

ILMÖT JA NIIDEN HAVAINNOMINEN FYSIIKAN JA KEMIAN OPETUKSESSA

Pirkko Kärnä & Mari Nuutinen

***Tiivistelmä** Hahmotamme maailmaa havainnoimalla, opimme siitä ja itsestämme. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) mukaan myös fysiikkaa ja kemiaa opitaan havainnoimalla ja tutkimalla ympäristön ilmiöitä. Tavoitteena on muodostaa maailmankuvaa sekä ymmärtää ja selittää ilmiöitä, jotka liittyvät elämäämme tällä planeetalla. Alaluokilla fysiikan ja kemian opetus kuuluu ympäristöoppi-oppiaineeseen. Yläluokilla fysiikan ja kemian käsitteitä ja teorioita lähestytään oman elämän, ympäristön, yhteiskunnan ja maailmankuvan rakentamisen näkökulmista. Lapset ja nuoret havainnoivat ympäristönsä ilmiöitä kokonaisvaltaisesti, monitieteellisesti, luokittelematta niitä eri oppiaineisiin kuuluviksi. Tällainen monitieteellinen opetuksen lähestymistapa on saanut sijan myös uudessa opetussuunnitelmassa. Ennen yläkouluun siirtymistä oppilailla tulisi kuitenkin olla valmius havainnoida ja selittää ilmiöitä myös kunkin tieteen luonteen mukaisesti, näiden käsitteitä käyttäen. Fysiikan ja kemian ilmiöiden havaitsemisessa ja kuvaamisesta luonnossa ja rakennetussa ympäristössä tarvitaan harjoitusta. Tässä artikkelissa keskitytään fysiikan ja kemian ilmiöihin opetuksessa. Tarkastelemme Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) määräyksiä ilmiöiden kannalta. Lisäksi pohdimme havaitsemiseen liittyvää problematiikkaa. Ja lopuksi annamme esimerkkejä havaintojen tekemistä harjoittavista tehtävistä.*

1. ILMIOIDEN HAVAINNOIMISESTA MAAILMAN HAHMOTTAMISEEN

Alaluokat noudattavat uutta opetussuunnitelmaa syyslukukaudella 2016 ja yläluokat porrastetusti seuraavana lukuvuonna. Lehdistö on ollut poikkeuksellisen kiinnostunut muutoksessa, puhutaan ”digiloikasta” ja ilmiölähtöisestä opetuksesta. Oppilaat poistuvat luokkahuoneista ja pulpeteista ja toimivat ryhmissä etsien monitieteellisesti tietoa. Opetusta eheytetään vastaamaan lasten kokemuksia. Monialainen oppimiskokonaisuus onkin peruskoululaisten oppimisympäristönä vähintään kerran vuodessa. Alaluokilla luonnontieteitä, fysiikkaa, kemiaa, biologiaa ja maantietoa, ei enää erotella omiksi tieteenaloiksi, vaan niitä opetetaan yhteisesti nimekkeellä: ympäristöoppi. Lisäksi aineeseen kuuluu terveystieto, joka vie opetuksen näkökulmaa oppilaaseen päin. Ilmiölähtöinen opetus herättää monia kysymyksiä. Mitä se on? Eri koulutuksesta ja kasvatuksesta kiinnostuneet yhteisöt ovat kehittäneet ajankohtaista, mielenkiintoista ja ajattelua harjoittavaa materiaalia kouluun. Niissä harvemmin kuitenkin kiinnitetään huomiota ilmiön havainnointiin. Kun katsomme maisemaa, niin näemme monia ilmiöitä: Puun lehvästö liikkuu. Koivun lehdet ovat syksyllä keltaisia, pensaat loistavat oransseina ja punaisina. Taivaalla on harmaa pilviverho, ja ilma

on kosteaa. Katuvalo hiekkaisella puistopolulla ei loista päivällä. Havainnot herättävät kysymyksiä siitä, miten luonto toimii. Miksi -kysymyksillä pääsemme käsiksi ilmiöön ja ne vievät meidät ilmiön ytimeen. Miksi havaitut muutokset tapahtuvat? Ja sitten tutkitaan, mikä onkin lapsen luontainen tapa oppia kieltä ja hahmottaa ympäristöä. Näyttää siltä, että tutkivasta varhaiskasvatuksesta (ks. Parikka-Nihti & Suomela, 2014) tuttu innostus on palautumassa taas kouluihin. Kun havainnoimme maailmaa ja sen ilmiöitä, muodostamme maailmankuvaamme. Havainnointia tarvitaan maailman ymmärtämiseen ja se on luonnontieteellisen oppimisen perusta. Luonnonlukutaito kehittyy vain itse opettelemalla. Koulussa harjoitteleminen havaintojen kautta maailman jäsentämistä järjestämällä havaintoja ja opettelemalla niiden avulla uusia käsitteitä, luonnontieteellistä kieltä.

Ihminen kokee maailman havaitsemiensa asioiden kokonaisuuksina, ilmiöinä. Käsitteet ilmiöistä ohjaavat toimintaamme ja puhetta. Esimerkiksi peruskoulun oppilas ei koe todellisuutta osioina, jotka ovat joko biologiaa tai muuta vastaavaa, vaan hänen elämänsä kulkuun liittyvinä merkityksellisinä kokonaisuuksina. Ihmisen oppima maailmankuva on aina monitieteellinen. Olemme luonnostamme monitieteellisiä. Toisaalta oppilaiden edellytetään ilmaisevan ympäröivää maailmaa eri tieteiden käsitteiden avulla, joten käsitteiden opetusta tarvitaan. Kun tiedostamme kunkin oppiaineen luonteen, on helpompi toteuttaa myös monitieteellisiä oppimiskokonaisuuksia.

Havaintojen tekemisen harjoittamisesta koulussa on useita syitä. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2014) on paljon yksittäiseen henkilöön liittyviä tavoitteita. Simolan (2015) mukaan opettajan on niitä aika vaikea toteuttaa, koska opetus on luokkaopetusta. Opettaja tutustuu tarkemmin vain joihinkin, mahdollisesti erityisoppilaisiin. Yksi hyvä keino, jolla tavoitteiden toteutumista voidaan lähestyä, on havaintojen tekeminen itsestä ja ympäristöstä. Kärnän (2009) mukaan havaintojen tekeminen on yksi aihe, jonka välityksellä opettaja voi käsitellä maailmankuvan rakentumisen lisäksi itsetuntemukseen, sosiaalisten taitojen kehittymiseen, ja arvokasvatukseen liittyviä tavoitteita. Empiristinen oppimisteoria perustuu ajatukseen, että ihmisen mieli koostuu yksiköistä, mielteistä, jota ovat peräisin havainnoista ja jotka eri tavoin assosioituessaan luovat ihmisen kokemusmaailman (Rauste-von Wright ym., 2003, s. 91). Itsehavainnoinnin opettelu ja oman toiminnan tarkastelu koulussa liittyy oman oppimisen tiedostamiseen. Havaintojen ja siihen liittyvän ajattelun kautta oppilaat tulevat tietoisiksi ajattelustaan ja toiminnastaan. Havainnointi on ihmisen tapa saada tietoa ympäristöstä ja itsestään, ja se on siten myös oppimisen väline. Koulussa oppilas tulee harjaannuttua havainnoimaan, se kasvattaa itsetuntoa ja saattaa oppilasta innostamaan oppimiseen, tutkijuuteen.

2. MITEN ILMIÖLÄHTÖINEN OPETUS NÄKY OPETUSSUUNNITELMAN PERUSTEISSA (2014)

2.1 Opetussuunnitelman pääpiirteet – tavoitteet edellä

Uusi opetussuunnitelma (2014) antaa tilaa havainnoinnille ja ihmettelulle. Opettaja voi miettiä, mitä elämässä on tärkeää oppia luonnontieteiden näkökulmasta. Mitä tarkkaan ottaen Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa(2014) sitten sanotaan ilmiöistä? Asiakirjassa pyritään vastaamaan nyky-yhteiskunnan tarpeisiin ja vaatimuksiin ja liittämään kouluopetus enemmän muuhun

yhteiskuntaan. Koulu ei ole erillinen saareke yhteiskunnassa vaan oleellinen osa yhteiskuntaa. Opetussuunnitelman perusteiden arvopohja painottaa kestäväen elämäntavan välttämättömyyttä ja demokratiaa, kulttuurinen moninaisuus nähdään rikkautena. Toisaalta opetussuunnitelman perusteissa tähdennetään oppilaan ainutlaatuisuutta ja oikeutta hyvään opetukseen. Opetussuunnitelmassa on sekä ympäristöön ja yhteisöön että yksilöön liittyviä tavoitteita.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) mukaan pääpaino on opetuksen tavoitteissa, oppimisessa ja opetuksessa työtavat ja oppinisympäristö nousevat etusijalle. Sisällöistä on määritelty vain keskeiset kohdat. Tärkeintä on se, miten tehdään, ei niinkään se, mitä opetetaan. Tavoitteita onkin kolmentyyppisiä: merkityksiin (arvot ja asenteet), taitoihin ja tietoihin liittyvät tavoitteet. Myös arviointi suoritetaan tavoitteiden pohjalta. Jokaiseen tavoitteeseen on määritelty sitä koskeva kriteeri. Sisällöt antavat tavoitteisiin pyrkimiselle merkityksen. Sisältöihin on liitetty valmiiksi määriteltyjä lähestymistapoja (7–9 luokat): oma ympäristö, yhteiskunta, oppilaan maailmankuva ja kestävä kehitys. Luonnontieteellinen tutkimisprosessi on osa fysiikan ja kemian sisältöjä ja siihen sisältyy tieto- ja viestintätekniikan käyttö. Opetuksen ilmiölähtöisyys näkyy Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2014) oppiaineen tehtävässä, tavoitteissa ja sisällöissä sekä kriteerilauseissa, arvioinnissa:

Ympäristöopin opetuksen tavoitteena on ohjata oppilaita tuntemaan ja ymmärtämään luontoa ja rakennettua ympäristöä, niiden ilmiöitä, itseään ja muita ihmisiä sekä terveyden ja hyvinvoinnin merkitystä (Ympäristöopetuksen tehtävä; 1–2 ja 3–6 luokat)

Fysiikan kannalta keskeistä on ymmärtää luonnon perusrakenteita ja ilmiöitä, ja selittää näitä ilmiöitä käyttäen myös omissa tutkimuksissa saatavaa tietoa. Kemian kannalta keskeistä on havaita erilaisia aineita ympärillämme sekä tutkia, kuvailla ja selittää niiden ominaisuuksia, rakenteita ja niissä tapahtuvia muutoksia. (1–2 ja 3–6 luokat)

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. (7–9 luokat)

Kemian opetuksen lähtökohtana on elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havainnointi ja tutkiminen. Tutkimusten tekemisellä on oleellinen merkitys käsitteiden sisäistämisessä, tutkimisen taitojen oppimisessa ja luonnontieteiden luonteen hahmottamisessa. (7–9 luokat)

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2014) opetus määritellään kokonaisvaltaisemmaksi, eri tieteitä yhdistäväksi. Laaja-alaisen osaamisen tavoitteet liitetään kaikille tasoille ja kaikkiin oppiaineisiin. Ne ovat yleistavoitteita, joiden toteutuminen vaatii opettajien yhteistyötä. Koulujen toimintakulttuuri muuttuu yhteisöllisemmäksi. Oppimiskäsitys korostaa oppilaan roolia aktiivisena toimijana ja oppimista vuorovaikutuksena.

2.2 Ilmiöistä oppiminen

Ilmiölähtöisyys ja havaintojen tekeminen näkyvät Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) kriteereissä, oppilaan arvioinnissa. Ympäristöopissa keskeisiä arvioinnin ja palautteen antamisen kohteita ovat edistyminen lähiympäristössä tutkimisessa sekä edistyminen havaintojen tekemisessä (3–6 luokat). Ympäristöopin arviointikriteerien tavoitteissa 6. vuosiluokan päätteeksi on seuraavia mainintoja:

Oppilas harjoittelee ohjatusti syy-seuraussuhteiden tunnistamista ja osaa tehdä yksinkertaisia johtopäätöksiä tuloksista. (Tavoite liittyy Taitoihin.)

Oppilas osaa kuvata ympäristöä, ihmisen toimintaa ja niihin liittyviä ilmiöitä ympäristöopin tiedonalojen keskeisillä käsitteillä ja omin sanoin. (Tavoite liittyy Tietoihin.)

Ympäristöopin sisällöt ovat pitkälti ilmiöihin liittyviä ja niitä ei jaeta eri tieteenaloihin. Kun lapsi havainnoi ympäristöään, hän tarkastelee kokonaisuuksia, hän ei erottele havaintoja eri tieteen aloihin. Ympäristöopin fysiikkaan ja kemiaan liittyviä sisältöjä luokilla 3–6 ovat: Minä ihmisenä, Arjen tilanteissa ja yhteisössä toimiminen (...tilanteiden, ilmiöiden ja teknologian selittäminen...), Löytöretkelle monimuotoiseen maailmaan, Ympäristön tutkiminen (kappaleiden liikkeiden muutokset, voima), Luonnon rakenteet, periaatteet ja kiertokulut (...ääni- ja valoilmiot...) ja Kestävän tulevaisuuden rakentaminen. Ympäristöopin opetus tukee ympäristöherkkyyden (1–2 luokat) ja ympäristötietoisuuden (3–6 luokat) kehittymistä, mitkä tavoitteet koskevat myös fysiikan ja kemian opetusta. Nämä ominaisuudet ovat asenteita, jotka näkyvät oppilaan toiminnassa. (Kärnä, 2012, ss. 132–135.)

Fysiikan ja kemian sisältöjä luokilla 7–9 lähestytään myös ilmiöiden kautta. Noin puolet sisällöistä on sellaisia, joissa lähestymistapa on kerrottu: Fysiikka/Kemia omassa elämässä ja ympäristössä (...lämpöilmiot), Fysiikka/ Kemia yhteiskunnassa ja Fysiikka/Kemia maailmankuvan rakentajana (...ajankohtaiset ilmiöt...). Ainekohtaisia sisältöjä ovat fysiikassa Vuorovaikutus ja liike sekä Sähkö, kemiassa Aineiden ominaisuudet ja rakenne sekä Muutokset. Sisällöissä keskitytään teemoihin monia asioita käsitellään vain kvalitatiivisesti oppilaan näkökulmasta. Opetussuunnitelmassa määritetään, että aiheet Luonnontieteelliseen tutkimukseen fysiikassa ja kemiassa otetaan eri sisältöalueista ja oppilaiden mielenkiinnon kohteista.

Fysiikan ja kemian ilmiöihin liittyviä arviointikriteerejä 7–9 luokilla:

Oppilas osaa kuvata esimerkkien avulla, miten fysiikan/kemian tietoja ja taitoja tarvitaan erilaisissa tilanteissa. (Merkitykseen liittyvä tavoite.)

Oppilas osaa kuvata esimerkkien avulla, miten fysiikan/kemian osaamista tarvitaan kestävän tulevaisuuden rakentamiseksi. (Merkitykseen liittyvä tavoite.)

Oppilas osaa muodostaa kysymyksiä tarkasteltavasta ilmiöstä. (Tutkimisen taitoihin liittyvä tavoite.)

Oppilas osaa kuvata ja selittää ilmiöitä fysiikan/kemian keskeisten käsitteiden avulla. (Tietoihin liittyvä tavoite)

Oppilas osaa yhdistää ilmiöön siihen liittyvät ominaisuudet ja ominaisuuksia kuvaavat suureet. (Tietoihin liittyvä tavoite)

Oppilas osaa käyttää vuorovaikutuksen ja liikkeen sekä sähkön keskeisiä käsitteitä, olioita, ilmiöitä, ominaisuuksia, suureita, malleja ja lakeja tutuissa tilanteissa. (Tietoihin liittyvä tavoite)

Oppilas osaa käyttää kemian tietojaan ja taitojaan monialaisessa oppimiskokonaisuudessa tai tilanteessa, jossa kemiaa sovelletaan eri ympäristöissä. (Tietoihin liittyvä tavoite)

2.3 Tutkimuksellinen lähestymistapa

Opetusmenetelmät ja oppimisympäristö ovat pitkälti määritetty jo Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2014). Opetussuunnitelma on opettajille normi ja sen ohjeet perustuvat ajankohtaiseen tutkimustietoon. Ilmiölähtöinen opetus jo määrittää siihen soveltuvat opetusmenetelmät. Opetussuunnitelman mukaan ympäristöopin opetuksessa otetaan huomioon toiminnallisuus, kokemuksellisuus, elämyksellisyys, draaman ja tarinoiden käyttö sekä ympäristöopin monitieteinen perusta. Oppilaat osallistetaan tutkimusten suunnitteluun ja toteuttamiseen. Eri tiedonalojen ilmiöitä pyritään tutkimaan luonnollisissa tilanteissa ja ympäristöissä. ”*Leikkiin perustuvien ongelmanratkaisu- ja tutkimustehtävien avulla viritetään uteliaisuutta ja kiinnostusta ympäristön ilmiöitä kohtaan.*”

Ilmiölähtöisessä opetuksessa oppilaat tekevät havaintoja, vertailevat, järjestävät ja luokittelevat niitä, kyselevät, pohtivat ja tekevät johtopäätöksiä sekä kokoavat havainnot sopivalla tavalla. On kysymys tutkimuksellisesta lähestymistavasta oppia uusia asioita (*inquiry based learning*). Opettaja toimii oppimisen tukijana ja ohjaajana tässä oppilaskeskeisessä opetuksessa ja johdattelee oppimisprosessia ilmiöiden havaitsemisesta sen sovellettavuuteen. Oppilaat osallistuvat etsimällä itse tietoa ja käsittelemällä sitä. He toimivat ja oppivat yhdessä. Tällaisen opetuksen on todettu tukevan motivaatiota, kiinnostusta, minäpysyvyyttä eli käsitystä omasta osaamisesta, ajattelutaitoja, toimintavalmiuksia ja sosiaalisia kykyjä (Kärnä, Hakonen & Kuusela, 2012; Uitto, Kärnä & Hakonen, 2013; Uitto, 2016). Tutkimukselliseen opetukseen sisältyy olennaisesti dialoginen opetuskeskustelu, jossa palataan oppilaiden havaintoihin ja jossa on väitteiden argumentointia, selittämistä, syy-seuraussuhteiden pohtimista, monien näkökulmien esittämistä ja pohdintaa. Opetussuunnitelman (2014) tavoitteiden mukaan keskustellaan myös siitä, mitä havaitsin, tutkin ja opin sekä miten tutkin. Tällainen keskustelu pienissä ryhmissä siirtää huomion opiskeltaviin asioihin ja edistää itsetuntemusta.

2.4 Ilmiöt ja havainnot osana kokeellista tutkimusta

Näemme ympäristössä ilmiöitä, usein kiinnitämme huomiomme sähän, esimerkiksi ilma on sateista ja kirpeän kylmää. Ilmiöt havaitaan aistien avulla, näemme, kuulemme, haistamme, maistamme ja tunnemme. Havaintojen tekeminen on ensimmäinen askel ilmiöiden tarkastelussa ja siihen tarvitaan harjoitusta, tehtäviä, joissa siirrytään aistihavainnoinneista pohdintoihin. Kouluopetuksessa havaintojen tekeminen on luonnontieteellisen tutkimuksen ensimmäinen vaihe.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) mukaan ensimmäisellä ja toisella luokalla tehdään havaintoja ja kokeiluja, ihmetellään ja kysellään sekä kuvaillaan, vertaillaan ja luokitellaan kohteita. Ylemmillä alaluokilla oppilasta jo ohjataan suunnittelemaan ja toteuttamaan pieniä tutkimuksia, tekemään havaintoja ja mittauksia. Yläluokkien oppilaan tulee taitaa koko tutkimusprosessi, havainnoista mittaamiseen ja johtopäätöksiin sekä sovelluksiin. Hänen tulee osata myös arvioida tutkimusprosessia. Mitä kaikkea tämä tutkimusprosessi sisältää? Ensin havaitsemme ja tulkitsemme havainnon. Mahdollisesti se herättää kysymyksiä, joihin alamme etsiä vastauksia: *Onko taivaalla ukkospilviä? Tuleeko ukkonen tänne?* Sitä varten luokittelemme ilmiön ominaisuuksia ja etsimme suureita, jotka vaikuttavat ja joita voidaan mitata. Sitten mahdollisesti järjestämme kokeen, johon voi liittyä mittaamista: *Mikä on tuulen nopeus ja suunta? Miten tuuli syntyy? Liikkuvatko pilvet aina?* Lopuksi teemme johtopäätöksiä suureiden riippuvuuksista ja myös mahdollisesta teoriasta: *Pilvet liikkuvat yhtä nopeasti kuin tuuli. Maapallon pyörimien vaikuttaa tuulen syntyyn.* Tarkastelemme myös ilmiön sovelluksia. Oppiminen on tällöin kuin löytöretki. Ilmiöistä oppimisen tutkimusprosessi voidaan havainnollistaa seuraavasti:

1. AISTIHAVAINTO → 2. POHDINTA → 3. MITTAAMINEN → 4. JOHTOPÄÄTÖKSET, LAIT, MALLIT, TEORIA → 5. SOVELLUKSET

Tämä ketju vastaa Kaarle ja Riitta Kurki-Suonion (1998, ss. 289–290) kehittämää hahmottavaa fysiikan opetusta. Siinä kuvataan kokeellisen fysiikan opetuksen eri vaiheita lähtien ilmiön havaitsemisesta ja tunnistamisesta: ilmiöt, suureet (mittaaminen), lait (esittäminen, teoriat ja mallit (selittäminen, ennustaminen), sovellukset, tarkennukset ja yleistyksiset (lakien arvoalueet). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) mukaan kokeellisessa tutkimuksessa havainnoidaan kohteen ominaisuuksia, kuvaillaan kohdetta. Sitten pohditaan eli mietitään mitattavia ominaisuuksia eli suureita, vertaillaan, luokitellaan, nimetään, etsitään muutoksia, riippuvuuksia ja syy-seuraussuhteet, tehdään kysymyksiä ja mietitään sitä, mitä tutkitaan ja miten. Mittaamista varten rakennetaan koejärjestelmä ja tehdään ennuste tuloksista. Mittaamalla pyritään vastaamaan asetettuihin kysymyksiin. Lopuksi tarkastellaan mittaustuloksia, etsitään niistä riippuvuuksia ja tehdään johtopäätöksiä ja luodaan laki tai malli. Pystytäänkö ilmiö selittämään eli vastaamaan kysymyksen ”miksi”? Onko ilmiöstä jotain hyötyä? Missä sitä käytetään? Tutkimusprosessissa havainnoista edetään ilmiöiden kuvaamiseen ja selittämiseen.

Tässä tutkimusprosessissa opettajalla on vahva rooli, hän johdattelee etenkin pohdinnoissa ja ilmiöiden selittämisessä (ks. Harmoinen, 2013). Oppilaat eivät pysty tekemään johtopäätöksiä kuten tiedemiehet, mutta kun heitä rohkaistaan, he pystyvät luomaan myös teorioita. Lapset ovat luonnostaan uteliaita ja he rakastavat ongelmien ratkaisemista, mutta koulussa he voivat olla epävarmoja havaintosijoita, varsinkin yläluokilla. Eräs syy tähän voi olla luulo tieteen faktoista. Opiskelijoilla voi olla käsitys, että heidän havaintonsa tulisi olla ”faktaa” tai oikeita tai vääriä sen sijaan, että ne ovat monipuolisia arveluja ja päättelyitä (Smith & Reiser 2005, s. 321). Havaintojen käsittelyssä tarvitaan erilaisia ajattelun taitoja lähtien tunnistamisesta. Tavoitteena on se, että oppilas ymmärtää asian. Milloin oppilas on ymmärtänyt asian? Silloin kun hän, osaa tulkita, antaa

esimerkkejä, luokitella, tehdä yhteenvedon, päätellä, verrata ja perustella. (Aksela, Tikkanen & Kärnä, 2012, s.17.)

Tieteelliset käsitteet, lait ja periaatteet ovat seurausta systemaattisesta aineiston keruusta, järjestämisestä ja luokittelusta. Etsiessään riippuvuussuhteita, tutkija muodostaa hypoteeseja eli testauttaa oletuksia asiasta. Havainnot eivät aina takaa teorian paikkansa pitävyyttä. Hodson (1986, ss. 17–18) kiinnitti huomiota 1980-luvulla yksinkertaistukseen, että tieteen metodin mukaan havainnot järjestetään teorioiksi ja laeiksi, joiden avulla ennustetaan yksittäisiä tapahtumia. Tässä tehdään oletus, että tiede alkaa havainnosta ja havainnot ovat tieteen vahva perusta. Taustalla on oletus, että tiede antaa todellisen objektiivisen ja arvovapaan kuvan maailmasta. Kokeellinen fysiikka kehittyi tavallaan arkihavaintojen vastaisesta toiminnasta. Painava esine näyttää putoavan nopeammin kuin kevyt. Galilei teki sitten koejärjestelyn, jonka avulla hän tutki eri painoisten kappaleiden putoamiskiihtyvyyttä. (Hodson, 1986, s. 23.) Tieteessä puhdasta aisteihin perustuvaa havaintoa ei juuri esiinny, tarvitaan tarkoitukseen sopivaa mittaamista ja tulosten käsittelyä: luokittelua, vertaamista ja johtopäätösten tekoa. Kaikki mittaaminenkin perustuu vertailuun. Esineen suuruusluokan ja muodon arviointi perustuu sen ympäristöön. Sama ympyrä näyttää pieneltä suurten joukossa ja suurelta, jos sen ympärillä on pieniä ympyröitä. Ihminen on pieni verrattuna Maapallon kokoon, mutta suuri verrattuna vesipisaraan. Voidaan kysyä, miten oppilas kuvailisi itseään ilman mittoja? Jo mittausjärjestelmä vaatii teoreettista osaamista ja hyvää suunnittelua. Esimerkiksi Auringon fuusioreaktio on todennettu havainnoimalla fuusioreaktiossa syntyneitä ja maahan saapuvien, fuusioreaktiossa syntyneiden neutriinoiden jättämiä jälkiä klooriliuoksessa. (Norris, 1985, ss. 817–833.)

Tieteessä havaintojen tekeminen on intentionaalinen ja teoriasidonnainen. Havaintojen tekeminen on valikoiva prosessi, ja siihen tarvitaan tietoa sen tarkoituksesta (Hodson, 1986, ss.18–20; Norris, 1985; Smith & Reiser 2005, s. 320). Ilmiöstä tarkkaillaan vain seikkoja, jotka ovat merkityksellisiä teorianmuodostukselle. Tiedemiehet ymmärtävät tutkimuksen tarkoituksen, heillä on päämäärä, johon he pyrkivät saamaan vastauksia, kun he tekevät havaintoja. Tiedemiehillä on kysymyksiä, joihin he pyrkivät vastaamaan, ennen kuin he järjestävät tutkimustilanteen havaintojen tekemistä varten. Niin sanottujen trikkikuvien avulla voidaan todeta, että sama kuva voidaan tulkita monella tavalla riippuen, mihin katse kohdistuu, mitä osaa kuvassa katsoja pitää taustana. Pitää tietää, mitä etsii, mihin kohdistaa katseensa. (Hodson, 1986, ss.18–20.) Tieteessä havaintojen tarkoitus on testata teorioita, ei kerätä informaatiota. Uudet havainnot eivät johda automaattisesti uuteen teoriaan.

3. HAVAINTOJEN TEKEMINEN

3.1 Havaintojen tekemisen tulkinnallisuudesta

On myös syytä selvittää sanojen merkitystä. Kun aistimme yksittäistä tilannetta tai ilmiötä, niin havaitsemme. Aistien muodostama kuva maailmasta on kovin kapea ja siksi ihminen on ottanut käyttöön välineitä, mikroskooppeja ja kaukoputkia. Ja lopulta aistihavainnoista irrallaan olevat ajattelun ja päättelyn luomat mallit tulkitsevat todellisuuttamme. Havainnointi taas liittyy kvalitatiivisen tutkimuksen tekoon tai miksei opettajan ja yleensä ihmisten toimintaan. Opettaja havainnoi ja arvioi tunneilla oppilasta ja oppilas maailmaa. Tutkimuksessa havainnoinnin avulla

saadaan tietoa, toimivatko ihmiset niin kuin sanovat toimivansa (Hirsjärvi, Remes Sajavaara 2005, s. 201).

Ympäristön havainnoinnin takana on niin itsestään selvänä pidetty ontologinen oletamus, ettei sitä mainita opetussuunnitelmassakaan, vaikka se voi antaa oppilaalle väärän kuvan havaintojen yhteydestä teorian muodostamiseen (ks. Hodson (1986, ss. 17–18). Oletamme, että havainnoimme ulkopuolista objektiivista maailmaa. Onko se objektiivinen? *Onko esine olemassa vaikkei sitä havaita? Liikkuuko puun lehti metsässä, vaikkemme näe tai kuule sitä? Näemmekö värejä pimeässä?* Fysiikan opetus perustuu yleiseen periaatteeseen, että on todellinen ulkomaailma, josta jokainen yksilö luo oman sisäisen tulkintansa, ja tulkinta perustuu havaintoon. Kvanttimekaniikka on synnyttänyt myös muita ajatuksia: Ei ole mahdollista tehdä eroa havaitsijan psyykkisen toiminnan ja ulkomaailmasta tulevien ärsykkeiden välillä, havaitsija vaikuttaa kohteeseen ja suljettua tutkimusympäristöä ei voi luoda (Laurikainen, 1997). Tästä esimerkkinä on kaaosteoria.

Aistihavaintoa pidetään tiedostamattomana tapahtuma, joka tapahtuu ilman tietoisuutta (Hodson, 1986). Sen sijaan havainnon tekeminen on tietoista toimintaa, informaation tulkintaa. Mutta olemmeko tietoisia kaikesta havainnoimastamme? Onko siinä sittenkin jotain salaperäistä? Harvoin puhumme pelkästä aistihavainnosta, esimerkiksi joukosta viivoja, mutta yleensä katsoja tulkitsee viivat joksikin tunnetuksi hahmoksi. Työstämme ympäristön havaitsemista kokemuksemme perusteella, joten havainnointi on subjektiivista ja siten tulkintaa. Tulkinta liittyy myös silmän ja aivojen työskentelyyn, aivot muodostavat nopeasti kuvan muutamien havaintopisteiden avulla vertaamalla havaintoa aiemmin nähtyyn. Ennakkokäsitykset voivat vaikuttaa luonnontieteelliseen tutkimukseenkin. Jonkin aikaa luultiin havaintojen perusteella, että Marsissa on kanavia, koska ihmisen silmä pyrki yhdistämään yksityiset pisteet viivaksi. Sosiaalisissa tilanteissa havaitsijan asenteet voivat vaikuttaa. Esimerkiksi rikostutkijat eivät anna yksityiskohtaista tietoa mielellään julkisuuteen, koska yleinen lehdistä luettava tai radiosta kuultu tieto vääristää yksityisiä havaintoja. Kun katsomme maisemaa, niin sanomme näkevämme talon, vaikka emme näe talon kolmiulotteisuutta, näemme vain yhden ulkoseinän, jonka tiedämme kuuluvan taloon.

Havaintojen tekeminen on enemmän kuin näkeminen, silloin kun havainnot ilmaistaan, koska siihen tarvitaan kieltä. Havaintojen hyödyllisyys ja laatu riippuvat kielestä, jolla havainnot ilmaistaan. Havainnoista kerrotaan käsitteiden avulla. Lapsen kielen oppiminen tapahtuu liittämällä yhteen havaintoja ja käsitteitä. Yksinkertaistettuna koulussa pyritään opettamaan oppiaineen käsitteitä samalla tavoin. Luonnontieteen käsitteet on tunnettava, ennen kuin osaa selittää tai kuvailla havaintoja. Kaukoputkesta näkyvä kohde on aloittavalle harrastelijalle vain valoläiskä, mutta ei asiantuntijalle. Alaluokan oppilas voi ihan hyvin havaita Suomen metsissä kamelin tai kirahvin ja väittää, että hän näki jäniksen kokoisen peuran. Koulussa opiskelu on uusien käsitteiden oppimista. Oppilaat saavat uusia välineitä ilmaista ja tiedostaa maailmankuvaansa. Yhteiset käsitteet mahdollistavat kommunikoinnin ja ymmärretyksi tuleminen muiden kanssa. Käsitteiden eksakti oppiminen on silti hankalaa. Jokaisella on arjessamme oma merkitys sanoille, esimerkiksi sanalle ”energia”.

Havainnointia ohjaavat yksilön käsitykset siitä, mitä on tapahtumassa. Havainnointiin vaikuttavat kohteen tutut piirteet ja yksilön emootiot, kuten pelot, halut, toiveet ja intressit. (Rauste-von Wright ym. 2003, ss. 90–92.) Oppiminen vaatii usein automaattisiksi muotoutuneiden toimintatapojen tai käsitysten purkamista. Tärkeää ei ole niinkään uusien tietojen oppiminen vaan se, että opitaan

uusia tapoja tulkita ja jäsentää tuttuja ilmiöitä. (Rauste-von Wright ym., 2003, ss. 54–55.) Kouluoppimisen voidaan sanoa olevan tiedostettujen tulkintojen oppimista. Ihmisen havainnointiprosessi ja tarkkaavaisuuden suuntautuminen on nostettu oppimisen kannalta tärkeämmiksi kuin muistaminen (Mönkkönen & Enkenberg, 1996, s. 18).

3.2 Havaintojen tekemisen ohjaaminen

Voitaisiinko havainnoinnin tulkinnallisuutta käsitellä oppilaiden kanssa? Ja keskustella siitä, millaisiin havaintoihin oppilaan maailmankuva perustuu? Onko maailma objektiivinen? Onko tiede arvovapaata? Miten tulkitseen havaintojani? Oppilaan käsityksiä sanojen merkityksistä voi olla hyödyllistä joskus kirjata paperille. Lapsia ja nuoria kiinnostavat filosofiset pohdinnat ja ne integroivat luonnontieteitä muihin oppiaineisiin. Myös havaintojen tekemiseen tutkimuksen tekemisen yhteydessä tulee kiinnittää huomiota.

Oppilaat tekevät havaintoja, kun he tarkastelevat rakentamaansa koejärjestelmää fysiikan ja kemian tunneilla. Opettajat kokevat, etteivät oppilaat aina ymmärrä kokeen tarkoitusta ja osaa tehdä oleellisia havaintoja. Tutkimustieto onkin, että oppimisen kannalta on tärkeää, että opettaja selittää koetta (Harmoinen, 2013). Samalla tavalla kuin tutkijat opettelevat tekemään havaintoja, samalla tavalla havaintojen tekemistä tulee opettaa koululaisille. Oppilaiden tulisi ymmärtää, että havaintoja käytetään testaamaan uusia hypoteeseja ja kehittämään vanhoja, jotta voitaisiin kehittää tieteellistä ymmärrystä (Smith & Reiser, 2005, ss. 316–317). Kun havainnoidaan tutkimusjärjestelmää, tulee muistaa päämäärä, miksi tutkimus tehdään ja mihin kiinnitetään huomiota. Myös ennusteen tekeminen etukäteen auttaa intentionaalisuutta. Alaluokkien oppilaiden on hyödyllistä harjoittaa aistihavaintoja. Havaintojen tekeminen on kehittyvä ja syvenevä taito, joka on hyvä nostaa esille myös ylemmillä asteilla. Kokemuksesta tiedämme, että yläasteen oppilaatkin ovat vielä epävarmoja havaintosijoita, jotka voivat kysyä: ”Mitä tässä pitäisi näkyä tai tapahtua?” Opettaja voi vaikuttaa oppilaiden tapaan tehdä havaintoja kannustamalla heitä itsenäisyyteen ja huomaamaan oleellisia seikkoja, muun muassa muutoksia, yhtäläisyyksiä, etsimään merkityksiä ja tekemään kysymyksiä. Jotta havainnointi olisi enemmän kuin vain ilmiön katsomista, oppilaille tulee antaa strukturoituja tehtäviä, joissa haetaan aineiston analyysiä ja ilmiöiden syitä. Kuitenkaan oppilaiden havainnointia ei tule ohjata liian tarkkaan, koska silloin he vain seuraavat ohjeita eivätkä käytä omia luovia taitojaan (Smith & Reiser 2005, ss. 321–322).

Oppilaita tulee kannustaa tekemään havaintoja, joissa he kuvaavat esineen tai olion ominaisuuksia ilman käsitteitä. Norris (1985, ss. 817–833) kuvaa kouluissa tehtäviä harjoituksia, joissa opettajat pyrkivät saamaan oppilaan erottamaan toisistaan havainnon ja tulkinnan. Esimerkiksi oppilaat laitetaan kuvaamaan ”mustissa purkeissa” olevien aineiden ominaisuuksia avaamatta purkkia. Oppilaat kuvaavat aineita esim. ilmaisulla ”liiman kaltainen”, mikä jo sisältää käsitteen, eikä ole vain aistihavainto. Myös opettajien tulisi oppia katsomaan ilmiötä lasten silmin, käyttämättä käsitteitä, jotka ovat vielä tuntemattomia oppilaille. Se voi olla vaikeaa. Miksi se on kuitenkin tärkeää? Yksi opettajan tehtävistä on opettaa uusia käsitteitä oppilaille. Tässä prosessissa hänen tulee tietää, se mihin ilmiöön käsite liittyy ja minkä päälle uusi käsite rakennetaan. Kun opettaja laittaa oppilaat kuvailemaan ilmiötä, hän saa tietää heidän ennakkokäsityksistään ja käsiterakennelmistaan. Kun lapset kertovat ilmiön ominaisuuksia, opettaja saa tietää myös heidän

ajattelustaan. Opettajan on helpompi vastaanottaa tieto, kun opettajalla itsellään on “puhdas käsitys” havainnoista. ”Puhdas havainto” merkitsee paljon myös tiedemiehille:

”On the street children are playing, which could solve some of my most urgent fundamental physical problems, because they have a form of sense perception, which I lost a long time ago (Robert Oppenheimer).”

4. MITEN ILMIÖIDEN HAVAITSEMISTA OPITAAN

4.1 Taulukot havaintojen tekemisen apuna

Ilmiöiden havainnoiminen on kokonaisvaltaista, mutta herkemmin huomaamme kasveja ja eläimiä kuin fysiikan ja kemian piiriin kuuluvia ilmiöitä. Toki elävän luonnon ilmiöistä löytyy paljonkin fysiikkaa ja kemiaa, esimerkiksi liike- lämpö-, valo-, ja ääni-ilmiöt. Fysiikan ja kemian kannalta on kuitenkin tärkeää, että luonnosta ja ympäristöstä opitaan havainnoimaan myös fysiikan ja kemian alaan kuuluvia ilmiöitä, esimerkiksi puun lehden liike ja värin vaihtaminen syksyllä. Tämän jälkeen ilmiöitä voidaan tarkastella kokonaisvaltaisesti ja tehdä yhteistyöprojekteja.

Taulukko 1. Aistihavainnot ja niiden luokittelua

Näen	Kuulen	Tunnen
Puiden juuret ja oksat ovat kiemuraisia ja ruskeita. Puun ja ihmisen takana on varjo. Pilvet liikkuvat.	Linnut laulavat. Tuuli suhisee. Vaatteet kahisevat. Auto hurauttaa puun ohi.	Ilma tuntuu lämpimältä. Minulla on sopivasti vaatteita päällä.
Havaintojen järjestäminen		
Luokittelu: <i>kohde/kappale/olio</i> <i>muoto</i> <i>väri/ ääni/ tuntemus</i> <i>ilmiö/käsite</i> <i>muutos</i>	Vertailu Yhtäläisyydet ja erot	

Havainnot koskevat esineitä, kappaleita, olioita, eliöitä ja aineita sekä niiden ominaisuuksia, esimerkiksi materiaaleja, väriä, muotoa, massaa, rakennetta sekä olomuotoja. Kohteet ovat vuorovaikutuksessa keskenään, jolloin havainnoidaan muutoksia. Vuorovaikutus onkin tärkeä käsite havainnoinnissa. Havainnointi voidaan aloittaa tarkastelemalla valokuvaa tai huonetta yhdessä, sitten voidaan siirtyä ulos havainnoimaan erilaisia ympäristöjä. Tällöin apuna voisi olla

havainnointitaulukko (Taulukko 1): mitä näen, kuulen, tunnen ja haistan. Näitä havaintoja voi sitten luokitella. Mikä on kohde, kappale tai olio, mikä ilmaisee muotoa, mikä väriä, ääntä tai hajua eli ominaisuuksia? Havaintoja voidaan myös järjestää jonkun ominaisuuden mukaan ja verrata, etsiä yhtäläisyyksiä ja eroja. Tällainen havainnointi kuuluu ensimmäisten luokkien opetussuunnitelmaan, mutta tätä voivat harjoitella vanhemmatkin oppilaat, jotka ovat muuttuneet epävarmoiksi havaitsijoiksi.

Havainnoinnin yhteydessä oppilaat voidaan laittaa keräämään mieluisia -, erivärisiä -, erimuotoisia-, erikokoisia - ja eri materiaalista olevia esineitä, jotka kootaan yhteen ja oppilaat saavat kertoa esineestään. Voidaan myös kerätä eri tuoksujia pieniin purkkeihin. Yhdessä kootut esineet on mahdollista myös luokitella. Oppilaille voi muodostua kysymyksiä jo havainnointipaikalla. Kysymyksiin vastaamisen tutkimalla voi aloittaa jo luonnossa.

Taulukko 2: Ilmiöt ja suuret

Ilmiö	Miten syntyy	Vuorovaikuttavat kappaleet	Suuret ja käsitteet
varjo	puu on valon edessä	valon lähde puu	valon eteneminen läpinäkymätön kappale varjo

Yläluokkalaisten havainnointiin liittyy jo pohtimista. Nimetään ilmiö ja sen synty, löydetään vuorovaikuttavat kappaleet ja sitten käsitteet ja suuret, joita voidaan mitata (Taulukko 2). Edelleen voidaan etsiä muutosta sekä syy- ja seuraussuhteita. Ja lopuksi ilmaistaan kysymyksiä, joita ilmiö herättää. Kysymysten tekeminen kuuluu Perusopetuksen opetussuunnitelman (2014) mukaan kaikille luokka-asteille. Oppilaiden kysymykset antavat mahdolliselle tutkimukselle päämäärän.

4.2 Esimerkkejä fysiikan ja kemian ilmiöiden havaitsemistehtävistä

Leikinomaiset ongelmanratkaisutehtävät, joihin liittyy tarina, innostavat oppilaita tutkimiseen. Seuraavassa on esimerkkejä, jotka on kehitetty luokkien 3–6 fysiikan ja kemian opetukseen. Tehtävät ovat helposti sovellettavissa myös alemmille ja ylemmille luokille.

Olette kykyjen etsijöitä. *Onko metsässä nopeasti/hyvin nopeasti / hitaasti liikkuvia olentoja? Entä hyvin voimakkaita?* (ks. liike)

Olette palovartioita. Tarkastakaa lähimetsä. Onko siellä ole esineitä, jotka voivat aiheuttaa tulipalon? (*Voisiko opettaja jättää metsään lasipullon?*)

Olette kansallispuiston vartioita. Tarkastakaa lähimetsä. *Löytyykö luontoon kuulumattomia esineitä? Mitä haittoja näistä esineistä voi olla? Minne esineet kuuluisivat? Viekö ne oikeille paikoille.*

Olette energiayhtiön konsultteja. Tarkastakaa lähimetsä, jos sinne on mahdollista saada jokin pieni voimalaitos (aurinkovoimala, tuulivoimala, vesivoimala) *Mitä luonnonvaroja metsässä on?*

Salapoliisileikki: Etsikää ilmoitetulta rikosalueelta jalanjäljet. Mitä voitte päätellä henkilöstä? Voidaanko henkilö tunnistaa jälkien perusteella? Entä sukset tai lumikengät? (ks. paino ja lujuus)

Opetussuunnitelman (2014) mukaan tehtävien tulee liittyä todellisiin tilanteisiin ja havaintoihin ympäristössä. Tällainen tutkimus muodostuu luontaisesti avoimeksi. Oppilaat kiinnostuvat tutkimaan itse, kun ongelma on todellinen, tai ainakin osittain tuntematon. Tutkimusongelma voi mieluusti tulla oppilailta.

Tutki, mitkä valonlähteet ovat myös lämmönlähteitä?

Ota selvää kuvassa olevan ”metallilaitikon” merkityksestä (muuntaja).

Suunnitelkaa tutkimus a) veden virtaamisnopeuden, b) pilvien liikkeen mittaamiselle.

Tutkikaa, mistä suunnasta tuulee? *Miten tutkitte?*

Miten tunnistat ilmansuunnat ilman kompassia?

Fysiikan ja kemian ilmiöitä havaitaan myös elollisissa olioissa. Seuraavassa on esimerkkejä liikkeen ja sen muutoksesta. Oppilaita ohjeistetaan kirjaamaan tulokset helposti pahvialustalle tai miksei sanelemaan kännykkään. Myös kuvia voi käyttää. Lisäksi oppilaita ohjeistetaan jakamaan tehtäviä ryhmän jäsenille.

Pysähtykää mieluisaan paikkaan ja havainnoikaa: *Mikä kaikki liikkuu ympärilläsi? Mikä ei liiku?* Kirjatkaa mahdollisimman monta havaintoa taulukkoon.

Tarkastelkaa listaanne niistä, jotka eivät liiku. Miettikää, jos ne liikkuvatkin vuorokauden aikana. *Onko kasvin kasvaminen liikettä?* Merkitkää liikkumattomat kohteet.

Tutkikaa ryhmässä jonkin olion liikettä (muurahainen, koppakuoriainen, perhonen, kärpänen, vesi, kaarnalaiva, pilvet, autot läheisellä tiellä). Kuvatkaa liikettä havaintopaperille.

Tutkikaa, mikä saa olion (muurahainen, leppäkerttu, ihminen...) liikkeen pysähtymään? *Mikä saa olion muuttamaan suuntaa? Kokeilkaa. Miksi esine tai eläin ei liiku?*

Monet havainnointitehtävät vaativat pitempi aikaista havainnointia ja mahdollisesti koulussa tai kotona tehtäviä lisäselvityksiä. Tällainen työskentely harjoittaa pitkäjännitteisyyttä tutkimisen taidoissa. Seuraavassa on esimerkkejä lämpöön sekä ilmanlaatuun liittyvistä projekteista. Tällaisissa projekteissa oppilaat voidaan laittaa tekemään johtopäätöksiä ja luomaan omia teorioita.

Kehittäte uusia eristäviä ja lämpöä johtavia materiaaleja vaatteisiin ja rakenteisiin. Teette tutkimusmatkan luontoon. Kokeile eri materiaalien lämpimyyttä: (kivi, sammal, kaarna, puu, hiekka..) *Huomaatko eroja? Onko kivi lämmin Auringon paisteessa?*

Miten näiden esineiden lämpimyyks muuttuu illalla, kun lämpötila laskee? Kokeile tarvittaessa. Miten sinä suojaudut eri sääilmiöissä (talvipakkanen/kesähelle)? Kirjaa tulokset teoriaksi.

Rakenna talvella lumimaja/ kesällä risumaja ja mittaa lämpötila ulkona ja majan sisällä. *Mitä huomaat? Luo teoria lämmön eristeistä.*

Kiinnitä teippiä eri paikkoihin, esimerkiksi talon reunaan tai puuhun, liimapuoli ylöspäin. Seuraa teippiä päivittäin. *Mitä huomaat? Mitä johtopäätöksiä teet?*

Lämpöprojekti on fysiikan ja kemian tieteiden yhteinen projekti. Kemian alaan kuuluvia havainnointikohteita ovat aineiden ominaisuudet, esimerkiksi kivien laatu, niiden kovuus, sileyys ja kestävyys (tiheys). Oppilaat voivat myös kerätä kiviä niiden tunnistamista varten. Vaikka tarkoituksena on kiinnittää huomiota kemian ilmiöihin, mikään ei estä käyttämästä monitieteellisiä metodeja. Kivistä rakennetaan taideteos tai kirjoitetaan Kiven tarina. Luonnossa voidaan tutkia liukoisuutta vaikka puron äärellä tai retkieväiden syömisen ohessa. *Mikä liukenee teehen? Kuka saa sokerin liukenemaan nopeimmin? Miten saat hiekalle kaatuneen suolan talteen kalan valmistusta varten? Myös kiteytymisen voi havaita leirinuotiolla, parhaiten ehkä talvuluonnossa. Veden suodatus ja keittämisen ilmiöt havaitaan myös retkellä ruokapaikassa. Miten saat puhdasta vettä, kun sitä ei tuotu mukana? Onnistuuko veden keittäminen paperimukissa? Mätäneminen, ruostuminen ja ruska ovat kemiallisia reaktioita, jotka ovat nähtävissä luonnossa ja ympäristössämme.*

5. LÄHTEET

Aksela, M., Tikkanen, G. & Kärnä, P. (2012). Mielekäs luonnontieteiden opetus: Miten tukea oppilaiden ajattelua ja ymmärtämistä (ss. 9–28)? Teoksessa P. Kärnä, L. Houtsonen & T. Tähtä(Toim.) (2012). *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012*. Koulutuksen seurantaraportit 2012:10. Helsinki: Opetushallitus. http://www.oph.fi/download/145816_Luonnontieteiden_opetuksen_kehittamishaasteita_2012.pdf

Harmoisen, S. (2013). *Opettajan ohjauksen ja vuorovaikutuksen antaman tuen merkitys oppilaiden rakentaessa mallia magnetismista*. Akateeminen väitöskirja. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 476. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-5296-9>

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2005). *Tutki ja kirjoita*. 11. painos. Helsinki: Kirjayhtymä.

Hodson, D. (1986). The nature of scientific observation. *School Science Review*, 68, 17–30.

- Kurki-Suonio, K. & Kurki-Suonio, R. (1998). *Fysiikan merkitykset ja rakenteet*. 3.muuttumaton painos. Helsinki: Limes ry.
- Kärnä, P. (2009). *Kokonaisvaltainen fysiikanopetus peruskoulussa fysiikan valinnaiskursilla*. Akateeminen väitöskirja. Report Series in Physics, HU-PD157. Helsinki: Helsingin Yliopisto. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/23206>
- Kärnä, P. (2012). Peruskoululaisten asenteet fysiikan opintoja kohtaan – mitä tehdä, kun fysiikasta ei pidetä. Teoksessa P. Kärnä, L. Houtsonen & T. Tähtä (Toim.) *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012* (ss. 121–144). Koulutuksen seurantaraportit 2012:10. Helsinki: Opetushallitus.
- Kärnä, P. Hakonen, R. & Kuusela, J. (2012). *Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011*. Koulutuksen seurantaraportit 2012:2. Helsinki: Opetushallitus. http://www.opi.fi/julkaisut/2012/luonnontieteellinen_osaaminen_perusopetuksen_9_luokalla_2011
- Laurikainen, K.V. (1997). *Tieteellä on rajansa - Kvanttiteoria ja todellisuus*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Mönkkönen, H. & Enkenberg, J. (1996). *Situated Learning and Instructional Design. – Implementatuion of the Strategies of Situated Learning in Computer- Based Environments*. Joensuun Yliopisto. Kasvatustieteellisen tiedekunnan selosteita Nro 61. Joensuu: Joensuun yliopistopaino.
- Norris, S. P. (1985). The philosophical basis of observation in science and science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (9), 817–833.
- Parikka-Nihti, M. & Suomela, L. (2014). *Iloa ja ihmettelyä. Ympäristökasvatus varhaislapsuudessa*. Juva: PS-Kustannus.
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Helsinki: Opetushallitus. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/perusopetus/419550/tiedot>
- Simola, H. (2015). Pisa. *Koulutusihmeen paradoksit. Esseitä suomalaisesta koulutuspolitiikasta*. Tampere: Vastapaino.
- Smith, B. K.& Reiser, B. J.(2005). Explaining behavior through observational investigation and theory articulation. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(3), 315–360.
- Uitto, A., Kärnä, P.& Hakonen, R.(2013). *Työ- ja toimintatapojen yhteys biologian osaamiseen ja biologiasta pitämiseen peruskoulussa*. LUMAT, 1(3), 263–278. <http://www.luma.fi/lumat/2309>
- Uitto, A. (2016). Tutkimuksellinen lähestymistapa ympäristöopin ytimenä. Teoksessa K. Juuti (Toim.) *Ympäristöoppia opettamaan* (ss. 115–132). Juva: PS-kustannus.