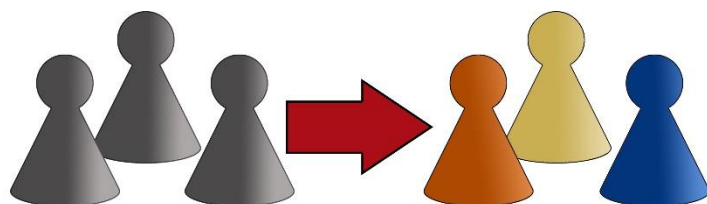
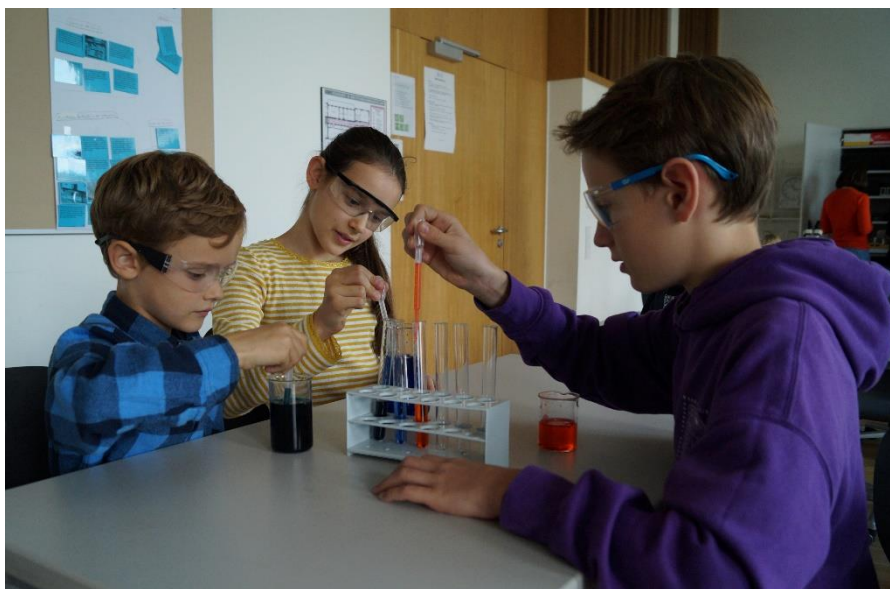


Armin Baur, Natalie Baumgartner-Hirscher, Antti Lehtinen, Caroline Neudecker,
Pasi Nieminen, Marios Papaevripidou, Susanne Rohrmann, Iris Schiffli, Martina Schuknecht,
Lisa Virtbauer, Nikoletta Xenofontos

Tutkivan oppimisen eriyttäminen

Kokeelliseen työskentelyyn keskittyvä eriyttämistyökalu



Yhteisrahoitettu
Euroopan unionin
Erasmus+ -ohjelmasta

Tutkivan oppimisen eriyttäminen Kokeelliseen työskentelyyn keskittyvä eriyttämistyökalu

Toimittajat:

Armin Baur, Natalie Baumgartner-Hirscher, Antti Lehtinen, Pasi Nieminen, Marios Papaevripidou,
Susanne Rohrmann, Iris Schifffl, Lisa Virtbauer, Nikoletta Xenofontos

Suomenkielinen käännös kirjasta:

Baur, A., Baumgartner, N., Lehtinen, A., Neudecker, C., Nieminen, P., Papaevripidou, M., Rohrmann, S., Schifffl, I., Schuknecht, M., Virtbauer, L. & Xenofontos, N. (Hrsg.). (2022). Differenzierung beim Inquiry-based Learning im naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Differenzierungstool für das Experimentieren im Sinne des Forschenden Lernens. Beltz Verlagsgruppe.

Ensimmäinen painos, 2022

Heidelberg, University of Education

Im Neuenheimer Feld 561

69120 Heidelberg

Germany

Kannen kuvat: Iris Schifffl ja Natalie Baumgartner-Hirscher

Rahoittajat

Tämän projektin on rahoittanut Euroopan unionin Erasmus+-ohjelman perusopetuksen strateginen kumppanuushanke (Sopimusnro.: 2019-1-DE03-KA201-059602).



Yhteisrahoitettu
Euroopan unionin
Erasmus+ -ohjelmasta

Kansallinen toimielin:

Pädagogischer Austauschdienst des Sekretariats der Kultusministerkonferenz

Nationale Agentur für EU-Programme im Schulbereich

Graurheindorfer Straße 157

53117 Bonn, Saksa

Euroopan komission taloudellinen tuki tämän julkaisun toteutukselle ei tarkoita sen sisällön edustavan Komission kantaa. Julkaisun sisältö kuvastaa vain sen kirjoittajien näkemyksiä, eikä Komissiota voi pitää vastuussa vastuuta julkaisussa käytettyjen tietojen soveltamisesta.



Tämä julkaisu ja kaikki sen osat on suojattu tekijänoikeuksin. Tämän julkaisun teksti on julkaistu Creative Commons Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen (CC BY-SA 4.0) -lisenssillä. Kokonaisen lisenssitekstin löydät täältä: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.fi>. Julkaisun käyttö, joka ylittää CC BY-SA 4.0 -lisenssin on kielletty ilman kirjoittajien lupaa. Kuvat ja muut kolmannen osapuolen materiaalit tässä julkaisussa ovat myös saman lisenssin alla, jos toisin ei ole mainittu. Jos materiaalia ei ole suojattu ko. lisenssillä ja käyttö ei kuulu lain piiriin, tämän materiaalin jatkokäyttöön täytyy saada lupa materiaalin tekijänoikeuksien omistajilta.

Sisällysluettelo

1. Johdanto	9
2. Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki	12
Iris Schiffli, Natalie Baumgartner-Hirscher	
3. Tutkiva oppiminen	26
Armin Baur, Nikoletta Xenofontos, Marios Papaevripidou	
4. Kokeet ja niiden käyttö tutkivassa oppimisessä.....	56
Susanne Rohrmann, Lisa Virtbauer, Armin Baur	
5. Arviointi tutkivassa oppimisessä	80
Antti Lehtinen, Iris Schiffli, Pasi Nieminen, Natalie Baumgartner-Hirscher	
6. Tutkivan oppimisen eriyttämistyökalu	98
Armin Baur, Nikoletta Xenofontos, Pasi Nieminen, Susanne Rohrmann	
7. Opetusesimerkit: Eriyttämistyökalun soveltaminen	118
8. Turvallisuusmääräykset laboratoriotyössä ja tieteellisissä kokeissa	146
Susanne Rohrmann, Lisa Virtbauer	
9. Kiitokset	155

Kirjoittajat

Natalie Baumgartner-Hirscher (f) opiskeli matematiikkaa ja biologiaa Salzburgin yliopistossa. Valmistumisen jälkeen hän alkoi työskennellä lukion luonnontieteiden opettajana, missä virassa hän toimii yhä. Hän on työskennellyt Salzburgin opettajankoulutuslaitoksella vuodesta 2013 lähtien ja suorittanut siellä tohtorintutkinnon mediadidaktiikan ja seksuaalipedagogian aloilla. Hänen päävastuualueitaan ovat biologian didaktiikka sekä tieteen opetuksen toisen asteen opettajankoulutus.

Armin Baur (Prof. tri; m) opiskeli toisen asteen opetusta Ludwigsburgin opettajankoulutuslaitoksessa. Valmistumisen jälkeen hän työskenteli toisen asteen opettajana sekä tutkimusassistenttina Schwäbisch Gmündin opettajankoulutuslaitoksessa. Tällä hetkellä Bauer työskentelee professorina Heidelbergin yliopistossa (Pädagogische Hochschule). Armin Baurin erikoisaloja ovat biologia ja biologian opetus. Hän on tutkinut opiskelijoiden tekemiä virheitä ja virhekäsityksiä sekä opettajien ammatillista kehitystä kokeelliseen työskentelyyn liittyen.

Antti Lehtinen (Tri.; m) työskentelee yliopistonlehtorina jaetussa tehtävässä Jyväskylän yliopiston fysiikan tiedekunnalla ja opettajankoulutuslaitoksella. Lehtinen suoritti fysiikan aineenopetuksen maisterintutkinnon ja luonnontieteiden opetuksen tohtorin tutkinnon Jyväskylän yliopistossa. Hän opettaa yliopistokursseja luokanopettaja- ja fysiikan opettajaopiskelijoille. Lehtisen tutkimukset keskittyvät tutkivaan tieteen oppimiseen aina peruskoulusta yliopistoon saakka, vuorovaikutukseen luokassa, simulaatioihin ja muihin opetusteknologioihin sekä yliopistotason fysiikan opettamisen ja oppimisen kehittämiseen.

Pasi Nieminen (Tri.; m) on Jyväskylän yliopiston opettajankoulutuslaitoksen yliopistonlehtori. Nieminen suoritti fysiikan aineenopetuksen maisterin tutkinnon Jyväskylän yliopistossa, jonka jälkeen hän opetti fysiikkaa, kemiaa ja matematiikkaa yläkoulussa. Väitöskirjaopinnoissaan Nieminen tutki representaatioita fysiikan oppimisessa. Väitöskirjansa julkaisun (2013) jälkeen hän on työskennellyt eri projekteissa niin Suomessa kuin ulkomaillakin, joiden aiheina ovat olleet luonnontieteiden ja matematiikan tutkiva oppiminen eri näkökulmista, kuten formatiivinen ja summatiivinen arviointi, argumentaatio, opettajien ohjaus sekä eriyttäminen.

Marios Papaevripidou (Tri.; m) on Kyproksen yliopiston erikoiskurssiassistentti sekä yliopiston opettajankoulutuslaitoksen tieteen ja teknologian opetusryhmän vanhempi tutkimusavustaja. Papaevripidou suoritti Kyproksen yliopistossa pedagogian kandidaatin tutkinnon sekä luonnontieteiden opetuksen maisterintutkinnon, josta hän jatkoi saman alan tohtorintutkintoon. Papaevripidoun tutkimuskohteita ovat mallintamisen käyttäminen oppimistyökaluna ja

luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen menetelmänä sekä STEM/STEAM/STEAME-alojen opettajien ammatillista kehitystä tukevien opetussuunnitelmamateriaalien tutkimusperustainen suunnittelu. Hän on osallistunut lukuisiin tutkimusprojekteihin, joiden aiheina ovat olleet oppilaiden STEM-osaamisen kehittäminen mallintamiseen ja tutkivaan oppimiseen perustuvilla menetelmillä sekä opettajakoulutus, jonka tarkoitus on kehittää tieteen opetusta mallintamiseen perustuvien tutkivien menetelmien ja teknologian avulla.

Susanne Rohrmann (tri.; f) työskentelee vakituisesti Heidelbergin yliopistossa (Pädagogische Hochschule) vanhempana koulutusneuvojana/yliopistonlehtorina. Hän opiskeli biologian ja kemian toisen asteen opetusta ja tutki tohtorintutkinnossaan merisieniä. Yliopiston opettajana hänen vastuualueitaan ovat kasvitiede, luonnontieteelliset kokeet koulussa, ekologia sekä koti- ja ulkomaan opetusmatkat. Tutkimukseen liittyen Rohrmann on tällä hetkellä mukana Erasmus+:n DifferentiatInq-projektissa.

Iris Schiff (apulaisprof. dos. MMag. tri.; f) opiskeli biologian, psykologian ja filosofian opetusta sekä psykologiaa Salzburgin yliopistossa. Hän työskenteli toisen asteen biologian, fysiikan, psykologian ja filosofian opettajana suorittaen samalla kliinisen psykologian ja terveystieteiden tutkintoaan sekä biologian opetuksen tohtorintutkintoaan. Biologian opetuksen habilitaation jälkeen hän aloitti työt Salzburgin yliopiston luonnontieteiden opetuksen laitoksella. Hänen tutkimuksensa pääalueita ovat tieteellisen osaamisen tunnistaminen ja edistäminen, terveystieto biologian opetuksessa sekä yliopiston opettajankoulutus.

Martina Schuknecht (f) opiskeli kemiaa, historiaa ja pedagogiikkaa Berliinin teknillisessä yliopistossa, josta hän sai pätevyyden työskennellä Saksan koulutusasteilla sekundarstufe I ja II. Valmistumisen jälkeen Schuknecht aloitti työuransa Ludwigsburgin Friedrich-Schiller-lukiossa. Tämän jälkeen hän jatkoi opettamista Ludwigsburgin Gemeinschaftsschule Innenstadt -yhtenäiskoulussa. Schuknecht oli osana perustajaryhmää, jotka ideoivat koulua kaksi vuotta ennen sen perustamista. Lokausta 2017–2018 lähtien hän on toiminut asiantuntijaneuvojana, joka tukee muita Saksan Baden-Württemberg-opetussuunnitelman mukaisia luonnontieteiden ja tekniikan sekä kemian opettajia.

Lisa Virtbauer (tri.; f) toimii erikoistutkijana Salzburgin Paris-Lodron-yliopistossa. Opettajaksi valmistuttuaan hän on opettanut biologian, psykologian ja filosofiaa eri kouluissa. Lisäksi hän on työskennellyt Salzburgin eläintarhan kouluttajana. Tällä hetkellä hän johtaa Salzburgin yliopiston koulubiologian keskusta, joka keskittyy elävien eläinten kanssa toimimiseen osana biologian oppitunteja. Keskus valmentaa opettajaoppilaita hyödyntämään eläviä eläimiä osana kouluopetusta. Virtbauer tutki väitöskirjassaan oppilaiden tunteita ja kiinnostusta elävien eläinten kanssa toimiessa

sekä opettajien asenteita eläinten käyttämiseen osana opetusta. Jatkossa Virtbauer tutkii kokeiden suorittamista biologian tunneilla sekä tutkivaa oppimista.

Nikoletta Xenofontos (tri.; f) suoritti luonnontieteiden oppimisen kandidaatin, maisterin ja tohtorin tutkinnot Kyproksen yliopistossa. Tutkimuksissaan hän keskittyy oppilaiden käsitteellisen ymmärryksen ja tutkimustaitojen hankkimisen kehittämiseen teknologian avulla. Tähän sisältyy ohjelmistoavusteisen oikea-aikaisen tuen vaikutus virtuaalista kokeiden suorittamista hyödyntävissä tietokoneavusteisissa tutkivan oppimisen ympäristöissä. Vuosina 2017–2018 Xenofontos toimi opetusassistenttina Kyproksen yliopistossa sekä osallistui kansallisiin ja EU:n rahoittamiin projekteihin, jotka keskittyivät tutkivaan tieteen opettamiseen ja teknologian käyttöön. Tällä hetkellä hän on mukana STEM-opetukseen ja opetusrobotiikkaan keskittyvissä projekteissa.

Tutkimukseen osallistuneiden koulujen koordinaattoriopettajat

Claudia Kriechbaum (FM, f) opiskeli biologiaa ja eläintiedettä Wienin yliopistossa sekä Wienin University für Bodenkulturissa ja on työskennellyt meriekologian alalla. Hän suoritti myöhemmin biologian ja geotieteen opettajankoulutuksen Salzburgin Paris-Lodron-yliopistossa. Kriechbaum aloitti opettajan uransa Welsin Bundesrealgymnasium Brucknerstraße -lukion biologian opettajana ja siirtyi Vöcklabruckin Bundesrealgymnasium Schloss Wagrain -lukioon lukukaudella 2013–2014.

Caroline Neudecker (FM, LuK, f) opiskeli ekologiaa ja luonnon monimuotoisuutta sekä biologiaa/ympäristötieteitä sekä maantiedettä/ekonomiaa toisen asteen opetusta varten. Neudecker opettaa näitä aineita ja johtaa BORG Straßwalchenin luonnontieteen laboratoriota. Opettajan töidensä lisäksi hän työskentelee ainedidaktiikan lehtorina Salzburgin yliopiston luonnontieteiden laitoksella sekä Spürnasenecke GmbH:n (lasten tutkimuslaboratorion) pedagogis-didaktisena johtajana. Hänen työnsä keskittyy tutkivan oppimisen kokeiden kehittämiseen kaikilla STEAM-aloilla sekä alkeis- ja peruskouluopettajien koulutukseen.

Sami Santavuori (FM, m) on matematiikan, fysiikan ja kemian aineenopettaja. Hän on opettanut noin 20 vuotta suomalaisilla ala- ja yläkouluilla. Santavuori on toiminut yhteistyössä Jyväskylän yliopiston kanssa useissa oppimisen näkökulmia koskevissa projekteissa.

Martina Schuknecht (f) opiskeli kemiaa, historiaa ja pedagogiikkaa Berliinin teknisessä yliopistossa, josta hän sai pätevyyden opettaa Saksassa koulutasoilla Sekundarstufe I ja II. Valmistumisen jälkeen Schuknecht aloitti työuransa Ludwigsburgin Friedrich-Schiller-lukiossa. Tämän jälkeen hän jatkoi opettamista Ludwigsburgin Gemeinschaftsschule Innenstadt -yhtenäiskoulussa. Schuknecht oli osana perustajaryhmää, jotka ideoivat koulua kaksi vuotta ennen sen perustamista. Lukuvuodesta 2017–

2018 lähtien hän on toiminut asiantuntijaneuvojana, joka tukee toisia opettajia luonnontieteen, tekniikan ja kemian aineiden opettamisessa Saksan Baden-Württemberg-opetussuunnitelman mukaisesti.

Vasilis Teneketzidis (m) on kotoisin Kreikasta, missä hän myös suoritti opintonsa. Teneketzidis suoritti fysiikan kandidaatin tutkinnon Thessaloníkin yliopiston luonnontieteellisen tiedekunnan fysiikan laitoksella. Vuodesta 2005 lähtien hän on asunut Kyproksella, missä hän opettaa fysiikkaa lukiossa.

Projektin kumppaniorganisaatiot

Projektin kumppanuuskoulut:



BRG Schloss Wagrain
Schlossstraße 31
4840 Vöcklabruck
Itävalta



Bundesoberstufenrealgymnasium Straßwalchen
Braunauerstraße 6
5204 Straßwalchen
Itävalta



Lykeio Aradippou
Anagenniseos 5
7101 Aradippou
Kypros



Vaajakummun koulu
Vaajakoski

Vaajakummun koulu
Harjutie 2A
40800 Vaajakoski
Suomi



*Gemeinschaftsschule
Innenstadt Ludwigsburg*
Alleenstraße 21
71638 Ludwigsburg
Saksa

Projektin kumppanuusyliopistot:



*Paris-Lodron-Universität
Salzburg*
Kapitelgasse 4-6
5020 Salzburg
Itävalta



Kyproksen yliopisto
Kallipoleos Street 75
1678 Nikosia
Kypros



Jyväskylän yliopisto
Seminaarinkatu 15
40100 Jyväskylä
Suomi



Opettajankoulutuslaitos
Keplerstraße 87
69120 Heidelberg
Saksa

1 Johdanto

Sisäisen eriyttämisen soveltaminen luokassa on noussut tärkeäksi puheenaiheeksi kaikissa kouluissa (Heymann, 2010). Sisäinen eriyttäminen tarkoittaa, että luokan oppilaat jaetaan ryhmiin, joille annetaan eri oppimateriaalit tai oppimisstrategiat, jotta kaikki onnistuvat opinnoissaan. Ryhmät voivat olla joko homogeenisiä – hyvin tai heikosti menestyviä oppilaita tai siltä väliltä – tai heterogeenisiä. Heterogeenisissä ryhmissä tietyn ryhmän oppilaat voivat tukea toisiaan vahvuuksiensa mukaan. Sisäisestä eriyttämisestä on olemassa erilaisia käsityksiä, joissa otetaan huomioon oppilaiden eriävät kiinnostukset, aiempi tieto, kognitiivisen kehityksen taso ja osaaminen. Yksilöllisiä saavutuksia tukevat eriyttämisen käsitykset – eriyttäminen suoriutumisen mukaan – keskittyvät lähinnä sisältöön perustuvaan ja matemaattiseen osaamiseen sekä luku- ja kirjoitustaitoon (cf. Tomlinson & Moon, 2013). Luonnontieteellisten aineiden (biologia, kemia ja fysiikka) eriyttämistä ei ole vielä kehitetty proseduraalisen osaamisen osalta. Näin on siitäkin huolimatta, että proseduraalista osaamista pidetään kiistatta tärkeänä osana tieteen opetusta (Bybee, 2002; Hodson, 2014). Euroopan komission asiantuntijaraportissa ”Science Education for Responsible Citizenship” (Hazelkorn et al., 2015) suositellaan entistä laajempaa tutkivien lähestymistapojen hyödyntämistä tieteen opetuksessa. Tutkiva oppiminen on yksi tällainen keino. Proseduraalinen osaaminen ja tutkiva oppiminen kytkeytyvät toisiinsa oppilaiden rakentaessa itse uutta tietoa omilla tutkimuksillaan tutkivassa oppimisessa.. Mielestämme on tärkeää ottaa huomioon, että tutkivaa oppimista ei voida soveltaa sallimatta oppilaiden oppivan, suorittavan ja harjoittelevan tieteellisiä tutkimusmenetelmiä itse. Kokeiden tekeminen on oleellinen osa tieteellistä tutkimusta (Baur & Emden, 2020; Emden & Baur, 2017; Schwichow et al., 2016). Kaikkia tieteellisiä tutkimusmenetelmiä ei ole mielestämme käytännöllistä käsitellä yhdessä kirjassa. Sen takia tässä kirjassa keskitytään kokeiden tekemiseen tutkivan oppimisen keinona sekä oppilaiden kokeiden tekemiseen liittyvän osaamisen eriyttämiseen. Esimerkkejä kokeiden tekemiseen liittyvästä tieteellisen tutkimuksen proseduraalisesta osaamisesta ovat esimerkiksi taito esittää kysymyksiä, muotoilla hypoteesi, suunnitella ja toteuttaa koe sekä tehdä päätelmiä (Mayer et al., 2008; Schmidt, 2016).

Mielestämme proseduraalisen osaamisen oppimista voidaan tukea eriyttämisellä ja oppilaiden tarpeisiin mukautetulla oikea-aikaisella tuella. Oikea-aikaisessa tuessa oppilaita autetaan selviytymään heille muuten liian vaikeista tehtävistä apuvälineiden, vihjeiden, kehotusten ym. tuen avulla. Oikea-aikainen tuki on dynaaminen prosessi, jossa oppilaille tarjotaan tukea heidän senhetkisten taitojensa perusteella, kunnes he pystyvät suorittamaan tehtävän itsenäisesti (Pea, 2004). Oikea-aikainen tuki voidaan käsittää apuna, joka vie oppilaat seuraavalle osaamistasolle. Oikea-aikaisen tuen lisäksi myös eriyttäminen on olennainen työkalu. Eriyttäminen tarjoaa oppilaille heidän mukaansa muotoillun

oppimisympäristön, jossa voidaan valita oppilaalle sopiva vaikeustaso. Tällainen ympäristö edistää valittujen taitojen kehitystä, mutta tarjoaa silti haasteita oppilaille. Oppilaiden tulee siksi suorittaa avoimuudeltaan eri tasoisia kokeellisia tehtäviä. Yhtenä tieteen opetuksen tavoitteena on saada oppilaat suorittamaan täysin avoimia kokeellisia tehtäviä. Oppilaiden täytyy kuitenkin aluksi oppia suorittamaan avoimia kokeita, mihin tarvitaan mukautuvaa oppimisympäristöä. Tehtävän muotoilu ja kokeen avulla ratkaistavan ongelman esitystapaa koskeva eriyttäminen ovat myös osoittautuneet hyödyllisiksi. Diagnostiikka ja palaute ovat tärkeitä oppilaiden oppimisprosessin helpottamiseksi (Ingenkamp & Lissmann, 2008). Eriyttämiskäsitteiden kehittäminen (oppilaiden suoriutumisen eriyttämiseksi) vaatiikin siksi oppilaiden virhekäsitysten, virheiden ja vaikeuksien perinpohjaista ymmärrystä (virheitä pidetään tässä yhteydessä puutteiden sijaan oppimismahdollisuuksina). Lisäksi tarvitaan tietoa diagnostiikan ja palautteen antamisen mahdollisuuksista sekä tietysti eriyttämisestä ja oikea-aikaisesta tuesta aihealueen yhteydessä (aihealueet ovat tässä projektissa biologia, kemia ja fysiikka). Erasmus+-projektin Differentiation in Inquiry-based Learning with Focus on Experimentation (lyhenne DifferentiatInq) kumppanit yhdistivät tutkivan oppimisen, formatiivisen arvioinnin, pedagogisen diagnosoinnin, oikea-aikaisen tuen, eriyttämisen sekä oppilaiden virheiden ja väärinkäsitysten tietämyksensä, jonka pohjalta kehitettiin kokeiden suorittamisen käytännön konsepti (Eriyttämistyökalu). Konseptia muokattiin eri koulujen tarpeisiin haastatteleamalla opettajia, kolmen riippumattoman asiantuntijan arvioinnilla sekä projektin kumppanikoulujen opettajien kanssa käytyjen keskustelujen kautta. Riippumattomat asiantuntijat olivat prof. Markus Emden (Zürichin Pädagogische Hochschule, kemian opetus), prof. tri. Manuela Welzel-Breuer (Heidelbergin Pädagogische Hochschule, fysiikan opetus), sekä prof. tri. Marcus Hamann (Münsterin yliopisto, biologian opetus).

Opettajia haastatteleamalla kerätystä palautteesta kävi selväksi, että tähän kirjaan tarvittiin yksityiskohtainen tutkivan oppimisen selitys ja esittely. Niinpä kirjaan sisällytettiin luku 3, *Tutkiva oppiminen* sekä luku 4, *Kokeet ja niiden käyttö oppivassa tutkimisessa*. Kummassakin luvussa esitetään määritelmiä ja selitetään aiheita tarkemmin. Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki ovat tärkeitä osia tätä kirjaa, minkä vuoksi luku 2, *Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki*, esittelee nämä kaksi aihetta sekä tieteen opetuksessa tehtävään eriyttämiseen liittyviä teoreettisia huomioita ja käytännön seikkoja. Luvussa 5, *Tutkivan oppimisen arviointi*, kuvaillaan oppilaiden tutkivan oppimisen taitojen arvioinnin tavoitteita ja menetelmiä. Luvussa 6, *Tutkivan oppimisen eriyttämistyökalu*, eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki yhdistetään tutkivaan oppimiseen ja etenkin kokeiden tekemiseen. Eriyttämistyökalu tarjoaa viisitasoisen päätöksenteon kehyksen, jonka avulla oppimisympäristöistä voidaan tehdä yksilöllisempiä (aiheen valinnan päätös sekä neljä eriyttämisen suunnitteluun liittyvää päätöstä). Yksilöllisen oppimisympäristön ja oppimisprosessin suunnittelu vaatii päätösten tekemistä. Luku 7,

Opetusesimerkkejä: eriyttämistyökalun soveltaminen, tarjoaa esimerkkejä työkalun käyttämisestä opetuksessa. Lopuksi luvussa 8, *Laboratorio- ja koetyöskentelyn turvallisuusmääräykset*, annetaan kokeiden suorittamiseen liittyviä turvallisuusohjeita.

Viitteet

- Baur, A., & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Emden, M., & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 1–19.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M. et al. (2015). *Science education for responsible citizenship: Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education*. EUR: 26893 EN. Publications Office of the European Union.
- Heymann, H.W. (2010). Binnendifferenzierung – eine Utopie? *Pädagogik*, 62(11), 6–11.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36, 2534–2553.
- Ingenkamp, K., & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik* (6. Auflage). Beltz.
- Mayer, J., Grube, C., & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms, & A. Sandmann (Ed.), *Forschungen zur Fachdidaktik: Vol. 10. Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Band 3. Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBiO, Essen 2007* (pp. 63–79). StudienVerlag.
- Pea, R.D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 423–451.
- Schmidt, D. (2016). *Modellierung experimenteller Kompetenzen sowie ihre Diagnostik und Förderung im Biologieunterricht*. Logos.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63.
- Tomlinson, C.A., & Moon, T.R. (2013). *Assessment and student success in a differentiated classroom*. ASCD.

2 Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki

Eriyttäminen, eli opettamisen mukauttaminen yksilöllisten erojen mukaan, on keskeinen työkalu akateemisten ja ei-akateemisten koulutustulosten saavuttamiseksi (Westwood, 2001). Oppilaiden eroavaisuuksiin voidaan vastata useilla eri tavoilla. Ensimmäinen tässä luvussa esiteltävä eriyttämisen taso on ulkoinen eriyttäminen, jossa lapset ja nuoret ryhmitellään samankaltaisten koulusaavutusten, kiinnostusten kohteiden tai taitojen mukaan. Saksassa ja Itävallassa tämä eriyttäminen tapahtuu yleensä alakouluiässä, kun taas Suomessa ja Kyproksella hieman myöhemmin (lisää aiheesta esimerkissä 2.2.). Kun eriyttämistä tehdään opetuksen tasolla, puhutaan sisäisestä eriyttämisestä. Sisäisessä eriyttämisessä huomioidaan oppilaiden väliset erot ja pyritään löytämään niitä huomioivat sopivat lähestymistavat. Kuten jäljempänä selitetään, eriyttämistä voidaan soveltaa homogeenisiin ja heterogeenisiin ryhmiin sekä yksilöihin. Seuraavassa selitetään tarkemmin sisäisen eriyttämisen mahdollisuuksia opetustasolla. Tähän viitataan termillä eriyttäminen.

Vaikka eriyttäminen onkin tärkeä oppimistyökalu, sitä ei käytetä tarpeeksi usein (Tomlinson, 2014). Haastattelimme kolmeakymmentä opettajaa, mikä paljasti syitä tälle ilmiölle: Joidenkin opettajien mielestä heidän luokkansa eivät ole tarpeeksi heterogeenisiä eriyttämiseen. Eriyttämisen käsite ja sen toteuttaminen eivät olleet selkeitä opettajille, tai heillä ei ollut riittävästi tietoa toteutuksesta. Eriyttämistä pidettiin myös monimutkaisena ja aikaa vievänä. Koulun olosuhteiden ei katsottu tukevan eriyttävää opetusta tai oppimista. Toisaalta opettajat arvostivat oppilaiden heterogeenisyyttä luokassa, sillä se mahdollistaa erilaisia näkökulmia ja lähestymistapoja, kuten omaan tahtiin oppimisen sekä vertaisoppimisen. Tällä tavoin voidaan myös kehittää oppilaiden sosiaalisia taitoja.

Sille, miksi eriyttämistä ei käytetä kouluissa, on monia hyviä syitä. Kuitenkin on myös monia perusteita, miksi sen käyttäminen on tarpeellista ja vaivan arvoista. Meidän mielestämme eriyttämisen ei tarvitse välttämättä teettää lisää työtä opettajille. Tässä luvussa argumentoidaan ensin eriytetyn luonnontieteen opetuksen puolesta. Jäljempänä käsitellään eriyttämistä oppitunneilla. Luvussa korostetaan etenkin oikea-aikaista tukea, joka mahdollistaa opettajien tukevan oppilaiden tarpeita ja ohjaavan heidät seuraavalle kehitystasolle (Schnotz, 2006). Oikea-aikaisessa tuessa oppilaille tarjotaan tukea ”oikea-aikaisen lisätuen” muodossa, jotta nämä voivat sisäistää opetettavan aiheen itsenäisesti. Oikea-aikainen tuki voidaan ymmärtää oppilaalle tarjottuna apuna kohti seuraavaa, vaikeampaa tasoa. Eriyttämisen avulla oppilaille voidaan tarjota heille mukautettu oppimisympäristö. Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki ovat limittyviä aiheita, joita voi toisinaan olla vaikea erottaa toisistaan.

2.1 Heterogeenisyys luokassa

Esimerkki 2.1

13-vuotias Lucy on tarkkaavainen oppilas. Hänellä on paljon kerääntynyttä tietoa, mutta vaikeuksia työn organisoinnissa. 12-vuotias Tom on hyvin kiinnostunut luonnontieteistä ja matematiikasta. Hänellä on kuitenkin vaikeuksia luetun ymmärtämisen ja kirjoittamisen kanssa. 13-vuotias Ali on vasta tullut luokkaan. Hänen aiempi luonnontieteiden opettajansa keskittyi opetuksessaan tiedon jäljentämiseen. Luokassa ei työskennelty avoimesti tai yhteistyössä.

Opettaja Smith opettaa luonnontieteitä yläkoulussa kolmatta vuotta. Hänen luokassaan on 26 oppilasta erilaisista sosiaalisista ja kulttuurillisista taustoista. Taustojensa lisäksi oppilaat eroavat suuresti toisistaan opiskelutavoissaan. Näitä ovat muun muassa oppilaiden oppimispolut, edellytykset sekä aiemmat tiedot. Smith suunnittelee tutkivaan oppimiseen perustuvaa opetustuokiota yksisoluisista eliöistä. Mitä hänen tulee ottaa huomioon? Tarvitseeko jokaisen oppilaan saavuttaa sama lopputulos? Jos näin on, kuinka opettaja voi tukea oppimisprosesseja?

Esimerkki 2.1 osoittaa, että luokat eivät ole homogeenisiä ryhmiä. Oppilaat ovat yksilöitä, joilla on keskinäisiä eroja. Osa näistä eroista, kuten aiemmat tiedot tai kiinnostus aineeseen, liittyvät olennaisesti aineen oppimiseen. Toiset erot taas vaikuttavat kaikkien aineiden oppimiseen. Näitä ovat esimerkiksi lukutaito, digitaalinen osaaminen tai perustason matemaattinen osaaminen sekä metakognitiiviset taidot tai itsejärjestäytymistaidot. Vaikka oppilaat ovatkin yksilöitä, heillä voi silti olla yhteisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi luonnontieteitä opiskelevilla oppilailla voi olla yhteinen kiinnostus kyseisiin aiheisiin ja niihin liittyviin menetelmiin.

Heterogeenisyyden ja homogeenisyyden käsitteiden välillä on jännitettä. Pedagogiikassa keskustellaan usein termien välisestä jännitteestä ja niiden opettajille aiheuttamista tosielämän haasteista (Buholzer & Kummer Wyss, 2010). Heterogeenisyys – johon viitataan myös moninaisuutena, lukuisuutena tai vaihtelevuutena – on monitasoinen ja monimutkainen käsite, jolle ei ole yhtä sovittua merkitystä tai määritelmää (Zulliger & Tanner, 2013). Termin voidaan yleisesti sanoa tarkoittavan oppilaiden monimuotoisuutta eri ominaisuuksien osalta (Martschinke, 2015; Scholz, 2012).

Siitä ollaan yhtä mieltä, että opettajat kohtaavat työssään homogeenisyyttä ja heterogeenisyyttä, tasa-arvoa ja moninaisuutta. Herbart (1776-1841) korosti jo ennen nykyajan diskurssia tarvetta keskittyä oppimisprosessissa oppilaisiin yksilöinä. Oppilailla on erilaisia persoonia, edellytyksiä, taitoja, lahjakkuuksia ja näiden myötä myös tarpeita. Nykyisin opettajat saattavat jopa havaita enemmän heterogeenisyyttä luokissaan sosiaalisten ja poliittisten vaatimusten myötä. Näitä ovat esimerkiksi koulujärjestelmien uudistukset (peruskoulut ja yhtenäiskoulut), pyrkimys inklusiiviseen opetukseen tai

kieleen sekä maahanmuuttoon liittyvät kulttuurilliset pätevydet (Dixon et al., 2014). Yksilölliset erot huomioimalla oppilaat saadaan kokemaan onnistumisen riemua eronsa säilyttäen, kun taas opetuksen jäsentäminen keskimääräisen oppilaan mallin mukaan jättää huomioimatta oppilaiden mahdollisuudet, kiinnostukset sekä oppimisvaatimukset (Subban, 2006).

Tehtävä 2.1

Kuvittele opettavasi luokkaa tai muuta oppilasryhmää. Millaisia yhteisiä ominaisuuksia luokan jäsenillä on? Millä tavoin oppilaat eroavat toisistaan?

Mitä mieltä olet tällaisen luokan opettamisesta, ottaen huomioon oppilaita yhdistävät tai erottavat tekijät?

Vaikuttavatko erot tapaasi opettaa? Jos näin on, haittaavatko erot opettamistasi vai onko niistä hyötyä?

Miten hyödynnät oppilaiden samankaltaisuuksia ja eroja opetuksessa?

Oletko valmis opettamaan kyseistä oppilasryhmää erilaisine tarpeineen?

Opetuksen mukauttaminen oppilaiden vaatimusten mukaan vaikuttaa positiivisesti heidän akateemisiin saavutuksiinsa (Baumgartner et al., 2003; Firmender et al., 2013; Valiandes, 2015). He oppivat tällöin tehokkaammin ja saavat sopivampia haasteita, jotka eivät ole heille liian helppoja tai vaikeita (Subban, 2006; Tomlinson, 2014). Oppilaiden välisten erojen huomioiminen parantaa myös motivaatiota antamalla oppilaille itsemääräämisvoimaa ja kokemusta pätevyyden kautta (Deci & Ryan, 2008).

2.2. Eriyttäminen vastauksena heterogeenisyyteen

Vaikka oppilaiden heterogeenisyys voidaankin nähdä positiivisessa valossa oppimista rikastavana tekijänä, sitä pidetään usein myös oppimisprosessin tai osaamisen saavuttamisen hidasteena, joka monimutkaistaa opetusta. Heterogeenisistä opetusryhmistä johtuvaa koulutusjärjestelmän monimutkaisuutta onkin siksi pyritty lieventämään erilaisin toimin. Kyseiset toimet liittyvät usein koulutuspolitiikkaan. Suorituserojen aiheuttamaa heterogeenisyyttä pyritään vähentämään sijoittamalla oppilaat eri kouluihin suoritustasojen perusteella (näin tekevät esimerkiksi saksankielisten maiden peruskoulut ja lukiot). Henkilökohtaisten kiinnostusten vaihtelevuudesta johtuva heterogeenisyys pyritään ottamaan huomioon tarjoamalla luokille tai jopa kokonaisille kouluille avainaiheita (esimerkiksi tieteen, urheilun tai musiikin opetusta). Näitä eriyttämispyrkimyksiä kutsutaan ulkoiseksi eriyttämiseksi, sillä niiden avulla yritetään ratkaista koulun ulkopuolisesta

heterogeenisyydestä johtuvia ongelmia muodostamalla oppilaista näihin eroihin perustuvia homogeenisiä ryhmiä (Scholz, 2012).

Esimerkki 2.2

Koulutuspolut ja valikoivat koululaitokset

Eri maat voidaan jakaa niihin, jotka erottelevat oppilaat vasta perusopetuksen loppuvaiheessa – esimerkiksi Kyproksella oppilaat erotellaan 12-vuotiaina, kun taas suomessa vasta 16-vuotiaina – ja niihin, joiden valikoivat koululaitokset erottelevat oppilaat jo varhaisemmassa vaiheessa. Esimerkiksi saksankielisissä maissa, kuten Itävallassa ja suuressa osassa Saksaa, oppilaat erotellaan saavutustensa mukaan välittömästi alakoulun päätyttyä 10-vuotiaana. Uskomuksen mukaan homogeenisiä luokkia on helpompi opettaa ja että niiden saavutukset ovat heterogeenisiä luokkia parempia, sillä vahvemmillä oppilaille voidaan tarjota paremmat edellytykset ja heikompia oppilaita tukea paremmin (Kiel et al., 2015).

Itävallan kansallisen koulutusraportin mukaan oppilaiden erottelu peruskoulun jälkeen tasoittaa oppilaiden suoriutumista yhdenmukaisemmaksi kuin peruskoulussa (Breit et al., 2019). Myös Saksasta saadut tulokset mukailevat tätä käsitystä. PISA-tutkimusten (2001, 2015) tietojen perusteella eriytettyjen koululaitosten saavutuksissa on kuitenkin päällekkäisyyksiä matematiikassa ja luonnontieteissä (Reiss et al., 2016). Varhain suoritettua eriyttämistä ja opetuksellisen epäoikeudenmukaisuuden välillä on korrelaatio. Tiedot osoittavat, että peruskoulun jälkeen korkeamman koulutustason (pääsykoetulosten perusteella) saavuttaneiden oppilaiden vanhemmat ovat usein itse korkeammin koulutettuja. Näiden oppilaiden tulokset koulusta valmistuessa ovat myös muita parempia (Bruneforth et al., 2016).

Heterogeenisyyden ja akateemisten saavutusten välisestä suhteesta ei täten ole konsensusta. Tutkimusten mukaan heterogeenisyys ei vaikuta oppilaiden yksilölliseen oppimiseen (a. e. Gröhlich et al., 2009). Itävallan kansallinen tutkimusraportti osoittaa myös heterogeenisyyden vaikutuksia suhteessa oppilaiden sosiaalisiin, kulttuurillisiin ja kielellisiin taustoihin. Tutkimusten mukaan se osuu oppilaista, jotka valitsevat jatko-opiskelun peruskoulun jälkeen, kasvaa eriyttävissä järjestelmissä (Bruneforth et al., 2016). Luokkien heterogeenisyys on siten kasvussa jopa eriyttävissä koululaitoksissa.

Huolimatta pyrkimyksistä luoda homogeenisiä oppimisryhmiä, ulkoinen eriyttäminen vähentää vain tiettyjä heterogeenisyyden ominaisuuksia, eikä vaikuta toisiin millään lailla. Oppilaiden välisten erojen käsittely luokassa on siten opettajien vastuulla.

Opettajat reagoivat heterogeenisyyteen eri tavoin, usein passiivisesti jättämällä oppilaiden väliset erot huomioimatta ja suunnittelemalla opetuksen sen sijaan keskiverto-oppilaalle. Opetukseen mukautuminen jää tällöin oppilaiden itsensä vastuulle. Eri oppimisvaatimuksia tulee myös vähentää

etukäteen, esimerkiksi tarjoamalla tukiopetusta oppimisvaikeuksista kärsiville oppilaille, jotta nämä pystyvät seuraamaan tavallista opetusta itsenäisesti. Opettajien aktiiviseen reagointiin kuuluu tuen antaminen koko luokalle tai oppilasryhmille. Tämä tarkoittaa, että opettaja mukauttaa opetuksen oppilaiden moninaisuuden mukaan ja tarjoaa apua eri ryhmille ja oppilaille. Opettaja tarjoaa apua lähinnä homogeenisille ryhmille, mutta oppilaista voidaan myös muodostaa heterogeenisiä ryhmiä, joissa he auttavat toinen toistaan. Jos heterogeenisessä luokassa on tarkoitus saavuttaa sama tavoite, on opettajan vastuulla löytää eri keinoja eri tasoisten ryhmien tueksi. Tästä on käytetty käsitettä konvergentti (lähentyvä) eriyttäminen. Toinen mahdollisuus on tukea saman tasoisia oppilaita saavuttamaan erilaisia tavoitteita. Tällöin tavoitteet ja niiden edellyttämät menetelmät vaihtelevat. Tämän tapaista eriyttämistä kutsutaan myös divergentiksi (hajautuva) eriyttämiseksi (Deunk et al., 2018).

Proaktiivisissa eli ennakoivissa opetustavoissa mennään vielä astetta edemmäs oppilaiden auttamiseksi yksilöllisesti erilaisissa oppimistavoitteissa (Martschinke, 2015; Weinert, 1997). Tämä johtaa suurempaan avun antamisen skaalaan käytännön tapauksissa, keskittyen apua tarvitseviin oppilaisiin. Kaikki pyrkimykset käsitellä heterogeenisyyttä aktiivisesti tai proaktiivisesti ovat osa sisäistä eriyttämistä.

Sisäiseen eriyttämiseen luokassa on erilaisia menetelmiä. Toisin kuin ulkoisessa eriyttämisessä, koko luokkaa ei erotella. Luokkahuonetoiminta on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää järjestää niin, että kaikille oppilaille tarjotaan eriytetyt ja mukautuvat aiheet ja oppimateriaalit. Itseoppimisvaiheissa oppilaat voivat työskennellä omaa tahtiaan ja saada samalla tarvittavaa tukea opettajalta. Opettajalla täytyy tässä tapauksessa olla taitoja, jotka tiivistetään yleensä termin mukautuvat opetustaidot alle. Näihin sisältyy ammatilliset, tekniset, psykologis-pedagogiset ja didaktiset taidot sekä asenteet, motiivit ja omiin kykyihin luottamiseen liittyvät odotukset (Schiffel et al., 2019).

Sisäinen eriyttäminen on oppimisperiaate (Tomlinson, 2014) joka sisältää erilaisia käsitteitä. Näihin kuuluu oppilaiden välisten erojen ymmärtäminen. Yleisiä luokan eriyttämisen käsitteitä ovat mukautuva opetus (Corno, 2008; Westwood, 2018) tai laajempi eriytetyn opetuksen (differentiated instruction; DI) käsite (Pozas et al., 2020; Suprayogi et al., 2017).

Eriyttämisellä viitataan seuraavassa kohdassa aina sisäiseen eriyttämiseen paremman luettavuuden vuoksi.

Mukautuva opetus on periaate, joka tarkoittaa kunkin yksilöllisen oppilaan tarpeisiin mukautumista (Corno, 2008). Jos luokassa on esimerkiksi 20 oppilasta, kukin oppilas saa omiin tarpeisiinsa soveltuvan opetussuunnitelman. Mukautuva opetus liittyy läheisesti yksilöllistämisen käsitteeseen, jota käytetään paljon saksankielisissä maissa (Helmke, 2013). Opettajien täytyy soveltaa sisäistä eriyttämistä

antaakseen periaatteen mukaista opetusta käytännössä. Mukautetun opetuksen tarjoaminen vaatii opettajilta mukautuvia opetustaitoja. Opettajien täytyy siis osata mukauttaa suunnittelua ja opetusta oppilaiden yksilöllisten tilanteiden ja mahdollisuuksien mukaan (Beck et al., 2008). Tämä määritelmä perustuu neljään pätevyyden osa-alueeseen, jotka opettajien tulee hallita (Weinert, 2000). Opettajalla täytyy aluksi olla opetettavaan aineeseen liittyvä ammatillinen ja tekninen osaamispohja. Toiseksi opettajalla täytyy olla diagnostinen pätevyys, johon sisältyy kyky diagnosoida oppilaan taitojen, mahdollisen edistymisen ja oppimisvaikeuksien tasoja. Kolmas vaadittu pätevyys on didaktinen pätevyys, johon sisältyy muun muassa taito valita oppimisprosessiin sopivat menetelmät. Opettajan on lisäksi tärkeää osata hallita opetusryhmää, mihin kuuluu pätevyys käsitellä ongelmia ja suunnitella oppilasystävällinen ympäristö. Näitä taitoja vaaditaan mukautuvien opetusprosessien suunnitteluun.

Eriytetty opetus suunniteltiin alun perin lahjakkaiden oppilaiden tarpeisiin, mutta nykyään sen avulla voidaan ottaa huomioon oppilaiden yksilölliset oppimiseen liittyvät tarpeet opetuksen tehokkuuden maksimoimiseksi (Gheysens et al., 2020). Menetelmän tavoitteena on maksimoida opetuksen teho antamalla kaikille oppilaille eriytettyä opetusta (Tomlinson, 2001). Mukautettuun opetukseen verrattuna eriytetty opetus painottaa enemmän opetetun aineen mukauttamista tietylle oppilasryhmälle (Helmke, 2013). Toisin kuin mukautetussa opetuksessa, jossa jokaiselle oppilaalle on oma opetussuunnitelma, eriytetyssä oppimisessa opettaja kokoaa ryhmiä saman tasoista oppilaista. Luokassa tapahtuva eriytetty opetus suoritetaan eriyttämällä sisältöä, prosesseja (tehtäviä ja aktiviteetteja) tai tuotteita (Tomlinson, 2017). Opetusta edesauttavat vaikutukset perustuvat vuorovaikutukseen opiskelukumppanien kanssa tai opettajan oikea-aikaiseen tukeen, joka suunnitellaan joko etukäteen tai annetaan spontaanisti oppitunnilla (Kress & Pappas, 2016; Müller, 2012, 2018; Tomlinson, 2017).

2.3 Sisäisen eriyttämisen menetelmät

Palataan hetkeksi kolmenkymmenen biologian, kemian ja fysiikan opettajan kanssa tehtyihin haastatteluihin (tämän kirjan valmisteluihin kuuluvat vuonna 2019 tehdyt haastattelut kyproslaisten, itävaltalaisien, suomalaisten ja saksalaisten opettajien kanssa; $n = 30$). Yksi kysymyksistämme koski eriyttämisen käyttöä luonnontieteiden opetuksessa. Useimmat opettajat kertoivat ottavansa oppilaiden kiinnostukset ja suoritustasot huomioon.

Opettaja A: "Tarkastelen oppilaiden yksilöllisiä suorituksia ja kiinnostusten kohteita."

Opettaja B: "Toteutan eriyttämistä oppilaiden suoritustasojen ja kiinnostusten perusteella."

Lahjakkaiden oppilaiden eriyttämistä on hallittu lähinnä antamalla lisätehtäviä tai vaikeampia tehtäviä.

Opettaja C: ”Kaikki oppilaat suorittavat ensin perustehtävät. Nopeasti loppuun pääsevät oppilaat saavat hankalampia lisätehtäviä.”

Tukea sitä tarvitseville oppilaille annettiin spontaanisti selittämällä asioita tarkemmin tai valmistelemalla tukimateriaalia, kuten vihjekortteja.

Opettaja E: ”Annan samaan kokeelliseen tehtävään liittyen joko enemmän tai vähemmän tietoja sisältäviä monisteita riippuen siitä, onko oppilaalla vaikeuksia oppimisen kanssa vai ei.”

Jotkin opettajista hyödynsivät erityisiä ryhmäkoonpanoja tai vertaisjärjestelmiä tuen antamisessa. Kiinnostukseen liittyen opettajat antoivat oppilaiden äänestää erilaisia aiheita.

Opettaja B: ”Eriytän oppilaita kiinnostusten mukaan tuomalla esiin eri huomioita samasta aiheesta, joista oppilaat voivat valita mieleisensä.”

Haastattelujen otanta oli melko suppea, eikä siten laajemmin edustava, mutta erilaisia eriyttämisen keinoja tieteen opetuksessa pystyttiin silti linjaamaan. Täydentääksemme kuvaa keräsimme lupaavia menetelmiä aihetta käsittelevästä kirjallisuudesta.

Eriyttäminen voi liittyä sisältöön, tehtäviin ja opetusaktiviteetteihin, resursseihin (esimerkiksi oppimateriaaleihin) tai oppimisen tuloksiin. Luokassa eriyttämistä voivat edistää joko opettaja tai vertaiset (Kress & Pappas, 2016; Müller, 2012, 2018). Taulukossa 2.1. esitetään erilaisia eriyttämisen menetelmiä. Lisää esimerkkejä eriyttämisestä sekä oikea-aikaisesta tuesta löytyy taulukosta 6.2.

Taulukko 2.1: eriyttämisen menetelmät (Kerry & Kerry, 1997)

eriyttäminen kontekstin mukaan	kontekstien mukauttaminen vaikeuden kautta
	kontekstien mukauttaminen määrän kautta
eriyttäminen tehtävien ja oppimisaktiviteettien kautta	avointen kysymysten esittäminen useammin
	kognitiivisesti haastavien kysymysten esittäminen
	tehtävät, joissa ei ole yhtä oikeaa ratkaisua
	tehtävät, joissa joutuu ajatteleman enemmän
	eri tehtävien antaminen eri oppilaille
	erilaisten opetusaktiviteettien määrääminen eri ryhmille tai oppilaille

	oppilaiden käsitysten haastaminen
eriyttäminen tuotoksen mukaan	yksilöllisten tavoitteiden määrittäminen oppilaille
	erilaisten vastaustapojen salliminen (teksti, piirros, ääni, video...)
	erilaisten tuotosten salliminen eri oppilaille
	ajan käyttäminen laajempien projektien toteuttamiseen
	eri arviointimenetelmien käyttäminen, joiden avulla oppilaat voivat parhaiten esittää osaamistaan (esim. portfolio)
eriyttäminen resurssien mukaan	porrastettujen tehtävämonisteiden käyttäminen
	lisäresurssipakettien tarjoaminen
	vihjekorttien käyttö
	eri tasoisten tekstien käyttö

Useat eriyttämiskeinot täytyy suunnitella etukäteen. Edistääkseen eriyttämistä opettajat voivat valmistella oppitunneilleen erityiset vaiheet sisäiselle eriyttämiselle, erityiset materiaalit (eriytetyt tekstit tai tehtävämonisteet, vihjekortit, lisämateriaalit) ja tehtävät tai asetelmat (ryhmittelyt, työpisteet, yksilölliset oppimisvaiheet jne.). Eriyttäminen luokassa ei tarkoita, että tehtävät ja työkokonaisuudet täytyisi suunnitella erikseen kullekin oppilaalle. Tämä veisi runsaasti aikaa ja ylikuormittaisi opettajaa. Luokassa tapahtuvassa eriyttämisessä keskitytään tarjoamaan erilaisia vaihtoehtoja samantasoisille ryhmille tai ennakoimaan yleisiä opetettavaan aiheen ymmärtämiseen liittyviä ongelmia.

Eriyttämisen ei kuitenkaan tarvitse olla vain ennakkoon suunniteltua. Opettajat voivat ottaa huomioon sen (esimerkiksi palautteen tai havainnoinnin avulla), että monella heidän oppilaistaan on vaikeuksia opiskeltavan sisällön kanssa. Opettaja joutuu reagoimaan tilanteeseen eriyttämällä spontaanisti eli ”lennosta” (”on-the-fly”) (Carolan & Guinn, 2007). Spontaanin eriyttämisen keinoja ovat muun muassa puheen ja selitysten mukauttaminen, toistaminen, lisätietojen antaminen, useampien tai vaihtoehtoisten esimerkkien käyttäminen sekä ääneen ajattelu, jossa opettaja selittää ajatteluaan tiettyjä menetelmiä käyttäessään tai päätöksiä tehdessään. Eriyttämistä on myös oppilaiden oletusten

haastaminen heidän ymmärryksensä tueksi kysymällä jatkokysymyksiä (Nieminen et al., 2020). Spontaania eriyttämistä menestyksekkäästi hyödyntävät opettajat

- huomaavat oppilaiden ongelmat varhaisessa vaiheessa
- osoittavat valmiutta reagoida uusiin vaatimuksiin joustavasti
- osaavat selittää sisällön eri tavoin
- osaavat tukea oppimismahdollisuuksia riittävin metodologisin taidoin.

Valittu eriyttämismenetelmä – etukäteen suunniteltu tai spontaani – riippuu opettajien mieltymyksistä (joihin vaikuttavat opettamiseen liittyvät uskomukset, opettajakoulutus sekä luottamus omiin taitoihin) ja kokemuksesta (Suprayogi et al., 2017). Suunniteltu eriyttäminen vaatii enemmän aikaa ennen opetusta, mutta vähentää opetuksen monimutkaisuutta ennakkoinnin avulla. Spontaani eriyttäminen vie vähemmän aikaa, mutta vaatii erikoisosaamista ja -taitoja, joita soveltaa opetustilanteeseen.

Oikea-aikainen tuki on toimiva tapa edistää oppilaiden oppimisprosessia. Seuraavassa osioissa esitellään oikea-aikaisen tuen käsite ja sen soveltaminen opetuksessa. Olemme tietoisia oikea-aikaisen tuen tärkeydestä eriyttämisen kannalta sekä siitä, kuinka paljon aiheesta on tehty tutkimusta. Oikea-aikainen tuki ei kuitenkaan ole tämän kirjan keskeisin aihe, joten voimme tässä huomioida vain joitakin aiheeseen liittyviä pääseikkoja, joista voi olla apua luonnontieteen opettajille oppitunteja suunnitellessa.

2.4 Mitä on oikea-aikainen tuki?

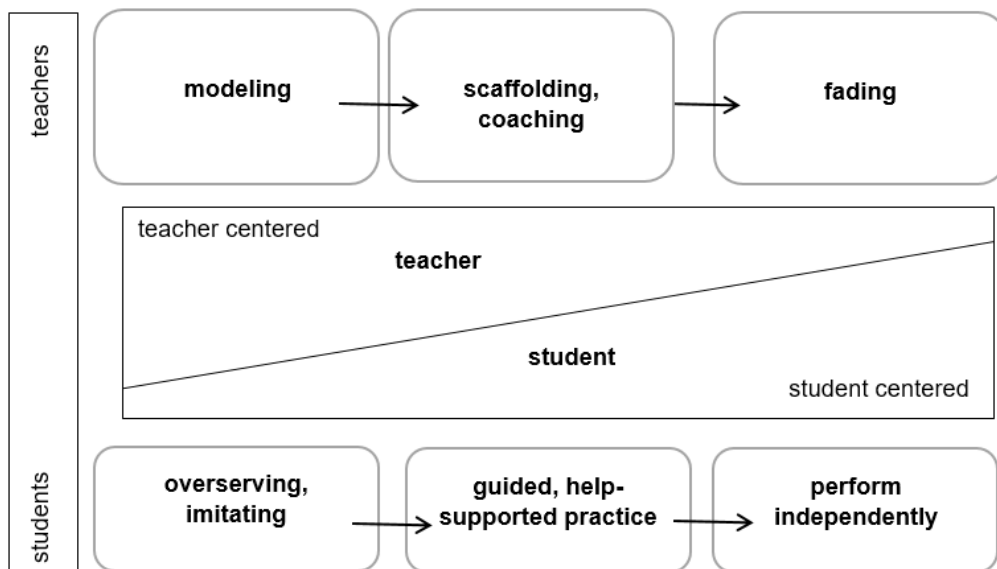
Oikea-aikaisen tuen käsitteen esitteli Wood tutkimusryhmineen (1976). Wood, Bruner ja Ross käyttivät englanninkielistä termiä *scaffolding* (rakennusteline) viitaten siihen, kuinka tuki rakentuu telineen tavoin. Oikea-aikainen tuki mahdollistaa tavoitteiden saavuttamisen, joka ei olisi mahdollista ilman sitä. Onnistuneen tukiprosessin jälkeen oikea-aikaisen tuen telineet tulee purkaa vaiheittain, mitä kutsutaan häivyttämiseksi (*fading*). Oikea-aikaisen tuen käsiteellä on pedagogisesti viitattu apu- ja tukiohjelmiin – joista monet tarjoavat digitaalista tukea (esim. Belland, 2017) – mutta käsitteelle ei ole yhtä vakiintunutta määritelmää.

Oikea-aikaisen tuen käsite liittyy Vygotskin teoriaan (2015). Hän kuvailee työssään ”lähikehityksen vyöhykettä”. Tämä vyöhyke sijaitsee oppijan todellisen ja potentiaalisen tason välillä. Vyöhyke käsittää sen, mitä oppilas pystyy saavuttamaan omin taidoin sekä pätevän tuen avulla.

Schifflin (2019) mukaan oikea-aikainen tuki on väliaikaista tukea, jonka avulla oppijat pystyvät suoriutumaan tehtävistä, joihin he eivät pystyisi omillaan (Schiffl et al., 2019). Oppilaat pystyvät sen jälkeen tulevilla oppimistilanteissa selviytymään tehtävistä omin avuin (Hammond & Gibbons, 2005)

ja saavuttamaan siten seuraavan kehityksen tason. Oikea-aikaisen tuen toimintona on vähentää monimutkaisuutta ja keskittyä tehtävien tärkeimpiin ominaisuuksiin (Wood et al., 1976). Oikea-aikainen oppiminen auttaa siis jäsentämään ja tehostamaan oppimisprosessia.

Kognitiivisen kisällioppimisen malli (Reusser, 1995) tiivistää oikea-aikaisen tuen soveltamisen luokassa sekä opettajien ja oppilaiden roolit oppimisprosessissa (ks. kuva 2.1.). Oppimisprosessin aluksi opettaja ottaa aktiivisen roolin esittäessään oikean tavan suorittaa tehtävän. Oppitunnin tässä vaiheessa opettaja selittää sisällön ja antaa esimerkkejä oikeasta soveltamistavasta. Kokeellista työskentelyä ajatellen on hyödyllistä, jos opettaja havainnollistaa tiettyjä menetelmiä. Ääneen ajattelu voi myös helpottaa tutkivan oppimisen ymmärtämistä; opettaja voi esimerkiksi selittää ääneen kaiken mihin hän kiinnittää huomiota koetta suunnitellessaan.



Kuva 2.1: Kognitiivinen kisällioppiminen (Reusser, 1995, s. 1)

Mallinnusvaihetta seuraa *oikea-aikaisen tuen vaihe*, jossa opettaja tukee oppilaita ottamaan itse aktiivisemman roolin. Tässä vaiheessa oppilaat harjoittelevat ilman opettajan tukea. Kun opettaja huomaa oppilaan saavuttaneet tavoitetason, tukikeinoja aletaan purkaa, eli toisin sanoen avun määrää vähennetään. Tuen vaiheittaisesta vähentämisestä käytetään termiä *häivytytys (fading)*. Opettajan rooli vaihtuu valmentajasta valvojaksi, joka tekee muodollisia arviointeja ja antaa palautetta oppilaiden työskennellessä omillaan, kunnes apua ei enää tarvita.

Oikea-aikaisen tuen menetelmät ovat vaihtelevia (ks. luvun 6 esimerkit). Aluksi voi olla hyödyllistä pohtia aiempaa tietoa ja keskustella siitä, sillä erilaiset ajatukset ja käsitteet ovat osa oppimisprosessia. Oppilaiden ajatuksia voidaan koostaa erilaisin tavoin, esimerkiksi käsitesarjakuvilla (concept cartoon),

mielle- ja käsitekartoilla tai kysymyskorttein. Alustavat väitteet, joissa oppilaat muodostavat ja perustelevat hypoteesinsa, ovat myös hyödyllisiä tutkivassa oppimisessä. Tällaiset oletukset mukailevat usein oppilaiden ajatuksia tietystä aiheesta. Opettajan tehtävä oppilaiden ajatusten ja käsitteiden keräämisen jälkeen on kehittää oikea-aikaista tukea hyödyntäviä harjoituksia. Oppilaiden aikaisempien tietojen selvittämistä voi itsessäänkin käyttää tukikeinona.

Oikea-aikainen tuki jakautuu kahteen eri kategoriaan. Saye ja Brush (2002) jakavat käsitteen kovaan ja pehmeään tukeen. Kova tuki on staattista, esimerkiksi vihjekorttien käyttämistä, kun taas pehmeä tuki on dynaamista ja prosessilähtöistä. Suurin ero kategorioiden välillä on ennakkovalmistelu. Opettajan täytyy valmistella kova tuki ennen oppituntia sen mukaan, minkä tehtävien tämä voi olettaa olevan vaikeita oppilaille.

Kovaa tukea voidaan tarjota vihjekorttien avulla.

Esimerkki 2.3

Vihjekortteja voidaan käyttää kehoitteina (prompts) eri tarkoituksiin. Esimerkiksi muistikortit aktivoivat oppilaiden aiempia tietoja, joita he voivat sitten hyödyntää uusissa tehtävissä. Menetelmiä voidaan selittää menetelmäkortein, joilla voidaan antaa lisätietoja tietystä aiheesta.



Tutkimme jo jäniksen hampaisto yhdessä. Koiran hampaisto näyttää erilaiselta, mutta koostuu samoista osista. Katso uudelleen jäniksen hampaiden nimiä. Mitä samankaltaisuuksia huomaat koiran hampaissa?

Pehmeällä tuella viitataan tietynlaiseen tukeen, jota opettajat tai vertaiset voivat tarjota spontaanisti (Tabrizi et al., 2019). Esimerkkejä tällaisesta tuesta ovat *liitutauluelokuvat* tai *asiantuntijaoppilaat*. Liitutauluelokuvamenetelmässä oppilaat saavat tulla luokan eteen liitutaulun luo samaan lisätietoja tai -selityksiä työtehtävästä. Opettaja pysyy liitutaulun luona ja antaa oppilaille mahdollisuuden tulla luokan eteen vapaaehtoisesti ja tarpeen mukaan. Opettaja voi tällöin selittää aiemmin selitetyn asian uudelleen tai keskittyä oppilaan yksilöllisiin oppimisvaikeuksiin aiheeseen liittyen. Menetelmää kutsutaan elokuvaksi, sillä aktiviteetti voidaan järjestellä elokuvateatterin kaltaiseksi. Opettaja voi istua liitutaulun edessä ja oppilaat käyvät hänen luonaan. Menetelmää voidaan myös muokata niin, että luokka käy yhdessä läpi digitaalisia esityksiä perinteisen liitutaulun sijaan. Asiantuntijaoppilaat voivat samoin ottaa opettajan roolin. Asiantuntijat tarjoavat apua esimerkiksi tarkoitusta varten valmistelluilla asemilla. Apua tarvitsevat oppilaat saavat sitä täten näiltä asemilta. Menetelmässä

voidaan käyttää apuna asiantuntijakortteja, joita oppilaat voivat asettaa istuimelleen saatuaan omat tehtävänsä valmiiksi osoittaakseen tarjoavansa apua.

Opettajat voivat vaihdella pehmeän ja kovan tuen välillä tilanteista ja tehtävistä riippuen. Opettajan tulee määrittää ja mukauttaa tukea sekä päättää missä vaiheessa ja miten tuen purkaminen tapahtuu. Opetuksen tukeminen digitaalisin välinein, kuten simulaatioilla (Lehtinen & Viiri, 2017), kysymyksillä (quizzes) tai omavalvontaisilla tehtävillä, on myös pätevä menetelmä.

Videoita, malleja sekä muita visualisointeja voidaan myös käyttää hyödyntämällä digitaalisia päätelaitteita, kuten tabletteja, älypuhelimia tai tietokoneita. Opettajan vastuulla on valmistella verkkosivut tai ohjelmat, joita oppilaat käyttävät. Oppilaiden digitaaliset taidot on tärkeä selvittää etukäteen, jotta digitaalisten laitteiden käyttö ei pahenna oppimisvaikeuksia. Digitaalisia päätelaitteita voidaan käyttää tietojen tai visualisointien kuten mallien (simulaatiot) tutkimiseen myös spontaanisti ”lennosta”. Näitä malleja voidaan myös käyttää yhdessä liitutauluelokuvien ja asiantuntija-asemien kanssa mahdollisuuksien mukaan, esimerkiksi tablettitietokoneilla tai luokissa, joista löytyy tarvittavat välineet.

Yllä on kuivailtu oikea-aikaisen oppimisen etuja. Oppilaiden aktivointi lisää opinnoissa menestymisen mahdollisuutta. Tämä puolestaan voi kehittää motivaatiota, jolla taas on positiivinen vaikutus oppimisprosessin laatuun (Deci & Ryan, 1993, 2008).

Yhteenveto

Oppilaat eroavat toisistaan monilla tavoin. Nämä erot on tärkeää huomioida tehokkaalla opetuksella. Erojen huomiointia kutsutaan yleisnimityksellä eriyttäminen. Tässä julkaisussa keskitytään opetuksen tasolle: kuinka opettajat voivat mukauttaa opetustaan tehostaakseen lasten ja nuorten oppimista. Eriyttämiseen on erilaisia lähestymistapoja, jotka eroavat toisistaan suunnittelun ja toteutuksen osalta.

Oikea-aikainen tuki on yksi tapa tukea oppimista. Oikea-aikainen tuki tarkoittaa oppituntien aikana tarjottuja väliaikaisia tukimenetelmiä, jotka auttavat oppilaita suoriutumaan tehtävistä, joihin he eivät pystyisi yksin (Schiffl et al., 2019). Oikea-aikaisella tuella ja sen myöhemmällä purkamisella pyritään siihen, että oppilaat lopulta selviävät tehtävistä itsenäisesti. Oikea-aikainen tuki voi olla joko kovaa tai pehmeää tukea. Digitaalista mediaa voidaan myös käyttää oikea-aikaisen tuen välineenä.

Viitteet

- Baumgartner, T., Lipowski, M., & Rush, C. (2003). *Increasing Reading Achievement of Primary and Middle School Students Through Differentiated Instruction*. Maisterintutkielma, Saint Xavier University & SkyLight. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED479203.pdf>
- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M. & Vogt, F. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz. Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 63). Waxmann.
- Belland, B.R. (2017). *Instructional scaffolding in STEM education: Strategies and efficacy evidence*. Springer Nature. DOI 10.1007/978-3-319-02565-0
- Buholzer, A., & Kummer Wyss, A. (2010). *Alle gleich—alle unterschiedlich. Zum Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. Kallmeyer.
- Breit, S., Eder, F., Krainer, K., Schreiner, C., Seel, A., & Spiel, C. (2019). Nationaler Bildungsbericht Österreich 2018. *Fokussierte Analysen und Zukunftsperspektiven für das Bildungswesen*. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung.
- Bruneforth, M., Lassnig, L., Vogtenhuber, S., Schreiner, C., & Breit, S. (Eds.). (2016). *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2015, Band 1: Das Schulsystem im Spiegel von Daten und Indikatoren*. Bundesinstitut BIFIE.
- Carolan, J., & Guinn, A. (2007). Differentiation: lessons. *Educational leadership*, 64(5), 44–47.
- Corno, L.Y.N. (2008). On teaching adaptively. *Educational Psychologist*, 43(3), 161–173.
- Coubergs, C., Struyven, K., Vanthournout, G., & Engels, N. (2017). Measuring Teachers' Perceptions About Differentiated Instruction: The DI-Quest Instrument and Model. *Studies in Educational Evaluation*, 53, 41–54.
- Dixon, F.A., Yssel, N., McConnell, J.M., & Hardin, T. (2014). Differentiated instruction, professional development, and teacher efficacy. *Journal for the Education of the Gifted*, 37(2), 111–27. <https://doi.org/10.1177/0162353214529042>.
- Deci, E.L., & Ryan, R.M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Deci, E.R., & Ryan, R.M. (2008). Self-Determination Theory: A Macrotheory of Human Motivation, Development, and Health. *Canadian Psychology*, 49, 182–185.
- Deunk, M. I., Smale-Jacobse, A. E., de Boer, H., Doolaard, S., & Bosker, R. J. (2018). Effective differentiation practices: A systematic review and meta-analysis of studies on the cognitive effects of differentiation practices in primary education. *Educational Research Review*, 24, 31–54.
- Firmender, J., Reis, S., & Sweeny, S. (2013). Reading Comprehension and Fluency Levels Ranges across Diverse Classrooms: The Need for Differentiated Reading Instruction and content. *Gifted Child Quarterly*, 57(1), 3–14.
- Gheysens, E., Coubergs, C., Griful-Freixenet, J., Engels, N., & Struyven, K. (2020). Differentiated instruction: the diversity of teachers' philosophy and praxis to adapt teaching to students' interests, readiness and learning profiles. *International Journal of Inclusive Education*, 1–18.
- Gröhlich, C., Scharenberg, K., & Bos, W. (2009) Wirkt sich Leistungsheterogenität in Schulklassen auf den individuellen Lernerfolg in der Sekundarstufe aus? *Journal for educational research online*, 1, 86–105.
- Hammond, J., & Gibbons, P. (2005). What is scaffolding. *Teachers' voices*, 8, 8–16.
- Helmke, A. (2013). Individualisierung: Hintergrund, Perspektiven, Missverständnisse. *Pädagogik*, 13(2), 34–37.
- Kerry, T., & Kerry, C.A. (1997). Differentiation: Teachers' views of the usefulness of recommended strategies in helping the more able pupils in primary and secondary classrooms. *Educational Studies*, 23(3), 439–457.
- Kiel, E., Haag, L., Keller-Schneider, M., Zierer, K. & Streber, D. (2015). Grundwissen Lehrerbildung: Umgang mit Heterogenität. *Praxisorientierung, Fallbeispiele, Reflexionsaufgaben*. Cornelsen.
- Kress, K., & Pappas, M. (2016). *Binnendifferenzierung in der Sekundarstufe – das Praxisbuch. Profi-Tipps und Materialien aus der Lehrerfortbildung*. Auer.
- Lehtinen, A., & Viiri, J. (2017). Guidance provided by teacher and simulation for inquiry-based learning: A case study. *Journal of science education and technology*, 26(2), 193–206.
- Martschinke, S. (2015). Facetten adaptiven Unterrichts aus der Sicht der Unterrichtsforschung. In K. Liebers, B. Landwehr, A. Marquardt & K. Schlotter (Ed.), *Jahrbuch Grundschulforschung: Lernprozessbegleitung und adaptives Lernen in der Grundschule* (pp. 15–32). Springer.
- Müller, F. (2012). *Differenzierung in heterogenen Lerngruppen: Praxisband für die Sekundarstufe I*. Debus Pädagogik.
- Müller, F. (2018). *Praxisbuch Differenzierung und Heterogenität. Methoden und Materialien für den gemeinsamen Unterricht*. Beltz.
- Nieminen, P., Häikiöniemi, M., & Viiri, J. (2020). Forms and functions of on-the-fly formative assessment conversations in physics inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 1–23.
- Pozas, M., Letzel, V., & Schneider, C. (2020). Teachers and differentiated instruction: exploring differentiation practices to address student diversity. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 20(3), 217–230.
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Waxmann.
- Reusser, K. (1995). Lehr- und Lernkultur im Wandel: zur Neuorientierung in der kognitiven Lernforschung. In R. Dubs & R. Dörig (Ed.), *Dialog Wissenschaft und Praxis. Berufsbildungstage St. Gallen* (pp. 164–190). Institut für Wirtschaftspädagogik IWP.

- Saye, J.W., & Brush, T. (2002). Scaffolding critical reasoning about history and social issues in multimedia-supported learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77–96.
- Schiffli, I., Köberl, P., & Schädler, C. (2019). Differenzierung im Biologieunterricht. In I. Schiffli, & H. Weiglhofer (Ed.), *Biologie kompetent unterrichten: Ein Praxisbuch für Studierende und Lehrkräfte* (pp. 189–223). facultas.
- Schnotz, W. (2006). *Pädagogische Psychologie*. Beltz.
- Scholz, I. (2012). *Das heterogene Klassenzimmer: differenziert unterrichten*. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Subban, P. (2006). Differentiated instruction: A research basis. *International education journal*, 7(7), 935–947.
- Suprayogi, M.N., Valcke, M., & Godwin, R. (2017). Teachers and their implementation of differentiated instruction in the classroom. *Teaching and Teacher Education*, 67, 291–301.
- Tabrizi, H.M., Behnam, B., Saeidi, M., & Lu, X. (2019). The effect of soft vs. hard scaffolding on reading comprehension skill of EFL learners in different experimental conditions. *Cogent Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2019.1631562>
- Tomlinson, C.A. (2001). *How to Differentiate Instruction in Mixed-Ability Classrooms*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Tomlinson, C.A. (2014). *The Differentiated Classroom: Responding to the Needs of All Learners*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Tomlinson, C.A. (2017). *How to Differentiate Instruction in Academically Diverse Classrooms*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Valiandes, S. (2015). Evaluating the Impact of Differentiated Instruction on Literacy and Reading in Mixed Ability Classrooms: Quality and Equity Dimensions of Education effectiveness. *Studies in Educational Evaluation*, 45, 17–26.
- Vygotskij, L.S., Lompscher, J., & Rückriem, G. (2015). *Denken und Sprechen – Psychologische Untersuchungen*. Beltz.
- Weinert, F.E. (1997). Notwendige Methodenvielfalt [Necessary variety of methods]. *Friedrich Jahresheft*, 15, 50–52.
- Weinert, F.E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, (2), 1–16.
- Wessel, L. (2014). *Fach- Und sprachintegrierte Förderung durch Darstellungsvernetzung und Scaffolding*. Springer.
- Westwood, P. (2001). Differentiation as a strategy for inclusive classroom practice: Some difficulties identified. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 6(1), 5–11.
- Westwood, P. (2018). *Inclusive and adaptive teaching: Meeting the challenge of diversity in the classroom*. Routledge.
- Wood, D., Bruner, J.S., & Ross, G. (1976). The Role of Tutoring in Problem Solving. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89–100.
- Zulliger, S., & Tanner, S. (2013). Der Begriff Heterogenität in empirischen Studien. *Swiss Journal of Educational Research*, 35(1), 37–52.

3 Tutkiva oppiminen

3.1 Mitä on tutkiva oppiminen?

Kun opettajia pyydetään määrittelemään tutkivan oppimisen käsite, vastausten perusteella aihe ymmärretään hyvin vaihtelevilla tavoilla (Capps et al., 2016). Tekemiemme haastattelujen mukaan joidenkin opettajien määritelmä vastaa luonnontieteiden opetuksen yhteisön yhteistä käsitystä sen määritelmästä. Osan määritelmä tutkivalle oppimiselle perustuu sekoitukseen oikeita ja vääriä tietoja, kun taas jotkut pitävät kiinni tutkivaa oppimista koskevista väärinkäsityksistä (tätä kirjaa varten vuonna 2019 tehdyt haastattelut; n = 30).

Ennen tutkivan oppimisen määritelmän selittämistä esitämme kaksi esimerkkiä luonnontieteiden opetuksesta (esimerkit A ja B esimerkikilaatikossa 3.1), joihin viittaamme myöhemmin käsitettä määritellessämme. Kuten hyvin tiedetään, samaa aihetta voidaan opettaa oppitunneilla hyvin erilaisin tavoin ja että opettaja ja oppilaat voivat hekin omaksua erilaisia rooleja.



Kuva 3.1: Ensimmäisen esimerkin kuva
Kuva: emmaws4s, 2013, saatavilla Pixabayssa (ilmaisen kaupallisen käytön lisenssi)



Kuva 3.2: Toisen esimerkin kuva
Kuva: Patricia Lacolla, 2013, saatavilla Pixabayssa (ilmaisen kaupallisen käytön lisenssi)

Esimerkki 3.1

Esimerkki A: Opettaja kirjoittaa oppitunnin aiheen liitutaululle ja antaa oppilaille tehtäväksi selvittää itämiseen vaaditut olosuhteet lukemalla tietyt sivut oppikirjasta. Oppilaat lukevat oppikirjaa yksilöllisesti saadakseen selville itämisen vaatimat olosuhteet. Oppitunnin lopuksi oppilaat esittävät löytämänsä tiedot koko luokan kanssa keskustellen.

Esimerkki B: Opettaja esittelee oppilaille kädessään olevia ituja sisältäviä krassin siemeniä. Opettaja kehottaa oppilaita pohtimaan, mitä siemenet tarvitsevat itääkseen. Oppilaat esittävät ajatuksiaan ryhmissä ja muotoilevat tutkimuskysymyksiä (opettajan avustuksella). Oppitunnilla tutkitaan tutkimuskysymystä ”mitä siemenet tarvitsevat itääkseen?” Oppilaat muodostavat ensin hypoteeseja ja suunnittelevat ryhmissä tutkimuksen, joka vastaa tähän kysymykseen. Oppilasryhmät suorittavat tutkimuksen ja keskusteleval löydöistään toistensa kanssa.

Erot on helppo huomata näiden kahden esimerkin välillä. Esimerkissä B oppilaat pyrkivät tekemään tieteellisiä havaintoja ammattimaisten tutkijoiden tavoin. Kyseinen oppitunti on siten yhteensopivampi tutkivan oppimisen kanssa.

Tutkiva oppiminen on oppimistapa, jossa oppilaat rakentavat uutta tietoa omatoimisilla tutkimuksilla (Manchesterin yliopisto, 2010). Tässä menetelmässä oppilaat muotoilevat omat tutkimusongelmansa ja -kysymyksensä (ibid.). Oppilaiden mielenkiinnon kohteet otetaan siis huomioon (van Uum et al., 2016). Oppilaat kehittävät itselleen mielekkäitä tietoja ja taitoja tutkimalla opiskeltavaa aihetta (ibid.). Tutkimusprosessin aikana oppilaat käyttävät tietoja todisteina (Capps et al., 2016). Löydetyistä selityksistä keskusteleminen ja niiden perustelu on erittäin tärkeää (NRC, 2000; Pedaste et al., 2015). Käyttäkseen tietoja oppilaiden täytyy suunnitella tai toteuttaa tutkimus (Capps et al., 2016). Tieteellisiä tutkimustapoja voivat olla havainnointi, dissektio, kokeet tai muut tiedonkeruumenetelmät, joilla vastataan kysymykseen tai muodostetaan väittämiä. Alla luetellaan tutkivan oppimisen peruseriaatteita.

Tutkivan oppimisen periaatteita ovat:



tutkimus alkaa ongelmasta/kysymyksestä (oppilaiden tai opettajan muotoilemana);



oppilaat suunnittelevat tutkimuksen (tarpeen mukaan opettajan avustuksella);



oppilaat keräävät tietoa suorittamalla tutkimuksen;



oppilaat rakentavan tutkimuksen perusteella itselleen mielekästä uutta tietoa;



Oppilaat keskusteleval selityksistään ja perustelevat niitä.

3.2 Miksi tutkivaa opetusta tulisi hyödyntää luonnontieteiden opetuksessa ja oppimisessa?

Tutkivan oppimisen käsitteen selittämisen jälkeen on tärkeää korostaa menetelmän valinnan syitä luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen kontekstissa.

Tutkiva oppiminen vastauksena muuttuvaan pedagogiseen ja opetukselliseen ajatteluun

John Dewey (*1859, †1952) huomautti jo 1900-luvun alussa, että tieteellisiä (tutkivia) menetelmiä hyödynnetään opetuksessa liian vähän. 1800-luvun lopulla yleinen käsitys oli liittää ”vanha opetustapa” passiiviseen oppimiseen ja ulkoa opetteluun ja ”uusi opetus” aktiiviseen ja luovaan prosessiin (Oelkers, 2018, p. 31). Keskeistä menetelmässä ei ollut enää tieto ja opetussuunnitelma, vaan opetettava lapsi (ibid.). Deweyn pedagogiikan keskiössä ei ollut niinkään lapsipedagogia itsessään, vaan yleishyödylliset elämäntaidot (demokraattiset taidot). Toiminta ja ajattelu ovat tämän prosessin ominaisuuksia (Schubert, 2019, p. 146). Deweyn näkemyksen mukaan tieteellisten (tutkivien) menetelmien soveltaminen opetuksessa on hyödyllistä: ”Koska suurimmasta osaa oppilaita ei tule luonnontieteiden asiantuntijoita, on pitkällä tähtäimellä tärkeämpää, että he saavat käsityksen tieteellisistä menetelmistä kuin että he yrittäisivät jäljentää tutkijoiden tuloksia” (Dewey, uusi painos 2001, s. 228). Tieteellisissä tutkimuksissa tulee keskittyä oppilaiden elämässä tarvitsemiin taitoihin ja tukea heitä etsimään tietoa ja vastauksia kysymyksiin aktiivisina oppilaina (Barrow, 2006). Tutkiva oppiminen näkyy Deweyn menetelmässä siinä, miten oppilaat hyödyntävät tutkivia menetelmiä arkielämässä esiintyvien ongelmien ja kysymysten ratkaisemiseen.

Jérôme Seymour Bruner (*1915, †2016) kehitti käsitteen *havaintopohjainen oppiminen*. Se on itseohjautuvaa oppimista hyödyntävä opetustapa, jossa oppilaat etsivät oppimisprosessin aikana tietoa aktiivisen kysymysten asettelun ja havainnoinnin avulla. Oppilaat käyttävät olemassa olevia tietojaan oppimisen tukemiseen (Schaub & Zenke, 2000). Havaintopohjaisessa oppimisessa opettajan tehtävänä on vain tarkkailla oppilaita ja tarjota apua (Stangl, 2020). Brunerin mukaan on mahdotonta tarjota valmiita ratkaisuja kaikkiin tilanteisiin ja pulmiin, joita henkilö tulee kohtaamaan elämänsä aikana (Edelmann & Wittmann, 2019) ja että siksi on ensiarvoisen tärkeää oppia ratkaisemaan ongelmia (Edelmann & Wittmann, 2019; Stangl, 2020). Havaintopohjaisella oppimisella on yhteyksiä konstruktivistiseen oppimisteoriaan.

Konstruktivistisissa oppimisteorioissa painotetaan oppimisen aktiivisuutta, itsenäisyyttä sekä toiminnallista aiheiden tutkimista, sillä vain itse voi oppilas luoda kuvan maailmasta (Schnotz, 2011). Oppiminen on rakentamista (maailman kokemista itse), uudelleenrakentamista (olemassa olevan tiedon uudelleenpohtimista itse) sekä purkamista (kyseenalaistaminen: voiko asia olla toisin?) (Reich, 2012). Samoin tutkiva oppiminen on oppimispolku, jonka varrella oppilaat rakentavat tietoa itse ja arvioivat sitä. Tutkiva oppiminen on aktiivisen oppimisen hallitseva muoto, sillä se mahdollistaa oppilaiden aktiiviset tutkimukset, jotka ovat keskeisiä oppilaiden mielenkiinnon herättämiseksi luonnontieteitä kohtaan (Rocard et al., 2007). Aktiivisen oppimisen on todistettu olevan tavallista opetusta hyödyllisempää luonnontieteiden opetuksessa (Freeman et al., 2014).

Tutkiva oppiminen on hyödyllistä opettamisen ja oppimisen kannalta

Tutkivan oppimisen menetelmien kautta oppilaat saavat tilaisuuden kehittää tieteellisiä taitojaan ja kehittää sisältötietojaan (Crippen & Archambault, 2012; Edelson et al., 1999; Marx et al., 2004; Schneider et al., 2002). Tutkivan oppimisen positiivisten vaikutusten on huomattu olevan vahvempia heikkotasoisemmille oppilaille (Marx et al., 2004). Tutkivan oppimisen eduksi on myös havaittu, että se kehittää ja ylläpitää oppilaiden kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan (Gibson & Chase, 2002; Osborne & Dillon, 2008). Tutkivan oppimisen kautta oppilaat eivät pidä luonnontieteiden opetusta ja oppimista tylsinä, mikä on laajalti vallassa oleva käsitys luonnontieteiden opetuksesta (Alake-Tuenter et al., 2012).

Tutkiva oppiminen mukailee luonnontieteellisen lukutaidon nykykäsityksiä

Kansainvälisesti luonnontieteiden opetuksen tavoitteista ja sisällöstä on keskusteltu paljon. Näiden keskustelujen pohjalta on jo saatu aikaan useita määritelmiä luonnontieteelliselle lukutaidolle (ks. Norris & Phillips, 2003). Useat luonnontieteellisen lukutaidon määritelmät käsittävät tieteellisen tiedon kehittämisen menetelmiä ja prosesseja – tarkoituksenaan joko kasvattaa tieteellisen tiedon luomisesta (Bybee, 1997, 2002) tai kehittää metakognitiota (Shamos, 2002). Tieteellisen tiedon luomisen pätevyystasot (tutkivan oppimisen kompetenssit) onkin siten määritelty useiden eri maiden opetussuunnitelmissa (ks. esim. taulukko 3.1 koskien Itävaltaa, Kyprosta, Suomea ja Saksaa). Tutkiva oppiminen on eräs menetelmä, joka mahdollistaa opetussuunnitelmissa määriteltyjen luonnontieteellisen lukutaidon ja tutkivan oppimisen kompetenssien kehittämisen.

Taulukko 3.1: Luonnontieteiden opetuksen standardit, jotka mukailevat tutkivaa oppimista ja painottavat kokeellisuutta. Esimerkit maista: Itävalta, Kypros, Suomi ja Saksa.

<i>Itävalta</i>	<i>Kypros</i>	<i>Suomi</i>	<i>Saksa</i>
Luonnontieteet (biologia, kemia ja fysiikka), yläaste (BIFIE, 2011): Oppilaat osaavat... ... tehdä havaintoja ja suorittaa mittauksia [E1] ... esittää tutkimuskysymyksiä ja hypoteeseja [E2] ... suunnitella ja suorittaa tutkimuksia ja kokeita sekä kirjoittaa raportteja kokeista [E3] ... analysoida ja tulkita tutkimus- ja koedataa [E4]	Biologia, luokat 7–12 (Kyproksen opetusministeriö, 2017a): Biologian opetuksen yleiset tavoitteet kaikilla kouluasteilla jaetaan kullekin luokkatasolle määritettyihin alatavoitteisiin. Näihin alatavoitteisiin sisältyy tieteellisten ja kokeellisten taitojen hankkiminen. Näitä ovat esimerkiksi: ... (ii) kysymysten ja hypoteesien muodostaminen (iii) kokeellisten lähestymistapojen suunnittelu ja toteutus, (iv) mittausten tekeminen, arviointi ja analysointi, (v) tietojen esittäminen, (vi) ensimmäisten hypoteesien tukeminen tai torjuminen, (vii) päätelmien, yleistysten ja ennusteiden muodostaminen, (viii) kyky etsiä ja kehittää vaihtoehtoisia teorioita tieteellisen lisätiedon avulla. Kemia, luokat 7–12 (Kyproksen opetusministeriö, 2017d) Vaikka kemian opetukseen kuuluukin tarpeeksi paljon koetehtäviä, kokeilevia tieteellisiä taitoja tukevia oppimistavoitteita ei ole määritelty. Tutkivia taitoja kehittäville aihealueille on vain muutamia oppimispäämääriä. Esimerkiksi: Luokka 12: 3.16. Tutki kokeilemalla, kuinka reagoivien aineiden pitoisuus ja lämpötila vaikuttavat kemiallisiin reaktioihin (Kyproksen opetusministeriö, 2020)	Biologia, luokat 7–9 (OPH, 2014): Biologian opetuksessa työskennellään myös luonnossa ja ohjataan oppilaita tutkivan oppimisen avulla tutustumaan biologisen tiedonhankinnan luonteeseen. Luonnon tutkimisessa käytetään sekä maasto- että laboratoriotyömenetelmiä. Elämyksellinen ja kokemuksellinen oppiminen virittää oppimisen iloa ja herättää kiinnostusta tarkkailla elinympäristön tilaa ja siinä tapahtuvia muutoksia. Opetuksen tavoitteet: [T7] ohjata oppilas kehittämään luonnontieteellistä ajattelutaitoa sekä syy-seuraussuhteiden ymmärtämistä. [T8] ohjata oppilas käyttämään biologian tutkimusvälineistöä sekä tieto- ja viestintäteknologiaa. [T10] ohjata oppilasta tekemään tutkimuksia sekä koulussa että koulun ulkopuolella. Kemia, luokat 7–9 (OPH, 2014): Kemian opetus ja opiskelu perustuu oppilaiden elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havainnointiin ja tutkimukseen. Tutkimusten tekemisellä on oleellinen merkitys käsitteiden sisäistämisessä, tutkimisen taitojen oppimisessa ja luonnontieteiden luonteen hahmottamisessa Opetuksen tavoitteet: [T5] kannustaa oppilasta muodostamaan kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä sekä	Biologia, KMK, 2005 a): KMK Yläkoulun 1. luokan päätteeksi oppilaiden odotetaan pystyvän... ... suorittamaan tutkimuksia niihin soveltuvin laadullisin tai määrällisin keinoin [E5] ... suunnittelemaan yksinkertaisia tutkimuksia, suorittamaan niitä ja/tai analysoimaan tutkimusten tuloksia [E6] ... muotoilemaan selityksiä tutkimustehtäviä soveltamalla [E7] ... keskustelemaan tutkimustehtävän laajuudesta, rajoitteista, vaiheista ja tuloksista [E8] Kemia (KMK, 2005 b): Yläkoulun 1. luokan päätteeksi oppilaiden odotetaan pystyvän... ... tunnistamaan ja muotoilemaan kysymyksiä, joihin voidaan vastata kemian tuntemuksella sekä kokein, etenkin kemiallisin kokein [E1] ... suunnittelemaan olettamusten ja hypoteesien vahvistamiseen soveltuvia tutkimuksia [E2] ... suorittaa laadullisia ja yksinkertaisia määrällisiä tutkimuksia ja raportoida niistä [E3] ... ottaa turvallisuus ja ympäristö huomioon kokeita tehdessä [E4] ... kerätä oleellista tietoa tutkimusten ja etenkin kemiallisten kokeiden aikana tai etsiä tietoa kirjallisuudesta [E5]

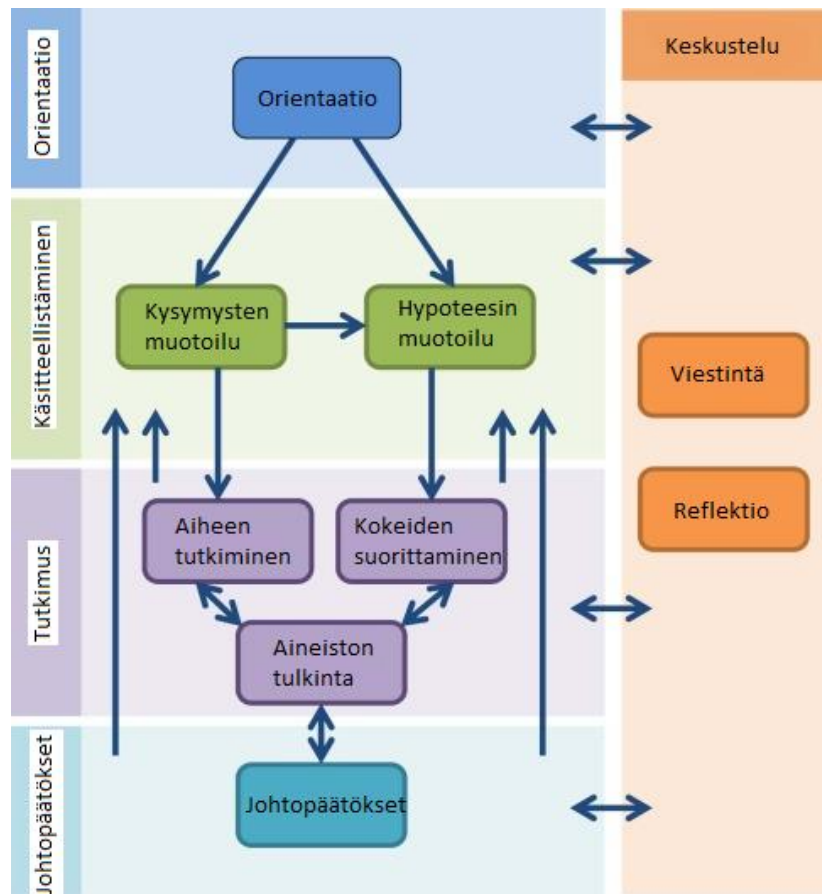
	Fysiikka, luokat 7–12 (Kypoksen opetusministeriö, 2017, b) Yksi fysiikan opetuksen tavoitteista luokilla 7–9 on esitellä oppilaille tieteellisten kokeiden perusperiaatteet, joita ovat muun muassa hypoteesin muotoilu, kokeiden suunnittelu ja toteutus, tietojen tulkinta, johtopäätösten tekeminen sekä kokeesta viestiminen. Luokilla 10–12, oppilaiden odotetaan osaavan: - kysyä kysymyksiä ja muodostaa erilaisiin tieteellisiin tutkimuksiin johtavia oletuksia - laatia kirjallinen tutkimussuunnitelma - kerätä ja jäsentää tietoa - tulkita ja arvioida tietoa sekä tehdä johtopäätöksiä sen pohjalta - viestiä kokeiden tuloksista eri tavoin, esimerkiksi kirjallisesti, kaavioin sekä suullisesti. - selittää, että tieteellinen tutkimus johtaa toisinaan odottamattomiin tuloksiin, jotka voivat puolestaan johtaa uusiin kysymyksiin ja jatkotutkimuksiin.	kehittämään kysymyksiä edelleen tutkimusten ja muun toiminnan lähtökohdiksi. [T6] ohjata oppilasta toteuttamaan kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa sekä työskentelemään turvallisesti ja johdonmukaisesti [T7] ohjata oppilasta käsittelemään, tulkitsemaan ja esittämään omien tutkimustensa tuloksia sekä arvioimaan niitä ja koko tutkimusprosessia Fysiikka, luokat 7–9 (OPH, 2014): Fysiikan opetuksen lähtökohtana ovat luonnosta ja teknologisesta ympäristöstä tehdyt havainnot ja tutkimukset. Tutkimusten tekemisellä on oleellinen merkitys käsitteiden omaksumisessa ja ymmärtämisessä, tutkimisen taitojen oppimisessa ja luonnontieteiden luonteen hahmottamisessa. Opetuksen tavoitteet: [T5] kannustaa oppilasta muodostamaan kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä sekä kehittämään kysymyksiä edelleen tutkimusten ja muun toiminnan lähtökohdiksi. [T6] ohjata oppilasta toteuttamaan kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa sekä työskentelemään turvallisesti ja johdonmukaisesti [T7] ohjata oppilasta käsittelemään, tulkitsemaan ja esittämään omien tutkimustensa tuloksia sekä arvioimaan niitä ja koko tutkimusprosessia	... tunnistaa kerätyistä tiedoista kehityssuuntia, rakenteita ja suhteita, selittää niitä ja tehdä johtopäätöksiä [E6] Fysiikka (KMK, 2005 c): Yläkoulun 1. luokan päätteeksi oppilaiden odotetaan pystyvän... ... luomaan yksinkertaisia esimerkkihypoteeseja [E6] ... suunnittelemaan, suorittamaan ja pöytäkirjaamaan yksinkertaisia kokeita [E8] ... analysoimaan kerättyjä tietoja, mahdollisesti yksinkertaisen matematisoinnin avulla [E9] ... arvioimaan empiiristen tulosten pätevyyttä sekä niiden yleistettävyyttä [E10]
--	---	---	--

3.3 Tutkivan oppimisen sykli

Tutkiva oppiminen on nykyisin hallitseva menetelmä luonnontieteiden opetuksessa ja kansainvälisen opetuksen tutkimuksessa. Tutkivaa oppimista on edistetty jo yli kolmen vuosikymmenen ajan Yhdysvalloissa, Australiassa ja Euroopassa tehdyissä luonnontieteiden opetuksen uudistuksissa (Minner et al., 2010). Niiden seurauksena on huomattu, kuinka tutkivaa oppimista voidaan hyödyntää jokapäiväisessä opetuksessa ja oppimisessa. Yksi suurimmista tutkivan opetuksen käyttöä hidastavista haasteista on, etteivät opettajat tunne itseään itsevarmoiksi menetelmän käyttöön osana opetustaan. Opettajien haastatteluiden perusteella laajalti yleisin tapa hyödyntää tutkivaa oppimista ovat suljetut tehtävät (tätä kirjaa varten tehdyt haastattelut, 2019). Abramsin (2007) mukaan ongelmana on, ettei opettajilla ole luottamusta hyödyntää tutkivaa oppimista arkityössään, koska heille on epäselvää mitä tutkivaan oppimiseen kuuluu. Tutkimuskirjallisuudesta voidaan löytää useita eri tutkivan oppimisen määritelmiä. Tieteellisellä tutkimuksella kuvataan muun muassa tutkijoiden noudattamia tutkimuksissa ja uuden tiedon validoinnissa käyttämiä prosesseja. Termiä ”tutkimus” voidaan käyttää myös tutkivan oppimisen yhteydessä esimerkiksi kuvaamaan oppilaiden aktiivista tiedon rakentamista. Tutkivaa oppimista pidetään lisäksi usein yleiskäsitteenä, jolla ei ole tarkkaa määritelmää (Anderson, 2002; Minner et al., 2010). Ottaen huomioon tutkivan oppimisen määritelmän monimutkaisuuden, opettajien täytyy ymmärtää, kuinka tieteellinen tutkimus etenee ja kuinka sitä tulee mukauttaa opiskelutarkoituksiin (NRC, 2000). Tässä kirjassa käytetään tutkivan oppimisen operatiivisena määritelmänä Pedasten (2015) esittämää tutkivan oppimisen syklin pedagogista viitekehystä (Kuva 3.3), jotta opettajat saavat yhtenäisen käsityksen termin merkityksestä. (2015).

Tutkivaan oppimiseen liittyvässä kirjallisuudessa esiintyy huomattava määrä erilaisia oppimissyklejä, joskin kaikilla näillä versioilla on huomattavan paljon päällekkäisyyksiä oppimisen vaiheisiin liittyen (joihin viitataan myös prosesseina tai askelina). Erot johtuvat lähinnä saman prosessin kutsumisesta eri nimillä tai prosessin jakamisesta pienempiin osiin. Pedasten (2015) tutkivan oppimisen syklin pedagoginen viitekehys luotiin olemassa olevien tutkivien oppimisen syklien pohjalta tunnistamalla niiden tärkeimmät ominaisuudet ja yhdistämällä ne. Viitekehys rakennettiin erityisesti tukemaan tutkivan oppimisen toteuttamista verkkolaboratorioissa. Viitekehysten julkaisun jälkeen vuonna 2015 onkin valmistunut useita empiirisiä tutkimuksia, joissa on tarkkailtu tietokoneilla tehtäviä kokeita (ks. esim. Efstathiou et al., 2018; Hovardas et al., 2017; van Riesen et al., 2018; Xenofontos, et al., 2019). Kaikissa näissä tutkimuksissa hyödynnettiin tutkivan oppimisen syklin vaiheisiin perustuvia oppimistilanteita. Verkossa toimivien laboratoriotehtävien lisäksi useat kouluttajat luovat tutkivan oppimisen syklin viitekehysten avulla opintomateriaaleja, joihin sisältyy myös työskentelyä fyysisessä laboratoriossa. Esimerkiksi Kyproksen viimeaikaisen koulutus uudistuksen luonnontieteiden opetuksen

ja oppimisen pedagogisena viitekehyksenä niin ala- kuin yläkoulussa toimii tutkivan oppimisen sykli (Kyproksen opetushallitus, 2016; 2017c).



Kuva 3.3: Tutkivan oppimissyklin pedagoginen viitekehys (Pedaste et al., 2015, s. 56)

Tutkivan oppimisen syklin mukaan tutkiva oppiminen koostuu viidestä eri vaiheesta.

Ensimmäinen vaihe on *orientaatio*, jossa oppilaat tutustuvat tutkittavaan ongelmaan. Vaiheen tarkoituksena on herätellä oppilaiden kiinnostusta ja uteliaisuutta sekä tutustuttaa heidät aiheen pääominaisuuksiin, tutkimusongelmaan sekä siihen liittyviin seikkoihin.

Toinen vaihe on *käsitteellistäminen*. Tässä vaiheessa oppilaat tutustuvat tutkittavaan ongelmaan liittyviin käsitteisiin ja suorittavat toisen kahdesta vaihtoehtoisesta alavaiheesta; *kysymysten muotoilu* tai *hypoteesin muotoilu*. Kumpaankin alavaiheeseen sisältyy samanlaisia piirteitä, minkä vuoksi ne on yhdistetty *käsitteellistämisen* vaiheen alle. Tarkemmin sanottuna kumpikin pohjautuu teoreettiseen perusteluun ja sisältää riippumattomien ja riippuvien muuttujien määrittelyn. *Hypoteesin muotoilu* -alavaihe vaatii tiettyjen saatavilla olevien muuttujien välisten suhteiden kuvailun, kun taas *Kysymysten muotoilu* on avoimempi vaihe, jossa pyritään tutkimaan muuttujien välisiä suhteita. Alavaiheen valinta

riippuu tutkivan oppimisen luonteesta. Valinta määrittää oppilaan polun seuraavan vaiheeseen. Vaiheessa *kysymysten muotoilu* on kolme eri mahdollista skenaariota:

- (A) *Kysymysten muotoilu*, jota seuraa *tutkimus*-vaiheen alavaihe *aiheen tutkiminen*;
- (B) *Hypoteesin muotoilu*, jota seuraa *tutkimus*-vaiheen alavaihe *kokeiden suorittaminen*;
- (C) *Kysymysten muotoilu*, jota seuraa alavaihe *hypoteesin muotoilu*.

Kolmas vaihe, *tutkimus*, koostuu kolmesta alavaiheesta, joita ovat *aiheen tutkiminen*, *kokeiden suorittaminen* sekä *aineiston tulkinta*. Oppija voi vaihdella näiden vaiheiden välillä opiskelutilanteiden mukaan. *Aineiston tulkinta* -kohdasta takaisin osoittava nuoli on lisätty ilmaisemaan syklin dynaamista luonnetta sekä tekemään selväksi, ettei prosessi ole lineaarinen ja hierarkkisessa järjestyksessä etenevä. Oppilas siirtyy kohtaan *aiheen tutkiminen*, jos hän on edellisessä vaiheessa vain esittänyt kysymyksen, tai vaiheeseen *kokeiden suorittaminen*, jos hän on edellisessä vaiheessa muotoillut hypoteesin. Kumpaankin alavaiheeseen (*aiheen tutkiminen* ja *kokeiden suorittaminen*) sisältyy kokeellisten tutkimusten suunnittelua ja toteutusta. Kolmannessa alavaiheessa, *aineiston tulkinta*, kerätty aineisto tulkitaan muuttujien välillä olevien suhteiden ymmärtämiseksi. *Aiheen tutkiminen* -alavaiheessa keskitytään tutkimaan vähintään kahta muuttujaparia tai *kysymysten muotoilu* -vaiheessa tunnistettuja mahdollisia suhteita, kun taas *kokeiden suorittaminen* -alavaiheessa keskitytään tutkimaan tiettyä aiemmassa *hypoteesin muotoilu* -vaiheessa määriteltyä muuttujaparia tai mahdollista suhdetta.

Neljännessä vaiheessa, *johtopäätöksissä*, oppilaat vetävät omat johtopäätöksensä kerätystä aineistosta ja määrittävät, että saivatko he vastauksen kohdassa *käsitteellistäminen* muotoilemaansa tutkimuskysymykseen tai hypoteesiin. Tarkemmin ilmaistuna, *kysymysten muodostaminen* -polkua seurattaessa *johtopäätökset*-vaiheessa tunnistetaan muuttujien välisiä suhteita, kun taas *hypoteesin muotoilu* -polkua seurattaessa tulemana on hypoteesin vahvistus tai kumoaminen (muuttujien välisen oletetun suhteen vahvistaminen tai kiistäminen).

Tutkivan oppimisen syklin viidennessä vaiheessa, *keskustelu*, viestitään tutkimuksen löydöistä muille ja/tai kontrolloidaan oppimisprosessia opittua pohtimalla. Siihen sisältyy siten kaksi alavaihetta, *viestintä* ja *pohdinta*, joissa voidaan käyttää hetkellisesti myös koko prosessin aikana. *Viestintä*-alavaiheessa oppilaat esittelevät tutkimusvaiheen tai koko tutkivan oppimisen syklin löytöjä muille ja keskustelevat niistä (keskustelu toisten kanssa). *Reflektio*-alavaiheessa oppilaat kuvailevat, arvostelevat ja arvioivat noudatettua prosessia ja/tai tietyn vaiheen tai koko tutkivan oppimisen syklin löydöksiä (sisäinen keskustelu)

Tässä kohtaa on hyvä huomioda, että tutkivan oppimisen syklin viitekehys mahdollistaa kolme pääkehityskaarta (ks. kuva 3.3). Jos *keskustelu*-vaihe jätetään pois kehityskaaresta sillä perusteella,

että sen voidaan katsoa tapahtuvan samanaikaisesti kaikkien tutkivien vaiheiden tai tutkivan oppimissyklin päätteeksi), kolme yleisintä polkua ovat seuraavat:

1. Orientaatio – Kysymysten muotoilu – Aiheen tutkiminen – Aineiston tulkinta – Johtopäätökset
2. Orientaatio – Hypoteesin muotoilu – Kokeiden tekeminen – Aineiston tulkinta – Johtopäätökset
3. Orientaatio – Kysymysten muotoilu – Hypoteesin muotoilu – Kokeiden tekeminen – Aineiston tulkinta – Johtopäätökset

Kaikissa näissä poluissa on mahdollista edetä *tutkimus*-vaiheesta eteenpäin *johtopäätökset*-vaiheeseen tai takaisin vaiheeseen *käsitteellistäminen*. Siirtyminen riippuu tutkimuksen aikana kerätyistä tiedoista. Johtopäätökset-vaiheeseen voidaan siirtyä silloin, kun oppilaalla on tarpeeksi todisteita hypoteesinsa vahvistamiseksi/kumoamiseksi. Mikäli aineiston kerääminen ei onnistunut tai kerättyä aineistoa ei ollut tarpeeksi, oppilas voi palata takaisin vaiheeseen *käsitteellistäminen* muokataksaan tutkimuskysymystään ja/tai hypoteesiaan sekä toistamaan vaiheen *kokeiden tekeminen*. *Käsitteellistäminen*-vaiheeseen voidaan palata myös, mikäli oppilas tekee uusia havaintoja tutkittavaan ilmiöön sisältyvien muuttujien välisistä suhteista. Yllä on kuvattu vain tavanomaisimmat oppimispolut. Oppilaan varsinainen polku riippuu kuitenkin tilanteesta sekä kontekstista.

Yhteenvetona, tutkivan oppimisen pedagoginen viitekehys keskittyy olennaisten tutkimustehtävien suorittamiseen, etenkin muuttujien tunnistamiseen, hypoteesien tekemiseen, kokeiden suunnitteluun ja toteutukseen, aineistoon perustuvien päätelmien tekemiseen, viestintään ja itsearviointiin. Edellä mainittujen tehtävien järjestäminen viiteen vaiheeseen tukee tutkivan oppimisen jatkuvuutta. Rakenne mahdollistaa oppimisympäristön rikastamisen ja auttaa oppilaita saavuttamaan parhaat mahdolliset oppimistavoitteet heidän taidoistaan riippumatta, sillä tuen tarjoamiselle on monta mahdollisuutta. Lisäksi rakenne auttaa opettajia tunnistamaan vaikeudet, joita oppilailla saattaa ilmetä tietyn tehtävän yhteydessä, mukauttamaan tehtäviä oppilaiden opiskelutapaan sekä eriyttää ja personoida tehtäviä oppilaiden tarpeiden ja kykyjen mukaan. Oppilaiden kykyjen tunnistamisesta ja tutkivien tehtävien eriyttämistä käsitellään lisää tämän kirjan myöhemmissä luvuissa.

3.4 Tiedon osa-alueet, joita voidaan edistää tutkivan oppimisen kautta

Aiemmissa osioissa esitetty tutkivan oppimisen syklin kuvaus osoittaa, että oppijoiden osallistuminen tutkivan oppimisen eri vaiheisiin mahdollistaa erilaisten tietojen harjoittamisen, soveltamisen ja kehittämisen. Van Uum (2016) esittää Duschliin (2008) ja Furtakiin (2012) viitaten, että tieteellinen tieto voidaan jakaa neljään päätasoon.

- Käsitteellinen taso:** Käsitteelliseen (selittävään) tietoon sisältyy luonnon järjestelmien ja ilmiöiden tuntemus (sisältötieto, ks. Reiss, 2019): faktat, käsitteelliset rakenteet, teoriat ja periaatteet. Näitä voivat olla esimerkiksi itämisen vaatimat olosuhteet, ihmissydämen anatomia ja fysiologia sekä sähköpiirin rakennusosat. Kaikki luonnontieteelliset tehtävät perustuvat käsitteelliseen tietoon eli aiempiin tietoihin, joita tarvitaan kysymysten ja hypoteesien muotoilemiseksi sekä tutkimustyön tulosten jäsentämiseksi.
- Episteeminen taso:** Episteeminen taso tarkoittaa *luonnontieteellisen tiedon luonteen* tuntemusta. Luonnontieteellisen tiedon luonteen käsite tarkoittaa luonnontieteiden menetelmiä, luonnontieteiden tiedonkäsitystä ja sekä yhteiskunnan, kulttuurin ja luonnontieteiden välistä suhdetta. Tämä tarkoittaa esimerkiksi tietoa siitä, mitä luonnontieteelliset kokeet ovat, ymmärrystä mittausten toistamisen tarpeellisuudesta, ymmärrystä, että tieteellinen tieto voi muuttua, ymmärrystä siitä, että luonnontieteet voivat parantaa elämänlaatuamme jne. Episteemiseen tasoon sisältyy myös oppilaiden oma tieto siitä, että miten luonnontieteellistä tietoa (joka on myös osa käsitteellistä tasoa) luodaan.
- Sosiaalinen taso:** Sosiaaliseen tasoon sisältyvät kriittisen ajattelun ja (oman sekä muiden työn) arvioinnin taidot sekä löydösten jakamisen ja ryhmätyön taidot. Kriittisen ajattelun piirteitä ovat esimerkiksi tulosten arviointi ja tarkastelu. Yhteenvetona: sosiaaliseen tasoon kuuluvat yhteistyötaidot (yhteinen päätöksenteko), argumentointi ja viestintä. Kun oppilaat esimerkiksi saavat tutkimustehtävän valmiiksi, heidän tulee viestiä tuloksista useilla eri tavoilla, kuten kirjallisesti tai suullisin esityksin. Oppilaiden tulee myös kertoa ja pohtia, miten he itse tai muut voisivat tehdä jatkotutkimuksia.
- Menetelmätaso:** Menetelmätaso (prosessi- ja metodologinen tieto) käsittää tutkivan oppimisen vaiheissa vaaditut taidot. Näitä ovat esimerkiksi taidot muotoilla tutkimuskysymyksiä, esittää hypoteeseja, suunnitella ja toteuttaa tutkimuksia, kerätä ja analysoida aineistoa sekä tehdä johtopäätöksiä. Soveltamalla näitä taitoja tutkivan oppimisen aikana, oppilaat sekä kehittävät taitojaan että oppivat näiden kohtien olevan olennaisia tieteellisen tutkimuksen prosesseja. Episteemisen ja menetelmällisen tason ero on tärkeä huomata, sillä tutkimuksellista opettamista ja oppimista kuvaillaan usein käytännön tekemisenä, jossa oppilaat käsittelevät materiaaleja ja keräävät tietoja itse, mutta eivät osallistu tietojen arviointiin (Furtak et al., 2012). Episteemiseen

tasoon verrattuna menettelytasolla ei ole oleellista ymmärtää luonnontieteellisen tutkimuksen epistemologisia perusteluja. PISA-tutkimuksessa määritellään menetelmällisyyden ja epistemologian ero seuraavasti: Menetelmätasolla ”osataan soveltaa kontrolloituja kokeita” ja episteemisellä tasolla ”osataan perustella, miksi kontrolloitu koe on tärkeä” (vert. Reiss, 2019).

Näitä neljää tasoa sovelletaan myöhemmin tässä kirjassa kuvatussa eriyttämiskonseptissa.

3.5 Avoimuuden asteet tutkivassa oppimisessa

Oppilaiden tulee tutkivassa oppimisessa osallistua aktiivisesti tutkimuksen suunnitteluun ja toteutukseen (väittäjä perustuu Deweyn, Brunerin sekä konstruktivistisen oppimisteorian peruseräatteeniin). Menetelmä, jossa käytetään valmiiksi tehtyjä ”suljettuja” tutkimusohjeita on tutkivan oppimisen periaatteen vastainen. Suljetut tutkimusohjeet ovat toki oleellisia tutkivan oppimisen menetelmien esittelemiseksi, mutta myöhemmin tehtävänantojen tulisi asteittain muuttua avoimemmiksi (Baur et al., 2017). Täysin avoin tutkimusprosessi saattaa kuitenkin olla liian laaja haastavaa oppilaille (Kirschner et al., 2006). Tämä huomio korostui, kun opettajia haastateltiin osana *DifferentiatInq*-tutkimusprojektia. Haastatellut opettajat painottivat, että oppilailla on tiettyjä sekä yleisiä että vaihtelevia avoimeen tutkivaan oppimiseen liittyviä vaikeuksia. Näitä ovat muun muassa tutkimuskysymysten ja hypoteesien muotoiluun, kokeiden suunnitteluun ja päätelmien tekemiseen liittyvät vaikeudet.

Haastateltaville esitettiin seuraava kysymys: ”Mitä vaikeuksia oppilailla on ollut avoimeen tutkimukseen liittyen tunneilla, joilla on tehty kokeita, tai oppilaiden suunnittelussa ja suorittaessa kokeita itsenäisesti?”

Esimerkkivastauksia:

Opettaja A: ”...monet oppilaat tulevat uskoakseni tutkimuskysymystä muotoillessaan kielitaitonsa rajoille. Heidän on vaikeaa muotoilla kysymys tieteellisesti niin, että se olisi myös tutkittavissa.

Opettaja B: ”Oppilaat eivät osanneet muotoilemaan hypoteeseja. Heille täytyy antaa ohjeita tai heiltä täytyy kysyä oikeita kysymyksiä, jotta he osaavat muotoilla kysymyksen itse.”

Opettaja C: ”... oppilaiden on yksinkertaisesti vaikeaa työskennellä itsenäisesti erikoisia välineitä käyttäen.

Opettaja D: ”... havainnot ja tulokset menevät sekaisin ...”

tätä kirjaa varten suoritettut haastattelut, 2019; n = 30)

On kaksi tapaa suojella oppilaita liialta kuormitukselta ja samalla tukea oppilaiden itsenäisyyttä tutkivassa oppimisessa: lineaariset menetelmät ja epälineaariset menetelmät. Lineaariin menetelmiin kuuluu portaittaisia avoimuuden vaiheita (tasoja), jotka oppilaan täytyy käydä läpi yksi kerrallaan saavuttaakseen riippumattomuuden. Joissakin lineaarisissa lähestymistavoissa (viitekehyksissä) on kolme tasoa – taso 1: ratkaisun avoimuus; taso 2: menetelmien ja ratkaisun avoimuus; taso 3: kysymyksen, menetelmien ja ratkaisun avoimuus – (ks. Schwab, 1960, 1966). Muissa lineaarisissa lähestymistavoissa on neljä kohtaa – taso 1: ei avoimuutta; taso 2: ratkaisun avoimuus; taso 3: menetelmien ja ratkaisun avoimuus; taso 4: kysymyksen, menetelmien ja ratkaisun avoimuus – (ks. Bell et al., 2005; Herron, 1971). Epälineaaristen lähestymistapojen avulla (ks. Baur et al., 2020; Baur & Emden, 2020; Mayer & Ziemek, 2006) tutkivassa oppimisprosessissa on mahdollista ottaa huomioon tutkimuksen itsensä sisältö (monimutkaisuus ja turvallisuushuomiot), oppilaan taidot (oppilaille voidaan opettaa uusia tutkimustaitoja) sekä kuinka hyvin opettaja tuntee aiheen. Epälineaarissa lähestymistavoissa voidaan avata kaikki tutkimusprosessin (tutkivan oppimisen sykli) ”mahdolliset” alavaiheet ja sulkea kaikki ”mahdottomat” alavaiheet. Termeillä ”mahdollinen” ja ”mahdoton” tarkoitetaan tässä yhteydessä, onko oppilailla tarvittavat taidot suoriutua niitä vastaavista alavaiheista itsenäisesti. Alavaiheen avoimuuden aste voidaan valita muiden alavaiheiden avoimuuden asteesta huolimatta. Epälineaaristen lähestymistapojen tavoitteena on alavaiheiden avaamisen ja uudelleen sulkemisen mahdollisuudesta huolimatta oppilaiden itsenäisen toimintavalmiuden kehittäminen.

Tässä kirjassa hyödynnetään eriyttämistyökalun käsitteellistämiseksi Baurin ja kollegoiden (2020) epälineaarista lähestymistapaa Pedasten ja kollegoiden (2015) tutkivan oppimissyklin viitekehykseen. Lähestymistapaan sisältyy eri avoimuuden tasoja – *suljettu, jokseenkin avoin, enimmäkseen avoin ja avoin* – kullekin tutkimuksen alavaiheelle (mukautettu lähestymistapa: ks. kuva 3.4 ja kuva 3.5). Esimerkkilaatikko 3.1 (s. 37) esittää avoimuuden eri asteet. Taulukkoon on lisätty Baurin ja kumppaneiden epälineaarisen lähestymistavan hyödyntämiseksi lisätty vaiheet *orientaatio* ja *keskustelu*. Baurin ja kumppaneiden epälineaarinen lähestymistapa on jäsennetty taulukossa. Taulukko on jaettu kahtia *keskustelu*-vaiheen tarkkuuden huomioon ottamiseksi, sillä tämä vaihe yhdistyy kaikkiin muihin vaiheisiin (ks. kuva 3.5).

		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistäminen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksensä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtavat esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistavat esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat
	Johtopäätökset	Oppilaat keskustelevalt heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
		Opettaja johtoinen Oppilas johtoinen			

Kuva 3.4: Avoimuuden asteet – tutkimusvaiheet (muokattu lähteestä Baur & Emden, 2020, s. 6)

		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
Keskustelu	Viestintä	---	Oppilaat viestivät annettujen ohjeiden mukaisesti	Oppilaat viestivät ja opettaja moderoi keskustelua (tarjoten tukea tarvittaessa)	Oppilaat viestivät ilman tukea
	Reflektio	Opettaja reflektoi tutkimusta	Oppilaat reflektoivat annettujen reflektiokysymysten avulla	Oppilaat reflektoivat ja opettaja moderoi keskustelua (tarjoten tukea tarvittaessa)	Oppilaat reflektoivat ilman tukea
		Opettaja johtoinen Oppilas johtoinen			

Kuva 3.5: Avoimuuden asteet – keskusteluvaihe

Itämistutkimus erilaisin avoimuuden astein

Yllä kuvattua epälineaarista lähestymistapaa kuvataan seuraavassa tämän luvun alussa esitellyn itämistehtävän (esimerkki 3.1, esimerkki B, s. 24) avulla. Koska esimerkissä käytetään tutkimustapana koetta, sitä varten tarvitaan hypoteesi (ks. luku 4). Niinpä *käsitteellistäminen*-vaiheeksi valitaan polku 3 (*kysymysten muotoilu*, jota seuraa *hypoteesin muotoilu*). Polku 2 (*hypoteesin muotoilu*, jota seuraa tutkimuksen alavaihe *kokeiden suorittaminen*) on myös mahdollinen vaihtoehto.

Orientaatio:

<i>suljettu</i>	<i>jokseenkin avoin</i>	<i>enimmäkseen avoin</i>	<i>avoin</i>
<i>Oppilaat ratkaisevat annetun ongelman (ilmiö)</i>	<i>Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetusta vaihtoehdoista</i>	<i>Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.</i>	<i>Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi</i>

Opettaja esittelee oppilaille kädessään idätettyjä krassin siemeniä ja kehottaa oppilaita pohtimaan, mitä siemenet tarvitsevat itääkseen. Tämä on osa *orientaatio*-vaihetta. Tehtävä on suljettu, sillä opettaja esittelee tutkimuksen aiheen. Vaihe olisi *avoin*, jos esimerkiksi oppilas kertoisi luokassa olleensa hämmentynyt nähdessään äitinsä kasvattavan versoja juomalasissa ilman multaa. *Jokseenkin avoin* vaihe olisi taas, jos opettaja näyttäisi oppilaille elokuvan, jossa puutarhuri istuttaisi maahan siemeniä, kastelisi niitä ja muutamaa päivää myöhemmin niistä kasvaisi pieniä kasveja. Epälineaarisen lähestymistavan mallin kuvat (kuva 3.4 ja 3.5) esittelevät esimerkkimenetelmiä. Itämisesimerkki ei ole yhteensopiva useiden tutkittavien ilmiöiden kanssa. Niinpä käytettäväksi valintaakin toinen menetelmä (muut menetelmät selitetään luvun 6 taulukossa 6.1). Vaihe olisi *enimmäkseen avoin*, jos opettaja esittäisi kaksi kuvaa, joissa toisessa näkyy siemeniä ja toisessa kasvi.

Käsitteellistäminen:

<i>suljettu</i>	<i>jokseenkin avoin</i>	<i>enimmäkseen avoin</i>	<i>avoin</i>
<i>Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa</i>	<i>Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksensä vaihtoehdoista</i>	<i>Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina</i>	<i>Oppilaat kehittävät itse tutkimuskysymyksensä</i>

Perehdytyksen jälkeen esimerkkinne oppilaat muotoilevat kysymyksiä opettajan avulla; käsitteellistämisen alavaihe on siis *enimmäkseen avoin*. Alavaihe olisi *suljettu*, jos opettaja antaisi kysymyksen suoraan (esim. ”voivatko siemenet itää ilman multaa?” tai ”mitä siemenet tarvitsevat itääkseen?”). Jokseenkin avoin vaihe taas olisi, jos oppilaat saisivat valita kysymyksen joukosta

annettuja vaihtoehtoja (esim. ”voivatko siemenet itää ilman multaa?” tai ”voiko siemen itää valossa” ...). Alavaihe olisi *avoin*, jos oppilaat muotoilisivat kysymyksen ilman apua.

Hypoteesin muotoilu:

<i>suljettu</i>	<i>jokseenkin avoin</i>	<i>enimmäkseen avoin</i>	<i>avoin</i>
<i>Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa</i>	<i>Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehtoista</i>	<i>Oppilaat muotoilevat oman hypoteesinsa tuettuina</i>	<i>Oppilaat muotoilevat oman hypoteesinsa</i>

Saatuun kysymyksen opettajalta tai muotoiltuaan sen itse, oppilaat muotoilevat seuraavaksi hypoteesin. Hypoteesin muotoilu -alavaihe on *avoin*, jos oppilaat muotoilevat hypoteesin ilman apua. Vaihe voi olla *enimmäkseen avoin*, jos opettaja auttaa oppilaita kirjoittamaan ideansa hypoteesiksi. Vaihe voi olla *jokseenkin avoin*, jos oppilaat valitsevat haluamansa hypoteesin annetuista vaihtoehtoista. Vaihe voi olla *suljettu*, jos opettaja antaa valmiin hypoteesin tutkittavaksi.

Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus

<i>suljettu</i>	<i>jokseenkin avoin</i>	<i>enimmäkseen avoin</i>	<i>avoin</i>
<i>Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")</i>	<i>Oppilaat valitsevat työtavat esim. listasta</i>	<i>Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina</i>	<i>Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea</i>

Esimerkkinne *suunnittelu ja tutkimuksen toteutus* -alavaihe voidaan myös jäsentää avoimuuden asteiden mukaan. Vaihe voi olla *avoin*, jos oppilaat suunnittelevat tutkimuksen itse, ilman apua. Vaihe voi olla *enimmäkseen avoin*, jos opettaja antaa valikoiman materiaaleja, joista osa on tutkimuksen kannalta hyödyllisiä ja osa ei (esimerkkejä materiaaivalikoimasta: siemeniä, multaa, hiekkaa, laatikoita, lamppeja, puuvillaa, laboratoriolaseja, vettä, petrimaljoja, jääkaappi). Vaihe voi olla *jokseenkin avoin*, jos opettaja tarjoaa valikoiman materiaaleja, jotka ovat kaikki tutkimuksen kannalta hyödyllisiä, mutta jos oppilaat valmistelevalle kokeen kuitenkin itse materiaalien avulla (materiaalit voivat esimerkiksi perustua hypoteesiin ”siementen itäminen vaatii multaa”: siemeniä, multaa, puuvillaa, vettä ja petrimaljoja). Vaihe voi myös olla *suljettu*, jos opettaja antaa oppilaille valmiit ohjeet tutkimuksen suorittamiseen.

Aineiston tulkinta:

<i>suljettu</i>	<i>jokseenkin avoin</i>	<i>enimmäkseen avoin</i>	<i>avoin</i>
<i>Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla</i>	<i>Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistavat esim. listasta</i>	<i>Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina</i>	<i>Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat</i>

Kokeen suunnittelun jälkeen oppilaat keräävät tietoja ja analysoivat niitä *aineiston tulkinta* -alavaiheen kontekstissa. Itämisiesimerkissä tämä vaihe ei ole erityisen vaikea, sillä oppilaiden täytyy vain katsoa,

missä petrimaljassa siemenet itävät ja mitkä muuttujista liittyvät kyseisiin petrimaljoihin. Tehtävää voidaan siis pitää *avoimena* (joka on kuitenkin mahdollisesti hieman suljetumpi, jos itävien siemenien lukumäärä otetaan huomioon).

Johtopäätökset

<i>suljettu</i>	<i>jokseenkin avoin</i>	<i>enimmäkseen avoin</i>	<i>avoin</i>
<i>Oppilaat keskustelevalt heille annetusta johtopäätöksestä</i>	<i>Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta</i>	<i>Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina</i>	<i>Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä</i>

Seuraava vaihe on *johtopäätökset*, joka voidaan myös suunnitella joko *avoimeksi*, *enimmäkseen avoimeksi* tai *jokseenkin avoimeksi*. Oppilaat huomaavat yleensä selvästi, mitkä siemenet ovat itäneet ja mitkä eivät, joten heillä ei ole vaikeuksia yhdistää havaintojaan tutkimuskysymykseen ja hypoteesiin. Joissakin tapauksissa oppilaat saattavat kuitenkin tarvita ohjausta ja tällöin *johtopäätökset*-vaiheen tulee olla joko *enimmäkseen* tai *jokseenkin avoin*. *Enimmäkseen avoimissa johtopäätöksissä* oppilaille annetaan kehotteita, jotka voivat olla seuraavanlaisia: (1) Jos hypoteesisi on oikein, missä testikokeissa tulisi näkyä itäviä siemeniä ja missä ei? (2) Vertaa kohdan (1) pohdintaa havaintoihisi. (3) Vahvistuiko hypoteesisi vai ei? Päätelmä voi olla *jokseenkin avoin*, jos jokaisen mahdollisen hypoteesin kohdalla näytetään kuva, jossa näkyy kaikki mahdolliset testikokeet ja havainnot, jotka toteutuisivat, mikäli hypoteesisi on oikein. Oppilaiden tehtävänä on: (1) Tarkistaa, että kokeeseen sisältyy kaikki tarvittavat testikokeet. Jos näin on: (2) Vertailla, vastaavatko oppilaan havainnot kuvan havaintoja. Mikäli ne vastaavat, hypoteesisi on vahvistettu ja jos ei, se on kumottu.

Keskustelu:

<i>viestintä</i>	<i>suljettu</i>	<i>jokseenkin avoin</i>	<i>enimmäkseen avoin</i>	<i>avoin</i>
	---	<i>Oppilaat viestivät annettujen ohjeiden mukaisesti</i>	<i>Oppilaat viestivät ja opettaja moderoi keskustelua (tarjoten tukea tarvittaessa)</i>	<i>Oppilaat viestivät ilman tukea</i>

<i>pohdinta</i>	<i>suljettu</i>	<i>jokseenkin avoin</i>	<i>enimmäkseen avoin</i>	<i>avoin</i>
	<i>Opettaja reflektoi tutkimusta</i>	<i>Oppilaat refleктоivat annettujen reflektiokysymysten avulla</i>	<i>Oppilaat refleктоivat ja opettaja moderoi pohdintaa (tarjoten tukea tarvittaessa)</i>	<i>Oppilaat refleктоivat ilman tukea</i>

Mitä tulee viimeiseen vaiheeseen, *keskusteluun*, mikäli oppilailla on tarvittavat viestintä- ja reflektiotaidot, nämä alavaiheet voidaan suorittaa avoimina. Toisin sanoen oppilaat saavat valita, kuinka esittää tuloksensa ja suorittaa reflektiotehtäviä ilman opettajan apua. Jos oppilailla ei ole

kyseisiä taitoja, viestinnän apuna voidaan käyttää vihjeitä (*enimmäkseen avoin*) tai kehotuksia (*jokseenkin avoin*). Kehotukset voivat olla luettelo pohdintakysymyksiä tai rakenne esitykselle.

Yhteenveto

Tutkiva oppiminen on opetusmenetelmä, joka luonnontieteiden opetuksen tutkimuksen nykykäsityksen mukainen. Se sisältyy useiden maiden opetussuunnitelmiin.

Seuraavat vaiheet ovat keskeisiä tutkivan oppimisen osia: (1) tutkimus alkaa ongelmasta/tutkimuskysymyksestä; (2) oppilaat suunnittelevat tutkimuksen; (3) oppilaat tekevät tutkimusta saadakseen tietoja; (4) oppilaat rakentavat tutkimuksen kautta uutta, itselleen merkityksellistä tietoa; (5) oppilaat viestivät selityksistään ja perustelevat niitä.

Tutkivaa oppimista voidaan kuvata tutkivan oppimisen syklin avulla (ks. kuva 3.3).

Tutkivan oppimisen avulla voidaan kehittää neljää osaamisen tasoa: käsitteellistä, episteemistä, sosiaalista ja menetelmätasoa.

Oppilaiden itsenäisyyttä ("avoimuutta") voidaan tutkivassa oppimisessa tukea epälineaarisella lähestymistavalla (ks. kuvat 3.4 ja 3.5).

Kokeiden tekeminen on yksi tieteellisen tutkimuksen piirteistä, johon keskitytään seuraavassa luvussa. Eriyttämistyökalu perustuu vahvasti tutkivaan oppimiseen ja kokeiden tekemiseen tutkivan oppimisen kontekstissa.

Viitteet

- Abrams, E., Southerland, S.A., & Evans, C.A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Ed.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Information Age Publishing.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H.J., Tobi, H., Wals, A.E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-bases science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science education*, 34(17), 2609–2640.
- Anderson, R. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.
- Barrow, L.H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265–278.
- Baur, A., & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Baur, A., Ehrenfeld, U., & Hummel, E. (2017). *Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Biologie: Unterrichtsideen, Materialien und didaktische Grundlagen zum offenen Experimentieren (5. bis 10. Klasse)*. Persen.
- Baur, A., Hummel, E., Emden, M., & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU journal*, 73(2), 125–128.
- Bell, R.L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *Science Teacher*, 72(7), 30–33.
- BIFIE (2011). Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe, retrieved from:
- Bybee, R.W. (1997). Achieving scientific literacy: From purposes to practices. Heinemann.

- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Capps, D.K., Shemwell, J.T., & Young, A.M. (2016). Over reported and misunderstood? A study of teachers' reported enactment and knowledge of inquiry-based science teaching. *International Journal of Science Education*, 38(6), 934–959.
- Crippen, K.J., & Archambault, L. (2012). Scaffolded inquiry-based instruction with technology: A signature pedagogy for STEM education. *Computers in the Schools*, 29(1–2), 157–173.
- Kyproksen opetusministeriö (2016). *Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό σχολείο: Μεθοδολογία*. Retrieved January 2021 from: <http://fysed.schools.ac.cy/index.php/el/fysikes-epistimes/analytiko-programma>
- Kyproksen opetusministeriö (2017a). *Μάθημα Βιολογίας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός κατά τάξη*. Retrieved January 2021 from: <http://viom.schools.ac.cy/index.php/el/viologia/analytiko-programma>
- Kyproksen opetusministeriö (2017b). *Μάθημα Φυσικής Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός κατά τάξη*. Retrieved January 2021 from: <http://fyskm.schools.ac.cy/index.php/el/fysiki/analytiko-programma>
- Kyproksen opetusministeriö (2017c). *Μάθημα Φυσικής Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Μεθοδολογία*. Retrieved January 2021 from: <http://fyskm.schools.ac.cy/index.php/el/fysiki/analytiko-programma>
- Kyproksen opetushallitus (2017d). *Μάθημα Χημείας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Γενικός Σκοπός του Μαθήματος*. Retrieved January 2021 from: <http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/chimeia/analytiko-programma>
- Kyproksen opetusministeriö (2020). *Μάθημα Χημείας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης: Δείκτες Επιτυχίας – Επάρκειας*. Retrieved January 2021 from: <http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/chimeia/analytiko-programma>
- Dewey, J. (2001). *Democracy and education: Reprint*. Pennsylvania State University, Electronic Classics Series
- Duschl, R.A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291.
- Edelmann, W., & Wittmann, S. (2019). *Lernpsychologie* (8., vollständig überarbeitete Auflage). Beltz.
- Edelson, D.C., Gordin, D.N., & Pea, R.D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391–450.
- Efstathiou, C., Hovardas, T., Xenofontos, N., Zacharia, Z., de Jong, Anjewierden, A., & van Riesen, S. (2018). Providing guidance in virtual lab experimentation: The case of an experiment design tool. *Educational Technology Research and Development*, 66(3), 767–791.
- Suomen opetushallitus (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman ydinasiat 2014*.
- Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M.P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 8410–8415.
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D.C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Gibson, H.L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693–705.
- Herron, M.D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The School Review*, 79(2), 171–212.
- Hovardas, T., Xenofontos, N., & Zacharia, Z. (2017). Using virtual labs in an inquiry context: The effect of a hypothesis formulation tool and an experiment design tool on students' learning. In I. Levin, & D. Tsybulsky (Ed.), *Optimizing STEM Education with Advanced ICTs and Simulations*. IGI Global.
http://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/06/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf
- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work. An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- KMK (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München.
- KMK (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München.
- Marx, R.W., Blumenfeld, P.C., Krajcik, J.S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., & Tal, R. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063–1080.
- Mayer, J., & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 30(317), 4–12.
- Minner, D.D., Jurist Levy, A., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984-2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Norris, S.P., & Phillips, L.M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240.
- NRC (National Research Council)(2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. National Academies Press.
- Oelkers J. (2018). John Deweys Philosophie der Erziehung. In F.-M. Konrad, & M. Knoll (Ed.), *John Dewey als Pädagoge* (pp. 29–59). Julius Klinkhardt.

- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. Nuffield Foundation.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., De Jong, T., Van Riesen, S.A., Kamp, E.T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Reich, K. (2012). *Konstruktivistische Didaktik. Das Lehr- und Studienbuch mit Online-Methodenpool*. Beltz.
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E., & Köller, O. (2019). *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich*. Waxmann.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Rocard report: "Science education now: A new pedagogy for the future of Europe"*. EU 22845, European Commission.
- Schaub, H., & Zenke, K. G. (2000). *Wörterbuch Pädagogik*. DTV.
- Schneider, R., Krajcik, J., Marx, R., & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410–422.
- Schnotz, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt*. Beltz.
- Schubert, V. (2019). *Der Pädagoge als Ingenieur*. Beltz.
- Schwab, J.J. (1960). Inquiry, the science teacher, and the educator. *The School Review*, 68(2), 176–195.
- Schwab, J.J. (1966). The teaching of science as enquiry. In President and Fellows of Harvard College (Ed.), *The Teaching of Science* (pp. 3–103). Harvard University Press.
- Shamos, M.H. (2002). Durch Prozesse ein Bewußtsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 45–68). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Stangl, W. (2020). *Entdeckendes Lernen: Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik*. Haettu osoitteesta: <https://lexikon.stangl.eu/12075/entdeckendes-lernen/> [2020-06-16]
- University of Manchester (2010). *What is Enquiry-Based Learning (EBL)?* Haettu osoitteesta: <http://www.ceeb1.manchester.ac.uk/eb1/>
- van Riesen, S.A., Gijlers, H., Anjewierden, A., & de Jong, T. (2018). The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry context. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1327–1344.
- Van Uum, M.S.J., Verhoeff, R.P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Xenofontos, N.A., Hovardas, T., Zacharia, Z.C., & de Jong, T. (2020). Inquiry-based learning and retrospective action: Problematising student work in a computer-supported learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(1), 12-28.

4 Kokeet ja niiden käyttö tutkivassa oppimisessä

Kokeet ovat yksi tieteen tutkimusmenetelmistä. Kokeen tekeminen tarkoittaa kokeen suunnittelua, toteutusta sekä kokeesta saadun tiedon analysointia. Muita tieteellisiä tutkimusmenetelmiä ovat muun muassa luonnon havainnointi, aiheen selvittäminen, mallintaminen, kemiallinen analyysi sekä dissektio (Barzel et al., 2012; Bruckermann et al., 2017).

Kouluissa kokeiden suorittaminen on olennainen osa luonnontieteiden opetusta, jolla voidaan havainnollistaa ilmiöitä ja rohkaista oppilaita hankkimaan tietoa aktiivisella oppimisella (esim. Gropengießer et al., 2013). Kokeiden suorittaminen on yksi tärkeimmistä tutkivan luonnontieteiden opetuksen välineistä (Baur & Emden, 2020; Schwichow et al., 2016). Tutkivassa oppimisessä oppilaat voivat kokeiden suorittamisen avulla oppia paitsi tieteellistä sisältöä (käsitteellinen taso), myös suorittamaan kokeita itse (menetelmätaso). Lisäksi oppilaat saavat yleistä tietoa tieteen tekemisestä ja pääsevät oppimaan, kuinka ammattitieteilijät työskentelevät (episteeminen taso). Tieteellisiä kokeita suoritetaan kouluissa yleensä ryhmitöinä, joten ne ovat myös tilaisuus oppia yhteistyötaitoja (sosiaalinen taso) (van Uum et al., 2016). Oppilaat pääsevät tieteilijän roolissa oppimaan tieteen tekemisestä työskentelemällä laajemmin ja itsenäisemmin. Tämä on tärkeää, sillä oppilaiden tulisi jo koulussa pystyä soveltamaan tieteellisessä tutkimuksessa käytettyjä lähestymistapoja ja toimenpiteitä. Kouluissa tehtävät kokeet antavat oppilaiden tutkia luonnollista maailmaa tieteen keinoin, jotta nämä oppivat ymmärtämään *luonnontieteellisen tiedon luonnetta*. Luonnontieteellisen tiedon luonne voidaan määritellä kuvaukseksi siitä, mitä tiede on, miten tiede toimii, mitä ominaisuuksia tieteellisillä selityksillä on, kuinka tieteilijät toimivat sosiaalisena ryhmänä ja kuinka yhteiskunta sekä ohjaa tieteellisiä pyrkimyksiä että reagoi niihin (McComas, 2015).

Kokeiden suorittamisen lisäksi tieteessä käytetään myös muita edellä mainittuja menetelmiä. Tämä kirja keskittyy lähinnä kokeiden tekemiseen, sillä se on tässä yhteydessä oleellisin tutkivan oppimisen menetelmä, johon eriyttämistä voidaan soveltaa. Valitsimme tämän lähestymistavan, koska kokeiden suorittaminen on oleellinen osa tiedettä sekä havainnollistaaksemme yhden tutkimustavan yksityiskohtaisesti.

4.1 Mikä on koe? Kokeen määritelmä ja ominaispiirteet

Luonnontieteellinen koe on menetelmä luonnon ilmiöiden tutkimiseen. Myös muissa kuin luonnontieteissä käytetään kokeita, mutta näitä ei käsitellä tässä kirjassa. Luonnontieteellinen tutkimus tarkoittaa interventiota järjestelmässä tai objektissa (Gropengießer & Kattmann, 2006). Kokeen ominaispiirteitä sen lisäksi, että kyseessä on tietynlainen tutkimus, ovat:

Kausaalinen tutkimuskysymys: Koe on keino tutkia kausaalisia kysymyksiä. Kausaalisessa kysymyksessä esitetään kysymys koskien kausaalisia vaikutuksia, eli yhden muuttujan mahdollisia vaikutuksia toiseen. Seuraavassa laatikossa (esimerkki 4.1) on esimerkkejä kausaalisista ja ei-kausaalisista tutkimuskysymyksistä. Ei-kausaaliset kysymykset kuuluvat kausaalisten kysymysten tavoin tieteen asiasisältöön. Ei-kausaalisen kysymyksen tutkiminen edellyttää muita tutkimusmenetelmiä, kuten luonnon havainnointia, kemiallista analyysiä tai dissektiota.

Esimerkki 4.1

Esimerkkejä kausaalisista ja ei-kausaalisista tutkimuskysymyksistä

Kausaalisia tutkimuskysymyksiä:

- ”Mistä ruostuminen johtuu?”
- ”Mitkä tekijät vaikuttavat yhteyttämisenopeuteen?”
- ”Mitä kasvin terveellinen kasvu edellyttää?”
- ”Mikä vaikutus kelan käämien määrällä on magneettikentän tai sähkömagneetin vahvuuteen?”

Ei-kausaalisia tutkimuskysymyksiä:

- ”Mikä erottaa apinat ihmisistä?”
- ”Mistä aineita tämä kemiallinen seos sisältää?”
- ”Mitkä olemassa olevat eri materiaaleista valmistetut sauvat johtavat lämpöä tehokkaasti ja mitkä eivät?”

Kausaalinen tutkimuskysymys voi olla joko laadullinen tai määrällinen. Esimerkki laadullisesta tutkimuskysymyksestä: ”Mikä tekijä tai mitkä tekijät vaikuttavat yhteyttämiseen?” Määrällinen kausaalinen tutkimuskysymys pyrkii kysymään, kuinka tietyn tekijän määrä vaikuttaa ilmiöön (termi ”tekijä” on tässä verrattavissa termiin ”muuttuja”). Esimerkki määrällisestä kausaalisesta tutkimuskysymyksestä: ”Kuinka valon määrä vaikuttaa yhteyttämiseen?”

Hypoteesi: Kokeeseen täytyy liittyä hypoteesi tai hypoteeseja (Pedaste et al., 2015). Oppilaiden kannattaa tutkia vain yhtä hypoteesia usean yhtäaikaisen hypoteesin sijaan. Hypoteesi on perusteltu olettaus kokeen lopputuloksesta sekä mahdollinen vastaus tutkimuskysymykseen. Se perustuu teoriaan tai aiempiin kokeisiin. Useimmissa tapauksissa hypoteesit muotoillaan kausaalisiksi suhteiksi ja sen jälkeen ehdoiksi: ”jos..., niin silloin...”; ”...johtaa...”; ”...vaikuttaa...”. Jos hypoteesia ei voi muotoilla, koska aiempaa tutkimusta ei ole, hypoteesi voi perustua myös aiheen selvittämiseen. Aiheen selvitys voidaan suorittaa muuttujien löytämiseksi mahdollista hypoteesia varten (ks. *Aiheen*

selvitys tutkivan oppimisen osana, kuva 3.3). Hypoteesi voi olla joko laadullinen tai määrällinen (ks. esimerkki 4.2) sekä joko suora tai epäsuora.

Esimerkki 4.2

Erilaisia hypoteeseja

Esimerkki biologian alalta: Tutkimuskysymys kuuluu: "Mikä tekijä tai mitkä tekijät vaikuttavat yhteyttämiseen?"

Mahdollisia kysymykseen liittyviä hypoteeseja ovat:

Laadullinen hypoteesi: "Yhteyttämiseen tarvitaan valoa."

Määrällinen hypoteesi: → **suora:** "Suuri valon intensiteetti johtaa runsaaseen yhteyttämiseen."

→ **epäsuora:** "Valon intensiteetti vaikuttaa yhteyttämisen runsauteen."

Esimerkki fysiikan alalta: Tutkimuskysymys kuuluu: "Mikä vaikutus käämin kierrosten lukumäärällä on sähkömagneetin magneettikentän voimakkuuteen?"

Mahdollisia kysymykseen liittyviä hypoteeseja ovat:

Laadullinen hypoteesi: "Magneettikentän voimakkuus liittyy käämin kierrosten määrään."

Määrällinen hypoteesi: → **suora:** "Mitä enemmän käämissä on kierroksia, sitä voimakkaampi magneettikenttä on."

→ **epäsuora:** "Käämin kierrosten määrä vaikuttaa magneettikentän voimakkuuteen."

Esimerkki kemian alalta: Tutkimuskysymys kuuluu: "Kuinka kaasun kehittymistä limonadipullossa voidaan kiihdyttää?"

Mahdollisia kysymykseen liittyviä hypoteeseja ovat:

Laadullinen hypoteesi: "Sokerin lisääminen vaikuttaa kaasun kehittymisen nopeuteen limonadipullossa."

Määrällinen hypoteesi: → **suora:** "Mitä korkeampi ympäristön lämpötila on, sitä enemmän kaasua kehittyy limonadipullossa."

→ **epäsuora:** "Ympäristön lämpötila vaikuttaa kaasun kehitykseen limonadipullossa."

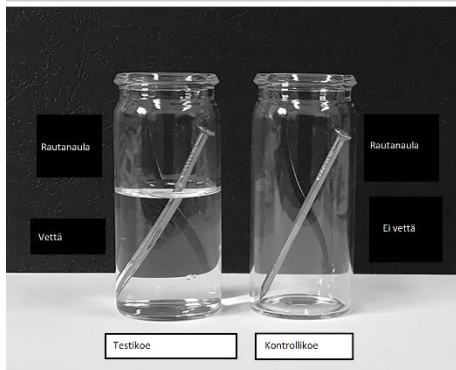
Muuttujien kontrollointistrategia: Ennen kokeen suorittamista käytännössä täytyy selvittää, mitä tekijöitä (muuttujia) aiotaan mitata. Kokeen suorittajan täytyy tunnistaa riippuvat ja riippumattomat muuttujat. Riippuvaa muuttujaa kutsutaan myös mitattavaksi muuttujaksi. Toisin sanoen tähän muuttujaan kohdistuvat vaikutukset täytyy mitata (lopputuloks). Riippumattomat muuttujat edustavat

tekijöitä, joita vaihdellaan systemaattisesti eri hypoteesien mukaan. Tämä aiheuttaa riippuvan muuttujan muutokset. Useimmissa tapauksissa riippumattomia muuttujia, jotka voivat vaikuttaa riippuvaan muuttujaan, on enemmän kuin yksi. Tässä tapauksessa on tärkeää olla muuttamatta kaikkia riippumattomia muuttujia yhtä aikaa, jotta kausaalisia johtopäätöksiä on mahdollista tehdä (Chen & Klahr, 1999). Oppilailla on taipumus vaihdella useita muuttujia kerrallaan, mikä tekee johtopäätösten tekemisestä vaikeaa (Glaser et al., 1992). Hypoteesiin kuulumattomia tekijöitä (muuttujia) täytyy kontrolloida, eikä niitä tule muuttaa kokeen aikana.

Testi- ja kontrollikokeet Koeasetelmaan (koesarjaan) kuuluu erilaisia kokeita, joilla hallitaan kokonaiskoetta (Hammann et al., 2008). Laadullisessa kokeessa (tutkimuskysymyksen ja hypoteesin ollessa laadullisia) käytetään testi- ja kontrollikokeita. Kirjallisuudessa ei kuitenkaan määritetä selkeästi, mikä kokeista on testi ja mikä kontrolli. Kiistämätöntä on kuitenkin, että kumpaakin tarvitaan (perustelu jäljempänä). Käytämme tässä seuraavaa työmääritelmää: Kontrollikoe järjestetään ilmiön luonnollisen tilanteen mukaiseksi. Sen tarkoituksena on tutkia, voidaanko ilmiö/luonnollinen tilanne (joka on tutkimuskysymyksen perustana) jäljentää laboratorio-olosuhteissa. Riippumatonta muuttujaa muutetaan vain testikokeessa (ks. kuvat 4.1a ja 4.2a). Muuntelemalla (tekijöiden poistaminen, lisääminen tai niiden määrän vaihtelu) tutkitaan muunneltujen muuttujien vaikutusta. Mitään muita muuttujia ei muuteta (ks. muuttujien kontrollointistrategia). Kokeen suorittamisen jälkeen kaikkia osakokeita – testejä ja kontroleja – täytyy vertailla keskenään. Jos ilmiö voidaan havaita kontrollissa mutta ei testissä, riippumaton muuttaja vaikuttaa ilmiöön (ks. kuvat 4.1b ja 4.2b). Jos tutkittavana on useampia riippumattomia muuttujia, tarvitaan myös useampia testikokeita (ks. kuva 4.3).

Tutkimuskysymys:
Mikä vaikuttaa raudan ruostumiseen?

Hypoteesi:
Vesi vaikuttaa raudan ruostumiseen.



Kuva 4.1a: Testi- ja kontrollikokeet.



Kuva 4.1b: Kokeen tulos

Tutkimuskysymys:
Mikä vaikuttaa itämiseen?

Hypoteesi:
Multa vaikuttaa itämiseen.



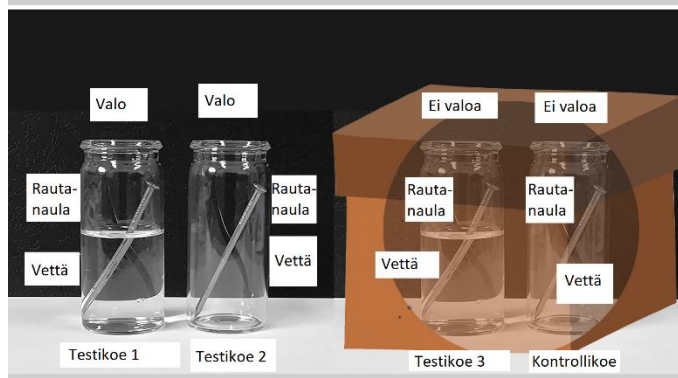
Kuav 4.2a: Testi- ja kontrollikokeet



Kuva 4.2b: Kokeen tulos

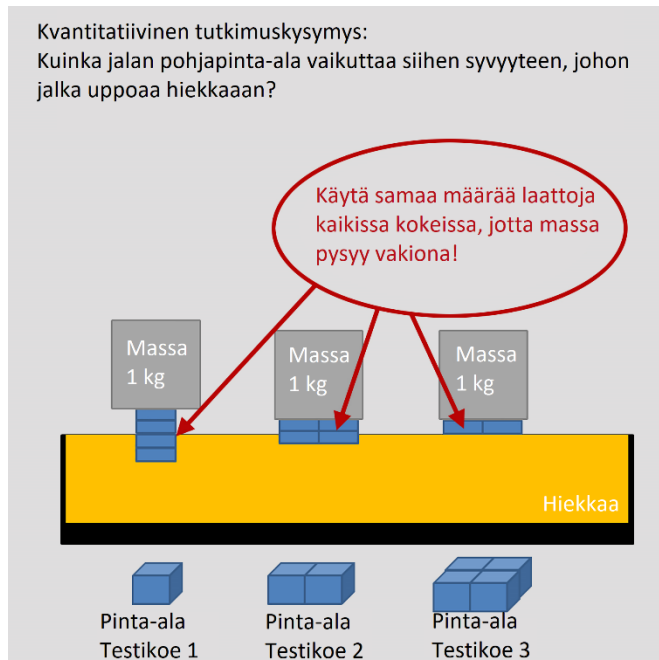
Tutkimuskysymys:
Mikä vaikuttaa raudan ruostumiseen?

Hypoteesi:
Vesi ja valo vaikuttavat raudan ruostumiseen.



Kuva 4.3: Kahden riippumattoman muuttujan koeasetelma

Määrällisessä kokeessa (kun tutkimuskysymys ja/tai hypoteesi on määrällinen) ei ole selkeästi määriteltyä kontrollikoetta, vaan sen sijaan useita testikokeita (ks kuvat 4.4 ja 4.5). Testikokeissa riippumattoman muuttujan asetelmaa muutetaan vaiheiden välillä, kun taas muut muuttujat pidetään vakioina (ks. muuttujien kontrollointistrategia).



Kuva 4.4: Koeasetelma määrällisessä kokeessa

Määrällinen tutkimuskysymys

Kuinka käämin pituus (kierroksina mitattuna) vaikuttaa sähkömagneettin voimakkuuteen?

Kaikissa testikokeissa käytetään samaa raudanpalaa ja akkua.

25 kierrosta

20 kierrosta

15 kierrosta

Käämi nro. 1: 15 kierrosta

Käämi nro. 2: 20 kierrosta

Käämi nro. 2: 25 kierrosta

Kuva 4.5: Koeasetelma määrällisessä kokeessa

Laatukriteerit: Tieteelliseen tutkimukseen sisältyvien kokeiden täytyy täyttää kolme laatukriteeriä: objektiivisuus, reliabiliteetti ja validiteetti (Döring & Bortz, 2016). Nämä kriteerit tulee mahdollisuuksien mukaan huomioida myös kouluissa suoritettavissa kokeissa.

Objektiivisuudella tarkoitetaan, että kokeen tulokset ovat riippumattomia koetta suorittavasta henkilöstä. Kokeisiin eivät saa vaikuttaa subjektiiviset tunteet, puolueelliset kannat tai ennakkoluulot. Reliabiliteetilla tarkoitetaan tulosten luotettavuutta. Erittäin tärkeä osa tätä on kokeen toistettavuus. Toistetun kokeen täytyy tuottaa verrattavissa oleva tulos, vaikka kokeen suorittaisikin eri henkilö. Tämä edellyttää kaikkien mahdollisten vaikuttavien tekijöiden kontrollia (vakiona pitäminen tai poistaminen) erillään riippumattomasta muuttujasta. Mittauksista saadaan tarkkoja käyttämällä sopivaa mittalaitetta.

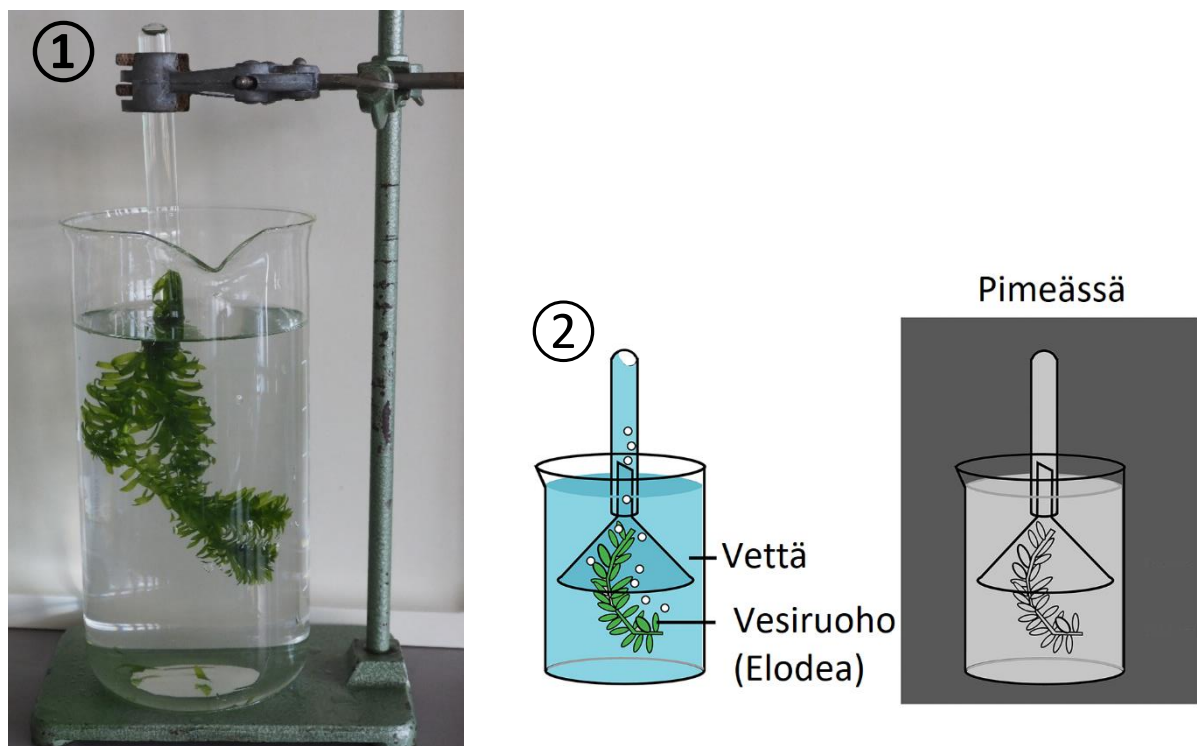
Kaiken datan tulee olla validia. Validiteetilla tarkoitetaan varmistamista, että henkilö pystyy mittaamaan nimenomaan tutkitun asian. Validiteettiin sisältyvät tarkat kysymykset ja hypoteesit sekä riittävä määrä kokeen toistoja.

Kokeen ominaispiirteet

<i>Kausaalinen tutkimuskysymys:</i>	Tutkimuskysymys sisältää kysymyksen kausaalisista vaikutuksista.
<i>Muuttujien hallinta:</i>	Kaikkia muuttujia, jotka eivät ole tutkimuksen kohteena, täytyy kontrolloida.
<i>Hypoteesi:</i>	Hypoteesi on tarpeellinen kokeen suunnittelua varten.
<i>Testi- ja kontrollikokeet</i>	Kokeen kontrollointi vaatii erilaisia kokeita.
<i>Laatutekijät:</i>	Objektiivisuus, reliabiliteetti ja validiteetti ovat olennaisia kokeen laatutekijöitä. Tulosten täytyy olla toistettavissa.

4.2 Kokeiden käyttö tutkivassa oppimisessä

Luonnontieteen opetusta ja menetelmiä käsittelevässä kirjallisuudessa on erilaisia käsityksiä kokeen käsitteestä ja kokeellisuudesta koulussa (esim. (e.g. Barzel et al., 2012; Urhahne et al., 2008). Käytämme tässä kirjassa tutkivan oppimisen ja tutkivan oppimissyklin (ks. 3. luku) käsitteitä kokeiden suorittamisen kontekstissa. Tutkivaa oppimista käsittelevässä luvussa 3 esitellään tutkivan oppimisen vaiheet, joihin paneudutaan seuraavassa tarkemmin. Taulukossa 4.1 esitellään eri vaiheet yksityiskohtaisesti; vaiheita havainnollistetaan esimerkein, jotka tässä tapauksessa liittyvät yhteyttämiseen vaikuttaviin tekijöihin. Kokeellinen asetelma esitetään kuvassa 4.6.



Kuva 4.6: (1) Yhteyttämisessä tapahtuvan hapen tuotannon tutkimisen koeasetelma; (2) koe yhteyttämisen tutkimiseksi (oikeanpuoleinen kuva: Baur et al., 2017, s. 6, kuva vaihdettu)

Taulukko 4.1: Kokeen suorittamisen vaiheet

Vaihe	Selitys	Esimerkki: Yhteytys
1. vaihe Orientaatio	Ilmiö esitellään oppilaille.	Kanadanvesirutto (<i>Elodea canadensis</i>) elää makeaan veteen uponneena. Se muodostaa pieniä kaasukuplia (happi) yhteyttäessään. Yhteyttämistä voidaan tutkia koulussa kaasun muodostamisen kautta. Oppilaille esitellään ilmiö ”makean veden kasvin kaasukuplien muodostus”.
2. vaihe: Käsitteellistäminen	Kysymysten muotoilu -alavaihe Avoimessa tutkivassa oppimisessa oppilaiden tehtävänä on esittää kausaalisia kysymyksiä ilmiöstä, joihin voidaan vastata kokeen avulla.	Oppilaat esittävät kysymyksiä, kuten ”Mitä tekijöitä kaasun muodostukseen tarvitaan?” tai ”Mitkä tekijät vaikuttavat muodostuneen kaasun määrään?”
	Hypoteesin muotoilu -alavaihe Hypoteesi johdetaan aiempaan tietoon perustuvasta kysymyksestä tai ongelmasta, jokapäiväisestä elämäkokemuksesta sekä oppilaiden ennakko-oletuksista. Hypoteesi ilmaistaan syy-seuraussuhteen ennusteena. Oppilaita pyydetään/kehotetaan perustelemaan arvionsa perustellulla arvauksella.	Oppilaat muodostavat seuraavaksi hypoteesin kuten ”Oletamme, että kaasun tuotanto edellyttää päivänvaloa.”.
3. vaihe: Tutkimus	Alavaihe: Kokeiden suorittaminen Oppilaat suunnittelevat testi- tai koeasetelman ja aikataulun. Tässä vaiheessa on ehdottoman tärkeää noudattaa muuttujien kontrollointistrategiaa. Oppilaiden suositellaan muuttavan vain yhtä riippumatonta muuttujaa kerrallaan ja kontrolloivan kaikkia muita mahdollisia muuttujia joko pitämällä ne vakioina tai poistamalla ne.	Kokeita täytyy suorittaa kaksi kappaletta (kuva 4.6): Kaksi vesiruton versoa, kaksi korkeaa keitinlasia, kaksi koeputkea, kaksi lasissuppiloa ja hanavettä. Keitinlasit täytetään hanavedellä ja kumpaankin lasiin laitetaan tuoreeltaan katkaistu vesiruton verso ylösalaisin. Koeputket täytetään kokonaan hanavedellä ja asetetaan sitten version päähän,

	Kontrollikokeet suoritetaan ja jos olosuhteet koulussa sallivat, ainakin joitain toistokokeita suoritetaan.	ilman että vettä pääsee pakenemaan. Tarkoituksena on saada kaasukuplat talteen koeputken kärkeen. 1. Yksi koe (asetelma) asetetaan suoraan päivänvaloon. 2. Yksi koe (asetelma) laitetaan täysin pimeään.
	Alavaihe: Aineiston tulkinta Aineisto kerätään, käsitellään ja visualisoidaan taulukkona, grafiikkana, kaavioina jne. Tulosten lisäksi oppilaiden tulee myös laatia kirjallinen raportti.	Jonkin ajan kuluttua koeputken päähän kerääntynyt kaasun (hapen) määrä mitataan millimetreinä. Päivänvalossa olleessa koeasetelmassa kaasu on mittavissa, mutta pimeässä olleessa ei.
Neljäs vaihe: Johtopäätökset	Tutkivaan oppimiseen perustuvan kokeiden suorittamisen viimeisessä vaiheessa oppilaita kehoitetaan vertailemaan tuloksiaan alussa esittämiinsä kysymyksiin ja hypoteeseihin, jotta he voivat huomata, mitkä hypoteeseista voitiin vahvistaa tai kumota. Jos hypoteesi kumoutui, sitä täytyy muokata ja koe toistaa.	Oppilaat vertailevat kaasun tuotantoa valossa ja pimeässä. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että vesirutto tuottaa kaasukuplia (happea) päivänvalossa, mutta ei pimeässä. Hypoteesi ”oletamme hapen tuotannon edellyttävän päivänvaloa” voidaan vahvistaa.

Tulosten vertaaminen tutkimuskysymykseen ja hypoteesiin johtaa sykliin. Tämä sykli voidaan käydä läpi monta kertaa, mikäli hypoteesiin täytyy tehdä muokkauksia ja koe toistaa niiden mukaisesti.

Yksi tai useampi aihetta selvittävä vaihe voidaan lisäksi suorittaa etukäteen. Näissä selvittävässä vaiheissa oppilaat saavat aiheeseen liittyviä tietoja, jotka voivat olla tarpeellisia asianmukaisen hypoteesin muodostamiseksi. Myös tässä tapauksessa hyödyllinen aiemman tiedon lisääminen edellyttää systemaattista työtapaa ja huolellista dokumentointia.

4.3 Havaittavissa olevat virheet ja ongelmat oppilaiden suorittamissa kokeissa

Kokeiden tekeminen on monimutkainen prosessi erilaisten ajattelutapojen, suunnittelun, päätelmien käsittelyn ja tekemisen takia, joista kuhunkin liittyy tietyt osaamisalueet. On selvää, etteivät oppilaat pysty suorittamaan kokeita spontaanisti, vaan tarvitsevat neuvoja ja koulutusta. Opettajien on hyvä tietää etukäteen, millaisia ongelmia oppilailla saattaa olla ja millaisia virheitä he tekevät. Siksi tässä luvussa kuvaillaan kokeiden suorittamisen luonteen selittämisen jälkeen, millaisia ongelmia ja virheitä oppilaiden suunnittelemiin ja suorittamiin kokeisiin liittyy sekä kuinka niihin voidaan puuttua luokkaopetuksessa.

Oppilaiden suoriutumista voidaan arvioida osaamisen (Mitä taitoja oppilaalla on?) tai vaihtoehtoisesti oppilaan tekemien virheiden ja ongelmien valossa (Mitä vaikeuksia oppilaalla on oppimisessa?) (Baur, 2015). Virheitä ei tule niinkään katsoa puutteiksi vaan tilaisuuksiksi oppia (Metcalf, 2017; Schumacher, 2008). Oppilaiden kokeiden aikana tekemiä virheitä on tutkittu runsaasti. Keskeisiä aiheeseen liittyviä tuloksia esitellään seuraavassa kokeiden alavaiheiden mukaan jäsennettynä. Oppilaiden tekemien virheiden ja opetuksen väliselle suhteelle on toistaiseksi vain harvoja tieteellisiä selityksiä ja perusteluja. Tässä kirjassa voidaan siksi esittää vain tulkintoihin ja kokemuksiin perustuvia neuvoja.

4.3.1 Kysymysten muodostaminen -alavaihe

Oppilaiden tutkimuskysymysten asetteluun liittyvistä virheistä on toistaiseksi vain harvoja empiirisiä tuloksia. Yksi tärkeimmistä havainnoista on, että oppilaat eivät useinkaan muotoile kausaalisia kysymyksiä, vaan sisältöön liittyviä kysymyksiä (Cuccio-Schirripa & Steiner, 2000; Hofstein et al., 2005; Neber & Anton, 2008) – ks. esimerkki 4.1 liittyen kausaaliin/sisältöön liittyviin kysymyksiin. Kausaaliset kysymykset ovat olennainen osa kokeellista tutkimusta. Oppilaiden virhe voi johtua tutkimuskysymyksen tavoitetta ja rakennetta koskevasta väärinkäsityksestä (ennakkokäsitykset). Tieteen opetuksessa vaikuttaa olevan tärkeää korostaa sitä, mikä tutkimuskysymys on, mikä sen

tarkoitus on, millaisia tutkimuskysymyksiä on olemassa (sisältöön liittyviä kysymyksiä, vertailukysymyksiä, kausaalisia kysymyksiä jne. – ks. Dillon, 1984) sekä millaiset tutkimuskysymykset johtavat millaisiin tutkimuksiin. Lisäksi vaikuttaisi olevan tärkeää opettaa tutkimuskysymyksen muotoilua ja esittämistä. Mikäli opettaja huomaa tutkimustehtävän aikana, että oppilaat tekevät virheitä tai heillä on muita vaikeuksia, asiaan tulee tässä alavaiheessa puuttua oikea-aikaisen tuen ja eriyttämisen avulla. Laajennetuista tutkimuskysymyksen muotoiluun liittyvistä tehtävistä ja harjoituksista voi myös olla hyötyä.

4.3.2 Hypoteesin muotoilu -alavaihe

Oppilaiden hypoteesin muotoilua koskevista taidoista, vaikeuksista sekä hypoteesin muotoilussa tekemistä virheistä on runsaasti tutkimuskirjallisuutta. Tutkimusten tärkeimpiä havaintoja ovat:

- Monet oppilaat suunnittelevat ja suorittavat kokeita ilman hypoteesia (Dunbar & Klahr, 1989; Millar & Lubben, 1996; Zhai et al., 2013).
- Oppilaat ajattelevat usein, että kokeen tavoite on saada aikaan jokin vaikutus (Hammann et al., 2006; Schauble et al., 1991). Monet oppilaat sisällyttävätkin hypoteesiin odottamansa vaikutuksen (Esimerkiksi: Oletan koeputken tulpan lentävän irti räjähdysmäisesti.).
- Oppilaat muotoilevat usein positiivisia (jos useampi... niin useampi...), ja harvoin negatiivisia (jos useampi... niin harvempi...) hypoteeseja (Kanari & Millar, 2004).
- Oppilaat muotoilevat vain sellaisia hypoteeseja, joita he pitävät mahdollisina (Hammann et al., 2006; Klahr et al., 1993).
- Useat oppilaat muuttavat epäselvää hypoteesiaan koeprosessin aikana (Baur, 2021).

Vaikeudet ja virheet hypoteesin muotoilussa voivat johtua hypoteesin tavoitetta ja rakennetta koskevista väärinkäsityksistä (ennakko-oletuksista). Oppilaille saattaa olla epäselvää, mikä merkitys hypoteesilla on koeprosessissa (koeasetelmaa ei ole mahdollista suunnitella ilman hypoteesia, sillä tällöin ei ole selvää, mitä muuttujia voidaan vaihdella ja mitkä täytyy pitää ennallaan). Eräs syy sille, miksi oppilaat muodostavat usein positiivisia hypoteeseja on tutkijoiden mukaan se, että tällaisia hypoteeseja nähdään usein oppikirjoissa tai oppitunneilla (Kanari & Miller, 2004). Kuten alavaiheessa *kysymysten muotoilu*, oppilaille on tärkeää tematisoida, mikä hypoteesi on, mikä sen merkitys on ja miten se liittyy tutkimuskysymykseen (ts. hypoteesi on mahdollinen vastaus tutkimuskysymykseen) sekä koeasetelmaan. Edelleen kuten alavaiheessa kysymysten muotoilu, opettajan on tärkeää tarjota eriyttävää apua huomatessaan, että oppilailla on vaikeuksia tehtävän kanssa.

4.3.3 Kokeiden suorittaminen -alavaihe

Oppilailla on havaittu olevan lukuisia vaikeuksia kokeiden suunnittelussa ja toteuttamisessa. Seuraavassa esitellään tutkijoiden havaintoja aiheesta:

- Moni oppilas suunnittelee kokeita, joissa on vain yksi kokeen toisto (ks. tämän luvun selitys testeistä ja kontrollikokeista), eivätkä he siten tunnista riippumattomien muuttujien vaikutusta (Hammann et al., 2006; Hammann et al., 2008). Jotkut oppilaat eivät suorita kontrollikoetta (Germann et al., 1996), kun taas toiset eivät suorita testikokeita, jossa riippumatonta muuttujaa muokataan (Chen & Klahr, 1999).
- Oppilaat eivät useinkaan käytä muuttujan kontrollointistrategiaa (Hammann et al., 2006; Kuhn & Dean, 2005; Schauble et al., 1991; Siler & Klahr, 2012).
- Osa oppilaista unohtaa sisällyttää kokeeseen tarvittavan muuttujan (esim. hiivakokeen hiiva) (Baur, 2021).
- Oppilaille on myös tavanomaista vaihdella asetelmaan sisältyviä laboratoriovälineitä kokeen toistojen välillä (testi- ja kontrollikokeet), mikä tekee toisiinsa liittyvistä toistoista mahdollisesti epäpäteviä vaihtelevien olosuhteiden takia. Esimerkiksi hiivan käyntikokeessa, jossa kaasun kehittymistä mitataan ampumalla tulppa irti, olisi virheellistä käyttää eri kokoisia Erlenmeyer-pikareita testi- ja kontrollikokeen välillä.
- Oppilaat eivät useinkaan ota huomioon aineiden määrien hallintaa (Baur, 2018). Esimerkiksi hiivalla tehtävässä kokeessa hiivan määrän tulee olla sama testi- ja kontrollikokeessa.
- Oppilaille tavanomaista on myös tutkia useaa muuttujaa yhtä aikaa ja joutua siten suunnittelemaan monitekijäinen koe. Tämä osoittautuu usein liian kuormittavaksi oppilaiden suunnittelu- ja järjestyntaidoille (Glaser et al., 1992).
- Monesti oppilaat saattavat tehdä kokeiluja työskentelemättä tieteellisten toimintatapojen mukaisesti (Hammann et al., 2008; Meier & Mayer, 2012; Wahser & Sumfleth, 2008).
- Oppilaat toistavat mittauksensa vain harvoin, eivätkä siten hallitse mittausten virheitä (Lubben & Millar, 1996).
- Joillain oppilailla voi olla vaikeuksia käyttää (yksinkertaisia) mitta- ja laboratoriovälineitä oikein (Kechel, 2016).

Tämän seurauksena oppilaat voivat tehdä virheitä ja heillä voi olla puutteita muuttujien kontrollointistrategian sekä testi- ja kontrollikokeiden tarpeellisuuden ymmärtämisessä. Muuttujien kontrollointistrategiaan sisältyy myös samanlaisten laboratoriovälineiden käyttö sekä aineiden määrän huomioiminen (mikäli aineet eivät ole vaihdeltava muuttuja) testi- ja kontrollikokeissa. Myös oppilaiden ymmärrys mittaustulosten keskiarvoistamisesta mittausrvirheiden minimoimiseksi puuttuu. Mittauksen ja laboratoriolaitteiden käsittely vaatii pitkäjänteistä koulutusta ja harjoittelua. Oppilaiden on siksi tärkeää sisäistää oppitunneilla muuttujien kontrollointistrategia, testi- ja kontrollikokeiden

tarve sekä mittausten toisto. Opettajien tulee neuvoa oppilaita muuttamaan vain yhtä muuttujaa kerrallaan ja välttämään monitekijäisiä koeasetelmia. Kuten aiempien alavaiheiden yhteydessä, mikäli tämän alavaiheen formatiivisessa arvioinnissa huomataan selkeitä virheitä ja oppimisvaikeuksia, oppilaille täytyy tarjota mahdollisuuksia mukautettuihin konsepteihin tai lisäharjoituksiin eriyttämisen ja oikea-aikaisen tuen avulla.

4.3.4 Alavaihe: aineiston tulkinta

Aineiston tulkinta -alavaiheen virheet johtuvat usein oppilaiden sisältöjä koskevista ennakkokäsityksistä:

- Jotkin oppilaat saattavat olettaa kokeensa olleen virheellinen, jos siitä saatu aineisto ei vastaa heidän odotuksiaan (Ludwig et al., 2019; Wahser & Sumfleth, 2008; Chinn & Brewer, 1998).
- Monet oppilaat jättävät odotustensa vastaisen aineiston huomioimatta (Chinn & Brewer, 1993; Gauld, 1986; Kuhn, 1989; Schauble et al., 1991; Watson & Konicek, 1990).
- Niin oppilailla kuin aikuisillakin on usein tapana pitää kiinni hypoteesistaan ja yrittää löytää sille vahvistus (Chinn & Brewer, 1993; Klayman & Ha, 1989; Wason, 1960).

Oppilaat tekevät myös metodologisia virheitä:

- Toistuvia mittauksia tehdessään oppilaat valitsevat usein joko ensimmäisen tai viimeisen mittaustuloksen lopulliseksi tulokseksi, tai sitten pienimmän ja suurimman mittaustuloksen välisen arvon aritmeettisen keskiarvon sijaan (Kanari & Millar, 2004; Lubben & Millar, 1996; Masnick & Klahr, 2003).
- Oppilaat usein vaihtavat havaintoa ja johtopäätöstä (Boaventura et al., 2013).

On siis tärkeää puhua oppilaille objektiivisesta aineiston analysoimisesta. Opetuksessa tulee myös selventää oppilaille, että kokeet tuottavat usein odottamattomia tuloksia ja että se on tavallista. Opettajan kannattaa selittää oppilaille tarkoituksellisesti, että kumottukin hypoteesi on tulos, eikä ole ”väärin”. Havainnon ja päätelmän välisen eron tunnistamisesta vaikuttaa olevan tarpeen keskustella ja sitä täytyy harjoitella. Mittausten toistamisen syitä täytyy myös tematisoida. Kuten kaikkien alavaiheiden kohdalla, on tärkeää tarjota eriyttäviä harjoituksia ja oikea-aikaista tukea aina, kun oppilailla ilmenee vaikeuksia.

Yhteenveto

Tutkimuksen tekeminen kokeita suorittamalla on tärkeä osa tieteen opetusta. Kokeen ominaispiirteitä ovat kausaalinen tutkimuskysymys, hypoteesin muodostaminen, kokeen suunnittelu ja toteutus hallituissa olosuhteissa (testi- ja kontrollikokeet, muuttujien kontrollointistrategia) sekä saadun

aineiston tulkinta. Lopuksi kokeen tulosta verrataan hypoteesiin, jotta voidaan tarkistaa, tukevatko tiedot hypoteesia vai voiko sen todeta kumotuksi. Kouluissa suoritettaviin kokeisiin pätevät tietysti tieteellisen työn laatumääritelmät; objektiivisuus, reliabiliteetti ja validiteetti.

Viitteet

- Barzel, B., Reinhoffer, B., & Schrenk, M. (2012). 6. Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M.A. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Ed.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (pp. 103–128), Waxmann.
- Baur, A. (2015). Inwieweit eignen sich bisherige Diagnoseverfahren des Bereichs Experimentieren für die Schulpraxis? *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 19(1), 25–36.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren: Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 115–129.
- Baur, A. (2021). Errors made by 5th-, 6th-, and 9th-graders when planning and performing experiments: Results of video-based comparisons. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 25, 45–63. doi: 10.11576/zdb-3576
- Baur, A., & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 1–12.
- Boaventura, D., Faria, C., Chagas, I., & Galvão, C. (2013). Promoting science outdoor activities for elementary school children: Contributions from a research laboratory. *International Journal of Science Education*, 35(5), 796–814. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.583292>
- Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K., & Schlüter, K. (2017). Forschendes Lernen in der Biologie. In T. Bruckermann, & K. Schlüter (Ed.), *Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie* (pp. 11–26), Springer.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Ed.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Capps, D.K., & Crawford, B.A. (2013). Inquiry-Based Instruction and Teaching About Nature of Science: Are They Happening? *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 497–526.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098–1120.
- Chinn, C.A., & Brewer, W.F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1–49.
- Chinn, C.A., & Brewer, W.F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623–654.
- Cuccio-Schirripa, S., & Steiner, H.E. (2000). Enhancement and analysis of science question level for middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 210–224.
- Dillon, J.T. (1984). The classification of research questions. *Review of Educational Research*, 54(3), 327–361.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer.
- Dunbar, K., & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery processes. In D. Klahr (Ed.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 109–143). Lawrence Erlbaum.
- Gauld, C. (1986). Models, meters and memory. *Research in Science Education*, (16), 49–54.
- Germann, P.J., Aram, R., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79–99.
- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K., & Zeitz, C. (1992). Scientific Reasoning across different domains. In E. de Corte, M.C. Linn, H. Mandl, & L. Verschaffel (Ed.), *Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 345–371). Springer-Verlag.
- Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2006). *Fachdidaktik Biologie* (7. Aufl.). Aulis Verlag Deubner.
- Gropengießer, H., Harms, U., & Kattmann, U. (2013). *Fachdidaktik Biologie*. Aulis.
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292–299.
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66–72.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806.

- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748–769.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren: Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Logos.
- Klahr, D., Fay, A.L., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 25, 111–146.
- Klayman, J., & Ha, Y.-W. (1989). Hypothesis testing in rule discovery: Strategy, structure, and content. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(4), 596–604.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674–689.
- Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16(11), 866–870.
- Lubben, F., & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968.
- Ludwig, T., Priemer, B., & Lewalter, D. (2019). Assessing secondary school students' justifications for supporting or rejecting a scientific hypothesis in the physics lab. *Research in Science Education* [published online 01 June 2019].
- Masnick, A.M., & Klahr, D. (2003). Error matters: An initial exploration of elementary school children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development*, 4(1), 67–98.
- McComas, W. (2015). The Nature of Science & the Next Generation of Biology Education. *The American Biology Teacher*, 77(7), 485–491.
- Meier, M., & Mayer, M. (2012). Experimentierkompetenz praktisch erfassen: Entwicklung und Validierung eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. In U. Harms & F.X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 81–98). Studien Verlag.
- Metcalf, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, 68, 465–489.
- Millar, R., & Lubben, F. (1996). Investigative work in science: The role of prior expectations and evidence in shaping conclusions. *Educational Research*, 13(3), 28–34.
- Neber, H., & Anton, M.A. (2008). Förderung präexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht [Fostering of pre-experimental epistemic activities in chemistry lessons]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(2), 143–150.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Spektrum.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., de Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T., Manoli, C.C., Zacharia, Z.C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 2015, 47–61.
- Schauble, L., Klopfer, L.E., & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 859–882.
- Schumacher, R. (2008). Der produktive Umgang mit Fehlern. Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Ed.), *Nur wer Fehler macht, kommt weiter: Wege zu einer neuen Lernkultur* (pp. 49–72). Herder.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63.
- Siler, S.A., & Klahr, D. (2012). Detecting, classifying, and remediating: Children's explicit and implicit misconceptions about experimental design. In R.W. Proctor & E.J. Capaldi (Hrsg.), *Psychology of Science* (S. 137–180). Oxford University Press.
- Urhahne, D., Krämer, K., & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71–93.
- Van Uum, M.S.J., Verhoeff, R.P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Wahser, I., & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Wason, P.C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(3), 129–140.
- Watson, B., & Konicek, R. (1990). Teaching for conceptual change: Confronting children's experience. *Phi Delta Kappan*, 680–684.
- Zhai, J., Jocz, J.A., & Tan, A.-L. (2013). 'Am I Like a Scientist?': Primary children's images of doing science in school. *International Journal of Science Education*, 36(4), 553–576.

5 Tutkivan oppimisen arviointi

5.1 Johdanto: Arviointi eriyttämisen edellytyksenä

Jos opettajat haluavat eriyttää ja mukauttaa opetustaan oppilaiden tarpeiden mukaan, edellyttää tämä tietämystä näistä tarpeista. Jos opettamista halutaan siis mukauttaa oppilaiden suoriutumisen mukaan, on tärkeää tuntea kunkin oppilaan taitotaso sekä heidän oppimiseensa liittyvät tekijät. Näistä saadaan tietoa arvioinnin avulla. Opettajilla on valittavissaan lukuisia eri tilanteisiin ja tavoitteisiin sopivia keinoja arvioida oppilaiden saavutuksia ja opinnoissa etenemistä. Tietoa oppilaiden osaamisesta voidaan käyttää joko oppimistulosten arviointiin tai oppilaiden oppimisprosessien tukemiseen (Black & William, 2018). Oppitunnin aikana arviointia voidaan tehdä hyvinkin spontaanisti, esimerkiksi esittämällä oppilaille kysymyksiä heidän ajatustensa selventämiseksi tai tarkkailemalla oppilaiden itsenäistä työskentelyä (Shepard, 2019). Nämä ovat tehokkaita tapoja kerätä tietoa, jonka avulla voidaan tukea oppilaiden oppimista. Näiden spontaanien prosessien lisäksi, arviointi on yleensä suunniteltu prosessi, jossa opettaja ottaa huomioon, mitä hänen tarvitsee tietää oppilaista näiden osaamisen kehittämiseksi tai saavutusten arvioimiseksi ja valitsee sitä parhaiten tukevan menetelmän. Suunnitellun arvioinnin esimerkkejä ovat muun muassa kirjalliset tehtävät tai oppilaiden tuotosten analyysi. Molemmat näistä täytyy valmistella ennen oppituntia. Ennakkoon suunniteltu arviointi on tehokas tapa arvioida oppimisen lopputuloksia joko oppilaiden osaamisen kehittämiseksi tai arvostelemiseksi arvosanoin. Joissakin maissa käytetään myös virallisempia arviointimalleja, kuten standardoituja testejä tai virallisia työkaluja, joita opettajat voivat käyttää vapaaehtoisesti arviointiin.

Tässä luvussa keskustellaan aluksi tärkeimmistä arviointiin liittyvistä käsitteistä. Seuraavaksi esitellään erilaisia tutkivaan oppimiseen soveltuvia arviointitapoja, joissa otetaan huomioon opettajan ja toisten oppilaiden tekemän arvioinnin sekä itsearviointin rooli.

5.2 Formatiivinen ja summatiivinen arviointi

Esimerkki 5.1

Mitä sinulle tulee mieleen sanasta arviointi? Saatat esimerkiksi ajatella oppilaita kirjoittamassa ylioppilaskokeitaan, joiden arvioiden perusteella päätetään, kuka pääsee aloittamaan yliopisto-opinnot ja kuka jää valitsematta. Toinen mielikuva voi olla esimerkiksi opettaja kertomassa oppilaalle: ”Töidesi perusteella vaikuttaisit osaavan muodostaa tutkimuskysymyksen hyvin, mutta sinun kannattaisi vielä pohtia kontrolloidun kokeen suorittamista tarkemmin”. Kumpikin arviointiin liittyvä ajatus on pätevä ja oikea, mutta niiden tarkoitukset ovat erilaiset.

Ensimmäinen miellelyhtymä on esimerkki **summatiivisesta arvioinnista**, tai tarkemmin ilmaistuna arvioinnin summatiivisesta tarkoituksesta. Summatiivisen arvioinnin tarkoituksena on muodostaa tilannekuva oppilaan tiedoista ja taidoista tietyllä hetkellä. Tämä voidaan tehdä keräämällä ja tulkitsemalla ja raporttoimalla erilaisia oppimisen todisteita (Dolin et al., 2018). Todisteita voidaan kerätä esim. kokeilla, kokoamalla portfolio oppilaan töistä tai kokoamalla yhteen erilaisia havaintoja (joko kirjallisesti tai sisäisesti opettajan toimesta) tai materiaalia pidemmältä aikaväliltä. Todisteet tulkitaan tai arvioidaan vertaamalla niitä oppimistavoitteisiin, jotka oppilaiden on määrä saavuttaa kyseiseen arviointihetkeen (esim. lukukauden loppuun) mennessä. Oppimisen raportoinnilla on useita käyttötarkoituksia: yleisin on todennäköisesti kullekin oppilaalle luokkatason päätteeksi annettu arviointi. Arvioinnin pisteytyksen perusteella päätetään, ketkä oppilaista pääsevät jatkamaan opintojaan yliopistoihin tai tiettyihin koulutusohjelmiin (ks. luvun 2 esimerkki 2.2), joissa on rajoitetusti aloituspaikkoja. Toisinaan myös summatiivisen arvioinnin tuloksia käytetään opettajien tai koulujen arvioimiseen, mikä voi vaikuttaa niiden maineeseen tai rahoitukseen.

Toinen esimerkissä 5.1 kuvatuista miellelyhtymistä on esimerkki **formatiivisesta arvioinnista**, ts. arvioinnista formatiivisiin tarkoituksiin. Oppimista edistävän formatiivisen arvioinnin tarkoituksena on tukea oppilasta oppimisen aikana myöhemmin tehtävän summatiivisen eli oppimistulosten arvioinnin sijaan. Formativista arviointia edustavat kysymykset kuten ”mitä kohti oppilas on etenemässä”, ”missä oppilas on tällä hetkellä” ja ”kuinka hän pääsee tavoitteeseensa?” (Black & Wiliam, 2009; Hattie & Timperley, 2007) Summatiivinen arviointi taas katsoo taaksepäin: ”mitä oppilas on oppinut tähän mennessä?” Formativiselle arvioinnille on esitetty eri painopisteitä (Bennett, 2011). Jotkin osapuolet ovat pitäneet formativista arviointia enemmänkin instrumenttina tai jonkinlaisena diagnostisten testien pankkina (Pearson, 2005), kun taas viime aikoina formatiivinen arviointi on alettu nähdä prosessina, joka mahdollistaa *”laadullisen katsauksen oppilaiden oppimiseseen”* (Shepherd, 2008). Erittäin tärkeä osa formativista arviointia on se, että tietoa oppilaiden osaamisesta käytetään tulevan oppimisen tukemiseen eli tietojen perusteella tehdään opettamiseen ja oppimiseen liittyviä päätöksiä. Black ja Wiliam (2009) kuvaavat prosessia seuraavasti:

”Luokassa tapahtuva toiminta on formatiivista, jos opettajat hankkivat, tulkitsevat ja hyödyntävät todisteita oppilaiden osaamisesta tehdäkseen päätöksiä opetuksen seuraavista vaiheista ja nämä päätökset ovat todennäköisesti parempia tai perustellumpia kuin ilman näitä todisteita tehdyt päätökset.”

Blackin ja Wiliamin (2009) määrittelemään formatiiviseen arviointiprosessiin sisältyy kolme eri prosessia: 1) todisteiden hankinta oppilaiden osaamisesta 2) näiden todisteiden tulkinta sekä 3) näiden todisteiden hyödyntäminen parempien ja perustellumpien opetusta koskevien päätöksiä.

tekemiseen. Ennen näitä prosesseja, sekä opettajan että oppilaiden tulee tuntee oppimistavoitteet ja niitä kohti etenemisen vaatimat askeleet (Dolin et al., 2018; Ruiz-Primo, 2011).

Todisteita oppilaiden osaamisesta saadaan eri menetelmin. Opettajat voivat tarkkailla oppilaita näiden työskennellessä, testata oppilaiden tietoja kysymyksillä sekä osallistaa heitä keskusteluun (Ruiz-Primo & Furtak, 2007). Todisteita voidaan myös hankkia pidemmältä aikaväliltä oppilaiden vihkotehtävistä tai aineista, tai teettämällä oppilailla kokeita (Dolin et al., 2018). Siinä missä Blackin ja Wiliamin (2009) määritelmä sekä muut formatiivisesta arvioinnista tehdyt tutkimukset (Dini et al., 2020; Ruiz-Primo & Furtak, 2007) esittävät opettajan tekemän todisteiden hankinnan aktiivisena kysymykseksi nostamisen kaltaisena toimintana, toiset tutkimukset korostavat oppilaiden spontaanin osallistumisen merkitystä formatiivisessa arvioinnissa (Louca et al., 2012; Nieminen et al., 2020). Tätä kirjaa varten vuonna 2019 suorittamissamme haastatteluissa ($n = 30$) opettajat kertoivat hankkivansa todisteita oppilaiden osaamisesta tarkkailemalla näitä oppitunnin aikana, kysymällä heiltä kysymyksiä, tarkastamalla heidän tutkimusraporttejaan ja tehtäviään tai antamalla heille tehtäväksi koota portfolio oppimistaan asioista.

Todisteiden tulkinta on usein epäsuora ja sisäinen prosessi, jossa opettaja tulkitsee todisteita oppilaan saavutuksista (Dini et al., 2020). Tähän prosessiin kuuluu päätelmien tekeminen sen perusteella, että kuinka todisteet vastaavat oppimistavoitteita, toisten oppilaiden suoriutumista sekä kunkin oppilaan yksilöllisiä taitoja (Dolin et al., 2018).

Lopuksi opettaja tekee päätelmiensä ja todisteiden perusteella päätöksen opetuksen seuraavista vaiheista. Tämä voi tarkoittaa, että suunniteltua opetusta voidaan joutua muuttamaan. Opettaja voi esimerkiksi todeta, että oppilaat tarvitsevat lisää harjoitusta ennen seuraavaan aiheeseen siirtymistä. Usein päätöksenä seuraavasta vaiheesta on antaa palautetta oppilaille. Formatiivisen palautteen tarkoituksena on antaa oppilaille tietoa saavutuksista sekä siitä, miten he voivat parantaa työtään. Palautteen tulee olla muutakin kuin pelkkä arvosana. Butlerin (1987; 1988) havaintojen mukaan pelkän arvosanan antaminen ilman kommentteja ei parantanut oppilaiden työtä yhtä tehokkaasti kuin pelkkä kommenttien antaminen. Formatiivisen arvioinnin onnistuminen riippuu siitä, osaavatko opettajat hankkia päteviä ja laadukkaita todisteita oppilaiden taidoista, tehdä asianmukaisia päätelmiä todisteista sekä hyödyntää niitä päätösten teossa. Tätä kirjaa varten vuonna 2019 tehdyissä haastatteluissa opettajat ($n = 30$), jotka kertoivat käyttävänsä oppilaista kerättyjä tietoja sekä spontaanin palautteen antamisessa sekä tehdäkseen muutoksia tuleviin oppitunteihin.

5.3 Tutkivan oppimisen arviointi

Oppilaiden tutkimustaitojen arviointi tapahtuu usein opettajien toimesta. Tätä arviointia voivat kuitenkin suorittaa muutkin kuin opettajat. Muut oppilaat voivat antaa palautetta toisilleen vertaisarviointien avulla sekä oppilaat voivat arvioida omaa työtään itsearviointien avulla.

5.3.1 Opettajan suorittama arviointi

Opettajat arvioivat oppilaiden suoriutumista eri tavoin. Toisinaan tämä voi tapahtua lennossa opettajan huomatessa oppitunnin aikana jotain, mihin tulee reagoida. Toisaalta, arviointi voi olla myös ennalta suunniteltua, jos esimerkiksi opettaja antaa oppilaille tehtäviä tai pyytää heitä kirjoittamaan raportin. Tässä osiossa esitellään erilaisia opettajien käyttämiä arviointimenetelmiä.

- **Havainnointi**

Havainnointi on kaikista yleisin arviointitapa. Havaintoja tehdään usein tiedostamatta muiden tehtävien ohessa, eikä niitä tallenneta järjestelmällisesti (spontaanit havainnot). Havaintoja voidaan toisaalta käyttää myös suunnitelmallisesti.

Spontaanit arvioinnit

Spontaani arviointi on esimerkki epämuodollisesta formatiivisesta arvioinnista. Termillä ”spontaani” tarkoitetaan tässä yhteydessä arviointia, joka suoritetaan osana tavallista luokkaopetusta lyhyellä aikavälillä. Ne vaativat opettajalta nopeita ja spontaaneja päätelmiä sekä oppilaista kerättyihin tietoihin pohjautuvia toimenpiteitä. Oppilaat saattavat antaa tietoja oma-aloitteisesti, mutta useimmiten opettajan täytyy tiedustella oppilaan osaamista. Spontaania formatiivista arviointia parhaiten tukevat kysymykset ovat avoimia ja koskevat erityyppisiä tiedonaloja, kuten menetelmällistä ja strategista tietoa (Ruiz-Primo, 2011).

Oppilaita koskevat tiedot tulee keräämisen jälkeen tulkita ja tulkintojen avulla tulee tehdä päätelmiä oppilaiden osaamisesta. Nämä ovat useimmiten opettajan tehtäviä, mutta toisinaan toiset oppilaat voivat tulkita tietoja (ibid.). Aiemmissa tutkimuksissa on tunnistettu opettajilta kaksi eri lähestymistapaa todisteiden tulkintaan. Osa opettajista tarkastelee todisteita arvioivasti, yrittäen tunnistaa oppilailta jonkun tietyn ajatuksen tai selityksen, kun taas toiset opettajat pyrkivät tulkitsemaan todisteita kuuntelemalla oppilasta sekä yrittämällä tulkita näiden ajatuksia ja selityksiä (Davis, 1997; Talanquer et al., 2015). Jotta opettajien päätelmät perustuvat oppilaiden todellisiin saavutuksiin, opettajien tulisi pyrkiä käyttämään jäljempää, tulkitsevaa lähestymistapaa. Lopuksi opettajan tulee reagoida tietoihin. Reagointi voi olla selitysten tarjoamista, oppilaiden ajatusten vertailua tai palautteen antamista (Ruiz-Primo, 2011).

Systemaattinen havainnointi

Systemaattinen havainnointi on tärkeä oppilaiden osaamisen arviointiväline (O'Leary, 2020; Schermer & Fosker, 2020). Havaintoja voidaan käyttää yhtä lailla formatiivisessa kuin summatiivisessakin arvioinnissa. Havainnoinnin täytyy olla tarkoituksenmukaisesti suunniteltu, jotta niitä voidaan käyttää eksplisiittisenä arviointimenetelmänä. Seuraavat avainkysymykset täytyy ottaa etukäteen huomioon:

- Ketä havainnoidaan?
- Kuka havainnoi ketä?
- Mitä tulee havainnoida?
- Kuinka havainnointi suoritetaan?
- Milloin, kuinka pitkään ja kuinka usein havainnointi tehdään?
- Miten havainnot tallennetaan tai niistä tehdään muistiinpanoja?
- Mitä havainnoilla tehdään?

Oppilaiden suoriutumisen tarkkailu oppituntien aikana on tarpeellista etenkin, kun oppilaat tekevät käytännön tehtäviä itsenäisesti, joko yksin tai ryhmissä, mikä on yleistä tutkivassa oppimisessa. Havaintoja voidaan tehdä joko yhdestä oppilaasta tai suuremman ryhmän vuorovaikutuksesta.

Tarkoituksenmukainen havaintojen tekeminen oppitunnilla vaatii aikaa, jota opettajilla on rajallisesti. Siksi kannattaa pitää mielessä, ettei opettajan itsensä tarvitse tehdä kaikkia havaintoja. Oppilaat osaavat usein havainnoida toisiaan tehokkaasti, kunhan tehtävä ja aineisto määritellään selvästi (Panadero & Brown, 2016). Havainnot täytyy dokumentoida. Muistiin kirjaaminen on yleisin dokumentoinnin muoto. Kerätyt tiedot voivat aiheen luonteesta riippuen olla joko laadullisia tai määrällisiä. Havaintoja voidaan tietysti myös dokumentoida jatkuvana tekstinä. Ajan säästämiseksi voidaan käyttää havaintotaulukkoa, johon havaitut asiat merkitään asteikon, symbolien tai lyhyiden kirjallisten kommenttien muodossa.

Esimerkki 5.2

Havaintotaulukko voi sisältää seuraavia esimerkkikohtia

	Osaaminen on saavutettu	Osaaminen on saavutettu osittain	Osaamista ei ole saavutettu
Oppilas osaa muodostaa tutkimuskysymyksiä			
Oppilas osaa muodostaa hypoteeseja			
Oppilas osaa nimetä riippuvat ja itsenäiset muuttujat			
Oppilas osaa käyttää strategioita muuttujien kontrolloimiseksi.			

- ***Suulliset menetelmät***

Asioiden selittäminen on oleellinen taito, joka oppilaiden tulee oppia osana luonnontieteiden opetusta. Jos opettajat käyttävät suullisia arviointimenetelmiä usein, oppilaat saavat harjoitusta tieteellisten käsitteiden selittämisessä. Suulliset arviointimenetelmät kehittävät lisäksi viestintätaitoja, tarjoavat mahdollisuuden arvioida oppilaiden syvempää käsitystä aiheista sekä mahdollistavat välittömän palautteen antamisen (Hazen, 2020). Suullista arviointia voidaan käyttää havaintojen tavoin melko spontaanina formatiivisen arvioinnin muotona, tai ennalta suunniteltuna formatiivisena ja summatiivisena arviointikeinona. Tavanomainen suullinen toimintatapa oppitunnilla on opettajan ja oppilaiden välinen keskustelu, joka antaa opettajalle selkeämmän kuvan oppilaiden käsityksistä. Opettajan täytyy siksi esittää avoimia kysymyksiä kuunnellakseen oppilaita huolellisesti ja haastaakseen heidän käsityksiään.

Ennalta suunniteltuun suulliseen arviointiin sisältyvät suulliset kokeet ja esitykset. Tutkivaan oppimiseen perustuvissa esityksissä oppilaat pääsevät jakamaan ajatuksiaan muulle luokalle ja luomaan keskustelua yksitellen tai ryhminä. Esityksiä voivat myös sisältää lyhyitä videoita, piirustuksia, luonnoksia tai koeprosesissa aikaan saadut tuotoksia.

- ***Kirjalliset menetelmät***

Kirjallisten menetelmien käyttö oppilaiden osaamisen arvioinnissa on opettajille tuttua. Kaikkia tutkivia taitoja ei tietenkään voida arvioida kirjallisesti, mutta tiettyihin tarkoituksiin se on tehokas ja aikaa säästävä keino.

Kirjallisilla tehtävillä voidaan arvioida seuraavia tieteellisiä tutkimustaitoja järkevällä ja aikaa säästävällä tavalla:

- esimerkkitutkimuksen perustana toimivan tutkimuskysymyksen valinta tai itsenäinen muotoilu
- kyky arvioida, voidaanko tiettyä ongelmaa tutkia tieteellisen menetelmän avulla
- esimerkkitutkimuksen mahdollisen hypoteesin valinta tai itsenäinen muotoilu
- tutkimuskysymyksen vastaamista varten muunneltavien tai vakioitavien muuttujien valinta (muuttujien hallinta)
- tiettyä tutkimuskysymystä/ongelmaa käsittelevän kokeen rakenteen valinta tai suunnittelu
- kokeen suunnittelun tieteellisen lähestymistavan arviointi, suunnittelussa tehtyjen virheiden tunnistaminen sekä parannusten ehdottaminen
- sopivien mittausvälineiden valinta kysymysten vastaamista varten
- simulaatiossa mitattujen tietojen lukeminen (asteikot, mitatut arvot, yksiköt)
- hypoteesien arviointi annettujen tietojen tai simulaatiossa saatujen tietojen pohjalta

Yksittäisiä tieteellisen tiedon alueita voidaan – tutkimuksen tai kokeen konkreettista toteutusta lukuun ottamatta – arvioida tehokkaasti kirjallisessa muodossa. Huomion arvoista on kuitenkin, ettei tutkimuksen oikeaoppinen suunnittelu takaa virheetöntä toteutusta. Kirjalliseen arviointiin ei ole mahdollista sisällyttää koko tutkivan oppimisen prosessia aina tutkimuskysymyksen muotoilusta löydöistä keskusteluun asti. Tämän takia kirjallista tehtäviä käytetään yleensä vain yhden tietyn taidon harjoitteluun ja arviointiin osana tutkimuksen taitojen kehittämistä. Tällä tavoin voidaan tunnistaa ja korjata virheitä aiheuttavat seikat yksittäisten tutkimusvaiheiden aikana. Tutkimussykli on kuitenkin tarpeellista käydä läpi, jopa useaan kertaan, oppilaan tieteellisen ajattelutavan kehittämiseksi ja tutkimusprosessin sisäistämiseksi.

Kirjallisia tehtäviä voidaan käyttää useissa eri muodoissa:

- monivalintatehtävät, joissa täytyy valita oikea vastaus
 - usean oikean vastauksen monivalintatehtävä, joissa yhteispisteet lasketaan useista vastauksista
 - numerointi- ja järjestystehtävät, joissa oppilaiden täytyy asettaa tärkeät kohdat järjestykseen
 - aukkojen täyttötehtävät (mahdollisilla sanapankeilla), joissa oppilaat täyttävät oikeat tiedot
 - avoimet kysymykset, joihin muotoillaan oma vastaus
- ***Oppilaiden suoriutumisen arviointi tuotosten avulla***

Oppilaiden tutkimuksen aikana valmistavat tuotokset tarjoavat hyvän tilaisuuden arvioida heidän osaamistaan. Toisin kuin vaikkapa tehtävämonisteiden kaltaiset kirjalliset menetelmät, tuotokset antavat kuvan koko tutkivasta oppimisprosessista. Yleinen menetelmä on analysoida työselostuksia, jonka avulla voidaan seurata koko tutkimussykliä aina kysymysten esittämisestä hypoteesin muotoiluun sekä kokeen suunnitteluun, kuvaukseen ja sen tulosten esittämiseen asti (Nybo & May, 2015). Kokeen dokumentointi voidaan suorittaa avoimesti muodossa, missä oppilaiden täytyy kirjoittaa koko raportti itse. Tämä voi olla melko vaativaa, joten tutkimusprosessin läpi johdattelevat selostuspohjat voivat olla helpompi vaihtoehto. Eriyttämistä varten, tutkimusprosessin eri osia voidaan täydentää valmiiksi selostuspohjiin. Kirjallisten selostuksien vaihtoehtona voidaan käyttää videotallenteita, jotka ovat hyödyllisiä etenkin kokeen suorittamisen aikana. Mikäli videokameraa ei ole käytettävissä, videoita voidaan helposti nauhoittaa oppilaiden älypuhelimilla. Tuotoksia voidaan myös hyödyntää portfolioiden avulla (Vitale & Romance, 2005), joihin kerätään näytteitä oppilaiden töistä. Formatiivisessa arvioinnissa opettajan täytyy osallistua portfolion kasaamiseen, jotta oppilaan osaamista voidaan seurata. Summatiivisessa arvioinnissa voidaan tarkastella portfolioa ja sen esittämistapaa itseään.

Portfoliot voidaan luokitella kurssiportfolioihin, prosessiportfolioihin ja tuoteportfolioihin (Stern, 2010).

Kurssiportfolioihin sisältyy yhden kurssin, projektin tai kouluaineen materiaalit. Oppilaat saavat valita materiaalit itse opettajien seurattessa luomisprosessia ja antaessa formatiivista palautetta. Tuoteportfolioihin kerätään kunkin oppilaan parhaita työnäytteitä. Niitä voidaan käyttää yhden opetettavan aineen summatiivisen arvioinnin lisäksi ulkoisiin tarkoituksiin, kuten työnhaussa tai yliopistoon hakiessa. Prosessiportfolioihin kerätään työnäytteitä, mukaan lukien korjaukset ja lisääaineistot. Tällaisilla portfolioilla voidaan esitellä oppilaan kehittymistä ja niitä voidaan käyttää kurssi- tai tuoteportfolion mallina.

Luonnontieteissä portfolioon voidaan sisällyttää kootusti oppilaiden luokassa suorittamia tehtäviä, kuten esimerkiksi laboratoriokokeita tai kasvioiden kaltaisia materiaalikokeelmia. Suullisten esitysten tallenteita voidaan myös käyttää luonnontieteiden opetuksen portfolioina. Oppilaat voivat itse kerätä materiaalia, kirjallisuutta, valokuvia ja videoita sekä arvioida projektejaan itse tai pyytää arviointia kanssaoppilailta.

5.3.2 Itsearviointi

Formatiivisen arvioinnin tavoitteisiin sisältyvät oppilaiden itsenäisen osaamisen ja omasta oppimisestaan vastaamisen vahvistaminen. Näiden tavoitteiden saavuttamista voidaan tukea itsearvioinnilla. Itsearvioinnilla voidaan myös arvioida oppilaan sosiaalista, käytännön ja akateemista osaamista sekä minäkuvan piirteitä. Oppilaiden itsearviointi koostuu erilaisista mekanismeista, menetelmistä ja tekniikoista, joilla oppilaat arvioivat ja määrittelevät oppimisprosessiaan ja/tai sen tuloksia (Panadero et al., 2016).

Itsearviointi ja toiselta henkilöltä saatu arviointi korreloivat yleensä kohtalaisesti (Zell & Krizan, 2014). Eräiden tulosten mukaan naispuolisten oppilaiden itsearviointi ja opettajalta saatu arviointi korreloivat vahvemmin kuin miespuolisten oppilaiden vastaavat arvoinnit (Roos et al., 2016). Schreiber kollegoineen (2016) tutki oppilaiden kykyä arvioida omaa fysiikan kokeellista osaamistaan. Tulosten mukaan oppilaat osasivat arvioida itseään melko tarkasti, mutta yksilöiden välillä oli silti eroja. Yhteenvetona, itsearviointi vaikuttaa tärkeältä osalta akateemista menestystä ja oppilaan itsesäätelytaitoa (Panadero et al., 2016). Itsearviointi voi siksi tarjota opettajille nopean ja käytännöllisen tavan saada palautetta ja rohkaista oppilaita pohtimaan oppimisprosessiaan.

Opettajien tulee tarjota mahdollisuus itsearviointiin ja oppilaiden täytyy harjoitella oman osaamisensa arviointia. Opettajan velvollisuus on ohjeistaa, tukea ja analysoida oppilaan itsearviointia (Buholzer et al., 2020).

Itsearviointimenetelmät

Arviointilomake, esimerkiksi tarkistuslistan muodossa, on suosituin ja nopein itsearvioinnin muoto. Lomakkeella oppilaat voivat arvioida suorittamansa tehtävät oppitunnin tavoitteena olevia taitoja vasten (Buholzer et al., 2020).

Esimerkki 5.3

Itsearviointilomake voi sisältää esimerkiksi seuraavat kohdat:

Kuinka suoriuduit töistä?
Saitko tehtävät valmiiksi annetussa ajassa?
Saavutitko mielestäsi asetetut oppimistavoitteet?
Miten pärjäsit aiheeseen liittyvän materiaalin kanssa?
Miten onnistuit mielestäsi itsenäisissä tehtävissä?
Miten onnistuit mielestäsi pari- tai ryhmätehtävissä?
Kuinka vaikeita tehtävät olivat sinulle?
Piditkö työtehtävistä?
Olisitko halunnut lisää vaihtoehtoja tehtäville?
Mitä olisit muuttanut tehtävissä ja miksi?

Opettajan on tässä yhteydessä tärkeää ilmaista oppimisen tavoitteet ja selittää, kuinka niihin päästään. Tämä voidaan ilmaista esimerkiksi numeroasteikolla tai nuorempien oppilaiden kohdalla vaikka hymiöin. Enemmän aikaa vievät menetelmät voivat myös tuoda esiin ongelmia tai tehtäviin ja harjoituksiin liittyviä erikoispiirteitä. Opettajat voivat myös käyttää ennalta valmisteluja asteikkoja, mutta vanhemmille oppilaille suositellaan avointa muotoa. Oppimispäiväkirjojen avulla oppilaat voivat pohtia oppimistaan niin lyhyellä kuin pitkälläkin aikavälillä. Oppilaiden tulee kirjata, kuinka heidän työskentelynsä kehittyi. Oppimispäiväkirjat ovat muodoltaan yleensä avoimia ja noudattavat päiväkirjan rakennetta. Digitaalisten työkalujen käyttäminen osana itsearviointia voi tukea opettajien arviointityötä. Näihin kuuluu internetin kautta käytettävät itsearviointityökalut sekä opetussuunnitelman mukaiset kyselylomakkeet tai standardisoidut itsearviointit. Yksittäisten oppilaiden lisäksi itsearvioinnilla on mahdollista analysoida koko luokkaa helposti ja nopeasti.

5.3.3 Vertaisarviointi

Määritelmä

Yleisesti käytetyn vertaisarvioinnin määritelmän mukaan se on ”asetelma, jossa yksilöt arvioivat vertaistensa tai statukseltaan vastaavien henkilöiden oppimisen tulosten tai tuotteiden määrää, tasoa,

arvokkuutta, arvoa, laatua tai menestystä” (Topping, 1998, s. 250). Vertaisarvioinnissa voidaan keskittyä erilaisiin tuotteisiin tai tuotoksiin, kuten kirjallisiin tehtäviin, suullisiin esityksiin tai esineisiin. Sitä voidaan käyttää sekä formatiivisessa että summatiivisessa arvioinnissa. Vaikka formatiivinen ja laadullinen vertaispalaute onkin arvioijalle kognitiivisesti haastavampaa, se on kuitenkin arvioitavalle oppilaalle sosiaalisesti miellyttävämpää ja hyödyllisempää kuin summatiiviset arvosanat (Topping, 2005). Formatiivisen vertaisarvioinnin tavoitteena on auttaa muita oppilaita tunnistamaan työnsä vahvuuksia ja heikkouksia sekä antaa neuvoja töiden parantamiseksi. Vertaisarviointi voi olla joko yksisuuntaista tai kaksisuuntaista (vastavuoroista). Edellisessä oppilaat toimivat joko arvioijana tai arvioitavana ja jälkimmäisessä – joka on kahdesta tavasta suositumpi – kaikki oppilaat pääsevät hyötymään kummastakin roolista. Roolien hyödyistä keskustallaan myöhemmin.

Vertaisarvioinnin tarve

Suurin osa vertaisarvioinnin tutkimuksesta on keskittynyt menetelmän käyttöön korkeakouluissa (van Zundert et al., 2010), mutta viime aikoina on myös valmistunut tutkimuksia vertaisarvioinnin käytöstä yläkoulun luonnontieteiden opetuksessa (esim. Ketonen et al., 2020a; Tsivitanidou et al., 2018). Tutkimusten mukaan vertaisarvioinnilla on lukuisia myönteisiä vaikutuksia oppimisprosesseihin ja niiden tuloksiin, sosiaalsiin vuorovaikutustaitoihin ja metakognitiivisiin taitoihin (Broadfoot et al., 2013; Topping, 2009). Menetelmässä on kuitenkin huomattu olevan omat haasteensa. Jos esimerkiksi opiskelutovereiden töitä arvioidaan arvosanoin, oppilaat saattavat antaa ystävilleen parempia arvosanoja (Broadfoot et al., 2013) tai ”hieroa kauppaa” arvosanoista (Ketonen et al., 2020b). Oppilaat saattavat myös välttää kritiikkiä, torjua palautteen tai pilkata toisten töitä (ibid.). He voivat myös olla epävarmoja omasta kyvystään arvioida toisten töitä tai sitä vastoin toisten kyvyistä arvioida omaansa (Broadfoot et al., 2013; Sluijsmans, 2002). Vertaisarvioinnin on haasteistaan huolimatta havaittu olevan hyödyllistä oppilaille. Esimerkiksi Suomessa peruskoululaisia ja toisen asteen oppilaita (luokat 1–9, ikävuodet 7–15) tulee arvioida formatiivisesti ja summatiivisesti. Kyseiseen formatiiviseen arviointiin sisältyy itsearviointi ja vertaispalaute, jotka eivät kuitenkaan saa vaikuttaa oppilaan arvosanaan. Vertaispalautteen antamista ja saamista harjoitellaan opettajan johdolla kaikissa kouluaineissa (Opetushallitus, 2020). Vertaispalautteen soveltamisesta luokkaympäristössä on lisäksi runsaasti tutkimustietoa, jonka avulla menetelmän haasteisiin voidaan vastata.

Vuorovaikutteinen formatiivinen vertaisarviointi

Formatiivinen arviointi antaa oppilaille mahdollisuuden saada palautetta, joka edistää heidän oppimisprosessiaan (Black & Wiliam, 2009). Vertaisarvioinnin kontekstissa tämä tarkoittaa, että 1) oppilaat suorittavat tehtävän (esim. tutkivaan oppimiseen perustuvan tutkimuksen), jonka tuloksena on jokin tuotos, 2) he saavat vertaispalautetta tuotoksestaan ja 3) he voivat sen jälkeen arvioida omaa

tuotostaan. Vuorovaikutteisessa vertauspalautteessa oppilaat toimivat sekä arvioijana että arvosteltavana. Vertaisarviointia voidaan suorittaa yksin, pareittain tai pienryhminä. Esimerkiksi ”Mars-luotainprojektissa” (Ketonen et al., 2020a) oppilaat suunnittelivat liikkuvan ajoneuvon, mittasivat sen nopeuden sekä kirjoittivat raportin tutkimuksestaan. Vertaisarviointi oli vastavuoroista, joten kaikki oppilasryhmät pääsivät sekä arvioimaan toisen ryhmän tuloksia että saamaan palautetta omasta raportistaan. Palautteen saamisen jälkeen ryhmillä oli mahdollisuus muokata raporttiaan.

Taulukko 5.1: Esimerkki ”Mars-luotain”-teknologiaprojektin vertaispalautteen rubriikeista (Ketonen et al., 2020a)

Kriteerit	Kriteerien täyttäminen			Kirjallinen kommentti
	Puutteellinen	Osittain valmis	Kaikki OK	
Tutkimussuunnitelma ja -välineet on esitetty selkeästi.				
Mittaukset ovat järkeviä ja esitetty selkeästi.				
Raportista käy ilmi, miten nopeus lasketaan mittauksista. Laskuun sisältyy laskukaava, luvut ja yksiköt.				
Mittausvirheitä ja -tuloksia on kommentoitu.				

Arvioijan asemassa oppilaiden tulee harjoitella kolmea tärkeää arviointitaitoa: 1) arviointikriteerien määrittely, 2) suorituksen arviointi ja 3) palautteen antaminen (Sluijsmans, 2002). Ensimmäinen kohta tarkoittaa, että oppilaiden täytyy ottaa huomioon tehtävän vaatimukset sekä niissä onnistumisen mittaamisen tavat, jotta he voivat kehittää omat arviointikriteerinsä. Nuoremmille oppilaille, joille vertaisarviointi on uutta, on kuitenkin parempi, että opettajan antaa valmiit kriteerit. Tässä tapauksessa ensimmäisen kohdan taidolla tarkoitetaan arviointikriteerien ymmärtämistä. Kriteerit esitetään usein rubriikkien muodossa (ks. taulukon 5.1 esimerkki), mikä auttaa arvioijia ja parantaa vertaisarvioinnin luotettavuutta ja validiteettia opettajan näkökulmasta (Panadero et al., 2013). Toinen taito on arviointi, jolla tarkoitetaan tässä yhteydessä, että oppilaiden täytyy pystyä vertailemaan toisten oppilaiden töitä kriteerejä vasten ja tunnistamaan töiden vahvuudet ja heikkoudet. Kolmas taito viittaa oppilaiden kykyyn antaa omien arvioidensa pohjalta rakentavaa palautetta, joka auttaa toisia oppilaita kehittämään töitään.

Vuorovaikutteisen vertaisarvioinnin toinen rooli on arvioitavan rooli. Rooli saattaa vaikuttaa helpolta, mutta se vaatii silti useita taitoja; oppilaiden täytyy osata arvioida palautetta kriittisesti, tehdä päätöksiä koskien sen hyödyllisyyttä ja asianmukaisuutta sekä hyödyntää neuvoja töissään. Arvioitavana olevan oppilaan taitoja on kuvattu palautteeseen liittyvässä tutkimuskirjallisuudessa (Carless & Boud, 2018) nimillä palautteen arvostus, palautteen arviointi, tunteiden hallinta sekä palautteen perusteella toimiminen. Taulukossa 5.2 tiivistetään oppilaiden tarvitsemat taidot, joita heillä on mahdollisuus harjoitella vuorovaikutuksellisen vertaisarvioinnin yhteydessä.

Taulukko 5.2: Vuorovaikutuksellisen vertaisarvioinnin taitojen yleiskatsaus (mukautettu lähteistä Carless & Boud, 2018; Sluijsmans, 2002).

Arvioija	Arvioitava
• Arviointikriteerien käyttö (tai määrittely) • Arviointi • Palautteen antaminen	• Palautteen arvostus • Palautteen arviointi • Vaikutusten hallinta • Palautteen perusteella toimiminen

Yhteenvedona, vastavuoroisella vertaisarvioinnilla on lukuisia hyötyjä yläkoulun luonnontieteiden opetuksessa. Arvioijan roolissa oppilaat pääsevät harjoittelemaan tiettyjä arviointitaitoja (taulukko 5.2), mikä tarjoaa kognitiivisia haasteita (esim. sen pohtiminen, mikä tekee työstä laadukkaan). Toisten oppilaiden töiden tarkastelun myötä oppilaat saavat lisätilaisuuden arvioida myös omia töitään (Grob et al., 2014). Samaten arvioijan roolissa oppilaat joutuvat harjoittelemaan palautteen lukutaitoa (”feedback literacy”) (Carless & Boud, 2018; Ketonen et al., 2020c), mikä haastaa heitä kognitiivisesti (esim. vertaispalautteen suodatus; Grob et al., 2014). Vertaispalaute on myös hyödyllinen lisä opettajan tarjoaman palautteen jatkeeksi, sillä sen myötä oppilaat saavat palautetta tovereiltaan, jotka käyvät läpi samaa oppimisprosessia ja selvittävät samoja haasteita (Grob et al., 2014). Yhteinen kieli ja ongelmien jakaminen voi siksi olla luontevampaa oppilaiden välillä kuin oppilaan ja opettajan välillä.

5.4 Arvioinnin validiteetti ja luotettavuus

Arvioinnin laatua kuvaillaan usein kahdella käsitteellä: arvioinnin validiteetilla ja luotettavuudella.

Arvioinnin validiteetilla tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin arvioidut seikat vastaavat sitä, mitä oli tarkoitus arvioida (Dolin et al., 2018). Esimerkki heikosta validiteetista olisi, että oppilaiden

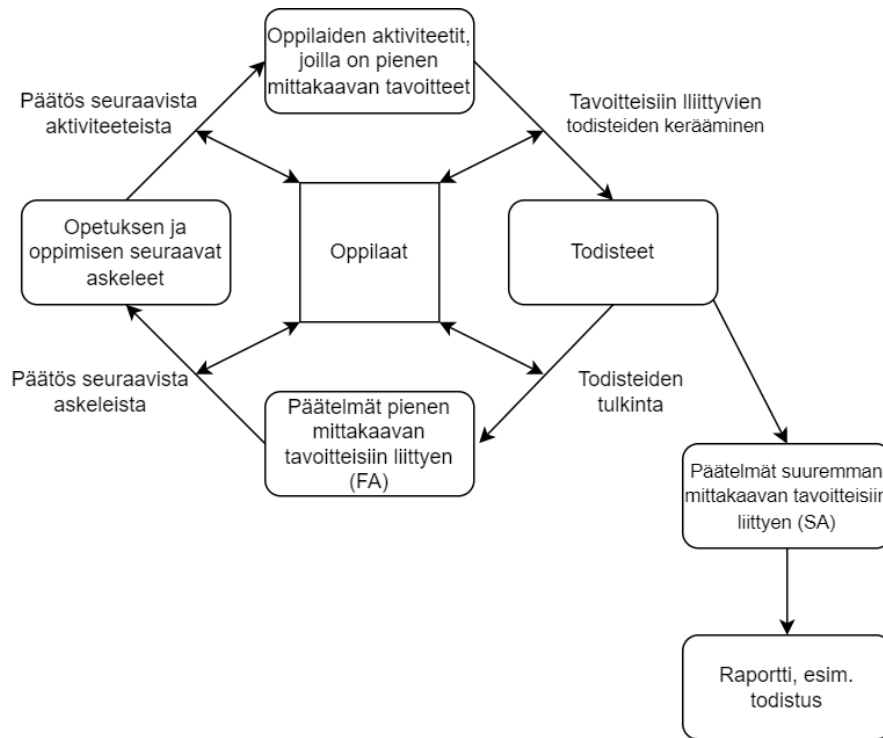
tutkimustaitoja arvioitaisiin vain suullisin tehtävin. Suulliset tehtävät vaativat oppilailta hyviä suullisia esitystaitoja ja niinpä oppilaiden tutkimustaitojen arviointi tällaisten tehtävien avulla arvioisi myös oppilaiden suullisia taitoja. Useiden arviointimenetelmien käyttö vähentää siten arvioinnin heikon validiteetin riskiä.

Arvioinnin luotettavuudella tarkoitetaan arvioinnin yhdenmukaisuutta tai tarkkuutta sen tarkoitukseen nähden (ibid.). Eri arviointitarkoituksilla on erilaisia luotettavuuteen liittyviä tarpeita. Ylioppilaskokeiden kaltaisten suurten ja tärkeiden arviointien luotettavuus testataan etukäteen, sillä niiden tuloksilla on kauaskantoisia vaikutuksia. Formatiivisessa arvioinnissa luotettavuus ei ole yhtä tärkeää, sillä formatiivinen arviointi perustuu arvioiden pohjalta tehtäviin päätöksiin, jotka koskevat yksittäisiä oppilaita tai pieniä ryhmiä. Näiden päätösten taustalla on pyrkimys edistää oppimista, eikä niinkään arvioida kutakin oppilasta toistettavalla ja yhdenvertaisella tavalla. Summatiivisessa arvioinnissa olennaista on samankaltaisten päätösten tekeminen samankaltaisten todisteiden perusteella. Kuten tämän luvun seuraavassa osassa kuvataan, samojen todisteiden käytön mahdollisuus sekä formatiivisesti että summatiivisesti luo tiettyjä vaatimuksia arvioinnin luotettavuuden osalta.

5.5 Summatiivisen ja formatiivisen arvioinnin yhdistäminen

Kuvassa 5.1 (mukautettu lähteestä Dolin et al., 2018) esitetään summatiivisen ja formatiivisen arvioinnin yhdistäminen. Vaikka kuvassa nämä kaksi arviointimenetelmää yhdistetäänkin siististi, niiden välillä on kuitenkin huomioitavia eroja.

- (1) Summatiivisten arviointipäätösten tulee perustua oppimistavoitteisiin, jotka oppilaat ovat saavuttaneet arviointihetkellä. Nämä ovat keskipitkän aikavälin tavoitteita, jotka kattavat kurssin tai lukukauden mitan. Formatiivisten arviointipäätösten tulee sen sijaan liittyä meneillään olevan oppitunnin tai tehtävän tavoitteisiin, ts. lyhyen aikavälin tavoitteisiin.
- (2) Vaikka samoja todisteita voidaankin käyttää sekä summatiivisiin että formatiivisiin arviointitarkoituksiin, summatiivisten arviointipäätösten tulee perustua yksinomaan kerättyihin todisteisiin, ei formatiivisiin arviointipäätöksiin, jotka voivat vaihdella oppilaasta toiseen. Summatiivisen arvioinnin ei toisin sanoen tule perustua oppilaalle annettuun palautteeseen (ts. arviointiin perustuva päätös) vaan siihen, miksi oppilaalle ylipäätään annettiin arvio (ts. todisteet).



Kuva 5.1: Formatiivisten ja summatiivisten arviointitapojen välinen yhteys (Dolin et al., 2018)

Esimerkki 5.4

Tunnin oppimistavoitteena on suunnitella koe, jonka avulla voidaan määritellä kahden itsenäisen muuttujan (esim. pariston jännite, sarjaan kytkettyjen hehkulamppujen määrä) ja yhden riippuvan muuttujan (esim. hehkulamppujen kirkkaus) välinen suhde. Opettaja tarkkailee oppilaita (ts. kerää todisteita) heidän työskennellessään kokeen parissa. Opettaja arvioi formatiivisesti oppilaiden toimia ja sitä, saavuttavatko he oppitunnin tavoitteen. Opettaja kerää myös oppilaiden koesuunnitelmia kirjallisessa muodossa ja tekee niiden perusteella arviointipäätöksiä liittyen yhteen kurssin oppimistavoitteista: ”Oppilaat osaavat suunnitella kokeita, joihin sisältyy itsenäisiä ja riippuvia muuttujia”. Oppitunnin jälkeen opettaja päättelee havainnoistaan, että oppilaiden täytyy vielä harjoitella kokeen suunnittelua. Opettaja suunnittelee havaintoon perustuen seuraavan vaiheen (ts. seuraavan oppitunnin), jossa oppilaat jatkavat kokeen suunnittelun harjoittelua.

5.6 Muodollinen ja epämuodollinen formatiivinen arviointi

Kuten aiemmin tässä luvussa mainittiin, arviointia voidaan pitää joko muodollisena tai epämuodollisena. Formatiivinen arviointi on muodollista, jos se suunnitellaan etukäteen. Siihen kuuluu yleensä kirjallisia osia (Bell and Cowie, 2001; Dolin et al., 2018), joskin muut modaliteetit ovat myös mahdollisia.

Muodollista formatiivista arviointia voi olla esimerkiksi opettajan valmisteleva pieni kirjallinen koe, joka jaetaan luokalle osana tavallista tuntityöskentelyä. Kokeen tavoitteena on antaa oppilaille tietoa ja palautetta heidän edistymisestään, jotta opettaja voi sen jälkeen mukauttaa opetussuunnitelmaansa (Dolin et al., 2018). Epämuodollinen formatiivinen arviointi taas tapahtuu spontaanisti, ilman ennakosuunnittelua, esimerkiksi opettajan kiertäessä pitkin luokkaa ja huomatessa oppilaiden keskustelevan jostain aiheesta, jolloin opettaja voi antaa oppilaille aiheeseen liittyvää palautetta (Shavelson et al., 2008). Suurimpaan osaan opettajien toiminnasta luokassa liittyy mahdollisuus antaa oppilaille epämuodollista formatiivista palautetta (Ruiz-Primo, 2011).

Sekä muodollisella että epämuodollisella formatiivisella arvioinnilla on omat hyvät sekä huonot puolensa. Muodollisen formatiivisen arvioinnin etuja on se, että se antaa opettajalle konkreettisia todisteita oppilaiden oppimista asioista, joita voidaan hyödyntää myös summatiivisesti (ks. tämän luvun aiempi osa). Jos todisteita käytetään sekä formatiivisessa että summatiivisessa arvioinnissa, opettajan tulee läpinäkyvyyden vuoksi tehdä tämä selväksi oppilaille. Muodollisen formatiivisen arvioinnin huonoja puolia on se, että jos kyseinen arviointi perustuu vain kirjallisiin oppimisen todisteisiin, oppilaiden muut ilmaisutavat, kuten puhe ja teot, jäävät huomiotta.

Mahdollisuus tallentaa oppilaiden oppimista eri modaliteeteista on yksi epämuodollisen formatiivisen arvioinnin hyödyistä. Modaliteetteja ovat muun muassa puhe, kirjoitukset, grafiikka (piirroksiset jne.), käytännön työskentely (esim. tutkimusten aikana) sekä sanaton viestintä, kuten kehonkieli (Ruiz-Primo, 2011). Epämuodollisen formatiivisen arvioinnin etuihin kuuluu myös se, että kaikki opetuskeskustelu joko opettajan ja oppilaiden välillä tai oppilaiden kesken tarjoaa mahdollisuuden epämuodolliselle formatiiviselle arvioinnille jos ne nähdään mahdollisuuksina hankkia oppilaita koskevaa tietoa, jonka pohjalta tehdä päätöksiä ja jota käyttää myöhemmässä opetuksessa (ibid.). Yksi menetelmän heikkouksista on, ettei siitä jää todisteita myöhempää käyttöä (mahdollisesti summatiivista arviointia varten), ellei opettaja nimenomaisesti pyri tähän.

Yhteenveto

Arvioinnilla voidaan tarkastella oppilaan suoritusta (summatiivinen arviointi) tai edistää tämän suoriutumista (formatiivinen arviointi). Näitä kahta menetelmää on myös mahdollista yhdistellä. Jos opettaja suorittaa arviointia niin hänellä on käytössään erilaisia menetelmiä: havainnot, keskustelut, tehtävät tai tuotosten analyysi. Arviointia voidaan suorittaa myös toisten oppilaiden toimesta ja itsearviointi on arvokas opetusmenetelmä.

Viitteet

- Baur, A. (2015). Inwieweit eignen sich bisherige Diagnoseverfahren des Bereichs Experimentieren für die Schulpraxis?. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 19(1), 25–36.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren: Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 115–129.
- Baur, A. (2021). Errors made by 5th-, 6th-, and 9th-graders when planning and performing experiments: Results of video-based comparisons. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 25, 45–63.
- Bell, B., & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536–553.
- Bennett, R.E. (2011). Formative assessment: A critical review. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 18(1), 5–25.
- Black, P., & Wiliam, D. 2009. Developing a theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31.
- Black, P., & Wiliam, D. (2018). Classroom assessment and pedagogy. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(6), 551–575.
- Boaventura, D., Faria, C., Chagas, I., & Galvão, C. (2013). Promoting science outdoor activities for elementary school children: Contributions from a research laboratory. *International Journal of Science Education*, 35(5), 796–814.
- Broadfoot, P., Timmis, S., Payton, S., Oldfield, A., & Sutherland, R. (2013). *Rethinking Assessment: Discussion paper 3: Exploiting the collaborative potential of technology enhanced assessment in higher education*. Graduate School of Education, University of Bristol. www.bristol.ac.uk/education
- Buholzer, A., Baer, M., Zulliger, S., Torchetti, L., Ruelmann, M., Häfliger, A., & Lötscher, H. (2020). *Formatives Assessment im alltäglichen Mathematikunterricht von Primarlehrpersonen: Häufigkeit, Dauer und Qualität*. Unterrichtswissenschaft, 1–33.
- Butler, R. (1987). Task involving and ego-involving properties of evaluation: Effects of different feedback conditions on motivational perceptions, interest and performance. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 472–482.
- Butler, R. (1988). Enhancing and undermining intrinsic motivation: The effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance. *British Journal of Educational Psychology*, 58, 1–14.
- Carless, D., & Boud, D. (2018). The development of student feedback literacy: Enabling uptake of feedback. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43(8), 1315–1325.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098–1120.
- Chinn, C.A., & Brewer, W.F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1–49.
- Chinn, C.A., & Brewer, W.F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623–654.
- Cuccio-Schirripa, S., & Steiner, H.E. (2000). Enhancement and analysis of science question level for middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 210–224.
- Davis, B. (1997). Listening for differences: An evolving conception of mathematics teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(3), 355–376.
- Dillon, J.T. (1984). The classification of research questions. *Review of Educational Research*, 54(3), 327–361.
- Dini, V., Sevia, H., Caushi, K., & Orduña Picón, R. (2020). Characterizing the formative assessment enactment of experienced science teachers. *Science Education*, 104(2), 290–325.
- Dolin, J., Black, P., Harlen, W., & Tiberghien, A. (2018). Exploring relations between formative and summative assessment. In J. Dolin & R. Evans (Ed.), *Transforming Assessment: Through an Interplay between Practice, Research and Policy* (pp. 53–80). Springer.
- Dunbar, K., & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery processes. In D. Klahr (Ed.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 109–143). Lawrence Erlbaum.
- Suomen opetushallitus (2020). Oppilaan oppimisen ja osaamisen arviointi: Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden 2014 muutokset. (Assessment of student learning and competence: Revisions for Perusopetuksen opetussuunnitelman ydinasiat 2014.) https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen-arviointiluku-10-2-2020_2.pdf
- Gauld, C. (1986). Models, meters and memory. *Research in Science Education*, 16, 49–54.
- Germann, P.J., Aram, R., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79–99.
- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K., & Zeitz, C. (1992). Scientific Reasoning across different domains. In E. de Corte, M.C. Linn, H. Mandl & L. Verschaffel (Ed.), *NATO ASI series. Series F, Computer and system sciences: vol. 84. Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 345–371). Springer-Verlag.
- Grob, R., Beerenwinkel, A., Haselhofer, M., Holmeier, M., Stübi, C., Tsvitanidou, O., & Labudde, P. (2014). *Description of the ASSIST-ME assessment methods and competences (No. D 4.7)*. Basel.

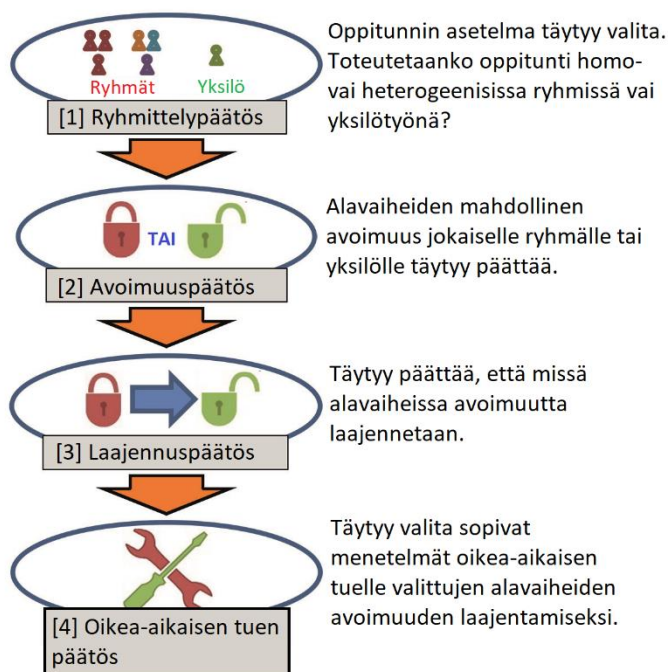
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der Mathematische Und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292–299.
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66–72.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1), 81–112.
- Hazen, H. (2020). Use of oral examinations to assess student learning in the social sciences. *Journal of Geography in Higher Education*, 44(4), 592–607.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748–769.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren: Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Logos.
- Ketonen, L., Häikiöniemi, M., Nieminen, P., & Viiri, J. (2020a). Pathways through peer assessment: Implementing peer assessment in a lower secondary physics classroom. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1465–1484.
- Ketonen, L., Nieminen, P., & Häikiöniemi, M. (2020b). How Do Lower-Secondary Students Exercise Agency during Formative Peer Assessment? [Manuscript submitted for publication]. Department of teacher education, University of Jyväskylä.
- Ketonen, L., Nieminen, P., & Häikiöniemi, M. (2020c). The development of secondary students' feedback literacy: Peer assessment as an intervention. *The Journal of Educational Research*, 1–18.
- Klahr, D., Fay, A.L., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 25, 111–146.
- Klayman, J., & Ha, Y.-W. (1989). Hypothesis testing in rule discovery: Strategy, structure, and content. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(4), 596–604.
- Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16(11), 866–870.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674–689.
- Louca, L., Zacharia, Z., & Tzialli, D. (2012). Identification, interpretation—evaluation, response: An alternative framework for analyzing teacher discourse in science. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1823–1856.
- Lubben, F., & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968.
- Ludwig, T., Priemer, B., & Lewalter, D. (2019). Assessing secondary school students' justifications for supporting or rejecting a scientific hypothesis in the physics lab. *Research in Science Education* [published online 01 June 2019].
- Masnick, A.M., & Klahr, D. (2003). Error matters: An initial exploration of elementary school children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development*, 4(1), 67–98.
- Meier, M., & Mayer, M. (2012). Experimentierkompetenz praktisch erfassen: Entwicklung und Validierung eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. In U. Harms & F.X. Bogner (Ed.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (pp. 81–98). Studien Verlag.
- Metcalf, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, 68, 465–489.
- Millar, R., & Lubben, F. (1996). Investigative work in science: The role of prior expectations and evidence in shaping conclusions. *Educational Research*, 13(3), 28–34.
- Neber, H., & Anton, M.A. (2008). Förderung präexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht [Fostering of pre-experimental epistemic activities in chemistry lessons]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(2), 143–150.
- Nieminen, P., Häikiöniemi, M., & Viiri, J. (2020). Forms and functions of on-the-fly formative assessment conversations in physics inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 1–23.
- Nybo, L., & May, M. (2015). Effectiveness of inquiry-based learning in an undergraduate exercise physiology course. *Advances in Physiology Education*, 39(2), 76–80.
- O'Leary, M. (2020). *Classroom observation: A guide to the effective observation of teaching and learning*. Routledge.
- Panadero, E., Brown, G.T., & Strijbos, J.W. (2016). The future of student self-assessment: A review of known unknowns and potential directions. *Educational Psychology Review*, 28(4), 803–830.
- Panadero, E., & Brown, G.T. (2016). Teachers' reasons for using peer assessment: positive experience predicts use. *European Journal of Psychology of Education*, 32(1), 133–156.
- Panadero, E., Romero, M., & Strijbos, J.W. (2013). The impact of a rubric and friendship on construct validity of peer assessment, perceived fairness and comfort, and performance. *Studies in Educational Evaluation*, 39(4), 195–203.
- Pearson. (2005). *Achieving student progress with scientifically based formative assessment: A white paper from Pearson*. Referenced in Bennett 2011.
- Roos, S., Lohbeck, A., Petermann, F., Petermann, U., Schultheiß, J., Nitkowski, D., & Petersen, R. (2016). Fremd- und Selbsturteile von Lehrern und Schülern im Rahmen psychologischer Diagnostik. *Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie*. 64(3), <https://doi.org/10.1024/1661-4747/a000279>

- Ruiz-Primo, M.A. (2011). Informal formative assessment: The role of instructional dialogues in assessing students' learning. *Studies in Educational Evaluation*, 37(1), 15–24.
- Ruiz-Primo, M.A., & Furtak, E.M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 57–84.
- Schauble, L., Klopfer, L.E., & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 859–882.
- Schermer, M., & Fosker, T. (2020). Reconsidering methods for systematic classroom observation: the measurement and analysis of categorical time-series observations. *International Journal of Research & Method in Education*, 43(3), 311–326.
- Schreiber, N., Theyßen, H., & Dickmann, M. (2016). Wie genau beurteilen Schülerinnen und Schüler ihre eigenen experimentellen Fähigkeiten?—Ein Ansatz zur praktikablen Diagnostik experimenteller Fähigkeiten im Unterrichtsalldag—. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(15), 49–63.
- Schumacher, R. (2008). Der produktive Umgang mit Fehlern. Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Ed.), *Nur wer Fehler macht, kommt weiter: Wege zu einer neuen Lernkultur* (pp.49–72). Herder.
- Shavelson, R.J., Yin, Y., Furtak, E.M., Ruiz-Primo, M.A., Ayala, C.C., Young, D.B., & Pottenger, F. (2008). On the role and impact of formative assessment on science inquiry teaching and learning. *Assessing science learning: Perspectives from research and practice*, 21–36.
- Shepard, L.A. (2019). Classroom assessment to support teaching and learning. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 683(1), 183–200.
- Shepherd, L.A. (2008). Formative assessment: Caveat emptor. In C. A. Dwyer (Ed.), *The Future of Assessment: Shaping Teaching and Learning* (pp. 279–303). Erlbaum.
- Siler, S.A., & Klahr, D. (2012). Detecting, classifying, and remediating: Children's explicit and implicit misconceptions about experimental design. In R.W. Proctor & E.J. Capaldi (Ed.), *Psychology of Science* (pp. 137–180). Oxford University Press.
- Sluijsmans, D. (2002). *Student involvement in assessment. The training of peer assessment skills*. Datawyse/Universitaire Pers Maastricht. <https://research.ou.nl/ws/files/934563/dissertation%20Sluijsmans%20%202002.pdf>
- Stern, T. (2010). *Förderliche Leistungsbewertung*. Österreichisches Zentrum für Persönlichkeitsbildung und soziales Lernen.
- Talanquer, V., Bolger, M., & Tomanek, D. (2015). Exploring prospective teachers' assessment practices: Noticing and interpreting student understanding in the assessment of written work. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), 585–609.
- Topping, K.J. (1998). Peer assessment between students in colleges and universities. *Review of Educational Research*, 68, 249–276.
- Topping, K.J. (2005). Trends in peer learning. *Educational psychology*, 25(6), 631–645.
- Topping, K.J. (2009). Peer assessment. *Theory into Practice*, 48(1), 20–27.
- Tsivitanidou, O.E., Constantinou, C., Labudde, P., Rönnebeck, S., & Ropohl, M. (2018). Reciprocal peer assessment as a learning tool for secondary school students in modelling-based learning. *European Journal of Psychology of Education*, 33(1), 51–73.
- van Zundert, M., Sluijsmans, D., & van Merriënboer, J. (2010). Effective peer assessment processes: Research findings and future directions. *Learning and Instruction*, 20(4), 270–279.
- Vitale, M.R., & Romance, N.R. (2005). Portfolios in science assessment: A knowledge-based model for classroom practice. In J. J. Mintzes, J. D Nowak & J. H Wandersee (Ed.), *Assessing Science Understanding* (pp. 167–196). Academic Press.
- Wahser, I., & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Wason, P.C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(3), 129–140.
- Watson, B., & Konicek, R. (1990). Teaching for conceptual change: Confronting children's experience. *Phi Delta Kappan*, 680–684.
- Zell, E., & Krizan, Z. (2014). Do people have insight into their abilities? A metasynthesis. *Perspectives on Psychological Science*, 9(2), 111–125.
- Zhai, J., Jocz, J.A., & Tan, A.-L. (2013). 'Am I Like a Scientist?': Primary children's images of doing science in school. *International Journal of Science Education*, 36(4), 553–576.

6 Tutkivan oppimisen eriyttämistyökalu

6.1 Johdanto

Tutkivaan oppimiseen sisältyy monimutkaisia prosesseja, kuten hypoteesin muotoilu, pätevien kokeiden suunnittelu, aineiston kerääminen ja analysointi sekä johtopäätösten tekeminen (Abd-El-Khalick et al., 2004; Chen et al., 2018; Kirschner et al., 2006; Krajcik et al., 1998). Luku 3, *Tutkiva oppiminen*, perustelee, miksi tutkivaa oppimista tulee käyttää tieteen opetuksessa ja oppimisessa. Tutkivan oppimisen tehokas hyödyntäminen kouluissa vaatii kuitenkin sitä tukevan eriyttämisen ja oikea-aikaisen tuen huomioimista (ks. luku 2, *Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki*). Tutkijat ja opettajat tietävät hyvin, että tehokas tutkiva oppiminen perustuu oikeanlaiseen ohjaukseen (Alfieri et al., 2011; Hmelo-Silver et al., 2007; Quintana et al., 2004). Oppilaat eivät sisäistä tutkivia oppimistaitoja ilman ohjausta tai ohjauksen ollessa puutteellista (Kirschner et al., 2006). Ohjaus ei saa kuitenkaan haitata tutkimuksen avoimuutta ja se täytyy mukauttaa oppilaiden tarpeiden ja kykyjen mukaan. Oppilaat tarvitsevat siksi oikea-aikaista tukea monimutkaisten tutkimusprosessien oppimiseksi ja sisäistämiseksi, jonka jälkeen tukea voidaan vähitellen häivyttää. Tässä luvussa esitellään eriyttämiskonsepti, joka keskittyy tutkivan oppimisen monimutkaisiin prosesseihin. Esittelemme viisi päätöksenteon tasoa, jotka edistävät eriyttämistä osana tutkivaa oppimista. Ensimmäinen tutkivan



Kuva 6.1: Eriyttämistyökalu; ks. lisätietoja alaluvussa 6.3

oppimisen eriyttämisen vaihe on määrittää oppitunnin aihealue (ks. alaluku 6.2). Tätä seuraavat muut oppilaskeskeisen lähestymistavan alavaiheet sekä neljä eriyttämistä koskevaa päätöstä. Kun asetelman tyyppi on päätetty ([1] *ryhmittelypäätös*), tehdään seuraavaksi päätökset eriyttämisestä suoritusten perusteella ([2] *avoimuuspäätös*; [3] *laajennuspäätös*) sekä oikea-aikaisesta tuesta alavaiheiden aikana ([4] *oikea-aikaisen tuen päätös*) (ks. kuva 6.1 ja alaluku 6.3).

6.2 Oppitunnin tavoitteen (tason) määrittäminen

Kuten luvussa 3, *Tutkiva oppiminen*, mainittiin, tieteellisen tiedon voi jakaa neljään tasoon: menetelmätaso, käsitteellinen taso, episteeminen taso ja sosiaalinen taso (cf. Duschl, 2008; Furtak et al., 2012; Van Uum et al., 2016). Kukin taso keskittyy tutkivan oppimissyklin alavaiheissa tapahtuvaan opettamiseen, oppimiseen ja suorituksiin eri syvyyssasteilla. Opettaja valitsee etukäteen tason, johon tunnilla keskitytään. Pitkällä tähtäimellä on tärkeää kattaa kaikki tasot, mutta yhden oppitunnin aikana kannattaa keskittyä vain yhteen. Fokusointi ei ole tärkeysjärjestykseen asettelua, vaan tarpeellinen osa realististen opetustavoitteiden saavuttamista. Tasot limittyvät aina keskenään. Esimerkiksi uutta kontekstia (käsitteellinen taso) voidaan opettaa tutkivan oppimisen avulla, mutta sama oppimisprosessi edellyttää tutkimustaitoja, joita voidaan joutua kehittämään (menetelmätaso). Opettaja voi seuraavaksi päättää, mihin tunnilla keskitytään: sisällöstä keskusteluun ja sen parempaan ymmärtämiseen vai tutkimusprosessista keskusteluun ja sen parempaan ymmärtämiseen. Yleensä molempiin vaihtoehtoihin ei ole mahdollista paneutua samalla kertaa yhtä syvällisesti. Jos oppimisen tasoa halutaan tukea kohdennetusti suorittamalla kokeita tutkivan oppimisen kontekstissa, asiasta täytyy tehdä päätös. Kuten aiemmin on mainittu, neljään oppimisen tasoon keskittyminen täytyy jakaa tasaisesti

tasaisesti	kaikkien	oppituntien	kesken.
------------	----------	-------------	---------

		<i>Menetelmä- taso</i>	<i>Käsitteellinen taso</i>	<i>Episteeminen taso</i>	<i>Sosiaalinen taso</i>
	Orientaatio	[+]	[+]	[-]	[-]
Käsitteellistämisen	Kysymysten muotoilu	[+]	[-]	[-]	[-]
	Hypoteesien muotoilu	[+]	[-]	[-]	[-]
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	[+]	[-]	[-]	[-]
	Aineiston tulkinta	[+]	[-]	[-]	[-]
	Johtopäätökset	[+]	[+]	[-]	[-]
Keskustelu	Viestintä	[-]	[-]	[+]	[+]
	Reflektio	[-]	[-]	[+]	[+]

Kuva 6.2: Alavaiheiden painottaminen eri tasojen yhteydessä; (+) tarkoittaa, että opettamiseen täytyy varata paljon aikaa; [-] tarkoittaa, ettei opettamiseen tarvitse varata paljoa aikaa

Menetelmätaso:

Menetelmätasolla viitataan tutkivien menetelmien soveltamisen osaamiseen (heuristiikka). Tutkimusmenetelmiin sisältyy tieteellisesti aseteltujen kysymysten esittäminen, kokeiden suunnittelu, toimenpiteiden suorittaminen ja aineiston esittäminen (Furtak et al., 2012). Tämän takia alavaiheet orientaatio, kysymysten muotoilu, *hypoteesin muotoilu*, *tutkimuksen suunnittelu ja toteutus*, *aineiston tulkinta* sekä *johtopäätökset* täytyy sisällyttää tutkimusprosessiin tarkoituksenmukaisesti (ks. kuva 6.2). Alavaiheet tulee paitsi sisällyttää prosessiin, mutta ne tulee myös selittää ja niitä tulee kehittää selkeästi, mikäli oppilaiden osaaminen ei ole tavoitetasolla. Kahta muuta alavaihetta (*viestintä* ja *reflektio*) voidaan menetelmätason yhteydessä käsitellä epäsuoremmin. Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki ovat tarpeellisia menetelmätason kuhunkin alavaiheeseen sisältyvien taitojen kehittämiseksi. Mielestämme alavaiheet *viestintä* ja *reflektio* voivat hyödyttää oppimisprosessia, mutta ne eivät ole kyseisellä tasolla välttämättömiä. Oppilaiden täytyy tason tavoitteiden mukaisesti oppia asettamaan tutkimuskysymyksiä, muodostamaan hypoteeseja, suunnittelemaan tutkimuksia, käsittelemään laboratoriovälineitä sekä tekemään johtopäätöksiä.

Käsitteellinen taso:

Käsitteellinen taso tarkoittaa luonnon järjestelmien ja ilmiöiden tuntemusta. Luonnon järjestelmien ja ilmiöiden tuntemus (tieteelliset faktat, teoriat ja periaatteet) ovat tieteen opettamisessa ja oppimisessa kehittyvä toivottu tulos (Furtak et al., 2012). Kysymysten muotoiluun, hypoteesin muotoiluun, tutkimuksen suunnitteluun ja toteutukseen sekä aineiston tulkintaan liittyvät taidot eivät ole käsitteellisen tason kannalta keskeisiä. Kuvassa 6.2 esitetään käsitteellistä tasoa edistävät alavaiheet. Käsitteellisen näkemyksen keskiössä ovat alavaiheet *orientaatio* ja *johtopäätökset*. Alavaiheessa *orientaatio* oppilaat tutustuvat ilmiöön ja alavaiheessa *johtopäätökset* pohditaan uusia näkemyksiä ja käsitteiden muutoksia. Muut kuin käsitteellisen tason tärkeimmiksi luetut alavaiheet esitetään harmaalla värillä (kuva 6.2).

Episteeminen taso:

Episteemisellä tasolla viitataan 'luonnontieteellisen tiedon luonteeseen'. Tason tavoitteina on opettaa ja oppia, kuinka tieteellistä tietoa tuotetaan sekä ymmärtää, millaisia prosesseja tieteen tekijät työskennellessään noudattavat ja kuinka tutkimustuloksia validoidaan. Oppilaiden omien tutkimusten tuottamat löydökset ovat tämän tason yhteydessä olennaisen tärkeitä (Furtak et al., 2012). Yhdysvaltain tieteen opetuksen K-12-standardissa (NRC, 2012) käytetään termiä *tieteelliset käytännöt*, millä pyritään painottamaan sitä, kuinka tieteelliset tutkimukset vaativat paitsi taitoja, myös kunkin käytännön tuntemusta. Tutkivan oppimisen kontekstissa tieteellinen tutkimus alkaa aina tutkimuskysymyksestä ja/tai tutkimushypoteesista, joka johtaa seuraaviin vaiheisiin. Tässä yhteydessä on tärkeää huomauttaa, että tutkimuksen metodologia voi vaihdella. Käytettävät prosessit tulee kuitenkin valita tutkimuskysymyksen perusteella ja löydösten täytyy olla yhdenmukaisia kerättyjen tietojen kanssa. Niitä tulee myös käsitellä aiemman tiedon valossa. Toinen episteemisen tason edistämiseen liittyvä tärkeä seikka on, että oppilaiden tulee tuntiopetuksessa rakentaa ymmärrys siitä, miten tieteellinen tieto kehittyy ajan mittaan ja kuinka uudet tiedot saattavat toisinaan olla ristiriidassa aiempien kanssa.

Kuten edellisestä on nähtävissä, episteeminen taso liittyy kaikkiin tutkivan oppimisen alavaiheisiin; uskomme kuitenkin olevan järkevämpää esittää tieteellisten tutkimusten episteeminen puoli oppitunnilla tapahtuvien pohdintojen ja kriittisen ajattelun muodossa, mikä toimii hyvin etenkin silloin, kun oppilaat jakavat omia löytöjään. Tässä yhteydessä keskitytäänkin alavaiheisiin *viestintä* ja *reflektio* (ks. kuva 6.2), sillä luvussa 3 kuvatun tutkimussyklin pedagogisen kehyksen mukaan näihin alavaiheisiin liittyvät prosessit voidaan integroida kaikkiin muihin tutkimussyklin vaiheisiin tai käydä läpi sen päätteeksi (ks. luvun 3 kuva 3.3 aiheeseen liittyen).

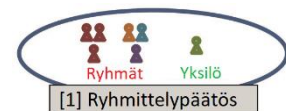
Sosiaalinen taso:

Sosiaalisella tasolla viitataan yhteistoiminnallisiin ja viestinnällisiin prosesseihin, joilla rakennetaan tieteellistä tietoa (Furtak et al., 2012). Kuten edellä mainittiin, eri tasoihin viittaaminen ei tarkoita, etteikö tiettyyn tasoon keskittyvää alavaihetta tarvita muilla tasoilla. Tämä käy hyvin ilmi esimerkiksi oppilaiden tehdessä ryhmätöitä tai keskustellessa tutkimustuloksista, mitkä ovat olennaisia konstruktivisen oppimisprosessin vaiheita. Kuten aiemmin kerrottiin, yhden oppitunnin aikana on mahdollista saavuttaa vain rajallinen määrä oppimistavoitteita. Eri tasot antavat viitteitä osaamista edistävästä oppimistavoitteista, joihin oppitunnilla keskitytään. Sosiaaliseen tasoon sisältyvät kriittisen ajattelun ja arvioinnin (omien ja toisten töiden) osaamista edistävät oppimistavoitteet sekä löydöksen jakamiseen ja ryhmätyöhön liittyvät taidot. Konstruktivistisen näkemyksen mukaan oppiminen on aktiivinen ja sosiaalinen prosessi (Walker, 2015). Aktiivisuudella tarkoitetaan sitä, että oppilaat rakentavat tietoa itsenäisesti (Schnotz, 2011). Prosessi on sosiaalinen myös siten, että oppilaiden suositellaan ottavan erilaisia kantoja havaitakseen puutteita, virheitä ja haasteita omassa oppimisessaan ja avatakseen tämän kautta uusia luovia polkuja (Neubert et al., 2001). Uudet näkökulmat tulevat mahdollisiksi yhteistoiminnallisuuden ja viestinnän kautta. Alavaiheet *viestintä* ja *reflektio* ovat siksi tärkeitä sosiaalisen tason edistämisessä (ks. kuva 6.2).

6.3 Eriyttämistyökalu

Kun opettaja on päättänyt, mihin tasoon oppitunnilla keskitytään, hänen tulee seuraavaksi tehdä eriyttämiseen liittyviä päätöksiä. Eriyttämisen suunnitteluun liittyy neljä vaihetta, joissa päätetään seuraavat seikat: [1] asetelman valinta; [2] alavaiheiden mahdollisen avoimuuden aste; [3] alavaiheet, joita kehitetään seuraavalle avoimuuden tasolle oikea-aikaisella tuella; sekä [4] oikea-aikaisen tuen menetelmien valinta. Kaikki nämä päätökset perustuvat oppilaiden tietojen ja taitojen ennakoarviointiin, jota kuvataan tarkemmin kohdassa 6.4.

[1] Asetelman valinta



Oppitunnille täytyy valita jokin asetelma. Pidetäänkö oppitunti homogeenisissä vai heterogeenisissä ryhmissä, vai työskentelevätkö oppilaat itsenäisesti?

Oppilaiden osaaminen vaihtelee eri alavaiheiden yhteydessä suuresti. Ensimmäisenä täytyy päättää, kootako taidoiltaan vastaavat oppilaat yhteen (homogeenisiksi ryhmiksi), kootako heterogeenisiä ryhmiä tai antaako oppilaiden työskennellä yksin. Jos oppilaat työskentelevät yksin, he voivat pyrkiä joko samoihin tai eri oppimistavoitteisiin. Toisin kuin yksin työskentely, ryhmätyöt korostavat sosiaalisuutta. Oppilaiden täytyy työskennellä yhdessä ja keskustella ideoistaan töitä suunnitellessaan,

toteuttaessaan ja arvioidessaan. Heterogeenisissä ryhmissä paremmin suoriutuvat oppilaat voivat valmentaa toisia. Homogeenisten ryhmien etuna on mahdollisuus antaa oppilaille tehtäviä, jotka ovat kaikille yhtä haastavia. Yksilötöissä on mahdollista vastata oppilaiden henkilökohtaisiin tarpeisiin. Kullakin sosiaalisella työmuodolla on omat etunsa ja haittansa. Tehtävään parhaiten sopiva sosiaalinen työmuoto täytyy siksi valita luokan ja sisällön mukaan.

[2] Alavaiheiden mahdollisen avoimuuden valinta



Opettajan täytyy päättää, kuinka avoimia hän haluaa alavaiheiden (orientaatio, kysymysten muodostaminen, hypoteesin muotoilu jne.) olevan kullekin ryhmälle tai yksin työskentelevälle oppilaalle (avoimuus, josta oppilaat tai ryhmät selviävät ilman apua/oikea-aikaista tukea). Riippumatta siitä, valitaanko ensimmäisessä eriyttämispäätöksessä oppilaiden työskentelevän yksin, heterogeenisissä tai homogeenisissä ryhmissä, seuraava ryhmiä ja alavaiheita koskeva päätös koskee aina tehtävien avoimuuden astetta. Avoimuutta on vaikeampaa määritellä heterogeenisille ryhmille, kuin yksittäisille oppilaille ja homogeenisille ryhmille. Heterogeenisten ryhmien avoimuus voidaan yleisesti määritellä kolmella tavalla:

- **Tapa 1:** Opettaja arvioi heikoimpien oppilaiden taitoja ja päättää avoimuuden tason näiden perusteella. Etu: Ketään oppilasta ei kuormiteta liikaa. Haitta: Opetus voi olla edistyneemmille oppilaille liian helppoa.
- **Tapa 2:** Opettaja arvioi parhaiten suoriutuvien oppilaiden taitoja ja päättää avoimuuden tason näiden perusteella. Edistyneemmät oppilaat toimivat mentoreina ja valmentavat muita oppilaita. Etu: Opetus ei ole liian helppoa kenellekään oppilaalle. Haitta: Hyvin suoriutuvilla oppilailla on paljon tehtävää (valmennus ja tutkimusprosessin vaatima pohdinta). Opetus voi olla liian vaikeaa heikommille oppilaille.
- **Tapa 3:** Opettaja arvioi keskitason oppilaita ja päättää avoimuuden tason näiden perusteella. Edistyneemmät oppilaat toimivat mentoreina ja valmentavat muita oppilaita. Etu: Opetus ei ole kenellekään oppilaista liian vaikeaa ja tehtävät (valmennus ja tutkimusprosessin vaatima pohdinta) jaetaan oppilaiden välillä. Haitta: Opetus voi olla liian vaikeaa heikommille oppilaille.

Esimerkki 6.1

Ilmiö. Linnut levittävät höyheniään kauemmas vartalostaan eli pörhistävät niitä talvella. Tämä saa aikaan paksumman ilmakerroksen höyhenten välillä, joka eristää lämpöä paremmin. Mahdollinen tutkimuskysymys voisi olla: "Miksi linnut levittävät höyheniään kauemmas vartalostaan talvella?"



Kuva 6.3: Vasen kuva: punarinta kesällä, The OtherKev, 2020; oikea kuva: punarinta talvella, Eckehard Jagdmann, 2016. Molemmat kuvat ovat saatavilla PixaBayssa (vapaan kaupallisen käytön lisenssi)

Esimerkiksi alavaiheita *hypoteesin muotoilu* ja *tutkimusten (kokeiden) suunnittelu ja toteutus* tarkastellessa voidaan huomata eroja eri ryhmissä työskentelevien oppilaiden välillä (tässä esimerkissä keskitytään vain näihin kahteen alavaiheeseen). Esimerkissämme on kaksi ryhmää, ryhmä 1 ja 2. Ryhmän 1 kohdalla päätetään oppilaiden pystyvän muotoilemaan hypoteesin tehtävän formaatin ollessa *enimmäkseen avoin*. Ryhmä 1 pystyy muotoilemaan hypoteesin sanakorttien avulla (näissä voi lukea vaikkapa ”ilma” tai ”eristys”). Ryhmälle 2 osoitetaan *jokseenkin avoin* formaatti. Ryhmä 2 tarvitsee avukseen joukon hypoteeseja, joista ryhmä valitsee yhden mahdollisen (valikoimaan voi sisältyä esimerkiksi hypoteesit ”paksumpi ilmakerros parantaa lämmön eristystä”, ”höyhenten pörhistäminen vähentää niiden kastumista”, tai ”höyhenten pörhistäminen auttaa kumppanin houkuttelussa”).

Päätetään, että ryhmälle 1 koe voidaan suunnitella *avoimessa* formaatissa ja ryhmälle 2 *jokseenkin avoimessa* (esimerkiksi: opettaja tarjoaa materiaalit ja oppilaat suunnittelevat niiden avulla kokeen; materiaaleja voivat olla: kaksi eri kokoista keitinlasia, kaksi yhtä suurta määrää höyheniä, kuumaa vettä, koeputkia ja lämpömittareita).

Samat päätökset tulee myös tehdä muiden alavaiheiden yhteydessä. Päätösten tuloksena on erilaiset asetelmat kahdelle esimerkkiryhmälle (ks. kuva 6.4).

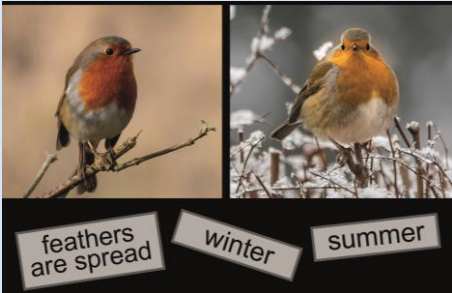
		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistäminen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksiensä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksiensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtavat esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistavat esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat
	Johtopäätökset	Oppilaat keskustelelevat heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 		Opettaja johtoinen Oppilas johtoinen			

Kuva 6.4: Esimerkkiryhmien asetelmat

Oppilaita voidaan tukea monin tavoin eri avoimuusasteilla. Seuraavassa taulukossa esitellään esimerkkejä näistä tavoista (ks. taulukko 6.1). Lukijaa kehoitetaan miettimään näiden pohjalta vaihtoehtoisia menetelmiä. Useimmat taulukossa esitellyt menetelmät perustuvat lintuesimerkkiin (esimerkki 6.1), mutta myös toisiin esimerkkeihin on viitattu niiden sopiessa paremmin.

Taulukko 6.1: Menetelmiä oppilaiden tukemiseksi avoimuuden asteissa

Alavaihe	Avoimuus	Idea/metodologia
Orientaatio	<i>suljettu</i>	▪ Opettaja kuvailee ilmiötä. Esimerkki: ”Linnut ojentavat talvisin höyheniään kauemmas kehostaan kuin kesällä, jotta höyhenten väliin pääsee enemmän ilmaa. Mistä tämä ilmiö johtuu?” ▪ Tehtävä koostuu kuvista (kuva 6.5) ja lyhyestä tekstistä: Punarinta pitää kesäisin höyheniään kehoaan vasten. Talvella lintu pörhistää höyheniään, mikä saa sen näyttämään pulleammalta. Höyhenten väliin jää enemmän ilmaa, mikä parantaa lämmön eristystä.
	<i>jokseenkin avoin</i>	▪ Ilmiön esittely (paikan päällä, videolta tai kuvin) vihjeiden avulla (ks. esimerkki kuvasta 6.5).  Kuva 6.5: Vihjein esitetty ilmiö Vasen kuva: punarinta kesällä, The OtherKev, 2020; oikea kuva: punarinta talvella, Eckehard Jagdmann, 2016. Molemmat kuvat ovat saatavilla Pixabayssa (kaupallisen käytön ilmainen lisenssi); kuvia on muokattu. ▪ Ilmiön ja sanakorttien esittely (ilmiön esittely paikan päällä, videolta tai kuvin) Oppilaat liittävät oikeat sanakortit ilmiöön (ks. esimerkki kuvasta 6.6).

		 Kuva 6.6: Ilmiö ja sanakortit ("höyhenet levitettynä" "talvi" "kesä") Vasen kuva: punarinta kesällä, The OtherKev, 2020; oikea kuva: punarinta talvella, Eckehard Jagdmann, 2016. Molemmat kuvat ovat saatavilla PixaBayssa (vapaan kaupallisen käytön lisenssi)
	enimmäkseen avoin	- Ilmiön esittely (paikan päällä, videolta tai kuvin) kehotusten avulla. Esimerkki: Mitä eroa kahdella kuvalla on (kuva 6.3)? - Oikean ilmiön ja siihen liittyvän väärän kuvan esittely. Oppilaiden täytyy tunnistaa kuvassa oleva(t) virhe(et). Opettaja näyttää luokalle videon, jossa näkyy erilaisia lintuja talvella (höyhenet pörheinä) ja kesällä (höyhenet lähempänä vartaloa). Videon jälkeen opettaja näyttää luokalle kaksi kuvaa, joissa toisessa on lintu talvella ja toisessa lintu kesällä. Linnut eivät kummassakaan kuvassa pörhistä höyheniään.
	avoin	- Ilmiön esittäminen videon avulla. - Ilmiön esittäminen kahden kuvan avulla (esimerkkinä ks. kuva 6.3). - Oppilaat tutkivat annettuja materiaaleja ja tekevät havaintoja ilmiöstä. Esimerkiksi kemian opetuksessa oppilaat saavat sekoittaa valkoisia jauheita (suolaa, sokeria, ruokasoodaa, pesupulveria ja sitruunahappopulveria) veteen. Joissakin kokeissa tuloksena on vaahtoa.

Kysymyksen muotoilu	<i>suljettu</i>	Opettaja antaa oppilaille tutkimuskysymyksen: ”Onko totta, että linnut levittävät talvisin höyheniään parantaakseen ilman eristystä?”
	<i>jokseenkin avoin</i>	- Oppilaat valitsevat annetusta valikoimasta kysymyksen, jonka perusteella tehdä kokeita. - Oppilaat muotoilevat kysymyksen sanakorttien avulla (kortit kattavat kaikki mahdolliset kysymyksiin tarvitut osat).
	<i>enimmäk- seen avoin</i>	- Opettaja antaa oppilaille joitain sanakortteja (esim. riippumattoman ja riippuvan muuttujan tai vain toisen näistä). Oppilaat päättelivät korttien avulla muut kysymyksen muodostamiseen tarvittavat sanat. - Oppilaat muotoilevat kysymyksen ryhmissä. Opettaja keskustelee ryhmien kanssa siitä, ovatko kysymykset tieteellisiä ja parantelee niitä yhdessä oppilaiden kanssa (koe edellyttää kausaalista tutkimuskysymystä).
	<i>avoin</i>	Oppilaat esittävät omia tutkimuskysymyksiään. Opettaja auttaa kysymysten kanssa vain, jos materiaali ei tarjoa tarpeeksi tietoa.
Hypoteesin muotoilu	<i>suljettu</i>	Opettaja muotoilee hypoteesin.
	<i>jokseenkin avoin</i>	- Oppilaat valitsevat yhden tai useamman hypoteesin annetuista vaihtoehdoista. - Oppilaat muotoilevat hypoteesin sanakorttien avulla (kortit kattavat kaikki mahdolliset hypoteeseihin tarvittavat osat). - Opettaja antaa oppilaille hypoteesiin johtavan lauseen alun: Oletan, että...; Jos..., tämä johtaa...; Mikäli... niin.
	<i>enimmäk- seen avoin</i>	Opettaja antaa oppilaille joitain sanakortteja (esim. riippumattoman muuttujan ja riippuvan muuttujan tai vain toisen näistä). Oppilaat päättelivät korttien avulla muita hypoteesiin tarvittuja sanoja.

		▪ Opettaja esittelee yhden mahdollisen hypoteesin ja oppilaat muotoilevat loput. Esimerkkinä kasvitieteen alalta, oppilaiden tulee määrittää itämistä edellyttävät olosuhteet. Opettaja esittää hypoteesin ”itäminen edellyttää lämmintä säätä” ja kehottaa oppilaita muotoilemaan muita hypoteeseja.
	avoin	▪ Oppilaat muotoilevat mahdollisen hypoteesin/hypoteeseja itse.
Kokeen suunnittelu ja toteutus	suljettu	▪ Opettaja antaa selvät ohjeet. ▪ Oppilaat saavat tehtävämonisteen, jossa on materiaaliluettelo, kuva tai piirros koeasetelmasta sekä ohjeet kokeen suorittamiseen. Oppilaat saavat myös kaikki kokeeseen tarvittavat materiaalit.
	jokseenkin avoin	▪ Oppilaat valitsevat ohjeet annetusta valikoimasta. Kaikkiin ohjeisiin sisältyy kaikki kokeen suorittamisen vaiheet. Oppilaiden täytyy päättää, mikä ohjeistus sopii hypoteesiin ja on mahdollista toteuttaa koulussa. ▪ Opettaja antaa oppilaille materiaalit. Koesuunnitelmaan tulee sisällyttää kaikki materiaalit. <i>Opettajan täytyy turvallisuussyistä tarkistaa koesuunnitelmat ennen kuin oppilaat ryhtyvät toteuttamaan niitä!</i>
	enimmäkseen avoin	▪ Opettaja antaa oppilaille materiaalit. Vain jotkin materiaaleista ovat kokeen suunnittelun kannalta hyödyllisiä/tarpeellisia. ▪ Opettaja antaa oppilaille vain osan materiaaleista (vihjeenä). Oppilaiden täytyy itse keksiä loput materiaaleista. <i>Opettajan täytyy turvallisuussyistä tarkistaa koesuunnitelmat ennen kuin oppilaat ryhtyvät toteuttamaan niitä!</i>
	avoin	▪ Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat kokeen ilman apua. <i>Opettajan täytyy turvallisuussyistä tarkistaa koesuunnitelmat ennen kuin oppilaat ryhtyvät toteuttamaan niitä!</i>
	suljettu	▪ Opettaja kerää oppilaiden hankkimat tiedot ja näyttää, miten ne esitetään (taulukko, kaavio tai muu graafinen esitystapa). Opettaja osoittaa muuttujien väliset suhteet ja selittää ne oppilaille.

Aineiston tulkinta	jokseenkin avoin	▪ Oppilaat esittävät omat koehavaintonsa. Muuttujien välisistä suhteista keskustellaan luokassa opettajan selkeällä johdolla. ▪ Oppilaat tulkitsevat tietoja ryhmissään tarkistuslistan avulla: (1) Onko riippumattomalla muuttujalla positiivinen kovarianssi (jos harvempi... niin harvempi) riippuvan muuttujan kanssa? KYLLÄ/EI; (2) Onko riippumattomalla muuttujalla negatiivinen kovarianssi (jos harvempi... niin harvempi) riippuvan muuttujan kanssa? KYLLÄ/EI; (3) Onko kokeen havainnoista mahdollista luoda pätevä johtopäätös? KYLLÄ/EI
	enimmäkseen avoin	▪ Oppilaat esittävät omat koehavaintonsa. Muuttujien välisistä suhteista keskustellaan luokassa (viikoittain, opettajan johdolla). ▪ Oppilaat tulkitsevat tietoja ryhmissä kehotusten pohjalta: Onko riippumattomalla muuttujalla näkyvä vaikutus riippuvaan muuttujaan vai ei? Millainen suhde niiden välillä on?
	avoin	▪ Oppilaat tulkitsevat tietoja ilman apua: Oppilaat valitsevat itse graafisen esitystavan tiedoilleen. Oppilaat tulkitsevat tietoja, osoittavat muuttujien väliset suhteet ja keskustelevat niistä.
Johtopäätökset	<i>suljettu</i>	▪ Opettaja esittää johtopäätökset. Hän esittää tarkoin muotoillun virkkeen tai tekstin, jossa kootaan yhteen kokeen tulokset ja vastataan tutkimuskysymykseen. Opettaja myös hyväksyy tai kumoaa hypoteesin, tai vähintään johtaa prosessia.
	jokseenkin avoin	▪ Oppilaat esittävät johtopäätökseen liittyvät ensiajatuksensa (vahvistuiko hypoteesi, saatiinko tutkimuskysymykseen vastaus). Johtopäätöksestä keskustellaan luokassa opettajan johdolla. ▪ Oppilaille annetaan kehotuksia: (1) Jos hypoteesisi oli oikein, missä kokeesi muunnelmassa voidaan havaita... ja missä ei? (2) Vertaile olettamuksiasi (vastaukset kehotukseen 1) havaintoihisi. (3) Vahvistuiko hypoteesisi vai kumoutuiko se?
	enimmäkseen avoin	▪ Oppilaat esittävät johtopäätökseen liittyvät ensiajatuksensa (vahvistuiko hypoteesi, saatiinko tutkimuskysymykseen vastaus). Johtopäätöksestä keskustellaan luokassa opettajan johdolla.

		▪ Oppilaat tekevät johtopäätöksiä ryhmissä kehotusten pohjalta: Saatiinko hypoteesiin vahvistus? Saatiinko tutkimuskysymykseen vahvistus?
	<i>avoin</i>	▪ Oppilaat muotoilevat johtopäätöksen ryhmissä ilman apua. He vastaavat tutkimuskysymykseen ja päättävät, saatiinko hypoteesiin vahvistus vai ei.
Viestintä	<i>suljettu</i>	▪ Opettaja kysyy suljettuja kysymyksiä. Oppilaat vastaavat joko kyllä tai ei. ▪ Viestintä on opettajakeskeistä. Oppilaiden tehtävänä on kuunnella ja esittää kysymyksiä.
	<i>jokseenkin avoin</i>	▪ Oppilaat esittävät kokeen ja löydöksensä ennalta määritellyn esitysrakenteen avulla. ▪ Vanhemmat tai paremmin suoriutuvat oppilaat valvovat toisia oppilaita näiden valmistellessa esitystä.
	<i>enimmäkseen avoin</i>	▪ Oppilaat esittävät kokeen ja sen tulokset luokan kanssa keskustellen, opettajan ohjatessa esitystä. ▪ Oppilaat esittävät kokeen ja sen tulokset luokan kanssa keskustellen, toisten oppilaiden ohjatessa esitystä.
	<i>avoin</i>	▪ Oppilaat esittävät kokeen ja sen tulokset ilman apua.
Reflektio	<i>suljettu</i>	▪ Opettaja pohtii tehtyjä kokeita ja niiden tuloksia.
	<i>jokseenkin avoin</i>	▪ Oppilaat pohtivat tehtäviänsä ennalta annettujen kysymysten avulla. Esimerkkikysymyksiä: (1) Voiko kysymystä pitää tutkimuskysymyksenä? (2) Onko hypoteesi asianmukainen? (3) Käytettiinkö muuttujien kontrollointistrategiaa? (4) Suoritettiin mittaukset toistuvasti? (5) Ovatko johtopäätökset päteviä?

		▪ Oppilaat pohtivat tuloksia tarkistuslistan avulla (ks. esimerkkinä kuva 6.7). Tarkista alla luetellut kohdat virheiden varalta ☐ Tutkimuskysymys ☐ Hypoteesi ☐ Kokeen suunnittelu ☐ Mittaukset ☐ Päätelmät Kuva 6.7: Reflektion tarkistuslista
	enimmäkseen avoin	▪ Oppilaat pohtivat oppimaansa luokan kanssa keskustellen. Opettaja ohjaa pohdintaa. ▪ Oppilaat pohtivat oppimaansa ryhmän kesken. Oppilaita ohjaa vanhempi tai edistyneempi oppilas.
	avoin	▪ Oppilaat pohtivat oppimaansa ilman apua.

[3] Oikea-aikaisen tuen avulla seuraavalle avoimuuden tasolle edistettävien alavaiheiden valinta



Oppilaiden osaamista tuetaan oikea-aikaisella tuella, jotta he voivat edistyä alavaiheiden avoimuuden tasoilla. Oikea-aikainen tuki auttaa myös oppilaita ymmärtämään tieteen tapaa luoda uutta tietoa (esim. Metz, 2004). Oppilaiden kokeiden suoritustaitoja on tarpeellista kehittää harjoituksin ja selityksin (Baur et al., 2019). Ensin täytyy päättää, minkä alavaiheiden osaamisen kehitystä halutaan tukea. Alavaiheet voivat vaihdella oppilasryhmien ja yksilöllisten oppilaiden välillä. Ryhmää tai yksilöllistä oppilasta koskeva valitun alavaiheen mahdollinen avoimuus (joka valitaan toisena päätöksenä; *alavaiheiden mahdollisen avoimuuden valinta*) pyritään viemään seuraavalle avoimuuden tasolle oikea-aikaisen tuen avulla (ks. neljäs päätös, oikea-aikaisen tuen menetelmien valinta). Ryhmän kesken on suositeltavaa yrittää kehittää vain yhtä tai kahta alavaihetta kerrallaan. Kehitettävät alavaiheet voidaan valita oppitunnilla kahdella eri tavalla.

- **Tapa 1:** Kukin ryhmä (tai yksin työskentelevät oppilaat) kehittävät omaa avoimuuden astettaan ja saavat siten mahdollisuuden edistää osaamistaan samassa alavaiheessa. Etu: Opettaja voi keskittyä kunnolla yhteen alavaiheeseen oikea-aikaisen tuen valinnassa/rakentamisessa sekä oppilaiden arvioinnin yhteydessä. Haitta: Kaikki ryhmät (tai yksin työskentelevät oppilaat) eivät välttämättä tarvitse valitun alavaiheen avoimuuden edistämistä. He saattavat jo työskennellä avoimesti tai tarvita suljetumman alavaiheen muodon.
- **Tapa 2:** Ryhmät edistävät oppimisensa avoimuutta ja saavat siten mahdollisuuden kehittää osaamistaan eri alavaiheissa. Etu: Kutakin ryhmää (tai yksin työskentelevää oppilasta) voidaan tukea oppimaan ryhmän (tai yksin työskentelevän oppilaan) kannalta tärkeitä taitoja. Haitta: Opettajalle voi olla haasteellista tarkastella kunkin ryhmän (tai yksin työskentelevän oppilaan) alavaiheita ja tarjota oikea-aikaista tukea eri alavaiheille. Luokan yhteiset alavaiheita koskevat pohdinnat voivat myös viedä paljon aikaa olla hämmentäviä oppilaille.

Esimerkki 6.2

Esimerkissämme kokeen sisältö näyttäytyy sopivana tilaisuutena edistää ryhmän 1 osaamista hypoteesin muodostamisessa. Tavoitteena on auttaa ryhmän jäseniä siirtymään avoimeen työskentelyn muotoon. Tämä on ainoa alavaihe, jossa olemme päättäneet edistää avoimuutta. Esimerkin sisältö on myös sopiva tilaisuus edistää ryhmän 2 osaamista kokeen suunnitteluun liittyen. Valitsimme tämän alavaiheen ja olemme päättäneet, että tämä on ainoa alavaihe, jossa avoimuuden astetta lisätään kyseisen ryhmän osalta. Esimerkissä valitsimme edellä mainituista tavoista vaihtoehdon 2: ”ryhmät edistävät avoimuutta eri alavaiheissa”.

		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistäminen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksensä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtävät esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistävät esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystävät
	Johtopäätökset	Oppilaat keskustelevat heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 		Opettajajohtoinen Oppilasjohtoinen			

Kuva 6.8: Avoimuuden kehittäminen seuraavalle tasolle oikea-aikaisen tuen avulla

[4] Oikea-aikaisen tuen menetelmien valinta



Viimeisenä eriyttämispäätöksenä valitaan sopiva oikea-aikaisen tuen menetelmä, jolla edistää valittua alavaihetta tai -vaiheita. Sopiva oikea-aikainen tuki tutkimusta tehdessä auttaa oppilaita ensin selättämään vaikeudet ja mahdollistamaan sitten tutkimuksen alavaiheiden suorittamisen entistä avoimemmin. Useat tutkijat ovat korostaneet oppilaille annetun tuen määrän sekä sopivan oikea-aikaisen tuen menetelmän valinnan olevan tärkeää tutkivassa oppimisessa (Arnold et al., 2014; Koksal & Berberoglou, 2014; Minner et al., 2010). Suurin haaste oikea-aikaisen tuen menetelmän valinnassa on löytää tasapaino jäsentämisen ja problematisoinnin välillä (Reiser, 2004). Jäsentäminen ja problematisointi ovat kaksi vastakohtaista mekanismia, jotka täytyy tasapainottaa tavalla, joka yksinkertaistaa monimutkaisia tutkimustehtäviä (ts. jäsentää) ja lisää paikallista monimutkaisuutta (ts. problematisoi), jotta oppilaat voivat suorittaa vaativia alatehtäviä. Oikea-aikaisen tuen menetelmät täytyy siksi valita huolellisesti ennen oppituntia. Opettajien täytyy kuitenkin valmistautua tarjoamaan oppilaille tarpeen mukaan spontaania oikea-aikaista tukea oppitunnilla.

Oheisessa taulukossa luetellaan keskeisiä alan tutkimuskirjallisuudessa esiteltyjä oikea-aikaisen tuen menetelmiä. Taulukon menetelmät eivät ole sisällöstä riippuvaisia. Kaikista menetelmistä esitetään kuitenkin esimerkkejä, joista osa on peräisin lähteinä käytetyistä tieteellisistä artikkeleista.

Taulukko 6.2: Luettelo oikea-aikaisen tuen menetelmistä

Oikea-aikaisen tuen menetelmä	Kuvaus/esimerkki	Viite
Kehotteet	Oppilaille annetaan kehotuksia kysymysten tai vihjeiden muodossa. Näiden tarkoituksena on muistuttaa oppilaita tiettyjen toimien, tehtävien ja oppimisprosessien suorittamisesta (de Jong & Lazonder, 2014). Kehotukset vaihtelevat oppilaiden senhetkisen oppimisprosessin mukaan. Kehotuksia voidaan tarjota suullisesti, kirjallisesti tai jopa tietokoneympäristöissä. Alla on joitakin esimerkkejä: <u>Kehotuksia hypoteesin muotoiluun:</u> ▪ Muotoile oma hypoteesisi mahdollisena vastauksena tutkimuskysymykseen. ▪ Tieteilijät tekevät keräämänsä tietojen pohjalta valistuneita arvauksia kokeidensa tuloksista. Pystytkö esittämään valistuneen arvauksen oman kokeesi lopputuloksesta? Tämä on hypoteesisi. ▪ Hyvän hypoteesin voi esittää muodossa ”jos... niin” <u>Kehotuksia kokeiden suorittamiseen:</u> ▪ Varmista ennen kokeen suorittamista, että olet käsitellyt muuttujia oikein. ▪ Sisältyykö kokeeseesi testi- ja kontrollikokeet? ▪ Onko muita, kuin tutkimuksen kohteina olevia muuttujia muutettu?	de Jong & Lazonder (2014)

	<u>Kehotuksia itsearvioivaan pohdintaan:</u> ▪ Keksitkö ensin ongelman ja muotoilitko hypoteesin sen perusteella? ▪ Muutitko vain yhtä muuttujaa kerrallaan? ▪ Piditkö kirjaa havainnoistasi? ▪ Oliko sinulla tarpeeksi todisteita päätelmän tueksi?	
Heuristiikka	Heuristiikka muistuttaa kehotuksia, mutta tarjoaa tarkennettua tukea. Termi tarkoittaa määritelmän mukaan toiminnan tai oppimisprosessin suoritustavan suosituksia (de Jong & Lazonder, 2014). Kehotusten ja heuristiikan eroa voidaan selittää seuraavalla hypoteesin muotoilua koskevalla esimerkillä: Kehotus voidaan ilmaista esimerkiksi muodossa ”hyvä hypoteesi voidaan muotoilla lauseeksi, jossa on jos... niin -rakenne” ja vastaava heuristinen lause esimerkiksi ”muotoile hypoteesi, jossa on jos... niin -rakenne. Aseta riippumaton muuttuja sanan <i>jos</i> perään ja riippuva muuttuja sanan <i>niin</i> perään”. Esimerkkejä heuristiikasta kokeiden suunnittelun ja toteutuksen aikana: ▪ VOTAT – Vary One Thing At a Time (”muuta yhtä asiaa kerrallaan”) (Tschirgi, 1980) ▪ Äärimmäisarvot – Kokeile oletettujen suhteiden rajoja äärimmäisillä arvoilla (Schunn & Anderson, 1999)	de Jong & Lazonder (2014); Tschirgi (1980); Schunn & Anderson (1999)
Tieteellisen kirjoittamisen	Vaikka tieteellisen kirjoittamisen heuristiikka onkin heuristiikan laji, se on esitetty taulukossa 6.2 muista erillään, sillä kyseinen lähestymistapa on pitkälle kehitetty ja tarjoaa oppilaille tietyn	Hand (2008)

heuristiikka (Science Writing Heuristic (SWH))

tyyppistä ohjausta tutkimusraporttien laadun kehittämiseksi. Lähestymistapaan sisältyy oppilaille tarkoitettu malli, joka ohjaa heitä kirjoittamaan argumentoivia tutkimusraportteja sekä opettajien malli, joka tukee heitä tieteellisen kirjoittamisen heuristiikan ja tutkivan oppimisen hyödyntämisessä tunneilla. Oppilaiden malliin kuuluu seitsemän vaihetta ja opettajien malliin kahdeksan.

Nämä mallit on kuvattu alla Handin (2008, s. 6–7) määritelmän mukaisesti:

<i>Opettajan SWH-malli</i>	<i>Oppilaat SWH-malli</i>
Vaihe 1: Yksin tai ryhmässä tapahtuvan käsitteen kartoituksen kautta suoritettava esiohjeistuksen ymmärryksen tutkiminen	Vaihe 1: Ensimmäiset ajatukset – Mitkä ovat kysymykseni?
Vaihe 2: Laboratoriotyötä edeltävät vaiheet, ml. epämuodollinen kirjoittaminen, havaintojen tekeminen, ideapalaverointi ja kysymysten esittäminen	Vaihe 2: Kokeet – Mitä tein?
Vaihe 3: Laboratoriotyöskentelyyn osallistuminen	Vaihe 3: Havainnot – Mitä näin?
Vaihe 4: Neuvotteluvaihe I – henkilökohtaisten ajatusten kirjoittaminen laboratoriotöinnästä (esim. lokikirjaan)	Vaihe 4: Mitä voin väittää?
Vaihe 5: Neuvotteluvaihe II – tietojen ja tulkintojen jakaminen ja vertailu pienryhmissä (esim. ryhmäkaavioita tekemällä)	Vaihe 5: Todisteet – Miten tiedän? Miksi esitän nämä väitteet?
Vaihe 6: Neuvotteluvaihe III – tieteellisten ajatusten vertailu tekstikirjoihin tai muihin painettuihin teoksiin (esim.	Vaihe 6: Lukeminen – Kuinka omat ajatukseni vertautuvat toisiin?

	<table><tr><td>kohdennuskysymysten kirjalliset vastaukset ryhmissä)</td><td></td></tr><tr><td>Vaihe 7: Neuvotteluvaihe IV – yksilöllinen pohdinta ja kirjoitus (esim. esityksen, kuten julisteen tai raportin luominen suuremmalle yleisölle)</td><td>Vaihe 7: Pohdinta – Kuinka ajatukseni ovat muuttuneet?</td></tr><tr><td>Vaihe 8: Ohjeistuksen jälkeisen ymmärryksen tutkinta käsitekartalla</td><td></td></tr></table>	kohdennuskysymysten kirjalliset vastaukset ryhmissä)		Vaihe 7: Neuvotteluvaihe IV – yksilöllinen pohdinta ja kirjoitus (esim. esityksen, kuten julisteen tai raportin luominen suuremmalle yleisölle)	Vaihe 7: Pohdinta – Kuinka ajatukseni ovat muuttuneet?	Vaihe 8: Ohjeistuksen jälkeisen ymmärryksen tutkinta käsitekartalla		
kohdennuskysymysten kirjalliset vastaukset ryhmissä)								
Vaihe 7: Neuvotteluvaihe IV – yksilöllinen pohdinta ja kirjoitus (esim. esityksen, kuten julisteen tai raportin luominen suuremmalle yleisölle)	Vaihe 7: Pohdinta – Kuinka ajatukseni ovat muuttuneet?							
Vaihe 8: Ohjeistuksen jälkeisen ymmärryksen tutkinta käsitekartalla								
	Oppilaille suunnattuun tieteellisen kirjoittamisen heuristiikan malliin kuuluu valikoima kysymyksiä, joilla oppilaat voivat jäsentää tieteellisiä argumentteja tarkastelemalla yhteyksiä tutkimuskysymysten, koeasetelmien, havaintojen, väitteiden ja todisteiden välillä. Tarkemmin ilmaistuna oppilaat kirjoittavat aluksi kysymyksen, joka johti heidät tutkimukseen (vaihe 1) ja raportoivat sitten koetta varten tekemänsä valmistelut ja muut toimenpiteet (vaihe 2), mukaan lukien tehdyt havainnot ja kerätyn aineiston (vaihe 3). Kun oppilailla on aineisto ja havainnot, he vastaavat tutkimuskysymykseen tieteellisen väitteen muodossa (vaihe 4), jota he tukevat aineiston analysoinnin ja tulkinnan kautta hankkimillaan todisteilla (vaihe 5). Oppilaat vertailevat sitten löydöksiään toisten löydöksiin ja ideoihin, keskustelevat työnsä laadusta ja siitä, kuinka vahvasti heidän väitteensä perustuvat todisteisiin (vaihe 6). Lopuksi he pohtivat työtään ja selittävät, kuinka heidän ajatuksensa ovat muuttuneet ja heidän ymmärryksensä kehittynyt (vaihe 7).							
Oikea-aikaisen tuen	Oikea-aikaisen tuen kritiikin kehys (SCF) luotiin täydentämään yllä esiteltyä tieteellisen	Jang & Hand (2017)						

kritiikin kehys (Scaffolded Critique Framework, SCF)	kirjoittamisen heuristiikkaa (SWH) sekä tukemaan oppilaiden kriittisiä ajattelu- ja arviointitaitoja. SCF-mallin avulla oppilaat voivat validoida väittämäänsä tallentamalla keräämiänsä tiedonlähteitä ja vertaamalla keräämiään tietoja ajatuksiinsa, väitteisiinsä ja todisteisiinsa. SCF on omanlaisensa kehoitus, joka nivoutuu tieteellisen kirjoittamisen heuristiikan kuudenteen vaiheeseen, lukemiseen, jossa oppilaat vertailevat omia ajatuksiaan lähdemateriaaleihin. Oikealla oleva kuva esittelee SCF-mallin (Jang & Hand, 2017, s. 1219). SCF:n ensimmäinen vaihe on tallentaa tietoa tietystä lähteestä. Toisessa vaiheessa tallennettuja tietoja vertaillaan oppilaan väitteeseen ja todisteisiin. Vertailusta on hyötyä tieteellisen kirjoittamisen heuristiikan kuudennen vaiheen kirjoitustehtävässä, sillä sen avulla oppilaat voivat analysoida, kritisoida ja syntetisoida useita kilpailevia ideoita omia argumentteja kehitellessään. Kuva 6.10: SCF-malli Kritiikin viitekehys Ulkopuolisten asiantuntijoiden huomautukset (epämuodolliset tekstit, internet, tietosanakirjat jne.) Lähde: Tekijä: Otsikko: Tiedot: (Mitä tiedän lähteestä?) Kuinka lähteen tiedot vertautuvat väittämäni/todisteisiini?	
Kokeen suunnittelua jäsentävät	Jäsentävien kysymysten tarkoituksena on saada oppilaat pohtimaan, mitä kaikkia tärkeitä asioita heidän täytyy ottaa huomioon koetta suunnitellessaan. Oppilaille annetaan kysymykset tehtävän muodossa, johon ne muotoilevat omat vastauksensa.	Arnold et al. (2014)

kysymykset	Esimerkiksi: ▪ Miten riippuva muuttuja kannattaisi mitata? ▪ Miten riippumatonta muuttujaa kannattaisi muuttaa? ▪ Mitä muuttujia täytyy kontrolloida?	
Vihjeet muuttujien mittaamiseen	Oppilaille annetaan vihjeitä ohjeistuksellisen tuen muodossa (esim. tietojen suora esittäminen). Tarkoituksena on auttaa heitä määrittelemään riippuva muuttuja operatiivisesti ja siten selvittää, miten se tulee mitata. Seuraavassa esimerkissä (Arnold et al. (2014, s. 2748) kuvataan tämän oikea-aikaisen tuen menetelmän käyttöä: <u>Tutkimuskysymys:</u> <i>”Vaihtelee ko entsyymien toiminta lämpötilan mukaan?”</i> <u>Operationalisointia tukeva tieto vihjeen muodossa:</u> <i>”Lipaasien voi havaita toimivan, jos niille annetaan maitotiivisteiden kaltaista rasvaista nestettä. Lipaasit hajottavat rasvan rasvahapoiksi ja glyseriiniksi. Tästä aiheutuvat rasvahapot saavat pH-arvon laskemaan ja liuoksen muuttumaan emäksisemmäksi. Liuoksen pH-arvon tulee olla 11, jotta pH-eroja voidaan havaita. Liuoksen pH-arvoa voidaan säädellä natriumkarbonaatilla”.</i>	Arnold et al. (2014)
Askelittaiset apukortit	Oppilaita voidaan aina tarpeen tullen tukea askelittaisilla apukorteilla, joita he saavat käyttää vapaasti. Korttien järjestys on ennalta määrätty, sillä ne rakentuvat toistensa varaan. Oppilaat saavat valita, montaako korttia he haluavat käyttää. Alla on Arnoldin (Arnold et al. 2014, s. 2748) esimerkki korttien käytöstä: Aiheena on entsyymin toiminta. Oppilaat saavat seuraavat riippuvaa muuttujaa koskevat apukortit:	Arnold et al. (2014); Schmidt-Weigand et al. (2009)

	<i>“(1) riippuva muuttuja on tekijä, jonka on tarkoitus muuttua riippumattoman muuttujan perusteella. Pohdi, mikä on oman tutkimuksesi riippuva muuttuja.</i> <i>(2) Oman tutkimuksesi riippuva muuttuja on ’entsyymien toiminta’ tai ’lipaasin toiminta’. Pohdi, miten kyseistä riippuvaa muuttujaa voidaan mitata.</i> <i>(3) Lipaasi hajottaa nestemäisessä rasvassa olevan rasvan rasvahapoiksi ja glyseriiniksi. Rasvahapot tekevät liuoksen pH-arvosta happaman. Pohdi, miten lipaasin toimintaa voidaan mitata.</i> <i>(4) Lipaasin entsyymitoimintaa voidaan mitata pH-arvon avulla. Jos lipaasi laitetaan rasvaiseen nesteeseen, kuten maitotiivisteseen, nesteen tulisi käydä happamemmaksi, mikä voidaan mitata pH-mittareilla.”</i>	
Käsitesarjakuvat (Concept cartoons)	Käsitesarjakuvat esittelevät oppilaille kognitiivisen konfliktin ja motivoivat heitä ymmärtämään käsitteitä paremmin sekä luomaan omia selityksiään. Niillä voidaan siten inspiroida oppilaiden omia ajatuksia tietyistä aiheista/ilmiöstä <i>orientaatio</i>-alavaiheessa tai auttaa heitä pohtimaan saamiaan tietoja ja rakentamaan omia selityksiään osana <i>keskustelu</i>-vaihetta. Sen lisäksi sarjakuvien avulla voidaan tukea menetelmätiedon ymmärrystä ja auttaa oppilaita ymmärtämään luonnontieteellisen tiedon luonnetta. Käsitesarjakuvilla voidaan esimerkiksi esitellä koeasetelma tai siihen liittyviä virheitä osana alavaihetta <i>kokeen suunnittelu ja toteutus</i>. Kuvassa 6.9 on esimerkki sarjakuvien käytöstä (Atasoy & Ergin, 2017, s.72):	Atasoy & Ergin (2017); Keogh & Naylor (1999); Lubben et al. (2001);



Kuva 6.9: Käsitesarjakuva

Mies hyppää kelluvasta veneestä laiturille. *Mitä mieltä olet? Perustele vastauksesi. Yritä keksiä samankaltaisia käytännön fysiikan ilmiöitä ja keskustele niistä sarjakuvaan verraten.*

**Opettajalähtöinen
metakognitiivinen
oikea-aikainen tuki**

Opettaja kysyy oppilailta tutkimustehtäviin liittyviä kysymyksiä oppitunnin päätteeksi tai milloin vain sen aikana. Näiden kysymysten tarkoituksena on stimuloida oppilaiden metakognitiivisia taitoja. Kaikki oppilaat osallistuvat keskusteluun ja pohtivat sekä kysyttyjä kysymyksiä että oppitovereiden vastauksia. Opettaja ei anna palautetta ja kannustaa oppilaita arvioimaan

Wu & Pederson (2011)

	vertaistensa vastauksia. Wun ja Pedersenin (2011, s. 2360) mukaan tällainen ääneen pohdinta auttaa kaikkia oppilaita säätelemään omaa oppimiskäyttämistään. Esimerkiksi: ▪ Kuka haluaa esittää vastauksen tehtävänsä pääkysymykseen? ▪ Jatko: Selitä ajatteluasi. ▪ Miten te muut (vertaiset) arvioitte tätä vastausta? ▪ Jatko: Millä tieteellisellä tiedolla kysymykseen voidaan vastata? ▪ Jne.	
--	--	--

Yllä taulukossa 6.2 esitetyt tiedot kuvaavat vain muutamia oikea-aikaisen tuen menetelmiä, joista aiheen kirjallisuudessa keskustellaan. Opettajia kannustetaan kuitenkin inspiroitumaan onnistuneista keinoista ja keksimään uusia menetelmiä tai yhdistelemään niitä tutkivaa oppimista suunnitellessaan.

Esimerkki 6.3

Aiemmissa esimerkeissä (esimerkit 6.1 ja 6.2) kuvatus ryhmän 1 alavaiheen *hypoteesin muotoilu* avoimuutta voidaan yrittää edistää *enimmäkseen avoimesta* kohti *avointa* tarjoamalla oikea-aikaista tukea heuristiikalla ja askelittaisilla apukorteilla.

Heuristiikka voidaan muotoilla seuraavalla tavalla ja tarjota oppilaille kirjallisesti:

(1) Valitse kaikki mahdolliset ilmiöstä tunnistettavat muuttujat. Pohdi seuraavia:

- riippumattomat muuttujat (muuttujat, jotka aiheuttavat vaikutuksen)
- riippuvat muuttujat (muuttujat, jotka tekevät vaikutuksesta näkyvän)
- muuttumattomina pidettävät muuttujat

(2) Muotoile hypoteesi käyttäen riippumatonta ja riippuvaa muuttujaa/muuttujia.

Askelittaiset tukikortit voivat olla esimerkiksi seuraavanlaisia:

Apukortti 1: Riippumaton muuttuja tulee hypoteesissa sanan ”jos” jälkeen (Jos... niin).

Apukortti 2: Riippuva muuttuja tulee hypoteesissa sanan ”niin” jälkeen (Jos... niin).

Ryhmää 2 tuetaan alavaiheessa *kokeen suunnittelu ja toteutus* oikea-aikaisella tuella, jotta nämä voivat siirtyä avoimuudessa *jokseenkin avoimesta* kohti *enimmäkseen avointa*. Oikea-aikaista tukea annetaan kehotusten ja askelittaisten apukorttien muodossa.

Kehotukset voidaan muotoilla seuraavan kaltaiseksi lauseiksi:

Sisältyykö kokeeseesi testi- ja kontrollikokeet?

Pysyvätkö kaikki ei-tutkitut muuttujat vakioina?

Askelittaiset tukikortit: Tukikortit, jotka antavat tutkimusmateriaaleihin liittyviä vihjeitä (esim. kortti 1, 2 ...: Seuraavat materiaalit eivät ole välttämättömiä: ...; viimeinen kortti: Käytä suunnittelussa seuraavia materiaaleja: ...).

		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistäminen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksensä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtävät esim. listasta	Oppilaat suunnitella tutkimuksen tue	Oppilaat suunnitella tutkimuksen tue
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkintatavasta esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat aineistoa esim. annettujen ohjeiden avulla	Oppilaat tulkitsevat aineistoa esim. annettujen ohjeiden avulla
	Johtopäätökset	Oppilaat keskustelelevat heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetuista listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 		Opettajajohtoinen Oppilasjohtoinen			

Kuva 6.11: Oikea-aikainen tuki

Näiden oikea-aikaisen tuen esimerkkimenetelmien lisäksi (taulukko 6.2) tulee ottaa huomioon digitaalisten oppimisympäristöjen mahdollisuudet oikea-aikaisessa tuessa. Tällaisissa oppimisympäristöissä oikea-aikaista tukea voidaan soveltaa tavallista menestyksekkäämmin, sillä sekä opettajat että oppilaat voivat hyötyä ohjelmistotyökaluista, oppimisanalytiikoista sekä reaaliaikaisesta automaattipalautteesta. Aktiviteettien ja tuen määrää voidaan lisäksi mukauttaa erilaisilla oikea-aikaisen tuen menetelmillä jo ennen oppituntia.

Aiheesta tehdyn tutkimuksen mukaan huolellisesti suunniteltu tietokoneavusteinen tuki tehostaa oppimista tarjoamalla moninaisempia oppimismenetelmiä ja mahdollisuuksia seurata oppilaiden edistymistä (Alfieri et al., 2011; Slavin et al., 2014; van Joolingen & Zacharia, 2009). Tällaiset oppimisympäristöt voivat kuitenkin olla oppilaille haastavia kognitiivisen ja metakognitiivisen monimutkaisuutensa takia (Azevedo, 2005; Scheiter & Gerjets, 2007). Oikea-aikainen tuki onkin tässä yhteydessä osoittautunut lupaavaksi tavaksi käsitellä oppilaiden vaikeuksia. Oikea-aikaisen tuen käyttöä näissä ympäristöissä pidetäänkin olennaisen tärkeänä (D'Angelo et al., 2014).

Oikea-aikaisen tuen soveltamisessa perinteisessä luokassa voidaan tietokoneavusteiseen ympäristöön verrattuna havaita yksi tärkeä ero. Perinteisessä luokassa opettaja voi yhdistellä mitä tahansa oikea-aikaisen tuen menetelmiä kunkin oppilasryhmän kohdalla milloin vain, kun taas tietokonevälitteinen oikea-aikainen tuki täytyy määritellä ennalta, mikä rajoittaa opettajan mahdollisuuksia (ks. tässä

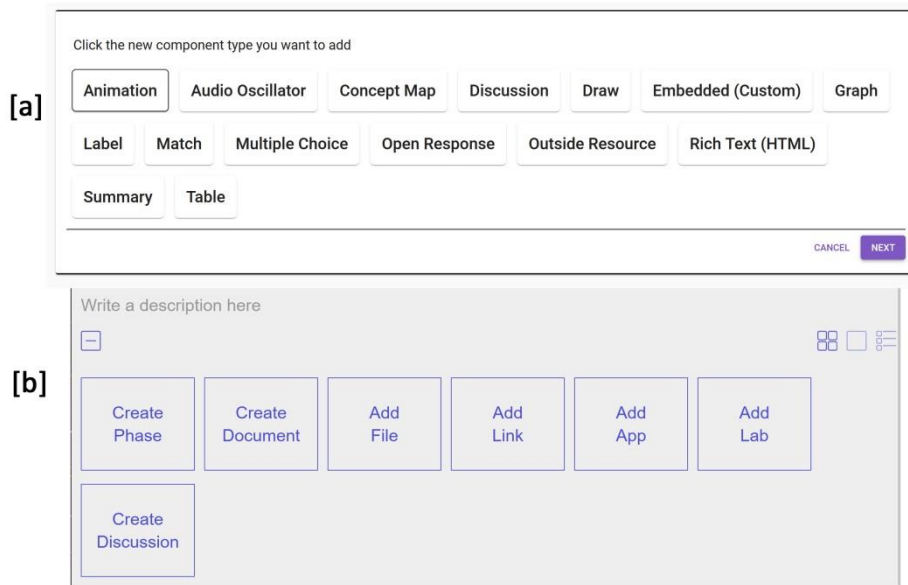
yhteydessä oikea-aikaisen tuen jakaminen kovaan ja pehmeään tukeen luvussa 2: *Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki*). Voidaan kuitenkin myös väittää, että mikäli tietokoneavusteinen oppimisympäristö suunnitellaan huolellisesti ja oppilaat voivat helposti valvoa omaa oppimistaan, opettajalle jää enemmän aikaa valvoa oppimista reaaliajassa ja antaa spontaania palautetta tarpeen mukaan. Tästä syystä uskomme, että useiden lähteiden integrointi oikea-aikaiseen tukeen, joko opettajan tarjoamana tai muiden oppimateriaalien (esim. apukorttien) tai teknologian avulla, saattaa tehostaa yksittäisiä lähteitä toisiaan täydentävästi.

Kaikki taulukossa 6.2 esitellyt oikea-aikaisen tuen menetelmät voidaan helposti sisällyttää tietokonepohjaiseen ympäristöön. Nykyään on myös saatavilla lukuisia internetissä toimivia oppimisen hallintajärjestelmiä (learning management systems; LMS), jotka sisältävät työkaluja verkko-oppituntien laatimiseen ja toteutukseen. WISE¹ ja Graasp² ovat opettajien yleisesti käyttämiä tutkivaa oppimista tukevia ilmaisia alustoja. Kumpikin näistä tarjoaa ominaisuuksia, joilla käyttäjät voivat joko rakentaa omia interaktiivisia oppimisympäristöjään alusta asti tai mukauttaa alustalla jo julkaistuja ympäristöjä. Oppituntiin voidaan sisällyttää esimerkiksi tekstiä, videoita, kuvia, animaatioita, simulaatioita sekä oppimissovelluksia, kuten työkalut käsitekarttojen, kysymysten ja kaavioiden luomiseen (ks. kuva 6.12). Graasp tarjoaa lisäksi oppimissovelluksia, jotka tukevat oppilaita oikea-aikaisesti suorittamaan tiettyjä tutkivia oppimistehtäviä, kuten muotoilemaan hypoteesin, suunnittelemaan kokeita ja tekemään johtopäätöksiä.

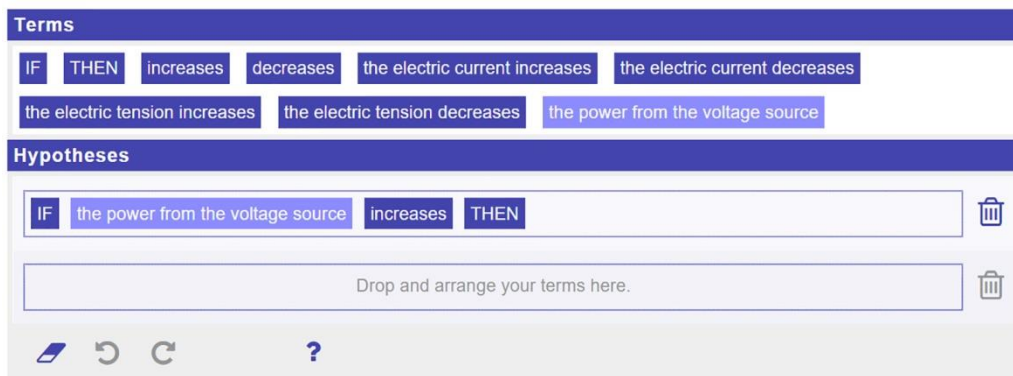
Tarkempi katsaus Graaspin tutkivan oppimisen oikea-aikaisen tuen sovelluksiin osoittaa, että monet näistä työkaluista voidaan määrittää mitä tahansa sisältöä varten ja kaikkien oppilaiden (tai ryhmien) tarpeisiin. Hypothesis Scratchpad -työkalu antaa esimerkiksi oppilaille työkalun hypoteesin muotoiluun. Käyttäjä voi muotoilla hypoteesin raahaamalla ja pudottamalla ennalta määriteltymiä ehtoja ja käsitteitä työkalun ylälaidasta alla olevaan tilaan (kuva 6.13). Oppilaat voivat myös kirjoittaa työkaluun omia sanojaan ja lauseitaan, joita käyttää hypoteesissa. Oppilaille annetaan tutkimukseen liittyviä tehtäviä opettajan päätöksen ja tietysti oppilaan tarpeiden mukaan. Opettaja voi lisäksi määrittää, kuinka monta hypoteesia oppilaiden odotetaan muodostavat lisäämällä työkalussa tyhjiä laatikoita ja joko ennalta laadittuja tai osittain valmiita hypoteeseja.

¹ wise.berkeley.edu/

² graasp.eu/

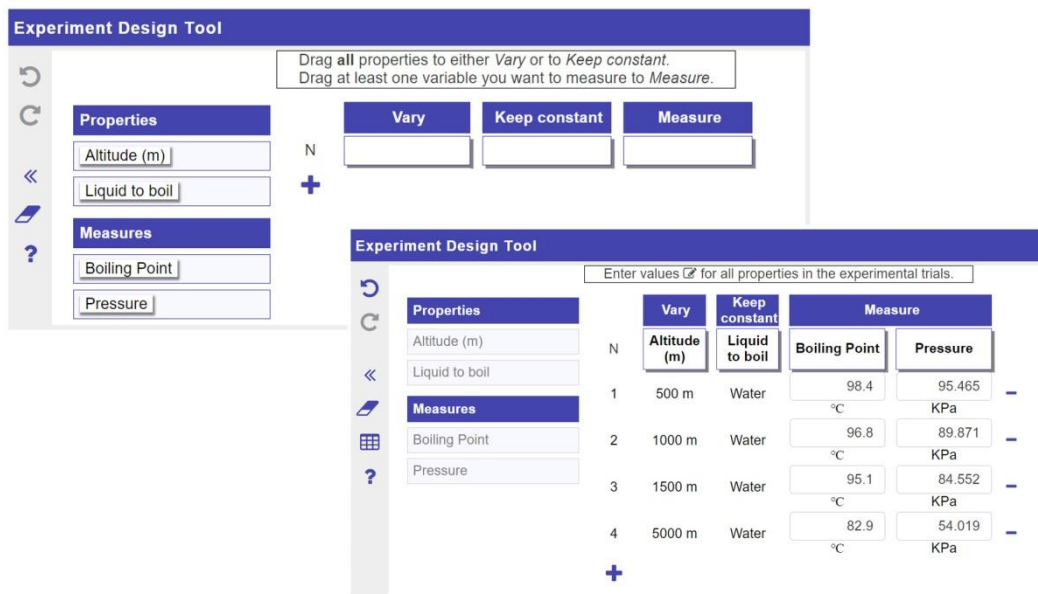


Kuva 6.12: Tutkimustilaan lisättävissä olevat kohteet a) WISE-alustalla ja b) Graasp-alustalla.



Kuva 6.13: Graasp-alustan Hypothesis Scratchpad -työkalun esimerkkimääritelmät

Experiment Design on toinen Graaspin tarjoama mielenkiintoinen oikea-aikaisen tuen työkalu (kuva 6.14). Tämä työkalu jakaa oppilaille usein monimutkaisena näyttäytyvän tutkimuksen suunnitteluprosessin kolmeen vaiheeseen. Oppilaat aloittavat tunnistamalla riippumattomat, kontrolloitavat ja riippuvat muuttujat, antavat muuttujilleen arvot ja suunnittelevat lopuksi tarvittavat kokeet. Opettaja voi muokata työkalun vasemmassa laidassa näkyviä ominaisuuksia ja mittoja sekä vaikuttaa oikea-aikaisen tuen määrään antamalla oppilaiden suoritettavaksi yhden tai kaikki kolmesta työkalun vaiheesta. Jos opettaja päättää antaa oppilaille valmiin koeasetelman, oppilaiden tarvitsee vain tallentaa itsenäisten muuttujien arvot. Siinä tapauksessa tutkivan oppimisprosessin alavaihe *kokeen suunnittelu ja toteutus* on suljettu, kun taas jos oppilaiden täytyy suorittaa työkalun kolme askelta, alavaiheen avoimuus muuttuu *jokseenkin avoimeksi*.



Kuva 6.14: Esimerkki Experiment Design -työkalun määrittämisestä Graasp-työkalussa

Kuten aiemmin mainittiin, uskomme olevan hyödyllistä käyttää useita oikea-aikaisen tuen keinoja ja yhdistellä useita menetelmiä, jotka auttavat oppilaita siirtymään avoimempaan alavaiheen muotoon. Tietokoneavusteista oikea-aikaista tukea suositellaan käytettävän etenkin haastavissa opetustilanteissa, josta COVID-19-pandemia on toiminut esimerkkinä. Pandemian keskeisimpiä vaikutuksia opettamiseen olivat siirtyminen etäopetukseen sekä opettajien ja koululaitosten nopea valmistautuminen uuteen tilanteeseen (Chiemeke & Imafidor, 2020). Oppilaiden saama tuki nousi myös tänä aikana puheenaiheeksi (Huber & Helm, 2020). Tässä luvussa esittelemiämme oikea-aikaisen tuen menetelmiä voidaankin käyttää monin tavoin ja opettajien tutkivaa opetusta voidaan tukea myös teknologialla.

6.4 Arviointi eriyttämisen suunnittelua ja toteutusta varten

Kun opettaja alkaa suunnitella oppitunnin (tai pidemmän opetusjakson) eriyttämistä, hänen täytyy määrittää odotetut oppimistavoitteet ja mitä oppilailta edellytetään niiden saavuttamiseksi. Opettajan täytyy toisin sanoen eriyttää oppilaita näiden yksilöllisen *valmiuden*³ mukaan. Tällä tarkoitetaan sitä, kuinka lähellä oppilas on määritettyjä oppimistavoitteita (Tomlinson & Moon, 2013). Valmiutta täytyy arvioida ennalta formatiivisilla arviointitavoilla, joihin viitataan tässä tiivistetysti *esiarviointina*. Oppituntia toteuttaessaan opettajan täytyy arvioida oppilaiden edistymistä formatiivisesti, mitä kutsutaan *jatkuvaksi arvioinniksi*. Nämä kaksi formatiivisen arvioinnin vaihetta ovat olennaisen

³ Eriyttämistä voidaan tehdä oppilaiden valmiuksien, kiinnostusten ja oppimisprofiilin perusteella (Tomlinson & Moon, 2013, Boyle & Charles, 2014). Tämä luku käsittelee vain valmiutta.

tärkeitä eriyttämisen onnistumisen kannalta, sillä suunnittelun täytyy perustua oppilaiden ennakkotietoihin ja -taitoihin ja oikea-aikaisen tuen tarve ja soveltuvuus opetuksessa täytyy perustella jatkuvalla formatiivisella arvioinnilla.

(A) Eriyttämispäätösten 1–4 esiarviointi

Opettajilla on yleensä pitkän aikavälin käsitys oppilaidensa tietoista ja taidoista, joka perustuu aiempiin keskusteluihin, havaintoihin ja koetuloksiin. Näitä tietoja käytetään luonnollisesti oppilaiden yksilöllisten eriyttämistarpeiden suunnittelussa. Varsinainen esiarviointi voidaan suorittaa monella eri tapaa ja sen kesto voi vaihdella suuresti. Opettaja voi esimerkiksi keskustella oppilaiden kanssa tarkastelussa olevasta ilmiöstä epämuodollisesti ennen varsinaista opetusta. Yleinen menetelmä on esittää käsitteellinen monivalintakysymys tai käsitesarjakuva (ks. taulukko 6.2), antaa oppilaiden miettiä hetken aikaa yksin tai ryhmissä ja kerätä oppilaiden vastaukset vastauskorteilla (esim. A–D). Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää vastausjärjestelmää (classroom response system; CRS), joka kokoaa oppilaiden vastaukset ja esittää ne ruudulla esimerkiksi pylväsdiagrammina. Opettaja saa täten nopeasti tietoa oppilaiden käsitteellisestä ymmärryksestä ja voi suunnitella opetuksen seuraavat vaiheet sen perusteella. CRS:llä on useita etuja, kuten nopea vastausten kerääminen sekä mahdollisuus esittää oppilaiden vastaukset nimettöminä, mikäli nämä eivät halua esittää ajatuksiaan ääneen. CRS:ää voidaan käyttää painonapeilla, jolloin jokaisella oppilaalla on oma syöttölaite vastaamista varten. Saatavilla on myös useita ilmaisia mobiilisovelluksia, kuten Socrative, Kahoot ja Mentimeter, joita voidaan käyttää vastausjärjestelminä älylaitteiden tai tietokoneiden kautta. Strukturoitu esiarviointi suoritetaan usein esimerkiksi käsitteellisten kokeiden tai kiinnostuksia kartoittavien kyselyiden muodossa. Kyselyt vievät enemmän aikaa, mutta ne voivat olla erittäin hyödyllisiä pidempää opetusjaksoa suunnitellessa.

Ensimmäinen eriyttämispäätös (ks. kuva 6.15 tai 6.1) on *ryhmittely*, johon sisältyy myös mahdollisuus työskennellä yksin. Joustava ryhmittely on olennainen osa tehokasta eriyttämistä (Boyle & Charles, 2014; Tomlinson & Moon, 2013). Ryhmittelyä vaihdellaan usein, jolloin oppilaat pääsevät työskentelemään yhdessä omalla tai eri tasolla olevien oppilaiden kanssa. Sopivin ryhmittelypäätös riippuu tehtävästä ja muista olosuhteista, kuten yksilötaidoista, mutta sen tulee aina perustua esiarviointiin. Kuvitellaan vaikkapa opettajan saavan tietää käsitteellisen kysymyksen avulla, että osalla oppilaista on virhekäsitys, kuten että ”sähkövirta kuluu sen virratessa suljetun piirin läpi”. Opettaja muodostaa oppilaista homogeenisiä ryhmiä ja antaa heille tehtäväksi mitata virtaa akusta ja hehkulampuista koostuvan suljetun piirin eri kohdista. Opettaja saattaa antaa toiselle ryhmälle erilaisen tehtävän riippuen heidän suljettuun virtapiiriin liittyvästä virhekäsityksestään. Jollain toisella oppitunnilla opettaja voi muodostaa heterogeenisen ryhmän, sillä hän tietää kuinka käyttää toisia oppilaita vertaisoppimisen resurssina. Yksin työskentely on toisinaan oikea vaihtoehto, esimerkiksi jos

oppilaalla on väliaikaisia vaikeuksia toimia toisten kanssa, jos tehtävässä täytyy käyttää mikroskoopin kaltaista teknistä välinettä, jota voi käyttää vain yksi oppilas kerrallaan tai jos yksin työskentely johtaa vertaisoppimiseen, kuten palapelimenetelmässä, jossa eri oppilaat oppivat eri asioita ja opettavat niitä sitten toisilleen.

Toinen eriyttämispäätös koskee kunkin ryhmän tai yksilön tutkimusprosessin alavaiheiden avoimuutta. Toinen päätös liittyy erottamattomasti ensimmäiseen, sillä opettaja voi ryhmitellä oppilaat heidän senhetkisten kykyjensä mukaan liittyen tiettyyn alavaiheeseen. Yksilöllisten oppilaiden ja homogeenisten ryhmien kohdalla opettaja voi arvioida sopivaa avoimuuden tasoa perustuen oppilaiden ennakkotietoihin. Heterogeenisten ryhmien osalta toisen ja kolmannen eriyttämispäätöksen kohdalla voidaan suunnitella tehtävä, joka on mahdollinen vähemmän edistyneille oppilaille, mutta silti haastava edistyneemmille. Edistyneemmät oppilaat voivat tukea muuta ryhmää.

Kolmas eriyttämispäätös liittyy sekin ensimmäiseen ja toiseen päätökseen. Opettajan tulee valita oikea tutkimusprosessin edistettävä alavaihe saatavilla olevien tietojen perusteella.

Neljännän eriyttämispäätöksen (oikea-aikainen tuki) ennalta suunniteltu kova oikea-aikainen tuki (ks. luku 2, Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki) tulee suunnitella esiarvioinnin perusteella. Eri oppilaat tai ryhmät voivat hyötyä erilaisista kovan oikea-aikaisen tuen menetelmistä. Opettaja voi esimerkiksi valmistella eri vaikeustasoille sopivia kehotuksia tai askelittaisia apukortteja (ks. taulukko 6.2).

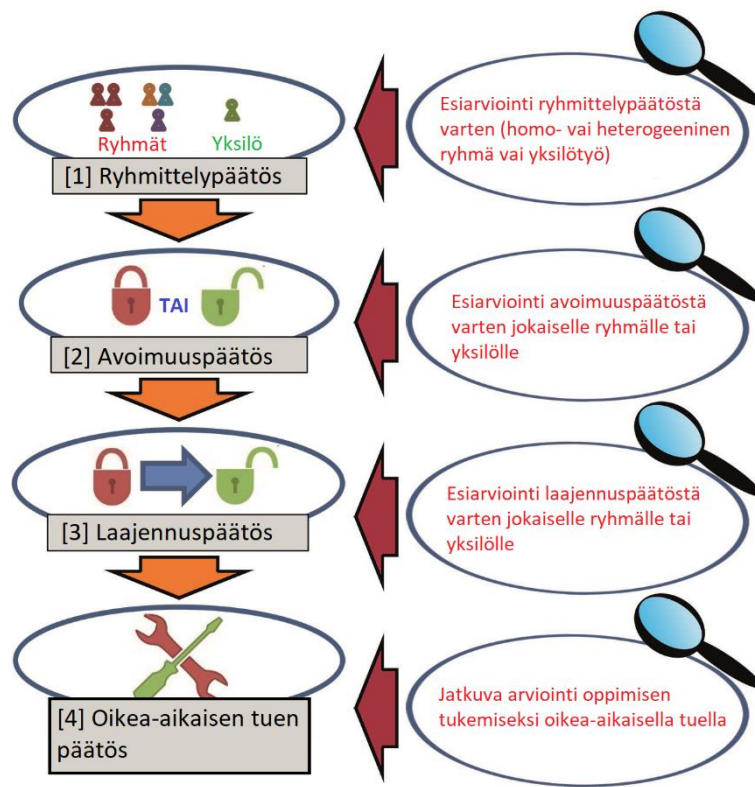
Vaikka eriyttämisprosessi jaetaan neljään päätökseen, tämän tarkoituksena on lähinnä käsitteellistää suunnitteluprosessia. Opettajan täytyy tuntia suunnitellessaan pohtia kaikkia päätöksiä yhdessä ja käyttää samaa esiarviointia kunkin perusteena.

(B) Neljännän eriyttämispäätöksen jatkuva arviointi

Oikea-aikaista tukea voidaan käyttää myös pehmeässä muodossa (ks. luku 2, *Eriyttäminen ja oikea-aikainen tuki*), joka tarkoittaa oppimisprosessin aikana usein spontaanisti annettua tukea. Opettaja saattaa oppilaiden työskentelyä seurattaessaan huomata, että kova oikea-aikainen tuki ei tarjoa oppilaille näiden tarvitsemaa apua. Hän voi myös havaita oppilaiden keskustelun yhteydessä näillä olevan virhekäsityksen, jota tutkimustehtävä ei oikaise. Opettajan tulee reagoida tällaisiin tapahtumiin tarjoamalla lisää oikea-aikaista tukea pehmeässä muodossa, esimerkiksi koko luokan kanssa keskustelemalla tai kohdennetulla tuella.

Pehmeää oikea-aikaista tukea voi olla myös vertaisoppiminen, jossa toiset oppilaat tai ryhmät arvioivat ja havainnoivat toisten parhaillaan suorittamaa tehtävää.

Opettaja voi saada tietoa mahdollisen pehmeän oikea-aikaisen tuen tarpeesta oppilaiden itsearvioinneista kuten ennalta määriteltyjen kriteerien avulla tehdystä oman työn itsearvioinnista.



Kuva 6.15: Eriyttämistyökalun neljä päätöstä yhteenvetona esittävä kaavio

Yhteenveto

Eriytettyjen tutkivan opetuksen oppituntien suunnittelu vaatii lukuisia eri päätöksiä ja arviointeja.

Oppitunnin tavoitteen (tason) valitsemisen jälkeen täytyy tehdä neljä eriyttämistä koskevaa päätöstä:

[1] Ryhmittelypäätös: Oppitunnille täytyy valita asetelma. Pidetäänkö oppitunti homogeenisissä vai heterogeenisissä ryhmissä, vai yksilöittäin?

[2] Avoimuuspäätös: Opettajan täytyy päättää kunkin oppisryhmän tai yksilöllisen oppilaan opetuksen alavaiheiden avoimuus.

[3] Laajennuspäätös: Opettaja valitsee alavaiheet, joiden avoimuutta pyritään edistämään.

[4] Oikea-aikaisen tuen päätös: Opettaja valitsee alavaiheiden avoimuutta edistävät oikea-aikaisen tuen menetelmät.

Neljä eriyttämispäätöstä ja mahdollisia menetelmiä (ks. esimerkkeinä taulukot 6.1 ja 6.2) kutsutaan nimellä Eriyttämistyökalu, sillä oppitunnin suunnittelutyökalu muodostuu niistä.

Suunnittelun ja oppitunnin pitämisen eri vaiheissa tarvitaan ennakoarviointia tai jatkuvaa arviointia (ks. kuva 6.15).

Viitteet

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamiok-Naaman, R., Hofstein, A., & Tuan, H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, N.J., & Tenenbaum, H.R. (2011). Does Discovery-Based Instruction Enhance Learning? *Journal of Educational Psychology* 103(1), 1–18.
- Arnold, J.C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36, 2719–2749.
- Atasoy, Ş., & Ergin, S. (2017). The effect of concept cartoon-embedded worksheets on grade 9 students' conceptual understanding of Newton's laws of motion. *Research in Science & Technological Education*, 35(1), 58–73.
- Azevedo, R. (2005). Computer environments as metacognitive tools for enhancing learning. *Educational Psychologist*, 40(4), 193–197.
- Baur, A., Emden, M., & Bewersdorff, A. (2019). Welche Unterrichtsprinzipien sollten für den Aufbau von Kompetenzen zum Experimentieren Beachtung finden? Eine Ableitung auf Basis multiperspektivisch begründeter Unterrichtsziele. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) –Biologie Lehren und Lernen*, 23(1), 10–24.
- Bell, R.L., Blair, L.M., Crawford, B.A., & Lederman, N.G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509.
- Boyle, B., & Charles, M. (2014). *Formative assessment for teaching and learning*. SAGE Publications.
- Chen, J., Wang, M., Grotzer, T.A., & Dede, C. (2018). Using a Three-Dimensional Thinking Graph to Support Inquiry Learning. *Journal of Research in Science Teaching* 55(9), 1239–1263.
- Chiemeke, S., & Imafidor, O.M. (2020). Web-based Learning In Periods of Crisis: Reflections on the Impact of COVID-19. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, 12.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Haertel, G., Bernard, R., & Evgueni, E. (2014). *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis*. SRI International.
- de Jong, T., & Lazonder, A.W. (2014). The guided discovery principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 371–390). Cambridge University Press.
- Duschl, R.A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291.
- Furtak, E.M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D.C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Hand, B. (2008). *Science inquiry, argument and language: A case for the science writing heuristic*. Sense.
- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G., & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist* 42(2), 99–107.
- Huber, S.G., & Helm, C. (2020). COVID-19 and schooling: evaluation, assessment and accountability in times of crises—reacting quickly to explore key issues for policy, practice and research with the school barometer. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 32(2), 237–270.
- Jang, J.Y., & Hand, B. (2017). Examining the value of a scaffolded critique framework to promote argumentative and explanatory writings within an argument-based inquiry approach. *Research in science education*, 47(6), 1213–1231.
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431–446.
- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work. An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Koksal, E.A., & Berberoglu, G. (2014). The effect of guided inquiry instruction on 6th grade Turkish students' achievement, science process skills, and attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 36, 66–78.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P.C., Marx, R.W., Bass, K.M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students." *Journal of the Learning Sciences* 7(3–4), 313–350.

- Lubben, F., Campbell, B., Buffler, A., & Allie, S. (2001). Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. *Science Education*, 85(4), 311–327.
- Metz, K.E. (2004). Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22, 219–290.
- Minner, D.D., Jurist Levy, A., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984–2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Neubert, S., Reich, K., & Voß, R. (2001). Lernen als konstruktiver Prozess (Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten): In T. Hug (Ed.), *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen* (Band 1) (pp. 253 – 265). Schneider.
- Quintana, C., Reiser, B.J., Davis, E.A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R.G., Kyza, E., Edelson, D., & Soloway, E. (2004). A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337–386.
- Reiser, B.J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanism of structuring and problematizing students work. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 273–304.
- Scheiter, K., & Gerjets, P. (2007). Learner control in hypermedia environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 285–307.
- Schmidt-Weigand, F., Hänze, M., & Wodzinski, R. (2009). Complex problem solving and worked examples: The role of prompting strategic behavior and fading-in solution steps. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 129–138.
- Schnotz, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt*. Beltz.
- Schunn, C.D., & Anderson, J.R. (1999). The generality/specificity of expertise in scientific reasoning. *Cognitive Science*, 23, 337–370.
- Slavin, R.E., Lake, C., Hanley, P., & Thurston, A. (2014). Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 870–901.
- Tomlinson, C.A., & Moon, T.R. (2013). *Assessment and student success in a differentiated classroom*. Association for Supervision & Curriculum Development.
- Tschirgi, J.E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51, 1–10.
- van Joolingen, W., & Zacharia, Z. (2009). Developments in inquiry learning. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, & S. Barnes (Ed.), *Technology-Enhanced Learning* (pp. 21–37). Springer Netherlands.
- van Uum, M.S.J., Verhoeff, R.P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450–469.
- Walker, M. (2015). *Teaching inquiry-based science*. Amazon.
- Wu, H.L., & Pedersen, S. (2011). Integrating computer-and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers & Education*, 57(4), 2352–2363.

7 Opetusesimerkkejä: Eriyttämistyökalun soveltaminen

Huomautus:

Tässä kappaleessa kuvatut kokeet on testattu etukäteen. Silti, lukijoita kehoitetaan tarkastamaan ohjeet mahdollisten virheiden tai epätarkkuuksien varalta ennen kokeiden toteuttamista. Kirjan tekijät olettavat, että kokeiden suorittajilla on tarpeelliset tiedot ja taidot kokeiden suorittamiseksi. Huom.! Yleisiä turvallisuusohjeita täytyy aina noudattaa! Käytä opetusesimerkkejä omalla vastuullasi. Vastuu aineiden, materiaalien ja laitteiden käsittelystä on lukijalla. Kirjan tekijät eivät vastaa mahdollisista suorista tai epäsuorista vahingoista.

7.1 Lämpö ja lämpötila (Fysiikka, soveltuu 9. luokalle)

Tavoitteen määrittäminen (oppitunnin taso):

Oppitunnilla keskitytään tiedon käsitteelliseen tasoon. Oppitunnilla keskitytään lämmön siirtymiseen, ominaislämpökapasiteetin käsitteeseen sekä termodynamiikan lakiin, joka määrittelee yhteyden lämpötilan muutoksen ja ominaislämpökapasiteetin välillä. *Johtopäätökset* -osa-alue tulee siksi olemaan suuri osa oppituntia.

Eriyttämistyökalun neljä päätösvaihetta.

1. Asetelman valinta

Oppilaat muodostavat homogeenisiä ryhmiä, jotta kaikki ryhmän jäsenet saavat osaamistasoaan vastaavia tehtäviä. Ryhmän kaikilla oppilailla on samat oppimistavoitteet, mutta heille annetun tuen taso vaihtelee.



2. Alavaiheiden mahdollisen avoimuuden valinta



Seuraavassa kuvassa (kuva 7.1.1) esitetään oppilasryhmien tutkivan oppimisen alavaiheiden avoimuuden taso. Eri värit kuvastavat kahta eri ryhmää, joihin oppilaat voivat kuulua.

		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
Käsitteellistämisen	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksiä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksiä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtavat esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistavat esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat
Johtopäätökset		Oppilaat keskustelevat heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 		 Opettajajohtoinen Oppilasjohtoinen			

Kuva 7.1.1: Kahden esimerkkiryhmän alavaiheiden avoimuuksien taso

Kuvan 7.1.1 mukaan kaikki ryhmät työskentelevät heille annetun ongelman parissa ja voivat muotoilla tutkimuskysymyksiä tuen avulla, jota annetaan lähinnä spontaanina suullisena palautteena. *Hypoteesin muotoilu* -alavaiheessa jotkin ryhmät valitsevat sopivan hypoteesin luettelosta ja toiset muotoilevat hypoteesinsa tuen avulla (ks. alla olevat materiaalit). Kaikki oppilasryhmät ovat lopuksi samalla avoimuuden tasolla kolmessa seuraavassa alavaiheessa. Tarkemmin ilmaisten valitsevat haluamansa kokeen suorittamistavan sekä tuen avulla analysoivat keräämiänsä aineistoja ja tekevät päätelmiä.

3. Seuraavalle avoimuuden tasolle oikea-aikaisen tuen avulla edistettävät alavaiheet

Seuraavassa kuvassa (kuva 7.1.2) esitetään alavaiheet, joissa oppilaita autetaan pääsemään seuraavalle avoimuuden tasolle oikea-aikaisen tuen avulla (jonka menetelmät määritellään seuraavassa päätösvaiheessa).



		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistäminen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksensä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtävät esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistävät esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat
	Johtopäätökset	Oppilaat keskustelevalt heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 					

Kuva 7.1.2: Kahden esimerkkiryhmän avoimuuden edistäminen

Oppilaita, joiden *hypoteesin muotoilu* -alavaihe on *jokseenkin avoin*, autetaan siirtymään seuraavalle avoimuuden tasolle, joka on *enimmäkseen avoin*. *Enimmäkseen avoimella* tasolla olevia oppilaita tuetaan puolestaan siirtymään *avoimelle* tasolle. Oppilaita tuetaan alavaiheessa *tutkimuksen suunnittelu* siirtymään seuraavalle avoimuuden tasolle, eli *enimmäkseen avoimesta avoimeen*.

4. Oikea-aikaisen tuen menetelmien valinta

Alavaiheessa *hypoteesin muotoilu* oikea-aikaisen tuen menetelmäksi valitaan se, että oppilaille annetaan hypoteesin muotoiluun liittyviä vihjeitä. Ensimmäisessä oppilasryhmässä (tuen tavoitteena siirtyä tasolta

jokseenkin avoin tasolle *avoin*) vihjeisiin sisältyvät kaikki hypoteesin muotoiluun jos-niin-lauseena tarvitut rakenteelliset osat. Toisessa oppilasryhmässä (*enimmäkseen avoin* – *avoin*) vihjeissä annetaan vain tärkeimmät hypoteesin muotoilun rakenteelliset osat eli itsenäiset ja riippumattomat muuttujat. Alavaiheeseen *tutkimuksen suunnittelu* on valittu oikea-aikaisen tuen välineeksi tukikortit, jotta kaikki oppilasryhmät voivat suunnitella tutkimustaan entistä avoimemmin (ks. liite 7.1.II).



Tuntisuunnitelma

Luokka: 9. luokka	Opetettava aine: Fysiikka	Aihe: Lämpö ja lämpötila	Luokkajärjestely: Ryhmätyöskentely	Kesto: 80 min
Ennakkotiedot: Oppilailla on seuraavat ennakkotiedot: ○ Materiaalin lämpötila muuttuu lämmön vaikutuksesta ○ Materiaalin lämpötilaa voidaan mitata erilaisilla lämpömittareilla. ○ Mitattavat lämmön yksiköt ovat Joule ja kalori (1 cal = 4,2 joulea) ○ Nesteen massa ja nesteeseen johdetun lämmön määrä vaikuttavat sen lämpötilan muutokseen (aiemmat tutkimukset).				
Keskeinen kysymys: Oppilaita kehoitetaan pohtimaan, miten ruoanlaittotapa voi vaikuttaa ruoan valmistusaikaan.				
Oppimistavoitteet: Täytyvät olla käytäntöön pantavia ja olla mitattavissa tuotosten avulla	Opetus/oppimateriaalit: Voivat olla lähdemateriaaleja sekä fyysisiä tai virtuaalisia materiaaleja ja resursseja	Oppimistehtävä: Kuvaus oppilaiden tehtävästä sekä näiden saamasta ohjeistavasta tuesta	Oppimistuotos: Täytyy kuvastaa oppimistavoitteen tietoja tai taitoja	Arviointi (formatiivinen, summatiivinen tai vertaisarviointi): Arviointi keskittyy oppimistuotteisiin
Suorita tutkimus, jossa tunnistetaan yhteys materiaalin lämpötilan muutoksessa ja materiaalin tyypissä.	Työmoniste (liite 8.1.I)	Oppilaat lukevat kahden kokin välisen väittelyn ja muotoilevat sen pohjalta tutkimusta ohjaavan tutkimuskysymyksen.	Tutkimuskysymys	Ohjailevia kysymyksiä, jotka auttavat oppilaita muotoilemaan nesteen tyyppiin liittyviä tutkimuskysymyksiä (spontaani palaute).

	Työmoniste (liite 8.1.I) Oppilaat muotoilevat hypoteesin, joka perustuu ”jos... niin” -rakenteeseen. Hypoteesi kertoo, uskoko oppilas nesteen tyyppin vaikuttavan lämpötilan muutoksen nopeuteen. Jokseenkin avoin – enimmäkseen avoin: Jotkin oppilasryhmät muotoilevat hypoteesin ennalta määriteltyjen termien avulla. Oppilaille annetaan kaikki hypoteesin muotoiluun tarvittavat termit. Enimmäkseen avoin – avoin: Jotkin oppilasryhmät muotoilevat hypoteesin käyttäen vähemmän ennalta määriteltyjä termejä.	Hypoteesi	
	Laboratoriovälineet Tukikortit (liite 7.1.II)	<i>Jokseenkin avoin – enimmäkseen avoin:</i> Oppilaille annetaan välineet ja materiaalit, joilla suorittaa koe ja kerätä tietoja hypoteesin testaamista varten. Oppilaita autetaan suunnittelemaan tieteellisesti pätevä koe apukorttien avulla. Oppilaat voivat käyttää	Kokeen suunnittelu Opettaja pystyy arvioimaan oppilaiden valmiutta suorittaa kokeita avoimessa muodossa laskemalla, kuinka montaa tukikorttia nämä käyttävät. Jos

		apukortteja omasta tahdostaan. Opettaja pitää kirjaa kunkin ryhmän käyttämistä korteista.		oppilaat tarvitsevat kaikkia apukortteja, he eivät ole vielä valmiita.
		Oppilaat kirjavat tutkimuksen aikana keräämänsä tiedot taulukkoon.	Valmis taulukko	
		Oppilaat luovat graafin nesteen lämpötilan vaihtelunopeuksista kuvaamalla aikaa vaakasuoralle akselille ja nesteen lämpötilaa pystysuoralle akselille.	Graafinen käyrä	
	Tietojen tulkinnan ja yhteenvetojen kysely (liite 7.1.III)	Tutkimuksen lopuksi oppilaat tulkitsevat graafejansa ja vastaavat sen myötä tiettyihin kysymyksiin.	Kyselyn vastaukset	Jos oppilailla on vaikeuksia tulkita graafin tietoja, heille annetaan suorat ohjeet. Esimerkiksi: määrän muutosnopeus liittyy kyseisen muuttujan graafin jyrkkyyteen aikavälillä esitettynä.

				Mitä jyrkempi graafi on, sitä nopeammin määrä on muuttunut.
Määrittele ominaislämpökapasiteetin käsite.	Liite (7.1.IV)	Oppilaat lukevat teoriaa ominaislämpökapasiteetin käsitteestä ja esittävät sitten väitteen siitä, mikä ruoanlaittoastia on paras.	Kirjallinen väite	Oppilaiden lopullista väitettä käytetään joko summatiivisessa tai formatiivisessa arvioinnissa.
Oppitunnin loppu: Oppitunti päättyy oppimisprosessin reflektointiin.				

Liite 7.1.I Kokkien väittely



Uskotko, että kahden nesteen lämpötilojen vaihtelun nopeuksilla on eroa ja jos on, niin kummat uskot lämpenevän nopeammin?

Muotoile tutkimuskysymys, joka ohjaa kokin väittämään perustuvaa koettasi:

⁴Muotoile alle tutkimushypoteesi ennalta määritellyjä termejä ja ehtoja käyttäen:

Jos / niin / muuttuu / pysyy samana / on eri / nesteen tyyppi / lämpötilan muutoksen nopeus

⁵Muotoile alle oma tutkimushypoteesisi. Käytä hypoteesissa termejä *nesteen tyyppi* ja *lämpötilan muutoksen nopeus*:

⁴ Jokseenkin avoin – enimmäkseen avoin

⁵ Enimmäkseen avoin – avoin

Tukikortti 1: Mitkä seuraavista muuttujista tulee ottaa huomioon koetta suunnitellessasi?

- Nesteen massa
- Nesteen tyyppi
- Lämmön syötön nopeus
- Nesteen lämpötila

Tukikortti 2: Mitkä seuraavista muuttujista tulee pitää vakiona kokeen aikana?

- Nesteen tyyppi ja massa
- Nesteen lämpötila ja massa
- Nesteen massa ja lämmön syötön nopeus

Tukikortti 3: Mitä muuttujaa tulee muuttaa kokeen aikana (itsenäinen muuttuja)?

- Nesteen massa
- Nesteen tyyppi
- Lämmön syötön nopeus

Tukikortti 4: Mitä muuttujaa tulee tarkkailla/mitata kokeessa (riippuva muuttuja)?

- Nesteen massa
- Nesteen lämpötila
- Nesteen tyyppi
- Lämmön syötön nopeus

Tukikortti 5: Kokeen pätevyyden kannalta on tärkeää, että **nesteid**en massa pysyy vakiona.

Vaihdeltava muuttuja on **nesteen massa**.

Laita säiliöihin siis saman verran nesteitä (vettä ja öljyä).

Lämmön syöttönopeuden tulee myös säilyä vakiona.

Mittaa säiliöitä lämmittäessäsi **kunkin nesteen lämpötilaa** pitkin kuumennusta.

Liite 7.1.III Kysely tietojen tulkintaan ja päätelmiin

1. Kumpi neste lämpenee piirtämäsi käyrän mukaan nopeammin?

- ☐ Vesi
- ☐ Öljy
- ☐ Molemmat lämpiävät yhtä nopeasti

2. Vahvistuiko vai kumoutuiko hypoteesisi? Perustele vastauksesi,

Hypoteesi vahvistui, sillä,

Hypoteesi kumoutui, sillä,

3. Miten neuvoisit kahta kokkia liittyen heidän päätökseensä pääruoan lisukkeesta?

Liite 7.1.IV Loppuväittäjä

Muuttuja, joka kuvaa materiaalin lämpötilan muuttumisen 'helppoutta' on nimeltään ominaislämpökapasiteetti. Kaikilla materiaaleilla on tietty ominaislämpökapasiteetti. Mitä korkeampi materiaalin ominaislämpökapasiteetti on, sitä hitaammin sen lämpötila muuttuu lämmön vaikutuksesta. Materiaalin lämpötilan muutoksen ja sen ominaislämpökapasiteetin välinen yhtälö on muotoa ($Q = m \cdot c / \Delta T$).

Q = lämpöenergia

m = massa

c = ominaislämpökapasiteetti

ΔT = lämpötilan muutos

Alla olevassa taulukossa on lueteltu eri materiaaleja ja niiden ominaislämpökapasiteetit.

Ominaislämpökapasiteetti		
Materiaali	$\frac{J}{g \cdot K}$	$\frac{cal}{g \cdot K}$
Alumiini	0,897	0,215
Hopea	0,233	0,056
Wolframi	0,134	0,032
Graniitti	0,790	0,190
Lasi	0,837	0,200
Öljy	1,970	0,473
Puu	1,800	0,410
Vesi	4,186	1
Rauta	0,449	0,107
Kupari	0 385	0,092
Kulta	0,129	0,030

Kaksi kokkia väittelee siitä, millaisella kattilalla ruoka valmistuu nopeimmin. Minkä seuraavista uskot heidän valitsevan?

- ☐ Rautakattila
- ☐ Kuparikattila

- Alumiinikattila
- Ei mitään edellä mainituista. Valinnalla ei ole väliä.

Perustele vastauksesi: _____

7.2 Puun turpoaminen ja kutistuminen (biologia, soveltuu luokille 6–7)

Faktatiedot

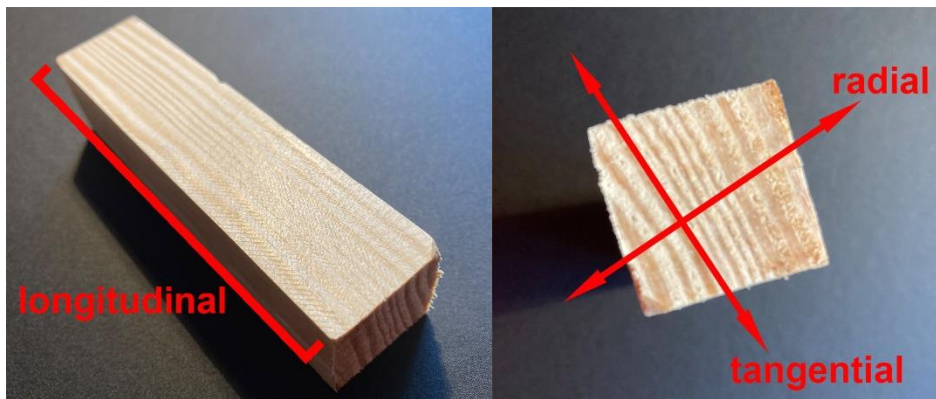
Jo kivikaudella ihmiset tarkkailivat luonnossa tapahtuvaa kiven muokkautumista. Kiven rakoihin pääsee vettä, joka laajenee jäätyessään. Laajenemisen seurauksena osa kivistä saattaa haljeta irti (joskus tätä kutsutaan pakkashalkeamiseksi). Kivikauden ihmiset oppivat myös, että kun kuivaa puuta kostutetaan niin se laajenee. Ihmiset käyttivät näitä kahta havaintoja hyväkseen ja kykenivät näin käsittelemään kiviä. Kiviä muotoiltiin halutun kokoisiksi ja muotoisiksi puukiiloilla, jotka hakattiin kiven koloihin ja halkeamiin sekä kasteltiin. Myöhemmin käytettiin myös rautaisia talttoja ja kiiloja, minkä ansiosta ihmisten ei enää tarvinnut etsiä luonnollisia halkeamia. Kiviin hakattiin pieniä reikiä, joihin työnnettiin kiiloja kiven halkaisemiseksi (ks. kuva 7.2.1).

Lähde: Arbeitsgemeinschaft Praktische Archäologie (<https://blog.amh.de/merkwuerdige-loecher/>; noudettu 11.10.2021)



Kuva 7.2.1: Historiallinen kivi, jossa on reiät halkaisua varten: Kuva: Christa Sallam, 2018

Alla kuvatun oppitunnin aiheena on muokata kiviä puuta paisuttamalla. Puu turpoaa ja kutistuu sen ympäristön kosteuden mukaan. Puun ollessa ympäristöään kuivempaa se imee kosteutta ja turpoaa. Puun turvotessa sen pituus muuttuu jonkin verran säteen suunnassa (ks. kuva 7.2.2 “radial”) ja erittäin näkyvästi vuosirenkaiden (tangentin) suunnassa. Pituussuunnassa puun koko muuttuu vain hieman. Turpoaminen riippuu puulajista: Esimerkiksi pyökki turpoaa enemmän kuin mänty. Kuivuessaan puu taas kutistuu.



Kuva 7.2.2: Puun mitat

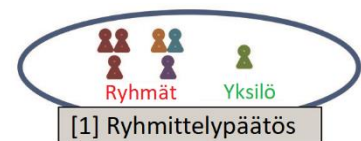
Tavoitteen määrittäminen (tiedon osa-alue):

Kuvatulla oppitunnilla keskitytään menetelmälliseen tietoon. Opetuksen päätavoitteena on kehittää oppilaiden osaamista eri tutkivan oppimisen alavaiheisiin liittyen.

Eriyttämistyökalun neljä päätösvaihetta.

1. Asetelman valinta

Seuraavassa esimerkissä opettaja jakaa oppilaat homogeenisiin ryhmiin, jotta annetut tehtävät ovat suunnilleen yhtä vaikeita kaikille ryhmän jäsenille. Ryhmän kaikilla oppilailla on samat oppimistavoitteet, mutta heille annetun tuen taso vaihtelee.



2. Alavaiheiden mahdollisen avoimuuden valinta

Seuraavassa kuvassa (kuva 7.2.3) esitetään ryhmille valittavat tutkivan oppimisen avoimuuden asteet (esimerkkinä käytetään kahta kuviteltua ryhmää). Kahta eri ryhmää esitetään väreillä oranssi ja keltainen. Kuten kuvasta 7.2.3 nähdään, kummallekin ryhmälle annetaan ongelma (alavaihe on suljettu). Ryhmien osaamistasoissa on eroja. Ryhmälle 1 alavaiheen kyseenalaistaminen avoimuudeksi valitaan jokseenkin avoin. Ryhmälle annetaan lukuisia eri tutkimuskysymyksiä, joista valita. Ryhmän 2 alavaihe kyseenalaistaminen on enimmäkseen avoin. Ryhmä 2 muotoilee tutkimuskysymyksen opettajan spontaanin palautteen tuella.



Alavaiheessa hypoteesin muotoilu kumpikin ryhmä voi kykyjensä mukaan muotoilla hypoteesin tarkistuslistan avulla (ks. liite 7.2.IV) Alavaihe on täten enimmäkseen avoin. Alavaiheet tutkimuksen suunnittelu ja toteutus sekä päätelmät ovat jokseenkin avoimia ryhmälle 1 ja enimmäkseen avoimia ryhmälle 2. Ryhmää 1 tuetaan alavaiheessa tutkimuksen suunnittelu ja toteutus materiaaliluettelolla.

Ryhmä 2 valitsee materiaalit opettajan kevyen tuen avulla. Tietojen tulkinta -alavaiheessa ryhmälle 1 annetaan mahdollisuus esittää tulokset taulukkona tai pylväsdiagrammina. Ryhmälle 2 annetaan spontaania palautetta. Alavaiheessa päätelmät kummallekin ryhmälle valitaan enimmäkseen avoin muoto. Tehtävää avustetaan kokoluokan keskustelun aikana annetuin kehotuksin (mahdollisia kehotuksia: Vahvistuiko/kumoutuiko hypoteesi? Miten tämä voidaan tunnistaa? Saatiinko tutkimuskysymykseen vastaus? Oliko mittauksissa poikkeamia? Kuinka poikkeamat käsiteltiin? Mitä epäselvyyksiä/ongelmia tutkimuksessa ilmeni?

		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistäminen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksiä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsä.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtavat esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistavat esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat
	Johtopäätökset	Oppilaat keskustelevat heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 		 Opettajaohjoinen Oppilasjohtoinen			

Kuva 7.3.2: Mahdollinen avoimuuden aste

3. Seuraavalle avoimuuden tasolle oikea-aikaisella tuella edistettävien alavaiheiden valinta



Kuvassa 7.2.4 esitetään alavaiheet, joita edistetään seuraavalle avoimuuden asteelle.

Oppilaita, joiden *kyseenalaistaminen*-alavaiheen taso on *jokseenkin avoin*, tuetaan pääsemään *enimmäkseen avoimelle* tasolle. Ryhmän 2 oppilaita, joiden oppimisen taso on *enimmäkseen avoin*, tuetaan etenemään *avoimelle* tasolle. Tähän pyritään alavaiheen *tutkimuksen suunnittelu ja toteutus* yhteydessä.

		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistämisen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksiä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtävät esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistävät esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat
	Johtopäätökset	Oppilaat keskusteleval heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 		 Opettajaohjoinen Oppilasohjoinen			

Kuva 7.4.2: Kahden esimerkkiryhmän avoimuuden edistäminen

4. Oikea-aikaisen tuen menetelmien valinta

Alavaiheessa *kysymysten muotoilu* kummankin ryhmän oikea-aikaisen tuen menetelmäksi valitaan tarkistuslista (ks. liite 7.2.III). Tarkistuslista sopii kumpaankin avoimuuden asteeseen. Opettaja tarjoaa lisäksi apua tarpeen mukaan.



Alavaiheessa *tutkimuksen suunnittelu ja toteutus* kummankin ryhmän oikea-aikaisen tuen menetelmäksi valitaan askelittaiset tukikortit, joiden avulla ryhmiä pyritään edistämään seuraavalle avoimuuden asteelle (ks. liite 7.2.VI). Jokaiselle avoimuuden asteelle on omat apukorttinsa. Oikea-aikainen tuki yhdistetään tutkimuksen avoimuutta tukeviin menetelmiin. Yhdistelmä voi olla esimerkiksi: Ryhmä 1 saa alavaiheessa tutkimuksen suunnittelu ja toteutus materiaaliluettelon, johon sisältyy myös tutkimuksen kannalta epäolennaisia materiaaleja. Oppilaat karsivat korttien avulla luetteloa, kunnes vain tarpeelliset materiaalit ovat jäljellä.

Tuntisuunnitelma

Luokka: Luokat 6–7	Opetettava aine: Biologia (tekniikka/tekninen opetus on myös mahdollista)	Aihe: Puun paisuminen ja kutistuminen	Kesto: 60 min	
Ennakkotiedot: Oppilailla on seuraavat ennakkotiedot: - oppilaat tietävät, että on eri puulajeja (pyökki, kuusi jne.), joilla on eri ominaisuuksia - oppilaat osaavat mitata pituuksia työntömitalla - oppilaat tietävät, että kokeessa tarvitsee suorittaa testi- ja kontrollikokeet - oppilaat tietävät, että koeraporttiin ja kokeeseen sisältyy erilaisia kohtia (tutkimuskysymys, hypoteesi jne.) sekä mitä näiden kohtien odotetaan sisältävän				
Keskeinen kysymys: Oppilaita kehoitetaan pohtimaan, miten kosteus vaikuttaa puuhun.				
Oppimistavoitteet: Täytyvät olla käytäntöön pantavia ja olla mitattavissa tuotosten avulla	Opetus/oppimateriaalit: Voivat olla lähdemateriaaleja sekä fyysisiä tai virtuaalisia materiaaleja ja resursseja	Oppimistehtävä: Kuvaus oppilaiden tehtävästä sekä näiden saamasta ohjeistavasta tuesta	Oppimistuotos: Täytyy kuvastaa oppimistavoitteen tietoja tai taitoja	Arviointi (formatiivinen, summatiivinen tai vertaisarviointi): Arviointi keskittyy oppimistuotoksiin
Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen (kokeellisen työn).	Kuvat (liite 7.2.I)	Opettaja näyttää oppilaille kuvia. Oppilaat kertovat, mitä näkevät kuvissa. Opettaja kertoo oppilaille, että kuvissa näkyvä kivi on hyvin vanhaa ja että kauan sitten eläneet ihmiset muokkasivat sitä.		
	Teksti (liite 7.2.II) Tarkistuslista (liite 7.2.III)	Oppilaat lukevat ensin tekstin yksin ja esittävät sitten tutkimuskysymyksen. Seuraavaksi tutkimuskysymyksistä keskustellaan ryhmissä ja	Tutkimuskysymys	Oppitunnilla tehdyt havainnot ja tarpeen mukaan kehotusten

		kukin ryhmä valitsee yhden kysymyksen (yhteistoiminnallinen oppiminen). Siirtyminen <i>jokseenkin avoimesta avoimeen</i>: Oppilaat valitsevat sopivan tutkimuskysymyksen annetuista vaihtoehdoista. Tehtävässä käytetään tarkistuslistaa. Mahdolliset kysymykset (jotka annetaan oppilaille tehtävämonisteella): Kuinka kivikauden ihmiset muokkasivat kiviä? Miten kiven käsittely rautatyökaluilla on muuttunut? Miten kosteus vaikuttaa puuhun? Miten kosteus vaikuttaa puun pituuteen ja leveyteen? Mitä kostealle puulle tapahtuu sen kuivuessa? Siirtyminen <i>enimmäkseen avoimesta avoimeen</i>: Oppilaat muotoilevat tutkimuskysymyksen harvemmillä apukorteille kirjoitetuilla sanoilla (apukortti 1: vaikuttaa; apukortti 2: vesi; apukortti 3: puun leveys). Tarkistuslistaa voidaan myös käyttää oikea-aikaisen tuen keinona (liite 7.2.III).		muodossa annettu suullinen tuki.
	Tarkistuslista (liite 7.2.IV)	Oppilaat muotoilevat hypoteesin yksin työskennellen. Sen jälkeen hypoteeseista keskustellaan ryhmissä ja kukin ryhmä valitsee	Hypoteesi	Oppitunnilla tehdyt havainnot ja kehotukset tarpeen mukaan.

		yhden hypoteesin. Tukena käytetään tarkistuslistaa.		
	Kuva: Materiaalien valinta (liite 7.2.V) Apukortit (liite 7.2.VI)	Oppilaat suunnittelevat ryhmätyönä hypoteesinsa mukaisen tutkimuksen. Kukin oppilas saa vihjeen, jonka mukaan aika tulee ottaa huomioon, kunnes jotain voidaan nähdä/mitata (havainto tehdään seuraavana päivänä) Suunnitelmat tulee esittää opettajalle ennen toteutusta (oppilaiden tulee laatia toteutusta kuvaava piirros tai teksti). Siirtyminen <i>jokseenkin avoimesta avoimeen</i>: Oppilaat valitsevat koemateriaalit annetusta valikoimasta. Tukikorteilla annetaan vinkkejä siitä, mitkä materiaalit eivät ole tarpeellisia. Siirtyminen <i>enimmäkseen avoimesta avoimeen</i>: Oppilaat pohtivat, mitkä materiaalit ovat sopivia ja suunnittelevat kokeen. Vinkkejä annetaan tukikorttein.	Suunniteltu koe	Oppitunnilla tehtyt havainnot ja kehotukset tarpeen mukaan. Suunnitelmapiirroksia voidaan käyttää tehtävänä.
		Oppilaat kirjoittavat mittauksensa taulukkoon tai tallentavat ne kaavioksi. <i>Jokseenkin avoimen</i> tason ryhmä valitsee toisen kahdesta tavasta esittää tiedot (taulukko tai kaavio). Toinen ryhmä päättää itse, mikä on sopiva	Tietojen esittäminen	Oppitunnilla tehtyt havainnot ja kehotukset tarpeen mukaan.

		tapa esittää tiedot. Opettaja antaa apua tarpeen mukaan.		
		Luokkakeskustelussa tehdään päätelmiä ja pohditaan koko prosessia.	Päätelmät	

Liite 7.2.I – Johdantovaiheen kuvat



Lähde: Kuvat: Christa Sallam, 2018

Liite 7.2.II – Problematisointiteksti

Teksti

Kivikauden ihmiset oppivat halkaisemaan kiviä seuraamalla luonnollisia prosesseja. Luonnossa vettä pääsee kivien halkeamiin ja rakoihin. Vesi jäätyy lämpötilan laskiessa alle 0° C:n. Vesi laajenee jäätyessään. Osa kivistä saattaa haljeta irti laajenemisen seurauksena. Tätä kutsutaan pakkashalkeamiseksi.

Kivikauden ihmiset huomasivat, että myös puuta voidaan käyttää tähän työhön. Puuta käsiteltiin lyömällä puisia kiiloja kiven halkeamiin ja kastelemalla ne vedellä.

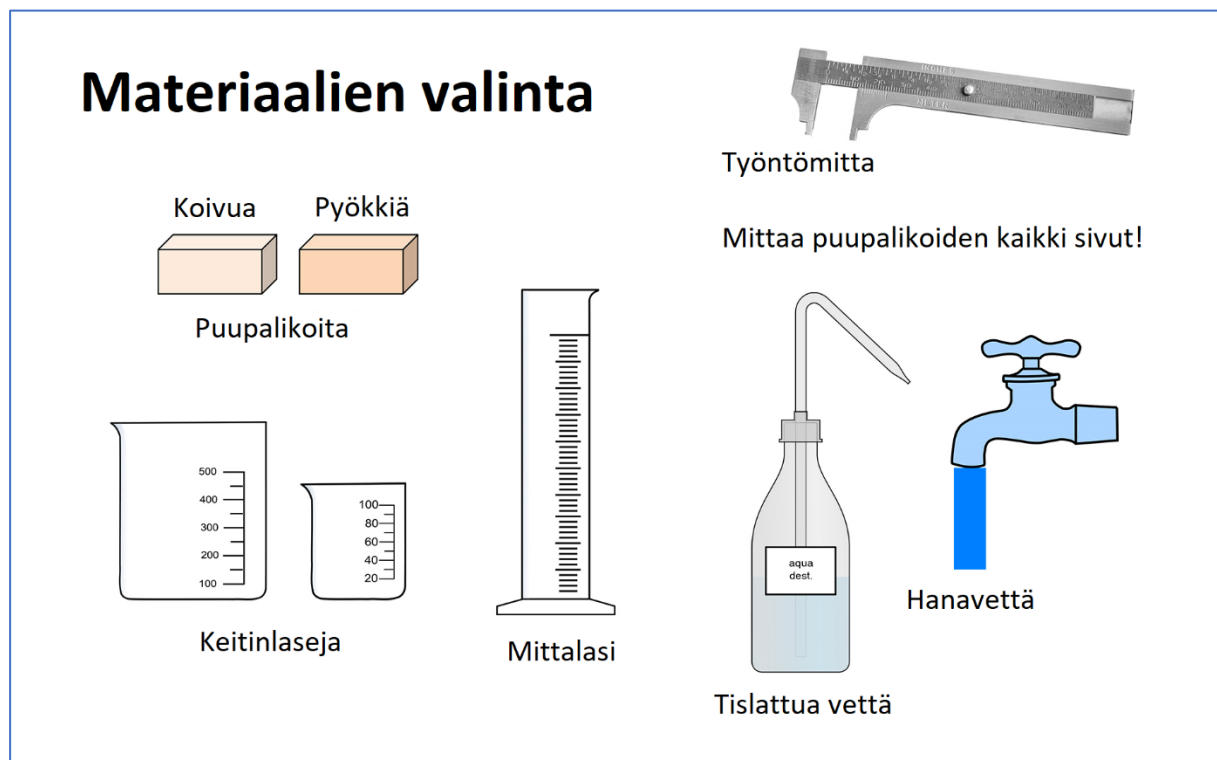
Myöhemmin käytettiin myös raudasta tehtyjä talttoja ja kiiloja, joiden ansiosta ihmiset eivät enää olleet riippuvaisia luonnollisista halkeamista.

Liite 7.2.III – Tarkistuslista alavaiheelle *kysymyksen muotoilu*

Tutkimuskysymyksen arvioinnin tarkistuslista			
1	Vastaako kysymys ongelmaa (tekstin sisältöä)?	Kyllä []	Ei []
2	Liittyykö kysymys luonnolliseen ilmiöön? (luonnollinen ilmiö on luonnossa tapahtuva ilmiö tai prosessi.)	Kyllä []	Ei []
3	Voiko kysymykseen vastata kokeen avulla?	Kyllä []	Ei []
4	Jos jossakin Ei-ruudussa on ruksi, tutkimuskysymys täytyy muotoilla uudelleen!		

Liite 7.2.IV – *Hypoteesin muotoilu* -tarkistuslista

Hypoteesin (olettamuksen) arvioinnin tarkistuslista			
1	Vastaako muotoiltu hypoteesi (olettaus) mahdollisesti tutkimuskysymykseen?	Kyllä []	Ei []
2	Onko hypoteesi (olettaus) muotoiltu jos-niin-muotoon?	Kyllä []	Ei []
3	Tuleeko kysymyslauseessa oletettu muuttuja sanan "jos" jälkeen?	Kyllä []	Ei []
4	Tuleeko kysymyslauseessa mitattava/tarkkailtava kohde sanan "niin" jälkeen?	Kyllä []	Ei []
5	Jos jossakin Ei-ruudussa on ruksi, hypoteesi (olettaus) täytyy muotoilla uudelleen!		



Työtehtävät:

- (1) Käytä lyijykynää!
- (2) Kaikki materiaalit ovat käytettävissä missä tahansa määrin.
- (3) Poista kaikki materiaalit, joita et tarvitse kokeessa.
- (4) Suunnittele materiaalien avulla koe, jolla voit testata hypoteesiasi (olettamusta).
- (5) Jos tarvitset apua, käytä vihreitä apukortteja.

Liite 7.2.VI – Vaiheittaiset tukikortit (Vihreä: siirtymä *jokseenkin avoimesta enimmäkseen avoimeen*; Oranssi: siirtymä *enimmäkseen avoimesta avoimeen*)

Tukikortti 1: Eri puulajit (pyökki, kuusi jne.) saattavat reagoida eri lailla. Rajoita tutkimus vain yhteen puulajiin.

Tukikortti 2: Kaikki kokeet täytyy suorittaa samoissa astioissa. Valitse yksi astiatyyppi ja ylivivaa kaikki muut tyypit luettelosta.

Tukikortti 3: Veden koostumuksen täytyy olla sama kaikissa kokeissa. Käytä joko tislattua vettä tai hanavettä.

Apukortti 4: Puupalan voi joko upottaa veteen tai kastella toistuvasti. Upottamiseen tarvitaan apuvälineeksi paino.

Vinkki: Mittaa puu joka puolelta.

Tukikortti 1: Eri puulajit (pyökki, kuusi jne.) saattavat reagoida eri lailla. Useita eri puulajeja tutkiva koe on vaikeampi suunnitella.

Tukikortti 2: Käytä samankokoisia puupaloja.

Tukikortti 3: Oletko suunnitellut testi- ja kontrollikokeet?

7.3 Jääpalojen sulamisnopeus (Fysiikka, soveltuu luokille 6–7)

Tavoitteen määrittely (tiedon osa-alue):

Oppitunnilla keskitytään käsitteelliseen tietoon. Keskeisiä käsitteitä ovat lämmön siirto ja lämpökapasiteetti. Oppilaat oppivat, että jään sulamiseen tarvitaan energiaa, joka siirtyy säteilyn ja johtumisen avulla (konvektio ei ole tässä yhteydessä olennaista), eriväriset pinnat absorboivat eri määriä lämpösäteilyä ja että jääpalojen massa vaikuttaa niiden sulamisnopeuteen (lämpökapasiteetti).

Eriyttämistyökalun neljä päätösvaihetta

1. Asetelman valinta

Oppilaista muodostetaan heterogeenisiä ryhmiä, joissa edistyneemmät oppilaat voivat tukea heikompia oppilaita. Opettaja tietää, että osa oppilasta tarvitsee lisää harjoitusta sopivan koeasetelman valinnassa (tutkimuksen suunnittelussa), kun taas toiset pystyvät suunnittelemaan asetelman itse. Kaikki enemmän tukea tarvitsevat oppilaat jaetaan tämän mukaisiin ryhmiin, mutta näissä ryhmissä voi myös olla edistyneempiä oppilaita. Ryhmät voivat olla heterogeenisiä muidenkin taitojen, kuin tutkimuksen suunnittelun osalta. Opettaja jakaa kuitenkin oppilaat ryhmiin pääasiassa sen perusteella, kuinka hyvin nämä ymmärtävän koeasetelman.



2. Alavaiheiden mahdollisen avoimuuden tason valinta

Seuraavassa kuvassa (kuva 7.5.1) esitetään tutkivan oppimisen avoimuuden vaiheet, joissa oppilasryhmät ovat. Värit osoittavat, kumpaan kahdesta ryhmästä oppilaat kuuluvat.



		0 <i>Suljettu</i>	1 <i>Jokseenkin avoin</i>	2 <i>Enimmäkseen avoin</i>	3 <i>Avoin</i>
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistäminen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksensä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtavat esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistavat esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat
	Johtopäätökset	Oppilaat keskusteleval heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 					

Kuva 7.3.1: Kahden esimerkkiryhmän avoimuuden tasot

Kuva osoittaa, että tällä oppitunnilla kaikki oppilasryhmät työskentelevät heille annetun ongelman kanssa (*suljettu*). Opettaja myös muotoilee tutkimuskysymyksen itse (*suljettu*) keskustellessaan jääpalojen sulamisesta oppilaiden kanssa. Hypoteesin muotoiluvaiheessa osa ryhmistä valitsee sopivan hypoteesin annetuista vaihtoehdoista (*jokseenkin avoin*) ja toiset muotoilevat hypoteesin tuen avulla (*enimmäkseen avoin*). Osa ryhmistä tarvitsee ohjeet tutkimuksen suunnitteluun (*suljettu*), kun taas toiset pystyvät suunnittelemaan tutkimuksen ilman tukea (*enimmäkseen avoin*). Viimeisessä kahdessa alavaiheessa kaikki ryhmät ovat samalla avoimuuden tasolla, jolla he pystyvät tulkitsemaan tietoja ilman tukea (*avoin*) ja tekemään päätelmiä ilman tukea (*enimmäkseen avoin*).

3. Seuraavalle avoimuuden tasolle edistettävien alavaiheiden valinta

Seuraavassa kuvassa esitetään alavaiheita, joissa oppilaita tuetaan edistymään seuraavalle avoimuuden tasolle oikea-aikaisella tuella (joka määritellään seuraavassa päätösvaiheessa)



		0 Suljettu	1 Jokseenkin avoin	2 Enimmäkseen avoin	3 Avoin
	Orientaatio	Oppilaat työskentelevät annetun ongelman (ilmiön) parissa	Oppilaat valitsevat ongelman (ilmiön) annetuista vaihtoehdoista	Oppilaat tunnistavat ongelman (ilmiön) tuettuina.	Oppilaat esittävät oppitunnilla itse ongelmia (ilmiöitä) tutkittavaksi
Käsitteellistämisen	Kysymysten muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun tutkimuskysymyksen parissa	Oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksensä vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät tutkimuskysymyksen tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman tutkimuskysymyksensä
	Hypoteesien muotoilu	Oppilaat työskentelevät annetun hypoteesin parissa	Oppilaat valitsevat hypoteesinsa vaihtoehdoista	Oppilaat kehittävät hypoteesinsa tuettuina	Oppilaat kehittävät itse oman hypoteesinsa.
Tutkimus	Tutkimuksen suunnittelu ja toteutus	Oppilaat työskentelevät annettujen ohjeiden avulla ("reseptikirja")	Oppilaat valitsevat työtävät esim. listasta	Oppilaat suunnittelevat tutkimuksen tuettuina	Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ilman tukea
	Aineiston tulkinta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävät aineistoa esim. annetun esimerkin tai taulukon avulla	Oppilaat valitsevat aineiston tulkinta- ja esittämistävät esim. listasta	Oppilaat tulkitsevat ja esittävän aineistoa tuettuina	Oppilaat valitsevat itse aineiston tulkinta- ja esitystavat
	Johtopäätökset	Oppilaat keskusteleval heille annetusta johtopäätöksestä	Oppilaat valitsevat johtopäätöksensä annetusta listasta	Oppilaat kehittävät johtopäätöksensä tuettuina	Oppilaat kehittävät itse johtopäätöksensä
Ryhmä 1:  Ryhmä 2: 		Opettaja johtoinen Oppilas johtoinen			

Kuva 7.3.2: Kahden esimerkkiryhmän edistymisen

Hypoteesin muotoilu -alavaiheessa osa ryhmistä tarvitsee tukea edetäkseen tasolta *jokseenkin avoin* tasolle *enimmäkseen avoin* ja toiset taas tasolta *enimmäkseen avoin* tasolle *avoin*. *Tutkimuksen suunnittelu* -alavaiheessa osaa ryhmistä tuetaan etenemään *suljetusta* tasosta *jokseenkin avoimeen* ja toisia taas *enimmäkseen avoimesta* *avoimeen*.

4. Oikea-aikaisen tuen menetelmien valinta

Hypoteesin muotoilu -alavaiheessa oikea-aikaisen tuen menetelmäksi valitaan antaa oppilaille vihjeitä, joiden avulla muotoilla hypoteesi.



Jokseenkin avoimesta tasosta *avoimelle* eteneville ryhmille annetaan

kaikki hypoteesin muotoiluun tarvittavat sanat. *Enimmäkseen avoimesta* *avoimelle* tasolle eteneville ryhmille annetaan vihjeeksi ainoastaan pitää mielessä itsenäiset ja riippuvat muuttujat.

Alavaiheessa *tutkimuksen suunnittelu* osalle ryhmistä (tasot *suljettu–jokseenkin avoin*) annetaan kuvalliset vaihtoehdot suunnitelmille, mikä auttaa heitä miettimään mahdollisia suunnitelmia (ks. liite 7.X.II). Opettaja tukee oppilaita myös tarpeen mukaan spontaanisti. *Jokseenkin avoimesta* *avoimeen* tasoon siirtyviä oppilaita ohjataan spontaanisti tarpeen mukaan.

Tuntisuunnitelma

Luokkataso: Luokat 6–7	Oppiaine: Fysiikka	Aihe: Jääpalojen sulamisnopeus	Luokka-asetelma: Ryhmätehtävä	Kesto: 2 x 45 min
Ennakkotiedot: Oppilailla on seuraavat tiedot: - o Vesi sulaa lämmitettynä jäältä nesteeksi. - o He tietävät todennäköisesti, että suuremmat jääpalat sulavat hitaammin.				
Pohjustava kysymys: Oppilaita kehoitetaan pohtimaan, kuinka jääpalan saa sulamaan mahdollisimman nopeasti ulkona keväällä auringon lämmittäessä.				
Oppimistavoitteet: Täytyvät olla käytäntöön pantavia ja olla mitattavissa tuotosten avulla	Opetus/oppimismateriaalit: Joko referenssimateriaaleja, fyysisiä tai virtuaalisia materiaaleja ja resursseja	Oppimistehtävä: Kuvaus oppilaiden tehtävästä sekä näiden saamasta tuesta	Oppimistuotos: Täytyy kuvastaa oppimistavoitteen tietoja tai taitoja	Arviointi (formatiivinen, summatiivinen tai vertaisarviointi): Arviointi keskittyy oppimistuotoksiin
Suunnittele tutkimus, jossa tarkastellaan jääpalojen sulamisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä		Opettaja kysyy oppilailta, ovatko nämä nähneet talonmiehen ja jonkun muun levittävän lumikinoksia asfaltin päälle (soveltuu suomalaiskouluihin). Miksi näin tehdään? Opettaja pyytää sitten oppilaita pohtimaan, kuinka jääpalan saa sulamaan ulkona mahdollisimman nopeasti. Opettaja jatkaa keskustelua, kunnes oppilaat ovat esittäneet useita jääpalan sulamisnopeuteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä. Opettaja muodostaa	Tutkimuskysymys	Vaikka tämä vaihe onkin opettajajohtoinen, opettaja kerää samalla tietoja oppilaiden ajattelutavasta myöhempää tukea varten, joten vaihe

		tutkimuskysymyksen yhdessä oppilaiden kanssa: Mitä tekijät vaikuttavat jääpalan sulamisnopeuteen ulkona?		sisältää formatiivista arviointia.
	Työmoniste (Liite 7.5.I)	<i>Jokseenkin avoimesta tasosta avoimelle eteneville ryhmille annetaan kaikki hypoteesin muotoiluun tarvittut sanat. Enimmäkseen avoimesta avoimelle tasolle eteneville ryhmille annetaan vihjeeksi vain ottaa itsenäiset ja riippuvaiset muuttujat huomioon.</i>	Hypoteesi	
	Laboratoriovälineet Vaihtoehtoiset piktogrammit (Liite 7.5.II)	<i>Suljettu–jokseenkin avoin:</i> Oppilaille esitetään vaihtoehtoisia suunnitelmia kuvina, mikä auttaa heitä pohtimaan mahdollisia koeasetelmia (ks. liite 7.X.II). Opettaja tukee oppilaita myös tarpeen mukaan spontaanisti. Opettaja auttaa tarpeen mukaan oppilaita valitsemaan sopivan koeasetelman. Oppilaat suorittavat valitsemansa suunnitelman mukaisen kokeen opettajan antamilla materiaaleilla (jääpalat, lämpölamput, pintamateriaalit, ajastin jne.). Oppilaat mittaavat jääpalojen sulamisajan. <i>Enimmäkseen avoin–avoin</i>	Koesuunnitelma	Opettaja tukee oppilaita tarpeen mukaan spontaanisti osana formatiivista arviointia.

		Oppilaat suunnittelevat oman koeasetelmansa valitsemalleen hypoteesille. Oppilaat näkevät välineet ja kirjoittavat suunnitelmansa. Opettaja pyytää oppilaita mittaamaan jään sulamisajan, jotta sulamiseen vaikuttavia tekijöitä voidaan vertailla ryhmien välillä. Opettaja tukee oppilaita tarpeen mukaan spontaanisti kokeen suunnittelun ja toteutuksen aikana.		
		Oppilaat pitävät kirjaa jään sulamisajoista taulukolla.	Taulukko valmis	
	Kysely tietojen tulkinnasta ja päätelmistä (Liite 7.5.III)	Oppilaat vievät kokeen loppuun tulkitsemalla jään sulamisaikoja. He vastaavat tätä varten tiettyihin kysymyksiin.	Kyselyvastaukset	
Ymmärtää jääpalojen sulamiseen eri olosuhteissa liittyvää teoriaa		Oppilaat voivat lukea teoriaa jääpalojen sulamisnopeudesta ja/tai opettaja voi keskustella teoriasta oppitunnin päätteeksi.		
Oppitunnin päätös: Opettaja johtaa keskustelua, jossa keskustellaan ja reflektoidaan koetta, sen tuloksia ja päätelmiä teorian valossa.				

Liite 7.5.I Hypoteesin muotoilu

Jokseenkin avoin–enimmäkseen avoin

Tutkimuskysymyksesi on: Mitä tekijät vaikuttavat jääpalan sulamisnopeuteen ulkona?

Yksi mahdollinen tekijä, josta keskustelimme, oli jääpalan alla olevan pinnan väri.

Muotoile hypoteesi käyttäen annettuja termejä ja ehtoja:

kuin / auringonvaloon asetettuna / sulaa nopeammin / jääpala / mustalla pinnalla / valkoisella pinnalla

Enimmäkseen avoin–avoin

Tutkimuskysymyksesi on: Mitä tekijät vaikuttavat jääpalan sulamisnopeuteen ulkona?

Keskustelimme useista eri mahdollisista tekijöistä. Valitkaa ryhmän kesken yksi tekijä, jota tutkia.

Muotoilkaa tutkimuksen hypoteesi alle. Muista sisällyttää hypoteesiin *riippumaton muuttuja* (esim. pinnan väri, jääpalojen koko tai sijainti auringossa/varjossa) sekä *jääpalojen sulamisjärjestys*:

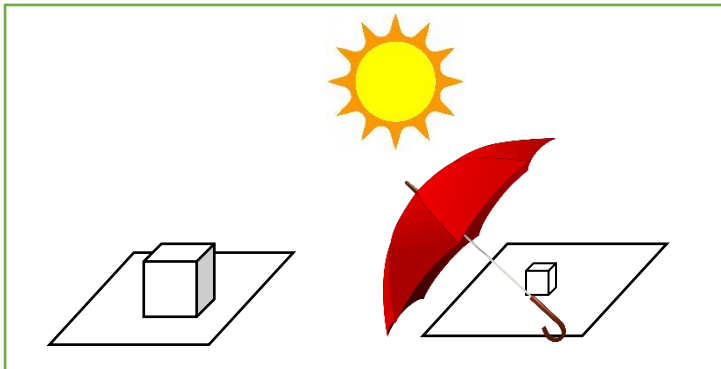
Liite 7.5.II Piktogrammivaihtoehdot sopivan koeasetelman valintaan

Suljettu–jokseenkin avoin

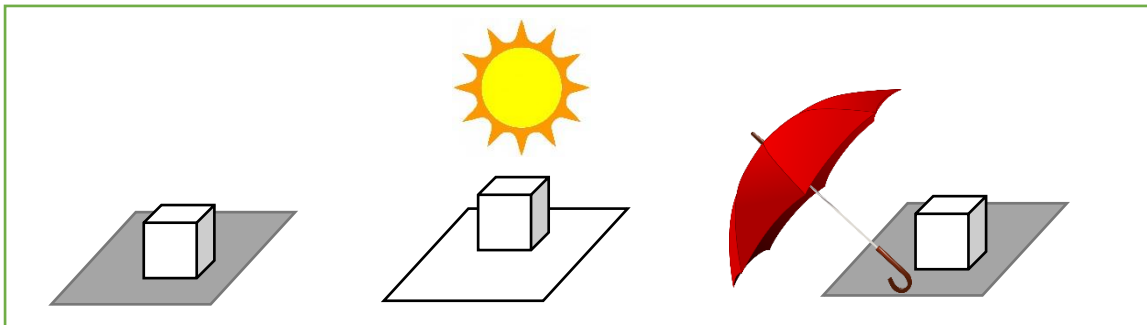
(Alla olevien kuvien sekä muiden kuvien perusteella voidaan muotoilla muitakin hypoteeseja (perustuen esim. jääpalojen kokoon tai paikkaan auringossa/varjossa), mutta tämä esimerkki koskee vain pinnan väriä.)

Valitse, mitkä seuraavista koeasetelmista sopivat paremmin pinnan värin vaikutuksen tutkimiseen.

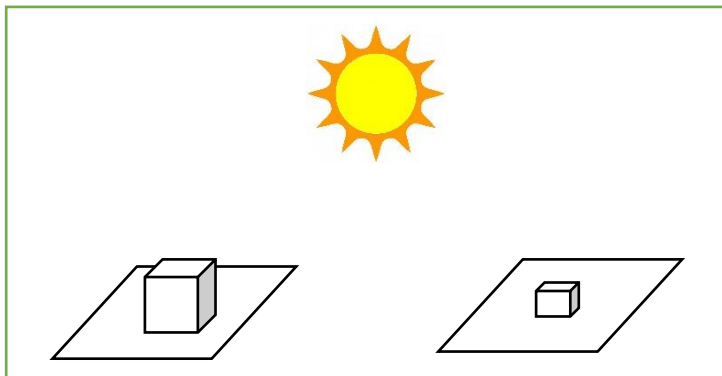
A) Suuri jääpala auringonvalossa ja pienempi varjossa Kumpi sulaa ensin?



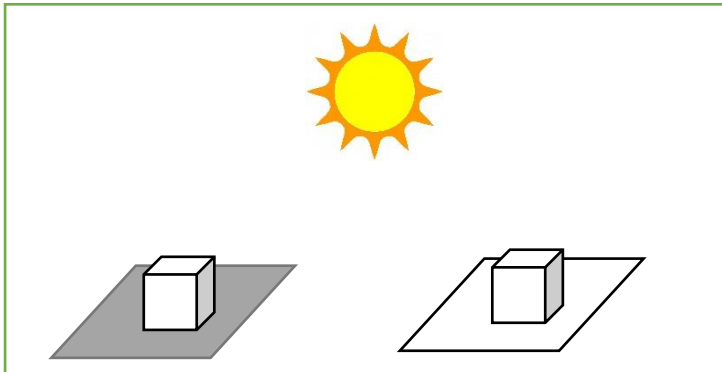
B) Samankokoiset jääpalat kolmessa eri asetelmassa. Yksi mustalla pinnalla auringossa, toinen valkoisella pinnalla auringossa ja kolmas mustalla pinnalla varjossa. Mikä jääpaloista sulaa ensin?



C) Suuri ja pieni jääpala auringonvalossa. Kumpi sulaa ensin?



D) Samankokoiset jääpalat auringonvalossa, toinen mustalla pinnalla ja toinen valkoisella. Kumpi sulaa ensin?



Enimmäkseen avoin–avoin

Oppilaat suunnittelevat oman koeasetelmansa valitsemalleen hypoteesille. Oppilaille näytetään tutkimusvälineet (esim. lämpölamput, pintamateriaalit ja ajastin) ja he kirjoittavat suunnitelmansa. Opettaja pyytää oppilaita mittaamaan jään sulamisajan, jotta sulamiseen vaikuttavia tekijöitä voidaan vertailla ryhmien välillä. Opettaja antaa tarpeen mukaan spontaania tukea kokeen suunnittelun ja toteutuksen aikana.

Liite 7.5.III Kysely tietojen tulkinnasta ja päätelmistä

Tutkitte jääpalojen sulamista tietyissä olosuhteissa. Vahvistuiko vai kumoutuiko hypoteesinne?
Perustelkaa vastauksenne.

Hypoteesi vahvistui, sillä

Hypoteesi kumoutui, sillä

8 Laboratoriotöiden ja kokeellisen työskentelyn

turvamääräykset

Koulussa tehtävissä kokeellisissa töissä – kemikaalien kanssa tai ilman – täytyy noudattaa turvamääräyksiä ja vaarojen ennaltaehkäisyä. Oppilaille täytyy selittää laboratoriotyöskentelyn säännöt ja niitä tulee noudattaa.

Opettajan täytyy arvioida mahdollisia riskejä ennen kokeiden suorittamista. Tähän arviointiin sisältyy vaaroja koskevien tietojen keruu, riskien ennaltaehkäisy sekä kokeeseen liittyvät suojatoimet.

Mistä tarvittavat tiedot saadaan?

Taulukko 8.1: Luonnontieteiden opetuksen turvaohjeiden *perustietoja* (elokuu 2021)

maa	tiedot
Itävalta	Koulussa suoritettavien kokeiden turvallisuutta koskevat asiakirjat (Allgemeine Unfallversicherung): https://www.auva.at/cdscontent/?portal=auvaportal&contentid=10007.671658 https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulrecht/rs/1997-2017/2016_22.html
Saksa	RiSU 2019: Säännöllisesti päivitetty kouluturvallisuutta koskevat määräykset: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf https://www.gesetze-im-internet.de/biostoffv_2013/BJNR251410013.html
Suomi	Opetushallituksen luonnontieteiden opetuksen turvallisuusohjeet: https://www.oph.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/luonnontieteiden-opetustilat-tyoturvallisuus-ja-valineet tai suora linkki: https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/137890_luonnontieteiden_opetustilat_tyoturvallisuus_ja_valineet_2.up_0.pdf
Kypros	Koulujen laboratorioden turvaohjeet löytyvät vain kansalliselta kemian opetuksen verkkosivuilta (http://chem.schools.ac.cy/index.php/el/ergastirio/asfaleia-ergastirio). Sivuston tiedostoihin sisältyy yleisiä turvaohjeita koskien tieteen opetuksen, eli fysiikan, kemian, biologian ja muiden aineiden laboratorioskokeita. Ohjeita ovat esim.: - Kemian laboratorioden turvallisuus- ja terveysopas (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/tee_chemistry_labguide_2019.pdf) - Turvallisuusohjeet ja -säännöt (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/metra_kanones.pdf) - Turvallisuussäännöt (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/kanones.pdf) - Turvallisuusohjeet (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/odigies_asfaleias.pdf) - Kemikaaliopas (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/encheiridio_chimikon_ousion.pdf) - Sopimattomien kemikaalien luettelo (http://archeia.moec.gov.cy/sm/646/katalogos_asymvaton_ousion.pdf)

Kaikkia turvaohjeita päivitetään jatkuvasti, joten muista tarkistaa uusimmat standardit säännöllisin väliajoin. Taulukko 8.1 sisältää viitteitä projektiin osallistuneiden maiden kouluille; myös näissä maissa täytyy käyttää päivitettyjä turvaohjeita. Joissain maissa on nimenomaan opettajille suunnatut ohjeet (esim. Saksan RiSU, jota ylläpitää maan opetusministeriö ja jota noudatetaan kaikissa saksalaiskouluissa). Nämä tekevät monimutkaisista turvallisuussäännöistä helpommin hallittavia ja opettajien ei tarvitse lakata käyttämästä kokeita osana opetusta sen takia, että he ovat epävarmoja turvallisuusvaatimuksista.

Koska opettaja on vastuussa luokastaan, turvasäännöistä täytyy keskustella yhdessä joka lukuvuosi ja ennen kokeiden suorittamista.

Jos luokahuoneen suunnittelu/infrastruktuuri tai muut turvallisuusolosuhteet eivät sovellu suunniteltuun kokeeseen, koetta ei pidä suorittaa.

Vaadittavat turvatarkistukset jaetaan kolmeen tasoon:

- a) Koulun yleiset turvatoimenpiteet
- b) Luokan tai laboratorion välineet sekä laboratorion säännöt oppilaille
- c) Erikoishuomiot riippuen valitusta kokeesta; esim. kemikaalit, kuumuus ja tuli, sähkövirta, mikro-organismien kaltaiset biologiset riskit, elävät eläimet

Nämä kolme kategoriaa selitetään yksityiskohtaisemmin alla. Luvun lopussa esitetään lyhyt yhteenveto oppilaita koskevista laboratorion turvasäännöistä.

Vastuuvapauslauseke: Suosittelemme huomioimaan tässä esitetyt turvasäännöt ja -toimenpiteet. Lukijan vastuulla on lisäksi ottaa selvää heidän maassaan tai koulussaan voimassa olevista turvamääräyksistä.

a) ***Yleiset turvatoimet***

- Hätäuloskäynnit ja palonsammutin: Oppilaille näytetään hätäuloskäyntien paikat. Uloskäynnit täytyy pitää esteettöminä kokeiden suorittamisen ajan (reitillä ei saa olla reppuja tms.) Oppilaille näytetään myös palonsammuttimen sijainti. Palonsammuttimen tulee olla helposti saatavilla.
- Hätävarusteet: Jos laboratoriossa on hätäpysäytyspainike, silmien huuhteluasema tai hätäsuihku, niiden toiminta täytyy tarkistaa säännöllisesti.
- Ensiapuvälineet: Ensiapupakkaus kuuluu vakiovarustukseen kaikissa laboratorioissa ja luokahuoneissa, joissa tehdään kokeita. Tarkasta ensiapupakkaus säännöllisesti ja täytä se tarpeen mukaan!

b) Luokkahuoneen tai laboratorion varusteet

- Tarkista työpinnat: Pöytien pintojen tulee suoritettavien kokeitten mukaan olla kemikaalin- ja lämmönkestäviä. Tulenkestäviä alustoja, kuten tulenkestäviä laattoja tai metallialustoja voidaan myös käyttää.
- Suojavälineiden/henkilökohtaisten suojavarusteiden tarkistus: Opettajan tulee varmistaa, että oppilailla on soveltuvat vaatteet tai suojavaatteet, esim. turvalasit, silmäsuojat, hanskat (kertakäyttöiset) ja laboratoriotakit (jos tarpeen).
- Varaston tarkistus: Varasto täytyy pitää viileänä tiettyjä koemateriaaleja varten (esim. kemikaalit tai dissektiossa käytetyt eläintuotteet, kuten kalat tai sian silmät). Merkitse nämä materiaalit, äläkä varastoi niitä samaan paikkaan elintarvikkeiden kanssa!
- Jotkin kokeet voi suorittaa vain vetokaapissa!

c) Erikoishuomiot riippuen valitusta kokeesta

a. Riskien arviointi

Opettajien täytyy suorittaa riskien arviointi ennen kokeiden suorittamista. Seuraavat asiat voivat kuulua riskien arviointiin:

- Onko koe soveltuva tämän ikäisille oppilaille? Joskus vaaralliset aineet eivät sovi nuoremmille oppilaille.
- Jotkin kokeet sopivat vain opettajan tekemiksi.
- Mitä vaaroja liittyy tämän aineen, eläimen, mikro-organismien, välineen tai elektronisen laitteen käyttöön?
- Onko tälle ainekselle jokin vähemmän vaarallinen vaihtoehto?
- Mitä ennakovalmisteluja täytyy tehdä, miten hätätilanteisiin tulee varautua ja kuinka varmistua kunnollisesta jätteidenhuollosta.

b. Kemikaalit, vaaralliset aineet ja materiaalit

- Opettajien täytyy tuntea kemikaalien käyttöön liittyvät rajoitukset. Heidän pitää tutkia mahdolliset vaihtoehtoiset kemikaalit ja mahdolliset kokeessa syntyvät kemikaalit.
- Vuodesta 2015 eteenpäin kaikki kemikaalit on merkitty kuvallisilla vaarasymboleilla (The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals eli GHS). Nämä symbolit ovat samoja ympäri maailman. Opettajien

täytyy tarkistaa, että kemikaalit on merkitty kunnolla. Oppilaiden tulisi tuntea nämä GHS-symbolit ennen kuin he käyttävät kemikaaleja. Näin he tuntevat mahdolliset vaarat ja osaavat varautua mahdollisia vahinkoja varten. Taulukossa 8.2. on kuvattu GHS-vaarasymbolit.

- Kemikaalien säilytys: opettajan tulee huolehtia, että kemikaaleja säilytetään oikeanlaisissa astioissa (ei esim. ruoansäilytysastioissa), ne on merkitty oikein ja säilytysolosuhteet ovat oikeat (jääkaapissa, turvakaapeissa jos tarpeellista).

	GHS 01 Räjähävä • Räjähteet • Itsereaktiiviset aineet ja seokset • Orgaaniset peroksidit
	GHS 02 Syttyvä • Syttyvät kaasut, nesteet ja kiinteät aineet • Pyroforiset nesteet ja kiinteät aineet • Itsestäänkuumenevat aineet ja seokset • Aineet ja seokset, jotka veden kanssa kosketuksiin joutuessaan kehittävät syttyviä kaasuja • Orgaaniset peroksidit
	GHS 03 Hapettava • Hapettavat kaasut, nesteet ja kiinteät aineet
	GHS 04 Paineen alainen kaasu • Paineen alaiset kaasut (puristetut, nesteytetyt, jäähdytetyt nesteytetyt ja liuotetut)
	GHS 05 Syövyttävä • Ihoa syövyttävät aineet ja seokset • Vakava silmävaurio • Metalleja syövyttävät aineet ja seokset
	GHS 06 Välitön myrkyllisyys • Välitön myrkyllisyys (suun, ihon, hengitysteiden kautta)
	GHS 07 Terveysvaara / vaarallinen otsonikerrokselle • Iho- ja silmä-ärsytys • Ihon herkistyminen • Välitön myrkyllisyys (suun, ihon, hengitysteiden kautta) • Narkoottiset vaikutukset

	• Hengitysteiden ärsytys • Otsonikerrokselle vaarallinen
	GHS 08 Vakava terveysvaara • Karsinogeeninen • Mutageeninen • Lisääntymiselle vaarallinen • Hengitysteiden herkistyminen • Elinkohtainen myrkyllisyys • Aspiraatiovaara
	GHS 09 Vaarallinen ympäristölle • Vesiympäristölle vaarallinen

Taulukko 8.2. GHS-vaarasymbolit

c. *Tuli ja lämpö*

- Tulen tuottamiseen voi käyttää kaasupolttimia tai kynttilöitä. Samaan aikaan samassa huoneessa ei pitäisi olla esillä syttyviä aineita. Huomioi pitkien hiusten tai roikkuvien vaatteiden muodostamat riskit!
- Nesteiden lämmittämiseen voi käyttää myös lämpölevyjä tai mikroaaltouunia. Varo kuumia pintoja ja kuumia astioita!

d. *Työskentelyvälineet*

- Loukkaantumisten välttämiseksi, mahdollisesti vaarallisten välineiden kuten lasitavaran tai skalpellien, neulojen, saksien tai veitsien käyttö täytyy harjoitella.
- Käytettäessä arkisiakin esineitä, oppilaiden täytyy harjoitella niiden käyttöä ja tuntea mahdolliset vaarat.

e. *Biologiset aineet ja elävät organismit*

- Tiettyjä arkisia turvallisuuskäytäntöjä liittyen mm. hygieniaan on noudatettava tartuntojen ja kontaminaation välttämiseksi. Tämä liittyy bakteerien, homeiden, loisten ja mahdollisesti patogeeneja kantavien elävien organismien kanssa toimimiseen.
- Erikoisvaatimuksia mikro-organismien kanssa työskentelyyn: pöytäpintojen täytyy olla puhdistamiseen soveltuvia (käytä alkoholia puhdistamiseen), pesuallas ja saippua, paperipyyhkeet ja käsidesi ovat myös tärkeitä. Tulee olla myös

mahdollisuus sterilisoida kontaminoitu materiaali (esim. autoklaavi tai painekeitin).

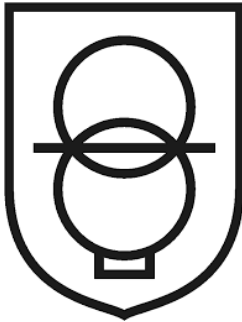
- Nämä vaatimukset koskevat myös kokeita elävien organismien kanssa tai eläinten sekä elinten dissektion yhteydessä
- Elävät eläimet koulussa: tarkista lailliset (eläintensuojelu), eettiset ja emotionaaliset (inho, fobia) seikat ja tutustu eläinten käsittelyyn.
- Tarkista, että mitä eläimiä saat tuoda kouluun (omassa maassasi)! Kaikkien eläinten tulisi olla terveitä ja vahingoittumattomia. Myrkylliset ja vaaralliset eläimet sekä sellaiset, joista voi aiheutua allerginen reaktio eivät sovi kouluun.
- Hygieniasääntöjä täytyy noudattaa eläimiä käsitellessä zoonoosien eli eläimestä ihmiseen siirtyvien patogeenien välttämiseksi. Hygieniaan kuuluu käsien kunnollinen peseminen, eläinten kunnollinen säilyttäminen ja eläinten terveydestä huolehtiminen.
- Älä kerää eläimiä tai muuta materiaalia luonnonsuojelualueilta!
- Eläinkokeet, jotka aiheuttavat eläinten loukkaantumisia tai ylimääräistä stressiä ovat kiellettyjä. Tämä koskee erityisesti selkärangaisia. Opettajan tehtävänä on varmistaa, ettei yksikään eläin loukkaannu koulussa!
- Jos eläimiä pidetään koulussa pidempiä aikoja, on huolehdittava siitä, että niistä huolehditaan lajille ominaisin tavoin. Esim. sopivasta valaistuksesta ja lämpötilasta on huolehdittava. On oltava myös selvää, että mitä eläimille tapahtuu koulussa olonsa jälkeen!

f. Sähkö ja sähkölaitteet

Sähkölaitteita ei käytetä vain fysiikassa vaan myös monissa kokeissa biologian ja kemian tunneilla (lämpölevyt, mikroskoopit, lamput, pakastimet ym.). Näistä laitteista tulee pitää huolta säännösten mukaisesti. Tässä joitain sähköturvallisuuteen liittyviä tärkeimpiä seikkoja:

- Tarkasta kaikki kaapelit, liittimet ja laitteet vaurioiden varalta ennen käyttöä.
- Poista jännite heti ongelmien ilmetessä!
- Ilmoita vaurioituneista laitteista eteenpäin. Rikkoutunut laite täytyy poistaa toiminnasta heti.
- Vain asiantuntevat henkilöt saavat korjata sähkölaitteita tai liittimiä. Opettaja voi tehdä yksinkertaisia huoltoja kuten vaihtaa polttimoita.
- Varo johtojen kiertymistä ja mahdollista kompastumisvaaraa!

- Suojaa sähkölaitteet vedeltä ja kosteudelta.
- Sähkölaitteita, jotka saavat jännitteensä suoraan verkkovirrasta ei pitäisi käyttää ilman vikavirtasuojasta tai jännitteen hätäsammutuspainiketta.
- Käytä sähkölaitteita vaan siihen tarkoitukseen, johon ne on suunniteltu.
- Oppilaat eivät saa tehdä kokeita vaarallisia jännitteitä käyttäen. Vain laitteita, joissa on matala jännite voi käyttää. Turvamuuntajan sisältävän laitteen tunnistaa merkistä (kuva 8.1.)



Kuva 8.1 Turvamuuntajan eristysmerkintä, IEC5222

Käytännön vinkkejä kokeiden tekemiseen koulussa:

- Huomauta oppilaille, että banaaniliittimiä ei saa yhdistää pistorasiaan!
- Älä koske virtapiireihin käyttöjännitteen syötön jälkeen. Katkaise jännite kokeen suorittamisen jälkeen ja irrota johtokytkennät.
- Varoitus yli 60 V kondensaattoreille: Suojaa kosketusta vastaan ja pura kondensaattorien virta ennen koeasetelman purkamista.
- Akut ja paristot: Älä koskaan yritä ladata tavallista paristoa, sillä se voi räjähtää! Lataa akkuja vain niille tarkoitetulla tai valmistajan suosittelemalla laturilla.
- Sähkömagneettiset kentät ja säteily: Koulussa käytetyt laitteet eivät yleensä asianmukaisesti käytettyinä lähesty altistumisen ylärajoja. Noudata valmistajan ohjeita, etenkin mikroaaltojen kaltaisen näkymättömän säteilyn kanssa työskennellessä.
- Huomio: Suojaa implantteja, kuten kuulolaitetta tai sydämentahdistinta käyttävät henkilöt sähkömagneettikentiltä. Heidän täytyy joko pysyä loitolla tai poistua huoneesta.

g. Mekaniikka ja vakaus

- Kaikissa koeasetelmissa on tärkeää varmistaa mekaaninen vakaus, etenkin telineitäettäessä.
- Tiettyjen kokeiden aikana liikutellaan suuria painoja; nämä voivat henkilöön osuessaan olla vaarallisia. Noudata varovaisuutta, kun kokeeseen liittyy

pingottuneita jousia ja lankoja, korkeaa painetta, taljan käyttöä tai kiertäviä liikkeitä.

h. Termodynamiikka

Kun vettä lämmitetään paineastioissa, tarkista turvaventtiilit ennen kokeen aloittamista. Älä ylitä maksimipainetta!

i. Optiikka ja säteily

Suurin osa koulun säteilyn lähteistä ilmenevät myös kotona ja muualla arjessa. Turvallinen luonnollisen ja keinotekoisen valon ja säteilyn käsittely on eräs luonnontieteiden opetuksen tavoitteista. Esimerkkejä tällaisesta säteilylähteistä ovat tavanomaiset sisustusvalaisimet tai hehkulamput, laserit ja laserosoitimet, ultraviolett- ja infrapunalamput, LED-valot, avotuli, auringonvalo ja kohdistettu auringonvalo, spektrilamput ja salamavalot. Useimpiin näistä säteilylähteistä liittyy altistusrajoja, joita täytyy noudattaa. Rajat riippuvat altistusajasta, etäisyydestä ja säteilyn tyypistä. Koulussa etenkin lyhytaikaiseen altistumiseen liittyvät rajat ovat tärkeitä (häikäisy, silmän vahingoittuminen). Pitkän aikavälin rajojen ylittyminen ei pitäisi olla mahdollista.

Seuraavia säteilyn lähteitä voidaan yleensä käyttää ilman erityisiä suojatoimia:

Kotitalouksissa käytetyt hehkulamput, ultraviolettilamput, pienet LED-valot, avotulet ja salamavalot.

Seuraavat säteilyn lähteet edellyttävät turvatoimien noudattamista; niitä voidaan käyttää vain opettajan läsnä ollessa ja oppilaiden saatua niitä koskevat ohjeet.

- Laserit ja laserosoitimet: Vältä häikäisyä; varmista, ettei kukaan katso suoraan sädettä kohti.
- Ultraviolettivalot: Yllä mainittuun lisäten vältä ihon altistumista UV-säteilylle.
- Spektrivalot: Noudata käyttöohjeita; suojaudu hajavalolta ja asenna työtilaan asianmukainen merkintä.
- Suuritehoiset LED-valot: Älä osoita tällaisilla valoilla silmiin häikäisyn ja silmien vahinkojen välttämiseksi.
- Kohdistettu auringonvalo: Auringonpolttamat ja tulipalojen riski; älä katso valonsädettä pitkin tai suoraan aurinkoa kohti!
- Infrapunavalaisimet: Pidä infrapunavalaisimeen vähintään 50 cm välimatka. Valaisimen tulee olla vähintään metrin päässä syttyvistä materiaaleista. Älä käytä infrapunavalaisinta ilman valvontaa.

Asianmukainen käyttö laboratorioissa: yleiset ohjeet oppilaille

- Älä syö laboratoriossa.
- Älä juo laboratoriossa.
- Pidä työasemasi puhtaana ja noudata hygieniää: puhdista tai desinfioi tarvittaessa
- Älä juokse törmäysten ja aineiden läikkymisen välttämiseksi
- Pidä työalue ja käytävät esteettöminä: älä jätä takkeja tai laukkuja pöydille tai käytäville
- Käytä silmäsuojaimia
- Sido pitkät hiukset pään taakse ja riisu takkien tai kaulaliinojen kaltaiset löysät vaatteet avoliekillä työskennellessä (esim. kaasupolttimella tai kynttilällä)
- Pese kädet huolellisesti kemikaalien, eläinten sekä kasvi- tai eläinperäisten materiaalien ja mikrobien kanssa työskenneltyäsi
- Ilmoita kaikki vauriot tai vahingot opettajalle

9 Kiitokset

Tekijät haluavat kiittää Alexander Brown Communicationsia ja Katharina Kerstingia tekstin editoinnista ja oikoluvusta, Chirsta Arne Bewersdorffia mielenkiintoisista keskusteluista sekä Christa Sallamia muinaisten kivien sekä niiden reikien kuvien tarjoamisesta. Kiitämme myös Jyväskylän yliopiston monikielisen akateemisen viestinnän keskusta suomenkielisestä käännöksestä. Kiitämme myös kirjan koelukijoita: Caroline Neudecker, Claudia Kriechbaum, Martina Schuknecht, professori Manuela Welzel-Breuer, professori Marcus Hammann ja professori Markus Emden. Kiitämme Euroopan unionia ja Saksan ohjelmatoimista tuesta Erasmus + -ohjelman kautta. Lämpimät kiitokset erityisesti Kathrin Eßweinille, joka oli yhteyshenkilömme Saksan ohjelmatoimistossa ja tarjosi tukea sekä neuvoja. Kiitämme myös Janine Jahnkea (University of Education Heidelberg) joka auttoi meitä rahoitukseen liittyneissä kysymyksissä.



Tämä julkaisu ja kaikki sen osat on suojattu tekijänoikeuksin. Tämän julkaisun teksti on julkaistu Creative Commons Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen (CC BY-SA 4.0) -lisenssillä. Kokonaisen lisenssitekstin löydät täältä: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.fi>. Julkaisun käyttö, joka ylittää CC BY-SA 4.0 -lisenssin on kielletty ilman kirjoittajien lupaa. Kuvat ja muut kolmannen osapuolen materiaalit tässä julkaisussa ovat myös saman lisenssin alla, jos toisin ei ole mainittu. Jos materiaalia ei ole suojattu ko. lisenssillä ja käyttö ei kuulu lain piiriin, tämän materiaalin jatkokäyttöön täytyy saada lupa materiaalin tekijänoikeuksien omistajilta.