

# **Lämpöopin käsitteistön käyttö perusopetuksessa**

Matti Hakkarainen

Pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos

1.6.2012

Ohjaaja: Jouni Viiri

## Tiivistelmä

**Tausta ja ongelmat:** Tekemäni kandidaatin tutkinto ja aikaisemmat tutkimukset osoittivat, että lämpöopissa on monia mielenkiintoisia ongelmia tuottavia aiheita, kuten käsitteiden käyttö ja niiden hankaluudet. Kyseiset havainnot innoittivat siirtymään kentälle tutkimaan opettajien puhetta ja lämpöopin käsitteiden käyttöä.

**Menetelmä ja tulokset:** Kahden opettajan, kokeneen (vakituinen opettaja) ja kokemattoman (harjoittelija) oppituntien videointi, kaikille tilanteisiin osallistuneille opettajille (kokenut, kokematon ja hänen ohjaajansa) jaetut kysymyslomakkeet ja kokemattoman opettajan oppilailta oppilastöistä saadut työkortit olivat analysoitavat materiaalit. Materiaaleista tutkittiin puheen yksikäsitteisyyttä, yksinkertaisuutta ja dialogista avaamista (eng. opening up) sekä auktoritatiivista sulkemista (eng. closing down) käsitteiden opettamisen yhteydessä. Tarkasteltiin myös käsitteiden käytön ajallista ja määrällistä esiintyvyyttä oppitunnilla sekä oppilaiden vastauksia oppilastöihin liittyviin kysymyksiin.

**Päätelmät:** Tuloksista paljastui, että vähemmän tutkittu käsitepari lämpö ja lämpöenergia olivat jokaisella opettajalla käytössä synonyymeina tai sekaantunut toisiinsa eli kyseisten käsitteiden osalta puhe ei ollut yksikäsitteistä. Aikaisemmat tutkimukset antoivat ymmärtää, että lämpö ja lämpötila ovat erittäin paljon ongelmia tuottava pari, mutta tässä tutkimuksessa ei havaittu ainoatakaan selkeää ongelmaa niiden kesken. Toinen huomattava tulos oli se, että kokenut opettaja hallitsee oppilaiden ongelmakohtien löytämisen (dialoginen avaaminen ja lähikehityksen vyöhykkeet) ja niissä ohjaamisen (auktoritatiivinen sulkeminen), kun taas kokematon opettaja löysi ongelmakohtia, mutta ohjaus niissä oli melko pinnallista tai vajaata. Kokenut opettaja puuttuu ongelmaan heti tunnilla ja kokematon sanoi tunnin jälkeen, mihin olisi voinut puuttua. Tähän asiaan voisi kiinnittää enemmän huomiota opettajankoulutuksessa ja rohkaista opettajia puuttumaan heti (saman tunnin aikana) havaittuihin ongelmakohtiin. Merkittävä havainto oli myös se, että oppilaat eivät oppilastöiden tarkistuksessa huomioineet kokemattoman opettajan suullisesti esittämiä korjauksia oppilaiden esityksiin lainkaan, vaan he kopioivat taululta väärätkin vastaukset sellaisinaan omiin papereihinsa.

# Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	1
2. Lämpöopin teoriaa .....	2
2.1. Energia .....	2
2.2. Sisäenergia.....	3
2.3. Lämpö .....	4
2.4. Energian siirtyminen.....	5
2.4.1. Johtuminen .....	5
2.4.2. Kuljetus .....	5
2.4.3. Säteileminen .....	6
3. Ongelmat lämpöopin käsitteiden opetuksessa ja oppimisessa.....	7
3.1. Määritelmien vaihtelevuus.....	7
3.2. Oppilaiden vaihtoehtoiset käsitykset .....	8
3.3. Opettajien vaihtoehtoiset käsitykset.....	9
3.4. Käsitteenmuodostus.....	10
3.5. Opettajan puhe opetuksessa.....	11
3.5.1. Puheen yksikäsitteisyys .....	12
3.5.2. Puheen yksinkertaisuus .....	12
3.5.3. Puheen dialoginen avaaminen ja auktoritatiivinen sulkeminen .....	13
4. Tutkimuskysymykset .....	14
5. Menetelmä .....	15
5.1. Tutkimuskohde .....	15
5.2. Materiaalit ja analyysi.....	16
5.2.1. Videot ja audiot .....	17
5.2.2. Työkortit opettajaharjoittelijan oppilailta .....	19
5.2.3. Opettajan pohdinnat kysymyslomakkeesta .....	19
5.2.4. Kokoavat taulukot.....	20

6. Tulokset .....	22
6.1. Käsitteiden ajallinen ja määrällinen käyttö oppitunnilla.....	22
6.1.1. Ajallinen käsitteiden käyttö .....	22
6.1.2. Määrällinen käsitteiden käyttö.....	25
6.2. Käsitteiden käyttö opettajien puheessa.....	26
6.2.1. Opettajaharjoittelijan luokahuonekeskustelut.....	26
6.2.2. Kokeneen opettajan luokahuonekeskustelut .....	35
6.2.3. Yhteenveto käsitteiden käytöstä opettajan puheessa: .....	41
6.4. Oppilaiden täyttämät työkortit ja esitykset .....	43
6.5. Opettajien vastaukset kysymyslomakkeessa .....	50
7. Päätelmät.....	54
7.1. Vastaukset tutkimuskysymyksiin.....	54
7.2. Tutkimuksen luotettavuus, arvo ja parannusehdotukset .....	56
Lähteet.....	58
Liitteet.....	62

## 1. Johdanto

Tutkimusongelman hahmottuminen alkoi jo vuosia sitten kandidaatin tutkielmaa tehdessäni (*Energian siirtyminen perusopetuksen oppikirjoissa*), jolloin huomasin lämpökäsitteen ja sanan *lämpö* hankaluuden oppimateriaaleissa ja puhutussa kielessä. Pro gradu -tutkielman aloitusvaiheessa halusin päästä kentälle (yläasteelle) tarkkailemaan kyseisen, jo osittain tutun aiheen opetusta, käsitteet tarkkailun pääkohteena.

Motivaationa tutkia lämpöopin käsitteistön käyttöä perusopetuksessa ovat asiaa koskevat viimeaikaiset tutkimukset (mm. Maalampi & Merikoski, 2010; Taber, 2000; Cotignola ym., 2002). Energian siirtyminen opetetaan ainakin Suomen peruskoulutasolla yleensä lämmön siirtymisen yhteydessä. Tämä tuo valtavasti käsitteitä oppilaille samanaikaisesti hallittaviksi (esim. lämpö, lämpöenergia, lämpötila), mekaniikasta (esim. liike-energia, vuorovaikutus, massa) ja vastaavista aihealueista. Esimerkiksi Vesa Maanselän artikkelissa *Energia-käsitteen hämäryys* kritisoidaan tiukasti sanan "lämpö" sisältäviä käsitteitä, jotka ovat epäselviä ja harhaanjohtavia sekä useasti jopa väärinkäytettyjä (Maanselkä, 2010). Näihin käsitteisiin on syytä kiinnittää erityistä huomiota ja tarkkuutta jo perusopetuksessa. J. W. Warren artikkelissaan *The teaching of the concept of heat* kertoo jopa yliopisto-opiskelijoilla olevan ongelmia erottaa toisistaan tiettyjä aiheeseen liittyviä käsitteitä, kuten lämpöä, sisäistä energiaa, kineettistä energiaa ja lämpötilaa (Warren, 1972).

Tutkimuksessa tarkastellaan kahden opettajan puhetta käsitteiden opetuksen osalta. Kokeneen ja kokemattoman opettajan eroja ja yhtäläisyyksiä vertaillaan. Heidän oppitunneiltaan tutkitaan käsitteiden ajallista ja määrällistä käyttöä. Lisäksi analysoidaan opettajan puheen yksikäsitteisyyttä, yksinkertaisuutta ja dialogista avaamista sekä auktoritatiivista sulkemista. Opettajaharjoittelijan tunnilla oppilaat täyttivät työkortteja tekemistään oppilastöistä. Työkorkeista ilmennyttä osaamista tutkitaan. Viimeisenä opettajille jaettiin tunnin aiheeseen liittyvät kysymyslomakkeet. Niiden päätavoitteena on selvittää ajatuksia siitä, mitä lämpö on heidän mielestään. Näiden kaikkien tarkastelujen tavoitteena on siis selvittää, miten käsitteitä opetetaan oppilaille.

## 2. Lämpöopin teoriaa

### 2.1. Energia

Tieteen ja koko maailmankaikkeuden kuvaamisen kannalta yksi perustavimmista käsitteistä on energia. Sitä käytetään tutkittaessa ja selitettäessä kaiken alkua, kehitystä ja loppua: Kuinka maailmankaikkeus sai alkunsa ja miltä sen kehityksenkaari näyttää? Miten tähdet syntyvät ja tuhoutuvat? Mikä sai elämän kehittymään maapallolla? Miksi ihminen, eläin tai kasvi syntyy, kasvaa ja kuolee? Miltä maan, luonnon, ihmisten ja eläinkunnan tulevaisuus näyttää? Tuhoutuuko tai häviääkö kaikki joskus? Jollain tapaa kaikkien tämänlaatuisten kysymysten takana piilee energian käsite.

Nobel-palkittu fyysikko, Richard Feynman, kuvaa energiaa seuraavasti: "There is a fact, or if you wish, a *law*, governing natural phenomena that are known to date. There is no known exception to this law; it is exact, so far we know. The law is called *conservation of energy*. It states that there is a certain quantity, which we call energy, that does not change in manifold changes which nature undergoes. That is a most abstract idea, because it is a mathematical principle; it says that there is a numerical quantity which does not change when something happens. It is not a description of a mechanism, or anything concrete; it is just a strange fact that we can calculate some number and when we finish watching nature go through her tricks and calculate the number again, it is the same." (Feynman, 1964)

Feynman kuvaa energiaa ja sen säilymistä yleisellä tasolla ja selvittää energian pysyvän vakiona, tapahtui mitä tahansa. Lopussa hän selkeyttää asian vielä yleisen tason esimerkillä. Merkittävää on, että hän mainitsee kyseisen asian olevan poikkeukseton ja eksakti nykyisillä tiedoilla. Kuvaus energiasta on hieno esimerkki fyysikon vaikuttavasta puheesta, joka kuulostaa varmalta ja kuitenkin ottaa huomioon sen, että mikään ei ole kiveen kirjoitettua, vaikka asia näyttäisikin nykytiedon perusteella varmalta.

Tutkielman aiherajauksen vuoksi keskitytään energian siirtymiseen liittyviin käsitteisiin ja jätetään energian muodosta toiseen muuntumiset vähäiselle tarkastelulle. Esimerkiksi, kun ihminen nostaa esineen maasta ilmaan, lihasten kemiallista energiaa muuttuu kehon ja esineen liike-energiaksi ja

lopulta esineen potentiaalienergiaksi ja lihasten lämpenemiseen. Tällaiset fysiikan kannalta mielenkiintoiset tapahtumat liittyvät suurimmaksi osaksi energian muuntumiseen muodosta toiseen, kun taas esimerkiksi Auringon säteilemä sähkömagneettinen säteily avaruuden eri paikkoihin on energian siirtymistä. Joka tapauksessa energiaa ei häviä eikä synny, vaan se muuntaa muotoa tai siirtyy paikasta toiseen.

## 2.2. Sisäenergia

Sisäenergia (internal energy) on yksi tärkeimmistä käsitteistä termodynamiikassa. Aine koostuu atomeista ja molekyyleistä ja nämä puolestaan osasista, joilla on kineettistä energiaa ja potentiaalienergiaa. Sisäenergian voi määrittellä systeemissä olevien osasten liike-energioiden ja potentiaalienergioiden summaksi. Systeemin ja ympäristön väliset vuorovaikutukset *eivät* sisälly systeemin sisäenergiaan (esim. gravitaatiosta aiheutuva potentiaali). Sisäenergian muutos riippuu ainoastaan systeemin ja ympäristön välisestä energian/lämmön siirrosta ja systeemin tekemästä tai systeemiin tehdystä työstä, eli

$$\Delta U = Q - W, \quad (1)$$

jossa  $\Delta U$  on sisäenergian muutos,  $Q$  on lämpö ja  $W$  on työ. Yhtälön (1) mukaan, kun  $Q$  on positiivinen, niin energiaa siirtyy systeemiin lämpönä ja kun  $W$  on positiivinen, niin systeemi tekee työtä ympäristöön ja energiaa siirtyy pois systeemistä. Yhtälö (1) on matemaattinen muotoilu energian säilymislailla, ja sitä kutsutaan termodynamiikan ensimmäiseksi pääsäännöksi. (Young & Freedman, 2004, s. 729-731.)

Sisäenergia tarkoittaa siis kaikkea systeemin sisältämää energiaa. Esimerkiksi sähköisten ja magneettisten kenttien energiat ja massaan sekä kemiallisiin sidoksiin liittyvät energiat kuuluvat sisäenergiaan. Kaikki mahdollinen energia ja energiamuodot systeemissä kuuluvat sisäenergiaan.

### 2.3. Lämpö

Käsitteenä lämpö (heat) on tunnetusti hankala ja sekaannuksia aiheuttava. Varsinkaan suomen kielessä ei ole selvästi määritelty, mitkä sanonnat tarkoittavat mitäkin sanan lämpö yhteydessä. Seuraavat käsitteet ovat usein epäselvästi esitetty tai niistä puhutaan huolettomasti: lämpö, lämpötila, lämpöenergia, lämmön siirtyminen, energian siirtyminen ja lämpövirta.

Prosessia, jossa energiaa siirtyy kappaleesta tai systeemistä toiseen lämpötilaeron vuoksi, kutsutaan lämmöksi (Young, & Freedman, 2004, s. 653). Lämpöä ei siis pidä sekoittaa systeemin tai kappaleen sisältämään energiaan, vaan lämpö on aina nimitys tapahtumalle tai prosessille, jossa systeemien välillä siirtyy energiaa lämpötilaeron seurauksena. Lämpömäärä (tunnus on  $Q$  ja yksikkö on joule) kertoo prosessissa siirtyvän energian määrän. Useasti suurelle lämpömäärä käytetään sanaa lämpö, mikä saattaa tuottaa virhekäsityksiä. Monissa oppimateriaaleissa (Elo, 1997) sanotaan, että lämpö on aineen rakenneosasten liikettä. Tästä voisi saada sellaisen kuvan, että lämpö on esimerkiksi kappaleen sisäistä energiaa, mikä on harhaanjohtava ilmaus. Systemi siis ei sisällä lämpöä.

Lämmön ja työn välisen analogian kautta voidaan havainnollistaa asiaa. Kun prosessi, jossa lämmön siirtymistä tapahtuu, on loppunut, niin ei voida enää puhua systeemissä olevasta lämmöstä. Vastaavasti prosessin, jossa tehdään työtä systeemiin, loputtua ei voida puhua, että systemi sisältää työtä. (Zemansky, 1997, s. 80) Sisäenergian muutoksen -kaava (1) havainnollistaa sitä, että lämpö ja työ liittyvät muutokseen. Kun sisäenergia ei muutu, niin lämpö ja työ ovat nolliä (tai erikoistapaus: ne ovat yhtäsuuret).

Lämpöenergia tai terminen energia ja systeemin sisäinen energia tarkoittavat yleensä samaa asiaa. Sisäinen energia voi siis (mm. lämpötilaeron vuoksi) siirtyvänä energiana virrata systeemistä toiseen. Systeemien välillä tapahtuvaa energian siirtymistä voidaan kutsua lämpövirraksi (Young, & Freedman, 2004, s. 664). Lämpövirran suunta on aina kuumemmasta systeemistä kylmempään (energian huononeminen lämpöopin toisen pääsäännön mukaan).



## 2.4. Energian siirtyminen

Energiaa ei synny eikä häviä, vaan se voi vain muuttua muodosta toiseen tai siirtyä. Systeemistä toiseen energia voi siirtyä kolmella eri tavalla: johtumalla, kuljettumalla ja säteileillä (Young, & Freedman, 2004, s. 663). Seuraavaksi käsitellään jokaista energian siirtymistapaa erikseen.

### 2.4.1. Johtuminen

Mikrotasolla johtumista voitaisiin kutsua "tönimiseksi". Atomit ja molekyylit eli aineen rakenneosaset ovat pienessä liikkeessä, eli niillä on liike-energiaa. Tasapainossa olevassa kappaleessa tai systeemissä liike-energiaa on keskimäärin yhtä paljon kaikilla rakenneosasilla. Kun kappaleessa on epätasapaino, joillakin rakenneosasilla on enemmän liike-energiaa kuin muilla, joten ne "tönivät" muita rakenneosasia, kunnes kaikilla on taas keskimäärin yhtä paljon liike-energiaa eli tasapaino on saavutettu. Hyvä käytännön esimerkki on metallinen hiilihanko, jota pidetään tulella. Tulella olevaan päähän siirtyy energiaa, eli rakenneosaset "villiintyvät", ja lopulta osa energiasta saavuttaa rakenneosasten "tönimisellä" hiilihangon kädessä olevan pään, ja siitä taas energia siirtyy eli lämpö johtuu käteen, ja niin edelleen.

Lämmön johtumisessa aine ei siirry vaan vain energia siirtyy. Systeemin osasten keskimääräiset kineettiset energiat eli lämpötilat pyrkivät tasoittumaan. Luonnollisesti energia siirtyy kuumemmasta kylmempään. (Young & Freedman, 2004. s. 663-664)

### 2.4.2. Kuljetus

Lämmön kuljetuksella (tai kulkeutumisella) eli konvektiolla tarkoitetaan energian siirtymistä yleensä nesteen tai kaasun mukana. Hyvä esimerkki on merivirrat, kuten Golfvirta, joka kuljettaa suuria määriä energiaa mukanaan. Samoin esimerkiksi sääkartoista nähtävät ilmavirrat kuljettavat mukanaan energiaa. Vielä tutumpia esimerkkejä lämmön kulkeutumisesta ovat kotien

lämmitysjärjestelmät, kuten vesikeskuslämmityksen kaukolämpöverkkoon lämmönvaihtimien kautta kytketyt patterit, joissa kuuma vesi virtaa.

Kuljetukselle on kaksi tapaa. Luonnollinen eli niin sanottu vapaa konvektio on nosteen seurauksena tapahtuvaa energian siirtoa. Esimerkiksi kuumempi ilma nousee tiheyseron vuoksi viileämmän ilman yläpuolelle. Toinen tapa on pakotettu konvektio eli esimerkiksi pumpun, turbiinin tai puhaltimen avulla toimiva energian siirto.

Energian siirtymisessä aineen mukana, eli lämmön kuljetuksessa (konvektiossa), siirtyvän energian määrään vaikuttavat kolme asiaa: aineen ominaisuudet, aineen määrä ja aineen lämpötila. Esimerkiksi vedellä on suuri lämpökapasiteetti, joka mahdollistaa hyvän energian varastointikyvyn, ja siten vesi soveltuu mainiosti lämmön kuljetukseen.

### **2.4.3. Säteileminen**

Lämpösäteily on yksi energian siirtymismuoto. Ihmisiin ja ihmisistä ei siirry energiaa vain kulkeutumalla tai johtumalla, vaan suuri osa siirtyy säteilyn välityksellä. Esimerkiksi lämpimänä pitävien vaatteiden suunnittelussa säteily pitää ottaa huomioon. Lämpösäteilyn voi tuntea iholla esimerkiksi kesällä, kun on auringonvalossa, nuotion lähellä tai vaikkapa talvella patterin läheisyydessä. Maapallon elämän ja luonnon kannalta auringon säteilemä energia on välttämätön, ja ilman sitä maapallo olisi ”kuollut” planeetta.

Kaikki sähkömagneettinen säteily sisältää energiaa, jonka suuruus riippuu säteilyn aallonpituudesta ja intensiteetistä. Sähkömagneettinen säteily etenee myös tyhjiössä ilman väliainetta. Siispä energia siirtyy säteilemällä sähkömagneettisen aaltoliikkeen mukana.

### 3. Ongelmat lämpöopin käsitteiden opetuksessa ja oppimisessa

#### 3.1. Määritelmien vaihtelevuus

Lämpöenergia ja lämpö ovat käsitteitä, jotka saattavat helposti sekoittua keskenään. Yksi ratkaisu ongelmaan voisi olla jo perusopetuksessa asian selventäminen tai esimerkiksi se, kuten Vesa Maanselkä artikkelissaan *Energia-käsitteen hämäryys* kirjoittaa, että sana lämpöenergia pitäisi julistaa kieltoon, ettei se harhauta oppilaita luulemaan lämpöä ja lämpöenergiaa synonyymeiksi (Maanselkä, 2010). Maanselkä määrittelee lämpöenergian synonyymiksi sisäenergian kanssa. Toinen erittäin paljon tutkittu aihe on lämmön ja lämpötilan käsitteiden ymmärtäminen ja erottaminen toisistaan (Taber, 2000; Harrison ym., 1999; Kautz ym, 2005; Ahtee, 1994). Nämä yksinkertaiselta kuulostavat, jokapäiväisessä elämässä esiintyvät sanat ovat hankalia selittää ja ymmärtää luonnontieteen näkökulmasta, jopa yliopisto-opiskelijoille.

Lämpö sanan käytön ongelmat luultavasti juontavat juurensa tieteestä ja arkipäivästä. Lämpö on yleinen arkipäivän sana ja arjessa sillä ei ole sama merkitys kuin luonnontieteessä. Lämpö on myös luonnontieteissä usein väärinkäytetty sana. Huolimaton käsitteen käyttö lisää virhekäsityksiä (Romer, 2001). Romerin kirjoituksessa *Heat is not a noun* julistetaan sitä, että lämpö (heat) on käytännössä verbi eikä substantiivi. Hän luettelee tärkeitä henkilöitä ja asioita, jotka ovat "lämpö on verbi" -ajatusta vastaan, kuten Zemansky ja sanakirjat. Jos sanaa ei voida käyttää verbinä eikä substantiivina, niin miksi käyttää sanaa ylipäätään. Hän pohtii mitä sanaa tai ilmaisua voitaisiin käyttää lämmön tilalla, mutta ei kuitenkaan kerro valmista ratkaisua vaan, vain ehdotuksia. Romer käyttää analogiaa työ käsitteeseen vahvistaakseen ajatuksiaan, eli systeemi ei sisällä työtä ja täten työtä ei ajatella substantiivina tai aineena. Romerin kirjoitukseen julkaistussa vastauksessa ollaan samalla kannalla ja harmitellaan sitä, kuinka fysiikan ala vastustaa muutosta ja että kielen muuttaminen olisi lähes mahdotonta, mutta korostaa kuitenkin kriittisen sanojen tarkastelun hyödyllisyyttä (Hobson, 2001).

Suomen kielessä lämpö on kuitenkin nimi prosessille, jossa energiaa siirtyy, eli täytyy puhua substantiivista. Suomen kielessä esiintyy sanat lämpö (substantiivi) ja lämmittää (verbi), joita useasti englannin kielessä vastaa yksi sana eli heat. Tämä on myös suomen kielessä sekaannuksia tuottava aihe, sillä verbi lämmittää liittyy suorasti substantiiviin lämpötila, eikä sanaan lämpö.

### 3.2. Oppilaiden vaihtoehtoiset käsitykset

Opetussuunnitelma sisältää ne asiat, jotka pitää opettaa koulussa. Yleensä oppikirjat sisältävät opetussuunnitelman mukaiset asiat, toisin sanoen esittäessä kirjan asiat opettaja tulee noudattaneeksi opetussuunnitelmaa. Opettaja esittää oppikirjan (opetussuunnitelman vaatimat) asiat ja työ on hoidettu virallisesti. Tällainen lyhyt kuvaus opettajan työstä, ja lisäksi työviikon pituuden ollessa noin 20 tuntia viikossa, saattaa luoda väärää käsityksiä opettajan työstä tai sen vaativuudesta. Nykyisten pedagogisten mallien mukaan opettajan rooli on hyvin vaativa ja se ei keskity vain siihen *mitä* opetetaan vaan siihen *miten* opetetaan. Oppilaiden arkipäivän käsityksiä, virheellisiä tai nykyaikaisesti sanottuna vaihtoehtoisia käsitteitä pitää selvittää, jotta uusien käsitysten opettaminen voisi olla tehokkaampaa (Yeo & Zadnik, 2001). Siispä luonnontieteen opettajien pitää olla tietoisia oppilaiden vaikeuksista eri käsitteiden, kuten lämpöenergian ja lämpötilan, erottamisessa toisistaan ja silloin oppilaiden käsitteiden ymmärtämistä voi tehokkaammin parantaa (Niaz, 2006). Olipa kyse vanhoista tai uudemmissa opetuksen näkemyksistä, niin opetuksen perustavoite on muuttumaton: saada oppilaiden tietämys uusimman tieteellisen tiedon mukaiseksi. Joka tapauksessa se on selvää, että oppilailla on lukemattomia määriä vaihtoehtoisia käsityksiä. Vaihtoehtoisten käsitysten joukko on kirjava, mutta kuitenkin tutkimuksissa on havaittu, että tietyn tyyppiset virhekäsitykset ovat muita yleisempiä (Clough & Driver, 1985).

Varsinkin lämpöopin yhteydessä väärinymmärryksien ja virheellisten käsitysten syntyminen on yleistä, koska luokassa käytetyt tieteen kieli ja arjen kieli poikkeavat toisistaan. Monet oppilaat ja osa opettajistakaan eivät tiedosta, että luokahuoneessa on käytössä kaksi kieltä, opettajan ja oppilaiden kieli, joissa käsitykset asioista ovat täysin toisistaan poikkeavia. Erityisesti kyseisen fysiikan osa-alueen sanasto on vahvasti osana molempia kieliä. Esimerkiksi sana lämpö on yleinen luonnontieteen sana ja arkikielen sana, mutta sillä on hyvin erilaiset merkitykset opettajan tieteellisessä kielessä ja oppilaan arkikielessä. Oppilaiden kielessä "lämpö" on jotain kuumaa tai lämmintä, kun taas opettajien tieteellisessä kielessä "lämpö" tarkoittaa energian siirtymistä. (Wiser & Amin, 2001). Vaikka oppilaiden puhe sisältää sanoja lämpö ja lämpötila, niin heidän käsitykset eivät yleensä ole tieteellisiä. Oppilaiden terminologia voi poiketa opettajien tai kirjojen terminologiasta, mutta silti opettajien pitäisi käyttää tunneilla tieteen terminologiaa, kuitenkin ymmärtäen oppilaiden ajatuksia (Paik, 2007).

### 3.3. Opettajien vaihtoehtoiset käsitykset

Eräessä viimeaikaisessa tutkimuksessa tarkastellaan lasten käsityksiä lämmöstä ja lämpötilasta ja erikoista tutkimuksessa oli se, että tutkimuksen kohteena oli erittäin nuoria lapsia (Paik ym., 2007). Neljä- ja viisivuotiaat lapset olivat leikkikoululaisia ja muut alakoululaisia. Tutkimuksessa huomattiin, että monet virhekäsitykset syntyvät tai muodostuvat vasta koulun alkuvuosina. Havaittiin, että nuorimmilla lapsilla oli parempi näkemys termodynamiikan ilmiöistä kuin koulun aloittaneilla lapsilla. Tämä näyttäisi viittaavan siihen, että virhekäsitykset muodostuvat koulun oppitunneilla. Opetuksessa saattaisi siis olla virhekäsityksien syntymistä edesauttavia tekijöitä, kuten opettajien virhekäsitykset tai väärinymmärrykset. (Paik ym., 2007)

Lämpöopin käsitteiden hämäryyteen oppilailla on varmasti monta syytä, kuten synonyymien määrä, opettajien ja kirjallisuuden epäselvä käsitteiden käyttö ja se, että opettajilla on vaihtoehtoisia käsityksiä (Jasien & Oberem, 2002). Opetuksen tutkimisessa kiinnitetään monesti huomio oppilaiden suoriutumiseen tai ongelmiin ja opetusta kehitetään sitä kautta. Tämä huomataan myös siitä, että löytyy vain vähän tutkimuksia opettajien käsitteiden käytöstä ja virhekäsityksistä. Opetuksen yleisen kehittämisen lisäksi opettajien käsitteiden hallintaan ja käyttöön voisi kiinnittää huomiota jo opettajakoulutuksen aikana ja opettajien täydennyskoulutuksissa. Oppilaiden energiäkäsitysten kehitystä käsittelevässä artikkelissa havaittiin, että väärinkäsitykset syntyvät monesti tietyistä fysiikan esitystavoista. Näihin pitäisi kiinnittää huomiota. Arons toivoo, että opettajat ja kirjantekijät omaksuisivat lähestymistapoja, jotka välttävät virhekäsitysten syntyä (Arons, 1999).

Opettajilla esiintyy lämpöopin käsitteistä samanlaisia virhekäsityksiä tai epäselvyyksiä kuin oppilailla. Suuri osa oppilaiden virhekäsityksistä saattaa siis tosiaan olla opetuksesta peräisin. Eräessä tutkimuksessa havaittiin, että koulutuksen taso vaikuttaa hyvin vähän lämpöenergian ja lämpötilan käsitteiden hallintaan (Lewis & Linn, 1994). Tutkimuksessa saatiin selville, että jopa aiheen parissa työskennellyillä, kokemusta omaavilla tiedemiehillä (tohtoreilla) oli ongelmia selittää käsitteisiin liittyviä eroja ja ilmiöitä tieteellisesti. Tutkimuksesta voidaan päätellä, että lämpöopin hankalia käsitteitä ei opeteta millään koulutasolla selkeästi tai siten, että suurin osa oppilaista oppisi ne hyvin.

### 3.4. Käsitteenmuodostus

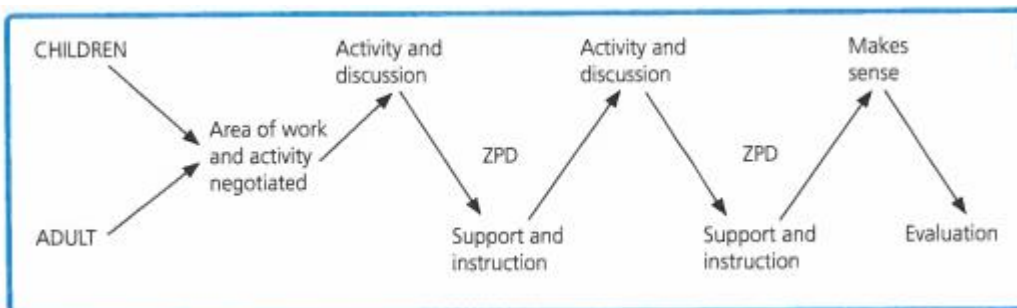
Opetuksen tärkeä tavoite on luoda oppilaille tieteellisen tiedon mukaiset käsitykset. Harvoin tieto tulee aivan uutena irrallisena asiana. Tavallisesti ajatellaan, että tieto rakentuu aiemman päälle (konstruktivistinen malli) ja aikaisempia käsityksiä muokataan. Siitä miten käsitteellinen muutos tai toisin sanoen käsitteenmuodostus tapahtuu on reilusti tutkimusdataa ja pohdintoja (mm. Lewis & Linn, 1994; Wiser & Amin, 2001), mutta asia on hyvin kiistanalainen ja ei löydy yhtä tiettyä mallia, joka kuvaisi hyvin tapahtumaa kaikissa tilanteissa. Siksi on hyvä muistaa perinteinen kultainen keskitie ja olla avoin monille malleille yhtä aikaa. Opettajan tulisi tuntea käsitteenmuodostuksen teoriaa, sillä käsitteiden oppiminen on tärkeää tieteessä, varsinkin fysiikassa. Jos käsitteitä opetetaan, on hyvä tietää kuinka käsitteitä opitaan. Ahteen sanoin: "...fysiikkaa opetetaan liian paljon tietojen jakamisena eikä kiinnitetä riittävästi tiedon muodostumis- ja kehitymisprosesseihin." (Ahtee, 1994, s. 15).

Tutkijat ovat pitkään väitelleet siitä, onko käsitteellinen muutos (käsityksen muuttaminen tieteellisen tiedon mukaiseksi) "vallankumouksellista vai evoluutionääristä" (eng. revolutionary or evolutionary). Tuoko käsitteenmuodostus uuden käsityksen vanhan tilalle (revolutionary) vai jääkö uusi ja vanha käsitys asiasta elämään rinnakkain (evolutionary)? Tutkimukset lukioikäisten oppilaiden termodynamiikan oppimisen parissa viittaavat siihen, että käsitteellinen muutos kyseisellä fysiikan alueella sisältää usein molempia komponentteja. (Wiser & Amin, 2001)

Käsitteenmuodostuksessa on tärkeää, että tieto on ymmärrettävää ja uskottavaa. Jotta tieto olisi uskottavaa, se pitää liittää asioihin, jotka luovat virheelliset käsitykset. Oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksistä täydentämällä ja muuttamalla niitä tieteellisen käsityksen mukaisiksi -tyylistä pedagogista lähestymistapaa on tutkittu paljon (Scott ym., 1991; Wiser & Amin, 2001; Arnold & Millar, 1996). Esimerkiksi jo aikaisemmin mainittu virhekäsitys lämmöstä, että se olisi jotain lämmintä tai kuumaa, voidaan johtaa lämmön tieteellisestä käsityksestä. Lämpö on siirtyvää energiaa, joka esimerkiksi muuttaa kappaleen sisäenergiaa lisäämällä rakenneosasten liikehdintää, ja näin ollen kappale tuntuu "kuumemmalta" eli sen lämpötila nousee. Liittäen näin toisiinsa virhekäsityksen tai arkipäiväisen käsityksen ja tieteellisen käsityksen, vanha käsitys ei yksinkertaisesti jää uuden tieteellisen käsityksen rinnalle, vaan vanha käsitys selittyy tieteen näkökulman kautta (Wiser & Amin, 2001). Kyseisessä tapauksessa ei voida siis puhua yksinomaan

joko revolutionäärisestä tai evolutionäärisestä käsitteellisestä muutoksesta, koska tilanne on niiden välimaastossa.

Loppujen lopuksi käsitteenmuodostaminen on periaatteessa merkityksen antamista ja sisällön opettelemista uudelle sanalle. Käsitteenmuodostuksen teorit vastaavat yleisesti tiedon oppimista. Esimerkiksi aikaisemmin mainittu konstruktivistinen oppimiskäsitys (Piaget, yms.) ja sen tietyt mallit vastaavat yllä kuvailtua käsitteen oppimisen mallia. Uusi tieto tai käsite opitaan liittäen se vanhaan tietoon ja opittuihin käsityksiin. Opettaja toimii ohjaajana tällaiseen oppimiseen. Eräs malli on sosiaalinen konstruktivismi. Yksinkertaistetusti ilmaistuna siinä oppilaat tekevät jotain tai keskustelevat keskenään ja opettaja ohjaa oppimista sopivissa kohdissa (Pollard ym., 2008). Kuvassa 1 havainnollistettu mallia ja roolien merkitystä. ZPD tarkoittaa oppijan *lähikehityksen vyöhykettä* (Zone of Proximal Development) eli oikeissa olosuhteissa mahdollisesti tapahtuvaa kehitystä. Kehittymispotentiaalia omaavat kohdat eli lähikehityksen vyöhykkeet ovat niitä, joissa opettajan ohjaus on tärkeää. Näin ajoitettu ohjaaminen auttaa saavuttamaan maksimaalisen kehittymisen lähikehityksen vyöhykkeillä.



Kuva 1: Sosiaalinen konstruktivistinen malli opettajan ja oppilaan rooleista (Pollard ym., 2008).

### 3.5. Opettajan puhe opetuksessa

Käsitteenmuodostus on tärkeä osa opetusta ja oppimista. Hyvin vähän löytyy tutkimuksia siitä, miten opettajan puhe vaikuttaa käsitteen muodostukseen. Voidaan kuitenkin maalaisjärjellä ajatella, että opettajan puheen tulee olla yksikäsitteistä ja käsitteiden käytön tulee olla ymmärrettävää. Varsinkin yläkouluikäisten kanssa puheesta pitää olla tarkkana, sillä opettaja on

esikuva. On järkevää ajatella, että käsitteenmuodostus voi kärsiä, jos opettaja käyttää eri konteksteissa samaa sanaa eri merkityksissä. Hyvä esimerkki on sana ja käsite "lämpö", jota opettajat monesti käyttävät huolimattomasti ja luovat siten nuorille oppilaille virhekäsityksiä (Maanselkä, 2010). Tässä luvussa käsitellään opettajan puhetta yksikäsitteisyyden, yksinkertaisuuden ja tiettyjen kommunikatiivisten lähestymistapojen osalta (dialoginen avaaminen ja auktoritatiivinen sulkeminen).

### **3.5.1. Puheen yksikäsitteisyys**

Suomessa sanat lämpö, lämpötila, lämpöenergia, terminen energia ja sisäenergia ovat käytössä jopa synonyymeina ja opettajat eivät painota sitä, että sanan merkitys vaihtuu kontekstin vaihtuessa. Koulutetuilla fyysikoilla on arkipäivää se, että puhutaan asioista ns. väärillä sanoilla. Kun konteksti on selvillä ja puheeseen osallistuvat henkilöt ovat suunnilleen samalla tietämyksen tasolla, niin käytetyillä sanoilla tai käsitteillä ei ole merkitystä. Tätä periaatetta ei mielestäni voi soveltaa fysiikanopetukseen yläkoulussa. Käsitteistä pitäisi puhua yksikäsitteisesti ja jokaisella käsitteellä tulisi olla oma erottuva nimi tai termi, eikä vaihdella sanan merkitystä yhdelle sanalle kontekstin vaihtuessa (Taber, 2000). Tähän aiheeseen osuvana analogiana voidaan ajatella vähänkin monimutkaisemman sarkasmin käyttöä lapsille puhuttaessa; lasten kanssa tekemisissä olleet aikuiset tietävät, etteivät lapset aina ymmärrä sarkastista ilmaisua. Sarkasmin käytöstä on todettu tutkimuksissa, että lapset eivät ymmärrä haluttua asiaa varsinkaan silloin, kun intonaatio ei ole sarkastista (Marshall, 2007; Capelli ym., 1990). Kyseinen analogiakin puhuu siis sen puolesta, että fysiikan opetuksessa (varsinkin nuorille ja lapsille) on hyvä puhua asioista yhtenäisesti ja yksikäsitteisesti. Korrekti puhe on siis tärkeää.

### **3.5.2. Puheen yksinkertaisuus**

Seuraavassa tekstiesimerkissä havainnollistetaan lämpötilan on intensiivistä ja lämmön ekstensiivistä luonnetta. Käsitteiden ero on kohtalaisen selkeä.



*Yhden litran ja viiden litran kattilat täynnä vettä ovat molemmat samassa lämpötilassa, eli molempien rakenneosasten keskimääräinen liike-energia on sama. Kattiloiden sisältö lämmitetään korkeampaan lämpötilaan, molemmat kuitenkin samaan lämpötilaan. Tällöin tarvittu lämpö on suurempi isomman kattilan tapauksessa, koska tarvitaan enemmän energiaa saamaan suurempi määrä rakenneosasia liikkeeseen. Lämpötilan muutokset kattiloissa ovat yhtä suuret, mutta muutokseen tarvittavat lämpömäärät ovat erisuuret.*

Esimerkki kuulostaa fyysikon korvaan yksinkertaiselta, mutta lapselle siinä on paljon käsiteltävää, monta fysiikan käsitettä (lämpötila, liike-energia, lämpö ja energia). Kuvitellaan, että käsitellessään esimerkkiä oppilaiden kanssa, opettaja liittyy käsitteeseen sanat lämpöenergia, terminen energia ja sisäenergia. Voidaan vain kuvitella, kuinka ylitsepääsemättömän vaikeaksi asia oppilaalle tulisi. Esimerkki havainnollistaa käsitteiden käytöstä ja niiden määrästä syntyvää ongelmaa. Opetuksen yksinkertaistamisesta on ollut keskustelua fysiikan opetuksen tutkimuksen parissa, mutta yksimielisyyteen ei ole päästy (Taber, 2000, 2004). Käsitteiden valinta ja opetuksen yksinkertaistaminen on siis täysin opettajan harteilla, sillä mitään yhteistä linjausta ei ole olemassa. Tarpeeksi yksikertainen puhe ja käsitteiden määrän hallinta puheessa on joka tapauksessa olennaista.

### **3.5.3. Puheen dialoginen avaaminen ja auktoritatiivinen sulkeminen**

On opettajan valinta, millaisia kommunikatiivisia lähestymistapoja hän käyttää opetuksessaan. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että jotkut lähestymistavat ovat tietyissä tilanteissa tehokkaampia kuin toiset (Mortimer. & Scott, 2003). Eräs uudempi tutkimus (Scott & Ametller, 2007) käsittelee sitä, kuinka opettamisesta saadaan mielekästä ja tehokasta tasapainottelemalla dialogisen avaamisen (opening up) ja auktoritatiivisen sulkemisvaiheen (closing down) kanssa. Tutkimuksen pääidea oli näyttää, että mielekäs oppiminen sisältää sen, että oppija näkee kuinka uudet ideat ja käsitykset liittyvät aikaisempiin käsityksiin. Tämä siis vahvistaa sen, että opettajan erilaiset kommunikatiiviset lähestymistavat vaikuttavat oleellisesti käsitteenmuodostukseen eli käytännössä uusien asioiden oppimiseen. Kuten jo käsitteenmuodostusluvussa käsiteltiin, on tehokasta liittää uudet asiat vanhoihin siten, että esimerkiksi virhekäsitys selittyy tieteen kautta täydennetyksi, uusimman tieteen mukaiseksi käsitykseksi. Scottin tutkimus rohkaisee opettajaa

selvittämään dialogisen lähestymisen kautta oppilaiden näkemykset ja auktoritatiivisella lähestymistavalla korjaamaan tai täydentämään vanhat käsitykset oikeiksi. Näin ollen ei tarvita esimerkiksi laajaa virhekäsitysluetteloa tai muuta vastaavaa ja yritetään niistä päästä tieteen mukaiseen käsitteeseen, vaan selvitetään sillä hetkellä opetettavan ryhmän yleisimmät käsitykset ja työstetään niitä. Jokainen ryhmä on kuitenkin erilainen, joten opettajalta vaaditaan kommunikatiivisia taitoja ja hyvää aineen osaamista opetuksen mukauttamiseen jokaiselle ryhmälle sopivaksi. Tässä tarkastelussa on havaittavissa yhteys kuvan 1 mukaiseen toimintamalliin eli auktoritatiivinen sulkemisvaihe vastaa "support and instruction" -vaihetta ja dialoginen avaamisvaihe vastaa muita vaiheita eli ongelman tai toisin sanoen lähikehityksen vyöhykkeiden (activity and discussion sekä ZPD) havaitsemis- ja hyödyntämistä. Malli vaatii sopivan oppimisympäristön ja luokkahengen sekä aikuisen opettajan korkeatasoista arviointia, tietoa ja taitoa (Pollard ym., 2008).

#### **4. Tutkimuskysymykset**

Edellä käsitellyistä fysiikan teoriasta ja opetuksen ongelmista päästään tämän pro gradu tutkimuksen tutkimuskysymyksiin. Lähtökohtana tutkimuksen tekoon oli käsitteiden opetuksen tarkastelu lämpöoppia käsittelevillä oppitunneilla. Lähtökohdan ja siihen liittyvän tutkimuksen teoriaosan valmistumisen myötä tutkittavat ongelmat tarkentuivat ja niistä muotoiltiin lopulliset tutkimuskysymykset. Teoriaosassa havaittiin, että lämpöopin käsitteiden käyttö voi olla hankalaa niin oppilaille kuin myös opettajille. Havaittiin myös, että erilaiset opettamisen lähestymistavat voivat olla tehokkaampia kuin toiset. Näin ollen tutkimuskysymykset käsittelevät usealla eri tavalla käsitteiden käyttöä ja hallintaa opetuksessa.

##### **1. Kuinka käsitteet ajallisesti ja määrällisesti opetetaan oppitunneilla?**

Tarkoitus on selvittää millainen rakenne tunnilla on käsitteiden opetuksen suhteen. Samalla on tarkasteltu käsitteiden käytön määrää, joka on liitoksissa opetuksen yksinkertaisuuteen, kuten teoriaosassa havainnollistettiin.

## **2. Millaista opettajan puhe oli käsitteiden osalta?**

### **2.1. Onko opettajan puhe yksikäsitteistä?**

Tarkastellaan käsitteiden hallintaa puheessa teoriaosan yksikäsitteisyysosion mukaisesti (luku 3.5.1.).

### **2.2. Onko opettajan puhe yksinkertaista?**

Tarkastellaan puheen yksinkertaisuutta käsitteiden käytön määrän ja yleisen ymmärrettävyyden suhteen (luvun 3.5.2. mukaisesti).

### **2.3. Löytyykö puheesta dialoginen avaaminen ja auktoritatiivinen sulkeminen?**

Tarkastellaan löytyykö opetuksesta avausvaihe, jossa opettaja selvittää ongelmia oppilaiden käsitteiden hallinnassa ja lopetusvaihetta, jossa opettaja auktoritatiivisesti muuttaa oppilaiden tietämyksen luonnontieteen mukaiseksi (lukua 3.5.3 hyödyntäen).

## **3. Millaisia vastauksia oppilaat antoivat käsitteiden osalta oppilastöihin liittyviin kysymyksiin?**

Tarkastellaan työkorttien vastauksia oppilaiden käsitteiden käytön osalta. Tarkastelussa töiden osaaminen kirjallisella tasolla. Vastauksien oikeellisuutta ja laatua tutkitaan.

## **4. Kuinka yksikäsitteinen on opettajien vastaus suoraan kysymykseen "mitä lämpö on"?**

Tarkastelussa opettajien käsitteet lämmöstä eli mitä he ajattelevat lämmön olevan.

## **5. Menetelmä**

### **5.1. Tutkimuskohde**

Tutkimuskohteeksi valitsin yläasteen monesta syystä. Ensinnäkin yläasteen oppikirjojen analysoinneista alkoi kiinnostus käsitteiden tarkasteluun, toiseksi peruskoulu on opetusaste, jossa fysiikan tieteen mukaisia käsitteitä opitaan yleensä ensimmäistä kertaa. Yläasteen oppilaat ovat

hyvä kohde myös siksi, että oppilasaines on sekalaisia laajalle jakautuneiden kiinnostuksen kohteiden suhteen. Esimerkiksi lukion fysiikan valinnaisilla kursseilla oppilaat ovat selvästi kiinnostuneita fysiikasta, kun taas yläasteella on liikunnasta, taiteesta ja tieteestä eritavoin kiinnostuneita oppilaita enemmän. Tutkimus suoritettiin eräässä Keski-Suomen koulussa. Koulu valikoitui kohteeksi sijaintinsa vuoksi ja siellä myös sattui sopivasti olemaan energian siirtyminen oppitunnin aiheena kahdella eri opettajalla muutaman kuukauden sisällä. Koulun tutkimuskohteeksi valikoitumisen syynä oli myös se, että toinen opettajista oli harjoittelija, joten päästiin tarkastelemaan sekä kokemattoman että kokeneen opettajan opetusta.

Tutkimuksen kohteena oli kaksi peruskoulun 7. luokkaa. Toisella luokalla toimi opettajana kokenut, pätevä opettaja ja toisella luokalla oli harjoittelija opettajana sekä luokan takana oli vakituinen kokenut opettaja. Oppituntien tarkoitettu pituus oli kaksoistunti eli 90 minuuttia, mutta toisen tunnin (opettajaharjoittelijan tunti) aikana oli koulun juhlamenoja, joiden takia tunnin pituus lyheni 60 minuuttiin.

## **5.2. Materiaalit ja analyysi**

Lämpöopin ja varsinkin energian siirtymisen käsitteiden ja niiden käytön tutkimista varten kerättiin monipuolista materiaalia kahdelta oppitunnilta. Tunnit videoitiin, ja lisäksi ne äänitettiin, jotta käydyt keskustelut saatiin taltioitua riittävän selvinä. Toisen opettajan oppitunnilla käytetyt oppilastyön työkortit kopioitiin jokaiselta oppilaalta. Lisäksi tunteihin osallistuvilta opettajilta saatiin täytettynä heille annetut pienimuotoiset kyselylomakkeet. Seuraavassa on tarkempi selitys materiaaleista. Jokaisen materiaaliselvityksen jälkeen tarkennetaan, kuinka kyseinen materiaali on analysoitu. Tulokset esitetään luvussa 6. Selvennykseksi taulukkoon 2 on lajiteltu materiaalit tunneittain ja taulukkoon 3 tehdyt analyysit materiaaleittain.

### 5.2.1. Videot ja audiot

Videokameran ja audionauhureiden käytöstä vastasin itse. Kuvasin tunnit parhaaksi näkemälläni tavalla. Videokuvaus onnistui hyvin molempien opettajien tunneilla. Audionauhureita käytin pääasiassa vain opettajaharjoittelijan tunnilla. Audionauhurit sai opettajaharjoittelijan tunnilla laitettua hyvin ennalta suunniteltuihin ryhmiin, ja nauhureiden audioilta sai tarkennettua videolla epäselvästi kuuluvia puheita ja keskusteluita. Kokeneen opettajan tunnilla käytettiin audionauhuria, mutta sillä saatu data oli epämääräistä, koska ryhmät liikkuvat paljon luokassa. Toisaalta kokeneemman opettajan tunnilla kameraa liikuteltiin enemmän ryhmien mukana ja näin ollen ryhmien puheita saatiin tallennettua hyvin videonauhoitteeseen.

Opettajaharjoittelijan tunnilta taltioitiin myös oppilastyöryhmien esitykset tekemistään oppilastöistä. Oppilaat kävivät ryhminä esittämässä luokan edessä tuloksiaan. Kyseiset esitykset näkyvät videolla ja kirjallisena kopioiduissa työkorteissa.

Videokuvatuilta oppitunneilta on analysoitu minuutti minuutilta käsitteiden esiintyminen opettajien esityksessä. Analyysin tulokset on esitetty "Tulokset"-luvun kuvissa 2 ja 3. Tunnit on katsottu tietokoneen videontoisto-ohjelmalla ja havainnot on kirjattu samalla taulukko-ohjelmaan (Excel). Tietyn käsitteen esiintyminen on merkitty, jos siitä puhutaan kyseisellä sanalla (esimerkiksi mainitaan sana "lämpö") tai selkeästi puhutaan tietystä käsitteestä käyttämättä sille määritettyä sanaa (katso esimerkki taulukon 1 Kuljetus-koodin kohdalta). Kuvista käy ilmi myös tuntien rakenne. Vaaka-akselilla on minuutit sekä yllä tunnin kuvausta ja pystyakselilla käytetyt käsitteet. Kuvista nähdään tunnin rakenteesta kokonaiskuva ja näin pystytään tarkastelemaan avaus- ja sulkemisvaiheiden esiintyvyyttä tunnin rakenteesta. Lisäksi puheen ja opetuksen yksinkertaisuutta on tarkasteltu kokonaiskuvan kannalta myös käytettyjen käsitteiden määrän perusteella.

Taulukossa 1 on esimerkit opettajan ja oppilaiden puheista käsitteille, joita on kuvissa 2 ja 3 käytetty. Taulukossa on selvennyksen vuoksi alleviivattu käsitteet, jotka on merkitty kyseisen minuutin kohdalle.

Taulukko 1: Videoanalyysissä käytetyt käsitteiden koodit ja esimerkki kunkin koodin esiintymisestä oppitunnilla. Viimeisessä sarakkeessa on esimerkissä alleviivatun käsitteen esiintymishetki tunninkulussa sekä kyseessä oleva opettaja (kokenut opettaja tai opettajaharjoittelija).

KOODI	ESIMERKKI (puheista litteroituja)	Esiintymishetki (min)/opettaja
Lämpö	Oppilaat: "Mutta lämpö ei ole ainetta?" Opettaja: "Lämpöhän on energiaa" Oppilaat: "Niin joo, mutta se ei ole ainetta" Opettaja: "Joo ei ole ainetta" Oppilaat: "Niin." Oppilaat: "Mutta siis onko se nyt siis, ei siirry" Opettaja: "Ei siirry ainetta, vaan siiryy?" Oppilaat: "Ei siirry ainetta, vaan <u>lämpöä, energiaa</u> "	30/harjoittelija
Energia	Opettaja: "Eli vesi <u>lämmön</u> sitojana ja <u>energian</u> , lämpöenergian sitojana ja sitten luovuttajana on aika huikkee, huikkee aine"	8/kokenut
Lämpötila	Opettaja: "Koska te pohjaa lämmititte, sitten sieltä huomasiitte, että myös pinta lämpenee, pintavesi <u>lämpenee</u> ja liikkuu vettä pinnalle, eli väriaineen liike. Todistitte, että siellä <u>siiryy ainetta.</u> " Oppilaat: " ...ja lämpöä." Opettaja: " ja <u>lämpöä</u> , hyvä, siinä on se pointti, pistäkää ylös."	35/harjoittelija
Johtuminen	Opettaja: "Lämpöä voi siis siirtyä <u>johtumalla</u> , esimerkiksi kahvikupista, jos otetaan kahvikupista kiinni, niin siirtyy kahvista käteen ja mukiin sitä lämpöä."	18/harjoittelija
Kuljetus	Lämpötilakoodin yhteydessä oleva keskustelu kuvailee kuljetusta ja näin ollen sopii hyvin myös tähän esimerkiksi, eli yhdestä virkkeestä voi tietysti saada moneen kohtaan sopivia käsitteitä.	35/harjoittelija
Säteily	Opettaja: "Mutta tumma oli semmonen että se imee mitä enemmän?" Oppilas: " <u>Lämpöä</u> " Opettaja: "Lämpöä, minkä, miten se tulee, tuleeko se ilman, tuleeko se jonkin aineen kautta vai miten se lämpö tulee siihen?" Oppilas: "No <u>säteilyllä.</u> " Opettaja: "Säteilyllä."	50-51/kokenut
Muuta	Opettaja: "...C oli se <u>ominaislämpökapasiteetti</u> , joka on aineelle, jokaiselle aineelle erilainen..."	5/harjoittelija

Litteroinnit videoista ja osittain audionauhalla kokeneen opettajan sekä opettajaharjoittelijan puheesta ja keskusteluista ovat luvussa 6.2. kronologisessa järjestyksessä. Litteroidut tekstit on järjestetty episodeihin ja numeroitu pääasiassa vuoropuheittain. Sopivissa väleissä on selvitetty oppituntien kulkua. Jokainen episodi sisältää oman analyysiosion. Litteroitujen kohtien tarkastelu mukailee Scottin ja Ametllerin erään tutkimuksen (kommunikatiivisten lähestymistapojen) analyysin rakennetta, eli joka episodiin sisältyy oma analyysi ja dialogit ovat numeroituja (Scott & Ametller, 2007). Litteroituja keskusteluita on tarkasteltu tämän tutkimuksen teoriaosan luvun 3.5.

mukaisesti. Litterointien analyysin aiheena ovat puheen yksikäsitteisyys, yksinkertaisuus ja kommunikatiiviset lähestymistavat käytetyn teorian osalta (avaaminen ja sulkeminen).

### **5.2.2. Työkortit opettajaharjoittelijan oppilailta**

Opettajaharjoittelijan tunnilla täytetyt työkortit saatiin tämän tutkimuksen käyttöön. Oppilaat oli jaettu neljään työryhmään. Jokaisella oppilaalla oli oma työkortti, mutta työryhmien sisällä oppilaiden työkortit näyttävät lähes identtisiltä. Liitteessä 1 on kopio tyhjistä työkortista.

Työkortit analysoitiin jakamalla jokaisen oppilastyön osaaminen kolmeen osaamisluokkaan (osattu, ei osattu, tyhjä tai vajaa). Työkorteista ilmennyt osaaminen on esitetty 6.4. luvun kuvissa 6-9. Diagrammeista sekä oppilaiden lausahduksista on tehty päätelmiä oppilaiden käsitteiden oppimisesta. Jokainen ryhmä teki vain kaksi eri työtä, joista toisen he esittelivät muulle luokalle. Muista töistä he kuulivat muiden ryhmien esityksiä. Tarkoituksena oli oppia kolme energian siirtymisen tapaa. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, miten ilmiöitä ja käsitteitä on opittu. Tällainen opetusmuoto on vaativaa, sillä suuri osa tunnin asioiden oppimisesta nojaa oppilaiden esityksiin ja siihen miten opettaja niihin puuttuu. Toisaalta opetusmetodi on innostavaa ja hauskaa sekä esiintymistaitoa kartuttavaa.

### **5.2.3. Opettajan pohdinnat kysymyslomakkeesta**

Opettajille jaettiin pienimuotoinen kyselylomake (liite 2), joka sisälsi kaksi kysymystä oppituntien aiheesta. Nämä kysymykset oli pohdittu kandidaatin tutkielmani pohjalta, jossa paljastui, että tiettyjä käsitteitä käytetään opetuksessa huolimattomasti. Vastanneiden opettajien osalta saatu data on helposti analysoitavissa ja selkeää, koska kysymykset olivat suoria ja yksinkertaisia (suoran kysymyksen vastaus on vastaavanlainen). Opettajien vastaukset on kirjoitettu sana sanalta ja lauserakenteet sekä muotoilu (esim. alleviivaukset) ovat muokkaamattomia. Kysymyslomakkeista on siis tarkasteltu opettajien lämpökäsitteen käytön yksikäsitteisyyttä ja opettajien mielipiteitä hankalista asioista opetettavan aiheen parissa.

#### 5.2.4. Kokoavat taulukot

Seuraavassa esitetään kokoavasti materiaalit ja analyysit. Taulukko 1 on kokoava taulukko materiaaleista ja taulukko 2 on kokoava taulukko analyyseistä. Taulukot on laadittu selvennyksen vuoksi ja niihin on helppo palata tarvittaessa. Taulukoissa on eroteltu jokainen datalähde erikseen ja tarkennettu niiden merkitystä analyyseissä ja itse materiaaleina.

Taulukko 2: Materiaaleista kokoava katsaus.

Datalähde	Opettajaharjoittelija	Kokenut opettaja
Video	- Lähes staattinen asema kameralla, onnistui hyvin.	- Aluksi staattinen asema kameralla. - Oppilastöiden aikana kamera liikkui ryhmästä toiseen.
Audionauhurit	- Kolmessa oppilasryhmässä, hyviä keskusteluja ja pohdintoja.	- Yksi audionauhuri, mutta huono lähde koska ryhmät ei olleet staattisia, vaan liikkuvat luokassa.
Työkortit	- Jokaiselta oppilaalta työkortti, käytännössä tietyn ryhmän jäsenillä lähes identtiset vastaukset.	- Kokeneella opettajalla ei ollut käytössä työkortteja.
Kyselylomake opettajalle	- Opettajaharjoittelijalta. - Ohjaavalta opettajalta.	- Kokeneelta opettajalta.



Taulukko 3: Analyyseistä kokoava katsaus.

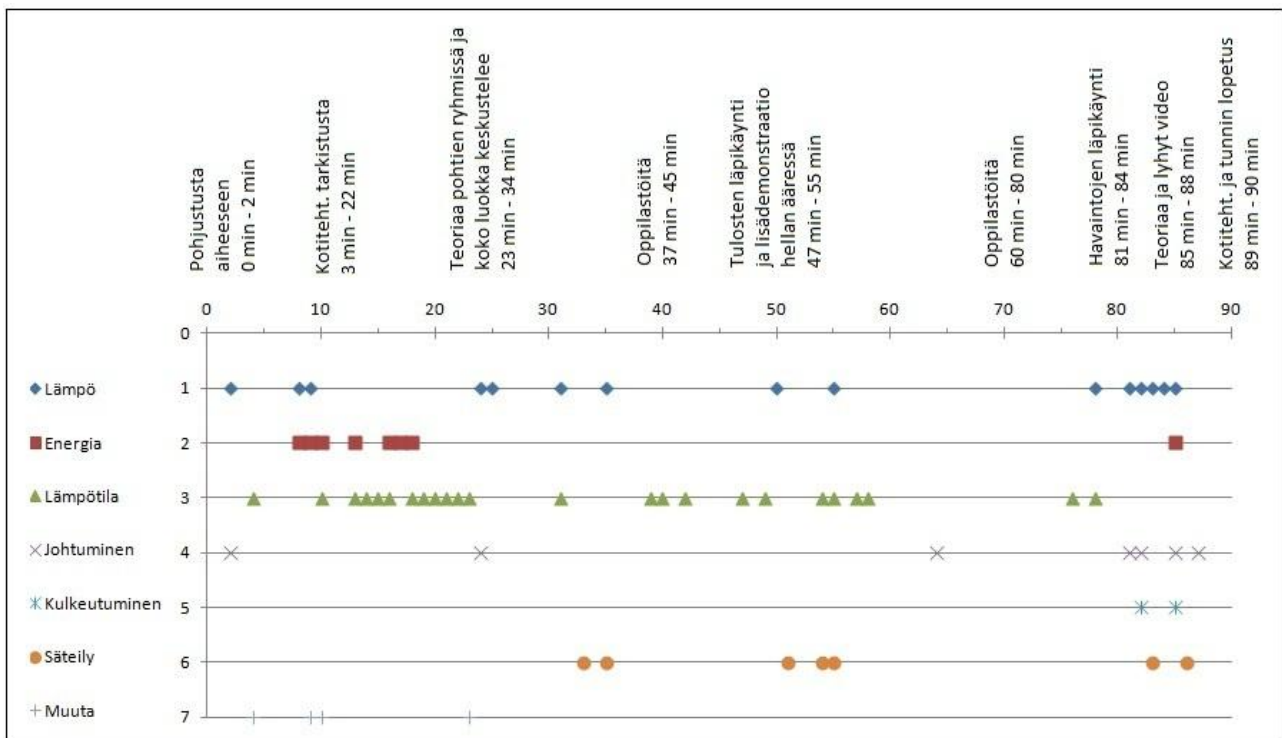
Datalähde	Kuinka analysoitu	Mitä analysoitu	Tarkennus
Video	- Minuutin tarkkuudella käsitteiden käyttö puheesta merkitty taulukkoon. - Tärkeimmät dialogit litteroitu.	- Käsitteiden esiintyminen puheessa ajallisesti ja määrällisesti. - Litteroidut puheet analysoitu käsitteiden oppimisen ongelmien mukaan.	- Litterointien tarkastelun rakenne seuraa lukua 3.5.
Audionauhurit	- Vain tukena videon ääniraidalle.	- Vain tukena videon ääniraidalle.	
Työkortit	- Jokainen työkortin tehtävä lajiteltu yhteen kolmesta kategoriasta oppilaan täyttöjen mukaan: oikein/vajaa tai väärin ymmärretty/tyhjä ja vastauksista on tarkasteltu käsitteiden oppimista.	- Vastauksia analysoitu käsitteiden oppimisen ongelmien mukaan.	
Kyselylomake opettajalle	- Vastaukset tarkasteltu sanatarkasti.	- Vastaukset analysoitu käsitteiden oppimisen ongelmien mukaan.	Yksikäsitteisyys tarkastelun keskipisteenä.

## 6. Tulokset

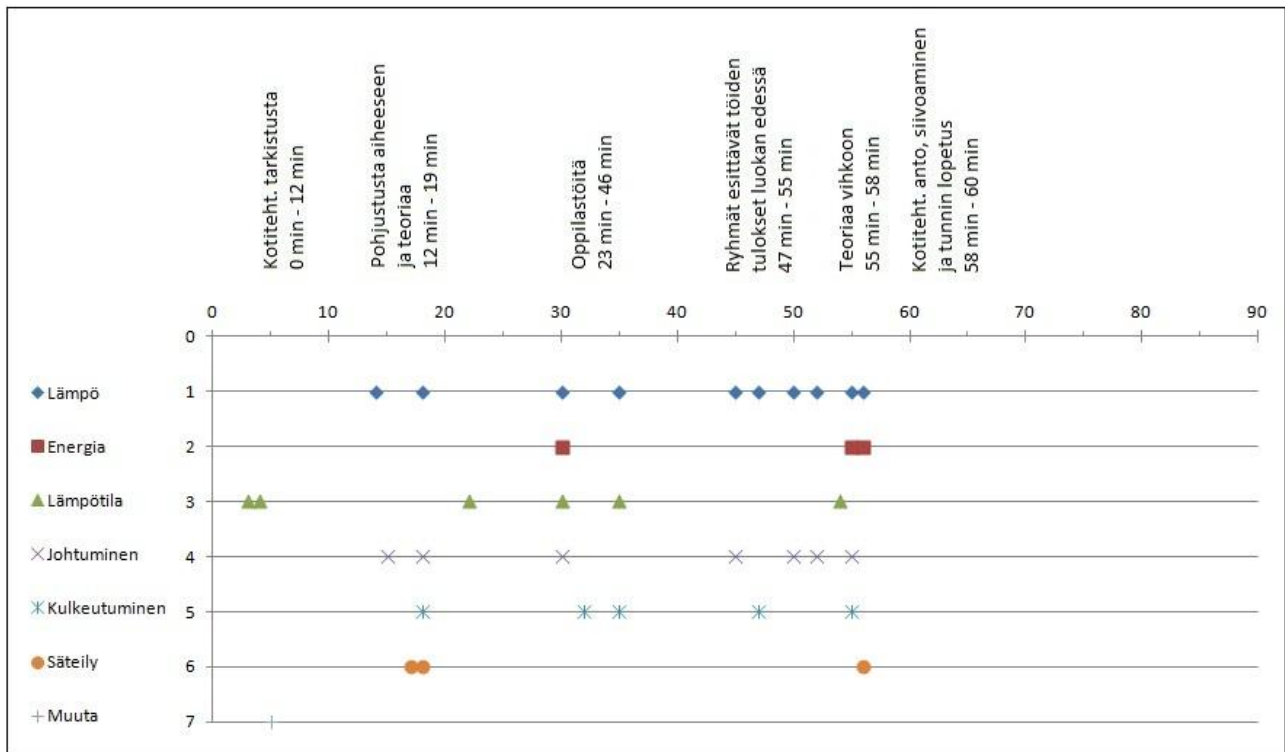
### 6.1. Käsitteiden ajallinen ja määrällinen käyttö opitunnilla

#### 6.1.1. Ajallinen käsitteiden käyttö

Seuraavassa esitetään tuloksia opettajien käsitteiden käytöstä ja analyyseistä. Kuvissa 2 ja 3 on esitetty, miten opettaja on käyttänyt eri käsitteitä tunnikulun eri vaiheissa. Vaaka-akselilla on minuutit ja sen yllä on kuvaus tunnin tapahtumista.



Kuva 2: Kokeneen opettajan käsitteiden käyttö kaksoistunnilla.



Kuva 3: Opettajaharjoittelijan käsitteiden käyttö kaksoistunnilla (ei 90 minuuttinen tunti, koska juhlamenoja koulussa).

Kuvista 2 ja 3 voidaan huomata monia yhtäläisyyksiä ja monia eroavaisuuksia kokeneen opettajan ja harjoittelijan opetuksen välillä. Esimerkiksi kokeneen opettajan tunti on vaihtelevampi ja rakennetta on rikottu enemmän verrattuna harjoittelijan tunnin rakenteeseen. Kokeneen opettajan tunnin rakenne on

*pohjustus (keskustelua) → oppilastyöt → läpikäynti → oppilastyöt → läpikäynti → teoria,*

kun taas opettajaharjoittelijan rakenne on

*pohjustus (kysymyksiä kuvista, teoriapohja) → oppilastyöt → läpikäynti → teorian täydentäminen.*

Kokenut opettaja tekee esimerkiksi lisädemonstraation koko luokalle huomattuaan lämmön siirtymisen säteilemällä olevan hankala asia oppilaille, minkä hän huomasi tunnin pohjustuksessa. Kuvasta 2 huomataan kaksi säteilyn käsittelyrypästä (noin minuuttien 34 ja 53 kohdalla) ennen lopun teoriapakettia, jossa varsinainen kyseisen fysiikan osa-alueen teoria käsitellään. Tällaiset lähestymistavat viittaavat luvun 3.4. kuvan 1 ja avaamis- sekä sulkemisvaiheen teorioiden

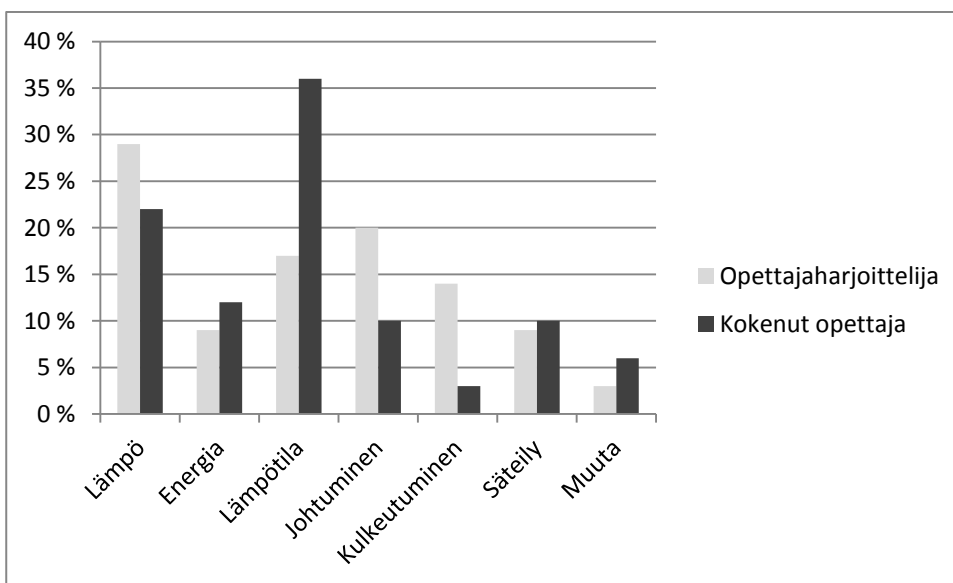
hallintaan käytännössä. Harjoittelija huomasi myös alussa säteilyn hankalaksi asiaksi, mutta ei tarttunut ongelmaan lopun teoriapakettia enempää.

Kuvista 2 ja 3 nähdään myös, että kokenut opettaja käyttää aluksi paljon tuttuja käsitteitä (lämpötila, lämpö ja energia) ja käyttää vasta lopun teoriassa energian siirtymisen käsitteille oikeita termejä. Opettajaharjoittelija käyttää heti kotitehtävien tarkastuksen jälkeen kohtalaisen tasaisesti kaikkia käsitteitä. Kokeneella opettajalla käsitteiden käyttö tunnilla ja niiden esittäminen oppilaille noudattaa enemmän konstruktivistista oppimiskäsitystä kuin opettajaharjoittelijalla. Toisin sanoen kokenut opettaja lähtee arkielämästä ja aikaisemmin opetetuista käsitteistä liikkeelle ja sitä kautta tuo uudet käsitteet esille, kun taas opettajaharjoittelija lähes heti ensimmäisessä teoriaosuudessa esittää kaikki uudet käsitteet. Kuvaajista huomataan, että kokenut opettaja pyrkii pitämään uudet käsitteet poissa käytöstä, kunnes ne on käsitelty oppilastöissä. Opettajaharjoittelijalla on aivan erilainen lähestymistapa, eli uudet käsitteet otetaan heti käyttöön ja sitten tarkastellaan ilmiöitä oppilastöiden avulla.

Näistä huomioista voidaan sanoa, että käsitteiden esille tuominen ja niiden ajallinen esiintyminen oppitunneilla tietyllä tavalla, voi olla osa käsitteenmuodostamisen prosessia sekä oppitunnin yksinkertaistamista. Tässä suhteessa kokeneen opettajan ja harjoittelijan opetuksien välillä on selvä ero. Harjoittelija liittyy asioita arkipäivään, mutta se tapahtuu heti tunnin alussa ensimmäisten minuuttien aikana ja jää siihen. Kokenut opettaja käyttää koko tunnin uuden teorian rakentamiseen vanhan tiedon päälle liittäen ne arkeen ja oppilaiden ajatuksiin käyttämällä pääsääntöisesti jo opittuja käsitteitä. Kokenut opettaja siis hyödyntää lähikehityksen vyöhykkeitä (ZPD) ja avaa keskustelua (dialoginen avaus) sekä tarvittaessa selventää havaittuja ongelmakohtia (auktoritatiivinen sulkeminen), kuten myöhemmin litteroinneista huomataan. Opettajat käyttävät keskustelua ja oppilastöitä avaamisvaiheena ja oppilastöiden läpikäyntiä sulkemisvaiheena, mutta kokeneen opettajan sulkemisvaiheet ovat perusteellisempia.

### 6.1.2. Määrällinen käsitteiden käyttö

Seuraavassa esitetään opettajien käsitteiden määrällisen käytön tarkastelusta havaitut tulokset. Kuvassa 4 on esitetty kunkin käsitteen esiintyminen opettajien opetuksessa prosentteina kaikista käsitteiden esiintymisistä. Vaaka-akselilla on käytetty käsite ja pystyakselilla käyttöprosentti. Molempien opettajien pylväät (käsitteiden käyttö) ovat vierekkäin ja samassa kuvaajassa, jotta vertailu sekä tarkastelu ovat yksinkertaisempia.



Kuva 4: Painotukset käsitteiden käytölle prosentteina pylväskaaviona.

Ensimmäisenä pylväskaaviossa kiinnittyy huomio korkeimpiin pylväisiin. Opettajaharjoittelijalla korkeimmat pylväät eli eniten käytetyt käsitteet/sanat ovat *lämpö* sekä *johtuminen* ja kokeneella opettajalla *lämpö* sekä *lämpötila*. Havainto on mielenkiintoinen, koska teoriaosassa käsitellyissä tutkimuksissa lämpö ja lämpötila on havaittu hyvin paljon sekaannuksia tuottaviksi käsitteiksi. Kokenut opettaja käyttää näitä sanoja hyvin paljon, tarkoituksenaan oletettavasti vältellä vieraiden käsitteiden käyttöä, jotta puhe olisi tarpeeksi yksinkertaista. Nämä sanat voivat kuitenkin olla harhaanjohtavia, sillä monesti puheessa lämpö on lämpötilan synonyymi. Myöhemmistä litteroinneista ja analyyseistä tosin huomataan, ettei kokenut opettaja sekoita sanoja. Mielenkiintoista on myös se, että harjoittelijan eniten käyttämiin käsitteisiin kuului uusi käsite,

johtuminen. Ehkäpä tähän on syynä hänen oma tiedostamaton oppimisprosessinsa: uusien sanojen runsas käyttö vahvistaa niiden osaamista, kuten vieraiden kielten opettelussa on tapana tehdä. Hyvä puoli on se, että hän ei käyttänyt enempää kuin yhtä uutta käsitettä, sillä käytettäessä liian montaa uutta ja vierasta käsitettä puheen yksinkertaisuus ja siten oppiminen voi kärsiä.

Aiheen ollessa lämmön siirtyminen tunti sisältää siihen liittyvät peruskäsitteet: johtuminen, kulkeutuminen/kuljetus ja säteily. Merkittävää on, että kaikista käytetyistä käsitteistä (lämpöoppiin liittyen) kyseisten kolmen käsitteen esiintyminen tunneilla vaihtelee merkittävästi kokeneen opettajan ja harjoittelijan välillä. Kokeneen opettajan käsitteiden käytöstä 23 % sisältää mainitut kolme käsitettä, kun taas harjoittelijalla vastaava luku on 43 %. Tämä vahvistaa sitä havaintoa, että kokenut opettaja pyrkii yksinkertaistamaan opetusta välttelemällä uusien käsitteiden käyttöä, kun taas harjoittelija käyttää niitä koko tunnin ajan tasaisesti.

## **6.2. Käsitteiden käyttö opettajien puheessa**

Seuraavaksi syvennyttään opettajien käsitteiden käyttöön tarkastelemalla litteroituja puheita ja keskusteluja opettajien opetuksista. Opettajaharjoittelijan ja kokeneen opettajan luokkahuonekeskustelut ovat omissa alaluvuissaan. Keskustelut on jaettu molemmilla opettajilla samoin, eli eri episodeihin ja vuoropuheet on numeroitu. Jokainen episodi sisältää vähintään yhden analyysiosion, jossa on tarkasteltu puheen yksikäsitteisyyttä, yksinkertaisuutta ja puheen dialogista avaamista sekä auktoritatiivista sulkemista.

### **6.2.1. Opettajaharjoittelijan luokkahuonekeskustelut**

#### **Episodi 1: Pohjustus ja teoriaa vihkoon**

Kotitehtävien tarkistuksen jälkeen harjoittelija näyttää kuvia, joissa esiintyy kysymys: "Miten lämpö siirtyy?". Oppilaat keskustelevat asiasta keskenään, jonka jälkeen seuraa opettajan esittämä lyhyt tiedustelu ja selvennys siitä, miten kuvat liittyivät energian siirtymiseen.

1. **Opettaja:** *"Mitä te löysitte sieltä."*
2. **Oppilas:** *"No ainakin noi merivirrat"*
3. **Opettaja:** *"Joo eli miten siinä lämpö siirtyy?"*
4. **Oppilas:** *"Tuulen mukana."*
5. **Opettaja:** *"Vai veden mukana?"*
6. **Oppilas:** *"No tuulen, nii joo ei mitään"*
7. **Opettaja:** *"No kyllä tuuletki itesiassa kuljettaa niinku energiaa, oot ihan oikeessa siinä"*
8. **Opettaja:** *"Sitten muita?"*
9. **Oppilas:** *"No toi yks esittää jotain kahvikuppia niin sitten se on niinku kuuma se kahvi siinä niin ja siirtyy siitä sitten"*
10. **Opettaja:** *"Joo, elikkä siinä tapahtuu siis johtumista"*

Seuraavaksi opettaja kysyy hetken muista kuvista lämmönsiirtymistapoja, mutta oppilaat eivät halua vastata. Sitten opettaja päättää ottaa nuotiokuvan ja pohjustaa siinä tapahtuvaa lämmönsiirtymistapaa.

11. **Opettaja:** *"Te istutte notskin ääressä, niin miten, miltä tuntuu niinku, minkälainen fiilis siinä on, miltä tuntuu?"*
12. **Oppilas:** *"Ai minkälainen fiilis siinä on? Lämmin."*
13. **Opettaja:** *"Joo, miten sitä lämpöä siirtyy siinä tapauksessa?"*
14. **Oppilas:** *"No siis sieltä, kun sitä poltetaan niin sitten tuli on lämmintä niin sitten se lämmittää sillein. Emmä tiedä miten se siirtyy, mä tiedän vaan, että se lämmittää"*
15. **Opettaja:** *"Joo, se siirtyy säteilemällä siinä"*

Sitten opettaja kertoo lyhyesti, millä tavalla lämpö siirtyy muiden kuvien esittämissä tilanteissa ja pohjustaa pikaisesti alustavalla dialla, jota opettaja myöhemmin täydentää teorialla.

**16. Opettaja:** *"Joo, no laitetaanpa muutama asia vihkoon, eli siis on kolme lämmönsiirtymistapaa olemassa. Lämpöä voi siis siirtyä johtamalla, esimerkiksi kahvikupista, jos otetaan kahvikupista kiinni, niin siirtyy kahvista käteen ja mukiin sitä lämpöä. Kuljetuksen kautta, esimerkiksi just ne merivirrat tai tuulet, sitten säteily, esimerkiksi auringonpaiste lämmittää aurinkoisella säällä."*

## **Analyysi**

**Yksikäsitteisyys:** Puhe on yksikäsitteistä aloituksessa ja käsitteitä ei sekoiteta toisiinsa tai niistä ei puhuta väärin.

**Yksinkertaisuus:** Episodissa 1 johdatellaan ja tiedustellaan kaikkia lämmönsiirtymistapoja, joten käsitteitä on melko monta yhtä aikaa käsittelyssä. Yksinkertaisuus kuitenkin säilyy, koska kyseessä on päivän asioiden ja aiheen esittely.

**Avaaminen ja sulkeminen:** Aloituksessa on paljon potentiaalia, ja harjoittelija käyttää hyvin kuvia selvittääkseen uutta asiaa. Aluksi oppilaat itse löytävät kuvista kuljetuksen ja johtumisen, vaikka eivät tiedä edes käsitteitä vielä, mutta osaavat jotenkin selittää asiaa ja tietävät, että lämpöä siirtyy. Tämä kertoo siitä, että nuo kaksi energian siirtymistapaa ovat tuttuja heille. Kolmatta lämmön siirtymistapaa he eivät löydä ja opettaja ohjaa oppilaat nuotiokuvaan. Eräs oppilas yrittää selittää ideaa kuvasta, mutta toteaa kuitenkin: *"Emmä tiedä miten se siirtyy, mä tiedän vaan, että se lämmittää"*. Näin harjoittelija sai selville, että säteily on oppilaille hieman hankalaa johtaa arjen asioista. Tämä on selkeä "opening up" -vaihe ja kehittymispotentiaalia (ZPD) omaava kohta.

## **Episodi 2: Oppilastöiden aikana keskusteltua:**

### **Ryhmän 1 ja opettajan keskustelu:**

1. **Opettaja:** *"Koska te pohjaa lämmititte, sitten sieltä huomasitte että myös pinta lämpenee, pintavesi lämpenee ja liikkuu vettä pinnalle, eli värähtelyn liike, Todistitte, että siellä siirtyy ainetta"*
2. **Oppilaat:** *"ja lämpöä."*
3. **Opettaja:** *" ja lämpöä, hyvä, siinä on se pointti, pistäkää ylös"*



## Analyysi

Yksikäsitteisyys: Puhuessaan oppilaille kuljetuksesta, opettaja esittää asiat hyvin ja hän hallitsee käsitteet.

Yksinkertaisuus: Lyhyt yksinkertainen johdattelu.

Avaaminen ja sulkeminen: Oppilaat ovat hyvin mukana ja vaikuttaa siltä, että kuljetus on vaivaton ymmärtää pienellä johdatuksella. Tämä on pienimuotoinen kehittymiskohta, jossa ymmärrystä vahvistetaan. (Opettajan täyttämässä lomakkeessa hänen omia pohdintoja tästä.)

### Ryhmän 2 ja opettajan keskustelu:

1. **Oppilas:** *"Ai siirtyy, onks se lämpö ainetta?"*
2. **Opettaja:** *"Onko se ainetta?"*
3. **Oppilas:** *"Eihän se ole sellasta ainetta."*
4. **Opettaja:** *"Tiedättekö te mitä lämpö on"*
5. **Oppilaat:** *"Hehe, ei."*
6. **Opettaja:** *"Elikkä esimerkiksi jos just se tämä näin rautatanko, tämä on alussa viileä, siellä liikkuu ne, tiedätteko te mitä on atomit?"*
7. **Oppilaat:** *"Hmm, joo."*
8. **Opettaja:** *"Ne liikkuu sillei hitaasti, sittenku te lämmitätte sitä niin ne alkaa liikumaan kovempaa, elikkä lämpö on siis liikettä elikkä aineen osaset liikkuu nopeampaa ja silloin se lämpötila kohoaa"*
9. **Oppilaat:** *"Mutta lämpö ei ole ainetta?"*
10. **Opettaja:** *"Lämpöhän on energiaa"*
11. **Oppilaat:** *"Niin joo, mutta se ei ole ainetta"*
12. **Opettaja:** *"Joo ei ole ainetta"*
13. **Oppilaat:** *" Niin."*
14. **Oppilaat:** *"Mutta siis onko se nyt siis, ei siirry"*
15. **Opettaja:** *"Ei siirry ainetta vaan siirtyy?"*
16. **Oppilaat:** *"Ei siirry ainetta vaan lämpöä, energiaa"*

## Analyysi

**Yksikäsitteisyys:** Eri materiaaleista valmistettujen tankojen lämmitystyön yhteydessä oppilailla on huomattavasti epäselvyyksiä käsitteiden kanssa. Heille on aluksi epäselvää, miten lämpö siirtyy johtumalla, mutta he tajuavat ettei lämpö ole ainakaan tavallista ainetta. Seuraavaksi opettaja kertoo, että lämpö ei ole ainetta vaan, että lämpö on rakenneosasten liikettä. Nyt lämpö voidaan sekoittaa sisäenergiaan, koska se rinnastettiin rakenneosasten kineettiseen energiaan, joka kuuluu sisäenergiaan. Toisaalta tässä tapauksessa hän voi tarkoittaa myös lämpötilaa sanalla lämpö. Joka tapauksessa tämän tyylliset sanonnat, kuten teoriaosassa käsiteltiin, voivat johtaa virhekäsityksiin. Seuraavaksi oppilaat vielä kyselevät, josko lämpö olisi jotain ainetta, mutta opettaja selventää hyvin lämmön olevan energiaa ja johdattaa/ohjaa oppilaat sanomaan hienon lauseen, "Ei siirry ainetta vaan lämpöä, energiaa"

**Yksinkertaisuus:** Käsitteiden määrä on sopiva ja opettaja osaa hyvin olla käyttämättä ylimääräisiä käsitteitä, kuten kineettinen energia, sisäenergia tai muuta vastaavaa. Lämpö sanan liittäminen rakenneosasten liikkeeseen kuitenkin erittäin hämäävää.

**Avaaminen ja sulkeminen:** Tässä keskustelussa tulevat periaatteessa kaikki kuvan 1 erilliset vaiheet ja selkeä "opening up" ja "closing down". Oppilaat siis tekivät työtä ja havaintoja, opettaja tulee selvittämään hankaluudet (opening up, ZPD) ja selventää oppilaille fysiikan teorian tilanteesta johdattelemalla, sekä saakin oppilaat sanomaan täysin oikeilla sanoilla loppulausahduksen (vuoropuhe 16, closing down), jota ei tarvitse auktoritatiivisesti korjata.

### ***Episodi 3: Oppilastöiden esittely luokan edessä, oppilastöiden 1-4 esittely sekä opettajan kommentit (työkorttien analyysi on täältä osalta omassa luvussaan)***

*Työ 1: Kuljetus, aineen liike havaitaan väriaineen liikkeenä vedessä.*

- 1. Oppilaat:** *"No se vesi tai se väriaine värjäs lilanväriseksi, se ku se liikku se väriaine myöskin ja havaittiin, että se, se aine siirtyy sinne yläpuolelle ja se sit lämpenee"*
- 2. Opettaja:** *"Eli tonne laitettiin keitinlasiin kide, josta lähti sitten ku tota alettiin lämmittämään keitinlasia kiteen alta, niin lähti väriaine liikkumaan tonne muuhun lasiin, ja sitten havaittiin, että kun tällä lämpömittarilla mitataan tota pintaveden lämpötilaa, niin se*

*kohos se pintaveden lämpötila. (Epäselvä kohta)... väriaineen liikkeestä nähdään, että aine liikkuu ja sitten huomattiin, että lämpötila kohoaa siellä lasin yläosassa.”*

## **Analyysi**

**Yksikäsitteisyys:** Oppilaat selvästi eivät uskalla käyttää käsitteitä. Opettajan puhe on yksikäsitteistä, mutta esittää epäselvän virkkeen (2. vuoropuhe).

**Yksinkertaisuus:** Yksinkertaisuus on ilmeisesti ollut opettajalla tässä tavoitteena, sillä käsitteenä käytössä vain lämpötila. Kuitenkin epäselvästi muotoiltu virke haittaa selkeyttä ja yksinkertaisuutta. Parempi tapa olisi kertoa lyhyesti väriainekiteen tarkoitus, havainnot ja johtopäätökset. Oppilaiden selostus on hieman vajaa, mutta vaikuttaa siltä, että he ymmärsivät asian pääidean. Opettajan selostus kertoo työn hyvin, mutta hän ei mainitse sitä, että lämmön siirtymistapa on kuljetus. Se kuitenkin näkyy työkortissa oikein, samoin valkokankaalla.

**Avaaminen ja sulkeminen:** Opettaja täydentää ja kertoo auktoritatiivisesti oppilaiden vastausta eli "closing down" vaihe. Periaatteessa oppilaiden selostukset voi ajatella "opening up" vaiheena, sillä niistä opettaja näkee puutteet ja vahvuudet, joita hän voi muokata välittömästi.

### *Työ 2: Tankojen lämmitystyö*

- 3. Oppilaat:** *”Meillä oli lasi ja kuparitanko ja sitten me lämmitettiin niitä sillein, että pidettiin niitä 10cm etäisyydeltä kiinni ja laitettiin ne tankojen päät sinne liekkiin ja sit katottiin kuumeneeko ... niin ja sitten toi kuparitanko lämpeni aika paljonki tai niinku se tuntu ihan siinä ja sitten se toi toine ei lämmenny ollenkaa, olikse lasia, niin se ei lämmenny ollenkaa. Niin ei siirtynyt tota mitään ainetta, mutta siirtyi lämpöä ... toi johtuminen toi sen siirtymistapa.”*
- 4. Opettaja:** *”Joo elikkä lämpöenergiansiirtymistapa on johtuminen ja sitten tämä kyseinen metallitanko teidän tapauksessa kuparitanko, niin se johtaa paremmin lämpöä.”*

## **Analyysi**

**Yksikäsitteisyys:** Oppilaat hyvin selostivat työn kulun ja kertoivat oleellimmat asiat käsitteiden osalta yksikäsitteisesti. Opettaja käyttää sanaa *”lämpöenergiansiirtymistapa”*, joka on usein käytetty harhaanjohtava ilmaisu.

Yksinkertaisuus: Oppilaiden ja opettajan puheet ovat selkeitä ja kompakteja, sillä käsitteiden määrä on juurikin sopiva, lukuun ottamatta lämpöenergian mainintaa. Mieluummin käyttäisi sanaa lämpö.

Avaaminen ja sulkeminen: Tähänkin voi ajatella pienimuotoiset avaamis- (oppilaan selostus) ja sulkemisvaiheet (opettajan täydennys).

Työ 3: Eri materiaaleista valmistetut sauvat lämpimässä vedessä

5. **Opettaja:** *"Niin siis tutkittiin että miten eri materiaalista valmistetut sauvat, niin miten niissä lämpö johtuu"*
6. **Oppilaat:** *"Ja tota meidän ennuste oli, että rauta johtais parhaiten, mut ei johtanutkaan ja alumiini ja messinki johti niistä neljästä parhaiten ja rauta ja puu huonoiten... nii ja sit lämpöenergian siirtymistapa oli meillä johtuminen"*
7. **Opettaja:** *"Siinä oli tosiaan kromattu se rauta, niin se saatto vaikuttaa siihen, että se ei niin tehokkaasti siirtäny sitä lämpöä"*

### Analyysi

Yksikäsitteisyys: Puhe on käsitteiden osalta yksikäsitteistä, niin oppilailla kuin myös opettajalla. Kuitenkin lämpöenergian sijaan voisi puhua vain energiasta (vuoropuhe 6).

Yksinkertaisuus: Vain tarvittava määrä käsitteitä on käytössä, paitsi että nyt oppilaat käyttivät sanaa lämpöenergia. Lämpö tai energia olisi taas parempi sana.

Avaaminen ja sulkeminen: Tässä oppilaat olivat tajunneet idean hyvin, mutta eivät osanneet miettiä järkevästi ennusteen ja tuloksen ristiriitaa ja mahdollisia virhelähteitä (avaamisvaihe). Opettaja kuitenkin keksi yhden mahdollisen syyn, mutta tätä tieteellistä ja kriittistä ajattelua olisi voinut painottaa enemmän. Tässä opettajan olisi kannattanut selittää metallien ja puun lämmönjohtokyvystä sekä kertoa esimerkkejä. Nyt oppilaille saattoi jäädä käsitys, että puu ja rauta ovat jotenkin samanlaisia ja huonoja lämmönjohteita, vaikka opettaja yritti yhdellä virkkeellä korjata asiaa, mutta ei tehnyt sitä tarpeeksi tyhjentävästi. Toisin sanoen sulkemisvaihe jäi vähän vajaaksi.

#### Työ 4: Säteilyn vaikutus tumman ja kirkkaan esineen lämpötilan muutokseen

- 8. Opettaja:** *"Eli tässä siis oli piirtoheittimen päällä tumma ja kirkas lieriö ja laitettiin piirtoheitin päälle ja tutkittiin miten piirtoheittimessä tai miten eri lieriöissä lämpötila muuttuu."*
- 9. Oppilaat:** *"No siinä mustassa, niinku tossa näkyikin niin se lämpeni paljon nopeemmin kuin kirkas ja niin edelleen (osoitti piirrettyä kuvaajaa). Ja toi mustaha imee lämpöä ... toi oli säteilyä."*
- 10. Opettaja:** *"Joo elikkä miksi sitten kävi niin, että se musta lämpeni nopeammin, niin musta pinta niin sehän absorboi elikkä imee lämpöä tehokkaammin, jos ottaa kesällä ulkona mustassa paidassa tai valkosessa paidassa, niin huomaatte varmaan eron ja sitten tosiaan säteily oli se lämmönsiirtymistapa "*

#### Analyysi

**Yksikäsitteisyys:** Puhe on yksikäsitteistä. "Imee" -sanana käyttö on hyvä varsinkin, jos absorbointia tai vastaavaa ei ole käsitelty vielä kunnolla.

**Yksinkertaisuus:** Käsitteiden määrä on sopiva, ja opettaja hyvin selventää hyvin sanaa "absorboi" sanalla "imee".

**Avaaminen ja sulkeminen:** Opettaja avaa puheen kerraten oppilastyötä. Tässä oppilas viittaa paljon dokumenttikameralla heijastettuun, ryhmän täydentämään työkorttiin. Heillä oli selkeät tulokset, mutta selitys oli hyvin yksinkertainen ja hieman vajaa sekä kirjoitettuna että esitettynä (avaaminen). Opettaja kertoo hyvin ja liittyy työn idean hyvin tuttuun arkielämän ilmiöön (sulkeminen). Yksinkertaisesti olisi voinut selittää mustan ja valkoisen värin erot, jotta oppilaat tietäisivät syyn siihen, miksi musta "absorboi elikkä imee lämpöä tehokkaammin". Opettaja lisäsi hyvin sanan tehokkaammin, mutta imemiskykyä koskevaa vertailua olisi voinut tehdä enemmän, sillä kuten myöhemmin nähdään, suurimmalla osalla oppilaista oli työkortissa vajaa vastaus. Toisin sanoen, sulkemisvaihe olisi taas voinut olla tyhjentävämpi. Toisaalta silloin yksinkertaisuus olisi saattanut kärsiä.

**Episodi 4: Tunnin loppuksi täydennetään teoriaa vihkoon:**

Täydennys diaan ja opettaja käy sen läpi:



Kuva 5: Täydennetty teoria dia

Kuvan 5 läpi käytyään kommentoi opettaja kuvaa, jossa nuoli siten, että osoittaa lämmön siirtymisen kuumemmasta kylmempään.

**Opettaja:** *”Lämpöä siirtyy, voitte piirtää vaikka tämmösen kuvan siihen, vielä sinne vihkoon, eli se siirtyy aina kuumasta kylmempään, (tauko) lämpöenergia”*,

**Analyysi**

Yksikäsitteisyys: Opettaja rinnastaa synonyymeiksi lämmön ja lämpöenergian kirjoitetussa ja puhutussa esityksessä. Nämä ovat asioita, jotka pedagogisten tutkimusten mukaan lisäävät virhekäsitysten määrää. Dian lämmön siirtymisen suuntaa havainnollistava kuva on hyvä ja opettajan selitys selkeyttää sitä, mutta opettajan puheessakin lämpö on synonyymi lämpöenergialle. Kuvaan olisi hyvä liittää esimerkki, muuten asia jää hieman irralliseksi, kuten nyt tapahtui. Kuva kertoo energian siirtymisen suunnan, tämän vuoksi sanan lämpö tilalla voisi olla sana energia ja kuvan otsikkona lämpö.

Yksinkertaisuus: Tunnin viimeistely ja asian tiivistäminen pieneksi teoriapaketiksi sisältää paljon virhekäsityksiin mahdollisesti johtavia kohtia. Ensinnäkin dia, kuva 5, esittää sanat lämpö ja lämpöenergia synonyymeinä ja kuten teoriaosassa käsiteltiin, se ei ole hyvä tapa. Lämpöenergia on tavallisesti osa sisäenergiaa, joten se ei voi olla sama asia kuin lämpö, energian siirtyminen.

Avaaminen ja sulkeminen: Tunnin lopuksi tulee ennalta suunniteltu auktoritatiivinen esitys, joka ei puutu mitenkään huomattuihin oppilaille hankaliin asioihin vaan on täysin ennalta suunniteltu.

### 6.2.2. Kokeneen opettajan luokahuonekeskustelut

Oppitunnin alussa opettaja kertoo edellisen tunnin asiaa ja esittää samalla uudenkin aiheen kannalta mielenkiintoisen virkkeen.

#### Lämpökapasiteettikertaus

**Opettaja:** *"Eli vesi lämmönsitojana ja energian, lämpöenergian sitojana ja sitten luovuttajana on aika huikaa, huikaa aine"*

#### Analyysi

Yksikäsitteisyys: Puhe on yksikäsitteisyyden rajoilla. Alun lämpökapasiteettikertausosiossa oli mielenkiintoinen kohta. Opettajan näyttäisi erottelevan lämmönsitomisen ja lämpöenergian sitomisen. Hieman hankalasti sanottu, ja vaikuttaa siltä, että opettaja pitää ilmaisuja synonyymeina. Toisaalta voisi ajatella, että sanat on eroteltu toisistaan: hyvä lämmönsitoja tarkoittaa hyvää lämmönjohtavuutta ja lämpöenergian sitominen hyvää lämpökapasiteettia.

Yksinkertaisuus: Vaikka opettajan puhe lyhyt, hankalasti muotoiltu virke ei selkeytä asiaa oppilaille, ei tarpeeksi yksinkertainen eikä tarpeeksi selittävä. Tämä on yksi tuntien epäselvimmistä virkkeistä.

Avaaminen ja sulkeminen: Opettajan puhe on auktoritatiivista. Vuoropuheen voi ajatella sulkemisvaiheeksi, sillä ennen vuoropuhetta opettaja käsitteli aihetta oppilaiden kanssa.

Kokeneen opettajan oppitunnissa uuden aiheen käsittely alkaa 24 minuutin kohdalla ja pohjustus kestää noin 10 minuuttia. Aluksi kokenut opettaja kertoo tarinan kuparista tehdystä saunasta ja kysyy oppilailta sellaisen saunan järkevyydestä. Seuraavaksi opettaja heijastaa valkokankaalle energiansiirtymisilmiöön liittyviä kysymyksiä ja kehottaa kirjoittamaan otsikon vihkoon.

### Valkokankaalla:

Lämpö siirtyy kolmella tavalla

Miksi tummat vaatteet ovat kesällä aurinkoisella säällä kuumemmat kuin vaaleat vaatteet?

Miksi etelätuulet ovat syksyllä lämpimiä ja pohjoistuulet kylmiä?

Miksi löylykauhassa on puinen kädensija?

Kysymyksiä ohjeistetaan miettimään pienryhmissä. Noin kahden minuutin pienryhmäkeskustelujen jälkeen alkaa ajatusten läpikäynti koko luokan kesken. Seuraavassa litteroitu keskustelu:

### Episodi 1: Pohjustus uuteen asiaan ja oppilaiden käsitysten selvittelyä

1. **Opettaja:** *"Minkämoisena se lämpö tulee, jos miettii valoa tai takkaa tai aurinkoa, niin tuleeko se johtoa pitkin vai millä tavalla se tulee (tauko), mitäs mieltä olette?"*
2. **Oppilas:** *"Eiks se tuu sen ilman mukana"*
3. **Opettaja:** *"Millä tavalla se tulee ilman mukana, selitä vähän mitä sä ajattelet siinä (tauko), mut jos mietit aurinkoa niin aurinko on aika kaukana ja siinä on avaruutta vähä välissä ja siellähän ei ole ilmaa ollenkaa"*
4. **Oppilas:** *"No tarttuuko se jotenki paremmin siihen tummaan tekstiiliin ku johonkin vaaleempaan"*
5. **Opettaja:** *"Tartuttaa minkä?"*
6. **Oppilas:** *"Öö"*



7. **Opettaja:** *"Ehdotettiin, että ilmaa, mutta ilmaa se ei ole"*
8. **Oppilas:** *"Onks se sitten niinku sen valon kautta tai siis sen UV-säteilyn?"*
9. **Opettaja:** *"Säteilyn kautta?"*
10. **Oppilas:** *"Niin."*
11. **Opettaja:** *"Joo, eiksvaa, aurinko säteilee ja voidaan sitä kautta katsoa, että se sitten saavuttaa sieltä. Auringosta asti sillä kestää 8 min saavuttaa se säteily kun me nähään tai katotaan se säteily lämpösäteilynä. Niin se valo mistä sä sanoit Tytti (nimi muutettu), niin valolla kestää 8 minuuttia mennä maapallolle, aika pitkä aika eiksvaa, joten ilmalla se ei voi mennä koska avaruudessa... (hetki jolloin videonauhan ääni on osittain liian hiljainen)"*
12. **Opettaja:** *"Miksi löylykauhassa on puinen kädensija (tauko), miksi, Mikko?"*
13. **Oppilas:** *"noku se öö puu, se puu ei johda lämpöä nii hyvi ku rauta, ei pala käsi."*
14. **Opettaja:** *"Näin on."*

## Analyysi

Yksikäsitteisyys: Keskustelut eivät ole täysin yksikäsitteisiä (sanonnat "lämpö tulee" 1. vuoropuhe ja "ilmalla se ei voi mennä" 11. vuoropuhe), mutta toisaalta ymmärrettävää, koska energian siirtyminen on ensimmäistä kertaa käsiteltävänä. Viimeinen kysymys (12. vuoropuhe) löysi hyvän, lyhyen ja ytimekkään vastauksen lähes heti. Oppilas vastasi vielä oikealla käsitteellä, vaikka sitä ei oltu käyty läpi vielä. Ehkä hän luki sen juuri kirjasta, mutta opettaja tyytyi siihen.

Yksinkertaisuus: 11. vuoropuhe on hyvin epäselvä, lauserakenteiden osalta varsinkin.

Avaaminen ja sulkeminen: Oppilaille on selkeästi hankalaa hahmottaa säteilyn kulku tyhjiössä ja opettaja joutuu hakemaan pitkään vastausta esimerkilleen (avaaminen). Lopulta eräs oppilas muistaa UV-säteilyn ja opettaja pääsee tarkentamaan sitä ja selvittämään asian oppilaille (sulkeminen). Opettaja joutui lähes väkisin etsimään jonkun oppilaille tutun asian ja sitä kautta avaamaan asiaa. Tässä episodissa opettaja selvitti siis oppilaiden käsitteiden hallintaa ennen varsinaista teoriapakettia ja työskentelyä. Opettaja selittää hankalaksi havaittua asiaa vielä useasti myöhemmin, eli sulkemisvaihe on moniosainen.

Tämän keskustelun jälkeen oppilaat tekevät ensimmäisen oppilastyön (värjätty lämpömittari -työ) ja tulokset käydään yhdessä läpi. Virhetulosten syytä pohditaan sekä keskustellaan työn annista

(episodi 2). Sitten opettaja pyytää kaikki oppilaat kuuman hellan ääreen keskustelemaan lämpösäteilyn aistimuksista (episodi3). Opettaja huomasi alun pohjustuksen ja ensimmäisen oppilastyön yhteydessä, että säteily on vieras asia oppilaille, ja siksi hän ottaa asian vielä yhteisesti puheeksi.

## **Episodi 2: Kokemus vastaan tieteellinen selitys**

- 1. Opettaja:** *"Meillä on kokemusta, vähän omakohtaista hikoilukokemusta siitä, niin se on hyötykäytössä tämmöisissä tilanteissa. Monta kertaa meillä saattaa olla itse asiassa semmoisia tilanteita edessä, että se kokemus ei vastaa sitä tieteellistä selitystä, mutta tässä näin se osuu ihan kohdilleen (tummissa vaatteissa tulee kuuma auringonvalossa)."*

Opettaja kertoo havaintoja oppilastyöstä, jossa verrattiin värjättyä ja värjäämätöntä lämpömittaria:

- 2. Opettaja:** *"Huomattiin, että se tumma, tumman tai värjätyn lämpötila on korkeampi, mistä havaitsemasi ero voisi johtua, (tauko) sitoo enemmän lämpösäteilyä eiksvaa, sehän me todettiin"*

## **Analyysi**

Yksikäsitteisyys: Puhe on yksikäsitteistä oleellisten käsitteiden osalta.

Yksinkertaisuus: Käsitteiden määrä sopiva ja opettaja käyttää yksinkertaista arkielämän esimerkkiä. Oppilastyön jälkeen opettaja kertoo tärkeän asian, liittyen siihen kuinka arkitietämys ei aina vastaa tieteellistä tietoa. Hän sanoo, että tässä oppilastyössä kuitenkin kokemus tukee tieteellistä tietoa ja kertoo vielä sen, että tumma väri imee lämpöä paremmin kuin vaalea väri. Yksinkertainen ja lyhyt lisätieto ei haittaa puheen yksinkertaisuutta tässä tapauksessa.

Avaaminen ja sulkeminen: Opettaja selventää hankalaksi havaittua asiaa (säteily) oppilaille auktoritatiivisesti eli kyseessä sulkemisvaihe aikaisemmin havaitulle asialle.

### Episodi 3: Selventää hankalaksi havaittua asiaa, lämmön siirtyminen säteilyllä

1. **Opettaja:** *"Mutta tumma oli semmonen, että se imee mitä enemmän?"*
2. **Oppilas:** *"Lämpöä"*
3. **Opettaja:** *"Lämpöä, minkä, miten se tulee, tuleeko se ilman, tuleeko se jonkin aineen kautta vai mitenkä se lämpö tulee siihen?"*
4. **Oppilas:** *"No säteilyllä."*
5. **Opettaja:** *"Säteilyllä. Tulkaa kaikki tänne ... Aistitteko te tän lämmön jotenkin" (hellan ääreen)*
6. **Oppilas:** *"No joo"*
7. **Opettaja:** *"Välittyä totta kai, niinku huoneilman välityksellä meihinki, mutta kyllä me aistitaan, että säteilyllä se tulee, eiksvaa (tauko) eli säteilyllä tää tulee"*

Hetken päästä opettaja jatkaa...

8. **Opettaja:** *"Kyllä me tavallaan se aistimus saadaan, säteilyaistimus."*

### Analyysi

**Yksikäsitteisyys:** Puhe yksinkertaistettu taas käyttämällä ilmaisua lämpö tulee. Ei välttämättä paras tapa yksinkertaistaa asiaa, mutta muutoin yksinkertaistaminen voisi kärsiä.

**Yksinkertaisuus:** Puhe selkeää ja hellan ääressä "aistiminen" varmasti selkeyttää puhetta.

**Avaaminen ja sulkeminen:** Tässä vaiheessa oppilaat muistavat, että musta imee paremmin säteilyä ja opettaja haluaa vielä antaa heille kokemuksen lämpösäteilystä. Hellan ääressä hän varmistaa, että kaikki tuntevat lämmön ja selventää asiaa hieman. Selkeästi episodi 1, jossa selvitettiin oppilaiden ennakkotietoja, vaikutti säteilyn opetukseen. Säteilyä lämmön siirtymisen tapana käsiteltiin paljon. Tämä on malliesimerkki siitä, miten tämän tutkimuksen teoriaosan kuvan 1 mukaista mallia ja puheen avaamis- ja sulkemisvaihe -malleja voidaan soveltaa. Etsitään kehittämispotentiaalia omaavat asiat ja ohjataan tarpeeksi paljon niissä kohdissa.

#### Episodi 4: Muiden oppilastöiden läpikäyntiä:

1. **Opettaja:** *"...mutta, saako se pieni kynttilä, niin saako se säteilemällä sen spiraalin liikkumaan, tytti?"*
2. **Oppilas:** *"Ku se lämmittää sitä ilmaa, nii se ilma nousee ylöspäin"*
3. **Opettaja:** *"Kyllä."*

#### Analyysi

Yksikäsitteisyys: Puhe on yksikäsitteistä.

Yksinkertaisuus: Erittäin yksinkertaista puhetta.

Avaaminen ja sulkeminen: Opettaja tiedustelee ymmärtävätkö oppilaat säteilyn ja kulkeutumisen erot ja yhteydet oppilastyöstä. Vastaus tulee selkeästi ja se on oikein. Opettaja olisi voinut vielä hieman täydentää oppilaan vastausta kertaamalla asian kokonaisella virkkeellä. Toisaalta yksinkertaisuus voisi kärsiä siitä.

#### Episodi 5: Lopun teoriaosuus

Tunnin lopuksi opettaja kertoo teoriaa ja vihkoon kirjoitetaan kolme energian siirtymistapaa. Opettaja puhuu ymmärrettävästi, kunnes kerta johtumista ja kulkeutumista. Käytettyä oppimateriaalia mukaillen opettaja sanoo aluksi:

1. **Opettaja:** *"Lämpöhän on energiaa, se me tiedetään, ollaan opiskeltu, ja lämpö voi myös muuttua muiksi energialajeiksi"*  
*Valkokankaalla: "Lämpö voi myös muuttua muiksi energiamuodoiksi, mutta energian kokonaismäärä kuitenkin säilyy."*

Seuraavassa hän puhuu epäselvästi johtumisesta ja kuljetuksesta:

2. **Opettaja:** *"Nää 1 (johtuminen) ja 2 (kuljetus) menee helposti sekaisin, mut tää johtumalla, niin se on aineen mukana, aineessa, se lämpö ja sen avulla ja sen välittämänä välittyy eteenpäin tai kappaleesta toiseen"*

*Valkokankalla: "Lämpöä voi siirtyä kappaleesta toiseen kolmella tavalla: 1) johtumalla aineessa esim. lieden levystä kattilaan. 2) kulkeutumalla aineen, esim. lämmitysveden mukana..."*

## **Analyysi**

**Yksikäsitteisyys:** Puhe on yksikäsitteistä ensimmäisessä vuoropuheessa, mutta toisessa hän sekoittaa käsitteet tai sanat. Lausahduksesta voisi saada sellaisen käsityksen, että johtumisessa lämpö välittyy aineen mukana eteenpäin, mikä tarkoittaisi kuljetusta. Kumma asia on se, että opettaja ei puhunut muuten väärin käsitteistä, mutta lopun teoriaosuudessa hän teki niin. Kenties käytetty oppimateriaalisivusto hämäsi opettajaa. Hyvä esimerkki oppimateriaalien käytön eräästä vaarasta.

**Yksinkertaisuus:** Taas monimutkainen ja epäselvä virke (vuoropuhe 2) haittaa puheen yksinkertaisuutta. Opettaja sanoo, että johtuminen ja kuljetus menee helposti sekaisin. Hän totesi tämän luultavasti sen takia, että oppilastyö, jossa ilmaa lämmitettiin ja lämmin ilma nousi ylöspäin liikuttaen spiraalia, saattaa johtaa juuri tähän sekaannukseen. Pedagogisten tutkimusten mukaan johtuminen ja kuljetus eivät ole yleinen sekaannusta aiheuttava käsitepari.

**Avaaminen ja sulkeminen:** Puhe on auktoritatiivista. Opettaja yrittää selkeyttää hankalaksi havaittua asiaa, mutta tekee asian kenties vieläkin epäselvemmäksi. Sulkemisvaihetta voi sanoa epäonnistuneeksi.

### **6.2.3. Yhteenveto käsitteiden käytöstä opettajan puheessa:**

Teoriaosassa mainittu tehokas käytäntö, "Scottin tutkimus rohkaisee opettajan selvittämään dialogisen lähestymisen kautta oppilaiden näkemykset ja auktoritatiivisella lähestymistavalla korjaa tai täydentää vanhat käsitykset oikeiksi.", on juurikin samanlainen, mitä kokenut opettaja noudatti tunnilla, ja sisältyi myös tunnin rakenteeseen (Scott & Ametller, 2007). Tunnin pohjustuksessa (episodi 1, s. 36), hän selvitti oppilaille hankalimmat energian siirtymiseen liittyvät ongelmakohdat sekä käsitykset/käsitteet (avaaminen) ja selvensi niitä (sulkeminen) läpi tunnin, sopivissa kohdissa (säteily oli hankalin). Opetustapa viittaisi myös sosiaalis-konstruktivistisen mallin hyödyntämiseen, eli opettaja ohjaa oppimista sopivissa tilanteissa. Kokenut opettaja

selkeästi huomasi kehittymispotentiaalia (ZPD) omaavat asiat ja ohjasi niiden oppimista. Tällainen toimintatapa ei ole yksinkertainen tunnilla toteutettavaksi ja luultavasti siksi kokemattoman harjoittelijan tunti ei perustunut samaan malliin. Tämän opetusmallin noudattaminen vaatii sopivan oppimisympäristön ja luokkailmapiirin sekä korkeatasoista opettajan arviointia, tietoa ja taitoa (Pollard ym., 2008). Tällaiset erot kokeneen ja kokemattoman opettajan välillä osoittavat, että enemmän tarvittaisiin käytännön harjoittelua sekä puuttumista opettajien käsitteiden käyttöön ja tiedonmuodostamisprosessien tiedostamiseen. Tähän on viitannut myös Ahtee tutkimuksessaan (Ahtee, 1994, s. 15).

Harjoittelijalla oli samantyylinen potentiaalinen pohjustusosio (episodi 1, s. 26) tunnissaan kuin kokeneella opettajalla (avaamisvaihe), ja hänkin sai selville luokalleen oppimisen kannalta hankalimman energian siirtymistavan (säteily). Tämän hyvän aloituksen jälkeen hän ei kuitenkaan pureutunut siihen ongelmaan lainkaan syvällisemmin, toisin kuin kokenut opettaja. Huomattavaa oli myös se, että hän selvitti uudet paljastuneet ongelmat hyvin lyhyesti, yleensä yhdellä virkkeellä, eikä pureutunut niihin kunnolla. Siispä harjoittelijan sulkemisvaiheet olivat vajaat.

Kokeneella opettajalla käsitteiden käytön ongelmia oli ainoastaan tunnin lopussa (lisäksi epäselkeä virke tunnin alussa). Hän käytti oppimateriaalin käytön yhteydessä erittäin epäselvää virkettä ja harhaanjohtavia ilmauksia, vaikka hän aikaisemmin puhui vastaavat asiat yksikäsitteisesti. Harjoittelijalla taas oli ongelmia käsitteiden käytössä heti alusta lähtien (lämpö ja lämpöenergia käytössä synonyymeinä), mikä viittaisi siihen, että hän ei ole yliopisto-opinnoissaan saanut riittävän selkeää ymmärrystä, eikä kokemus ole vielä korjannut asiaa. Harjoittelijan ongelmat olivat samankaltaisia kuin teoriaosassa esitetyissä tutkimuksissa oppilailla on havaittu olevan.

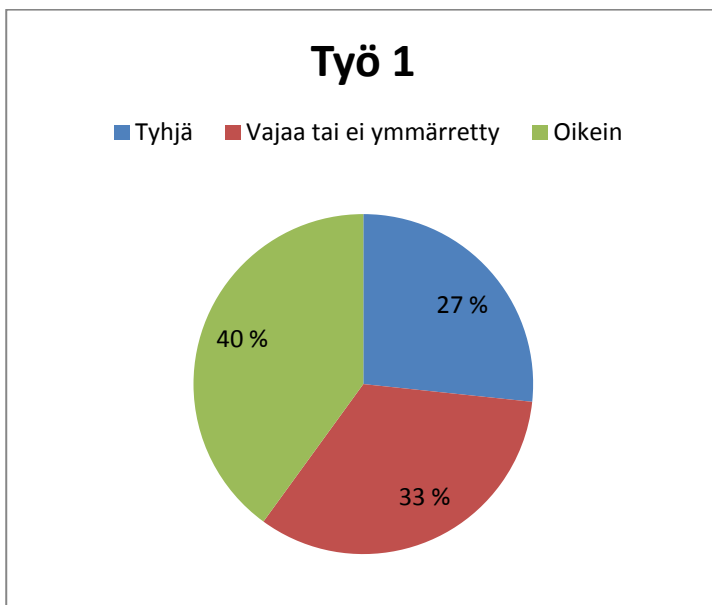
Molempien opettajien puhe oli hyvin yksinkertaista mitä tulee käytettyjen käsitteiden määrään. Molemmat välttelivät niin sanottuja ylimääräisiä käsitteitä eli opettajat pyrkivät pitäytymään tunnin aiheen sisältämissä käsitteissä käyttämättä käsitteitä aiheen ulkopuolelta, vaikka ne liittyisivät asiaan. Harjoittelijan 3. episodin vuoropuheessa 10 (s. 33) hän käytti sanaa "absorboi", mutta heti perään korvasi arkikielen sanalla "imee" on hyvä esimerkki puheen yksinkertaistamisesta. Kokenut opettaja ei edes maininnut vastaavanlaisia käsitteitä vaan käytti kyseisissä tilanteissa arkikielen termejä. Ainut asia, mikä molemmilla haittasi yksinkertaisuutta, oli muutama epäselvä virke, mutta se on luonnollista esiintymistilanteessa kaikille ihmisille ja on kuuntelijan tehtävä kysyä selvennystä, jos jokin lause tai virke on epäselvä.

## 6.4. Oppilaiden täyttämät työkortit ja esitykset

Tutkimuksen yhden osan muodosti oppilaiden ryhmätöistä laatimien työkorttien tarkastelu. Kuvissa 6-9 on esitetty prosentteina työkorttien osoittaman osaamisen jaottelu kolmeen osaamiskategoriaan: tyhjä; vajaa tai ei ymmärretty; oikein. Arvostelussa oli käytössä oma tulkinta ja tuloksia sekä yksittäisiä vastauksia on kommentoitu. Kirjatuissa oppilaiden vastauksissa näkyy, mistä oppilaasta on kyse ja missä ryhmässä hän on ollut sekä sukupuoli. Esimerkiksi merkintä 2.1.T tarkoittaa seuraavaa: ryhmä 2 (esittivät työn 2), oppilas 1, tyttö.

### Työ 1

Työssä 1 oli tarkoituksena lämmittää keitinlasia pohjasta. Keitinlasi oli täynnä vettä ja lasin pohjalla, lähellä reunaa, oli kaliumpermanganaattikide. Kiteen liuetessa veteen väriaine liikkui lämpimämmän veden mukana, ja näin oli havaittavissa energiansiirtymistavoista kuljetus.



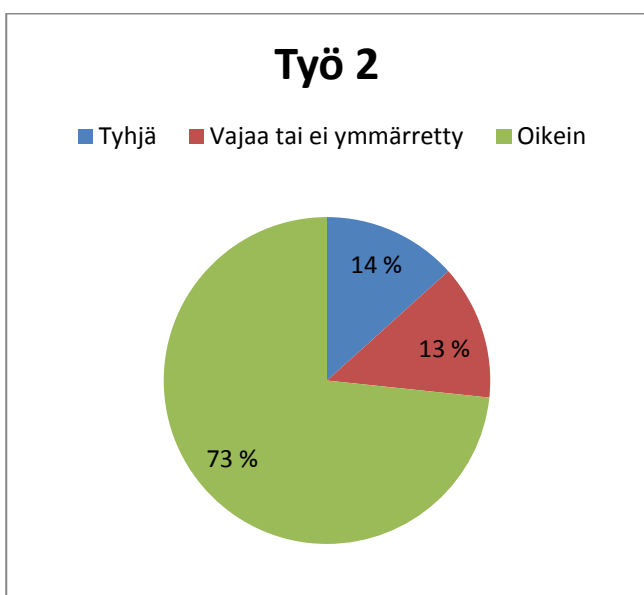
Kuva 6: Oppilastyön 1 työkorteista ilmenevän osaamisen jakautuminen eri osaamiskategorioihin.

Ryhmä, joka esitti muulle luokalle työn 1, oli suoriutunut työstä hyvin, muut kohtalaisesti. *Vajaa tai ei ymmärretty* -kohdan suuri prosentti johtui lähes kokonaan vajaista vastauksista, sillä väärinymmärryksiä ei ollut juurikaan kirjattu. Oppilaista 27 % ei kirjoittanut työkorttiinsa mitään, mikä on hieman huolestuttavaa.

Tässä työssä kysymykset olivat hyvin johdattelevia: "Mitä kaliumpermanganaatin värjäämälle vedelle tapahtuu, kun kaasupoltin lämmittää vettä?" ja "Miten voidaan päätellä, että lämpö siirtyy liikkuvan aineen mukana?". Yleisimmät vastaukset olivat "väri siirtyy kiteeltä muuhun veteen" ja "väriaineen liikkeestä havaitaan, että aine (vesi) siirtyy lasin yläosaan missä havaitaan, että lämpötila kohoaa". Nämä kaksi vastausta esitettiin valkokankaalla ja muut oppilaat kopioivat ne lähes sanasta sanaan. Eräällä oppilaalla oli hieman erilainen loppuosa: "...aine liikkuu ja myös lämpö liikkuu kun mitataan.", hän ilmeisesti yritti kuvata sitä, että aine ja energia siirtyy kuljetuksessa toisin kuin esimerkiksi johtumisessa.

## Työ 2

Työssä 2 kuumennettiin kahta lyhyttä metallista ja lasista valmistettua sauvaa liekissä. Oppilas piti sauvojen toista päätä liekissä ja toista päätä kädessä, kunnes kädenpuoleisessa päässä lämpötilan nousu oli huomattavissa tuntoaistilla. Työ havainnollisti lämmön johtumista ja eri materiaalien toisistaan poikkeavia lämmönjohtumiskykyjä.



Kuva 7: Oppilastyön 2 työkorteista ilmenevän osaamisen jakautuminen eri osaamiskategorioihin.



Lähes kaikki olivat täyttäneet tämän työn työkortin, ja oikeiden vastausten osuus oli korkein (73 %). Vain 14 % oppilaista oli jättänyt työkortin tyhjäksi. Tämä oli selkeästi parhaiten osattu työ, mikä viittaisi siihen, että johtuminen on ainakin tälle luokalle helpoin energiansiirtymistapa ymmärtää. Varmasti on myös arjesta tuttua, että metallit kuumenevat eri tavoin kuin esimerkiksi puu tai lasi (suomalaisille löylykauha on hyvä esimerkki).

Yleisimmät vastaukset kysymyksiin "Mitä havaitset?" ja "Siirtyykö kummastakaan tangosta käteesi ainetta? kertoivat suoraan ilman perusteluja, että metallitanko lämpeni nopeammin ja että ainetta ei siirry käteen. Kaksi muista poikkeavaa hyvää vastausta mainittuihin kysymyksiin olivat seuraavanlaisia:

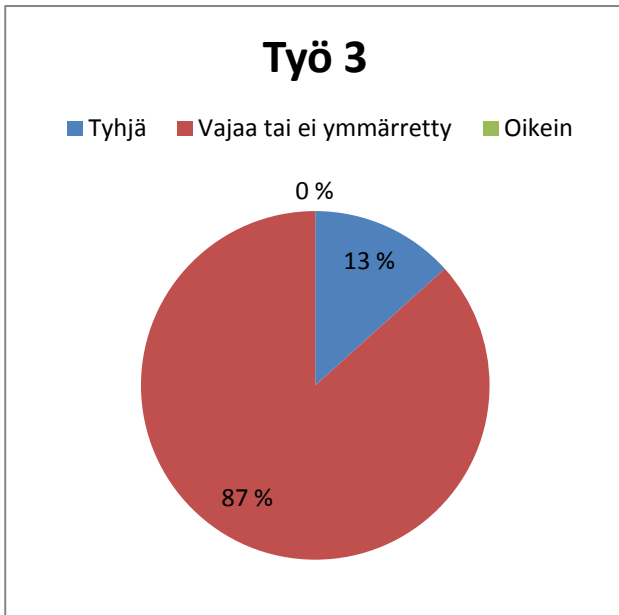
Oppilas 1.4.T: "metallitanko lämpeni nopeammin" ja "Ei siirry. Siirtyy energiaa käteen"

Oppilas 2.1.T: "Lämpö johtuu rautaan nopeammin." ja "Ei siirry, siirtyy lämpöenergiaa".

Näissä vastauksissa oli yritetty muita enemmän perustella, ensimmäisellä havainto "Siirtyy energiaa..." ja toisella vastaava sekä "Lämpö johtuu rautaan...". Toinen oppilas oli käyttänyt sanaa lämpöenergia, mutta se on luonnollista, sillä opettaja ja oppimateriaali käytti sitä myös. Hieno huomata, että joillakin on oikein käytettyjä käsitteitä perusteluissaan.

### **Työ 3**

Oppilastyössä 3 oli neljästä eri materiaalista (alumiini 237 W/mK, messinki 120 W/mK, rauta 80,4 W/mK ja puu 0,14 W/mK (MAOL-taulukot, s. 72-77)) valmistettuja sauvoja, joissa oli lämpömittari. Sauvat sijoitettiin astiaan, joka sisälsi kuumaa hanavettä ja sauvojen lämpötilojen nousua tarkkailtiin. Tämä oppilastyö oli toinen johtumista käsittelevä työ, mutta tässä ei käytetty tuntoastia vaan lämpötilaa tarkasteltiin lämpömittareilla.



Kuva 8: Oppilastyön 3 työkorteista ilmenevän osaamisen jakautuminen eri osaamiskategorioihin.

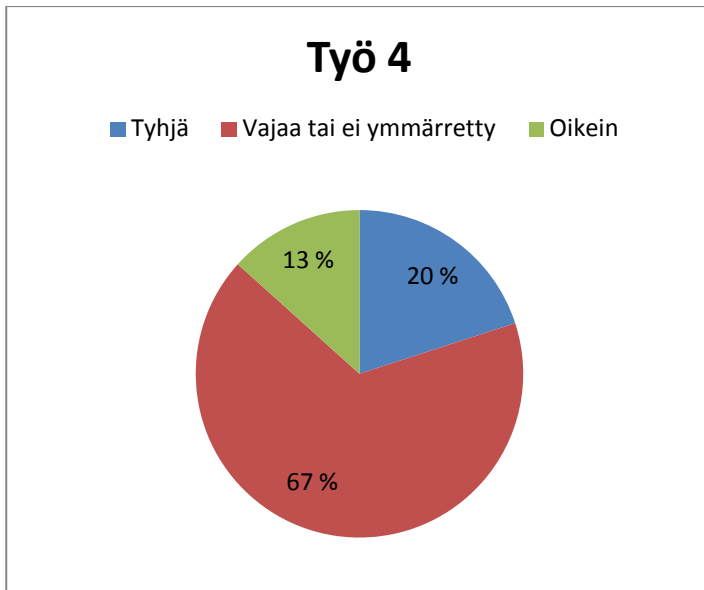
Vaikka työ oli lähestulkoon työtä 2 vastaava, niin osaamisprosentti oli huono. Valtaosa oppilaista oli kyllä täyttänyt työkortin, mutta asia oli ymmärretty huonosti. Kenelläkään ei ollut täysin oikeaa vastausta. Kuvan 8 kuvaaja näyttää huolestuttavalta verrattuna kuvien 7 ja 6 kuvaajiin.

Työryhmän 3 esityksessä sanottiin, että alumiini ja messinki johtavat lämpöä hyvin, kun taas rauta ja puu johtavat huonosti lämpöä. Opettaja yritti korjata tätä sanomalla: "Siinä oli tosiaan kromattu se rauta, niin se saatto vaikuttaa siihen, että se ei niin tehokkaasti siirtänyt sitä lämpöä.", mutta silti kukaan ei ollut tehnyt tästä huomautusta työkorttiin. On yllättävää, että kysymyksen "Mitkä aineet johtavat huonosti lämpöä?", vastauksena on lähes jokaisella oppilaalla "rauta ja puu". Metallien ja useiden puulajien lämmönjohtokyvyt ovat yleisesti aivan eri suuruus luokkaa, joten kromatun rautasauvan käyttö tässä oppilastyössä on huonosti harkittua ja saattaa luoda virheellisiä käsityksiä lämmönjohtavuudesta. Vastaus "vesi, rauta", joka myös annettiin, on sekin yllättävä, sillä veden lämmönjohtavuutta ei mitattu tässä työssä. Kysymys on monikossa, vaikka oikeita vastauksia on vain yksi, joten kysymys on saattanut johtaa harhaan.

Enemmistö piti parhaiten lämpöä johtavana aineena rautaa. Se on ymmärrettävää, sillä rauta on puun ohella arkielämän lämpöön liittyvistä yhteyksistä tutumpi kuin kaksi muuta ainetta, messinki ja alumiini. Alumiinin muita parempi lämmönjohtavuus oli harvalle tuttua.

## Työ 4

Neljännän kokeellisen työn tarkoituksena oli havainnollistaa säteilyä energiansiirtymistapana. Työ sisälsi kirkkaan ja mustan metallilieriön, joihin laitettiin lämpömittarit. Lieriöitä lämmitettiin piirtoheittimen päällä ja lämpötilat merkittiin koordinaatistoon minuutin välein.



Kuva 9: Oppilastyön 4 työkorteista ilmenevän osaamisen jakautuminen eri osaamiskategorioihin.

Oikein täytettyjä työkortteja oli 13 %, mikä on edelliseen työhön verrattuna hyvä tulos, mutta yleisesti ottaen varsin huono tulos. Tyhjiä työkortteja oli melko paljon, 20 %. *Vajaa tai ei ymmärretty* -kohdan suuri osuus 67 % johtui enimmäkseen siitä, että oppilaat eivät piirtäneet kuvaajaa tai perustelu oli vajaa. Kuvaaja oli oleellinen, koska siitä huomasi selkeästi tumman lieriön nopeamman lämpötilan nousun.

Työ oli sinänsä hyvin opettavainen, mutta oppilaiden työkorttien vastaukset olivat hyvin suppeita. Perusteluna mustan lieriön nopeammalle lämpötilan nousulle suurin osa oppilaista esitti saman vastauksen kuin työn esitelty ryhmä eli "Koska musta imee lämpöä". Vastausta ei ollut korjattu työkortteihin, vaikka opettaja selvensi asiaa. Tuollainen perustelu on vajaa, sillä tietysti molemmat lieriöt "imevät" lämpöä, musta lieriö vaan tekee sen tehokkaammin. Vastaus kuvastanee kesken jäänyttä pohdintaa. Opettajan olisi ollut syytä selventää asiaa kertomalla vaalean pinnan

heijastavan enemmän ja absorboivan vähemmän tiettyjä aallonpituuksia tai muuta vastaavaa. Muuten tehtävä oli hyvin osattu ja piirretyt kuvat olivat kohtalaisen selkeitä.

Opettajan olisi kannattanut tarkistaa esittävän ryhmän työkortit, sillä valkokankaalla esitetty työkortti ei sisältänyt parasta luokan antamaa perustelua. Luokan työkorteista kaksi sisälsi hyvän perustelun:

Oppilas 4.1.P: "Musta väri imee kaiken auringon valon ja kerää enemmän lämpöä. Musta väri ei heijasta paljoa mitään."

Oppilas 4.4.T: "Koska musta väri imee valoa itseensä, eikä heijasta sitä niin paljon kuin kirkas."

Nämä vastaukset olivat hyviä vaikka eivät täydellisiä. Ne olisivat jättäneet vähemmän varaa virhekäsityksille, kuin esittäneen ryhmän vastaus. Molemmissa vastauksissa on luultavasti tarkoitettu oikeaa asiaa, vaikka virkkeet ovat hieman vajaita. Sanamuotoja tarkasti katsomalla huomataan, että molemmissa luonnehditaan mustan pinnan lisäksi myös kirkasta pintaa (tosin hieman epäsuorasti) toisin kuin muissa vastauksissa, joissa huomio kiinnitettiin pelkästään mustan pinnan ominaisuuksiin.

Työkortit olivat valmisoppimateriaaleja. Ne sisälsivät jokaisen työn kohdalla opettajan lisäämän monivalintaosion, joka oli muotoa "Lämpöenergian siirtymistapa tässä tehtävässä on...". Tämä lause on harhaanjohtava, kuten teoriaosassa todettiin. Lämpöenergiahan on osa sisäenergiaa, joten sen ei voida sanoa esimerkiksi säteilevän tai siirtyvän säteilynä. Tutkimuksissa on todettu, että kyseistä sanaa kannattaisi välttää (Maanselkä, 2010).

### **Yhteenveto työkorteista**

Oppilastyöt olivat hyviä ja havainnollistavia, varsinkin energian siirtymisen kuljetuksella havainnollistaminen väriaineen ja lämpimän veden avulla. Hyvä oli myös se, että johtuminen havainnoitiin sekä tuntoaistilla että lämpömittarilla. Miksi kuitenkin oppimistulokset olivat kuitenkin kohtalaisen huonot (kuvat 6-9)? Tuloksia mahdollisesti huonontavia tekijöitä ovat työskentelymuoto sekä töiden lopullinen käsittely ja läpikäyminen.

Ensinnäkin työskentelymuotona jokainen ryhmä teki vain kaksi työtä neljästä, eli oma kokeellinen työskentely jäi puolista tunnilla käydyistä töistä kokonaan pois. Tämä on varmasti yksi syy

huonoihin tuloksiin, sillä kokeellinen työskentely vahvistaa teoreettista ymmärtämistä. Ainoastaan teoriaan paneutumalla ei yleensä päästä hyviin tuloksiin.

Toinen tulosta heikentävä tekijä on tulosten käsittely. Niiden töiden osalta, joita oppilas ei itse tehnyt, asian hallinta jäi yksinomaan muiden ryhmien esityksien ja opettajan tekemien lyhyiden kommenttien varaan. Paljon siirtyi valkokankaalla esitettyjä virheitä muiden oppilaiden työkortteihin. Opettaja ei painottanut virheiden korjaamista työkortteihin vaan selitti lyhyesti miten asia tarkemmin sanottuna on. Töiden tarkastelu ja opitun pohtiminen on tärkeää, sillä reflektointi on välttämätöntä tehokkaan oppimisen kannalta.

Kun on kyse nuorten opettamisesta, tässä 7. luokkalaisten, innostaminen ja tiettyjen taitojen oppiminen sekä kasvatuksen rooli ovat usein tieteellisen tiedon opettamista tärkeämpiä. Tässä iässä nuoret vasta opettelevat opiskelua, ja tärkeintä ei välttämättä ole se, että jokainen oppii saman fysiikan teorian ja yksityiskohdan vaan kokonaisuus. Kyseiselle ikäryhmälle kokeellinen tekeminen itsessään, havaintojen kirjaaminen ja tutkitun ilmiön esittäminen muille ovat asioita, jotka voisi luokitella jopa tärkeämmäksi asiaksi kuin yksittäisen fysiikan lain, esimerkiksi energian siirtymisen kuljetuksen avulla, oppiminen. Tunneilla toteutettu työskentelytapa voi saada oppilaat keskustelemaan töistä, joita muut tekivät ja mitä itse ei saanut tehdä, tai opettaja voi ohjata sellaiseen keskusteluun.

Seuraavassa ote opetussuunnitelman perusteista (POP, 2004, s. 191). Otteeseen on alleviivattu harjoittelijan ohjaamassa työmuodossa jokaisen oppilaan jollain tapaa harjoittelemissa asioita.

Opetussuunnitelman perusteet:

Oppilas oppii

- havaintojen, mittauksien ja päätelmien tekemistä, vertailua ja luokittelua, hypoteesin esittämistä ja sen testaamista sekä tulosten käsittelyä, esittämistä ja tulkitsemista myös tieto- ja viestintätekniikkaa hyväksi käyttäen

Työn 3 tehneet oppilaat pääsivät lisäksi harjoittelemaan ennusteen tekemistä ja sen testaamista. Loppujen lopuksi oppilaat kehittyivät monessa suhteessa, vaikka teorian hallintaan olisikin jäänyt

aukkoja ja epäselvyyksiä. Syvempi luonnontieteen käsitteistön sekä teorian opettelu tapahtuu vasta lukio- tai yliopistotasolla.

## 6.5. Opettajien vastaukset kysymyslomakkeessa

Seuraavassa on opettajille esitetyt kysymykset ja opettajien niihin antamat vastaukset sekä vastausten analyysit.

### 1. kysymys: Mikä on hankalaa lämmön siirtymisen opettamisessa?

#### Kokenut opettaja:

"Seiskaluokkalaisten kyky hahmottaa mikrotason tapahtumat saattavat olla osalle oppilaille hankalia ymmärtää"

#### Analyysi:

Vastaus perustuu aikaisempaan kokemukseen ja mahdollisesti tutkimusartikkeleista saatuun tietoon. Kokenut opettaja ei opettanut lämmön siirtymisen teorian yhteydessä lainkaan mikrotasoa. Opettajaharjoittelija opetti mikrotason mallia eräälle oppilastyöryhmälle selittämällä, mitä lämpö on, mutta hänen käsitteiden käyttö oli sekavaa.

#### Opettajaharjoittelija:

"Johtuminen tuntui suhteellisen helpolta opettaa, lienee arkikokemusten kautta jo tuttu aihe oppilaille. Kuljetus oli haasteellinen opetettava ja tuntui, ettei osa oppilaista ymmärtänyt ainakaan kokeellisen työn perusteella ilmiön fysiikkaa. Olisi varmaan pitänyt alun teoriaosuudessa tarkastella sitä Golf-virta esimerkin avulla enemmän. Säteily on osalle oppilaista vaikeaa ymmärtää käsitteenä, mutta kokeellinen työ avasi kohtuullisen hyvin kuitenkin aihetta. Myös säteilyä olisi voinut enemmän valottaa oppilaille käytännön esim."

**Analyysi:**

Johtuminen tuntui olevan molemmille opettajille yksinkertainen asia opettaa yleisellä makrotasolla. Kuljetus oli opettajaharjoittelijan mielestä hankala opettaa, ja hän koki, että hänen olisi pitänyt tukeutua enemmän esimerkkeihin ja että työ ei ollut kovin hedelmällinen fysiikan oppimisen kannalta. Säteilystä opettajaharjoittelija kertoo, että se on käsitteenä vaikea oppilaiden ymmärtää. Tämän seikan kokenut opettaja otti huomioon oppituntinsa pohjustusosiossa ja selvitti asiaa oppilaille moneen otteeseen oppitunnin edetessä. Opettajaharjoittelija kertoo, mitä hän olisi voinut parantaa säteilyn opettamisessaan. Tässä huomataan kokemuksen selkeä ero: kokenut opettaja toteaa oppitunnilla mitä pitäisi opettaa ja tekee parhaansa tunnin aikana tämän eteen; kokematon opettaja taas toteaa saman asian tunnin jälkeen ja kehittää opetustaan kenties vasta seuraavan oppilasryhmän kanssa.

**Harjoittelijan ohjaava opettaja:**

"Lämpöenergian siirtymisen suunta – siirtykö kylmästä kuumaan vai toisinpäin, opetettaessa oppilaat tuntuvat ymmärtävän sen, mutta myöhemmin sitä muistetaan väärin ja tietysti laskut, joissa pitää laskea siirtyvän energian määrä ( $E=cm\Delta t$ ) ovat 7. luokkalaisille vaativia."

**Analyysi:**

Tämä asia ei käynyt ilmi niistä aiemmista tutkimuksista, joihin tämän tekijä on tutustunut. Ilmiö voi olla joskus hieman hankala ymmärtää ja ohjaava opettaja on sen kokemuksen myötä huomannut. Hän kirjoitti sen luultavasti ylös sen takia, että harjoittelija käsitteli tätä asiaa viimeisenä ja hyvin lyhyesti. Ajatellaan kuljetusta esimerkin avulla:

*Lämpö siirtyy kuljetuksessa, vaikkapa kuuman autonmoottorin (tai vesimassan tms.) siirtyessä paikasta toiseen. Sehän voi siirtyä kylmemmästä paikasta kuumempaan!*

Esimerkki on huono ja harhaanjohtava, sillä siinä puhutaan käsitteistä huolimattomasti. Hieman paremmin olisi ilmaistu:

*"Lämpöenergia siirtyy kuljetuksessa..."*,

koska se voi siirtyä tietysti kylmästä paikasta kuumempaan. Kun taas lämmön siirtyminen tapahtuu aina kuumasta kylmempään. Ohjaava opettaja on siis oikeassa siinä, että asia on hankala opettaa, koska nykyinen käsitteiden käyttö puheessa on niin sekavaa. Kuljetus (pakotettu) on siitä hankala asia, että teoriassa koko systeemi liikkuu ympäristöstä toiseen. Tällöin systeemin ja uuden ympäristön välinen energian vaihto riippuu niiden välisestä termisestä tasapainosta. Ilmaisun *lämmön kuljetus* voi olla harhaanjohtava ilmaus.

## 2. kysymys: Mitä lämpö on?

### Kokenut opettaja:

"Rakennneosasten värähtely ja energiaa."

### Analyysi:

Kokenut opettaja antaa moniulotteisen vastauksen lyhyellä lauseella. Tämän kaksiosainen "värähtely ja energiaa" on yleinen vastaus. Esimerkiksi Ahteen tutkimuksessa havaittiin, että lähestulkoon kaikki yliopiston peruskurssilaiset määrittelevät lämmön tällä tavalla (Ahtee, 1994, s.20). Tuollainen määrittely antaa sen kuvan, että lämpö on osa sisäenergiaa, eli se on harhaanjohtava ilmaus. Kokenut opettaja ei käyttänyt oppitunnilla tällaista virhekäsitystä lämmölle. Hän sanoi oppilaille oppimateriaalin käytön yhteydessä "Lämpöhän on energiaa...", mutta ei liittänyt lämpöä rakenneosasten liikkeeseen. Rakenneosasten liike ja energia yhdistettynä lämpöön voi johtaa virhekäsityksiin.

### Opettajaharjoittelija:

"Aineen rakenneosasten liikettä. Peruskoululaisille ei lämmön siirtymis -aihetta välttämättä kannata lähteä avaamaan tästä näkökulmasta, vaan enemmänkin arkikokemusten kautta."

### Analyysi:

Harjoittelijan vastaus rajoittuu vain rakenneosasten liikkeeseen. Hän mainitsee, että ei kannata tästä lähtökohdasta alkaa opettaa lämmönsiirtymistä vaan arkikokemusten kautta. Hänellä olisi potentiaalia opettaa käsitteitä käyttämällä avaamis- ja sulkemisvaiheita. Hän on monesti



maininnut, että kannattaisi lähteä arkikokemuksista liikkeelle ja puhuu asian avaamisesta. Myös hänen oppitunneilta huomattiin, että hän käytti avaamisvaihetta useasti (esim. s. 29, episodi 2, vuoropuheet 1-5). Sulkemisvaiheen harjoittelu olisi hänelle tarpeen, jotta opetus olisi tehokkaampaa.

#### **Harjoittelijan ohjaava opettaja:**

"Lämpö on liikettä aineen rakenneosissa. Lämpöenergia ja lämpötila tarkoittavat eri asioita. Lämpöä käytän synonyyminä sanalle lämpöenergia."

#### **Analyysi:**

Tämä on havainnollistava vastaus. Ohjaava opettaja sanoo suoraan, että hän käyttää lämpöä ja lämpöenergiaa synonyymeinä. Lämmön hän määrittelee rakenneosasten liikkeeksi, eli hän tarkoittaa lämpöenergiaa. Hän toteaa, että lämpötila ja lämpöenergia tarkoittavat eri asioita. Tämäkin vastaus vahvistaa sen, että suomalaisopettajille lämpö ja lämpöenergia ovat enemmän ongelmia tuottava pari kuin lämpö ja lämpötila, toisin kuin aikaisemmat tutkimukset antavat ymmärtää.

#### **Yhteenveto opettajien vastauksista:**

Kysymyslomakkeen täyttäneet opettajat ja harjoittelija käsittivät synonyymeiksi sanat lämpö ja lämpöenergia. Opettajien vastaukset toiseen kysymykseen olivat hämmentäviä. Vastaukset olivat saman tyyliä kuin Ahteen tutkimuksen mukaan lukion ja yliopiston peruskurssin oppilaiden vastaukset (Ahtee, 1994). Oppilaat eivät tiedä hyviä määritelmiä sanalle lämpö ja se ei ole ihme, sillä myös opettajilla on reilusti vaihtoehtoisia käsityksiä. Oppilaat oppivat opettajilta ja kirjoista, monesti oppilaat perustelevat vastauksensa niin, että asia on opetettu heille siten tai esitetty niin oppikirjassa (Ahtee, 1994). Oppilaat oppivat suuren määrän erilaisia määritelmiä ja tapoja kuvata lämpöä, koska opettajat ja oppimateriaalit esittävät asian niin monenkirjavasti.

## **7. Päätelmät**

### **7.1. Vastaukset tutkimuskysymyksiin**

#### **1. Kuinka käsitteet ajallisesti ja määrällisesti opetetaan oppitunneilla?**

Kokenut opettaja käyttää lähestulkoon vain tuttuja käsitteitä koko opetuksen ajan ja vasta kokeellisten töiden jälkeen, tunnin lopussa, käyttää uuden aiheen käsitteitä (johtuminen, kuljetus, säteily). Harjoittelija käyttää uusia käsitteitä tasaisesti koko opetuksen ajan, olettaen ne tutuiksi jo tunnin alusta lähtien. Tämä havainto on sikäli merkittävä, sillä se saattaa kertoa yleisemminkin vallitsevasta tilanteesta: opettaja olettaa liian aikaisin oppilaiden jo hallitsevan käsitteet. Asian lisätutkiminen voisi olla aiheellista, jotta siihen voitaisiin opettajankoulutuksessa kiinnittää enemmän huomiota.

Kokeneen opettajan ja harjoittelijan käsitteiden määrällinen ja ajallinen käyttö olivat hyvin erilaisia. Kokenut opettaja käytti koko opetuksen aikana puolet vähemmän uuden aiheen käsitteitä (johtuminen, kuljetus, säteily) kuin harjoittelija. Tämä voi siis johtua siitä, että harjoittelija olettaa oppilaiden osaavan käsitteet alusta lähtien. Voi myös olla kyse siitä, että käytetään toistavaa opetusmenetelmää, eli puhutaan uusista käsitteistä paljon, jotta ne opitaan.

#### **2. Millaista opettajan puhe oli käsitteiden osalta?**

##### **2.1. Onko opettajan puhe yksikäsitteistä?**

Kokeneella opettajalla oli ongelmia ainoastaan parissa virkkeessä, mikä on varmasti inhimillistä. Harjoittelijalla oli puheessa ja PowerPoint-esityksissään useita selkeitä viitteitä käsitteiden käytön ongelmista, eli hänellä ei ollut käsitteiden käyttö yksikäsitteistä. Selkeästi eniten esiintynyt ongelma oli lämmön ja lämpöenergian käyttö synonyymeinä. Kokeneella opettajalla oli vain yksi epäselvä virke (kotitehtävien tarkastusosiossa) näiden käsitteiden osalta, toinen epäselvä virke tunnin lopussa liittyi johtumiseen ja kuljetukseen.

## **2.2. Onko opettajan puhe yksinkertaista?**

Molempien opettajien puhe oli yleisesti yksinkertaista, vaikka käsiteiden käytön määrät ja suhteet antoivat toisenlaisen käsityksen. Tämä tarkoittaa sitä, että käsitteiden käytön kokonaismäärät korreloivat heikosti puheen yksinkertaisuuden ja ymmärrettävyyden kanssa. Litteroitujen puheiden ja keskustelujen tarkastelu antavat tarkemman kuvan puheen laadusta. Suurin osa molempien opettajien puheista olivat yksinkertaisia ja keskustelut sisälsivät sopivan määrän käsitteitä.

## **2.3. Löytyykö puheesta dialoginen avaaminen ja auktoritatiivinen sulkeminen?**

Molemmilta opettajilta löytyi tunnin alusta selkeä dialoginen avaamisvaihe. Niissä säteily paljastui hankalaksi käsitteeksi. Harjoittelija ei pureutunut havaittuun ongelmaan lopun taululla esitettyä teoriapakettia enempää. Kokenut opettaja sen sijaan otti sen useaan otteeseen käsittelyyn ja selvensi asiaa oppilaille. Kokeneella opettajalla oli siis alussa havaittuun ongelmaan selkeä sulkemisvaihe.

Molempien opettajien tunneilla oli useita muita dialogisia avausvaiheita tai muuten havaittuja lähikehityksen vyöhykkeitä (ZPD). Harjoittelijalla osa auktoritatiivisista sulkemisvaiheista jäi kuitenkin vajaaksi tai puuttui kokonaan, kun taas kokenut opettaja ei jättänyt havaittuja lähikehityksen vyöhykkeitä hyödyntämättä tai ohjaamatta eli auktoritatiiviset sulkemisvaiheet kuuluivat hänellä opetuskäytänteisiin.

Kuten jo tämän tutkimuksen teoriaosuudessa sanottiin, tällaiset opetusmenetelmät eli ongelmakohtien löytäminen ja niiden ohjaaminen sulavasti, vaativat sopivan oppimisympäristön ja luokkailmapiirin sekä korkeatasoista opettajan arviointia, tietoa ja taitoa (Pollard ym., 2008). Kenties nämä ovat taitoja, jotka tulevat vasta riittävän kokemuksen myötä. Silti opettajakoulutuksessa olisi syytä kiinnittää enemmän huomiota tähän asiaan, jotta jokainen aloittava opettaja tiedostaisi puheen ja siihen liittyvien taitojen tärkeyden. Näitä asioita pitäisi tarkkailla harjoittelussa ja kentällä, ei vain teorialuennoilla.

### **3. Millaisia vastauksia oppilaat antoivat käsitteiden osalta oppilastöihin liittyviin kysymyksiin?**

Oppilaat kopioivat esittävän ryhmä vastaukset taululta suoraan omiin työkortteihinsa, oli vastaus väärin tai oikein. Oppilaat eivät kopioidessaan välittäneet, vaikka harjoittelija korjasi puheellaan, yleensä muutamalla lauseella, virheelliset vastaukset. Opettajan olisi kannattanut sanoa suoraan, että korjatkaa taululla oleva sanomani mukaiseksi tai korjata taululla esitetty virhe tai kiertää ryhmät ennen esityksiä tarkistaen työt. Vaikutti siltä, että oppilaat eivät kiinnittäneet opettajan esittämiin oikeisiin vastauksiin huomiota. Tällainen käyttäytyminen osoittaa, että oppilaalle ei riitä pelkkä vastauksen kuuleminen vaan asiasta vakuuttaminen vaatii, että hän näkee sen kirjoitettuna taululle.

### **4. Kuinka yksikäsitteinen on opettajien vastaus suoraan kysymykseen "mitä lämpö on"?**

Kokeneen opettajan, harjoittelijan ja hänen ohjaavan opettajansa vastaukset heille esitettyihin kysymyksiin eivät olleet yksikäsitteisiä. Ensinnäkin jokainen mainitsi, että lämpö on rakenneosasten liikettä. Tämä kertoo siitä, että lämpöä ja lämpöenergiaa pidetään synonyymeinä. Aikaisemmasta tutkimuksesta tämä epätarkkuus on todettu yleiseksi lukiolaisten ja yliopisto-opintojen alkuvaiheella olevien opiskelijoiden keskuudessa (Ahtee, 1994), mutta ilmeisesti se on tavallista useille opettajillekin ja opintojaan lopetteleville opiskelijoille.

Harjoittelijan ohjaava opettaja mainitsi erikseen lämpöenergian ja lämpötilan tarkoittavan eri asioita, mikä on myönteistä. Myönteistä oli myös se, että lämpöä/lämpöenergiaa ja lämpötilaa ei sekoitettu toisiinsa kertaakaan tämän tutkimuksen tuntien aikana. Sen sijaan vähemmän tutkittu (Maanselkä, 2010) käsitepari lämpö ja lämpöenergia oli selkeästi suurin sekaannusta aiheuttava asia jokaisella tämän tutkimuksen opettajalla. Kenties tämä voisi olla lisätutkimuksen kohde, kun tutkitaan lämpöopin käsitteiden käyttöä opetuksessa.

## **7.2. Tutkimuksen luotettavuus, arvo ja parannusehdotukset**

Tutkimuksen luotettavuuden perustekijät ovat videodatan käyttö, triangulaatio ja suora kysymys opettajille. Videodatan avulla oppituntia voi käydä läpi toistuvasti, mikä mahdollistaa

luotettavamman ja tarkemman tiedon kokoamisen. Tällöin yhden ihmisen tulkinta voi olla tarkempaa kuin pelkkä tunnilla havainnointi ja sen tulkinta. Video ja ääni mahdollistivat myös oppitunnin litteroinnin. Triangulaatiolla tarkoitan tässä yhteydessä sitä, että tutkittavana oli kaksi eri opettajaa pitämässä tunteja samasta aiheesta. Tämä mahdollisti eri opetustapojen vertailemisen, mikä toi tutkimukseen lisäulottuvuuden ja lisäsi tutkimuksen luotettavuutta. Viimeinen tutkimuksen luotettavuutta edistävä tekijä oli suora kysymys ("Mitä lämpö on?"). Suora kysymys saa yleensä suoran vastauksen ja tässä tapauksessa se vahvisti juurikin saman asian, mikä oppituntien litteroinneista huomattiin eli lämmön ja lämpöenergian käytön synonyymeinä. Epäsuora kysymys vaatisi suuremman vastaajajoukon, jotta saataisiin varmasti haluttu tieto.

Luotettavuutta heikentäviä tekijöitä ovat muun muassa tutkimuksen tekijän oma tulkinta ja se, että tutkimukseen kuului vain kaksi eri opettajaa ja heidän oppituntinsa. Mitään tilastollisesti merkittävää tietoa ei siis saatu selville. Tutkimuksen luotettavuuteen heikentävästi vaikuttaa myös se, että aikajakirjauksille ei ollut olemassa laajemman tutkijajoukon hyväksymää kriteeristöä vaan tutkimuksen tekijä joutui toimimaan oman harkintansa mukaan. Myös oppituntien analysointien luotettavuutta alensi se, että ne teki tutkija yksin. Tutkijaryhmä saisi tehtyä yhteiset linjaukset tulkitsemisen kriteereiksi ja näin ollen luotettavuus ja yksikäsitteisyys paranisi. Myös analysoitujen oppituntien vähäinen määrä vähensi luotettavuutta. Toisaalta se myös oli luotettavuutta vahvistava tekijä. Eli saatiin hyvää tutkimusdataa valituista oppitunneista ja opettajista sekä viitteitä siitä, mikä saattaisi olla yleistä tai vaatia lisätutkimusta. Huomatuista tärkeistä asioista voisi myöhemmin toteuttaa määrällisiä tutkimuksia, joilla voitaisiin yleistää havaittujen ongelmien ilmenevyys.

Tärkeimmät parannusehdotukset opettajan koulutukseen ovat käsitteiden opettaminen ja puheen tärkeyden huomioiminen. Tietysti näihin kiinnitetään jo nyt huomiota, mutta ehkä liian vähäisessä määrin. Näitä asioita ei juurikaan harjoitella käytännössä eikä observoida oppitunneilla. Tässä tutkimuksessa tunneilta tehtyjä havainnoiteja voisi tehdä jo opettajaharjoittelussa esimerkiksi observointitehtävinä, näin opiskelijat havaitsisivat kokeneen opettajan dialogiset avaamiset ja auktoritatiiviset sulkemiset sekä vastaavat puheeseen liittyvät toimintatavat. Hyvä esimerkkiharjoitus opettajankoulutuksen observointeihin voisi olla: "Etsi lähikehityksen vyöhykkeitä tunnilta (ZPD) ja mieti miten ohjaisit huomattuja tilanteita tunnin aikana." Opettamisen parannusehdotukset liittyvät käsitteiden käytön yksikäsitteisyyteen eli tarkkuuteen puheessa käsitteiden käytön yhteydessä. Luokkaan mennessään opettajalla pitäisi olla käsitys siitä,

mitkä ilmaukset tai sanat ja synonyymit luovat oppilaille virhekäsityksiä ja sekaannusta. Näin ollen opettaja voisi vältellä tiettyjä aiheeseen epäsuorasti liittyvien käsitteiden käyttöä, kuten tutkimuksen tuntien tapauksessa käsitettä lämpöenergia.

## Lähteet

Ahtee, M. (1994). *Oppilaiden käsityksiä lämmöstä ja lämpötilasta*. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia, 126.

Arnold, M., Millar, R. (1996). *Learning the Scientific "Story": A Case Study in the Teaching and Learning of Elementary Thermodynamics*. *Science Education*, 80(3), 249-281.

Arons, A., B. (1999). *Development of energy concepts in introductory physics courses*. *American Journal of Physics*, 67(12), 1063-1067.

Capelli, C. A., Nakagawa, N., Madden, C. M. (1990). *How Children Understand Sarcasm: The Role of Context and Intonation*. *Child Development*, 61(6), 1824–1841.

Clough, E., E., Driver, R. (1985). *Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views*. *Physics Education*, 20, 176-182.

Cotignola, M. I., Bordogna, C., Punte, G., Cappannini, O. M. (2002). *Difficulties in learning thermodynamic concepts: are they linked to the historical development of this field?*. *Science & Education* 11, 279-291.

Elo, I. (1997). Internetix (vanhat kurssimateriaalit). Käyttöfysiikka Oy, Saatavilla (25.6.2012):  
[http://materiaalit.internetix.fi/fi/opintojaksot/5luonnontieteet/fysiikka/fysiikka5/mita\\_on\\_lampo](http://materiaalit.internetix.fi/fi/opintojaksot/5luonnontieteet/fysiikka/fysiikka5/mita_on_lampo)  
&  
<http://materiaalit.internetix.fi/fi/opintojaksot/5luonnontieteet/fysiikka/fysiikka1/lampo#kapasiteetti>

- Feynman, R., P., Leighton, R., B., Sands, M. (1964). *The Feynman lectures on physics*, 2nd printing. United States of America: Addison Wesley.
- Harrison, A., G., Grayson, D., J., Treagust, D., F. (1999). *Investigating a Grade 11 Student's Evolving Conceptions of Heat and Temperature*. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 55–87.
- Hobson, A. (2001). Letters to the Editor: *Language of physics*. *American Journal of Physics*, 69(6), 634.
- Jasien, P. G., Oberem, G.E. (2002). *Understanding of elementary concepts in heat and temperature among college students and K-12 teachers*. *Journal of Chemical Education*, 79, 889-895.
- Kautz, C., H., Heron, P., R., L., Loverude, M., E., McDermott, L., C. (2005). *Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective*. *American Journal of Physics*, 73(11), 1055-1063.
- Lewis, E. & Linn, M. (1994). *Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements*. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 657-677.
- Maalampi, J. & Merikoski, J. (2010). *Lämpö, työ ja sisäenergia*. *Dimensio*, 5, 59–61.
- Maanselkä, V. (2009). *Energia-käsitteen hämäryys*. Pohjoisen Pojat koulussa projekti. Saatavilla (18.8.2010): <http://www.karigasniemenkoulu.fi/projektitekstit/POPOenergia.pdf>
- MAOL-taulukot (2006). 2. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- Marshall, M. (2007). *Getting sarcastic with kids* (artikkeli kertoo M. Glenwrightin tutkimuksista). Saatavilla (30.5.2012): <http://myuminfo.umanitoba.ca/index.asp?sec=2&too=100&eve=8&dat=7/31/2007&npa=13334>
- Mortimer, E. & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. England, Berkshire: Open University Press.

Niaz, M. (2006). *Can the Study of Thermochemistry Facilitate Students' Differentiation between Heat Energy and Temperature?*. Journal of Science Education and Technology, 15(3), 269-276.

Paik, S.-H., Cho, B.-K., Go, Y.-M. (2007). *Korean 4- to 11-Year-Old Student Conceptions of Heat and Temperature*. Journal of Research in Science Teaching, 44(2), 284-302.

Pollard, A, Anderson, J., Maddock, M., Swaffield, S., Warin, J., Warwick, P. (2008). *Reflective Teaching, 3rd Edition*. London: Continuum International Publishing Group.

POP (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Opetushallitus, Saatavilla (06.07.2012): [http://www.oph.fi/download/139848\\_pops\\_web.pdf](http://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf)

Romer, R., H. (2001, February). Editorial: *Heat is not a noun*. American Journal of Physics, 69(2), 107-109.

Scott, H., Asoko, H. M., Driver, R. H. (1991) *Teaching For Conceptual Change: A Review Of Strategies*. Tiberghien, A., Jossem, E., L., Barojas, J (toim.). Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, 71-79. International Commission on Physics Education 1997, 1998: An I.C.P.E. Book.

Scott, P., Ametller, J. (2007, March). *Teaching science in a meaningful way: striking a balance between 'opening up' and 'closing down' classroom talk*. School Science Review, 88(324), 77-83.

Taber, K. (2000). *Finding the optimum level of simplification: the case of teaching about heat and temperature*. Physics Education, 35(5), 320-325.

Taber, K. (2004) *Oversimplification of 'the truth' can act as a barrier to learning*. Physics Education, 39, 461-462.

Warren, J. W. (1972). *The teaching of the concept of heat*. Physics Education, 7(1), 41-44.

Wiser, M., Amin, T. (2001). *"Is heat hot?" Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena*. Learning and Instruction, 11, 331-355.



Yeo, S., Zadnik, M. (2001, November). *Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding*. *The Physics Teacher*, 39, 496-504.

Young, H. D. & Freedman, R. A. (2004). *University Physics with Modern Physics, 11th edition*. San Francisco: Addison Wesley.

Zemansky, M. W. (1997). *Heat and thermodynamics, 7th edition*. United States of America: The McGraw-hill companies, Inc.

## **Liitteet**

Liite 1: Työkortti opettajaharjoittelijan tunnilta.

Liite 2: Kyselylomake opettajille.

## 1.

Kaasupolttimen  
sytytys- ja sammutus-  
ohje s. 60.

**B** Tutki, miten lämpö siirtyy veden mukana.



Täytä 250 ml:n keitinlasi vedellä ja pane lasi kolmijalalle kuvan osoittamalla tavalla. Pudota keitinlasiin reunan lähelle kaliumpermanganaattikide. Pidä lämpömittaria vedessä kuvan osoittamalla tavalla.

Kuumenna keitinlasia kaasupolttimen pienellä liekillä samalta puolelta, jonne pudotit kiteen. Tarkkaile lämpömittarin lukemaa kuumennuksen aikana. Sammuta kaasupoltin.

- 4** Mitä kaliumpermanganaatin värjäämälle vedelle tapahtuu, kun kaasupoltin lämmittää vettä?

---



---



---

- 5** Miten voidaan päätellä, että lämpö siirtyy liikkuvan aineen mukana?

---



---



---

Rengasta oikea vaihtoehto. Lämpöenergian siirtymistapa tässä tehtävässä on

- a) johtuminen
- b) kuljetus
- c) säteily

# 2.

## Välineet

- kuumennusvälineet
- rauta- ja lasisauva

Ota kaksi lyhyehköä sauvaa (esim. rauta- ja lasisauva). Pidä molemmista kiinni n. 10 cm:n päästä kärjestä. Aseta molempien sauvojen kärki liekkiin.



- *Mitä havaitset?*  
\_\_\_\_\_
- *Siirtyykö kummastakaan tangosta käteesi ainetta?*  
\_\_\_\_\_
- *Mitä sauvasta siirtyy käteesi?*  
\_\_\_\_\_
- *Kumpi sauvoista johtaa paremmin lämpöenergiaa?*  
\_\_\_\_\_

Rengasta oikea vaihtoehto. Lämpöenergian siirtymistapa tässä tehtävässä on

- johtuminen
- kuljetus
- säteily

# 3.

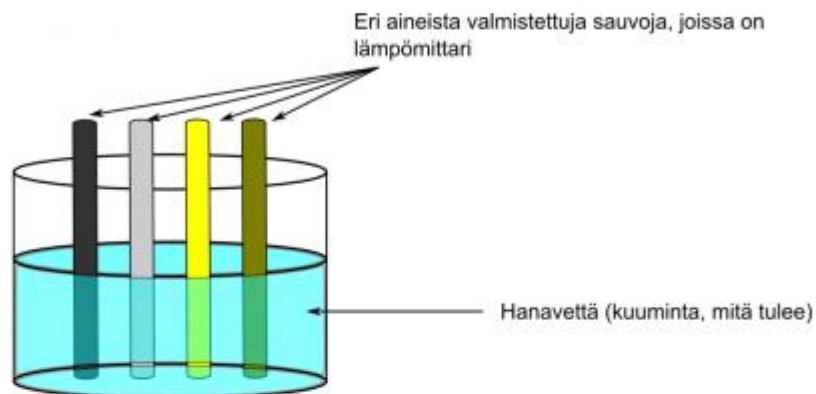
Tutki, miten lämpö siirtyy eri aineissa.

**1** Tee ennuste, mikä materiaaleistasi johtaa parhaiten lämpöä.

---



---



Kaada mittausastiaan hieman yli puoliväliin kuuminta vettä, mitä hanasta tulee. Tarkkaile sauvoissa olevia lämpömittareita ja vastaa alla oleviin kysymyksiin.

**2** Mitkä aineista johtavat hyvin lämpöä?

---



---

**3** Mitkä aineet johtavat huonosti lämpöä?

---



---

**4** Toteutuiko ennuste? Kyllä  Ei

Rengasta oikea vaihtoehto. Lämpöenergian siirtymistapa tässä tehtävässä on

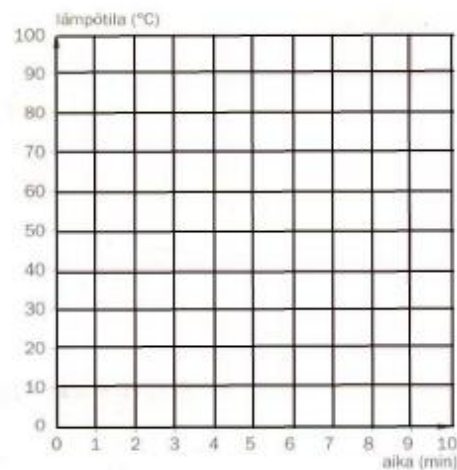
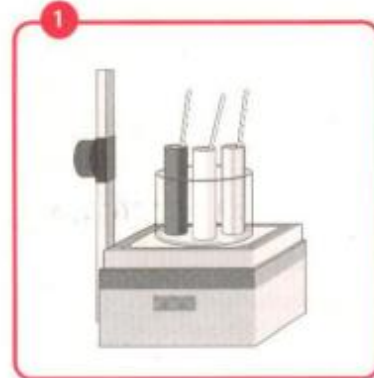
- a) johtuminen
- b) kuljetus
- c) säteily

## 4.

## Välineet

- musta, \_\_\_\_\_ ja kirkaspintainen metallilieriö
- 2 lämpömittaria
- kello

Laita lämpömittarit mustaan ja kirkaspintaiseen lieriöön. Aseta lieriöt pöytäheittimen päälle ja kytke pöytäheitin päälle. Laita sekuntikello käymään ja mittaa lieriöiden lämpötilat minuutin välein. Merkitse koordinaatistoon eri väreillä pisteet, jotka vastaavat lieriöiden lämpötiloja eri hetkinä (esim. mustan lieriön lämpötila mustalla värillä ja kirkkaan lieriön lämpötila sinisellä värillä).



- Mitä havaitset?

---

- Miksi näin kävi?

---

Rengasta oikea vaihtoehto. Lämpöenergian siirtymistapa tässä tehtävässä on

- johtuminen
- kuljetus
- säteily

**Jyväskylän Normaalikoulun harjoittelijalle ja ohjaavalle opettajalle!**

Teen tutkimusta lämmön siirtymisen (energian siirtymisen) pedagogiikasta fysiikan opetuksessa. Tutkimus on pro gradu -tutkielmaani varten. Videon ja mahdollisten ääninauhoitusten lisäksi kerään lisämateriaalia, joka tulee tähän paperiin. Toivon siis, että vastaat alla oleviin kysymyksiin!

Kiittäen,

Matti Hakkarainen, Jyväskylän yliopisto

**1. kysymys:** Mikä on hankalaa lämmön siirtymisen opettamisessa?

**2. kysymys:** Mitä lämpö on?

**Alleiviivaa:** Olen harjoittelija / ohjaava opettaja / sijainen / muu: \_\_\_\_\_

**Oppitunnilla opettanut henkilö kirjaa tunnilla käytetyn kirjan ja sivunumerot:**