

# ARGUMENTOINTI LUONNONTIETEISSÄ JA SEN PAINOTTAMISEN MAHDOLLISUUDET LUONNONTIETEIDEN KOULUOPETUKSESSA

*Mikko Kesonen<sup>1</sup>, Jaana Herranen<sup>2</sup>, Risto Leinonen<sup>1</sup>, Mervi A. Asikainen<sup>1</sup> ja Pekka E. Hirvonen<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Fysiikan ja matematiikan laitos, Itä-Suomen yliopisto, Joensuu, Suomi

<sup>2</sup>Kemian laitos, Helsingin yliopisto, Helsinki, Suomi

<sup>3</sup>Kiteen kaupunki

**Tiivistelmä** Argumentointitaidon merkitys korostuu nykyajan tietoyhteiskunnassa. Argumentoinnin oppimiselle luonnontieteiden kouluopetus tarjoaa monia mahdollisuuksia, joiden puitteissa oppilaat voivat harjoitella erilaisten selitysmallien kriittistä arviointia kokeellisen havaintoaineiston pohjalta. Lisäksi argumentointia painottamalla voidaan tukea luonnontieteiden sisältötiedon oppimista ja välittää laaja-alaisempi kuva luonnontieteistä sekä niiden tiedonmuodostusprosesseista. Argumentoinnin avaamia mahdollisuuksia hyödynnetään toistaiseksi varsin maltillisesti luonnontieteiden opetuskäytänteissä. Tässä artikkelissa esitetään syitä miksi argumentointia tulisi painottaa enemmän luonnontieteiden kouluopetuksessa. Lisäksi artikkelissa esitellään työtapaa, jonka avulla oppilaita voidaan ohjata luonnontieteille ominaiseen argumentointiin. Artikkelin pohjautuu LUMA SUOMI -kehittämishankkeeseen Ilmiöiden ihmetyksestä fysiikan oppimiseen argumentoinnin keinoin. Hanke edistää opetussuunnitelman perusteiden (OPS 2014) toteuttamista ja luo puitteita oppijalähtöiselle luonnontieteiden kouluopetukselle tutkimusperusteisin keinoin.

**Avainsanat:** argumentointi, argumentin rakenne, luonnontieteellisen tiedon luonne

## 1. JOHDANTO

”Knowing what is wrong matters as much as knowing what is right” (Osborne, 2010, s. 463).

Arjessa agumentointi mielletään usein kahden osapuolen väliseksi kiistelyksi, jonka päätteeksi löytyy voittaja ja häviöjä. Luonnontieteissä argumentoinnilla on laajempi ja rakentavampi merkitys. Se voidaan nähdä tutkijoiden välisenä vuoropuheluna, jonka aikana jokainen ponnistelee parhaan mahdollisen selitysmallin löytämiseksi (Driver, Newton & Osborne, 2000). Jos argumentoinnin lopputuloksena jonkun osapuolen ehdottama selitysmalli osoittautuu vääräksi, kaikki osapuolet voittavat, sillä he voivat perustellusti hylätä kyseisen selitysmallin sen hetkisen tietämyksen perusteella.

Oppilaiden tulisi ymmärtää, että luonnontieteellinen tieto on vaillinaista ja kehittyvää (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002). Tiedon kehittyminen edellyttää, että olemassa olevasta tiedosta tunnistetaan puute, joka usein erottuu, kun tietoa tarkastellaan kriittisesti. Tällainen tarkastelu on olennainen osa luonnontieteellistä argumentointia, jonka kautta olemassa olevaa tietoa kehitetään entistä syvällisemmäksi ja selitysvoimallisemmaksi. Myös oppilaiden intuitiivisissa ajatusmalleissa

olevat puutteet voidaan nähdä hyödyllisenä opetusresurssina, sillä niiden käsitteleminen voi johtaa oikeamman selitysmallin oivaltamiseen ja oppilaiden argumentointitaitojen kehittymiseen (Hammer, 2000).

Argumentointi- ja kriittisen ajattelun taidot ovat jo pitkään kuuluneen yleissivistävän koulutuksen keskeisiin oppimistavoitteisiin (Freeley & Steinberg, 2014; Paul, 1992). Nämä taidot kuvaavat henkilön tietojen jäsenyysyyttä, joka on avainasemassa tulevaisuudessa tarvittavien taitojen (21st century skills) oppimisessa (Hilton & Pellegrino, 2012). Argumentointitaitojen ja kriittisen ajattelun merkitys korostuu nykyajan tietoyhteiskunnassa, jonka kansalaiset altistuvat enenemissä määrin uuden informaation (ja disinformaation) mukanaan tuomille vaikuttamisyrityksille (Kurki & Tomperi, 2011). Niinpä tiedon ja sen esitystavan arvioiminen on entistä tärkeämpi taito, jonka kehittämiseksi luonnontieteiden kouluopetus luo hyvät, jos kohta maltillisesti hyödynnetyt, puitteet.

Viimeisen 20 vuoden aikana oppilaiden argumentointitaitoihin on kiinnitetty enenevässä määrin huomiota luonnontieteen opetuksen kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa (Erduran, Ozdem & Park, 2015). Myös suomalaiset perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet korostavat argumentointia ja kriittisen ajattelun taitoja laaja-alaisissa osaamistavoitteissa.

*Ajattelu ja oppiminen: Oppilaita ohjataan käyttämään tietoa itsenäisesti ja vuorovaikutuksessa toisten kanssa ongelmanratkaisuun, argumentointiin, päättelyyn ja johtopäätösten tekemiseen sekä uuden keksimiseen. Oppilailla tulee olla mahdollisuus analysoida käsillä olevaa asiaa kriittisesti eri näkökulmista (Opetushallitus, 2014, s. 20).*

Oppilaiden argumentointitaitojen kehittäminen kuuluu muun muassa fysiikan ja kemian opetustavoitteisiin eräänä arvioinnin kohteena.

*Argumentointitaidot ja tietolähteiden käyttäminen: Opetuksen tavoite on ohjata oppilasta käyttämään ja arvioimaan kriittisesti eri tietolähteitä sekä ilmaisemaan ja perustelemaan erilaisia näkemyksiä fysiikalle/kemialle ominaisella tavalla (Opetushallitus, 2014, s. 393/398).*

Myös maantiedon arvioinnin kohteissa argumentointi on nostettu esille.

*Ryhmässä työskentelyn ja argumentoinnin taidot: Opetuksen tavoite on tukea oppilasta kehittämään vuorovaikutus- ja ryhmätöitä sekä argumentoimaan ja esittämään selkeästi maantieteellistä tietoa (Opetushallitus, 2014, s. 388).*

Jotta argumentointi voidaan huomioida luonnontieteiden kouluopetuksessa, on tärkeää ymmärtää mistä argumentoinnissa on kyse, miten se näyttäytyy luonnontieteissä ja millainen merkitys sillä on luonnontieteellisen tiedon muodostuksessa. Tässä artikkelissa vastataan näihin kysymyksiin. Lisäksi käsitellään menetelmiä, joiden avulla oppilaiden argumentointitaitojen kehittymistä voidaan tukea luonnontieteiden kouluopetuksessa.

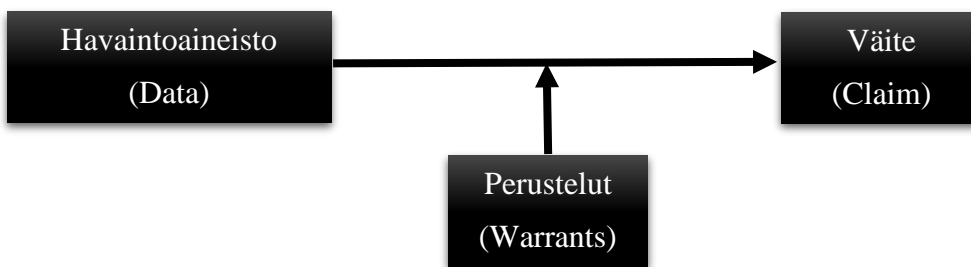
## **2. ARGUMENTOINTI JA KRIITTINEN AJATTELU**

Tieteellinen argumentointi voidaan nähdä tiedeyhteisön yhteispeliksi, ajattelu- ja kommunikointitavaksi, joka tähtää jatkuvasti tarkentuvan tieteellisen tiedon muodostamiseen (Driver *et al.*, 2000). Argumentoidessa luonnontieteilijät esittävät perusteluita väittämiä, *argumentteja*, luonnonilmiöistä ja tarkastelevat niitä kriittisesti (Newton, Driver, & Osborne, 1999). Kriittisyys ei

tässä yhteydessä tarkoita kielteistä suhteutumista uusiin ideoihin, vaan avoimuutta arvioida niitä monipuolisesti. Kriittisyys sisältää halun omaksua kattavat tiedot ideoiden arviointia varten ja valmiutta oman ajattelun korjaamiselle sekä uusien oivallusten tekemiselle. (Hyytinen, 2015; Kurki & Tomperi, 2011) Kriittisesti ajatteleva luonnontieteilijä antaa uudelle idealle mahdollisuuden ja arvioi, mitkä tekijät tukevat sen toteutumista. Tällainen pohdinta on itsessään argumentointia, jos sillä on argumentille ominainen rakenne.

### 3. ARGUMENTIN RAKENNE

Yleisesti argumentti voidaan nähdä perusteltuna väittämänä, joka pelkistetysti koostuu väitteestä (*claim*), perusteluista (*warrants*) ja viittauksista väitettä tukevaan havaintoaineistoon (*data*) (Osborne, Erduran, Simon & Monk, 2001), kuten esitetty Kuvassa 1.



**Kuva 1:** Pelkistetty malli argumentista (Osborne *et al.*, 2001).

Tarkastellaan seuraavaksi alla esitettyä esimerkkiargumenttia.

*”Ihminen on aiheuttanut ilmaston lämpenemisen. Ihmisen käynnistämän teollistumisen myötä hiilidioksidin määrä ilmakehässä on kasvanut. Lisääntynyt hiilidioksidin määrä edistää auringon säteilyenergian sitoutumista ilmakehään, mikä nostaa sen lämpötilaa.”*

Esimerkkiargumentin väite on ”Ihminen on aiheuttanut ilmaston lämpenemisen”. Väite on kantaa ottava ilmaus, eräänlainen johtopäätös, joka paljastaa millaiseen lopputulokseen argumentoija on päätenyt. Vaikka väite esitetään esimerkkiargumentissa ensimmäisenä, se yleensä muotoutuu huolellisen ja monitahoisen tarkastelun ja päättelyn lopputulemana, eikä usein ole ensimmäinen ajatus, joka tulee luonnontieteilijän mieleen.

Väitettä tukevaan havaintoaineistoon viitataan esimerkkiargumentin kohdassa ”Ihmisen käynnistämän teollistumisen myötä hiilidioksidin määrä ilmakehässä on kasvanut”. Havaintoaineisto on voinut koostua kokeellisista mittaustuloksista tai aikaisemmin kirjoitetuista raporteista ja selvityksistä, joissa on tarkasteltu ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta teollistumisen jälkeen. Luonnontieteissä havaintoaineisto on jotain sellaista, joka ilmentää luonnossa havaittavaa säännönmukaisuutta, joka voidaan todentaa havaittajasta riippumatta.

Hiilidioksidipitoisuuden mittaustulokset eivät kuitenkaan yksin tee väitteestä argumenttia vaan lisäksi tarvitaan *perusteluja*, jotka selventävät millaisen päättelyn lopputulemana havaintoaineisto tukee argumentissa esitettyä väitettä. Esimerkkiargumentin perustelu on ”Lisääntynyt hiilidioksidin

*määrä edistää auringon säteilyenergian sitoutumista ilmakehään, mikä nostaa sen lämpötilaa*”. Perusteluissa havaintoaineistoa tarkastellaan aikaisemmin tunnustetun tiedon pohjalta pyrkimyksenä löytää paras mahdollinen selitysvaihtoehto luonnon käyttäytymisessä havaitulle säännönmukaisuudelle.

#### **4. ARGUMENTOINTI JA LUONNONTIETEELLISEN TIEDON LUONNE**

Argumentointi kuuluu kaikkiin luonnontieteellisen tutkimuksen vaiheisiin aina tutkimuksen suunnittelusta ja tutkimustulosten raportointiin saakka (Osborne, 2010). Kun tutkijat pohtivat kuinka lähestyä tutkimusongelmaa, he joutuvat tekemään valintoja esimerkiksi eri mittausmenetelmien välillä. Näiden valintojen perusteita tarkastellaan tutkimusryhmien tapaamisissa, tiedeyhteisön kokouksissa ja tutkimusraportin vertaisarviointivaiheessa. Yhteisöllisen tarkastelun lopputuloksena pyritään muun muassa tunnistamaan tehtyjen valintojen asettamat rajoitukset tutkimuksesta saadulle tiedolle. Rajoitukset tunnistamalla pyritään syvällisesti ymmärtämään, mitä tutkimustulokset oikeastaan kertovat, mitä niistä voidaan päätellä ja miten niitä voidaan soveltaa. Tällaisessa tiedonmuodostusprosessissa argumentointi on keskeinen ajattelu- ja kommunikointitapa, joka on merkittävästi vaikuttanut siihen, millaiseksi luonnontieteellinen tieto on kehittynyt. Argumentoinnin myötä luonnontieteet ovat kehittyneet itseään korjaten: Luonnon säännönmukaisuuksia heikosti kuvaavat ideat ja selitysmallit on hylätty parempien tieltä. Osin tästä syytä luonnontieteellinen tieto on varsin pitkälle kehittyntä ja laajalti hyödynnettävissä ihmiskunnan hyväksi.

Argumentoinnin avulla voidaan tunnistaa luonnontieteellisen tiedon reunaehdoja, joiden tunteminen on olennainen osa luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärtämistä. Seuraavaksi tarkastelemme alla esitettyjä reunaehdoja.

- Luonnontieteellinen tieto on ihmisyhteisön muodostamaa (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994).
- Luonnontieteellinen tieto on vaillinaista siinä mielessä, että se kuvaa rajallisen joukon luonnonilmiöitä ja voi nojautua epävarmoihin oletuksiin (Lederman & O'Malley, 1990).

Näitä reunaehdoja kuvataan tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

##### **4.1. Luonnontieteellinen tieto muodostuu yhteisöllisen argumentoinnin tuloksena**

Uusi luonnontieteellinen tieto esitetään pääsääntöisesti tieteellisissä artikkeleissa. Ennen artikkelien julkaisemista ne vertaisarvioidaan, jonka aikana muutama tiedeyhteisön jäsen tarkastelee niitä kriittisesti. Vertaisarvioinnin perusteella artikkeli voidaan hyväksyä tai hylätä. Hyväksymisen jälkeen artikkeli julkaistaan, ja tiedeyhteisön jäsenet pääsevät arvioimaan artikkeleissa esitettyjä argumentteja. Tarvittaessa muut tutkijat voivat toistaa artikkelissa kuvatun tutkimuksen nähdäkseen päätyvätkö he samaan lopputulokseen. Jos lopputulos poikkeaa merkittävästi, voidaan aikaisemmassa artikkelissa esitetty argumentti perustellusti kyseenalaistaa, ja ehdottaa erilaista, lopputulokseen paremmin sopivaa selitysmallia. Eri selitysmallien vahvuuksia ja heikkouksia voidaan tarkastella uusissa tutkimuksissa, esimerkiksi erilaisten aineistonkeruumenetelmien avulla, kunnes sen hetkiseen tutkimusnäyttöön parhaiten sopiva selitysmalli erottuu. Tämä selitysmalli yleensä vakiinnuttaa

asemansa tiedeyhteisössä, ja tiedeyhteisön sisällä muodostuu yhteisymmärrys siitä, että kyseinen selitysmalli on paras mahdollinen vaihtoehto tarkasteltavan ilmiön selittämiseksi. Yhteisymmärryksen muodostamiseen osallistuu laaja joukko tutkijoita, mikä tekee luonnontieteellisestä tiedosta yhteisöllisesti muodostettua. (Williams, 2011)

#### **4.2. Luonnontieteellinen tieto on vaillinaista**

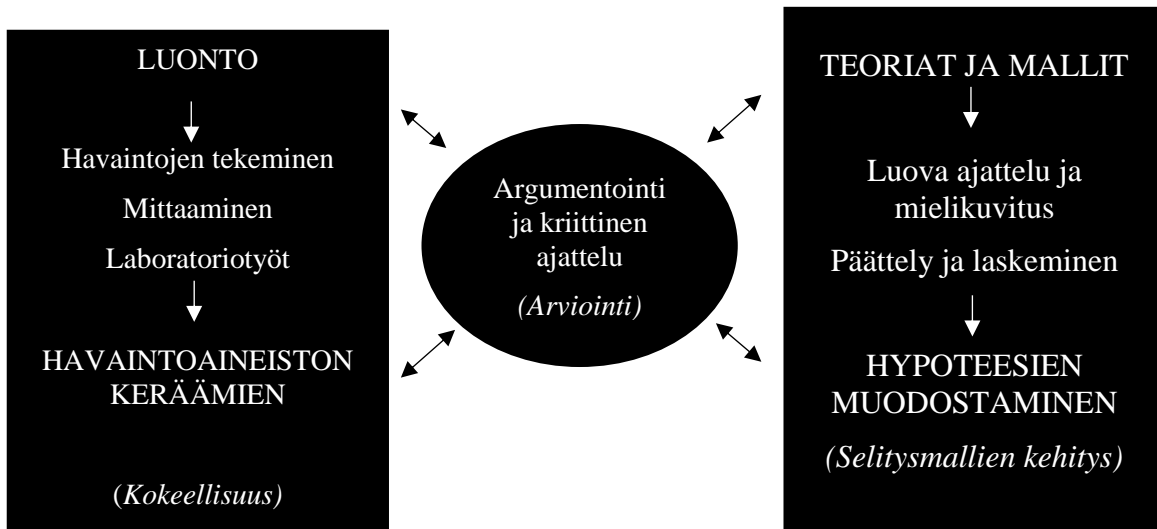
Luonnontieteellistä tietoa muodostettaessa tutkijat pyrkivät löytämään mahdollisimman uskottavan päättelyketjun havaintoaineiston ja argumentin väitteen välille. Tällaisen päättelyketjun muodostamiseksi tutkijat tarkastelevat havaintoaineistoa jonkin *teorian (mallin, olettamusten, ennakkotietojen, yms.)* ohjaamana. Teoriasta saadaan argumentille *perustelut*, joiden avulla havaintoaineistosta voidaan loogisesti päätellä argumentissa esitetty väite (ks. Kuva 1). Niinpä teorian valinta ja siihen sisältyvät oletukset vaikuttavat olennaisesti luonnontieteellisen tiedon sisältöön ja sen laatuun. Usein teorian kaikkia oletuksia ei voida inhimillisen käsitys- ja havaitsemiskyvyn puitteissa varmistaa, vaan osa niistä jää eräänlaisiksi ”aukoiksi”, joita tutkijat pyrkivät täyttämään myöhemmissä tutkimuksissaan. Näiden aukkojen vuoksi luonnontieteellinen tieto on vaillinaista.

Esimerkiksi Isaac Newtonin gravitaatioteoria perustuu ajatukseen, jonka mukaan kahden kappaleen välinen voimavuorovaikutus tapahtuu viiveettömästi eli äärettömän nopeasti. Tämä oletamus herätti ihmetystä jo Newtonin aikakaudella 1600-luvulla (Renn & Schemmel, 2012). Tästä huolimatta Newtonin gravitaatioteorian avulla pystyttiin kohtalaisen tarkasti ennustamaan taivaankappaleiden liike, ja siitä tuli tiedeyhteisön hyväksymä teoria sadoiksi vuosiksi, kunnes Albert Einstein osoitti Newtonin oletuksen puutteelliseksi 1900-luvun alussa. Puutteellinen oletus ei kuitenkaan tehnyt Newtonin gravitaatioteoriasta käyttökelvotonta, sillä se tarjoaa kohtalaisen tarkan laskennallisen työkalun taivaankappaleiden liikkeen tarkasteluun vielä tänäkin päivänä (Young & Freedman, 2004). Niinpä luonnontieteellinen tieto, esimerkiksi Newtonin gravitaatioteoria, voi vaillinaisenaakin olla hyödyllinen ja kuvata luonnon käyttäytymistä tietyn tarkkuuden ja pätevyysalueen rajoissa. Näiden rajojen tunteminen on olennainen osa luonnontieteellisen tiedon ymmärtämistä.

### **5. ARGUMENTOINTI LUONNONTIETEELLISEN TUTKIMUKSEN PERUSTOIMINTO**

Kuva 2 esittää pelkistetyn mallin luonnontieteellisen tutkimuksen peruselementeistä. Luonnontieteet ovat kokeellisia tieteenaloja, joissa luontoa havainnoimalla, mittaamalla ja tekemällä kontrolloituja laboratoriokokeita saadaan tietoa luonnon käyttäytymisestä (ks. Kuva 2). Kokeellisten havaintojen lisäksi luonnontieteellisessä tutkimuksessa muodostetaan teoreettisia selitysmalleja luonnon käyttäytymisen ymmärtämiseksi. Näiden mallien muodostamisessa tutkijat hyödyntävät mielikuvitusta, luovaa ajattelua ja päättelyä ja matemaattisia taitoja sekä olemassa olevaa luonnontieteellistä tietoa (oikea puoli, Kuva 2). Muodostettujen mallien avulla voidaan laatia ennusteita, joiden toteutumista *arvioidaan* vertaamalla niitä luonnon käyttäytymistä kuvaavaan havaintoaineistoon (keskiosa, Kuva 2). Tavoitteena on ymmärtää missä määrin muodostettu malli ja siihen kuuluvat ideat ja oletukset selittävät luonnossa havaittavat säännönmukaisuudet.

Kokeellisuus, teoreettiset mallit ja niitä yhdistävä argumentointi voidaan nähdä luonnontieteellisen tutkimuksen peruselementteinä, joita tarvitaan luontoa kuvaavan tieteellisen tiedon muodostamiseen ja sen kehittämiseen.



**Kuva 2:** Yksinkertaistettu kuvaus luonnontieteellisen tutkimuksen peruselementeistä (Suomennos mukailen (Giere, 1991))

## 6. ARGUMENTOINTI LUONNONTIETEIDEN KOULUOPETUKSESSA

On syytä huomata, että argumentointi luonnontieteissä ja luonnontieteiden opettamisessa poikkeaa toisistaan ainakin kahdella tapaa. Luonnontieteissä tutkijat argumentoivat pyrkien löytämään ratkaisuja monimutkaisiin tutkimusongelmiin. Sen sijaan koulussa argumentoinnin kohteina ovat luonnontieteiden (usein yksinkertaistetut) oppisisällöt (Driver *et al.*, 2000). Lisäksi oppilaiden tiedot ja -taidot ovat tutkijoiden tietoja ja taitoja huomattavasti vaatimattomammat, minkä vuoksi heidän argumenttinsa ovat yksinkertaisempia. Yhteistä tutkijoiden ja oppilaiden argumentoinnille on se, että uutta tietoa muodostetaan havaintoaineistoon pohjautuen eri selitysvaihtoehtoja kriittisesti tarkastelemalla. Tällainen tiedonmuodostus edellyttää oppijalta aktiivista uuden ja aikaisempien tietojen prosessointia, minkä on havaittu tukevan luonnontieteiden oppimista (Osborne, 2010).

Perinteisessä luonnontieteiden kouluopetuksessa oppilailla on yleensä vähän mahdollisuuksia osallistua luonnontieteille ominaiseen argumentointiin (Newton *et al.*, 1999; Osborne *et al.* 2001). Käytännössä tämä näkyy siten, että oppilailla on harvoin mahdollisuuksia muodostaa erilaisia, havaintoaineistoon perustuvia selitysmalleja tarkasteltavasta luonnonilmiöstä ja arvioida, mikä malleista parhaiten vastaa ilmiön käyttäytymistä.

Eräs syy näiden mahdollisuuksien vähyyteen on luonnontieteiden opetuksen tavoitteissa. Perinteisesti opetustavoitteissa korostuvat luonnontieteiden sisältötieto, eli *mitä luonnontieteissä tiedetään*. Sen sijaan vähemmän tavoiteltu opetustavoite on luonnontieteellisen tiedonmuodostuksen ymmärtäminen, eli *miten tieto muodostetaan luonnontieteissä*. (Newton *et al.*, 1999) Kun opetus tähtää siihen, mitä luonnontieteissä tiedetään, on luontevaa, että se nojautuu tietokirjamaisiin oppikirjoihin. Monesti näissä oppikirjoissa oikeaksi osoitettu selitysmalli esitetään faktatietona, jonka opettamiseksi opettaja esittää esimerkkejä ja demonstraatioita sekä teettää oppilailla reseptinomaisia



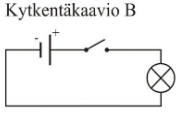
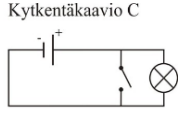
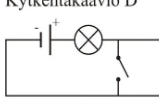
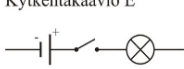
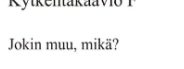
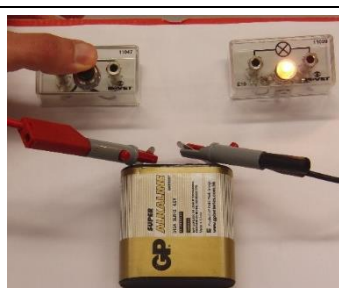
laboratoriotöitä. Tällainen opetus ohjaa harvoin oppilaita eri selitysvaihtoehtojen kriittiseen arviointiin ja näiden arvioiden yhteisölliseen tarkasteluun, mikä olennaisesti vastaa luonnontieteille ominaista argumentointia.

Argumentointia painottava luonnontieteiden opetus tähtää sisältötiedon oppimisen lisäksi luonnontieteellisen tiedonmuodostuksen ymmärtämiseen (Driver *et al.*, 2000). Nämä kaksi opetustavoitetta voivat tukea toisiaan, mistä osoituksena argumentointia painottamalla on pystytty syventämään oppilaiden ymmärrystä luonnontieteiden sisältötiedosta ja luonnontieteellisen tiedon muodostumisesta (Osborne, 2010). Lisäksi argumentoinnin painottaminen on tukevan oppilaiden kriittisen ajattelun ja keskustelutaitojen kehittymistä (Rapanta, Garcia-Mila, & Gilabert, 2013), mitkä ovat avainasemassa tulevaisuudessa tarvittavien taitojen (21st century skills) oppimiselle (Hilton & Pellegrino, 2012).

### 6.1. Oppilaat argumentoimaan tehtävien avulla – esimerkki sähköopinista

Luonnontieteiden kouluopetuksessa argumentointia voi painottaa esimerkiksi erilaisten tehtävien avulla. Usein nämä tehtävät ohjaavat oppilaita joko argumenttien muodostamiseen tai valmiiksi annettujen argumenttien arvioimiseen (Osborne *et al.*, 2001).

Kuvassa 3 on esitetty esimerkkitehtävä, joka ohjaa oppilasta argumentin muodostamiseen tasavirtapiirien toiminnasta. Tehtävässä oppilaat katsovat videon, josta he näkevät virtapiiriin kuuluvat komponentit ja miten niiden toiminta muuttuu, kun virtapiiri suljetaan tai sitä muutetaan jotenkin muuten. Oppilaat eivät kuitenkaan näe, miten virtapiiriin komponentit on kytketty toisiinsa, ja heidän tehtävä on päätellä mikä kytkentäkaavioista A-F parhaiten vastaa videossa esitettyä piiriä. Lisäksi oppilaita pyydetään perustelemaan vastauksensa ja selittämään, miksi muut kytkentäkaaviot eivät voi vastata videolla esitettyä virtapiiriä.

<p>Suljettu virtapiiri koostuu johdoista, patterista ja lampusta ja kytkimestä.</p>		<p>Mikä alla olevista kytkentäkaavioista kuvaa videon virtapiiriä?</p> <p>KytKentäkaavio A  KytKentäkaavio B  KytKentäkaavio C </p> <p>KytKentäkaavio D  KytKentäkaavio E  KytKentäkaavio F </p> <p>Jokin muu, mikä?</p> <p>Perustele vastauksesi.</p> <p>Miksi muut kytkentäkaaviot eivät vastaa virtapiiriä?</p>
<p>Kun kytkin suljetaan, lamppu syttyy palamaan.</p>		

**Kuva 3:** Argumentointia painottavan sähköopin tehtävä (Suomennos (Leinonen, Kesonen & Hirvonen, 2016).

Esimerkkitehtävän oikea vastaus on Kytkenäkaavio B, koska siinä kytkimen sulkemisen myötä muodostuu yksinkertainen suljettu virtapiiri, jossa sähkövirta kulkee lampun läpi. Muissa kytkenäkaaviossa ei muodostu suljettua virtapiiriä tai kytkimen sulkeminen ei selitä lampun syttymistä.

Argumentoinnin näkökulmasta esimerkkitehtävä ohjaa oppilasta argumentin muodostamiseen. Kun oppilas valitsee kytkenäkaavion, hän muodostaa argumentin väitteen. Kytkenäkaavion valinnan pitäisi perustua oppilaan havaintoihin virtapiiristä ja sen toiminnasta. Nämä havainnot muodostavat havaintoaineiston, johon pohjautuen oppilas voi päätellä, mikä kytkenäkaavioista parhaiten kuvaa tarkasteltavaa virtapiiriä. Päätellessään oppilas hyödyntää niitä tietoja, joita voidaan kutsua argumentin perusteluksi. Esimerkiksi tieto siitä, että virtapiirin tulee olla suljettu, jotta siinä kulkee sähkövirta, voidaan nähdä argumentin perusteluna.

Esimerkkitehtävän avulla opettaja voi saada arvokasta tietoa oppilaiden osaamisesta tasavirtapiirejä käsittelevästä fysiikan sisältötiedosta. Esimerkiksi, jos oppilaat eivät tiedä, että vain suljettuun virtapiiriin muodostuu sähkövirta, he voivat väittää, että Kytkenäkaavio E kuvaa virtapiirin toimintaa. Oppilaat voivat perustella väitteensä sanomalla, ”kun kytkin suljetaan, sähkö pääsee paristosta lampuun ja lamppu syttyy”. Tällainen argumentti osoittaa, että oppilaat ovat tehneet oikeat havainnot piirin toiminnasta, mutta he eivät ymmärrä, ettei sähkövirta kulje avoimessa virtapiirissä. Tällaisten vastauksen jälkeen opettajalle paljastuu, millaisia tiedollisia puutteita oppilailla on, ja mihin asioihin hänen kannattaa seuraavilla oppitunneilla keskittyä.

Sisältötiedon lisäksi tällaisten tehtävien avulla opettaja saa tietoa oppilaiden argumentointitaitoista. Opettaja voi esimerkiksi kiinnittää huomiota, missä määrin oppilaiden perusteluissa viitataan videosta tehtäviin havaintoihin. Jos havaintoihin ei ole viitattu ollenkaan, kieli se siitä, ettei oppilas ymmärrä sitä, että havaintoaineistoon viittaaminen kuuluu olennaisena osana väitteiden perustelukulttuuriin luonnontieteissä. Tämä taas voi viestiä siitä, että oppilas näkee luonnontieteet oppiaineena, jossa oikean vastauksen esittäminen on tärkeämpää kuin kokonaisvaltaisen ymmärryksen saavuttaminen.

Kokonaisuutena argumentointia painottavat tehtävät ovat usein oivallinen tapa toteuttaa oppilaiden jatkuvaa arviointia sekä luonnontieteiden sisältötiedon että tiedon muodostamiseen liittyvien tavoitteiden osalta.

## 7. YHTEENVETO

Argumentoinnilla on keskeinen merkitys luonnontieteellisen tiedon muodostuksessa. Se kuvaa ajattelu- ja kommunikointitapaa, jonka avulla luonnontieteilijät pyrkivät tunnistamaan ne ideat ja selitysmallit, jotka parhaiten kuvaavat luonnon säännönmukaisuuksia. Luonnontieteiden kouluopetuksessa argumentointia painottamalla voidaan tukea luonnontieteiden sisältötiedon oppimista, tiedon muodostuksen ymmärtämistä ja kriittisen ajattelun ja vuorovaikutustaitojen kehittymistä.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa argumentointi näkyy useiden luonnontieteiden oppimistavoitteissa. Lisäksi luonnontieteiden opetuksen tavoitteisiin kuuluu luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärtäminen ja luonnontieteille ominaisen ajattelutavan omaksuminen. Fysiikan ja kemian tapauksissa nämä opetustavoitteet näkyvät seuraavasti: *Opetuksen tavoitteena on ohjata*



oppilasta hahmottamaan luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa (Opetushallitus, 2014, s. 390/395). Biologiassa näihin opetustavoitteisiin viitataan näin: Opetuksen tavoitteena on ohjata oppilasta kehittämään luonnontieteellistä ajattelutaitoa sekä syy- ja seuraussuhteiden ymmärtämistä (Opetushallitus, 2014, s. 380). Nämä opetuksen tavoitteet tulevat vahvasti huomioiduksi, kun opetuksessa painotetaan argumentointia siten, että oppilailla on mahdollisuus muodostaa ja arvioida erilaisia väittämiä kokeellisen havaintoaineiston pohjalta. Tällaiset mahdollisuudet näyttävät tukevan viimeisimmän opetussuunnitelmauudistuksen linjaa, jonka mukaan luonnontieteiden opetuksen painopistettä tulisi siirtää tiedon muodostuksen ymmärtämisen suuntaan. Tämä näkyy muun muassa vähentyneenä opetettavan sisältötiedon määränä, esimerkiksi fysiikassa, ja argumentoinnin ja tiedon luonteen sekä sen muodostamisen ymmärtämisen korostumisena luonnontieteen opetuksen tavoitteissa. Niinpä monia opetussuunnitelmanperusteiden tavoitteita voidaan saavuttaa ohjaamalla oppilaita osallistumaan luonnontieteille ominaiseen argumentointiin.

Argumentoinnin laajamittaisemman hyödyntämisen tukemiseksi LUMA SUOMI -hankkeessa *Ilmiöiden ihmetyksestä fysiikan oppimiseen argumentoinnin keinoin*<sup>1</sup> kehitetään työtapoja ja materiaaleja oppilaiden argumentoinnin lisäämiseksi (Kesonen, 2015). Lisäksi hankkeen puitteissa levitetään tietoa opettajille, jotta he saisivat monipuolisemmat valmiudet argumentoinnin hyödyntämiselle ympäristöopin ja luonnontieteiden kouluopetuksessa.

## LÄHTEET

- Driver, R., Asoko, H., Leach, L., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23, 5-12.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classroom. *Science Education*, 84, 287-312.
- Erduran, S., Ozdem, Y., & Park, J. (2015). Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998-2014. *International Journal of STEM education*, 2(5).
- Freeley, A. J., & Steinberg, D. L. (2014). *Argumentation and debate: critical thinking for reasoned decision making, 13th edition*. Boston: Nelson Education, Ltd.
- Giere, R. N. (1991). *Understanding Scientific Reasoning (3. painos)*. Forth Worth, TX: Holt: Rinehart & Winston.
- Hammer, D. (2000). Student resources for learning introductory physics. *American Journal of Physics*, 64.
- Hilton, M. L., Pellegrino, J. W., Century, C. o., Assessment, B. o., & Education, B. o. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Hyytinen, H. (2015). *Looking beyond the obvious: theoretical, empirical and methodological insights into critical thinking*. Helsinki: Unigrafia.

---

<sup>1</sup> Linkki hankemateriaaleihin: <https://peda.net/p/mikko.kesonen/iifoakl>

- Kesonen, M. (2015, 1 1). *Ilmiöiden ihmetyksestä fysiikan oppimiseen argumentoinnin keinoin*. Retrieved from Itä-Suomen yliopiston LUMA-keskus: <http://www.uef.fi/web/luma/ilmioiden-ihmetyksesta-fysiikan-oppimiseen-argumentoinnin-keinoin>
- Kurki, L., & Tomperi, T. (2011). *Väittely opetusmenetelmänä - kriittisen ajattelun, argumentaation ja retoriikan taidot käytännössä*. . Tampere: Eurooppalaisen filosofian seura ry / niin & näin.
- Lederman, N. G., & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: development, use, and sources of change. *Science education*, 74(2), 225-239.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research In Science Teaching*, 39, 497-521.
- Leinonen, R., Kesonen, M. P., & Hirvonen, P. E. (2016). Hidden circuits and argumentation. *Physics Education*, 51(6).
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 573-576.
- Opetushallitus, 2. (2017, 2 23). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Retrieved from Opetushallitus: [http://www.oph.fi/saadokset\\_ja\\_ohjeet/opetussuunnitelmien\\_ja\\_tutkintojen\\_perusteet/perusopetus](http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/opetussuunnitelmien_ja_tutkintojen_perusteet/perusopetus)
- Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328, 463-466.
- Osborne, J., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, 82.
- Paul, R. (1992). *Critical thinking: what every person needs to survive in a rapidly changing world*. Michigan: Foundation for Critical Thinking.
- Rapanta, C., Garcia-Mila, M., & Gilabert, S. (2013). What is meant by argumentative competence? An integrative review of methods of analysis and assessment in education. *Review of Educational Research*, 83, 483-520.
- Renn, J., & Schemmel, M. (2012). Theories of Gravitation in the Twilight of Classical Physics. In C. Lehner, J. Renn, & M. Schemmel, *Einstein and the Changing Worldviews of Physics* (pp. 1-22). Boston.
- Rubba, P. A., Horner, J., & Smith, J. M. (1981). A study of two misconceptions about the nature of science among junior high school students. *School science and Mathematics*, 221-226.
- Williams, J. D. (2011). *How Science Works: Teaching and Learning in the Science Classroom*. New York: Continuum International Publishing Group.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2004). *University Physics with Modern Physics*. San Francisco: Pearson.