

# TUTKIMUKSET LUONNONTIETEIDEN OPETUKSESSA

*Anttoni Kervinen*

LumO-keskus, Helsingin yliopiston LUMA-keskus

**Tiivistelmä** *Luonnontieteen opetuksen tutkimuksessa on viime vuosikymmeninä havaittu, että luonnontieteellisen tutkimuksen käytäntöjen soveltaminen opetuksessa edistää oppilaiden kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan, luonnontieteellisen ja kriittisen ajattelun kehittymistä sekä ilmiöiden oppimista. Myös suomalaisissa uusissa opetussuunnitelmien perusteissa ohjataan entistä voimakkaammin pienten tutkimusten tekemiseen. Viime vuosina kansainvälisessä kirjallisuudessa tutkimisen pedagogisia tavoitteita on jäsennetty puhumalla luonnontieteellisistä käytännöistä opetuksessa. Tässä artikkelissa esitellään kaksi pientä tutkimusta ja kuvataan niiden soveltamista opetuksessa luonnontieteellisten käytäntöjen näkökulmasta. Artikkelissa esitellyt tutkimukset ovat osa LUMA-Suomi-ohjelmaan ja Koulutuksesta kouluun -hankkeeseen kuuluvassa LumaLähetit-hankkeessa kehitettyjä opetusjaksoja.*

## 1. TUTKIMINEN JA LUONNONTIETEELLISET KÄYTÄNNÖT OPETUKSESSA

Peruskoulun uusissa opetussuunnitelmien perusteissa luonnontieteiden oppimisen keskeisinä tavoitteina on tarjota oppilaille mahdollisuuksia toteuttaa luontaista uteliaisuuttaan, iloita oppimisesta, ja auttaa oppilasta kokemaan luonnontieteet merkitykselliseksi itselleen (OPH, 2014). Opetussuunnitelmien perusteet korostavat myös entistä voimakkaammin luonnontieteiden oppimisessa hyödynnettäviä tutkimisen taitoja. Tutkimiseen liittyvien osa-alueiden sisällyttäminen opetuksella on havaittu positiivisia vaikutuksia sekä oppilaiden kokemaan kiinnostukseen luonnontieteitä kohtaan että sisältöjen oppimiseen (ks. esim. Abd-El-Khakick ym. 2004; Crawford, 2014). On perusteltua olettaa opetussuunnitelmassa painotettujen tutkimisen taitojen sisällyttämisen opiskeluun auttavan saavuttamaan luonnontieteiden opiskelulle asetettuja tavoitteita kiinnostuksesta, iloitsemisesta ja luonnontieteellisten ilmiöiden ymmärtämisestä. Tässä artikkelissa kuvataan joitakin erityisesti alakouluun soveltuvia pieniä tutkimuksia ja niiden merkitystä ja sovellettavuutta opetuksessa ja oppimisessa.

Alakoulun ympäristöopin tavoitteissa mainitaan oppilaiden ohjaaminen havaintojen ja kokeilujen tekemiseen aisteja ja tutkimusvälineitä käyttäen jo ensimmäisiltä vuosiluokilta alkaen

(Opetushallitus, 2014). Tavoitteena on kannustaa oppilaita ihmettelemään sekä muodostamaan kysymyksiä, joita voidaan käyttää pienten tutkimusten lähtökohtana. Tutkimuksia on tarkoituksenmukaista tehdä monipuolisissa oppimisympäristöissä. Tutkimusten sisällöiksi opetussuunnitelmien perusteissa määritellään elolliseen ja elottomaan lähiympäristöön ja arjen ilmiöisiin liittyviä aiheita.

Opetussuunnitelmassa kuvatut tavoitteet tutkimisesta, havaintojen tekemisestä ja kysymysten esittämisestä liittyvät luonnontieteiden opetuksen tutkimuksessa vallalla oleviin näkemyksiin tutkimiseen merkityksestä oppilaille merkityksellisestä ja menestyksekkäästä oppimisesta. Jo vuosikymmenien ajan on esitetty, että luonnontieteelliselle tutkimukselle ominaisten piirteiden yhdistäminen opetukseen on tärkeää, jos halutaan oppilaiden ymmärtävän, miten luonnontieteellistä tietoa saadaan, miten tieto kehittyy ja miten tutkiminen voi olla palkitsevaa (Crawford, 2014). Luonnontieteille tyypillisiä tutkimisen osa-alueita sisältävällä opetuksella on havaittu positiivisia vaikutuksia sekä oppilaiden kiinnostukselle ja motivaatiolle sekä tietojen ja taitojen oppimiselle (katsaus esim. Crawford, 2014).

Aidon luonnontieteellisen tutkimuksen ja luonnontieteiden oppimisessa on täysin erilaiset tavoitteet (Crawford, 2014). On pidettävä mielessä, ettei tutkimisen sisällyttäminen opetukseen tarkoita luonnontieteellisten tutkimusten jäljittelemistä eikä välttämä edellytä välttämättä edes kokonaisten tutkimisprosessien toteuttamista koulussa. Tutkimisen taitoja sisältävää opetusta kehitettäessä onkin tärkeämpää miettiä, mitkä ovat luonnontieteiden oppimisen tavoitteet ja miten oppiminen tapahtuu kuin jäljitellä luonnontieteellisen tutkimuksen prosessia (Osborne, 2014).

Tutkimisen taitoja ja tutkimiseen liittyviä osa-alueita ja tavoitteita on viime vuosina jäsennetty puhumalla luonnontieteellisistä käytännöistä<sup>1</sup> (scientific practices) opetuksessa (Osborne, 2014; NRC, 2012). Luonnontieteellisillä käytännöillä tarkoitetaan sellaisia luonnontieteelliselle tutkimukselle tyypillisiä osa-alueita, joiden soveltaminen opetuksessa on tärkeää sisältöjen oppimisen, luonnontieteellisen ajattelun sekä kriittisten ajattelutaitojen kehittymisen kannalta (Osborne, 2014). Kahdeksan luonnontieteellistä käytäntöä tavoitteineen on esitetty Taulukossa 1.

Taulukko 1. Luonnontieteelliset käytännöt opetuksessa. Taulukossa on esitetty kahdeksan luonnontieteellistä käytäntöä ja kuvattu niiden keskeiset tavoitteet opetuksessa (soveltaen Osborne, 2014; NRC, 2012)

<b>Luonnontieteellinen käytäntö</b>	<b>Käytännön harjoittelamisen tavoitteena on, että oppilas:</b>
Kysymysten esittäminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ymmärtää, että luonnontieteellisen tiedon hankkiminen rakentuu tarkkojen kysymysten varaan</li> <li>- oppii esittämään ilmiöistä kysymyksiä ja pohtimaan niihin vastaamisen edellytyksiä</li> </ul>
Mallien kehittäminen ja soveltaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ymmärtää mallien hyötyjä ja rajoitteita ilmiöiden kuvaamisessa</li> <li>- oppii muodostamaan yksinkertaisia malleja ja muuttamaan niitä havaintojen perusteella</li> </ul>

Luonnontieteellinen käytäntö	Käytännön harjoittelun tavoitteena on, että oppilas:
Selitysten muodostaminen	- oppii muodostamaan omia selityksiä ilmiöille annetun tiedon ja/tai havaintojen pohjalta sekä korjaamaan selityksiä tarpeen vaatiessa (vrt. mallit)
Todisteiden avulla perusteleva	- ymmärtää luonnontieteellisen olevan tiedon perustuvan kulloinkin saatavilla oleviin todisteisiin ja niistä johdettuihin perusteluihin - oppii perustelevaan käsityksiään ja muuttamaan niitä tarvittaessa
Tutkimusten suunnittelu ja toteuttaminen	- ymmärtää tutkimuksen tavoitteen kausaliiteetin tai ilmiön objektiivisesta selvittämisestä ”toivotun” lopputuloksen etsimisen sijaan - oppii tutkimaan ilmiöitä monipuolisilla menetelmin (mm. luokittelu, kokeellinen testaaminen, säännönmukaisuusien etsiminen, mallien testaaminen, asioiden tai systeemien rakentaminen) sekä pohtimaan menetelmien soveltuvuutta ja rajoitteita
Tutkimusaineiston analysointi ja tulkitseminen	- ymmärtää aineiston tulkitsemisen olevan olennainen osa luonnontieteellisen tiedon muodostumista - oppii tulkitsemaan aineistoa (omia tai valmiiksi valikoituja) –myös sellaisia, joiden tulos ei ole ennalta tiedossa tai ilmeinen
Matemaattisen ajattelun käyttäminen	- ymmärtää matematiikan olevan tärkeä väline luonnontieteellisen tutkimusaineiston käsittelemisessä, tulkitsemisessä ja esittämisessä - oppii soveltamaan matemaattisia ajattelua numeerisen aineiston käsittelyssä sekä ongelmanratkaisussa
Tiedon hankkiminen, arvioiminen ja jakaminen	- ymmärtää tarkan kirjallisen ja suullisen ilmaisun merkityksen luonnontieteellisessä tutkimuksessa ja oppimisessa - oppii pohtimaan tietolähteiden luotettavuutta ja tavoitteita sekä kommunikoimaan omaa tietoaan

Tavoitteena on, että luonnontieteiden opetus sisältäisi kaikkia näitä käytäntöjä, mutta niiden ei suinkaan tarvitse toteutua yhtä aikaa tai esimerkiksi samalla oppitunnilla (Osborne, 2014). Luonnontieteellisten käytänteiden sisällyttäminen opetukseen voi tapahtua kokonaisten pienten tutkimusten kautta, mutta tutkimisesta voidaan myös erotella osa-alueita, joihin oppilaita voidaan kussakin tilanteessa aktivoida.

Yhteisenä tavoitteena kaikille luonnontieteellisille käytännöille on oppilaiden kasvava ymmärrys luonnontieteellisen tiedon luonteesta sekä ajattelemisen, tutkimisen ja perustelevien taitojen kehittyminen (Crawford, 2014). On hyvä muistaa, että toistava kokeellisuus, jossa oppilaat todentavat ja havainnollistavat opettajan valitsemaa ilmiötä tai pyrkivät oikeisiin arvauksiin ennalta tiedetyn tuloksen saavuttamiseksi, ei useinkaan aktivoi oppilaita luonnontieteellisten käytäntöjen suuntaiseen toimintaan (Abd-El-Khakick ym. 2004). Onnistuneimmillaan luonnontieteellisiä

käytäntöjä sisältävä opetus yhdistää opittavan sisällön ajattelutaitojen luonnontieteellisen ymmärryksen kehittämiseen ja tarjoaa oppijoille samankaltaista älyllistä tyydytystä kuin tieteellinenkin tutkimus (Osborne 2014).

## 2. TUTKIMUKSIA KOULUUN

Seuraavaksi kuvataan kaksi pientä tutkimusta, jotka soveltuvat erityisesti alakouluun, mutta myös vanhemmille oppilaille. Nämä tutkimukset tarjoavat hyvän mahdollisuuden harjoitella monia luonnontieteellisten käytänteitä opetuksessa. Opetusjaksojen materiaali on tuotettu opettajaopiskelijoiden, opettajien ja opettajankouluttajien yhteistyössä Helsingin yliopiston Opettajankoulutuslaitoksella LumaLähetit-hankkeen yhteydessä (LumO-keskus, 2016). Hankkeessa on tavoitteena tukea opiskelijoiden ja opettajien ammatillista kehitystä monialaisen ja tutkimuksellisen luonnontieteiden opetuksen toteuttamisessa. Hanke on osa LUMA-Suomi-ohjelmaan kuuluvaa Koulutuksesta kouluun –hanketta.

Tutkimusten toteuttaminen kuvataan tiivistetysti. Tarkemmat ohjeet kuvineen sekä taustamateriaalia ja lomakepohjia on saatavilla hankkeen materiaalisivuilta ([https://peda.net/p/Sari\\_Havu-Nuutinen/kkh/htm](https://peda.net/p/Sari_Havu-Nuutinen/kkh/htm)) ja myöhemmin LUMA-Suomi-ohjelman materiaalipankissa.

### 2.1 Hassut homeet

Tässä työssä toteutetaan oma hometutkimus mielenkiintoisen mehukokeen muodossa. Samalla tutustutaan elintarvikkeiden säilöntään ja kotikeittiön tärkeimpiin säilöntämenetelmiin.



Kuva 1. Hassut homeet –tutkimuksen koeasetelma.

## Tarvikelista

- Koeputkia, koeputkitelineitä
- Suppilo
- Maalarinteippiä ja tusseja
- Mehua (esim. tuorepuristettu appelsiinimehu tai tomaattimehu)
- Sokeria
- Suolaa
- Sitruunatiivistettä tai etikkaa
- Chili –yrttiseosta (valinnainen)

## Toimi näin

- 1) Aloita leikkaamalla pieniä maalarinteipin paloja. Merkitse leikattuihin palasiin käytetyn säilöntäaineen nimi (ei mitään, sokeri, suola, etikka, chili). Näin putket eivät pääse sekoittumaan kokeen aikana.
- 2) Aseta putket koeputkitelineeseen. Tässä vaiheessa sinulla tulisi olla 5 teipillä merkattua koeputkea kauniissa rivissä (Kuva 1).
- 3) Kaada jokaiseen koeputkeen yhtä paljon (noin 3-5 cm) appelsiinimehua.
- 4) Lisää noin puoli teelusikallista säilöntäainetta (suola, sokeri...) teippimerkintöjesi mukaan. Yhteen koeputkeen (merkintä *ei mitään*) ei lisätä mitään. Siitä tulee kokeen niin sanottu kontrollinäyte. Voit tarvittaessa käyttää suppiloa apunasi!
- 5) Ravistele koeputkia, jotta lisätyt aineet sekoittuvat kunnolla mehunäytteeseen. Muista sulkea korkki ennen ravistelua!
- 6) Vie koeputkiteline opettajan osoittamaan paikkaan. Näytteet kannattaa asettaa lämpimään ympäristöön (esim. lämpöpatterin päälle), sillä korkea lämpötila edistää homeiden kasvua.
- 7) Seuraa koeputkia tulevien päivien aikana ja täydennä tutkimuspäiväkirjaan havaintosi. Tapahtuuko mehuliuksissa muutoksia esimerkiksi koostumuksen, värin tai hajun suhteen? Voit varovasti haistaa koeputkia. Maistaminen on kuitenkin kielletty! Tiedätkö miksi?
- 8) Koe lopetetaan noin 5-7 päivän kuluttua. Mitä havaitsit? Onko koeputkien välillä eroja? Mistä havaitsemasi erot voisivat mahdollisesti johtua? Kirjoita nämä huomiot tutkimuspäiväkirjaasi!

## 2.2 Hapot hyökkävät hampaisiin

Tässä kokeessa selvitetään nesteiden happamuutta ja tämän vaikutusta hampaiden hyvinvointiin. Kotikeittiön nesteiden happamuutta voidaan ”silmämääräisesti” arvioida maistamalla, mutta tarkempia määrytyksiä varten on kehitetty happamuutta kuvaava numeroasteikko – pH-asteikko. Tässä tutkimuksessa happamuutta mitataan punakaali-indikaattorin avulla.

## Tarvikelista

- Munankuoria
- Pieniä laseja (esim. muovimukeja)
- Ompelulankaa
- Grillitikkuja
- Vettä
- Appelsiini mehua
- Virvoitusjuomaa (esim. kokis)
- Etikkaa (tai sitruunamehutiivistettä/muuta hapanta nestettä)
- Energiajuomaa
- Kennolevyjä tai muita ”pieniä astioita”
- Talouspaperia & tussi
- + mahdollisesti emäksistä näytettä kuten ruokasoodavettä tai pyykinpesuainetta (indikaattorin värimuunnoksen osoittaminen)

## Toimi näin

- 1) Aloita valmistamalla happamuudesta kertova punakaali-indikaattori. Ohjeet löytyvät erillisestä monisteesta. Lopputuloksena kädessäsi tulisi olla omaa pH-paperia tai nestemäistä indikaattoria happamuuden selvittämiseksi. Huom! Opettaja voi valmistaa indikaattorin valmiiksi, tai voidaan käyttää valmista indikaattoria.
- 2) Testaa kokeessa käytettävien nesteiden pH punakaali-indikaattorin avulla. Kaada pieni määrä kutakin näytettä esimerkiksi kennolevyn näytekoloihin. Lisää varovasti päälle punakaali-indikaattoria esimerkiksi pipetin avulla ja katso miten liuoksen väri muuttuu.
- 3) Ota viisi muovimukia ja kaada jokaiseen tutkittavaa nestettä muutaman senttimetrin verran.
- 4) Ota vähintään sormenpään kokoinen palanen munankuorta ja sido sen ympärille noin 10cm pitkä pätke narua. Solmi narun toinen pää grillitikkuun. Katso kuvasta mallia (Kuva 2). Tee jokaiselle testattavalle juomalle oma munankuorirakennelma (yhteensä viisi muna-tikkunaru -systeemiä).
- 5) Upota narun päässä roikkuva kuori tutkittavaan nesteeseen ja aseta grillitikku poikittain lasin päälle
- 6) Nosta munankuori kerran päivässä grillitikon varassa ylös ja katso onko kuoren värissä tai rakenteessa tapahtunut muutoksia. Pidä vihossasi tutkimuspäiväkirjaa, johon merkitset huomioita kuoressa tapahtuvista silmin nähtävistä muutoksista.
- 7) Viikon kuluttua on aika päättää koe. Ota viisi talouspaperinpalasta ja merkitse näihin tutkittavien juomien nimet (esim. limsa, etikka...). Nosta *varovasti* viikon juomissa viettäneet munankuoret omille talouspapereilleen kuivumaan. Munankuorien kuivumista odottaessa voit tehdä silmämääräisiä huomioita ja merkitä näitä tutkimuspäiväkirjaasi. Ota lopuksi kuori käteesi ja tutki miten se on muuttunut viikon aikana. Onko kuorien välillä eroja? Mistä nämä erot voisivat johtua?



Kuva 2. Hapot hyökkäävät hampaisiin -tutkimuksen koeasetelma.

### 3. LUONNONTIETEELLISTEN KÄYTÄNTÖJEN SOVELTAMINEN

Edellä kuvatut tutkimukset on muotoiltu rakenteeltaan ja ohjeiltaan strukturoiduksi, jotta opettajan ohjeiden avulla helpompi hahmottaa tutkimuksen kokonaisuus. Oppilaat voidaan ohjata tutkimaan ennalta määriteltyä ilmiötä ("hampaiden" kulumista tai mehun homehtumista) ja myös tutkimuksen kulku voidaan ohjeistaa tarkasti. Tällöinkin tutkimusten avulla voidaan toteuttaa luonnontieteellistä käytännöistä esimerkiksi tutkimusaineiston ja -havaintojen tulkitsemista ja selitysten muodostamista. Opettajan on kuitenkin syytä pohtia tutkimuksia ohjatessaan, miten saada oppilaat työskentelemään aktiiviseksi mahdollisimman monen luonnontieteellisen käytännön parissa. Taulukossa 2 on esimerkinomaisesti taulukoitu mahdollisuuksia soveltaa edellä kuvattuja tutkimuksia tähän tarkoitukseen.

Taulukko 2. Esimerkkejä luonnontieteellisten käytäntöjen harjoittelemisesta kuvattujen tutkimusten avulla.

<b>Luonnontieteellinen käytäntö (ks. Taulukko 1)</b>	<b>Tutkimuksen muokkaaminen ja soveltaminen käytännön harjoittelemiseksi</b>
Kysymysten esittäminen	- oppilaat muodostavat tarkat tutkimuskysymykset itse (esim. valikoiden juomia tai säilöntäaineita)
Mallien kehittäminen ja soveltaminen	- oppilaat mikroskoipoivat tai tutkivat suurennuslasilla kasvaneita homeita ja piirtävät mallin havaitsemastaan, verrataan malleihin homeen rakenteesta - munankuorien massan muutos mitataan ja muodostetaan kuvaaja (esim. pylväsdiagrammi) mallintamaan massan pienenemistä
Selitysten muodostaminen	- oppilaat tutustuvat juomien happamuuteen indikaattorin avulla ennen koetta tai sen jälkeen ja yrittävät selittää havaitsemiaan muutoksia happamuuden avulla
Todisteiden avulla perustelevminen	- oppilaat kirjaavat muistiin havaitsemiaan konkreettisia muutoksia ja perustelevat niiden avulla ennustuksiansa toteutumista tai toteutumatta jäämistä
Tutkimusten suunnittelu ja toteuttaminen	- oppilaille annetaan ohjeeksi tutkia mehujen säilyvyyttä tai juomien vaikutusta ”hampaille” kuvatuilla välineillä, ja he muodostavat tutkimuskysymyksen ja suunnittelevat koejärjestelyn itse
Tutkimusaineiston analysointi ja tulkitseminen	- kootaan ryhmän tai luokan havainnot muutoksista, tehdään päätelmä parhaasta säilöntäaineesta tai haitallisimmasta juomasta, pohditaan virhelähteitä ja luotettavuutta
Matemaattisen ajattelun käyttäminen	- munankuorien massa mitataan päivittäin, ja numeerista dataa käytetään muutoksen kuvaamiseen ja havainnollistamiseen
Tiedon hankkiminen, arvioiminen ja jakaminen	- oppilaat esittelevät tuloksiaan ja ennustuksiansa toteutumista toisilleen  - oppilaat arvioivat tulostensa avulla hammaslääkärien kirjoittamia suosituksia juomavalinnoista

Jotkut tutkimukset ja ilmiöt soveltuvat joidenkin luonnontieteellisten käytäntöjen harjoitteluun toisia paremmin. Esimerkiksi monet fysiikan tiedonalan ilmiöt soveltuvat hyvin mallien käytön harjoitteluun. Oppilaiden omista kysymyksistä kumpuavat ja jalostuvat tutkimukset puolestaan tukevat mielekkäiden kysymysten esittämisen harjoittelusta sekä tiedon hankkimisen, jakamisen ja arvioimisen opettelemista.

Kuitenkin kaikessa luonnontieteen opetuksessa – ei vain tutkimuksissa ja kokeellisissa töissä – voidaan pyrkiä valitsemaan työtapoja, jotka tukevat jonkin luonnontieteellisen käytännön



harjoittelemista. Käytäntöjen jäsentäminen on opettajalle avuksi, kun pohditaan keinoja, joilla oppilas saadaan itse aktiivisesti esimerkiksi esittämään kysymyksiä tai muodostamaan selityksiä sen sijaan, että opettaja tekisi aina kysymykset ja tarjoaisi selitykset.

Lukuisten empiiristen tutkimusten mukaan luonnontieteellisiä käytäntöjä sisältävällä opetuksella on mahdollista lisätä oppilaiden kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan (ks. esim. Crawford, 2014). Oppilaiden kiinnostuksella opiskelua kohtaan puolestaan edistää syvällistä oppimista (esim. Krapp, 2002). Sisällyttämällä opetukseen luonnontieteellisiä käytäntöjä voidaan edistää monipuolisesti ymmärrystä luonnontieteiden ilmiöistä ja luonnontieteellisestä ajattelusta sekä toteuttaa opetussuunnitelmien tavoitteita innostavasta ja merkityksellisestä luonnontieteiden oppimisesta.

## 4. LÄHTEET

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education* 88, 397–419
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classrooms. Teoksessa Abel, S. K. & Lederman, N. G. (toim.) *Handbook of Research in Science Education*. London: Lawrence Erlbaum Associates. 515–541.
- Krapp, A., Hidi, S. & Renninger, A. (1992). Interest, learning, and development. In: Renninger K A, Hidi S and Krapp A (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 3–25). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- LumO-keskus (2016). LumaLähetit-kehittämishanke. Verkkosivu. <<http://blogs.helsinki.fi/lumo-keskus/tutkimus-2/lumo-lahettihanke/>>. Luettu 31.10.2016.
- NRC, National Research Council. 2012. *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Opetushallitus (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Helsinki: Opetushallitus.
- Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. Teoksessa Abel, S. K. & Lederman, N. G. (toim.) *Handbook of Research in Science Education*. London: Lawrence Erlbaum Associates. 579–599.

1) Käännös *luonnontieteellinen käytäntö* on kirjoittajan tekemä. *Käytäntö* kuvastaa toimintaa, johon oppilas voi konkreettisesti osallistua ja joka on tyypillistä myös luonnontieteelliselle tutkimukselle. Kansainvälisessä kirjallisuudessa aiemmin käytetyt termit ovat esimerkiksi *inquiry* ja *inquiry-based learning* (suom. esim. *tutkimuksellisuus*). Luonnontieteellisistä käytännöistä puhumisen taustalla on tarve jäsentää tarkemmin konkreettisia tapoja edistää oppilaiden luonnontieteellisen ymmärryksen kehittymistä. Tutkimuksellisuus jätetään helposti määrittelemättä tai ymmärretään yksioikoisesti ainoastaan tutkimusten tekemiseksi (Osborne, 2014; Crawford, 2014).