirran kanssa. Hän ei kuitenkaan esitä viitteitä ajatteluun virran kulumisesta piirissä. Lamppujen kirkkausjärjestyksen opiskelijat perustelevat lopulta jännitteen jakautumisen ja tästä johtuvan lamppujen tehon laskun perusteella.

Tehtävän toisessa kohdassa opiskelijoilla on erimielisyyksiä DE-piirissä kulkevan virran kanssa. Lisäksi opiskelijan O17 pohtii lamppujen resistanssin lämpötilariippuvuutta, mikä hänen mielestään estää Ohmin lain käytön tehtävien ratkaisussa. Ryhmä pääsi kuitenkin lopulta oikeaan vastaukseen.

**O16:** mut onks se sitten et nää on, et nämä ((DE)) on yhtä kirkkaita ku nämä ((BC)) ku sit jos on

**O17:** mun mielestä ni ei, mulla nyt ei oo ihan niinku täysin selvää et mikä se on et mikä tota niinku vaikuttaa tähän kirkkauteen, mut ollennainen juttu siinä on varmaan se jännitehäviö eli tota tässä näin tää ((A)) on yks silmukka ((piirtää lenkin piirissä A)) ja tää on yks silmukka ((piirtää lenkin lampun D kautta)) et nää on niinku identtiset sillä tavalla, että jännitehäviö tässä näin on sama .

**O16:** niin on

**O17:** virta jakautuu, mut kyl mä näkisin, että siis että laittamalla kaks lamppuu ni se syö tästä ((paristosta)) tästä tota tota

**O16:** se vaan syä kaks kertaa enemmän

...

**O16:** mutta ku tää, tämmönen. Siis tää virta jakautuu kumminkin kahteen osaan ei vaan täs jos se P on U i sitä täällä P on tavallaan sit niinku puol u i ((BC)) sitten täällä p on u puol i ((DE)) ni sitten nää on niinku samat

...

**O17:** niin siis ku täällä on tää I ykkönen((A)) ni mä kyl sit aattelisin, että täällä tämä näin ois sitten, mä luulen et se ois sit kaks I ((os. DE))

**O16:** niin kyllä

...

**O17:** siis nää on, kato ku.. siis mä en oo nyt täysin vakuuttunut, jokseenkin varma mut siis tällänen komponentti, jännitelähde, niin se virta mitä sielt tulee ei oo vakio vaan jännite on vakio

**O17:** toi ((os.  $U=RI$ )) pätee vaan ohmisille vastuksille se ei päde tämmösille

...

**O16:** tän mukaan näitten ((ADE)) pitäis olla kaikkien yhtä kirkkaita

**O17:** siis mä perustelisin ton sillei niin että lampun teho on vakio, 40 wattinen lamppu, 60 wattinen lamppu... se on siis lampun teho

...

**O17:** no jos tavallaan, aattele tällai ((piirtää paperiinsa)) mä teen nyt tämmösen yksinkertaistuksen, ei käytetä noita nyt. Mut jos mulla on täällä näin vaikka yhen ohmin vastus. Näin. Niin niin. Tää on vaikka kaks voltia ni tässä näin pätee tää, jännitehäviö täällä näin,  $u$  on yhtä  $ku r$  i ja tota silloin siitä saadaan että  $i$  on kaks ampeerii ku tääl on kaks voltia ja tääl on yks ni sen on pakko olla kaks. No jos meil on sitten täsmälleen sama piiri mut nyt tääl oisiki neljän ohmin vastus no taas  $u$  on yhtä  $ku r$  kaks  $i$  eli kaks on yhtä  $ku$  neljä kertaa  $i$  on yhtä  $ku$  puol. Täsmälleen samalla lähteellä ni virta on puol

...

**O17:** no me aateltiin tällei, no, aatellaan tällei näin että näiden lamppujen teho on vakio, vaikka 40 wattisia lamppuja ja näin poispäin. No täällä ((A)) näin sitten on joku jännitehäviö ja sitten ja joku  $i$ . ja täällä ((BC)) näin sitten ne häviöt (...) on puolet siitä (( osoittaa  $b$  ja sitten  $c$ )) ja täällä ((DE))) on itse asiassa sellanen tilanne, täs meil on itse asiassa ((D)) että jos aatelaan Kirchhoffin lakien kannalta ni identtinen silmukka ton kanssa ((A)) eli täällä näin kulkee joku virta ja tota ja tässä meil on toinen silmukka ni kyl se nyt vaikuttaa sit siltä että tää virta tässä näin on kaksinkertanen ku virta tossa ((A)) ja nää ((DE)) ois yhtä kirkkaat ku tuolla ((A))

Tässä tehtävässä O17 huomaa nopeasti rinnankytkennän vaikuttavan myös paristosta

lähtevään virtaan. Opiskelijat O16 ja O18 ovat aluksi eri mieltä tästä ajatuksesta, mutta hyväksyvät lopulta opiskelijan O17 perustelut. O17 huomauttaa lamppujen resistanssin riippuvan niiden lämpötilasta, jolloin Ohmin lakia ei hänen mukaan voi käyttää tehtävän ratkaisussa. Hän on toki oikeassa, että lamppujen resistanssi ei ole vakio, mutta tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta niiden väliseen kirkkausjärjestykseen. Ratkaisuksi hän ehdottaa lamppujen kuluttaman tehon olevan vakio ja toteaa ryhmän perustellessa vastausta opettajalle, että käyttivät tätä oletusta ratkaisussaan. Tämä ei kuitenkaan ole linjassa esitetyn perustelun kanssa ja hän ei havaitse ristiriitaa ensimmäisen tehtävän kanssa, jossa hän laski lamppujen tehon olevan BC-piirissä puolet verrattuna piiriin A lamppuun. Hän perustelee aluksi ensimmäisen tehtävän käyttäen jännitteen käsitettä ja vaihtaa sitten virran käsitteeseen selittääkseen DE-piirin ennusteen.

Ensimmäisen tehtävän viimeisessä kohdassa opiskelijoiden erimielisyydet Ohmin lain käytöstä nousivat uudestaan esille. Opiskelijan O17 mukaan Ohmin lakia ei voida käyttää, sillä lamppujen resistanssi muuttuu lamppujen lämmetessä. Alla on katkelma ryhmän keskusteluista tehtävän aikana.

**O16:** niin... joten tän perustella edellinen pätee eli näis on samat virrat ((ADE)), tässä ((BC)) virta on puolet pienempi ja sitten täällä ((FGH))..öö.. toi i vitonen ((FGH kokonaisvirta)) ni se on näitten kahen virran ((BC ja D/E virta)) välistä mut se on pienempi ku tämä i nelonen ((D tai E virta)), se on viis neljäosaa ...

**O17:** ja sitten toisaalta tämä virtapiiri ((peittää G:n )) on sama ku tämä... ((BC piiri)) mut tota toisaalta mä oon taas sillei samaa mieltä siitä että ... tota tota.. nää näin ((ens kolme piiriä)) on niinku selkeet ja sitten tota, mä niinku ajattelin tätä ((FGH)) tehon kannalta eli tämä niinku ((H)), lähtien täst Kirchhoffin laista ni tää teho on suurempi ku näiden ((FG)) ja näiden ((FG)) on sama eli tää on niinku kirkkaampi ku nää ...

(...) Tää on niinku toi ((A:  $P=UI$ )) ja nää on niinku puolet ((BC:  $P=1/2*U*1/2*I$ )) ja sitten mä en oo täällä vaan ehtiny resistanssia miettimään ((FGH piirissä)) Täällä se kokonaisresistanssi on puolet tosta ja (...)kokonaisresistanssi on varmaan [puoltoista](..)

...

**O17:** se mikä... se mikä mun mielestä tässä näin, ainaki omalta kannaltani ni mikä on huonoo täs ratkaussa on se, että täs mietitää tota Ohmin lakia. Niinku. Ei siihen voi luottaa

Opiskelijat esittävät lopussa oikean vastauksen. Heille jäi kuitenkin erimielisyyksiä H-lampun sijoittumisen kanssa. Opiskelijat O16 ja O18 saavat pääteltyä piirien kokonaisresistanssit oikein ja osaavat päätellä tämän avulla lamppujen läpi kulkevan virran. O17 on edelleen sitä mieltä, että Ohmin laki ei toimi tässä tarkastelussa vakioresistanssin puuttumisen vuoksi. Hän kuitenkin vaikuttaa hylänneen ajatuksen lamppujen käyttämästä vakiotehosta.

Ryhmäläisten viimeisen tehtävän aikana käymät keskustelut jäivät hieman epäselviksi. Myös opiskelija O17 päätyy käyttämään Ohmin lakia ja vaikuttaa tunnistavan piirin resistanssin vaikutuksen virtaan.

**O17:** öö.. tämä ja tämä on sama ((A ja D)), mutta kyllä se varmaan on sillei niin että se jännitehäviö on, jos tää ((kytkin)) on auki ni sama näis kaikis, mutta jos tää on kiinni niin näissä on isompi jännitehäviö näis A:ssa ja D:ssää ku näissä kahessa.

...

**O17:** se varmaan tulee, se varmaan jotenkin.. tota tota... ku se vastuksillahan se määräytyy sillei yks per r yks plus yks per r kaks ... sitten tavallaan tää on nyt vaan joku (..) niin tota I kertaa yks per toi ((laskee paperiinsa)) ni se ois sen se jännitehäviö. ET tuolt sen sais varmaan pyöritetty, mutta onhan se... kyl se varmaan silleen menee, et (..)

jes! Samalla lailla ((O16 kirjoittaa vastauksiaan omaan paperiin))

...

**O16:** niin kyl ei mulle ollu sillai selvää et toi kasvaa, minkä takii se ois suoraan no koska ku tän kytkee, ni se kokonaisresistanssi pienenee

**O16:** niin kyllä joo totta. Kyllä.... mä halusin nähdä lukuja.

(ku koko resistanssi) pienenee ni se virta kasvaa

Keskustelusta on hieman hankala saada selvää, mutta opiskelijat saavat selvitettyä oikean kirkkausjärjestyksen. Lampun A kirkastuminen, kun kytkin suljetaan, ei tule keskusteluista esille. Vastauksia tarkastaessa he kuitenkin toteavat saaneensa tehtävän oikein.

Kehittymistä on katsottu tapahtuneen jokaisen ryhmäläisen kohdalla. O16 omasi käsityksen pariston vakiovirrasta. Lisäksi hänellä oli vaikeuksia rinnankytkennän resistanssin laskemisessa. Tehtävässä 1\_3 hän kuitenkin osasi selvittää piirien resistanssit ja ymmärsi niiden yhteydet virtaan. O17 käyttämä päättely tietyissä kohdissa oli ristiriidassa muiden kohtien kanssa. Hän vaikutti hallitsevan Ohmin lain ainakin jollain tasolla, mutta ei uskonut tämän toimivan lamppujen resistanssin lämpötilariippuvuuden vuoksi. Viimeisessä tehtävässä hän osaa kuitenkin arvioida kytkimen sulkemisen vaikutuksen piiriin ja saa pääteltyä kirkkausjärjestyksen oikein.

## 5.2 Dialogisten siirtojen vaikutus opiskelijoiden kehitykseen

### 5.2.1 Ryhmissä havaitut dialogiset siirrot

Työssä selvitettiin millaisia dialogisia siirtoja opiskelijat käyttivät ryhmätöiden aikana. Taulukossa 17 on esitettyinä jokaisessa ryhmässä havaitut siirrot. Opiskelijakohtaiset siirrot on esitettyinä taulukoissa 12-16 ryhmittäin.

Ryhmässä 1 (korkean pohjaosaamisen ja matalan kehityksen ryhmä) dialogiset siirrot jakautuivat melko tasaisesti (12). Opiskelijat O1 ja O4 eroavat muista ryhmäläisistä jonkin verran. Opiskelijan O1 ei havaittu esittävän puoltamisia, hyväksymisiä, haastamisia tai vastustamisia ollenkaan, eli hän ei ottanut kantaa väitteiden oikeellisuuteen. Hän osallistui keskusteluihin pääasiassa esittämällä ehdotuksia lamppujen kirkkausjärjestyksille ja pyytämällä tarkennuksia esitettyihin väitteisiin. Opiskelijan O4 pohja osaaminen oli jo valmiiksi huomattavan korkealla tasolla. Hänen kohdallaan huomioitavaa on suuri määrä tiedon antamisia ja puoltamisien suuri määrä suhteessa hyväksyntiin. Eli hän esitetti perusteltuja tukia väitteille huomattavasti enemmän, kuin vain perustelemattomia hyväksyntiä. Korkea osaaminen näkyy myös tiedon antamisten suurena määränä.

Ryhmässä 2 (kohtalaisen käsitteellisen kehityksen ryhmä) dialogiset siirrot jakautuivat myös melko tasaisesti (12). Käsitteellistä kehittymistä ryhmässä havaittiin opiskelijoiden O6 ja O8 kohdalla. Ryhmässä ei juurikaan havaittu haastamisia tai

**Taulukko 12.** Ryhmässä 1 (vähäisen käsitteellisen kehityksen ryhmä) havaitut siirrot

|                     | O1 | O2 | O3 | O4 | Yhteensä |
|---------------------|----|----|----|----|----------|
| Väite               | 3  | 2  | 1  | 4  | 10       |
| Väitteen pyytäminen | 5  | 3  | 6  | 1  | 15       |
| Puoltaminen         | -  | 5  | 4  | 11 | 20       |
| Hyväksyminen        | -  | 2  | 4  | 1  | 7        |
| Haastaminen         | -  | 2  | 2  | 2  | 6        |
| Vastustaminen       | -  | -  | -  | 1  | 1        |
| Vastaväite          | -  | -  | -  | -  | -        |
| Myöntäminen         | -  | 1  | 1  | -  | 2        |
| Jatkokehittäminen   | 4  | 4  | -  | 7  | 15       |
| Tiedon pyytäminen   | 1  | 4  | 2  | 3  | 10       |
| Tiedon antaminen    | 3  | 3  | 7  | 17 | 30       |
| Toistaminen         | 1  | 9  | 3  | 12 | 25       |
| Jatkaminen          | -  | 1  | 1  | 5  | 7        |

vastustamisia, eli väitteitä vastustavia puheenvuoroja esiintyi hyvin vähän. Lisäksi perusteltuja argumentatiivisia siirtoja (puoltamisia ja haastamisia) ryhmässä ilmeni 13 kappaletta, joista kahdeksan esitti O8. Hän myös esitti eniten tiedon pyytämisiä ja tiedon antamisia. Opiskelijan O6 siirtojen määrä jäi melko vähäiseksi, eikä hän esittänyt yhtään väitettä.

Ryhmässä 3 (ei havaittua käsitteellistä kehitystä) havaitut dialogiset siirrot ovat esitettyinä taulukossa 14. Opiskelijat O9 ja O12 osallistuivat keskusteluun hyvin vähän, joten heidän kohdalla ei juuri havaittu dialogisia siirtoja. Opiskelijoiden O10 ja O11 välillä siirrot jakautuivat melko tasaisesti.

Ryhmässä 4 (korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä) havaitut dialogiset siirrot on esitetty taulukossa 15. Tässä ryhmässä opiskelijat osallistuivat keskusteluihin tasaisesti. Ryhmässä havaittiin hyvin vähän vastustamisia, mutta huomattavan suuri määrä haastamisia. Opiskelijat siis esittivät pääasiassa vain perusteltuja väitteen asemaa heikentäviä dialogisia puheenvuoroja. Myös puoltamisia esiintyi huomattavasti enemmän, kuin hyväksyntiä. Vastaväitteitä esiintyi tässä ryhmässä myös kohtalaisesti.

Ryhmässä 5 (korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä) havaitut dialogiset siirrot ovat esitettyinä taulukossa 16. Ryhmässä O18 esitti vähiten dialogisia siirtoja. Hänen kohdallaan havaittiin kuitenkin yksi vastaväite, joita ryhmässä havaittiin yhteensä

**Taulukko 13.** Ryhmässä 2 (kohtalaisen käsitteellisen kehityksen ryhmä) havaitut siirrot

|                     | O5 | O6 | O7 | O8 | Yhteensä |
|---------------------|----|----|----|----|----------|
| Väite               | 4  | -  | 2  | 1  | 7        |
| Väitteen pyytäminen | -  | 2  | 3  | 6  | 11       |
| Puoltaminen         | 1  | -  | 3  | 7  | 11       |
| Hyväksyminen        | 4  | 6  | 2  | 7  | 19       |
| Haastaminen         | 1  | -  | -  | 1  | 2        |
| Vastustaminen       | -  | -  | -  | -  | -        |
| Vastaväite          | -  | -  | -  | -  | -        |
| Myöntäminen         | -  | -  | -  | -  | -        |
| Jatkokehittäminen   | 3  | -  | 2  | 2  | 7        |
| Tiedon pyytäminen   | 2  | 2  | 8  | 14 | 26       |
| Tiedon antaminen    | 3  | 8  | 12 | 15 | 38       |
| Toistaminen         | 1  | 4  | 18 | 16 | 39       |
| Jatkaminen          | 2  | -  | -  | 3  | 5        |

**Taulukko 14.** Ryhmässä 3 (ei havaittua käsitteellistä kehitystä) havaitut siirrot

|                     | O9 | O10 | O11 | O12 | Yhteensä |
|---------------------|----|-----|-----|-----|----------|
| Väite               | -  | 3   | 5   | 1   | 9        |
| Väitteen pyytäminen | -  | 2   | 5   | -   | 7        |
| Puoltaminen         | -  | 10  | 7   | -   | 17       |
| Hyväksyminen        | 1  | 1   | 2   | 2   | 6        |
| Haastaminen         | -  | 3   | 1   | -   | 4        |
| Vastustaminen       | -  | -   | -   | 1   | 1        |
| Vastaväite          | -  | -   | 1   | -   | 1        |
| Myöntäminen         | -  | -   | 1   | 1   | 2        |
| Jatkokehittäminen   | -  | 1   | -   | -   | 1        |
| Tiedon pyytäminen   | 1  | 1   | 1   | -   | 3        |
| Tiedon antaminen    | -  | 6   | 5   | -   | 11       |
| Toistaminen         | -  | -   | 6   | -   | 6        |
| Jatkaminen          | -  | -   | 2   | -   | 2        |

**Taulukko 15.** Ryhmässä 4 (korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä) havaitut siirrot

|                     | O13 | O14 | O15 | Yhteensä |
|---------------------|-----|-----|-----|----------|
| Väite               | 4   | 9   | 3   | 16       |
| Väitteen pyytäminen | 7   | 14  | 5   | 26       |
| Puoltaminen         | 3   | 10  | 11  | 24       |
| Hyväksyminen        | 6   | 6   | 3   | 15       |
| Haastaminen         | 6   | 6   | 8   | 20       |
| Vastustaminen       | 1   | 1   | -   | 2        |
| Vastaväite          | 2   | 2   | -   | 4        |
| Myöntäminen         | 1   | 2   | 2   | 5        |
| Jatkokehittäminen   | 3   | 3   | 2   | 8        |
| Tiedon pyytäminen   | 6   | 7   | 10  | 23       |
| Tiedon antaminen    | 11  | 18  | 10  | 39       |
| Toistaminen         | 10  | 15  | 12  | 37       |
| Jatkaminen          | 1   | 1   | -   | 2        |

**Taulukko 16.** Ryhmässä 5 (korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä) havaitut siirrot

|                     | O16 | O17 | O18 | Yhteensä |
|---------------------|-----|-----|-----|----------|
| Väite               | 6   | 3   | 1   | 10       |
| Väitteen pyytäminen | 3   | 5   | 1   | 9        |
| Puoltaminen         | 5   | 5   | 2   | 12       |
| Hyväksyminen        | 1   | 3   | 1   | 5        |
| Haastaminen         | -   | 11  | 1   | 12       |
| Vastustaminen       | -   | 2   | -   | 2        |
| Vastaväite          | 3   | -   | 1   | 4        |
| Myöntäminen         | 2   | -   | -   | 2        |
| Jatkokehittäminen   | 4   | 6   | 3   | 13       |
| Tiedon pyytäminen   | 9   | 1   | -   | 10       |
| Tiedon antaminen    | 10  | 14  | 5   | 29       |
| Toistaminen         | 11  | 5   | 1   | 17       |
| Jatkaminen          | 4   | 5   | -   | 9        |



**Taulukko 17.** Havaitut dialogiset siirrot jokaiselle ryhmälle

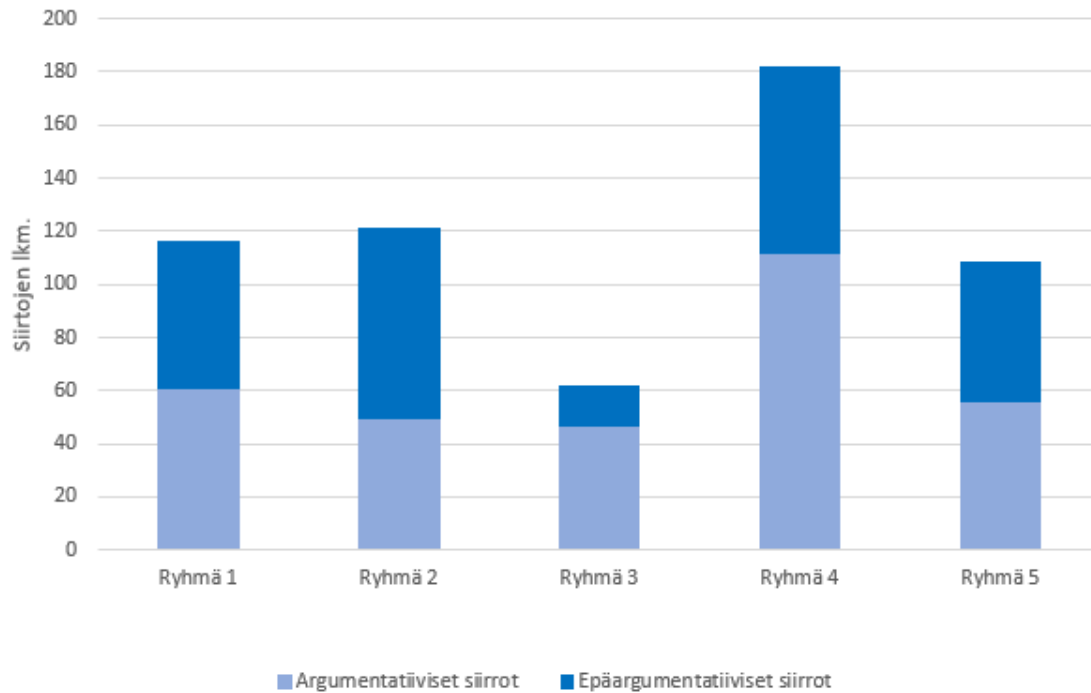
|                     | Ryhmä 1 | Ryhmä 2 | Ryhmä 3 | Ryhmä 4 | Ryhmä 5 |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Väite               | 10      | 7       | 9       | 16      | 10      |
| Väitteen pyytäminen | 15      | 11      | 7       | 26      | 9       |
| Puoltaminen         | 20      | 11      | 17      | 24      | 12      |
| Hyväksyminen        | 7       | 19      | 6       | 15      | 5       |
| Haastaminen         | 6       | 2       | 4       | 20      | 12      |
| Vastustaminen       | 1       | -       | 1       | 2       | 2       |
| Vastaväite          | -       | -       | 1       | 4       | 4       |
| Myöntäminen         | 2       | -       | 2       | 5       | 2       |
| Jatkokehittäminen   | 15      | 7       | 1       | 8       | 13      |
| Tiedon pyytäminen   | 10      | 26      | 3       | 23      | 10      |
| Tiedon antaminen    | 30      | 38      | 11      | 39      | 29      |
| Toistaminen         | 25      | 39      | 6       | 37      | 17      |
| Jatkaminen          | 7       | 5       | 2       | 2       | 9       |

neljä. Haastamisia ja vastustamisia ryhmässä ilmeni yhteensä neljätoista kappaletta, joista 13 esitti O17. Dialektiset siirrot eivät siis jakautuneen tasaisesti ryhmäläisten kesken.

Taulukossa 17 dialogiset siirrot ovat kuvattuna ryhmäkohtaisesti. Ryhmässä 4 dialogisia siirtoja esiintyi muihin ryhmiin nähden eniten. Haastamisia ja vastaväitteitä esiintyi huomattavasti enemmän ryhmissä 4 ja 5.

### 5.2.2 Dialogisten siirtojen vaikutus opiskelijoiden kehittymiseen

Kuviossa 6 on esitettynä argumentatiivisten ja epäargumentatiivisten siirtojen jakautuminen ryhmittäin. Ryhmissä 1, 2 ja 5 (matalan käsitteellisen kehityksen ryhmä, kohtalaisen käsitteellisen kehityksen ryhmä ja korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä) siirrot jakautuivat hyvin samankaltaisesti. Näissä ryhmissä argumentatiivisia siirtoja esiintyi hieman vähemmän, kuin epäargumentatiivisia. Ryhmässä 4 (korkean käsitteellisen kehityksen ryhmä) argumentatiivisia siirtoja esiintyi puolestaan hieman enemmän, kuin epäargumentatiivisia. Lisäksi argumentatiivisten siirtojen kokonaismäärä oli tässä ryhmässä huomattavasti muita ryhmiä suurempi. Ryhmässä 3 (ei havaittua käsitteellistä kehitystä) argumentatiivisia siirtoja esiintyi puolestaan huomattavasti enemmän suhteessa epäargumentatiivisiin. Joskin siirtojen kokonaismäärä jäi huomattavasti muita ryhmiä pienemmäksi. Tulokset ovat siis hieman ristiriidassa aikaisempien tutkimusten kanssa ja selkeää yhteyttä argumentatiivisten ja epäargu-

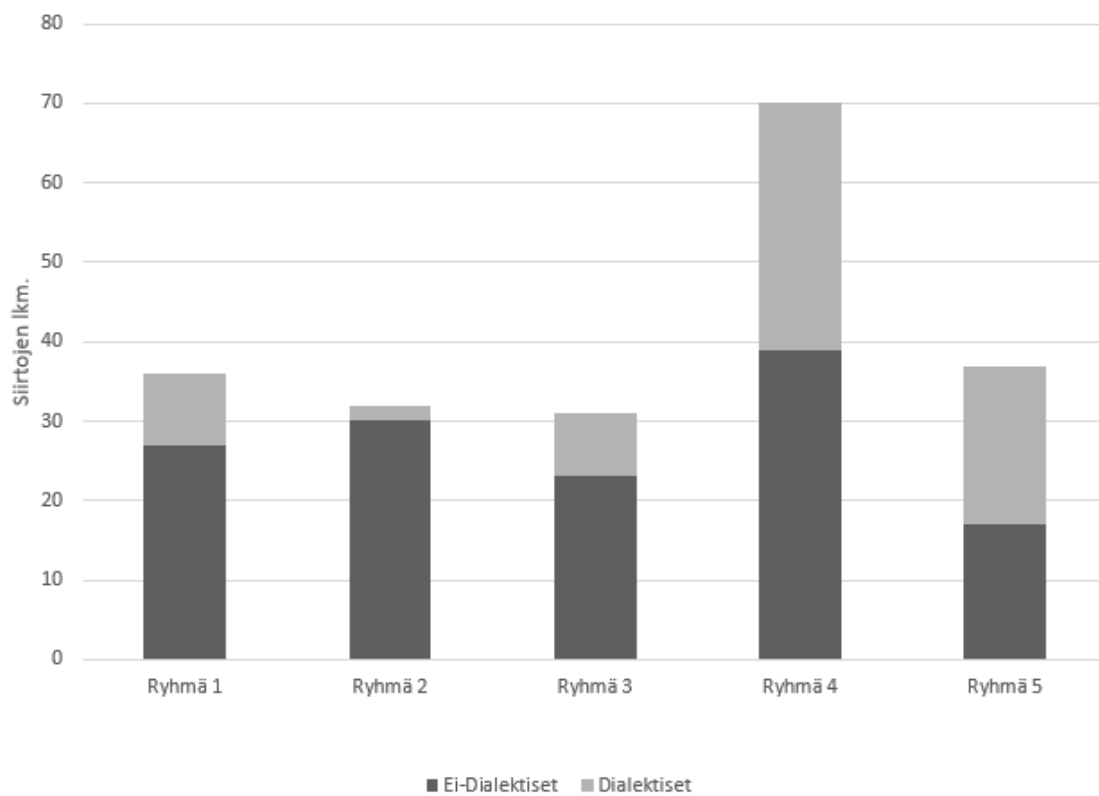


**Kuvio 6.** Argumentatiivisten ja epäargumentatiivisten siirtojen jakautuminen ryhmittäin

mentatiivisten siirtojen suhteen ja opiskelijoiden käsitteellisen kehittymisen välillä ei ole havaittavissa.

Sen sijaan dialektisten ja ei-dialektisten siirtojen jakautuminen vaikuttaisi olevan verrannollinen opiskelijoiden käsitteellisen kehittymisen kanssa (kuvio 7). Korkean käsitteellisen kehittymisen ryhmissä (ryhmät 4 ja 5) dialektisiä siirtoja esiintyi huomattavasti enemmän muihin ryhmiin verrattuna. Ryhmissä joissa käsitteellistä kehittymistä havaittiin vain vähän tai ei ollenkaan (ryhmät 1 ja 3), dialektisten siirtojen määrä jää huomattavasti vähäisemmäksi. Toistaalta kohtalaisen käsitteellisen kehityksen ryhmässä (ryhmä 2) dialektisiä siirtoja esiintyi hyvin vähän.

Kuten taulukosta 17 nähdään, vastaväitteitä tunnistettiin keskusteluista vain vähän. Näitä kuitenkin esiintyi pääasiassa vain korkean kehityksen ryhmissä (Ryhmät 4 ja 5), joten vastaväitteiden käyttö vaikuttaisi olevan yhteydessä opiskelijoiden käsitteelliseen kehittymiseen.



**Kuvio 7.** Dialektisten ja ei-dialektisten siirtojen jakautuminen ryhmittäin



## 6 Pohdinta

Tässä työssä selvitettiin opiskelijoiden ryhmätyöskentelyn aikana käyttämien dialogisten siirtojen ja argumentaation vaikutusta käsitteelliseen kehittymiseen. Dialogisten siirtojen analysoinnissa hyödynnettiin hyödynnettiin Asterhanin ja Schwarzin kehittämää koodaustapaa, joka on esitetty tarkemmin luvussa 2.3. Aineisto on koostuu litteroiduista suomalaisen yliopiston opettajaopiskelijoiden keskusteluista ryhmätyöskentelytilanteissa. Osallistujilla oli fysiikka yhtenä sivuaineena ja he olivat jo suorittaneet fysiikan peruskursseja. Samalla selvitettiin millaisia virhekäsityksiä opiskelijoilla ilmeni. Virhekäsitysten ja opiskelijoiden käsitteellisen kehittymisen tarkastelussa hyödynnettiin McDermotin & Shafferin (1992) tunnistamia virhekäsityksiä tasavirtapiireihin liittyen. Tässä työssä vastaan tulleet opiskelijoiden virhekäsitykset vastasivat hyvin heidän tunnistamia virhekäsityksiä.

### 6.1 Tulosten arviointi

Yleisimmät havaitut virhekäsitykset olivat uskomus, että paristot toimivat vakiovirran lähteinä ja vaikeudet erottaa toisiinsa liittyviä käsitteitä keskenään. Varsinkin käsitys paristoista vakiovirran lähteinä vaikutti olevan hyvin yleinen opiskelijoilla. Opiskelijat huomasivat tämän virhekäsityksen kuitenkin useimmiten jo ensimmäisen tehtävän aikana sarjaan kytkennässä, mutta saattoivat joissain tapauksissa palata siihen uudelleen myöhemmissä tehtävissä rinnankytkentöjen kohdalla. McDermott ja Shaffer ryhmittelivät nämä virhekäsitykset luokkaan "kyvyttömyys soveltaa virallisia käsitteitä virtapiireihin". [34]

Kolmas usein esille tullut virhekäsitys oli taipumus päätellä peräkkäisesti ja paikallisesti. Tämä tuli esiin etenkin kolmannen piirin kohdalla, jossa oli sekä rinnan että sarjaankytkettyjä lampuja. Virhekäsitys huomattiin usein ensimmäisten tehtävien jälkeen piirejä rakennettaessa ja tarkasteltaessa lamppujen kirkkauksia, jonka jälkeen virhekäsitys ei useimmissa tapauksissa esiintynyt enää uudestaan viimeisen tehtävän kohdalla, jossa opiskelijoiden tuli pohtia kytkimen sulkemisen (yhden lampun lisäämistä rinnan) vaikutusta piirin kokonaiskäyttäytymiseen. McDermott ja Shaffer

luokittelivat tämän virhekäsityksen luokkaan "kyvyttömyys perustella laadullisesti virtapiirien käyttäytymistä". Näiden virhekäsitysten ei katsota olevan puhtaasti käsitteellisiä, vaan liittyvän vaikeuksiin päätellä laadullisesti. [34]

Opiskelijoiden käsitteellistä kehittymistä arvioitiin virhekäsitysten "korjaantumisen" perusteella. Ryhmät luokiteltiin korkean käsitteellisen kehityksen, kohtalaisen käsitteellisen kehityksen, matalan käsitteellisen kehityksen tai ei havaitun käsitteellisen kehityksen ryhmiksi sen perusteella, monenko ryhmäläisen kohdalla käsitteellistä kehittymistä havaittiin. Korkeamman lähtötason omaavilla opiskelijoilla, ei välttämättä havaittu paljoa kehittymistä, sillä heillä esiintyi alunperinkin vähemmän virhekäsityksiä.

Niissä tilanteissa, joissa käsitteellistä kehittymistä ei ollut havaittavissa, ei voida välttämättä päätellä, että sitä ei ollut tapahtunut. Opiskelijat esittivät ja perustelivat ennusteitaan hyvin vaihtelevasti ja yksittäisen opiskelijan panostus tehtävien ratkaisuun tai osallistuminen keskusteluun saattoi jäädä niin vähäiseksi, että informaatio opiskelijan osaamisesta ei riittänyt hänen käsitteellisen kehityksen havainnointiin. Tätä esiintyi varsinkin viimeisessä tehtävässä, jossa osassa ryhmistä tehtävän ratkaisu suoritettiin pääosin vain tiettyjen ryhmäläisten panostuksella. Tällöin muiden ryhmäläisten kehittymisestä ei voitu tehdä johtopäätöksiä.

Työssä haluttiin myös selvittää millaisia dialogisia siirtoja opiskelijat käyttivät ja millainen dialoginen vuorovaikutus myötävaikuttaa opiskelijoiden käsitteelliseen kehittymiseen. Siirroista eroteltiin keskenään argumentatiiviset ja epäargumentatiiviset siirrot. Argumentatiivisiksi siirroiksi katsottiin ne puheenvuorot, joiden tarkoituksena oli ottaa kantaa jonkun ehdotetun kirkkausjärjestyksen uskottavuuteen joko vahvistavasti tai heikentävästi. Epäargumentatiiviset siirrot puolestaan koskivat puheenvuoroja tai kysymyksiä, jotka lisäsivät tiedon määrää keskustelussa tai pyysivät lisäinformaatiota, ilman että niiden tarkoituksena oli vaikuttaa johonkin esitettyyn väitteeseen.

Ryhmissä havaittuja siirtoja verrattiin opiskelijoiden käsitteelliseen kehittymiseen. Aiemmissa tutkimuksissa argumentatiivisilla siirroilla havaittiin olevan positiivinen vaikutus opiskelijoiden kehittymiseen. Tässä työssä tulokset jäivät kuitenkin ristiriitaisiksi. Argumentatiivisia siirtoja esiintyi eniten suhteessa epäargumentatiivisiin siirtoihin ryhmässä 3, jossa ei havaittu kehitystä yhdenkään opiskelijan kohdalla. Muissa ryhmissä argumentatiiviset ja epäargumentatiiviset siirrot jakautuivat hyvin

samankaltaisesti sekä matalan, että korkean käsitteellisen kehityksen ryhmissä. Kuitenkin hyvin kehittyneessä nelosryhmässä argumentatiivisia siirtoja esiintyi eniten suhteessa epäargumentatiivisiin.

Argumentatiiviset siirrot jaettiin vielä dialektisiin ja ei-dialektisiin siirtoihin. Dialektisessa argumentaatiossa esiintyy useampi kilpaileva väite, kun taas ei-dialektisessä keskustelussa esiintyy vain yksi väite, jonka oikeellisuudesta esitetään puheenvuoroja puolesta ja vastaan.

Dialektisten ja ei-dialektisten siirtojen jakautumisen puolestaan vaikuttaisi olevan yhteydessä opiskelijoiden käsitteelliseen kehittymiseen. Korkean käsitteellisen kehittymisen ryhmissä (ryhmät 4 ja 5) dialektisiä siirtoja esiintyi huomattavasti enemmän muihin ryhmiin verrattuna. Ryhmissä, joissa käsitteellistä kehittymistä havaittiin vain vähän tai ei ollenkaan (ryhmät 1 ja 3), dialektisten siirtojen määrä jäi huomattavasti vähäisemmäksi. Toistaalta kohtalaisen käsitteellisen kehityksen ryhmässä (ryhmä 2) dialektisiä siirtoja esiintyi hyvin vähän. Tulokset ovat siis hieman ristiriitaisia, mutta viittaisivat siihen, että dialektisen argumentaation ja käsitteellisen kehittymisen välillä on yhteys. Dialektinen argumentaatio saattaa siis edesauttaa käsitteellistä kehittymistä. Toisaalta on mahdollista että käsitteellinen kehittyminen avaa opiskelijoille mahdollisuuden parempaan dialektiseen argumentaatioon.

Mielenkiintoinen havainto on, että ryhmissä esitettyjen väitteiden määrä ei tässä tarkastelussa vaikuttanut korreloivan suoraan dialektisten siirtojen esiintymisen kanssa. Tätä selittää osin se, että usein virheelliset ehdotukset lamppujen kirkkausjärjestyksille korjattiin tai kumottiin nopeasti, jolloin pitkää dialektista keskustelua ei syntynyt. Lisäksi tilanteissa, joissa useita ehdotuksia ilmeni rinnakkain, opiskelijat tapasivat ennemmin esittää puolustuksia tiettyä ehdotusta kohtaan antamalla perusteluita sen oikeellisuudesta, kuin vastustuksia tai perusteluja, miksi toinen väite on väärin. Jos opiskelijan kommentti oltiin suunnattu tukemaan tietyn väitteen oikeellisuutta ilman suoraa kannanottoa toisen väitteen virheellisyyteen, tulkittiin nämä keskusteluyksiköt hyväksynniksi ja puolustuksiksi.

## 6.2 Tulosten luotettavuus

Käsiteltävä aineisto oli kohtalaisen laaja ja sen luokittelu tietyn mallin mukaan oli haastavaa. Tällaiseen analyysiin liittyy usein useita tulkinnanvaraisuuksia ja aineiston analyysi on tässä työssä suoritettu vain yhden henkilön toimesta, mistä johtuen virhekäsitysten ja varsinkin dialogisten siirtojen tunnistamisessa saattaa olla jonkin verran epätarkkuutta. Usean henkilön suorittamassa analyysissä voitaisiin vertaisarvioinnin avulla päästä tarkempaan konsensukseen havaituista siirroista ja näin vähentää mahdollisia virhelähteitä. Aineisto pyrittiin kuitenkin tulkitsemaan johdonmukaisesti. Tulkinnan perusteet on kuvattu työn toteutus -kappaleessa.

Tässä on huomautettava, että niissä tilanteissa, joissa käsitteellistä kehittymistä ei ollut havaittavissa, ei voida välttämättä päätellä, että sitä ei ollut tapahtunut. Opiskelijat esittivät ja perustelivat ennusteitaan hyvin vaihtelevasti ja yksittäisen opiskelijan panostus tehtävien ratkaisuun tai osallistuminen keskusteluun saattoi jäädä niin vähäiseksi, että informaatio opiskelijan osaamisesta ei riittänyt hänen käsitteellisen kehityksen havainnointiin. Tätä esiintyi varsinkin viimeisessä tehtävässä, jossa osassa ryhmistä tehtävän ratkaisu suoritettiin pääosin vain tiettyjen ryhmäläisten panostuksella. Tällöin muiden ryhmäläisten kehittymisestä ei voitu tehdä johtopäätöksiä. Haastattelujen tai lopputestien avulla voitaisiin saada tarkempi kuva opiskelijoiden kehittymisestä. Näitä ei tässä työssä kuitenkaan ollut käytössä.

## 6.3 Jatkotutkimusehdotuksia

Alku- ja lopputestien välisellä muutoksella voisi saada tarkempia tuloksia opiskelijoiden kehittymisestä. Tässä työssä käytössä oli kuitenkin vain opiskelijoiden neljästä tapaamisesta vain ensimmäinen, jolloin alku- ja lopputestien vertailu ei ollut mielekästä. Olisi myös mielenkiintoista tarkastella opiskelijoiden vuorovaikutuksen kehittymistä useamman tapaamisen aikana. Tässä työssä havaittiin yhteys ryhmässä esiintyneiden dialektisten siirtojen määrän ja opiskelijoiden kehittymisen välillä, mutta suoraa syy-seuraussuhdetta ei kuitenkaan pystytty osoittamaan. Tästä voisi saada tarkempaa kuvaa laajentamalla analyysiä useampaan tapaamiseen, jolloin opiskelijoiden argumentaation kehitystä voisi paremmin seurata, suhteessa opiskelijoiden käsitteelliseen kehittymiseen.



## Lähteet

- [1] D. R. N. P. ja O. J. ”Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms”. *Science Education* Vol.84(3) (2000), s. 287–312. DOI: 10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A.
- [2] J. Osborne. ”Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse”. *Science* 328.5977 (2010), s. 463–466.
- [3] J. Osborne ja S. Collins. ”Pupils’ views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study”. *International journal of science education* 23.5 (2001), s. 441–467.
- [4] D. Walton. *Fundamentals of critical argumentation*. Cambridge University Press, 2005, s. 1, 75–76.
- [5] S. E. Toulmin. *The uses of argument*. Cambridge university press, 2003, s. 89–100.
- [6] S. E. Toulmin. *The uses of argument*. Cambridge university press, 2003, s. 97.
- [7] E. De Vries, K. Lund ja M. Baker. ”Computer-mediated epistemic dialogue: Explanation and argumentation as vehicles for understanding scientific notions”. *The journal of the learning sciences* 11.1 (2002), s. 63–103.
- [8] J. Osborne, S. Erduran ja S. Simon. ”Enhancing the quality of argumentation in school science”. *Journal of research in science teaching* 41.10 (2004), s. 994–1020.
- [9] *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Opetushallitus, 2014, s. 20, 390–393.
- [10] P. Newton, R. Driver ja J. Osborne. ”The place of argumentation in the pedagogy of school science”. *International Journal of science education* 21.5 (1999), s. 553–576.

- [11] J. Hiltunen ym. "Recognising Articulated Reasoning in Students' Argumentative Talk in Mathematics Lessons". Teoksessa: *Proceedings of the FMSERA annual symposium*; Finnish Mathematics ja Science Education Research Association (FMSERA). 2017.
- [12] B. B. Schwarz, Y. Neuman ja S. Biezuner. "Two wrongs may make a right... If they argue together!" *Cognition and instruction* 18.4 (2000), s. 461–494.
- [13] C. S. Asterhan ja B. B. Schwarz. "Argumentation and explanation in conceptual change: Indications from protocol analyses of peer-to-peer dialog". *Cognitive science* 33.3 (2009), s. 374–400.
- [14] M. Telenius ym. "Argumentation within Upper Secondary School Student Groups during Virtual Science Learning: Quality and Quantity of Spoken Argumentation". *Education Sciences* 10.12 (2020), s. 393.
- [15] A. Larrain ym. "Counter-Arguing During Curriculum-Supported Peer Interaction Facilitates Middle-School Students' Science Content Knowledge". *Cognition and Instruction* 37.4 (2019), s. 453–482.
- [16] C. Howe ym. "Conceptual knowledge in physics: The role of group interaction in computer-supported teaching". *Learning and Instruction* 2.3 (1992), s. 161–183.
- [17] D. Walton ja F. Macagno. "A classification system for argumentation schemes". *Argument & Computation* 6.3 (2015), s. 219–245.
- [18] D. Walton, C. Reed ja F. Macagno. *Argumentation schemes*. Cambridge University Press, 2008.
- [19] F. Macagno, E. Mayweg-Paus ja D. Kuhn. "Argumentation theory in education studies: Coding and improving students' argumentative strategies". *Topoi* 34.2 (2015), s. 523–537.
- [20] V. Sampson, J. Grooms ja J. P. Walker. "Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study". *Science Education* 95.2 (2011), s. 217–257.
- [21] V. Sampson ja L. Gleim. "Argument-driven inquiry to promote the understanding of important concepts & practices in biology". *The American biology teacher* 71.8 (2009), s. 465–472.

- [22] F. Boettcher ja A. Meisert. "Argumentation in science education: A model-based framework". *Science & education* 20.2 (2011), s. 103–140.
- [23] C. S. Asterhan ja B. B. Schwarz. "The effects of monological and dialogical argumentation on concept learning in evolutionary theory." *Journal of educational psychology* 99.3 (2007), s. 626.
- [24] N. R. Council ym. *How people learn: Brain, mind, experience, and school: Expanded edition*. National Academies Press, 2000, s. 48–49, 70.
- [25] L. McDermott. "Guest Editorial: How We Teach and How Students Learn—A Mismatch?" *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education* (1997).
- [26] P. E. Hirvonen ym. "Tutkimusperustainen fysiikan opettajankoulutusohjelma-Prosessi ja nykytila". *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education* 3.6 (2015), s. 813–828.
- [27] M. Murtonen ym. *Opettajana yliopistolla: Korkeakoulupedagogiikan perusteet*. Vastapaino, 2017. Luku 4.
- [28] M. T. Chi. "Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift". *International handbook of research on conceptual change* 61 (2008), s. 82.
- [29] J. L. Docktor ja J. P. Mestre. "Synthesis of discipline-based education research in physics". *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 10.2 (2014), s. 020119.
- [30] O. Lappi. "Qualitative quantitative and experimental concept possession, criteria for identifying conceptual change in science education". *Science & Education* 22.6 (2013), s. 1347–1359.
- [31] M. Z. Hashweh. "Toward an explanation of conceptual change". *European journal of science education* 8.3 (1986), s. 229–249.
- [32] G. J. Posner ym. "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change". *Science education* 66.2 (1982), s. 211–227.
- [33] G. Zhou. "Conceptual change in science: A process of argumentation". *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 6.2 (2010), s. 101–110.

- [34] L. C. McDermott ja P. S. Shaffer. ”Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding”. *American journal of physics* 60.11 (1992), s. 994–1003.
- [35] P. V. Engelhardt ja R. J. Beichner. ”Students’ understanding of direct current resistive electrical circuits”. *American Journal of Physics* 72.1 (2004), s. 98–115.
- [36] T. Kokkonen ja T. Mäntylä. ”Changes in university students’ explanation models of dc circuits”. *Research in Science Education* 48.4 (2018), s. 753–775.
- [37] S. Hirsjärvi ym. *Tutki ja kirjoita*. Tammi, 2009, s. 160–166.
- [38] T. Mäntylä ja T. Kokkonen. ”Conceptual patterns of changes in university students’ explanations during DC-circuit tasks”. Teoksessa: International Society of the Learning Sciences, Inc.[ISLS]., 2018.