

**LUOKANOPETTAJAT JA YMPÄRISTÖN
KOKEELLINEN TUTKIMINEN MIKROSKAALASSA
5. JA 6. LUOKAN KEMIAN OPETUKSESSA**

Pro gradu - tutkielma

Johanna Lillberg
päiväys: 24.3.2005

Kemian opettajankoulutusyksikkö
Kemian laitos
Helsingin yliopisto
Ohjaajat: Maija Aksela ja Tapio Kotiaho

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Matemaattis- luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Kemian laitos	
Tekijä — Författare — Author Johanna Lillberg			
Työn nimi — Arbetets titel — Title LUOKANOPETTAJAT JA YMPÄRISTÖN KOKEELLINEN TUTKIMINEN MIKROSKAALASSA 5. ja 6. LUOKAN KEMIAN OPETUKSESSA			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto			
Työn laji — Arbetets art — Level Pro gradu - tutkielma		Aika — Datum — Month and year 24.3.2005	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 100
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet muuttuivat vuonna 2004. Suurin muutos entiseen on uusi oppiainekokonaisuus fysiikka-kemia 5. – 6. luokilla. Peruskoulun luokanopettajat joutuvat tästä syystä tutustumaan kemian oppiaineen sisältöihin ja opettelemaan uusia kemian opetukselle ominaisia opetusmenetelmiä, sillä usein opettajien aikaisempi koulutustausta ei sisällä kemian opintoja. Koulutuksen lisäksi tarvitaan lisää alaluokkien kemian opetusta tukevaa opetusmateriaalia.</p> <p>Ympäristön ilmiöt ovat tärkeä osa nykypäivän kouluopetusta. Jotta oppilas ymmärtäisi muuttuvaa luontoa ja elinympäristöämme, tulee jo kouluopetuksessa ottaa huomioon ympäristöilmiöt. Tämän päivän koululaiset ovat tulevaisuuden päättäjiä monissa asioissa, myös ympäristöä koskevissa päätöksenteoissa. Ympäristöteemaan liittyen otettiin tutkimuksessa esille vihreän kemian periaatteet, kestävä kehitys ja ympäristökasvatus.</p> <p>Opetussuunnitelmien perusteiden mukaan opiskelun tulee innostaa oppilasta luonnontieteiden opiskeluun, auttaa oppilasta pohtimaan hyvän ja turvallisen ympäristön merkitystä sekä opettaa oppilasta huolehtimaan ympäristöstään ja toimimaan siinä vastuullisesti. Kestävä tulevaisuus (kehitys) on mukana opetuksessa yhtenä aihekokonaisuutena. Kemian opetuksessa ympäristöilmiöitä tarkastellaan kokeellisen lähestymistavan kautta. Erityisesti mikrokemian opetus, sisältäen työskentelyn pienillä ainemäärillä ja yksinkertaisilla välineillä, antaa oppilaille mahdollisuuden turvalliseen kokeelliseen työskentelyyn ja kemian ilmiöiden ymmärtämiseen. Kokeellinen lähestymistapa kuuluu osana luonnontieteiden opetusta, sillä se antaa mahdollisuuden syvempään teorian ymmärtämiseen. Ilman tavoitteellista kokeellista työskentelyä teoria ympäristön ilmiöiden ympärillä jää usein irralliseksi tiedoksi. Kokeellisessa työskentelyssä tulisi ottaa esille ympäristön vaikutukset ja teemat.</p> <p>Tutkimus on kehittämistutkimus, jonka empiirinen osa on kaksiosainen. Tutkimuksen päätavoite oli kehittää opetussuunnitelmien perusteiden mukainen opetusmateriaali, joka tukee peruskoulun alaluokkien kemian ympäristöaiheiden kokeellista opetusta. Tutkimuksen ensimmäisen, kehittämisvaiheen, jälkeen järjestettiin luokanopettajille koulutus, jossa tarkasteltiin opetusmateriaalin käyttömahdollisuuksia kouluopetuksessa. Kehitettyyn opetusmateriaaliin sisältyy 16 kokeellista työtä aiheista happamuus, luonnon happamuus, luonnon kasvit ja ympäristö sekä ilman kemia. Vaikka tutkimuksen pääpaino on opetusmateriaalissa, keskitytään tutkimuksessa myös opettajien käsityksiin ja näkökulmiin kokeellisuudesta sekä kemiasta tieteenä että tulevaisuuden vaikuttajana. Tietoa luokanopettajien käsityksistä kerättiin kyselylomakkeella.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena valmistunut opetusmateriaali tukee luokanopettajien mielestä hyvin ympäristöilmiöiden sekä kestävä kehityksen opetusta 5.-6. luokkien kemian opetuksessa. Kehitettyyn materiaaliin sisältyy myös ilmiöiden kemiallinen selitys. Tuloksien mukaan kokeellinen lähestymistapa on tärkeää kemian opetuksessa. Tärkeintä on havaitseminen, oppiminen ja itse tekeminen. Mikrokemian mahdollisuuksista tärkeimpänä pidetään kestävä kehityksen opettamista. Suurin osa (70 %) luokanopettajista on sitä mieltä, että ympäristön tutkiminen kemian opetuksessa auttaa oppilasta ymmärtämään paremmin ympäröivää maailmaa. Luokanopettajien kemiakuva on tutkimuksen mukaan parantunut, kun verrataan tutkimuksen tuloksia aiempiin tutkimuksiin.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords peruskoulu, lapset, kokeellisuus, mikrokemia, ympäristön tutkiminen, ympäristökemia, vihreä kemia, kehittämistutkimus			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan kirjasto ja KEMMA -keskus			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information			

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1. JOHDANTO	5
2. KEMIAN OPETUKSEN ASEMA JA KEHITYS	7
2.1 TAVOITTEET	7
2.2 OPETTAJIEN VAIKUTUS OPPIMISEEN	8
3. YMPÄRISTÖNÄKÖKULMA KEMIAN OPETUKSESSA	12
3.1 OPETUSSUUNNITELMAN TAVOITTEET	13
3.2 VIHREÄN KEMIAN PERIAATTEET	13
3.3 YMPÄRISTÖKASVATUS	17
3.3.1 <i>Kestävä kehitys</i>	20
3.4 YMPÄRISTÖ OSANA OPETUSTA	21
3.4.1 <i>Happamoituminen</i>	23
3.4.2 <i>Rehevöityminen</i>	25
3.4.3 <i>Päästöt</i>	26
3.4.4 <i>Ympäristömyrkyt ja torjunta- ja lisäaineet</i>	27
3.4.5 <i>Ilman kemia</i>	28
4. KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA	30
4.1 KOKEELLISET TYÖT	35
4.2 MIKROKEMIA	36
4.2.1 <i>Mikrokemian historiaa</i>	36
4.2.2 <i>Mikrokemia opetuksessa</i>	38
5. TUTKIMUS	42
5.1 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA RAJAUS	42
5.2 TUTKIMUSONGELMAT	43
5.3 TUTKIMUSMENETELMÄT	46
5.4 TUTKIMUSAINEISTON HANKINTA	50
6. TUTKIMUKSEN TULOKSET	51
6.1 TULOKSET	51
6.1.1 <i>Tutkimukseen osallistuneiden taustatiedot</i>	51

6.1.2 Tutkimusongelma 1: Mielekäs opetusmateriaali ympäristöasioiden kemian opetukseen.....	52
6.1.3 Tutkimusongelma 2: Opettajien kuva kemiasta	56
6.1.4. Tutkimusongelma 3: Kokeellisuuden ja mikrokemian tärkeys.....	58
6.1.5 Tutkimusongelma 3: Kokeellisuuden käyttö	61
6.1.5.1 Kokeellisuuden käyttö osana opetusta	62
6.2 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS	67
7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTAA.....	69
LÄHTEET	73
LIITTEET	80
LIITE 1	80
LIITE 2	81
LIITE 3	85
LIITE 4	100

1. JOHDANTO

Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet muuttuivat vuonna 2004 ja toivat peruskoulun alaluokille muutoksia. Yksi suurimmista muutoksista oli luonnontieteiden opetuksen jako fysiikka-kemia oppiainekokonaisuuteen biologian ja maantiedon rinnalle. Peruskoulun luokanopettajille tämä muutos tarkoittaa uusien oppiaineiden sisältöihin ja opetustapoihin kouluttautumista. Monia täydennyskoulutuksia on jo järjestetty ja järjestetään koko ajan, jotta kaikki maamme luokanopettajat saisivat samantarvoisesti uusiin oppiaineisiin liittyvää lisäkoulutusta. Oppimateriaali on kehittynyt uuden opetussuunnitelman mukana, mutta oppimateriaalin tulee kehittyä vielä aiemmasta enemmän, myös ympäristöasioita huomioon ottavammaksi.

Ympäristön kokeellinen tutkiminen on tärkeä osa nykypäivän opetusta, koska elinympäristömme muuttuu koko ajan sekä luonnollisesti että ihmisten toimien vuoksi. Jotta oppilas ymmärtäisi muuttuvaa luontoa ja elinympäristöämme, tulee jo luonnontieteiden opetuksessa ottaa huomioon ympäristöilmiöt. Tämän päivän koululaiset ovat tulevaisuuden päättäjiä monissa asioissa, myös ympäristöä koskevissa päätöksenteoissa. Ympäristöön liittyvät ongelmat ja päätökset ovat usein hyvin monimuotoisia ja vaativat monien alojen yhteistyötä ja eri alojen osaajien vuorovaikutusta. Yhteiskunta tarvitsee näitä osaajia. Tämän takia kaikille oppilaille tulisi jo peruskoulun alaluokilta lähtien taata mahdollisuus oppia ja ymmärtää ympäröivää maailmaa sekä sen kehitystä. Ympäristön huomioonottaminen kaikessa työskentelyssä on tärkeää, joten myös kokeellisessa työskentelyssä tulisi ottaa esille ympäristön vaikutukset ja teemat.

Kokeellinen lähestymistapa on osa luonnontieteiden opetusta, koska se antaa mahdollisuuden syvempään teorian ymmärtämiseen. Ilman kokeellisuutta teoria ilmiöiden ympärillä jää usein irralliseksi tiedoksi. Kokeellisuuden tulee olla hyvin suunniteltua ja sen pitää tukea oppilaan ymmärtämistä. Puhuttaessa kokeellisuudesta ja ympäristöstä tulee ottaa huomioon vihreän kemian ja kestävä kehityksen ajatukset. Perusajatuksena on se, että kokeellisuudessa pyritään ottamaan huomioon ympäristön vaikutukset, joten

mahdollisuuksien mukaan käytetään työskentelyä pienemmässä mittakaavassa eli mikrokemiaa. Mikrokemian töissä käytetään pieniä ainemääriä, jolloin myös mahdollisten jätteiden määrä on pienempi. Työskenneltäessä pienemmässä mittakaavassa myös ajan säästö ja turvallisuus ovat tärkeitä asioita.

Ympäristön suojelu ja ympäristökasvatus eivät ole kuitenkaan vain erillisten oppiaineiden sisäistämistä ja oppimista. Luonnontieteitä, kuten kemiaa, fysiikkaa, biologiaa, maantietoa ja terveystietoa tarvitaan yhdessä, mutta käsiteltäessä ympäristöä koskevia ongelmia, tulevat tarkasteluun mukaan myös yhteiskunta ja humanistiset aineet. Eräs vihreän kemian ajattelusuunta on niin kutsuttu moraalikemia. Tähän liittyy myös ympäristökasvatus. Opetussuunnitelman perusteiden mukaan opetuksen tavoite on, että oppilas ymmärtää luontoa ja osaa toimia osana sitä, sekä oppii havaitsemaan ympäristössä ja ihmisten hyvinvoinnissa tapahtuvia muutoksia. Tähän opetuksen pitäisi pyrkiä jo peruskoulun alaluokilla.

Tutkimuksen teoriaosassa käsitellään empiirisen osan ymmärtämisen kannalta keskeisiä asioita, muun muassa kemian opetusta ja asemaa koulussa, opettajien vaikutusmahdollisuuksia kemian oppimiseen, ympäristönäkökulmaa kemian opetuksessa sekä kokeellisen työskentelyn merkitystä lasten kemian oppimisessa. Ympäristökemian osalta tarkastellaan esimerkiksi happamoitumista ja sitä kuinka ymmärrämme toimivaa ympäristöämme, esimerkiksi kasvin kasvua kemian avulla. Kemia oppiaineena tarjoaa mahdollisuuksia ymmärtää ympäristössä luontaisesti ja ihmisen toimesta tapahtuvia muutoksia ja toimia. Kemia auttaa ymmärtämään ympäristössä tapahtuvia kemiallisia ilmiöitä, joiden avulla pystyttäisiin ymmärtämään enemmän myös itse ympäristöä.

Tutkimuksen empiirinen osa jakautuu kahteen. Sen päätavoite sisältää opetusmateriaalin kehittämisen ympäristöilmiöiden opetukseen 5. ja 6. luokan kemian opetuksessa kehittämistutkimuksen pohjalta sekä myös luokanopettajien näkemyksiä kemiasta tieteenä ja sen osaamisen merkityksestä tulevaisuudessa sekä kokeellisesta opetuksesta.

2. KEMIAN OPETUKSEN ASEMA JA KEHITYS

2.1 Tavoitteet

Yleensä lapset ovat perusolemukseltaan luonnontieteilijöitä, koska heillä on tarve kysellä kaikkea erilaisiin luonnossa tapahtuviin ilmiöihin liittyvää. Yleisesti luonnon ilmiöihin ja niihin liittyviin lasten kysymyksiin tutustutaan makroskooppisella tasolla (Vakkilainen, 2001). Lasten kanssa työskenneltäessä tulisi lähteä liikkeelle hyvin ongelmakeskeisellä, myös hyvin tutkivalla tavalla.

Opetussuunnitelman perusteissa (POPS, 2004) puhutaan siitä, kuinka opetus tulisi integroida oppilaisiin itseensä liittyviin asioihin ja oppilaan aikaisempiin kokemuksiin ja tietoihin. Tähän päästään, kun pystytään luomaan mieluinen oppimisympäristö, jossa oppilaat uskaltavat kysellä, ajatella, kritisoida ja luoda omia ajatuksia, pohdintoja ja johtopäätöksiä. Lähestymistavaksi pitäisi pystyä ottamaan oppilaille ominaiset tavat ja sisällöt unohtamatta kokonaisuuden tärkeyttä. Hyvin usein irralliset pienet tiedot katoavat oppilaiden päästä helpoimmin, mutta jos sisällöt, kokonaisuudet ja lähestymistavat on valittu oppilaiden edellytysten ja kehitystason mukaan, opiskelutilanteesta voidaan saada irti sen antamat mahdollisuudet. Kokonaisuuksien ymmärtäminen on usein myös paljon helpompaa, kun niissä tarkastellaan oppilaaseen itseän ja häntä ympäröivään maailmaan liittyviä ilmiöitä ja asioita sekä oppilaan ja ympäristön vuorovaikutusta (Ahtineva & Havonen, 2003).

Oppikirjoissa oppiaines on usein ilmoitettu hyvin konkreettisella pintatasolla ja selitykset ilmiöistä tarjoillaan enempiä selittelemättä ja miettimättä. Pintatiedot eivät kuitenkaan välttämättä saa oppilasta kiinnostuneeksi aiheesta (Ahtee, 1998; Toropainen, 1994), joten oppiaines ei saa olla oppilaan ainut väline työskentelyssä.

Oppilaan innostuksen tukemiseksi oppilaan tulisi jo peruskoulussa saada mahdollisuus luonnontieteellisen tutkimuksen perustan ymmärtämiseen ja

tekemiseen. Oman tutkimuksen tekeminen on yleensä sellaista, mistä oppilas myös helposti innostuu (Näsäkkälä, Flinkman & Aksela, 2001). Näiden tutkimusten kautta myös kemian teoria ja perusta avautuvat oppilaalle ja hänen on helpompi ymmärtää ja sisäistää oppimansa.

Luonnontieteiden opetuksen uutena suuntana on pidetty tavoitetta käsitellä luonnontieteellistä kulttuuria eikä ainoastaan irrallista luonnontieteellistä tietoa, jota yleensä koulujen oppiainejako korostaa. Yhtenä keskeisenä lähtökohdista on ajateltu, että konstruktivistista ajattelutapaa tulee korostaa, jotta oppilaat muodostavat omat käsityksensä ilmiöistä omista lähtökohdistaan, omien tietojensa, taitojensa, kokemustensa ja ajattelunsa avulla. Kun oppilaat tuovat opetustilanteisiin omat kokemuksensa ja ajatuksensa, löytyy usein ristiriitaa tämän niin sanotun arkitiedon ja tieteellisen tiedon välillä. Jotta arkitietoa saadaan muutettua ja kehitettyä lähemmäs tieteellistä tietoa, oppilaan tulee olla aktiivinen oppimisprosessissaan. Tämä merkitsee samalla myös sitä, että oppilaat joutuvat usein opiskelemaan kahden tiedon kanssa. Arkitieto tosin esiintyy edelleen enemmän muualla kuin luonnontiedon tunneilla (Ahtee, 1998; Kallonen- Rönkkö, 1996).

2.2 Opettajien vaikutus oppimiseen

Luokanopettajan vaikutus oppilaisiin on yleensä suuri. Oppilaan näkemys on se, että se mitä opettaja sanoo, on varmasti totta. Ainoa tie kemian ja muiden luonnontieteiden aseman muuttamiseksi kulkee opettajien kautta. Innostunut ja motivoitunut opettaja saa oppilaat kiinnostumaan kemian ilmiöistä ja kiinnostus luo yleensä pohjaa tulevaisuuden opinnoille.

Eräs esitetyistä perussyistä luonnontieteiden opetuksen ongelmiin on kokeilevan tutkimustavan perinteen lyhyys, ohuus ja kapeus (Sahlman, 1995). Hyvin usein vielä jopa lukiossa ja yliopistossa kemiaa ja fysiikkaa opetetaan liian oppikirjavetoisesti ja matemaattisesti. Opetuksen ”kehys” piilee opettajassa ja hänen roolissaan oppilaiden oppimisprosessissa. Opetuksen kehittämisessä opettaja on avainasemassa.

Peruskoulun alaluokilla luodaan pohjaa tulevaisuudelle, myöhempiä opintoja varten. Siksi on erittäin tärkeää, että jo alaluokkien opettaja on innostava ja ammattitaitoinen. Aineenopettajilla on jokaisella omat aineensa, mutta luokanopettajilla on hyvin kirjava joukko opetettavia aineita. Monilla luokanopettajilla on taustanaan lukio-opinnot jostain erikoislukiosta, kuten musiikkilukiosta tai liikuntalukiosta, jolloin lukion pakolliseen oppimäärään ei edes kuulu kemiaa ja fysiikkaa. Tällöin opettajien tiedot voivat pohjautua omaan peruskouluikäiseen kokemukseen (Virrankoski, Hänninen & Markkanen, 2002).

Opettajan ohella oppilaiden oppimisprosessiin vaikuttavat oppimisympäristö ja luokan ilmapiiri. Näitä asioita opettaja muokkaa työssään ja pyrkii parantamaan ja kehittämään niitä oppilaille sopiviksi. Tähän kehittämisprosessiin vaikuttavat opettajan asenteet ja pyrkimykset. Oppimisympäristön tulisi jakaa oppilaille virikkeitä ja tukea oppilaan kiinnostuksen kohteita, kuten luonnon ilmiöiden tutkimista. Opettajan on yleensä realistisempaa ja helpompaa auttaa oppilaiden oppimisprosessia tukemalla jo oppilaalla olemassa olevia tietoja ja kokemuksia kuin pyrkiä luomaan täysin uutta rakennelmaa (Kallonen- Rönkkö, 1996). Lapselle ja oppilaalle tulee tarjota välineitä, jotta hän pystyy etsimään vastauksia häntä kiinnostaviin asioihin, ilmiöihin ja ongelmiin, ennen kuin välttämättä antaa valmiita teoreettisia vastauksia. Luonnontieteet ovat tutkivaa tiedettä, jossa etsitään vastauksia kysymykseen *miksi*. Tähän luokanopettajan pitäisi pyrkiä.

Luokanopettajiksi opiskelevista tehdyssä tutkimuksessa (Ahtee & Rikkinen, 1995) korostui opettajan merkitys opetuksessa, kun assosiaatiot fysiikkaa ja kemiaa kohtaa olivat muodostuneet hyvin tunnereaktiivisiksi koulutuksen ja omien kokemusten myötä. Kemian ja fysiikan osalta tuloksissa oli enemmän negatiivisia kuin positiivisia mielikuvia, koska opiskelijat mielsivät yleisesti nämä kaksi hyvin vaikeiksi oppiaineiksi. Biologian ja maantieteen osalta mielikuvat olivat huomattavasti positiivisempia. Tutkimuksen mukaan ”kulmakiviä” mielikuville olivat kemian sirpalemaisuus kokonaisuuksien kustannuksella ja teorian häilyvyys. Yksittäisiä asioita ja ilmiöihin liittyviä seikkoja muistettiin yleensä hyvin, mutta edellä mainittujen kokonaisuuksien

hahmottaminen oli hankalampaa. Ahteen tutkimuksen mukaan oppiaineen vaikeutta korostavat mielikuvat tulivat yleensä omista kokemuksista, vaikka oppiaineen myönnettiin olevan yhteiskunnan kannalta hyödyllinen ja tarpeellinen.

Myöhempien tutkimusten mukaan (Hämäläinen, 2002) mielikuvat olivat selvästi parantuneet ja tarpeellisuus oppilaan ajatusmaailman kehittymisessä on tiedostettu. Tutkimusten mukaan (Lillberg, 2004) muun muassa ilmakemian oppimateriaali on kehittynyt huomattavasti ja materiaalin saatavuus on osaltaan lisännyt myös opettajien mahdollisuuksia käyttää kemiaa enemmän luokkaopetuksessa. Tässä luokanopettajien mielestä materiaali tukee opettajaa hyvin, ja antaa luottamusta ja itsevarmuutta kemian opetukseen. Tämä on lisännyt kemian kiinnostavuutta opettajien keskuudessa ja mielikuvat ovat parantuneet. Koulutuksen ja opetuksen tukemiseen on yleisesti panostettu enemmän kuin aiemmin.

Luonnontieteiden ja ympäristön opetuksen tutkimuksissa (Lumivaara, 2001) on käynyt ilmi lukio-opettajien tiedon vähyys, kun puhutaan ympäristöön liittyvien ongelmien periaatteista ja ongelmakohtista. Vaikka ympäristöongelmat ovat olleet ihmisten arkipäivää jo pitkään, koulutus ei silti ole valmistanut opettajia kohtaamaan ja selvittämään näitä ongelmia. Tämän vuoksi usein oppilaat ovat hyvin eriarvoisia saadessaan ympäristökemian opetusta ja tutkimusten (Lumivaara, 2001) mukaan opettajilla ei ole riittävää koulutusta opettaa ympäristökemiaan. Oppilaiden lisäksi opettajat ovat hyvin eriarvoisia, mitä tulee ympäristökemian opettamiseen ja siihen liittyvään koulutukseen. Tämä johtuu usein koulujen erilaisista resursseista. Vaikka ympäristökemia kiinnostaa monia opettajia, sen käyttäminen opetuksessa on vaikeaa. Ympäristön huomioonottaminen opetuksessa on mainittu opetussuunnitelman perusteissa heti peruskoulun alimmilta luokilta alkaen, joten sen huomiotta jättäminen aiheuttaa oppilaiden eriarvoisuutta myöhempien ratkaisujen edessä (Heikinaho, 2001).

Tutkimusten mukaan (Lillberg, 2004; Lumivaara, 2001) kouluaikaisilla kokemuksilla ja muistoilla on suurin vaikutus opetuksen mielekkyyteen, joten negatiivinen mielikuva voi siirtyä omasta kouluaikaisesta kemian opettajasta

omaan opetukseen. Mielekäs oppiminen korostuu uuden aiheen opiskelussa, eli oppiminen onnistuu, kun sen kokee mielekkääksi. Mielekäs oppiminen voi syntyä usein esimerkiksi tekemällä oppimisessa (eng. "learning by doing"), jossa teoria ja käytäntö kohtaavat oikeassa suhteessa (Aksela, 1998; Jarvis, 1991). Tähän tavoitteeseen luonnontieteet pyrkivät ja tekemällä oppiminen on yksi kemian opetuksen tärkeä lähtökohta.

3. YMPÄRISTÖNÄKÖKULMA KEMIAN OPETUKSESSA

“Eräänä aamuyönä heräsin siihen, että joku tolvana repi nukkumaoksaani irti Kotipuusta. Viime tingassa sain tuulta siipieni alle ja lensin turvaan yläöksille. Sieltä näkyi hyvin koko puisto. Se oli sotkuinen ja turmeltunut. Jo pitemmän aikaa oli ollut ikävää. Ei keijukarkeloita, ei mitään kivaa. Kaikki muut keijut olivat jo aikaa sitten lähteneet etsimään uusia asuinsijoja. Sinä aamuna minäkin päätin viimein pakata laukkuni. Evääksi ottaisin siitepölykakkuja ja mesijuomaa.

- *Se on nyt menoksi. Tälle keijulle riitti! ilmoitin Kotipuulle.*
- *Älä jätä puistoa, Kotipuu pyysi. – Keijujen mukana puistoilta katoaa sielu ja hällävälämeininki saa voiton.*
- *Kukaan järkevä keiju ei asu tällaisessa puistossa. Roskia on kaikkialla, kukkia tallotaan ja pensaita revitään. On koirankakkaa, lasinsirpaleita, tupakantumppeja! Sinunkin runkoosi on maalattu spraymaalilla. Kukaan ei välitä. Mehän tukehdamme tänne! yritin selittää murheelliselle puulle, jossa olin asunut koko keijunelämäni.*
- *Mutta puistot on pelastettava, puu suhisi. Tunsin pienten jalkojeni alla, kuinka se värisi.*
- *Leiju - keijuseni, vielä on yksi mahdollisuus, se jatkoi. – Minä voisin taikoa puistoille Hyvän Haltijan! ”*

(Nummi E. & Ojanen, V. Tuo keijut takaisin, Täti Vihreä, Satu ympäristötiedoista, Tampere 1998)

Yllä olevan lainauksen sadussa keijut ja puut taikovat puistolle hyvän haltijan, *Täti Vihreän*, joka yhdessä lasten kanssa saa muutettua ihmisen ajatusmaailman luontoa huomioonottavaksi. Sama ajatus voisi toimia myös yhteiskunnassamme, koska lapsissa on tulevaisuus. Siksi myös kouluopetusta tulisi kehittää ympäristökasvatusta tukeviksi.

3.1 Opetussuunnitelman tavoitteet

Peruskoulun vuosiluokkien 1. – 4. opetussuunnitelmassa tavoitteiden pääotsikkona on ympäristö- ja luonnontieto, joka jakautuu biologian, maantiedon, kemian, fysiikan ja terveystiedon tieteenaloihin. Kaikki nämä tieteenalat keskittyvät osaltansa siihen tavoitteeseen, että oppilas oppii tuntemaan ja ymmärtämään ympäröivää luontoa, sen ominaisuuksia ja siihen rakennettua ympäristöä sekä omaa itseään, erilaisuutta ja vuorovaikutusta muiden ihmisten kanssa. Lähestymistavat ja sisällöt opetukselle valitaan oppilaiden edellytysten ja kehitystason mukaisesti, tukeutuen tutkivaan ja ongelmakeskeiseen lähestymistapaan. Opetussuunnitelman perusteissa mainitaan vaihtoehtoisena työskentelytapana mahdollisuus myös maastossa työskentelyyn, konkreettisesti osana luontoa olemiseen.

Opetussuunnitelmien perusteiden mukaan opiskelun tulee innostaa oppilasta luonnontieteiden opiskeluun, auttaa oppilasta pohtimaan hyvän ja turvallisen ympäristön merkitystä sekä opettaa oppilasta huolehtimaan ympäristöstään ja toimimaan siinä vastuullisesti (POPS, 2004).

Vastuullinen huolehtiminen ympäristöstä mainitaan perusopetuksen kemian opetuksessa vuosiluokkien viisi ja kuusi kohdalla. Tavoitteissa mainitaan lisäksi pyrkimys oppia toimimaan ja liikkumaan luonnossa turvallisesti itseään ja ympäristöään kunnioittaen ja suojellen. Turvallinen työskentely luonnossa on tärkeä opetuksen lähtökohtana. Opetussuunnitelman perusteissa sanotaan oppilaan tavoitteista myös, että oppilaan tulisi oppia tekemään mittauksia ja miettimään syy-seuraussuhteita, kun hän tutkii ympäristöön liittyviä ilmiöitä.

3.2 Vihreän kemian periaatteet

Ympäristön ilmiöiden ja ominaisuuksien sekä niitä koskevien kysymysten opiskelu kuuluu nykyään tärkeänä osana suomalaiseen kemian opetukseen. Kemian opetuksen keskeisenä tavoitteena on kasvattaa kouluopetuksessa sellaisia kansalaisia, jotka kykenevät koulusta ja sen ulkopuolelta saamiensa

tietojen pohjalta ottamaan osaa muun muassa keskusteluun ympäristöasioista ja jotka pystyvät omaksumaan ja ymmärtämään oman vastuunsa ympäristöstä ja vaikutusmahdollisuutensa ympäristön hyväksi (Lumivaara, & Aksela, 2002). Ympäristön opiskelun tulisi kuulua jokaiselle kansalaiselle. Nykypäivän koululaiset ovat tulevaisuuden päättäjiä monessa asiassa, myös ympäristöön liittyvissä päätöksenteoissa. Siksi ympäristöön liittyvää opetusta tulisi kehittää edelleen.

Vihreä kemia (eng. green chemistry) luo mahdollisuuksia nykyaikaiseen kemian tutkimukseen ja opetukseen. Vihreän kemian peruseriaatteita on pyrkiä vähentämään elinympäristöä vahingoittavien aineiden ja kemikaalien käyttöä ja kehittää uusia, korvaavia, ympäristöä vähemmän kuormittavia aineita ja menetelmiä. Eräs painotusalue on ympäristön tutkiminen ja jo esiintyvien ja tulevaisuuden ympäristön ongelmien ratkaiseminen. Eräät vihreän kemian tärkeät ajattelusuunnat ovat elinkaariajattelu ja niin kutsuttu moraalikemia (Lumivaara, & Aksela, 2002).

Käsite *vihreä kemia* on saanut alkunsa 1990-luvun lopussa, jolloin yhdysvaltalainen Paul Anastasia käytti sitä ensimmäisen kerran ja alkoi soveltaa sen periaatteita (Kronholm, 2001; Kirchhoff, 2001). Vihreän kemian lähtökohtana voidaan pitää sitä, että ympäristön vaikutukset huomioidaan ja tarkoituksena on poistaa mahdollisen jätteen syntyminen jo syntypaikalla. Periaatteista voidaan mainita myös sovellus, jossa pyritään vähentämään haitallisten aineiden käyttöä tai syntyä kemiallisten tuotteiden suunnittelussa, valmistuksessa ja sovelluksissa (Kemian laitos, 2003). Kemiallisten yhdisteiden tuottamisessa, tutkimisessa ja kehittämisessä on kautta aikojen pyritty painottamaan laatua, tehokkuutta, taloudellisuutta, luotettavuutta ja käytännöllisyyttä ympäristö huomioon ottaen. Kemiallinen prosessi ja ympäristö kulkevat kehityksessä rinnakkain, joten vihreän kemian opettaminen ja oppiminen ovat kouluopetuksessa tärkeitä (Kirchhoff, 2001).

Ympäristöongelmia on pyritty ratkaisemaan jo pitkään ja hyviä tuloksia on saatu, mutta kehitys tuo mukanaan lisää ongelmia. Nykyiset ympäristöongelmat ovat hyvin monitahoisia, ja niiden ratkaisemiseksi tarvitaan useiden tieteiden yhteistyötä. Ongelmilla on usein monia aiheuttajia,

jotka voivat yksinään olla vaikutukseltaan hyvin pieniä, mutta yhteisvaikutukset saattavat olla hyvin merkittäviä. Esimerkkinä voisi olla vesien rehevöityminen, johon vaikuttavat monet päästöt, monet kemikaalit ja jonka seuraukset yhteiskunnalle voivat olla joko välittömiä tai välillisiä. (HY:n ympäristöntutkimus, 2004)

Vihreän kemian periaatteita voidaan osoittaa kaikkiaan 12, minkä turvin voidaan myös kehittää ja tuottaa kemiallisia prosesseja turvallisesti ympäristö huomioonottaen (Kronholm, 2001; Hjeresen, Schutt & Boese, 2000):

1. Jätteen synnyn ehkäisy
2. Atomiekologia
3. Vaarattomat kemialliset synteetit
4. Turvallisten kemikaalien suunnittelu
5. Turvallisten liuottimien käyttö ja apuyhdisteiden käytön välttäminen
6. Energian käytön minimointi
7. Uudistuvien lähtöaineiden käyttö
8. Tarpeettoman johdostenmuodostamisen välttäminen
9. Katalyyttien suosiminen
10. Reaaliaikaiset analyysit
11. Tuotteiden hajoaminen elinkaaren lopussa
12. Onnettomuuksien välttäminen esimerkiksi oikeilla kemikaalivalinnoilla

Työvälineinä vihreässä kemiassa ajatellaan olevan kuusi (6) perusosaa (Kronholm, 2001):

- *Lähtöaineet*, joita voidaan nykyään tuottaa myös suoraan elävästä luonnosta
- *Reagenssit*, joiden valinnassa täytyy huomioida mahdolliset haitalliset sivutuotteet
- *Liuottimet*, joista orgaaniset liuottimet ovat haitallisimpia luonnolle
- *Tuotteet*, joissa otetaan toimivuuden, käytännöllisyyden ja taloudellisuuden lisäksi huomioon myrkyttömyys ja turvallisuus
- *Prosessit*, joissa pyritään saavuttamaan mahdollisimman optimit olosuhteet
- *Katalyytit*, joiden avulla pyritään nopeuttamaan reaktiota ja pienentämään haittavaikutuksia. Katalyyttien valinnassa täytyy ottaa huomioon myös,

että jotkut katalyytit ovat myrkyllisiä. (Leitner, 2004; Manahan, 2000; Jokinen, 2003; Kronholm, 2001)

Nykyään keskeisimpiä tutkimuskohteita ovat muun muassa luonnonaineiden sekä haitallisten yhdisteiden määrä ja laatu erilaisten reaktioiden tuotteina ja niiden vaikutukset luonnon kiertokulkuun. Lisäksi tutkimuksiin (Kemian laitos, 2003) on liittynyt läheisesti myös teollisuuden tuottamat kemialliset tuotteet ja niiden ympäristöystävällisyys, saastuttaminen ja loppusijoittaminen turvallisesti ja mahdolliset lisäreaktiot ja niiden vaikutukset ympäristöön pidemmällä aikavälillä. (Leitner, 2004)

Erilaisten tutkimusten (Hjeresen, 2000) mukaan monet globaalit ongelmat tai vaikutukset ovat ihmiskunnan kasvun myötä suorassa yhteydessä myös kemiallisten prosessien ja tuotteiden kysyntään ja tarjontaan ja tätä myötä suhteessa myös luontoon. Suurimpia ympäristöön ja ihmiseen kohdistuvia tekijöitä ovat karkeasti ajateltuna muun muassa orgaanisten aineiden pääsy luontoon ja kiertokulkuun, ilmastonmuutos, muutokset veden kiertokulussa ja biologisten lajien katoaminen.

Suurin osa edellä mainituista vaikutuksista on pidemmällä aikavälillä vaikuttavia tekijöitä, mutta ihmiskunnan lisääntyminen (on arvioitu, että vuonna 2050 maapallon väestö ylittää 10.7 miljardin ihmisen määrän (Hjeresen, Schutt & Boese, 2000)), tulee kemikaalien ja kemiallisten prosessien kasvun myötä vaikuttamaan suoraan myös ympäristön tilaan. Kemia ei kuitenkaan ole "syyllinen" ympäristöongelmiin, vaan vihreän kemian tarkoitus on ratkaista ongelmia. (Leitner, 2004; Manahan, 2000)

Vihreää kemiaa on kutsuttu myös vihreäksi filosofiaksi. Tällöin luonnonsuojelijoiden ja heidän vastustajiensa käsitykset ja mielikuvat ovat usein tunnepitoisia ja siksi myös ristiriitaisia. Ristiriitoja ei pidä kuitenkaan väheksyä, vaan ne pitää ratkaista. Ympäristökysymyksissä luonnontieteellinen ja yhteiskunnallinen ajattelutapa törmäävät usein toisiinsa. Kysymyksiin ja ristiriitoihin voi suhtautua tunteenomaisesti tai niihin voi yrittää etsiä vastausta tutkimuksilla, jotka pyrkivät objektiiviseen katselmukseen. (Leitner, 2004)

Tulevaisuuden näkymien tulisi parantua vihreän kemian myötä, mutta tämä vaatii työtä jokaiselta ihmiseltä. Vihreän kemian opetus kuuluu osaksi opetusta jo varhaiskasvatuksesta lähtien (Hjeresen, Schutt & Boese, 2000). Sen tavoitteisiin kuuluu potentiaalisten tulevaisuuden päättäjien kasvattaminen siten, että heillä olisi tarvittavat tiedot ympäristön kehittämisen, suojelemisen ja vihreän kemian kehittämisen toteuttamiseksi ja ympäristön vaikutukset huomioon ottaen.

3.3 Ympäristökasvatus

Ympäristöasiat tulivat yleisesti tiedotusvälineisiin ja ihmisten tietoisuuteen 1970-luvulla, jolloin ensimmäisen kerran huomattiin ympäristön muutosten vaikutukset ja niiden uhka myös ihmiselle. Vaikka nykyään tiedetään ympäristöongelmista huomattavasti enemmän, näihin ongelmiin liittyvä koulutus on vasta alussa (Lumivaara, 2001).

Ympäristökasvatus mielletään yleensä osaksi ympäristöä koskevia oppiaineita. Perinteiset oppiaineet - kemia, fysiikka, biologia, maantieto ja terveystieto - ovat oppiaineita, jotka sisältävät ympäristön ja sen oppimisen ajatuksia. Nämä oppiaineet ovat ympäristökasvatuksen peruspohjia.

Tavalliset oppiaineet eivät kuitenkaan ole yksinään ympäristökasvatusta, vaan ympäristökasvatus nousee pinnalle silloin, kun on olemassa ympäristökysymys eli yhteiskunnallisesti koettu ympäristöön liittyvä ongelma. Ympäristökasvatus sulautuu yleiseen kasvatukseen ja yhteiskuntaan, ei ainoastaan tiettyihin oppiaineisiin (Käpylä, 1994).

Vaikka ympäristökasvatuksen paino ja sisällöt ovat muuttuneet ajan myötä, on niissä edelleen sama keskeinen periaate, ympäristöstä huolehtiminen ja siihen kasvattaminen. Kehityslinja (Käpylä, 1994) on muuttunut viime vuosikymmenen aikana luonnonsuojeluopetuksesta enemmän tämän päivän ympäristökasvatukseen, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että

luonnontieteiden lisäksi ympäristökasvatus liittyy suurelta osin myös yhteiskuntaan ja humanistiset tieteet on otettu mukaan tarkasteluun.

Ympäristöongelmat ovat yleensä hyvin monimuotoisia ja vaikeasti hahmotettavia. Usein kaikkia ympäristön vaikutuksia ei pystytä suoraan ennakoimaan ja päätöksiä joudutaan tekemään arvailujen ja epävarman tiedon pohjalta. Ympäristöön kohdistuvat ongelmat eivät noudata oppiainerajoja, joten päätöksiä ja ratkaisuja pyritään usein tekemään yhteistyössä monien asiantuntijoiden avulla. Ongelmien ratkaisemisessa tarvitaan yli rajojen olevaa tietämystä, jolloin kysymys on enemmän tai vähemmän kulttuurin ja biofyysisen ympäristön vuorovaikutuksesta (Käpylä, 1994; Leitner, 2004).

Aiemmat tutkimukset (Heinonen & Kuisma 1994; Asunta, 2004) kertovat, että nuorten suhtautuminen luontoon ja ympäristöä koskeviin asioihin on tärkeää ja ympäristöstä huolehtimisen merkitys on kasvanut. Tutkimuksista käy ilmi myös, että tietoisuus ympäristömme kunnosta ja saastumisesta on kasvanut, ja nuoret mieltävät, että luonto on ihmisen hyvinvoinnille ja elintasolle tärkeää. Lisäksi luonnonvaroja tulisi säästää ja luontoa ei tulisi yrittää muuttaa.

Ympäristöetiikan merkitys kasvoi, kun verrattiin eri tutkimusten (Heinonen & Kuisma, 1994; Käpylä 1994) tuloksia. Ympäristöetiikka tutkii ihmisen ja hänen elinympäristönsä suhdetta moraaliselta kannalta. Vuorovaikutus luonnon ja ihmisen välillä on tärkeää, ja sitä pitää vaalia. Ympäristökriisi, esimerkiksi väestöräjähdyks, luonnonvarojen tuhlaaminen, saastuminen, ilmaston lämpeneminen tai ihmisten elämän laadun huononeminen ympäristön vuoksi, ovat kaikki tärkeitä ongelmia, joiden ratkaisuksi ei ole olemassa yksiselitteistä kaavaa. Ympäristö itsessään on monimutkainen systeemi, jonka vaikutuksista ei ole selvää kuvaa, vain pelkkiä tuntemuksia ja arvailuja. Ympäristökasvatus antaa pohjaa, kun nuori oppilas on huolissaan ympäristöstään ja kiinnostunut asioista jo ennen opettajan luentoa. Kun opetus lähtee liikkeelle oppilaan omista kokemuksista ja mielikuvista, saavutetaan se, mihin ympäristökasvatus perustuu (Käpylä, 1994).

Nykyisen käsityksen mukaan katsotaan, että tunteet, elämykset, arvot ja asenteet ovat erottamaton osa ihmisen tiedon rakennetta ja valtaosa ihmisen arkielämään liittyvistä asioista on sidoksissa toisiinsa. Ympäristöongelmat, joiden tunnistamiseen ja ratkaisemiseen ympäristökasvatuksen tulisi ohjata, ovat luonteeltaan samanlaisia, monitieteellisiä ja sidoksissa moniin eri asioihin ja tekijöihin (Asunta, 2004). Opetussuunnitelman perusteissa on kokonaisuus, jonka otsikko on vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta (POPS, 2004). Tämän edellä puhutaan myös kokonaisvaltaisesta kasvamisesta:

Koko opetuksen kattavan ihmisenä kasvaminen - aihekokonaisuuden päämääränä on tukea oppilaan kokonaisvaltaista kasvua ja elämän hallinnan kehittymistä. Tavoitteena on luoda kasvuympäristö, joka tukee toisaalta yksilöllisyyden ja terveen itsetunnon ja toisaalta tasa-arvoon ja suvaitsevaisuuteen pohjautuvan yhteisöllisyyden kehitystä (POPS, 2004).

Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta - aihekokonaisuuden päämääränä on lisätä oppilaan valmiuksia ja motivaatiota toimia ympäristön ja ihmisen hyvinvoinnin puolesta. Perusopetuksen tavoitteena on kasvattaa ympäristötietoisia, kestävään elämäntapaan sitoutuneita kansalaisia. Koulun tulee opettaa tulevaisuusajattelua ja tulevaisuuden rakentamista ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestäville ratkaisuille (POPS, 2004).

Opetussuunnitelman perusteiden mukaan oppilaan keskeinen tavoite on ymmärtää luontoa ja toimia osana sitä sekä oppia havaitsemaan ympäristössä ja ihmisten hyvinvoinnissa tapahtuvia muutoksia. Keskeinen tavoite on ymmärtää toimia omien valintojensa mukaan ja oppilaan pitäisi ymmärtää, että valinnoilla rakennetaan tulevaisuutta.

Oppimateriaalin mahdollisuus monitieteellisen teeman, kuten ympäristökasvatuksen, käsittelyssä on arvoitus. Oppimisympäristö luo mahdollisuudet opettamiselle. Ympäristökasvatuksen alakäsitteiksi on määritelty sekä kestävä kehityksen ideoita että arvojen tiedostamista ja kulttuurin ja biofyysisen ympäristön vuorovaikutusta. Ihmisen riippuvuus ja

vastuu elinympäristöstä määrittelee kasvatuksen olennaisen idean. Oppimateriaalia ympäristökasvatukseen on, mutta sen mahdollisuudet syvemmälle pohdinnalle ovat pelkistetyt (Eloranta, 1995). Opetuksessa käytetään yleensä paljon muita materiaaleja kuin oppikirjoja ja oppimateriaalille annetaan haaste kehittyä.

3.3.1 Kestävä kehitys

Kestävä kehitys lähtee liikkeelle yleensä *ruohonjuuritasolta* ja ihmisten omasta lähiympäristöstä. Huoli ympäristöstämme on ollut olemassa aina vuonna 1988 julkaistusta *koko maapallon kattavasta uudistusohjelmasta* saakka, jonka perusajatuksena oli se, että maapallon ekologinen kantokyky on huomioitava, elämisen tavat on muutettava vähemmän luontoa kuormittavaksi ja ihmisen *itsetuhoisuutta* eli toisin sanoen ihmisen ja luonnon törmäyskurssia on hidastettava. (Asunta, 2004)

Tänä päivänä ympäristö on ollut esillä muun muassa 16. helmikuuta 2005 voimaan tulleessa Kioton sopimuksessa (Helsingin sanomat – Kioto, 2004). Kioton sopimuksen mukaan Eurooppa ja koko maailma ovat ilmastonmuutoksien murroksessa, eli ilmasto lämpenee koko ajan. Kioton sopimus pyrkii päästöjen vähentämiseen vuoden 1990 tasolle seuraavien seitsemän vuoden kuluessa. Kioton sopimus on esillä mediassa paljon ja sen tuomat kysymykset pitäisivät tuoda esille myös kouluopetuksessa. Oppilaiden kohtaaminen median kanssa muodostaa usein hyvin paljon kysymyksiä ja tämän takia on hyvä käsitellä ympäristöasioita myös koulussa.

Kestävän kehityksen ydin on kysymys ihmisen toiminnasta ja sen suhteesta luontoon. Luonnon hyväksikäyttö on viimeisen kymmenen vuoden aikana riistäytynyt käsistä, ja siksi on opiskeltava uudenlainen suhde luontoon ja järjestettävä myös yhteiskunnallinen elämä siten, että se on sopusoinnussa luonnon kestokyvyn kanssa. (Leitner, 2004)

Päähuomio kestävässä kehityksessä on biofyysisessä luonnossa, sen tilassa ja luonnonvarojen säilyttämisessä, mutta painotus on myös ihmisen toiminnassa ja luonnon ja ihmisen välisissä suhteissa. Kestävässä

kehityksessä on kyse yhteiskunnallisesta oppimisprosessista ja sen myötä uudesta moraalista kuten ympäristörakenteiden normittamisesta ja siitä, että ihmisten toimien vaikutukset on kyettävä arvioimaan aiempaa pidemmällä aikavälillä. Laaja määritelmä ympäristön tilasta tukee yhteiskunnallisen toiminnan ja biosfäärin vuorovaikutusta ja niiden suhteen kehittymistä. Jotta oppilas pystyisi tavoitteellisesti toimimaan kestävän kehityksen periaatteiden mukaan, pitää hänen ymmärtää syyt toiminnalleen. Kemia tarjoaa mahdollisuuden kokeellisen työskentelyn kautta syvempää ympäristön tapahtumien ymmärtämiseen. (Asunta, 2004)

Kestävässä kehityksessä myös aikuiset ovat oppilaita ja jokainen päivä vuorovaikutuksessa muuttuvan luonnon kanssa on koulupäivä (Bardy, Aaltonen, Lepon & Sandelin, 1994). Vuorovaikutus on muuttuva. Jos luonto, kuten esimerkiksi ilmasto muuttuu, se vaikuttaa luontoon ja välillisesti ja välittömästi myös ihmiseen.

3.4 Ympäristö osana opetusta

Puhuttaessa luonnon ja ympäristön opetuksesta tulevat ensimmäisenä mieleen ympäristöongelmat. Ne eivät kuitenkaan ole ainoita asioita, jotka ympäristön opetukseen kuuluvat. Ymmärtääkseen ympäristöön kohdistuvia ongelmia oppilaan pitää ensin ymmärtää, miten luonto ja ympäristö toimivat. Suurin osa näihin aiheisiin liittyvistä asioista tulee usein esiin vain biologian opetuksessa, mutta syvempi tietämys ympäristön rakenteesta ja toiminnasta selviävät kemian aihealueista. Kaikki ympärillämme on kemiaa: jokainen kasvi koostuu joistain tietyistä alkuaineista, ja jokainen ihminen on rakenteeltaan erilainen. Näitä ei myöskään pidä unohtaa biologian opetuksessa. Tämä on taustaa myös tutkimukseen liittyvälle opetusmateriaalille (taulukko 4, s. 53).

Opetuksessa on tärkeää kehittää sekä oppilaiden havainnointikykyä että heidän luonnollista kykyään tiedonhaluun ja uteliaisuuteen. Opettajan tehtävään kuuluu rohkaista nuoria oppilaitaan kysymään ja selvittämään vastauksia. Opettajan tulee nostaa juuri kysymysten tekeminen etusijalle

erilaisten tutkimusten tekemisessä ja oppilasta askarruttavien asioiden käsittelyssä (Jarvis, 1991). Syksyisin yksinkertaisin tutkimus liittyy luonnossa lehtien värien muuttumisiin. Keväällä tutkimus voi samoin liittyä kasvun aikana tapahtuviin kasvien värien muutoksiin. Tällainen ei ainoastaan tuo oppilaille esille vuodenaikojen muutoksia, vaan myös kehitysprosessin siitä, kuinka kasvi kasvaa. Kasvi tarvitsee jotain, ja on jotain, mitä se ei missään nimessä kaipaa. Kun tunnetaan tämä kasvu, pystytään lisäämään ympäröivän luonnon huomioiminen kasvuprosessiin ja siihen, mitkä tekijät vaikuttavat kotipihan puun kasvuun tai miksi lähipuiston puut ovat huonovointisia. (Jarvis, 1991; Leitner, 2004; Manahan, 2000)

Käsiteltäessä luontoa ja sen tutkimista pienemmässä mittakaavassa, tarkastellaan luonnonaineiden ominaisuuksia ja niiden reaktioita ja syitä sille, miksi tietyt reaktiot ovat tapahtuneet luonnossa. Luonnonaineet ovat keskeisellä sijalla erityisesti orgaanisessa kemiassa ja alun perin ne olivat tieteen perusta, jos tarkastellaan esimerkiksi rakenneteorian kehittymistä. Tutkimus (Aksela, Laitalainen, Mäkelä & Virkkala, 1996) ulottuu aina luonnontieteiden ja biotieteiden alueella kasvitieteestä kemiaan, lääketieteeseen ja geenitekniikkaan. Luonnonaineita pystytään eristämään uuttamalla, vesihöyrytislamalla tai sublimoiden ja kromatografiaa hyödyntäen. Tutkimus luonnonaineilla on yleensä helppo aloittaa vaatimattomilla resursseilla, koska yleensä uuttamalla selvittää vähäisin kemikaalein. Myös kromatografialla saadaan erotettua pieniä määriä eri aineita. (Leitner, 2004)

Luonnonaineita tutkitaan ja eristetään yleensä puhtaasti tieteellisistä syistä, koska halutaan ymmärtää biologisten prosessien perusta. Eristämistä tehdään myös hyödyn vuoksi, koska luonnonaineita pystytään hyödyntämään esimerkiksi lääkeaineissa. Suomalaisten metsien marjoja ja sieniä on tutkittu siksi, että esimerkiksi pysyttäisiin kartoittamaan ympäristön vaikutuksia ja muutoksia luonnonmarjoihin ja puutarhamarjoihin verraten. Ilman tieteellistä tutkimusta eri kasveista ja luonnonaineista, ei voida ymmärtää mahdollisia muutoksia, jotka ympäristössä tapahtuvat. (Aksela, Laitalainen, Mäkelä & Virkkala, 1996)

Ympäristön ongelmia on monia ja usein ne koostuvat suurempina ongelmina monesta pienestä vaikuttavasta tekijästä. Esimerkiksi saasteet voivat olla täysin uusia luontoon päässeitä aineita tai vanhojen aineiden uusia yhdisteitä, jotka ovat vain väärässä paikassa, väärässä muodossa tai väärässä pitoisuudessa ympäristön hyvinvoinnin kannalta (esimerkiksi typen eri yhdisteet). Ympäristöasioiden oikean laajuuden ja vakavuuden ymmärtäminen on usein riippuvainen tarkkailijan taustatiedoista ja taustan ymmärtämisestä (Virrankoski, Hänninen & Markkanen, 2002).

Ympäristön kokeellinen tutkiminen voi sisältää ilman tai veden kemialla, happamuuden tai emäksisyyden tutkimisen, rehevöitymisen kemialla tai erilaisten päästöjen tai myrkyjen tutkimisen (taulukko 4, s. 53).

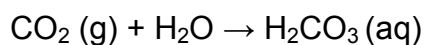
3.4.1 Happamoituminen

Happamoituminen on osa luontoa ja sen kokeellista tutkimista. Kokeellisissa töissä happamoituminen (taulukko 4, s. 53) ja happamuuden mittaaminen ovat usein yksinkertaisimpia kokeellisia töitä, joita pystytään suorittamaan peruskoulun alaluokkien kemiassa. Happamuutta ja emäksisyyttä esiintyy jokapäiväisessä elämässä hyvin paljon. Luonnossa esiintyy paljon erilaisia happamia aineita, kuten erilaiset marjat ja hedelmät, mutta myös ihmisen ruumiista löytyy mahahappoa.

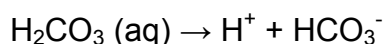
Luonnon happamoitumisella tarkoitetaan sitä, että luonnon oma kyky vastustaa hapanta laskeumaa heikkenee ja sen pH-arvo pienenee (Kivinen & Mäkitie, 1993; Manahan, 2000). Merkittävimpiä happamuutta aiheuttavia tekijöitä ovat typen ja rikin oksidit. Kyseisiä typen ja rikin oksideja aiheuttavat pääasiassa fossiiliset polttoaineet, kivihiihen ja öljyn käyttö energiantuotannossa, teollisuuden muut prosessit ja liikenne. Lisäksi merkittävänä nimenomaan typpeä sisältävien päästöjen aiheuttajiin kuuluu maatalous.

Happamoituminen vaikuttaa kaikkeen kasvuun. Joihinkin eliöihin ja kasveihin vaikutus tapahtuu välittömästi ja toisiin välillisesti pidemmän ajan kuluessa. Vesistöistä happamoitumisen takia voi muun muassa hävitä lajeja kokonaan,

tai metsä saattaa vaurioitua. Sadevesi on luonnostaan hieman hapanta, koska esimerkiksi ilmakehän hiilidioksidi vaikuttaa sen happamuuteen. Reaktio:

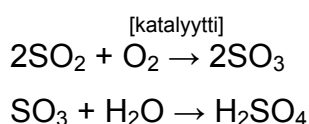


Hiilidioksidi liukenee veteen ja vesiliuos on heikosti hapanta, koska hiilihappo, on heikko happo, joka protolysoituu vain osittain luovuttaen toisen vetynsä. Protolysointireaktio:



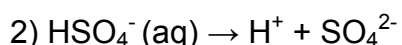
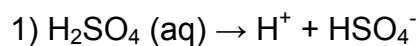
Yleisesti sadeveden pH- arvo on noin 5 - 6. Happamuuteen vaikuttavat yleisesti luonnon omat tekijät, mutta sadeveden pH on ihmisen toiminnan vuoksi huomattavasti tätä alhaisempi. Joillakin alueilla muun muassa Yhdysvaltojen pohjoisosissa, Kanadan eteläosissa ja Keski-Euroopassa on mitattu, että pH on ollut jopa 4 - 3.5. Alle viiden pH-arvon sadevettä kutsutaan haposateeksi. Happaman sateen vaikutus vesistöihin on kohtalokasta, koska useimmat kalalajit eivät voi elää enää vedessä, jonka pH on alle 5 (Virrankoski, Hänninen & Markkanen, 2002; Van Cleave's, 1996; Manahan, 2000).

Ihmisen aiheuttamia happamoitumista aiheuttavia tekijöitä on esimerkiksi rikkidioksidi. Yksin rikkidioksidi ei kuitenkaan lisää merkittävästi happamuutta, mutta reagoidessaan ilman hapen ja veden kanssa siitä muodostuu vähitellen rikkihappoa, H_2SO_4 . Rikkihappo reagoi ensin ilman hapen kanssa muodostaen rikkiatrioksidia, jonka jälkeen rikkihappo muodostuu, kun rikkiatrioksidi liukenee veteen (Leitner, 2004; Manahan, 2000):



Rikkihappo on diproottinen happo, joka kuuluu ensimmäisen protolysointireaktionsa mukaan vahvoihin happoihin ja siksi myös liukenee hyvin veteen. Tämän takia rikkihappo lisää veden happamuutta.

Vesiliuoksessa rikkihappo voi luovuttaa kaksi vetyionia, jolloin veden pH laskee.



Toinen ihmisen aiheuttama happamuuden lisääjä on typen oksidit. Typen haittavaikutukset perustuvat siihen, että typen oksidit muuntuvat vähitellen typpihapoksi, HNO_3 , joka on luonteeltaan vahva happo ja veteen hyvin runsasliukoinen. Typpihappo on ilmakehän typpidioksidin hapettumistuote, jota muodostuu ilmaan typpioksidin hapettuessa. Typpihapon muodostumiseen vaikuttaa myös vuorokaudenaika.

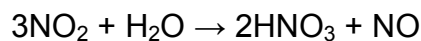
Suomen tilannetta kuvaa hyvin, se, että Suomen järvet ovat yleensä hyvin matalia ja siksi hyvin haavoittuvaisia sekä ilmasta että maasta tuleville saasteille. Puskurikapasiteettia, joka kuvaa systeemin kykyä vastustaa pH:n muutosta, tutkitaan ensimmäiseksi, kun arvioidaan, onko järvi happamoitunut. Tosin järvi, jonka pH on normaali, saattaa olla jo happamoitunut, jos sen puskurikapasiteetti on jo äärimmillään (Virrankoski, Hänninen & Markkanen, 2002). Metsästä puhuttaessa merkittävin ero löytyy siitä, että havumetsien maaperän puskurikapasiteetti on kolme kertaa pienempi kuin lehtometsien. Maa-aineksen huokoisuus vaikuttaa myös puskurin toimintaan: mitä huokoisempi maa on, sitä huonompi on puskurikyky.

3.4.2 Rehevöityminen

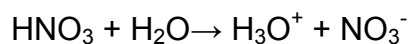
Rehevöityminen liittyy pääosiltaan myös happamoitumisen (taulukko 4, s.53) seurauksiin. Vesistöjen rehevöitymistä seuraa happamoitumisen seurauksena. Rehevöitymisen pääaiheuttajia ovat typpi- ja fosforyhdisteet. Typpeä ja fosforia esiintyy luonnossa hyvin pieninä pitoisuuksina, minkä vuoksi ne muodostavat kasvua rajoittavat tekijät alkutuotannolle. Järvien ja merien vesissä elävät planktonlevät tarvitsevat elääkseen ja lisääntyäkseen typpeä ja fosforia painosuhteessa 7:1 (Virrankoski, Hänninen & Markkanen, 2002). Kun levällä on käytettävissään seitsemän osaa typpeä ja kolme osaa

fosforia, se pystyy hyödyntämään saamastaan fosforin määrästä vain yhden osan eli typpi toimii levän toimintaa ja kasvua rajoittavana tekijänä. Toisaalta myös fosfori voi olla kasvua rajoittavan tekijänä. Suurimpia typpi- ja fosforyhdisteiden lähteitä ovat maatalouden lannoitteet, joita levitettäessä pelloille, ylimäärä joutuu aina ennen pitkää vesistöihin ja levien ravinnoksi. (Virrankoski, Hänninen & Markkanen, 2002; Manahan, 2000)

Kun fosforia ja typpeä on runsaasti, levät kasvavat ja leviävät hallitsemattomasti, jolloin myös leviä syövät pieneliöt lisääntyvät ja kuluttavat elintärkeää happea vesistöistä. Kuollessaan pieneliöt ja planktonit laskeutuvat liejuksi meren tai järven pohjaan, missä anaerobiset eliöt hajottavat niitä ja vapauttavat samalla ravintona olleen typen ja fosforin takaisin kiertoon (Virrankoski, Hänninen & Markkanen, 2002; Manahan, 2000). Rehevöityminen johtuu sekä typpeä ja fosforia ravinnoksi käyttävien pieneliöiden lisääntymisestä mutta myös siitä, että vesistön pH muuttuu typen vaikutuksesta. Typpidioksidi on pariton molekyyli eli sillä on pariton määrä elektroneja ja se pyrkii dimeroitumaan dityppitetroksidiksi N_2O_4 . Näiden aineiden kaasuseos on yleisin luonnossa, mistä typpidioksidi imeytyy helposti veteen, jolloin muodostuu typpihappoa (Kivinen & Mäkitie, 1993):



Typpihappo on puhtaana väritön neste. Vesiliuoksessa se on vahva happo ja luovuttaa helposti vetyionin. Tällöin liuoksen pH laskee ja happamuus kasvaa:



3.4.3 Päästöt

Erilaiset päästöt liittyvät nykypäivän elämään. Päästöjen luonteesta riippuvat myös happamoitumisen ja rehevöitymisen seuraukset (taulukko 4, s. 53). Tutkimusten mukaan (Toropainen, 1994) päästöistä puhutaan yleisesti mediassa paljon, mutta kouluopetuksessa niiden merkitys on liian karkea. Kouluopetuksessa pitäisi tuoda aiempaa enemmän esille mahdollisuudet

kemian avulla ratkaista myös päästöihin liittyviä kysymyksiä ja ongelmia. Erilaisista päästöistä yleensä huomataan vain liikenteen aiheuttamat päästöt kaupungissa, mutta liikenteen lisäksi suuria päästöjä aiheuttaa teollisuus. Erilaiset päästöt vaikuttavat kasvien kasvuun ja siihen millä tavalla ihminen pystyy hyödyntämään näitä kasveja myöhemmin. (Manahan, 2000)

Rikkioksidien päästöt ovat viime vuosikymmenen lopussa pienentyneet huomattavasti, mihin ovat suurelta osin vaikuttaneet ympäristön suojeleminen, tutkimus ja teknologian kehitys. Typen kohdalla pienentyminen ei ole ollut suurta, koska Suomessa suurimmiksi päästöjen aiheuttajiksi kuuluvat edelleen Suomessa liikenne ja sähkön- ja lämmöntuotanto. Maatalous on yksi suurimmista päästöjen aiheuttajista kun puhutaan vesistöihin pääsevistä tyypeistä. (Heikinaho, 2001; Leitner, 2004) Teollisuuden ja liikenteen päästöjen vähentäminen vähentäisi suurinta osaa sekä maaperään että vesistöihin kohdistuvasta saastumisesta.

Päästöistä puhuttaessa on huomioitava myös teollisuuden jätteiden oikea jälkijätösijoitus ja kierrätys. Suurimmat ympäristöä kuormittavat päästöt tulevat energian tuotannon puolelta fossiilisten polttoaineiden käytöstä, mutta ydinvoiman käytössä tulee huomioida ympäristö myös jätteiden loppusijoitus ja onnettomuusriskit. (Van Cleave's, 1996)

3.4.4 Ympäristömyrkyt ja torjunta- ja lisäaineet

Tuotannon myötä ovat kehittyneet myös erilaiset kemikaalit ja niiden myötä kemiallisten aineiden aiheuttamat ympäristön altistumiset (taulukko 4, s. 53). Yhteiskunnallisesti kemiallisten aineiden käytön kasvu on varsin nopeaa ja kemikaalien käyttöön puututaan, kun se on osoitettu haitalliseksi joko ihmiselle, luonnolle tai molemmille (Virrankoski, Hänninen & Markkanen, 2002). Ihannetilanteena olisi, että kemiallisen aineen turvallisuus osoitetaan ennen kuin sitä päästetään kulutukseen. Tähän pyritään yleisimmin lääkeaineissa, mutta muilla aloilla sitä ei arvosteta yhtä paljon. Ihmisen altistuminen tietyille myrkyille on usein kohtalokasta ja vakavaa. Tietyt bakteerit kehittävät vastustuskyvyn esimerkiksi antibiooteille vajaassa

kuukaudessa, kun vastaavaan toimenpiteeseen kuluu ihmisen keholta 30 000 vuotta. (Van Cleave's, 1996)

Torjunta- ja lisäaineilla tarkoitetaan yleensä kemikaaleja, joita käytetään tuhoeläinten ja muiden hyönteisten torjuntaan, rikkakasvien lisääntymisen estämiseen, lahoamisen ja rapautumisen estämiseen, ruuan säilymiseen ja sen parantamiseen sekä kosmeettisiin aineisiin ja niiden vaikutuksen lisäämiseen. Kahden ensimmäisen torjunta-aineen käyttäjänä kärjessä on maatalous. Torjunta- ja lisäaineiden kehitys on vähentänyt niiden suurimpia vaikutuksia ympäristöön.

3.4.5 Ilman kemia

Ilma ja kaasuteema on yksi keskeisimmistä asioista, joita pystyy hyvin liittämään oppilaan omiin kokemuksiin. Ympäristön merkitys (taulukko 4, s.53) on tärkeä osa kaasujen ja ilman opetusta. Oppilaiden tulisi oppia vastuullisiksi toimijoiksi ja opetuksen tulisi opettaa oppilaita huomioimaan ympäristöä toiminnassaan. Kuvaus ilmasta ja kaasuista ja ilmakehästä tulee yleisesti opetussuunnitelman perusteissa *aineet ympärillämme* – otsikon alla. Otsikon alla yleensä esiintyy lisäksi muita kaasuja, eli opetuksessa tutustutaan ilmakehän kaasuihin ja niiden kemiallisiin ominaisuuksiin ja merkitykseen ja itse ilmakehän merkitykseen elämän ylläpitäjänä (POPS, 2004). Ilman tilavuudesta 78 % on typpeä (N_2), happea (O_2) on 21 % ja muita kaasuja, kuten hiilidioksidia (CO_2), vesihöyryä ja eri jalokaasuja on yhteensä alle 1 %. (Arjanne, Heinonen & Palosaari, 2003)

Ilman ominaisuuksista puhuttaessa aloitetaan usein oppilaiden aikaisemmista tiedoista ja kokemuksista. Jokapäiväiseen elämään liittyvät aiheet ovat tärkeitä seikkoja opetuksessa, kuten hengitys ja aistit. Luonnossa ilma ei koskaan ole "puhdasta ja kuivaa". Se sisältää aina vesihöyryä ja kiinteitä hiukkasia. Ilman kosteuden, lämpötilan ja paineen vaihtelut näkyvät säätilan vaihteluina. Ilma-teemaan sisältyy myös muutamia näkökulmia ilmakehään, sen merkitykseen ja sitä vaivaaviin ongelmiin. Jokainen hengenveto tuo keuhkoihin paitsi välttämätöntä happea, myös paljon muuta ympäröivään

ilmaan sisältyvää ainetta. Eräs tärkeä näkökulma ilmasteemaan on ilman laatu ja siihen vaikuttavat tekijät ulkona ja sisätiloissa niin kotona kuin työpaikoillakin (Arjanne, Heinonen & Palosaari, 2003). Ilmakehä ympäröi maata yli 500 kilometrin korkeudelle saakka ja mahdollistaa elämän maapallolla. Ilmakehä on jatkuvassa muutoksessa. Ilmakehään joutuu sekä luonnollisesti että ihmisten toimien takia erilaisia jopa myrkyllisiä kaasuja. Luonnossa tapahtuvien muutoksien, kuten tulivuorenpurkauksien ja metsäpalojen seurauksena ilmakehään joutuu paljon erilaisia kaasuja. Ilmakehä "sietää" hyvin näitä kaasuja, mutta ei rajattomasti. (Manahan, 2000)

4. KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA

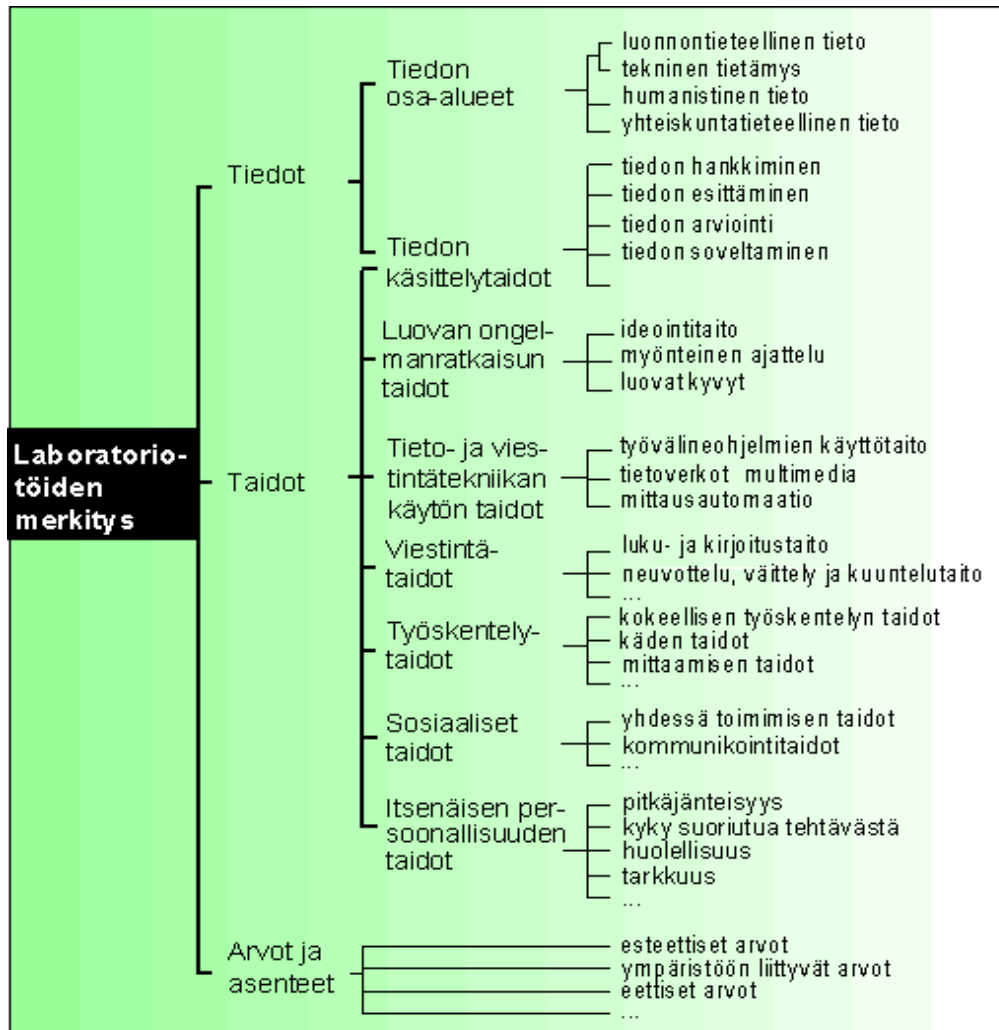
Yritä ensin ymmärtää yksinkertaisia asioita – aina suoraan ja rehellisesti. Mikä pitää pilvet taivaalla, miksi emme näe tähtiä päivällä, miksi öljyiseen veteen ilmestyy värejä, mistä johtuvat vedenpinnan kuviot sitä kannusta kaataessasi, miksi kattolamppu heiluu – ja kaikkia muita lukemattomia pikkuseikkoja ympärilläsi. Kun olet oppinut oikean selityksen näihin, voit edetä hienosyisempiin kysymyksiin.

(Feynman, R. P. 1967, kirje intialaiselle haastattelijalle: ”What we are talking about is real and at hand: Nature.”)

Kaikki luonnontieteet ovat kyselemistä, selitysten etsimistä ja tutkimista kysymysten ja omien havaintojen pohjalta. Luonnontieteiden oppiminen on prosessi, jossa kysellään, havainnoidaan, koetaan, pohditaan, tutkitaan, tehdään ja tulkitaan. Ympäristöopissa ja kemiassa pitäisi lähteä liikkeelle lapsen välittömästä havaitsemasta ja tutuista lähiympäristön ilmiöistä (Dewey: Kallonen – Rönkkö, 1996). Kokeellinen lähestymistapa on osa prosessia, jossa etsitään vastauksia, sillä antiikin ajan kemian tutkijat työskentelivät itse kokeilemalla.

Kokeellisuus on tärkeä osa kemian opetusta. Kemia on kokeellinen luonnontiede, jonka luonteeseen kuuluu erilaisten ilmiöiden tutkiminen, hypoteesien ja havaintojen tekeminen ja havaintojen johtopäätösten tekeminen. Ilman kokeellisuutta, ei ole olemassa myöskään elävää kemiaa tieteenä (Aksela, Laitalainen, Mäkelä & Virkkala, 1996). Opetussuunnitelman perusteissa sanotaan:

"Oppilas oppii tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita, joissa selvitetään ilmiöiden, eliöiden, aineiden ja kappaleiden ominaisuuksia sekä niiden välisiä riippuvuuksia" (POPS, 2004).



Kuva 1. Laboratoriotöiden merkitykset: eriteltynä koko oppilaan persoonallisuuden kehittyminen laboratoriotöissä (Kokeelliset työtavat: <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/index.htm>)

Kokeellisissa laboratoriotöissä korostuvat tiedot, taidot ja asenteet. Näistä eniten painoa on taidoilla, joihin sisältyy myös oppilaan sosiaaliset, työskentely ja itsenäisen persoonallisuuden taidot, jotka muovaavat kokonaisuudessaan oppimisprosessia (kuva 1). Oppiminen on oppilaan oma oppimisprosessi, jossa opettavan asian ymmärtäminen ja omaksuminen ovat mukana. Tietoa ei voida vain siirtää ihmiseltä toiselle, opettajalta oppilaalle, vaan jokainen oppija muodostaa oman tietorakenteensa, joka pohjautuu aikaisemmille tiedoille, kokemuksille, ja mielikuville (Mannila, 2000; Bardy, Aaltonen, Lepon & Sandelin, 1994). Opetuksen kokeellisuudessa korostuu opetus-oppimistapahtuman prosessinomainen luonne. Oppiminen on konstruktivistista toimintaa, jossa oppilas konstruoi havainnoimalla, lukemalla, keskustelemalla uutta tietoa. Modernin oppimiskäsityksen mukaan tietoa ei siirry opettajalta oppilaalle, vaan oppilas konstruoi sen itse.

Kokeellisen työskentelyn tärkeyttä voi perustella luonnontieteiden käsitteiden ja periaatteiden omaksumisella, oppimaan oppimisella, taitojen, kuten sosiaalisten, harjaantumisella ja koko oppilaan persoonallisuuden kehittymisellä. Kun opetuksen tavoitteena on oppilaiden luonnontieteellisen ajattelun, käsitteiden, taitojen ja prosessien kehittäminen, opetuksessa tulee erilaisten ympäristön ilmiöiden ymmärtämiseksi olla esillä kokeellinen työskentely. Tässä oppimisympäristön vaikutus on suuri. Oppimisympäristön tulee luoda virikkeitä toiminnalliseen työskentelyyn, ja sen on tarjottava lapselle mahdollisuus ja välineet etsiä vastauksia kysymyksiinsä. Tekemällä, kokeilemalla ja havaitsemalla oppilas oppii yleensä itselleen mieluisalla tavalla. Kokeellisuutta on se, että, oppilas tutustuu ilmiöön tekemällä itse tutkimuksia ja suorittamalla mittauksia siihen liittyen (Kallonen - Rönkkö, 1996).

Maija Ahtee (1995) on tutkinut alakoulun luonnontiedon opetusta ja hänen mielestään oppiminen keskittyy usein liian kapealle kujalle, kuten "vähän kukkia ja eläimiä" ja muuta "mukavaa". Tällöin luonnontieteellinen ajattelu ja prosessien ymmärtäminen jäävät helposti pintapuoliseksi "*puuhasteluksi*" (Sahlman, 1995). Tutkimusten tulisi olla tutustumista ympäristöstä peräisin olevaan konkreettiseen työhön ja ilmiöihin. Tärkeimpänä asiana kokeellisuudessa on alaluokkien puolella muistettava työturvallisuus, vaikka työt eivät usein liitykään vaarallisiin aineisiin tai reaktioihin. Oppilailla on siten helppo ja turvallinen olo työskennellä, eikä kiinnostus oppiaineeseen katoa tai vaurioidu.

Hyvin usein ajatellaan, että työskentely palkitsee tekijänsä ja näin on myös kokeellisessa kemian opetuksessa. Oppilaiden ennakkotiedot ja lähtötaso on selvitettävä ennen tavoitteellista kokeellisuuden aloittamista. Työskentelyn tulee olla aina suunniteltua, järjestelmällistä, ja jo ensimmäisestä kerrasta lähtien itsestään selvien asioiden toistaminen on turhaa.

Mielekkääseen oppimiseen pyritään liittämällä havainnot oppilaan aikaisempiin kokemuksiin ja tietoihin asiasta. Jos oppilaiden aikaisemmat tiedot ovat ristiriidassa uuden tiedon kanssa, heillä on mahdollisuus

konkreettisesti korjata käsityksiään luonnontieteellisen ajattelun mukaisiksi, eivätkä virheelliset käsitykset toimi oppimisen esteenä vaan vievät sitä eteenpäin (Mannila, 2000).

Kokeellisuudesta voidaan eritellä kolme - viisi eri astetta, sen mukaan, kuinka monta vaihetta tutkimuksen tekoon sisältyy. Havaintojen tekeminen, tutkimukselliset kokeilut, kontrolloidut kokeet, kokeelliset tutkimusprojektit ja empiiriset kertomukset eli tuloksien ja johtopäätöksien esittäminen ja analysointi ovat tutkimuksen tekemiseen liittyviä asteita (Mannila, 2000; Aksela & Lumivaara, 2002). Luonnontieteellisen oppimisen lähtökohtana ovat luonnon ilmiöt ja niistä tehtävät monipuoliset havainnot, joten opetuksen suunta tulee valita lähtökohtien mukaan eli oppilaita lähellä olevista ympäristön ilmiöistä, kuten vedestä ja ilmasta.

Havaintojen tekeminen on tärkeää ymmärtämisen ja asian omaksumisen kannalta, joten oppilailla tulee olla riittävästi aikaa havainnoida ja pohtia havaintojaan. Opettajan tulee seurata oppilaiden havaintojen kehittymistä ja kiinnittymistä esimerkiksi esittämällä kysymyksiä ja ohjaamalla heitä monipuolisuuteen havaintojensa jäsentämisessä ja järjestämisessä (Ahtee, Kankaanrinta & Virtanen 1995). Havaintojen tekeminen ei ole vain ensimmäisten luonnontiedon tuntien perusta, vaan opettajan tulisi pyrkiä ohjaamaan oppilaita havainnoimaan myös peruskoulun ylemmillä luokilla, sillä vaikka oppilaat ovat jo ennen kouluun tuloaan muodostaneet erilaisia käsityksiä ja selityksiä arkipäivän ilmiöille, niin he jatkavat havaintojen ja oman tietomaailman jäsentämistä myöhemmässä elämässään. (Millar, 2004)

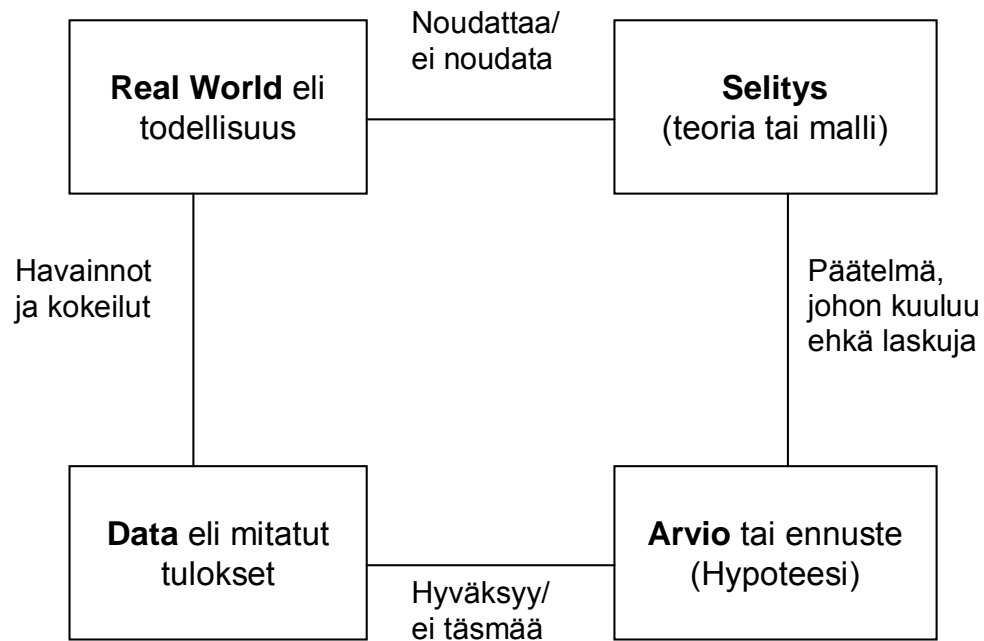
Oppimisen kannalta on tärkeää, että kokeellisen tutkimuksen tekemiseen kuuluu johtopäätöksien tekeminen. Johtopäätöksiin on hyvä liittää myös havaintojen luotettavuus ja pohdinta havaintoihin mahdollisesti vaikuttaneista tekijöistä ja tilanteista. Pelkkä havaitseminen ei riitä ajattelun kehittämiseen, ilmiöiden selittämiseen, syvälliseen ymmärtämiseen ja omaksumiseen, vaan tiettyjen havaintojen pohjalta syntyneet mielikuvat herättävät usein lisää kysymyksiä ja luovat odotuksia, joiden tarkistamiseksi, demonstroimiseksi ja hahmottamiseksi toteutetaan kokeellisia tutkimuksellisia kokeiluja (Mannila,

2000). Kontrolloitujen kokeiden tarkoituksena on toistaminen ja selvitys siitä, mitkä tekijät vaikuttavat havaittuun ilmiöön.

Kokeelliseen työhön liittyy oleellisena osana valmisteluvaihe tai tutkailuvaihe (Ahtee, Kankaanrinta & Virtanen 1995), jossa tutustutaan tutkittavaan aiheeseen ja kerätään siihen liittyvää tietoa. Tähän vaiheeseen liittyy suurelta osin valmiiden havaintojen pohtiminen ja niiden oikeellisuuden ymmärtäminen. Valmisteluvaiheen jälkeen tulee suunnitteluvaihe, jolloin pohditaan sitä, miten koe olisi parasta suorittaa: mitä välineitä, mitä mittauksia ja muita sellaisia, joita työssä käytetään. Kun koe suunnitellaan huolellisesti, on mahdollisuus kerätä tietoa ilmiöstä ja arvioida omia käsityksiään ja lähestyä paremmin ongelmaa. Suunnitteluvaiheesta siirrytään mittausten tekemiseen, jolloin suorituksen aikana tehdään muistiinpanoja ja raportoidaan kokeen tulokset johtopäätöksineen. Yksi koe ei yleensä riitä vakuuttamaan tutkijaa, vaan samaa ilmiötä on tutkittava uudelleen eri tilanteessa (Mannila, 2000).

Tutkimusten mukaan (Millar, 2004) oppilaille tulee yleensä virheitä tuloksien taulukonnissa ja raportoinnissa. Virheet johtuvat usein datan eli kokeen tuloksien ja selitysten välisistä ristiriidoista tai suhteista näiden kahden välillä. Selitykset saattavat joskus olla eri linjoilla kuin saadut tulokset, joten ongelma tulee selitysten ja tulosten eron ymmärtämisessä. Valmiin suorituksen ja johtopäätösten jälkeen arvioidaan kokeen onnistumista ja mietitään, pitäisikö jotain kokeen osaa muuttaa, ja tarvittaessa palataan suunnitteluvaiheeseen.

Kokeellisuuden haasteisiin ja sen ymmärtämiseen, miksi kokeellista työskentelyä harjoitetaan kuuluvat tärkeinä osina tiedon kerääminen, kokeen tekeminen, mittausten tekeminen ja tietojen yhdistäminen selityksiin ja todellisuuteen. Suoraa kulkua mitatusta tiedosta eli datasta selitykseen ja todellisuuteen ei ole, mutta oppilaille täytyy selittää konkreettisesti, mikä ero mittauksilla, saadulla datalla ja ympäröivällä maailmalla ja sen selityksillä on. Tätä kuvaa ehkä parhaiten seuraava kaavio (kuva 2):



Kuva 2. Malli luonnontieteellisen tutkimuksen osien suhteista (Millar, 2004)

4.1 Kokeelliset työt

Kokeellisuutta voidaan lasten opetuksessa tehdä oppilastöinä tai demonstraatioina. Opettajan tekemä demonstraatio on myös tutkimus ja eräs lähestymistapa kemian ilmiöihin ja niiden ominaisuuksiin. Demonstraatio voidaan oikeammin määritellä vuorovaikutusprosessiksi, johon kuuluvat suurina vaikuttajina opettaja, joka on esittäjä, ja oppilaat eli havainnoitsijat. Jos jompikumpi puuttuu, ei ole kunnan kokeellista työskentelyä tai demonstraatiota

Asioita havainnoidaan ja havainnollistetaan monesti hyvin eri tavoin. Kokeelliset työt keskittyvät havainnoinnin tai todistamisen hyödyntämiseen tai ne voivat olla induktiivisia (Kanerva, Lampiselkä, Karkela & Ojala, 2004), jolloin oppilaille annetaan kysymys, johon yhdessä etsitään vastausta, eikä vastausta anneta valmiina. Tämäntyyppinen havainnointi auttaa tutkimuksellista lähestymistapaa, jossa oppilaat analysoivat ja tekevät itse hypoteeseja ja ehdotuksia ja asia on arvoitus ennen kokeen suorittamista. Induktiivinen koe tai kokeellinen tutkimus herättää oppilaan ajattelemaan ja tutkimaan luonnonilmiötä. Näin pysytään kehittämään oppilaan ajattelutaitoa,

mutta samalla opettaja voi oppilaiden vastauksien perusteella arvioida sekä oppilaita että varmistaa, että oppilaat ovat ymmärtäneet luonnonilmiön ja sen teoreettisen perustan välisen yhteyden.

Demonstraatioita voidaan käyttää moneen tarkoitukseen. Esimerkiksi oppilaiden motivaation nostamiseksi, oppilaiden kriittisen ajattelun, ongelmanratkaisukyvyyn ja luovan ajattelun kehittämiseksi ja tavaksi todistaa jokin luonnonilmiön olemassa olo, jolloin oppilaat näkevät tapahtuman omin silmin. Demonstraatioiden käyttöä opetuksessa voi perustella muun muassa materiaalikustannuksilla, laitteiden ja reagenssien saatavuudella, ja ajan säästöllä.

Demonstraatiotyön voi suorittaa pelkästään opettaja tai oppilas opettajan johdolla, oppilas itsenäisesti tai kokonainen oppilasryhmä muulle luokalle. Lisäksi demonstraation voi suorittaa joku täysin ulkopuolinen vierailija. Demonstraation tekemisessä on huomioitava raportointi. Työ ei saa jäädä yksittäiseksi show'ksi, vaan työn raportointi on yhtä tärkeää kuin oppilastyössä. Demonstraation tai kokeellisen tutkimustyön lopussa voi sopivaksi pohdinnaksi jättää myös kysymykset, entä jos.. tai mitä tapahtuisi, jos...?

4.2 Mikrokemia

4.2.1 Mikrokemian historiaa

Mikrokemian (eng. Microscale Chemistry) voidaan katsoa alkaneeksi vuonna 1910, kun kokeellisia töitä lähdettiin soveltamaan pienempään mittaskaalaan. Vuonna 1911 F. Emich kirjoitti myös mikrokemian alusta kirjan, joka oli nimeltään *Lehrbuch der Mikrochemie*. Kaupalliseen käyttöön mikrokemia tuli vasta vuonna 1931 Bellin laboratoriosta. Vuonna 1933 USA:ssa perustettu Merrimack College, National Microscale Chemistry Center (NMC2) tutki mikrokemian mahdollisuuksia myös pitkän aikaa, ja aluksi mikrokemia suuntautui pelkästään orgaanisen kemian alalle.

Myöhemmin sitä alettiin suunnata opetukseen ja myös muille kemian aloille, kuten epäorgaaniseen, analyttiseen ja ympäristökemiaan. Nykyisin mikrokemia on saanut lisäksi vihreän kemian ja kestävä kehityksen ideat ja se on suuntautunut aiempaa enemmän käytännön tasolle. (Singh Szafran & Pike, 1999; Singh, Szafran & Pike, 1996)

Mikrokemian perustaja F. Emich määrittä mikrokemian hyvin laajana sekä analyttisenä että preparatiivisena työskentelynä hyvin pienillä ainemäärillä. Sitä, kuinka pieniä tai suuria määriä mikrokemialla tarkoitetaan, ei ole kirjaimellisesti määritelty, mutta käytännöllinen preparatiivinen mikrokemia on yleensä milligrammojen ja analyttinen mikrokemia mikrogrammojen suuruusluokissa työskentelyä. Mikrokemialla ei ole ollut varsinaista valtakautta, mutta siitä innostuttiin eri puolilla maailmaa hiukan erilaisista syistä, kuten tutkimuksen laajenemisen myötä. (Aksela, Laitalainen, Mäkelä & Virkkala 1996; Singh, Szafran & Pike, 1999)

Vuoden 1970 jälkeen mikrokemiaa alettiin soveltaa myös opetukseen ja tutkimus laajeni kattamaan myös synteettistä mikrokemiaa. Synteettinen mikrokemia ei ollut uusi 1980-luvun alussa, mutta vasta tällöin mikrokemian hyödyksi ja positiiviseksi puoleksi alettiin laskea myös ympäristöajattelu. Tämä ympäristöön suuntautuva näkökulma antoi motivaatiota arvioida laboratorioden ja nimenomaan opetuslaboratorioden kustannuksia ja niiden käyttötarkoituksia ja mahdollisuuksia hyödyntää mikrokemiaa. Moderni synteettinen mikrokemia syntyi myöhemmin 1980-luvun lopulla Yhdysvalloissa, missä Ronald M. Pike oli tehnyt pitkän aikaa tutkimusta mikrokemian työskentelystä ja sen mahdollisuuksista. (Aksela, Laitalainen, Mäkelä & Virkkala, 1996)

Nykyisin voidaan katsoa olevan kaksi erilaista koulukuntaa tai opetusaineistoa ja tietoa mikrokemiasta tarjoavaa koulua. Ensimmäistä edustaa Merrick Collegen ohella Suomessa Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, jossa on mikrokemiaan erikoistunut laboratorio, joka tarjoaa kursseja opettajille Kokkolassa, toisen koulukunnan edustus sijaitsee ulkomailta muun muassa Itävallassa Viktor Obendraufissa, Ruotsissa Christer Gruvbergissä ja Englannissa John Skinnerissä. Suomessa

mikrokemia kouluopetukseen on tullut vuonna 1992. Jyväskylän yliopisto on jo useamman vuoden ajan erikoistunut järjestämään erilaisia mikrokemian kursseja opettajille ja opiskelijoille. (Lampiselkä & Vuolle, 2001)

4.2.2 Mikrokemia opetuksessa

Kemia on tiede, joka tutkii ympärillämme tapahtuvia kemiallisia ilmiöitä, joiden tehostamiseksi, tutkimiseksi ja demonstroimiseksi tarvitaan usein myös kemikaaleja ja kemiallisia aineita. Tästä syystä pienillä ainemäärillä työskentelyyn on opeteltava mahdollisimman varhain. Vihreän kemian peruslähtökohta tulee mikrokemian avulla selville jo koeputkikemian avulla (Singh, Szafran & Pike, 1999).

Siirryttäessä makroskaalasta mikroskaalaan eli vallitsevasta gramma-mittakaavasta preparatiiviseen milligramma-mittakaavaan, myös välineistön tulee suhteutua uuteen mittakaavaan. Tämä ei onnistu pelkästään välineistön miniatyyrisoinnilla, vaan mikrokemian on mahdollistettava kokeista samantasoinen saanto kuin gramma-mittakaavassa suoritettulla kokeella saadaan. (Singh, Szafran & Pike, 1999)

Mikrokemian pääidea ja sen mahdollisuudet löytyvät pienillä ainemäärillä tehtävästä työskentelystä johtuvista pienistä jätemääristä, ajan säästöstä, turvallisesta työskentelystä, ja vihreän kemian soveltamisesta. Turvallinen työskentely on peruskoulun 5. ja 6. luokan kemian opetuksen lähtökohtana.

Pienillä ainemäärillä työskentely kehittää myös oppilaiden motoriikkaa ja persoonallisuutta. Työskentely vaatii käden taitoja, jotka kehittyvät aistien havaintojen kehittymisen ohella. Pienillä välineillä ja määrillä työskentelyn voi kiteyttää myös seuraavaan: "Smaller is safer" (Singh, Szafran & Pike, 1999; Hungerford, 1998).

Opetussuunnitelman perusteiden tavoitteissa mainitaan, että *oppilas osaa tehdä yksinkertaisia kokeita, esimerkiksi tutkia, mitkä tekijät vaikuttavat kiinteän aineen liukenemiseen (POPS, 2004)*. Tämä yksinkertaisten kokeiden määritelmä kattaa mahdollisuuden myös pienillä ainemäärillä suoritettavaan

tutkimukseen. Tutkimus, johon sisällytetään ympäristön huomioiminen, luo mahdollisuuden käyttää mikrokemiaa.

Mikrokemian käyttömahdollisuuksissa tulee huomioida erityinen huolellisuus prosessin kaikissa vaiheissa. Yleisesti mikrokemian synteesin vaiheet ovat, reaktiovaihe, eristys, puhdistus ja analysointi. Näistä eristysvaihe on hankalin ja eniten huolellisuutta vaativa. Mikrokemian kaikkien vaiheiden kemikaalien tulee laboratorio-olosuhteissa olla mahdollisimman puhtaita, ja punnitseminen on eräs tärkeimmistä kemikaalien keräämisvaiheista. Aineen häviämättömyyden laki pätee myös mikrokemiassa, mutta tuotteen talteen saaminen vaatii enemmän kuin makroskaalassa olevilla tuotteilla.

Mikrokemian vaatimukset ja kriittisimmät kohdat laboratoriossa voidaan luokitella seuraavasti:

- välineistön ja tekniikan on mahdollistettava samantasoinen saanto ja laatu kuin makroskaalan kemiassa
- huolellisuus ja tarkkuus
- kemikaalien puhtaus
- punnitukset suoraan reaktioastiaan tai liuottimen avulla
- liuottimet tislattuja
- kvantitatiivinen eristys vaikein työvaihe.

Näistä kaksi ensimmäistä tulee ottaa erityisesti huomioon myös kouluopetuksessa, mutta yleisesti peruskoulun kemian opetuksessa kemikaalien puhtaudesta ei voida olla täysin varmoja, eikä liuottimia pidä välttämättä tislata. Peruskoulun kokeellisissa töissä saanto ja puhtaus ovat toissijaisempia asioita kuin laboratoriossa.

Mikrokemian laboratoriossa työskenneltäessä tulee ottaa huomioon samat turvallisuustekijät kuin makroskaalassa työskenneltäessä. Vaikka materiaaliset vahingot voivat olla hyvin pieniä tai jopa olemattomia, ovat ihmisen kannalta olemassa olevat riskit edelleen voimassa, ainakin teoreettisina. Turvallinen, huolellinen ja siisti työskentely kuuluu niin tavalliseen kuin mikrokemialliseen laboratorioon, myös koululaboratorioon.

Mikrokemian työskentelyn voidaan katsoa liittyvän kolmen R:n sääntöön (Singh, Szafran & Pike, 1999) Reduce, Reclaim, Recycle. Suomeksi saman voi käsittää kolmen P:n säännöksi Pientää, Parantaa (lunastaa) ja Palauttaa takaisin kiertoon (kierrättää). Tähän tavoitteeseen pyritään ympäristökemian alalla. Tavoitteena on pienentää jätteiden määrää ja pienentää saasteita aiheuttavia lähteitä ja niiden käyttöä, edistää ympäristöstä huolehtimista ja parantaa mahdollisten kemiallisten prosessien kulkua vaarattomampaan ja ympäristöystävällisempään suuntaan, sekä kierrättää mahdollisuuksien mukaan asioita, esineitä, ja palveluita kiertokulussa eteenpäin. Kaikki asiat eivät kuulu tai mene itsestään takaisin luontoon. (Hjeresen, Schutt & Boese, 2000; Cleave's, 1996; Singh, Szafran & Pike, 1999)

Mikrokemian kokeellisista töistä voidaan erottaa omaksi osaksi kromatografia, joka tarjoaa mikrokemialle valmiit mahdollisuudet työskentelyyn pienillä ainemäärillä, kun aineesta halutaan erottaa pienempiä osia. Kromatografiassa pystytään seoksesta erottamaan erilaiset yhdisteet ja komponentit niiden liikkuvuuden avulla, kun tutkitaan niiden jakautumista liikkuvan ja pysyvän faasin välillä. (Lampiselkä & Vuolle, 2002)

Mikroskooppi on myös yksi mikrokemian laboratorion visualisointivälineistä, jota pystytään hyvin käyttämään hyödyksi tulosten tarkastelussa. Toinen tärkeä mikrokemian käyttökohde kokeellisessa työskentelyssä on kennolevyn käyttö. Monet suuremmissa mittakaavassa tehtävät työt pystytään siirtämään mikroskaalaan kennolevyllä työskenneltäessä. Mikrokemian välineistössä kennolevy korvaa melkein aina tavallisen koeputken, keittopullon tai vastaavan avoimen reaktioastian. Pienimpiä koeputkia käytetään tosin myös yleensä yksinkertaisemmissa kokeissa.

Mikrokemian käytössä voidaan käyttää myös demonstraation kaltaista lähestymistapaa. Vaikka mikrokemian työskentely tapahtuu pienemmässä mittakaavassa, voidaan työskentely esittää opettajan johdolla. Esimerkiksi kromatografia ja kennolevyn käyttö sopivat hyvin demonstraatiotyöhön. Tällöin tärkeintä työssä on se, että kaikki oppilaat näkevät ja pystyvät näin tekemään havaintonsa. Kaikki mikrokemian mahdollisuuksista toteutuvat

demonstraatiota käytettäessä. Tällöin myös ajatellaan ympäristöä ja sen vaikutusta vielä paremmin kuin aiemmin. (Singh, Szafran & Pike, 1995)

Mikrokemian avulla pystytään myös demonstroimaan erilaisten puskuriliuosten kykyjä. Monet biologisesti, lääketieteellisesti ja ympäristön kannalta tärkeät kemialliset prosessit tapahtuvat yleensä vesiliuoksessa ja vaativat tällöin vakaata pH:ta. Useilla luonnon systeemeillä, kuten vesistöillä, merivedellä ja verellä, on puskurikapasiteetti, jonka avulla ne pystyvät vastustamaan jonkin verran liuoksen tai näytteen happamuuden muuttumista. Kemiassa suuren puskurikapasiteetin omaavia liuoksia kutsutaan puskuriliuoksiksi (Lampiselkä & Vuolle, 2003; Manahan, 2000). Niiden tarkoitus on vastustaa pH:n muuttumista, kun liuokseen lisätään pieniä määriä joko vahvaa happoa tai emästä. Hapan puskuriliuos koostuu heikosta haposta ja sen liittoemäksestä. Puskuriliuosten avulla pystytään opetuksessa tarkastelemaan ympäristön ominaisuuksia tai tapahtumia, joita ei luonnossa välttämättä paljain silmin pystytä havaitsemaan. (Singh, Szafran & Pike, 1999)

Mikrokemian saavutuksia voidaan tarkastella yksinkertaisella kokeella myös aiheena ”tippa tipan jälkeen”, eli kuinka suuri pipetin pisara on. Tähän tutkimukseen pystytään soveltamaan melkein mitä tahansa kokeellista työtä, jonka lähtökohtana on pisara (Asunta & Little, 1995). Mikrokemian perusta, pieni ainemäärä, on pisarassa parhaiten esillä. Pisan kulku ja suuruus erilaisissa tutkimuksissa voi olla hyvin merkittävä, siksi mikrokemiassa korostuu huolellinen työskentely ja tarkkaavaisuus.

5. TUTKIMUS

5.1 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Maailmalla on jo pitemmän aikaa ollut meneillään erilaisia opetuksen kehittämishankkeita, joiden lähtökohtana on kehittää nimenomaan kemian opetusta ja kokeellisen työskentelyn käytön lisäämistä pienimmistä oppilaista lähtien (Nakedi, 2004). Tavoitteena on tuoda opetus lähelle oppilaiden omaa ajatusmaailmaa ja arkea, jolloin luonnontieteiden oppimisesta tulee prosessi, joka on sidottu koko koulu-aikaan aina peruskoulun alaluokilta lukioon ja yliopistoon saakka. Opetussuunnitelman perusteissa nostetaan esille tärkeänä tekijänä myös kokeellinen lähestymistapa tarkasteltaviin ilmiöihin. Tässä tutkimuksessa lähdettiin liikkeelle näistä tavoitteista.

Kemian opetus tulisi liittää oppilaan omiin kokemuksiin, ajatuksiin ja mielikuviin. Ympäröivä luonto on konkreettinen, ilmiöitä täynnä oleva systeemi, jonka tutkimisessa lähdetään liikkeelle havainnoista ja kokemuksista. Tutkimuksessa otettiin esiin ajatus vihreästä kemiasta, ympäristökasvatuksesta ja mahdollisuudesta toisenlaiseen työskentelytapaan, joka huomioidaan, kun tutkitaan elinympäristömme ilmiöitä. Ympäristön kokeellisessa tutkimisessa halutaan toimia ympäristöä suojellen, eli tutkimukset tehdään pienemmässä mittakaavassa ja tutustutaan mikrokemiaan.

Tutkimuksen suorittamiseksi ensiksi kartoitettiin aikaisempia tutkimuksia siitä, minkälaiset mielikuvat luokanopettajilla on yleisesti kemian opetuksesta. Tämän jälkeen siirryttiin suunnittelemaan opetuspakettia kemian opetuksen tueksi peruskoulun alaluokkien kemian opetukseen (taulukko 4, s. 53). Opetuspaketin kokeellisten töiden mahdollisuuksien ja toimivuuden takia järjestettiin pääkaupunkiseudun peruskoulun tiloissa luokanopettajille koulutus, jossa pyrittiin tuomaan esille ympäristökemiaan ja mikrokemiaan liittyviä kokeellisia töitä ja esittämään malleja opetuksen tueksi aiheesta. Lisäksi pyrittiin kertomaan, kuinka kokeelliset työt pystyttäisiin linkittämään tavalliseen opetukseen lähtien liikkeelle oppilaiden omista lähtökohdista,

kokemuksista ja mielikuvista. Liite 3 sisältää kyseisen opetuspaketin ja liite 1 koulutuksen järjestämiseen liittyvistä asioista. Tutkimuksen rajauksessa keskityttiin siihen, kuinka moni kyseisen koulun luokanopettajista tai luokanopettajaharjoittelijoista pystyisi osallistumaan koulutukseen. Koulutukseen osallistui kaikkiaan 12 koulutettavaa, joista 3 oli luokanopettajiksi opiskelevia, jotka suorittivat omaa harjoittelujaksoaan kyseisessä koulussa. Tutkimukseen liittyvä kysely järjestettiin osana koulutusta (liite 2).

5.2 Tutkimusongelmat

Tutkimuksessa oli kolme pääongelmaa, jotka jakautuivat lisäksi alaongelmiin.

Tutkimuksen ensimmäinen pääongelma oli:

1) Minkälainen on luokanopettajien mielestä mielekäs opetusmateriaali ympäristöasioiden kokeelliseen opettamiseen?

Tähän liittyi kolme alaongelmaa:

1.1) Millaiset työt tukevat mikroskaalassa työskentelyä?

1.2) Mikä ympäristön tutkimuksissa on tärkeintä opettajan ja oppilaan kannalta?

1.3) Millä tavoin ympäristön periaatteet ovat osana kokeellisuutta?

Tutkimuksen kehittämislunne tulee esille ensimmäisessä tutkimusongelmassa, jonka tarkoituksena oli määrittää millaiset kokeelliset tutkimukset ympäristöaiheista tukevat oppilaan oppimisprosessia ja kehittymistä luokanopettajien näkökulmasta. Keskeisenä osana ympäristön tutkimuksiin liittyy ympäristön ehtojen mukaan työskenteleminen. Elinympäristömme muuttuu sekä luonnollisesti että myös ihmisten toiminnan kautta. Vihreän kemian ja ympäristökasvatuksen tuominen opetukseen on tärkeää, koska nykypäivän oppilaat ovat tulevaisuuden päättäjiä ympäristöä koskevien ongelmien ratkaisemisessa ja ympäristöä koskevien päätöksien teossa.

Kestävän kehityksen periaatteissa on esitetty ajatus siitä, ettei ympäristöä kuormitettaisi enää nykyistä enempää, vaan olemassa oleville ongelmille pyritään löytämään ratkaisuja. Tähän kuormittamiseen pystytään opetuksessa tutustumaan mikrokemian avulla, kun pudotetaan kemiallisten prosessien aineiden määrät pienempään tilavuuteen ja käytetään vähemmän ympäristöä saastuttavia tai myrkyllisiä aineita prosesseissa niin lähtöaineina kuin mahdollisissa lopputuotteissa.

Ympäristön huomioiminen kokeellisessa tutkimustyössä on tärkeää, koska oppilaan oppiminen lähtee liikkeelle omista havainnoista ja kokemuksista. Peruskoulun opetussuunnitelmien perusteissa mainitaan ensimmäisessä luvussa kemian ja fysiikan opiskelussa elinympäristömme kemia, joka korostaa oman ympäristön ymmärtämistä ja siitä huolehtimista.

Tutkimuksen toisessa osassa keskityttiin myös luokanopettajien mielikuviin kemian opetuksesta ja sen asemasta arkipäivään tieteenä, oppiaineena ja osana yhteiskuntaa. Tutkimuksen toinen pääongelma liittyy opettajien kemiakuvan muodostumiseen ja siihen, millä tavalla se on muuttunut. Tutkimukseen osallistuneet käsittelivät myös kemian asemaa yhteiskunnassa.

Toinen tutkimusongelma oli:

2) Minkälainen on luokanopettajien kuva kemiasta?

Sen alaongelmina tutkittiin:

2.1 Minkälainen on luokanopettajien kuva kemiasta tieteenä?

2.2 Minkälainen on luokanopettajien kuva kemiasta osana jokapäiväistä elämää?

2.3 Minkälainen on luokanopettajien kuva kemiasta tulevaisuuden ammattina?

2.4 Minkälainen on luokanopettajien kuva kemiasta oppiaineena?

Opettajien omat tiedot kemian aiheista voivat olla heidän omien kouluaikaisten kokemustensa pohjalla. Koska opettajan vaikutuksen on havaittu missä tahansa oppiaineessa vaikuttavan oppilaissa kyseessä olevasta oppiaineesta syntyviin mielikuviin, opettajien koulutukseen pitäisi

panostaa nykyistä enemmän (Sahlman, 1995; Leitner, 2004; Millar, 2004). Tämä osa tutkimuksesta keskittyy vain luokanopettajien kemiakuvan muodostumiseen.

Tutkimuksen kolmas pääongelma keskittyi kokeellisuuteen ja sen käyttöön. Tässä osassa huomioitiin myös luokanopettajien aiemmat kokemukset kokeellisuuden käytöstä, tarpeellisuudesta ja mielekkyydestä. Kokeellisuudella on aiempien tutkimusten mukaan (Lillberg, 2004; Aksela & Mikkola, 1999; Ahtee & Rikkinen, 1995) suuri merkitys oppilaiden oppimisprosessin tukijana, mutta kokeellinen työskentely tuo mukanaan vastuun kasvamisesta luokanopettajien työssä. Vastuun ja töiden lisääntyminen osaltaan tuovat omien kokemusten lisäksi myös ristiriitaisia mielikuvia kokeellisesta työskentelystä.

3) Minkälainen on kokeellisuuden osa kemian opetusta 5.-6 luokan kemian opetuksessa?

Alaongelmat:

3.1 Kuinka suuri rooli kokeellisuudella on kemian opetuksessa?

3.2 Millaiset työt tukevat kemian opetusta?

3.3 Millä tavoin ympäristö on osana kemian tutkimuksia?

Luonnontieteiden oppimisen lähtökohtana ovat luonnossa tehdyt havainnot, jotka yhdessä kokeellisten kokeilujen kanssa käynnistävät ilmiöalueen kielen luomisen prosessin. Aito oppiminen on ymmärtämistä ja edellyttää mielekkään oppimisen lisäksi oppilaan omaa aktiivista tiedon konstruointia, johon häntä ohjataan. Kokeellista työskentelyä on monenlaista, kokeellisia oppilastöitä, demonstraatioita ja muita.

5.3 Tutkimusmenetelmät

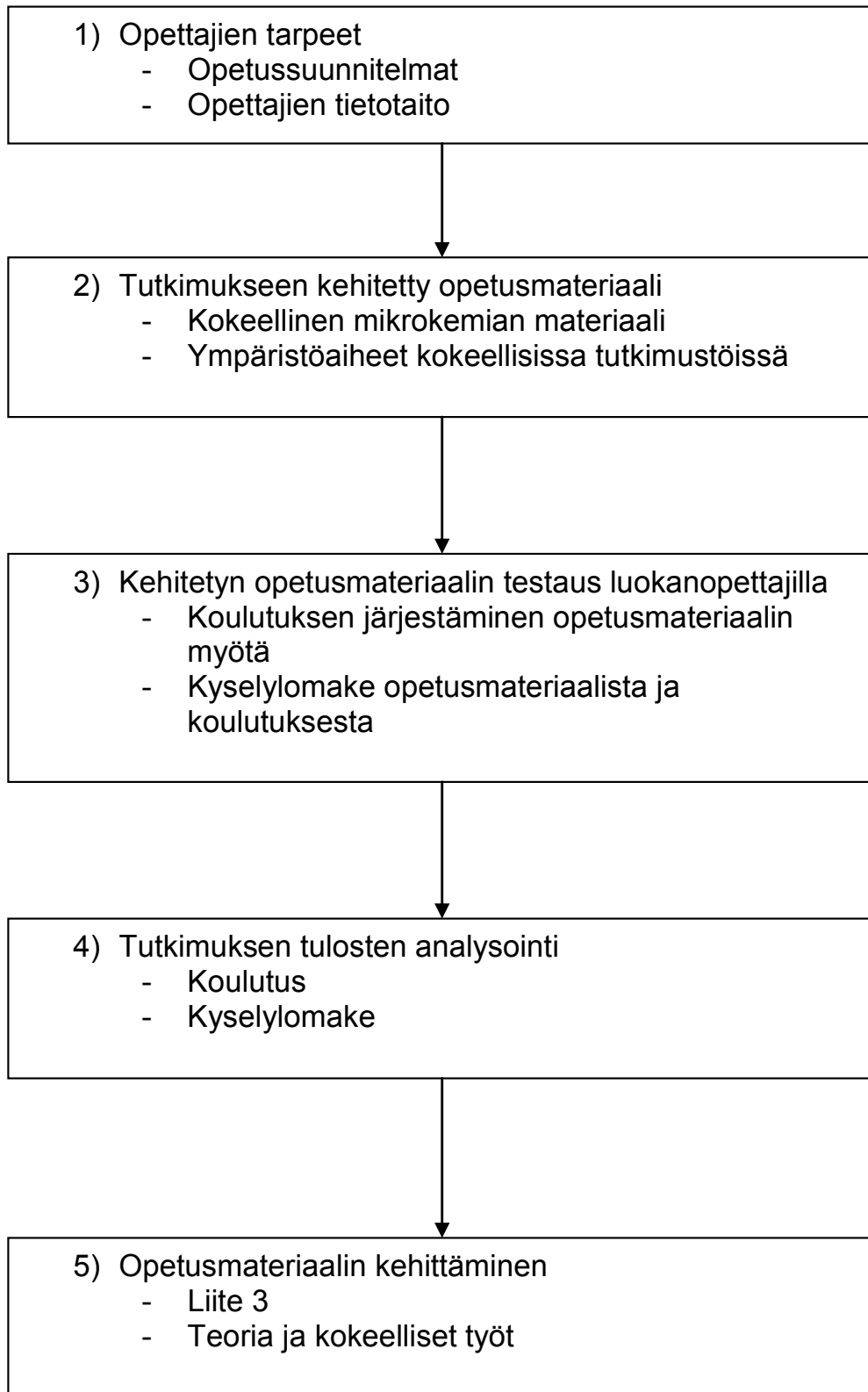
Tutkimus on kaksiosainen. Ensimmäinen osa on oppimateriaalin kehittäminen tutkimuksen pohjalta (taulukko 4, s. 53). Tutkimuksen toisessa osassa tutkittiin kyselytutkimuksella opettajien käsityksiä kemiasta tieteenä ja sen osaamisen merkityksestä tulevaisuudessa ja kokeellisuudesta.

Kehittämistutkimuksen (eng. design research) päätavoite on opetusmateriaalin kehittäminen kemian kouluopetukseen soveltuvaksi. Jotta materiaalia pystyttäisiin kehittämään subjektiivisesti, tarvitaan kyseisen asteen opettajien näkökulmaa tutkimukseen. Materiaalin kehittämiseksi järjestettiin koulutus, jossa luokanopettajat pystyivät testaamaan opetuspaketin kokeelliset työt ja arvioimaan niiden käyttömahdollisuuksia kouluopetukseen. Tulosten analysoinnin jälkeen opetusmateriaalia kehitettiin tulosten valossa paremmaksi.

Kehittämistutkimuksen lähtökohtina olivat aiemmat tutkimukset (Lillberg, 2004; Aksela & Mikkola, 1999), joiden pohjalta perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteiden mukaan lähdettiin liikkeelle luokanopettajien tämänhetkistä tarpeista. Kehitetystä opetusmateriaalissa huomioitiin myös uutena lähtökohtana mikrokemia ja vihreän kemian periaatteet, koska opetussuunnitelman perusteissa korostetaan aiempaa enemmän ympäristöasioita.

Opetusmateriaalin kehittämisessä otettiin huomioon teemat, johon tutkimus liittyi. Näiden teemojen myötä haettiin kirjallisuudesta sopivia kokeellisia töitä ja muokattiin ne sopiviksi lasten kemian opetukseen. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan tutkimuksen aihe kuuluu otsikon *Aineet ympärillämme* alle, jossa keskeisinä sisältöinä ovat (POPS, 2004): (a) ilman koostumus ja ilmakehä, (b) veden ominaisuudet ja sen merkitys luottimena, luonnonvesien tutkiminen sekä veden puhdistaminen, (c) maaperästä saatavien aineiden luokittelu sekä aineiden erotusmenetelmiä ja (d) elinympäristöön kuuluvien aineiden ja tuotteiden alkuperä, käyttö ja kierrätys sekä niiden turvallinen käyttö.

Kehittämistutkimuksen vaiheet (kuva 3) koostuvat teoriaan tutustumisesta, aiempaan kirjallisuuteen perehtymisestä, uusien perusopetuksen opetussuunnitelmien tarkastelusta ja aiheiden tarkastaminen opetussuunnitelman perusteiden mukaisiksi ja itse tutkimusosasta. Tutkimuksessa keskityttiin vain ympäristöaiheen opetukseen peruskoulun alaluokkien ja nimenomaan 5. ja 6. luokan kemian opetuksessa. Ympäristöteeman ympärille keskittyivät myös mikrokemia ja sen tuomat mahdollisuudet. Nämä tulivat luonnostaan esille, kun puhuttiin ympäristökemiasta ja vihreästä kemiasta.



Kuva 3. Eri vaiheet kehittämistutkimuksessa

Ennen opetusmateriaalin kehittämistä loppuun, kokeelliset työt testattiin, ja niitä tutkittiin luokanopettajien näkökulmasta koulutuksessa. Koulutukseen osallistui 12 luokanopettajaa. Koulutustilaisuus järjestettiin pääkaupunkiseudun koulun tiloissa. Koulutuksen runko sisälsi liitteessä 1 mainitut seikat eli alustavan johdannon koulutuksen sisältöön, tarkemman yhteenvedon mikrokemiasta ja ympäristökemiasta, kokeellisen osuuden, jossa opettajat pääsivät kokeilemaan aiheiden töitä, myös kyselylomakkeen täyttämiseen oli varattu aikaa.

Tutkimuksen tarkoitus oli kehittää luokanopettajille toimiva opetusmateriaali, joka pystyisi tarjoamaan kemian opetukseen ympäristönäkökulman. Tavoitteisiin kuului opetusmateriaalin perusteella luokanopettajille järjestettävä koulutus, jonka aiheena olivat ympäristön tutkimukset mikroskaalassa. Mikrokemialla tutkimuksessa tarkoitetaan mittaluokaltaan koeputkikemiaa, mikä tarkoittaa millilitra- tai milligrammaluokassa työskentelyä. Kaikissa töissä, jotka koulutuksessa (liite 3) olivat, on pyritty tähän mittakaavaan, mutta osan pystyy suorittamaan myös makroskaalassa aivan samalla tavalla.

Mikrokemialla tässä tutkimuksessa tarkastellaan lähinnä sitä mittaskaalaa, joka soveltuu peruskoulun 5. ja 6. luokkalaisten kemian opetukseen. Tutkimuksessa otetaan esille pienillä ainemäärillä työskentelyssä se näkökulma, joka kattaa mittaluokaltaan milligramman soveltamisen siihen, että kunnolliset havaintojen tekemiset eivät kärsi ja että nuori oppilas saa tarkasti ilmiön selville. Peruskoulun 5. ja 6. luokan kemiassa mikrokemia tarvitsee kunnolliset havainnot. Kriittisenä kohtana on nimenomaan se, että oppilas pystyy laadullisesti samaan tulokseen kuin makroskaalassa.

5.4 Tutkimusaineiston hankinta

Tutkimusaineiston hankinnassa otettiin yhteyttä suoraan erääseen pääkaupunkiseudun peruskouluun. Koulun opettajien ja luokanopettajien kanssa käydyn keskustelun tuloksena järjestettiin koulun laboratoriotiloissa iltapäivän mittainen, noin kolmen tunnin koulutus, jonka puitteissa luokanopettajat saivat mahdollisuuden tutustua kokeellisiin ympäristöön ja mikrokemiaan liittyviin töihin. Tämän jälkeen koulutukseen osallistuneet vastasivat tutkijan kyselylomakkeeseen ja antoivat palautetta sekä kokeellisista töistä ja aiheista että koulutuksesta yleensä.

Koulutusaineiston eli opetusmateriaaliin töiden hankinta suoritettiin etsimällä kirjoista ympäristökemiaan ja mikrokemiaan soveltuvia kokeellisia töitä. Töiden löydyttyä niitä kokeiltiin, sovellettiin ja muokattiin peruskoulun 5. ja 6. luokan kemian opetukseen sopiviksi. Vaikein osa kokeellisten töiden valinnassa ja muokkauksessa oli mikrokemian vaatimusten sivuuttaminen, eli se seikka, että työn tekemisessä pystyttäisiin laadullisesti samaan tulokseen kuin makroskaalassa ja ettei oppilaiden mielenkiinto häviäisi sen takia, että he joutuvat koko ajan etsimään havaintojaan suurennuslasilla. Havaintojen tekeminen on yksi tärkeimmistä seikoista alaluokkien kemiassa, joten siitä tinkiminen vie johtopäätökset helposti pois tavoitteistaan, ja oppimaan oppiminen kärsii. Nämä asiat piti huomioida tarkkaan kokeellisissa töissä.

Kokeellisen opetusmateriaalin (liite 3) kehittämisen jälkeen otettiin yhteyttä peruskouluun koulutuksen järjestämiseksi. Opettajien aikataulu ja mahdollisuudet osallistua koulutukseen pyrittiin järjestämään mahdollisimman monelle sopiviksi. Tutkimuksen analysoinnissa käytettiin kyselylomaketta (liite 2), johon kysymykset pyrittiin valitsemaan tutkimusongelmien mukaan.

6. TUTKIMUKSEN TULOKSET

6.1 Tulokset

6.1.1 Tutkimukseen osallistuneiden taustatiedot

Tutkimukseen osallistui kaikkiaan 12 luokanopettajaa ja opetusharjoittelijaa, 8 naista ja 4 miestä. Suurin osa oli nuoria, alle 35-vuotiaita, minkä vuoksi opetuskokemus oli vähäistä. Yli puolella oli opetuskokemusta korkeintaan 10 vuotta, mutta myös pidempiaikaisia kokemuksia oli. Tämän vuoksi tutkimusryhmä oli melko heterogeeninen. Tutkimukseen kuului myös kolme (3) luokanopettajaksi harjoittelevaa opetusharjoittelijaa, joilla tutkinnon suorittaminen oli vielä kesken.

Tutkinnoissa, joita tutkimukseen osallistuneet olivat suorittaneet, oli paljon eroavaisuuksia: joukossa oli luokanopettajia (160 ov FM eli filosofian maisteri), kasvatustieteen maistereita, joilla ei ole opettajan koulutusta, KM ja kasvatustieteen kandidaatteja, KK. Osalla tutkinto oli kesken, tai he olivat opetusharjoittelijoita. Myös erikoistumisaineita oli monia, kuten musiikki, erityispedagogiikka, taidehistoria, äidinkieli, liikunta, puhe- ja ilmaisutaito ja kuvaamataito. Tutkimukseen osallistuneet olivat kaikki samasta koulusta tai opetusharjoittelijoita. Heidän taustansa ovat esitetty liitteessä 4.

6.1.2 Tutkimusongelma 1: Mielekäs opetusmateriaali ympäristöasioiden kemian opetukseen

Tutkimuksen tavoitteena olleen opetusmateriaalin kokeellisten töiden kemia on esillä tutkimuksen viitekehyksessä. Kokeellisissa töissä sovellettiin mikrokemian ja ympäristökemian tavoitteita soveltuviksi peruskoulun alaluokille. Kokeellisten töiden kemia liittyy suurelta osin happamuuteen ja emäksisyyteen ja näiden kemiaan, mutta yhteyttämistä, liukoisuutta, energiaa ja ilmankoostumista on myös tarkasteltu kokeellisesti monesta näkökulmasta (taulukko 4, s. 53). Työt tukevat peruskoulun alaluokkien kemian opetusta käsittelemällä ympäristökysymyksiä erilaisista näkökulmista. Töissä ei keskitytä vain ainoastaan happamuuteen, vaan opetussuunnitelmien perusteiden aiheista maaperän aineet, luonnonvedet ja ilmankoostumus on otettu kokeellisissa töissä huomioon.

Kaikissa kokeellisissa töissä käsitellään ympäristöön liittyviä aiheita ja opetusmateriaalissa on lisäksi teoriaa jokaisen kokeellisen työn ohessa (liite 3). Esimerkiksi ilmankoostumuksen aiheesta voidaan esittää kysymyksiä kuten: miksi hiilidioksidi ja happi ovat elollisen luonnon tärkeimmät kaasut, miksi saunassa lauteilla on kuumempaa kuin lattianrajassa? Soveltavat kysymykset liittyvät kemiaan, joka töissä tulee esille ja näiden esittäminen opetuksessa tukee oppimista (Arjanne, Heinonen & Palosaari, 2003). Kokeellisen kemian avainsana on kysymisessä, joten myös tutkimuksen työt tukevat sitä. Kokeellisten töiden tavoitteita ja kemiaa kuvaa taulukko 4:

TYÖ	TAVOITE	KEMIA
Luonnonindikaattorit	Luonnossa on happamia ja emäksiä aineita sekä myös indikaattoreita, jotka kertovat happamuuden ja emäksisyyden.	Hapan, neutraali ja emäs: Indikaattorit
Hapan sade (versio1)	Hapan sade alentaa maaperän pH-arvoa ja vaikuttaa myös vesistöihin.	Hapan, neutraali ja emäs: indikaattorit
Happosade	Happamat aineet aiheuttavat maaperän happamoitumisen.	Hapan, neutraali ja emäs: indikaattorit
Maaperän tutkiminen	Maaperän pH voi muuttua. Osa kasveista voi kasvaa sekä happamassa että emäksisessä maaperässä.	Hapan, neutraali ja emäs: indikaattorit
Lehtikromatografia	Lehtivihreä (klorofylli)muuttuu syksyllä toiseksi väri- ja rakennusaineeksi, kuten karoteeniksi.	Lehtivihreä Fotosynteesi
Itävien siementen tuottama hiilidioksidi	Itävät siemenet tarvitsevat happea Itäminen tapahtuu hitaasti ja tuottaa hiilidioksidia. Itävien siementen aineenvaihdunta.	Fotosynteesi Soluhengitys
Missä siemenet kasvavat?	Siementen itämiseen vaikuttavat valo, kosteus, ilma, lämpö ja multa	Fotosynteesi
Happamuuden vaikutus kasvuun	Happamoituminen vaikuttaa kasvin yhteyttämiseen.	Fotosynteesi Hapan, neutraali, ja emäs: indikaattori
Kasvien vedenottamisen tutkimus	Kasvit ottavat vettä juurillaan tai varsillaan. Olosuhteet vaikuttavat kasvin mahdollisuuteen ottaa vettä.	Erilaiset liuokset: suolan ja sokerin liukeneminen ja ominaisuudet vedessä. Erilaiset olosuhteet vaikuttavat ympäristöön erilailla.
Fotosynteesiin vaikuttavia tekijöitä	Yhteyttämiseen kasvi tarvitsee vettä ja hiilidioksidia.	Fotosynteesi Lämpötilan vaikutus reaktioon.
Öljyn ominaisuuksia	Öljy ei ole vesiliukoinen.	Liukeneminen
Ilman laajeneminen	Ilma on ainetta, joka painaa ja vaatii tilaa. Ilma koostuu hapesta, typestä ja muista kaasuista.	Ilmankoostumus Kaasut
Poretabletin reaktio veden kanssa	Hiilidioksidi on kaasu. Poretabletti on hapan (sitruuna) Poretabletti sisältää karbonaattia.	Hapan, neutraali ja emäs Kaasut: hiilidioksidi ja happi
Hiilidioksidi-sammutin	Palaminen vaatii happea, palavan aineen ja lämpötilan.	Palaminen Kaasut: hiilidioksidi
Filmipurkkiraketti	Kaasut vaativat tilaa. Hiilidioksidia syntyy myös uloshengityksessä. Hiilidioksidia vapautuu karbonaateista.	Kaasu, reaktioyhtälö: (leivinjauhe +vesi) $2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
Ihmemiehen kylmähaude	Soodan ja etikan reaktio muodostaa hiilidioksidia. Reaktio vaatii energiaa eli lämpöä, eksoterminen	Kaasut: hiilidioksidi Energia: lämpötilan muutos

Taulukko 4: Tavoitteet ja kemia opetusmateriaalin kokeellisissa töissä (työt ohjeinen ja teorioinen liitteessä 3).

Tutkimuksen kyselylomakkeen avoimissa kysymyksissä käsiteltiin ympäristön ja kokeellisuuden hyödyntämistä opetuksessa opetusmateriaalin avulla. Koulutusta tutkimuksessa kutsuttiin työpajaksi. Avoimien kysymysten tuloksista selvisi, että melkein kaikki opetusmateriaalin työt soveltuivat sellaisenaan suoraan luokkaopetukseen. Avoimien kysymysten alussa käsiteltiin myös ympäristökemiaa.

Ensimmäisen avoimen kysymyksen (liite 2) kohdalla tarkasteltiin ympäristön tutkimisen tärkeyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä oppilaan ja opettajan näkökulmasta. Vastauksissa oli nähtävissä hyvin samankaltaisia tuloksia. Ympäristön tutkiminen miellettiin suureksi osaksi jokapäiväistä elämää. Opettajan kannalta tärkeintä oli turvallinen ympäristö ja oppilaan kannalta kemian omaksuminen havainnoimalla.

”Tärkeintä on ymmärtää ihmisen vaikutus luonnon kiertokulkuun sekä ymmärtää luonnossa tapahtuvia prosesseja.”

”Tärkeintä on oivallus ja syy - seuraussuhteiden ymmärtäminen havainnollisuuden kautta.”

”Tärkeintä on ympäristön tutkimisessa ymmärtää kemian kokonaisvaltaisuutta erilaisissa ilmiöissä, koska kemia ei ole irrallaan arkielämästä.”

”Tärkeintä oppilaalle on huomata, että tiede ei ole vain uutta ihmeellistä ja että ihminen vaikuttaa koko maapalloon teoillaan.”

Kemian ilmiöiden ja syy-seuraus-suhteiden omaksuminen korostui monessa vastauksessa. Kokeellinen lähestymistapa miellettiin tärkeäksi ja hyväksi keinoksi havaintojen tekemisessä ja juuri syy – seuraussuhteiden ymmärtämisessä. Monessa vastauksessa kiinnitettiin huomiota myös arkipäivään ja ympäröivän maailman ymmärtämiseen. Kokeellisuuden avulla sovellettiin opittua tietoa ja lisättiin konkreettista havainnointia teorian ja itse ilmiön välillä.

Koulutuksen alussa oli luentotyypinen osio, jossa tarkasteltiin mikrokemian periaatteita, mahdollisuuksia ja syitä sen käytölle. Töiden avulla koulutuksessa luokanopettajat pystyivät itse kokeilemaan tuttujen ilmiöiden havainnointia kokeellisessa työssä. Mikrokemia mahdollistaa pienet jätteet ja ajan säästön, mutta se vaatii tekijältään enemmän huolellisuutta ja tarkkuutta.

Luokanopettajien mielestä mikrokemian hyviä puolia olivat *helppo toteuttamismahdollisuus, turvallisuus, välineiden helppo hankinta, se, että kokeiden tekemiseen ei välttämättä tarvita laboratoriotiloja ja työt onnistuvat näin myös suurempien ryhmienkin kanssa*. Lisäksi *oppilaan kädentaitojen ja ajattelun kehittäminen, ajan säästö, työskentelyn edullisuus* olivat tärkeitä. Myös ympäristövastuullisuus ja erilaiset työtavat mainittiin hyviksi puoliksi. Mikrokemia havainnollistaa hyvin myös suuria ilmiöitä.

Mikrokemian huonoista puolista mainittiin vain muutamia. Suurin osa vastanneista oli jättänyt tähän vastaamatta. Opetustilanne on jo valmiiksi yleensä ”hektinen”, joten työskentelystä voi tulla helposti ”sählinkiä”. Lisäksi epäiltiin, saako oppilas työn aina toteutumaan, jolloin oppiminen voi korvautua turhautumisella eikä tavoitteellista työskentelyä saavuteta. Lisäksi miellettiin, että pienet välineet voivat olla lapselle hankalia.

Tutkimukseen vastanneet olivat kuitenkin sitä mieltä, että he voisivat ottaa koulutuksen mikrokemian kokeelliset työt suoraan opetukseensa. He havaitsivat myös, että töiden soveltaminen on helppoa ja suurin osa töistä toteutuu helposti.

Työpajassa eli koulutuksessa mukana olleet 16 työtä löytyvät liitteessä 3 olevasta opetuspaketista. Koulutukseen osallistuneiden mukaan parhaimpia kokeellisia töitä olivat *Happosade*, jossa kuvattiin pellon happamoitumista, koska työ on erinomainen todellisuuden mallintaja ja helpohko toteuttaa. Myös kaikki pH- ja happo-emäs tutkimukset, koska työt ovat helppoja ja tarvitsevat hyvin yksinkertaiset välineet, ja luonnonhappamuuskokeet, koska ne sopivat alaluokkien kemiaan, ovat yksinkertaisia ja tulokset ovat helposti ja heti nähtävissä. Lisäksi mainittiin kasvien vedenotto, joka on helppo ja tulokset ovat heti esillä ja työ on konkreettisesti todellisuudesta. Ilman kokeista pidettiin *Ihmemiehen kylmähauteesta*, koska se on hauska.

Koulutukseen osallistuneiden mielestä työpajassa olleista kokeellisista töistä huonoiten opetukseen soveltui *Fotosynteesiin vaikuttavat tekijät*, koska työ oli hankala, monimutkainen ja epäonnistumisen mahdollisuus on suurempi kuin

muissa ja muut odottelua vaativat kokeet, joissa oppilas voi turhautua helposti. Lisäksi *Happosade* koettiin myös osan kohdalla monimutkaiseksi ja liian pienillä välineillä ”pipertämiseksi”.

Kyselylomakkeen (liite 2) viidennessä kysymyksessä tarkasteltiin, millä tavalla mikrokemia kokeellisuuden osana tukisi oppilaan luonnontieteellistä kehittymistä. Vastanneiden mukaan mikrokemia on tärkeä osa kokeellisuutta ja oppilaan luonnontieteellistä kehittymistä. Vastauksissa tuotiin useasti esille oppilaiden mielekäs oppiminen ja havaintojen tekemisen tärkeys.

”Tarkkaavaisuus ja havainnointi kehittyvät, kun ollaan pienten ainemäärien kanssa tekemisissä, tarkkuutta ja kädentaitoja lisää.”

”Itse tekemällä ymmärtää asiat helpommin, esimerkiksi koko prosessin ja siihen vaikuttavat tekijät, eikä vain lopputulosta.”

”Kemian ja biologian integrointi. Ympäristövastuullisuus.”

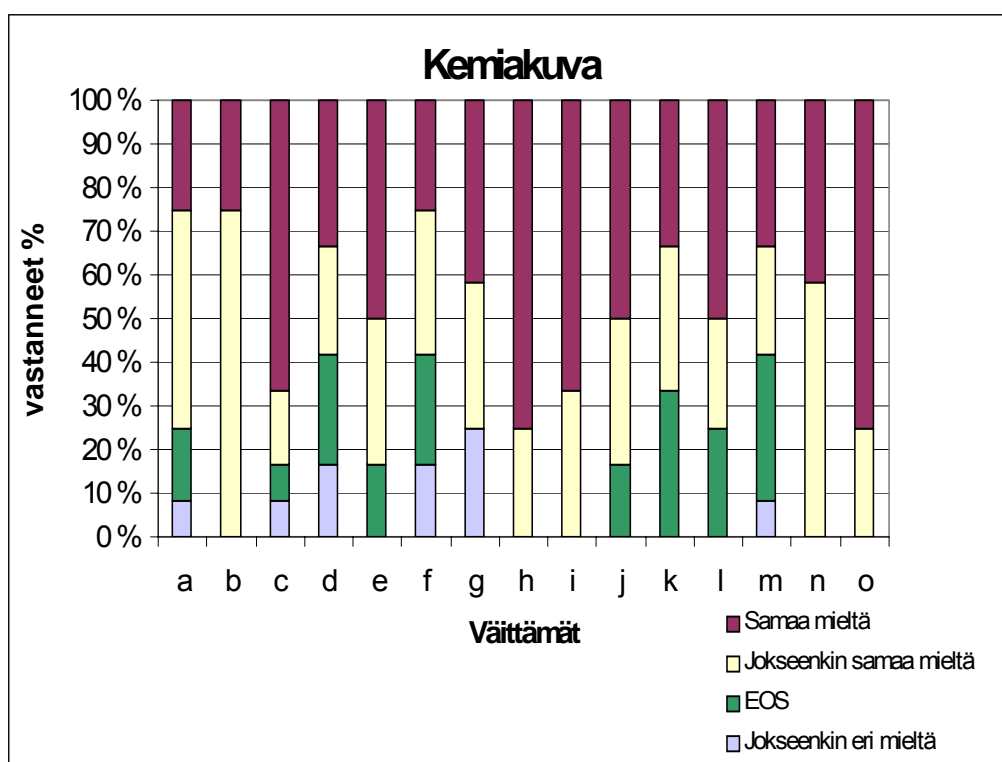
”Luonnontieteellisen prosessin kokeen vaiheet hyvin esillä ja asiat jää muistiin paremmin, kuin kirjasta luetut, kädentaitojen kehittyminen.”

Koulutuksen kehittämisen kannalta ympäristöön liittyvien tutkimusten lisääminen on vastanneiden mielestä tärkeää, ja tutkimukseen osallistuneilla oli monia uusia ideoita tutkimuskohteiksi ja käsiteltäviksi asioiksi. Vastauksissa mainittiin muun muassa *erilaisten ”myrkkyjen” ja jätteiden kokeileminen kasveihin, veteen ja luontoon, ilmansaasteet, veden saastuminen/puhdistaminen, erilaiset aineet ja terveys ja päästöt*. Uudet ideat liittyivät melkein kaikki ympäristöongelmiin ja niiden tutkimiseen. Näiden uusien ideoiden lisäksi monella oli koulutukseen liittyviä töitä ja aiheita, jotka edesauttaisivat oppilaan oppimisprosessia. Opetusmateriaaliin kuuluvat työt mainittiin myös monessa vastauksessa.

6.1.3 Tutkimusongelma 2: Opettajien kuva kemiasta

Seuraava osa tutkimuksesta keskittyi luokanopettajien kemiakuvan määrittämiseen ja siihen, kuinka tärkeänä tutkimukseen osallistuneet pitivät kemian opetusta peruskoulun alaluokilla. Tässä osiossa oli opettajille esitetty 16 väittämää, jotka keskittyivät kemiaan tieteenä, tulevaisuuden ammattina, ympäristön huomioimista opetuksessa, kokeellista työskentelyä kemian

opetuksessa ja mikrokemian mahdollisuuksia. Taulukkoon on kerätty kaikkien väittämien vastaukset.



Kuva 5. Väittämissä tutkittiin kemiakuva, ympäristön merkitystä ja kokeellisen lähestymistavan merkitystä asteikolla samaa mieltä – jokseenkin eri mieltä:

- a) Kemia on tärkeä osa yhteiskuntaa.
- b) Kokeellisuudella on mielestäni suuri rooli oppilaan ajattelun kehittäjänä.
- c) Kemia on osa jokapäiväistä elämäämme.
- d) Pidän kemian opettamista mielekkäänä ja kiinnostavana.
- e) Kokeellinen kemia on omasta mielestäni mielekäs tapa oppimiseen.
- f) Tulevaisuuden opinnoissa ja ammatissa on hyvä osata kemiaa.
- g) Kemian opinnot on hyvä aloittaa mahdollisimman varhain.
- h) Ympäristön tutkiminen kokeellisesti on tärkeää.
- i) Ympäristön tutkiminen kemian avulla auttaa oppilasta ymmärtämään ympäröivää maailmaamme.
- j) Ympäristön tutkiminen kemian avulla on tärkeää.
- k) Mikrokemia on tärkeää kemian kokeellisuuden kannalta.
- l) Mikrokemia tarjoaa mahdollisuuksia kemian opetukseen.
- m) Pienillä välineillä tutkiminen auttaa oppilasta keskittymään ja tekemään havaintoja.
- n) Luonnontieteellisen tutkimusprosessin opettaminen on mielestäni tärkeämpää kuin yksittäisten käsitteiden ja tietojen opettaminen.
- o) Kokeellista tutkimusta kemian opetuksessa on toteutettava ympäristön ehdoilla ja huomioitava ympäristön vaikutukset oppilaiden työskentelyssä.

Tutkimukseen kuului 16 väittämää. Näiden väittämien perusteella tutkimukseen osallistuneet pitivät kemiaa tärkeänä osana jokapäiväistä elämäämme, mutta kemian opettamiseen liittyvät mielikuvat olivat hyvin erilaisia. Suurin osa vastanneista katsoi olevan mielekästä ja kiinnostavaa opettaa oppilaille kemian ilmiöitä. Eräiden mielestä kemian tuleminen

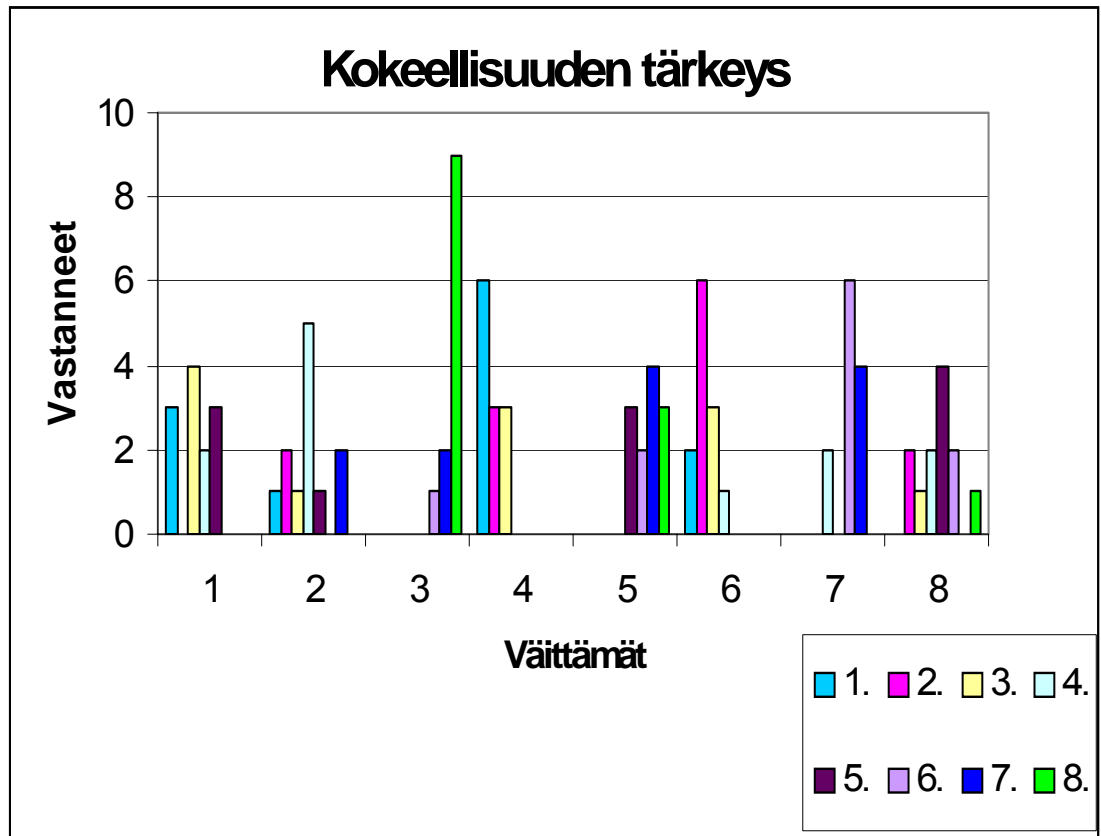
luokanopettajien opetettavaksi aineeksi ei kuitenkaan ollut suotavaa vaan jopa epämiellyttävää. Kemian opintojen aloittaminen varhain toi myös eriäviä mielipiteitä. Kuitenkin yli 40 %:n mielestä kemian opinnot on hyvä aloittaa jo peruskoulun alaluokilla.

Ympäristön tutkimuksiin liittyvät väittämät olivat vastanneiden mielestä tärkeitä, ja niihin oli vastattu hyvin yksimielisesti. Noin 75 %:n mukaan ympäristön kokeellinen tutkiminen oli välttämätöntä ja tarpeellista, ja melkein 70 %:n mukaan ympäristön tutkiminen kemian avulla auttaa oppilasta ymmärtämään paremmin ympäröivää maailmaamme. Mikrokemian tarjoamat mahdollisuudet kemian opetukseen miellettiin tarpeellisiksi, mutta pienemmillä välineillä työskentely toi enemmän eriäviä mielipiteitä. Kuitenkin noin 35 % vastanneista oli sitä mieltä, että mikrokemia auttaa todella hyvin oppilasta keskittymään ja tekemään havaintoja. Viimeisenä ollut väittämä ympäristön huomioimisesta missä tahansa luonnontieteiden opetuksessa sai kannatusta. Vastanneista noin 75 % oli sitä mieltä, että kokeellisuus pitäisi tehdä aina ympäristön ehdoilla ja oppilaiden työskentelyssä tulisi ottaa alusta lähtien huomioon ympäristön vaikutukset.

Yhtenä viimeisistä väittämistä ollut tutkimusprosessin tärkeyteen liittyvä väittämä sai ainoastaan yhdenmielisiä vastauksia. Yksittäisten tietojen ja käsitteiden opettamista ilman kokonaisuutta pidettiin huonona oppilaan oppimisen kannalta. Kokonaisuuksien ja kokonaisen luonnontieteellisen tutkimusprosessin ymmärtäminen oli yksittäisten tietojen oppimista tärkeämpää.

6.1.4. Tutkimusongelma 3: Kokeellisuuden ja mikrokemian tärkeys

Tässä osassa tutkimusta, luokanopettajia pyydettiin laittamaan tietyt väittämät tärkeysjärjestykseen. Ensimmäisessä osiossa tarkasteltiin kokeellisuuden tärkeyttä kemian opetuksessa (Kuva 6).

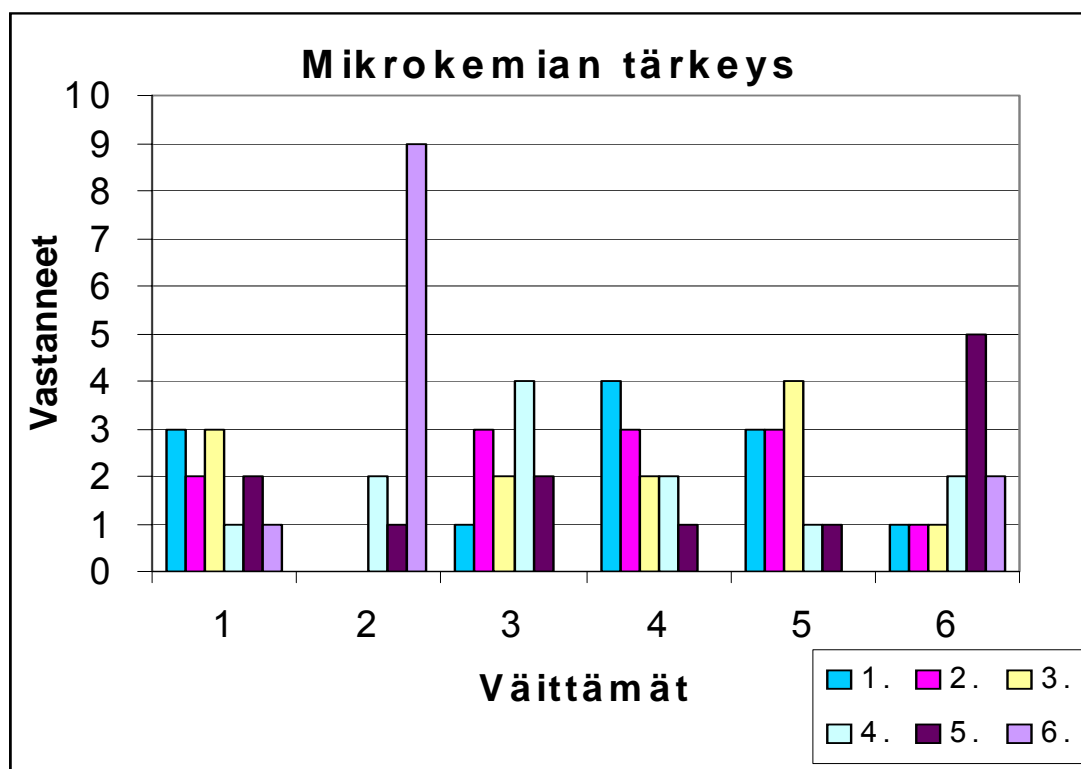


Kuva 6. Kokeellisuuden tärkeyttä mitattiin kahdeksalla väittämällä. Nämä pyydettiin laittamaan tärkeysjärjestykseen. 1 tärkein ja 8 viimeiseksi tärkein. Väittämät olivat:

- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1. Itse tekeminen | 5. Kädentaitojen kehittämistä |
| 2. Teorian ymmärtäminen | 6. Oppilaan ajattelun kehittäminen |
| 3. Hauskaa ajanvietettä | 7. Erilaisuus arkirutiinissa |
| 4. Havaitsemisen oppimista | 8. Oppilaan motivointikeino |

Kokeellisuutta kuvaavassa osiossa oli kaikkiaan kahdeksan väittämää, jotka pyydettiin laittamaan tärkeysjärjestykseen. Tärkeimmiksi seikoiksi kokeellisuudessa koettiin havaitsemisen oppiminen (jonka yli puolet oli laittanut tärkeimmäksi asiaksi), itse tekeminen ja oppilaan ajattelun kehittäminen. Vastanneista suurin osa (9) oli sitä mieltä, että vähiten tärkein ajatus on se, että kokeellisuus olisi vain hauskaa ajanvietettä. Täytyy siis muistaa, että oppilaan motivointi on tärkeää, mutta kokeellinen työskentely ei saa olla vain mukavaa ”puuhastelua”, jossa tekeminen on ainut ja tärkein asia. Kokeellisuuden avulla pyritään ymmärtämään olemassa olevan ilmiön ja teorian suhde eli esimerkiksi kasvin vedenottokykyyn liittyvät seikat ja se, miten vesi kulkee kasvissa.

Seuraavaksi tarkasteltiin mikrokemian tärkeyttä kemian opetuksessa, erilaisin väittämien:



Kuva 7. Mikrokemian tärkeyttä mitattiin kahdeksalla väittämällä. Nämä pyydettiin laittamaan tärkeysjärjestykseen. 1 tärkein ja 6 viimeiseksi tärkein. Väittämät olivat:

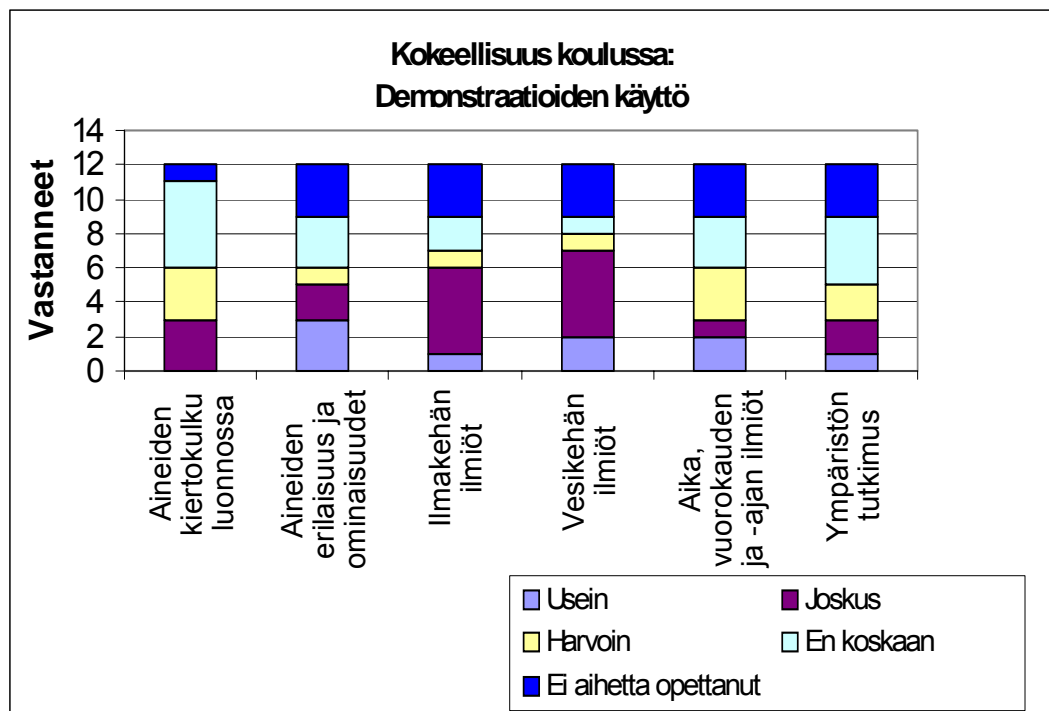
1. Ympäristön vaikutus
2. Leikkimistä pienillä välineillä
3. Pienemmät määrät aineita, vähemmän menoja tarvikkeista (edullisuus)
4. Ajatus kestävästä kehityksestä
5. Turvallisuus työskentelyssä pienemmillä määrillä
6. Ajan säästö, työskentely vie vähemmän aikaa

Mikrokemian tärkeydestä esille nousivat seuraavat asiat: *Ajatus kestävästä kehityksestä, Turvallisuus työskentelyssä pienemmillä määrillä ja Ympäristön huomioiminen ja sen vaikutukset.* Turvallinen työskentely luo osaltaan myös mieluisen oppimistilanteen, jossa oppilas saa työskentelyltään kaiken irti. Väitettä *Leikkimistä pienillä välineillä* pidettiin huonoimpana vaihtoehtona mikrokemian työskentelyssä. Tavoite peruskoulun alaluokkien kemian opetuksessa on oppilaan ajattelun kehittäminen ja oppilaiden pohdinnoille kokeellisessa työskentelyssä pitää antaa aikaa, joten ajan säästöä ei koettu tärkeäksi. Ensimmäisten kokeellisten tutkimustöiden tekemisessä ei saa olla kiire. Tavoitteellisen kokeellisen työskentelyn periaatteissa mainitaan kiireetön

ja huolellinen paneutuminen asiaan ja pohtiminen on yhtä tärkeää jopa tärkeämpää kuin itse työn tekeminen.

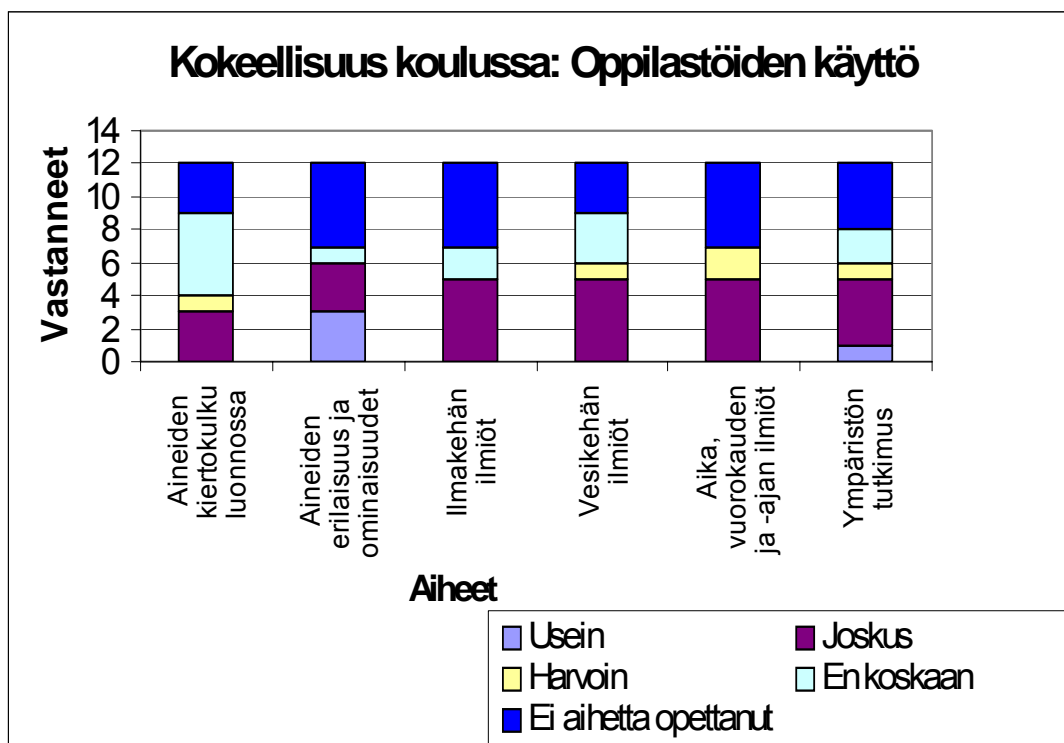
6.1.5 Tutkimusongelma 3: Kokeellisuuden käyttö

Kysymys tarkasteli kokeellisuuden käyttämistä kahden eri tavan mukaan. Ensimmäinen oli demonstraatiot ja toinen kokeelliset oppilastyöt tai tutkimustehtävät, joihin liittyi kokeellisuutta.



Kuva 8. Demonstraatioiden käyttäminen kouluopetuksessa. Onko aiheiden osalta käytetty demonstraatioita kemian opetuksessa? Usein, joskus, harvoin, ei koskaan tai ollut kyseistä aihetta opetettu.

Demonstraatioiden käyttö osana kokeellista työskentelyä riippui paljon aiheesta. Jokaista esitettyä aihetta oli opettanut ainakin puolet tutkimukseen osallistuneista luokanopettajista. Eniten tuttuja demonstraatiot olivat aineiden erilaisuuksien ja ominaisuuksien sekä vesikehän ilmiöiden opetuksessa. Ympäristön tutkimukset ja aineiden kiertokulku luonnossa olivat vieraampia käsitteitä tässä osiossa. Vastanneista viisi (5) sanoi käyttäneensä demonstraatiota opettaessaan ympäristöön liittyviä asioita.



Kuva 9. Oppilastöiden käyttäminen kouluopetuksessa. Onko aiheiden osalta käytetty oppilaiden suorittamia kokeellisia oppilastöitä kemian opetuksessa? Usein, joskus, harvoin, ei koskaan tai ollut kyseistä aihetta opetettu.

Oppilastöiden käyttämisessä kokeellisuuden osana oli opettajien vastauksissa huomattavia eroja. Tulokset jakautuvat paljolti tasan sen mukaan, oliko aihetta opetettu vai ei. Ilmakehän ja vesikehän ilmiöissä näkyi suurin ero juuri tässä. Kun kyseistä aihetta oli opetettu, niin oppilastöitä käytettiin usein tai joskus.

6.1.5.1 Kokeellisuuden käyttö osana opetusta

Avoimissa kysymyksissä tarkasteltiin syitä, joita kokeellisuuden käyttöön tai käyttämättömyyteen liittyy.

Ensimmäinen avoin kysymys oli:

Mainitse tärkeimmät syyt sille, miksi käytät/ et käytä demonstraatioita opetuksessasi.

Syitä sille, että luokanopettajat käyttävät demonstraatioita opetuksensa osana olivat *nopeus, suurien ryhmienkin kanssa helppous, oppilailla aikaa enemmän pohtia ja ymmärtää, oppilas ymmärtää teorian paremmin ja hahmottaa käsiteltävän asian, selkiyttää teoriaa ja tuovat abstraktit uudet asiat pois käsitteelliseltä tasolta. Oppilaat oppivat eri tavoin ja joillekin näkeminen voi kuulemisen ja lukemisen tai vaikka itse tekemisen lisäksi demonstraatiot selkiyttävät opittua asiaa. Oppilaiden kiinnostus on parempi kuin tehdään jotain havainnollista yhdessä, oppilailla on mahdollisuus nähdä kemiaa, ja demonstraatiot ovat hyvä motivointikeino.*

Syitä sille, miksi luokanopettajat eivät käytä demonstraatioita opetuksessaan olivat *oppilastyöt opettavat paremmin, opettajan oma osaamattomuus ja epävarmuus ja johtopäätösten tekemisen vaikeus.*

Suurin osa tutkimukseen osallistuneista oli käyttänyt demonstraatioita opetuksessaan jonkin verran. Opetusharjoittelijat suhtautuivat demonstraatioihin myönteisesti ja kirjoittivat niiden mahdollisesta käytöstä. Demonstraatio vaatii opettajalta ennakkoon suunnittelua ja selittämistä, joten aiheeseen tulee perehtyä hyvin ennen tekemistä. Oppilastöissä jokainen tekee omaa työtään ja havaitsee omat havainnot. Suurien ryhmien kanssa demonstraatio helpottaa työskentelyä ja avaa mahdollisuuden turvalliselle työskentelylle.

Kokeellisuuden käyttöön liittyvän osion toinen kysymys oli:

Mainitse tärkeimmät syyt sille, miksi käytät/et käytä oppilaiden kokeellisia tutkimustehtäviä

Syitä sille, että luokanopettajat käyttävät opetuksensa osana oppilaiden kokeellisia tutkimustehtäviä olivat:

- oikea tapa oppimiseen
- oppilaat oppivat eri tavoin, kaikille mahdollisuus oppia, toiset oppivat lukemalla toiset näkemällä tai tekemällä
- oppilaiden kiinnostus parempi itse tekemisessä
- itse kokeilemalla oppii

- tekeminen vahvistaa oppimista ja ymmärtämistä, motivoi, innostaa ja tuo vaihtelua.

Syitä sille, etteivät opettajat käytä oppilastöitä työssä olivat *välineiden puute, ei ole tietoa siitä, mitä kokeita voisi tehdä, opettajan oma tieto, suuret ryhmät vaikeuttavat (turvallisuusriski), hitaus, ja oppilastyö on helppo tapa aikaansaada katastrofi, asian todellinen ymmärtäminen vaatisi usein ”asiantuntijan” läsnäoloa.*

Osion kolmas kysymys oli:

Mitä eri tapoja käytät kokeellisten tutkimustehtävien tulosten kokoamiseen/raportoimiseen? Perustelut.

Raportointi on tärkeää kokeellisessa työskentelyssä, koska työskentely ei saisi jäädä irralliseksi kokonaisuudesta tai teoriasta. Kokeellisen työskentelyn raportointi voi olla ilmiöstä keskustelua tai kirjallista tuloksien jäsentämistä. Tutkimuksessa mainittiin seuraavia tapoja raportointiin:

- Vihkotyö
- Kalvolle tuloksien kokoaminen yhdessä
- Taulukointi
- Valmis tehtävä moniste, sisältää kysymyksiä
- ASTEL- sivuston lomake, jolla raportti lähetetään opettajalle
- Keskustelu
- Oppilaan, oppilasryhmän selostus

Neljäs avoin kysymys oli:

Millä muilla tavoin kokeellisuus ilmenee ympäristö- ja luonnontiedon opetuksessasi?

Koulutuksen kehittämiseksi opettajia pyydettiin vastaamaan kysymykseen, miten muilla tavoin kokeellisuus ilmenee opetuksessa. Koulutuksessa kokeellisten työskentelyjen tapana oli usein työpistetyöskentely, jota moni opettaja sanoi käyttäneensä myös luokassa. Muutamalla oli maininta myös raporttien palautteesta, koska on tärkeää, että opettaja ottaa kantaa

selostukseen, jos oppilaat tekevät työn ja raportoivat sen tulokset. Kokeellisesta työskentelystä yleisesti mainittiin usein tavoite seurata oppilaiden omia mielikuvia ja havaintoja ja ottaa esimerkkejä elinympäristöstämme.

”Jos ei ole mahdollista mennä paikan päälle tutkimaan ilmiötä, esimerkiksi ulos havainnoimaan, tuodaan koe tai ilmiö luokkaan, jos se on käytännössä mahdollista.”

”Siten, että oppilaiden kanssa yhdessä tutustutaan ilmiöön tai oivalletaan, että jotakin hypoteesia on mahdollista myös kokeilla konkreettisesti.”

Monella opettajalla oli vaikeuksia vastata kysymykseen, koska omat kokemukset eivät olleet aiemmin riittäneet kokeellisen työskentelyn toteuttamiseen. Koulutus toi lisää mahdollisuuksia opetukseen. Esille nousi myös monipuolinen työskentely. Mieluista olisi käyttää erilaisia työtapoja, mutta uudet työtavat ovat aluksi vaikeita jopa opettajalle.

”Pitäisi uskaltaa käyttää enemmän monipuolisia työtapoja ja enemmän kokeellista työskentelyä, mutta aluksi niiden käyttö on vaikeaa ja kynnys lähteä käyttämään niitä opetuksessa on suuri.”

Viides kysymys oli:

Esimerkkejä luonnontieteiden tutkimuksista, joita olet aiemmin toteuttanut kemian opetuksessa. (Töiden pääideat, teemat)

Tutkimukseen osallistuneet olivat jo ennestään käyttäneet paljon erilaisia töitä kemian opetuksessaan. Töitä mainittiin sekä fysiikan että kemian puolelta. Useimmin mainittuja kemian töitä olivat erilaiset liuokset ja seokset, vesitutkimukset ja veden olomuodot, liukeneminen, pintajännitys, lämpötilatutkimukset, erilaiset aineet, säähavainnot ja happamuustutkimukset. Fysiikan puolelta mainittiin verkosta löytyvät ASTEL -sivuston fysiikan työt ja magnetismi. Ainoastaan neljässä tutkimuslomakkeessa ei ollut vastattu aiempia töitä koskeviin kysymyksiin. Näihin neljään ilmeisesti sisältyi tutkimuksessa mukana olleet kolme opetusharjoittelijaa.

Kuudes kysymys oli:

Mitkä ovat mielestäsi kolme vaikuttavinta tekijää, joiden avulla voisi parantaa kemian opetusta peruskoulun luokilla 1 - 6?

Parannusehdotuksista päällimmäisiksi nousivat kokeellisuuden lisääminen, jossa huomioitiin välineistö, järkevän kokoiset ryhmät, työhöjeiden puute ja sopivat tilat. Lisäksi esille nousi vahvasti opettajien kouluttaminen, jossa pitäisi olla selkeitä esimerkkejä kokeellisuudesta ja toteuttamisesta, kemian teoria tiedon lisäämistä ja kemian integrointia muihin oppiaineisiin. Näiden kahden lisäksi esille nousi palkkaus.

Kyselylomakkeessa koulutuksen opetusmateriaalia oli mietitty tarkkaan, ja moni oli tyytyväinen sen antiin. Kokeelliset työt miellettiin mielenkiintoisiksi ja innostaviksi, vaikka monelle jäi vielä mietittävää osasta ohjeita ja osa ohjeista ei ollut heti "auennut" täysin. Kokeellisissa töissä toivottiin olevan enemmän teoriaa ja ohjeiden selkeämpiä ennestään. Työt itsessään antoivat vinkkejä suoraan luokkaopetukseen ja koulutus antoi rohkeutta käyttää kokeellisuutta enemmän kemian opetuksessa.

"Ensimmäinen kerta, kun sai kokeilla itse reaktioita ja ohjeita, aina luullaan että itse uskaltaa ne yksin kokeilla kotona. Paljon ideoita ja vinkkejä opetukseen suoraan ja paljon kotona mietittävää. "

6.2 Tutkimuksen luotettavuus

Työ on kehittämistutkimus, jonka lähtökohtana olivat aiempien tutkimusten ja perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteiden mukaan opettajien tarpeet ja aiemmat tiedot. Tämän pohjalta tutkimukseen kuului myös koulutus peruskoulun luokanopettajille. Tutkimuksen tämä vaihe on laadullinen eli kvalitatiivinen, jossa kohteena olivat tutkimuksen tekijän järjestämän koulutuksen osallistujat eli 9 luokanopettajaa ja 3 opetusharjoittelijaa. Laadullinen tutkimus on empiiristä ja siinä on kyse empiirisen analyysin tavasta tarkastella aineistoa ja analysoida ja argumentoida osallistuneiden vastauksia esitettyihin kysymyksiin. Empiirisen osan periaatteiden mukaan luotettavuus on saavutettu. Vastauksien analysointi pyrkii siihen, ettei yksittäisiä henkilöitä tunnisteta ja että laadullisen tutkimuksen etiikka otetaan huomioon (Tuomi, Sarajärvi, 2002).

Tutkimuksen validiteetti ilmaisee hyvin, mitä on tarkoitus mitata. Parhaimmillaan luotettavuutta voi tarkastella erittelemällä kaikki mahdolliset tavat mitä työn kulussa on käytetty ja mitä on tehty. Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat myös suorittamisessa tapahtuneet virhearvioinnit ja tuloksien analysoinnissa tapahtuneet virheet. Tuloksien saatavuus on myös eräs seikka, joka täytyy huomioida arvioitaessa luotettavuutta (Tella, Lavonen, 1995). Tutkimusta arvioitaessa on otettava koko tutkimus huomioon jokainen kohta huomioiden.

Tutkimuksessa käytetyt tiedot on kerrottu raportissa mahdollisimman todenperäisesti. Luotettavuutta on pyritty varmistamaan keräämällä tausta-aineistoa eri lähteistä mutta myös keräämällä aineistoa eri menetelmillä. Tutkimuksessa on käytetty koulutusta ja lomaketutkimusta sekä muuta oheismateriaalia, kuten myös www-pohjaista materiaalia. Kemian asemaa peruskoulun alaluokkien opetuksessa on tarkasteltu opetussuunnitelmien perusteiden pohjalta (POPS, 2004) sekä luokanopettajien näkökulmasta. Tutkimus on hyvin kvalitatiivinen ja perustuu laadullisuuteen tarkastelutapaan enemmän kuin määrälliseen. Haittana luotettavuuden kannalta voidaan pitää koulutukseen ja tutkimukseen osallistujien määrää. Koulutukseen osallistui 12

luokanopettajaa pääkaupunkiseudun kouluista. Oleellinen osa tutkimuksessa oli kartoittaa tapaustutkimuksena ympäristön ja mikrokemian mahdollisuuksia kemian opetuksessa ja luokanopettajien mielikuvia kemiasta aineena ja oppiaineena.

Tutkimus suoritettiin koulutuksen yhteydessä, ja empiirisen tutkimuksen periaatteiden mukaan tutkimuksen kulussa pidettiin huolta siitä, että yksittäisiä henkilöitä ei tunnisteta, vaikka teoreettinen vastausten analysointi ja argumentointi nojaa juuri yksittäisiin väitteisiin. Pienen otoksen vuoksi työssä ei paljasteta edes tutkimukseen osallistuneiden kouluja, jottei yksittäisiä vastauksia pystytä tunnistamaan (Tuomi & Sarajarvi, 2002).

7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTAA

Tutkimuksessa oli kolme päätutkimusongelmaa, jotka jakautuivat alaongelmiin. Tärkein tutkimusongelma keskittyi kehitetyn opetusmateriaalin tarkastelemiseen. Työn päätavoitteena kehitettiin opetusmateriaali (liite 3) ja testattiin tätä opetusmateriaalia koulutuksessa, paremmin sopivaksi kouluopetukseen. Opetusmateriaalin kehittämisessä suurin huomio keskittyi kokeellisten työohjeiden selkeyteen ja siihen, että materiaalista löytyisi myös kokeisiin liittyvä teoria luokanopettajia varten.

Ensimmäinen tutkimusongelma keskittyi mielekkään opetusmateriaalin laadintaan ja siihen, mitkä kokeelliset työ tukisivat oppilasta ja opettajaa ympäristöaiheiden oppimisessa. Eräs alaongelma keskittyi mikrokemian tärkeyteen osana kokeellista työskentelyä. Tähän liittyvissä kysymyksissä keskityttiin paljon mikrokemian mahdollisuuksiin kouluopetuksessa, mikä jakoi vastanneet kahteen osaan. Suurimman osan mielestä mikrokemia soveltui hyvin 5. ja 6. luokan kemian opetukseen, mutta noin 1/3 oli sitä mieltä, ettei se välttämättä ole tärkeää tai kannattavaa. Tässä kysymyslomakkeen eri osiot antoivat eri tietoa. Kemiakuvan määrittämisessä 1/3 oli sitä mieltä, että mikrokemia ei välttämättä tarjoa mitään mahdollisuuksia kemian opetukseen, ja avoimien kysymysten kohdalla tutkimukseen vastanneet olivat melkein kaikki sitä mieltä, että mikrokemia soveltuu hyvin tämän asteen kemian opetukseen. Vastauksissa sanottiin, että oppilaiden tarkkaavaisuus ja kädentaidot kehittyvät samalla ja jotkut oppilaat pitävät pienillä välineillä työskentelystä enemmän kuin suurilla välineillä. On epäselvä mikä tämän kahden osion kysymysten välisen ristiriidan saa aikaan.

Tutkimukseen osallistuneilla luokanopettajilla oli melkein kaikilla jonkinlaista kokemusta kemian opettamisesta. Kemiakuvan määrittämisessä kysyttiin myös mielipidettä kemian opintojen aloittamisesta. Moni oli sitä mieltä, että kemian opinnot on hyvä aloittaa mahdollisimman varhain, jotta pystytään tukemaan oppilaan kehittymistä ja mielenkiintojen kohteita jo perusopetuksen alaluokilta lähtien. Tosin tässä opintojen aloittamisen kysymyksessä

vastaukset menivät oikeastaan selkeästi kahteen osaan: n. 75 % oli sitä mieltä, että on hyvä aloittaa varhain ja 25 % sitä mieltä, että ei ole. Tämä ei kuitenkaan yllättänyt, koska joukko oli hyvin heterogeeninen opetuskokemuksen ja iän suhteen.

Eräs tutkimuksen osa keskittyi jo aiemmin suoritettuihin tutkimuksiin ja siihen minkälaisia tutkimuksia haluttaisiin tuoda opetukseen nykyistä enemmän. Aiemmista tutkimuksista (Mannila, 2000; Ahtee, 1998) kävi ilmi, että kokeellisia oppilastöitä ja demonstraatioita käytetään melko harvoin peruskoulun 5. ja 6. luokan kemian opetuksessa. Esimerkiksi demonstraatioiden käyttö riippui hyvin pitkälle aiheesta. Tutkimuksen kehittämistä ajatellen tutkimukseen osallistuneilta kysyttiin mahdollisia aiheita ja töitä, joista he kenties haluaisivat lisämateriaalia tai joista heidän mielestään olisi hyötyä oppilaan kehityksessä. Näitä aiheita ja ehdotuksia tuli paljon, melkein jokaiselta ainakin yksi. Esimerkiksi myrkyt luonnossa, ilmansaasteet ja jätteet koettiin tärkeiksi. Aiheet liittyivät suurelta osin vain ympäristöongelmiin. Tässä moni vastaaja oli sitä mieltä, että tutkimuksen opetusmateriaali auttaa jo kehittämään ympäristökemian opetusta parempaan suuntaan ja kyseiset työt olivat listattu ehdotuksiin.

Tutkimuksen ja eri täydennyskoulutusten kehittämiseksi eräs osio kyselylomakkeessa antoi mahdollisuuden esittää mielipiteen siitä, mitkä asiat vaikuttivat eniten siihen, millä tavalla kemian opetusta vuosiluokilla 1 - 6 pystyttäisiin kehittämään. Saadut kommentit olivat hyvin yksipiirteisiä ja ne kaikki kattoivat kaksi pääteemaa, jotka olivat kokeellisuuden lisääminen ja opettajien kouluttaminen. Ensimmäinen liittyi oleellisesti resurssien valintaan ja muun muassa oppilasryhmien kokoon ja toinen opettajien tiedon nälkään.

Tutkimuksen puitteissa herännyt kysymys siitä, luoko alaluokkien kemian opetus tarpeellisen pohjan tulevalle kemian opiskelulle, saatiin opettajien vastauksista esille se, että asenteellisten valmiuksien kehittäminen jää etupäässä motivoinnin ja uteliaisuuden herättämisen sekä yhteistyötaitojen kehittämisen tasolle. Vain muutamien opettajien vastauksista näki, että ilmiöiden ymmärtäminen oli tärkeällä sijalla ja he kiinnittivät muita enemmän huomiota oppilaskohtaisen tutkimuksen teossa tarvittaviin valmiuksiin, kuten

luovuuteen ja itsenäisyyteen, jotka antavat oppilaille mahdollisuuden kokonaisvaltaiseen tutkimuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Tähän liittyivät eniten avoimien kysymysten vastausten analysointi, jossa huomioitiin etupäässä oppilaiden peruslähtökohtia ja opetussuunnitelman antamia ideoita.

Kokonaisuudessaan tutkimuksen tulokset osoittivat sen, että ympäristön tutkiminen kemian opetuksessa on tärkeää ja sitä ei tutkimukseen vastanneiden luokanopettajien mielestä tarpeeksi oteta huomioon. Se haluttaisiin kuitenkin ottaa. Tärkeintä vastanneiden mielestä on oppilaskohtainen opetustapahtuma, jossa otetaan huomioon kokeellinen lähestymistapa, jossa tärkeintä on havaitsemisen oppiminen ja itse tekeminen.

Tutkimuksen päätarkoituksesta ja ensimmäisestä tutkimusongelmasta, joka keskittyi opetusmateriaalin tarkastelemiseen, saatiin hyviä tuloksia. Ongelmaa tarkasteltiin aluksi aiempien tutkimusten myötä, jonka jälkeen opetusmateriaali laadittiin, ja tämän jälkeen luokanopettajat pääsivät kokeilemaan materiaalia käytännössä. Opetusmateriaalin johdosta järjestetty koulutus onnistui hyvin ja kattoi ympäristöön liittyviä kokeellisia töitä runsaasti.

Tutkimukseen osallistuneista 12 luokanopettajasta ja opetusharjoittelijasta pystyttiin saamaan eräs katsaus tähänhetkiseen luonnontieteiden ja nimenomaan kemian opetuksen tilaan ja sen kehittämiseen. Suurin tavoite eli vastausten löytäminen tutkimusongelmiin saavutettiin. Tutkimuksen tuloksien kokonaisuutta katsoen kokeellisella työskentelyllä ja ympäristön tutkimisella näyttää olevan hyvä jalansija peruskoulun alaluokkien kemian opetuksessa. Ympäristön tutkiminen mikroskaalassa peruskoulun 5. ja 6. luokan kemian opetuksessa on kehityksen alla ja tutkimuksen mukaan tavoitteellinen ympäristön kokeellinen tutkiminen on aloitettu jo varhain peruskoulun alaluokilla.

Kun tutkimuksen tuloksia verrataan aiempiin tutkimuksiin, huomataan, että luokanopettajien kemiakuva on muuttunut positiivisemmaksi ja kokeellisuuden merkitys osana opetusta on kasvanut. Aiempien tutkimusten mukaan

(Lillberg, 2004; Aksela & Mikkola, 1999) ei kuitenkaan pystytä tarkastelemaan kovin tarkasti sitä, millä tavalla mikrokemiaan liittyvät kokeelliset tutkimustyöt tukisivat oppilaan ajattelua, koska aihe peruskoulun alaluokilla on uusi. Tutkimukset ympäristöön liittyvien aiheiden opetuksesta on jo aiemminkin (Lumivaara, 2001) koettu tärkeäksi sekä oppilaan että opettajan kannalta.

Tutkimuksen lähtökohtana oli kehittää opetusmateriaali peruskoulun 5.- 6. luokan kemian opetukseen, joka tukisi ympäristöaiheiden opetusta mikrokemian avulla. Tämä tavoite tutkimuksessa saavutettiin ja opetusmateriaalia pystyttiin kehittämään. Kehittämistyö tutkimuksessa jatkuu edelleen. Tutkimuksen myötä pystyttäisiin mikrokemian mahdollisuuksia kehittämään myös muihin aiheisiin ja teemoihin kemian opetuksessa. Tutkimus antaa luokanopettajille mahdollisuuden käyttää opetusmateriaalia suoraan kemian opetuksessa. Oppimateriaalin kehittämisessä tulisi tulevaisuudessa hyödyntää aiempaa enemmän ympäristöaiheita ja mikrokemiaa. Perusopetuksen alaluokkien luokanopettajat tarvitsevat oppimateriaalia, koska aihe on uutta. Tulevaisuudessa peruskoulun kemian opetuksessa pitää huomioida ympäristö aiempaa enemmän. Uutta tietoa tähän liittyen saadaan erilaisten tutkimusten kautta selville.

Tutkimus pyrki kehittää opetusmateriaalia luokanopettajien näkökulmasta, mutta työssä ei kuitenkaan otettu kantaa oppilaiden mahdollisuuksia työskennellä kyseisen opetusmateriaalin avulla. Tämä jää tulevaisuudessa seuraavalle tutkijalle. Vaikuttavuuden testauksessa huomioitiin vain luokanopettajat. Tulevaisuudessa luokanopettajien koulutuksen pitäisi tarjota ympäristöaiheiden opetuksen esimerkkejä aiempaa enemmän ja ympäristöaiheiden osana mikrokemia tarjoaa mahdollisuuksia enemmän kuin aiemmin. Kemian opetuksen kehittäminen tulisi viedä enemmän eteenpäin nimenomaan ympäristöaiheiden puolelta. Kemian opetuksen kehittäminen on tärkeä osa nykypäivää.

LÄHTEET

Ahtee, M. & Rikkinen, H. 1995, Luokanopettajiksi opiskelevien mielikuvia fysiikasta, kemiasta, biologiasta ja maantiedosta. Dimensio 2/1995

Ahtee, M. Kankaanrinta, I-K. & Virtanen, L. 1994, Luonnontieto koulussa, Otava

Ahtee, M. 1998, Luonnontieteiden opettaminen ja konstruktivismi, Teoksessa Lavonen, J ja Erätuuli, M. (toim.) Tuulta purjeisiin, matemaattisten aineiden opetus 2000-luvulle, Opetus 2000, WSOY

Ahtineva, A. & Havonen, T. 2003, Luokkien 5-9 fysiikka ja kemia: Perusopetuksen opetussuunnitelmat, Dimensio 6/2003

Aksela, M. & Mikkola, K. 1999, Kuinka luonnontieteitä voisi opettaa lapsille mukavalla ja motivoivalla tavalla? Tiedekerhotoiminta innoittajana luokanopettajien täydennyskoulutuksessa. Didacta varia 2/1999

Aksela, M. Laitalainen, T. Mäkelä, M-L. & Virkkala, T. 1996, Mikrokemiallinen laboratorio, Opetushallitus, Hakapaino Oy

Aksela, M. & Lumivaara, I. 2002, Vihreää kemiaa kemian opetukseen. Dimensio 2/2002

Aksela, M. 1998, "Hei, minä uskallan ja osaan!" – Onnistumisen iloa ja elämyksiä luokanopettajaksi opiskelevien tiedekerhokoulutuksessa, Teoksessa Lavonen, J ja Erätuuli, M. (toim.) Tuulta purjeisiin, matemaattisten aineiden opetus 2000-luvulle, Opetus 2000, WSOY

Arjanne, S. Heinonen, M. & Palosaari, M. 2003, Koulun fysiikka ja kemia 5 työkirja. OTAVA

Arjanne, S. Heinonen, M. & Palosaari, M. 2003, Koulun fysiikka ja kemia 5. OTAVA

- Asunta, T. 2004, Luokanopetusharjoittelijoiden ympäristö- ja luonnontietokoulutus, Dimensio 1/2004
- Asunta, T. 1994, Kemia – osa Ympäristöämme, osa Arkipäiväämme I: Luovaa luonnontiedettä peruskouluihin: Opetuksen perusteita ja käytänteitä 9, Jyväskylän yliopisto
- Asunta, T. 2004, Suomen ja Saksan koululaisten Suhtautuminen ympäristöasioihin ja kemian opiskeluun, Dimensio 4/2004
- Asunta, T. & Bader, H.J. 1993, Kemia, Ympäristö ja kierrätys, Opetuksen perusteita ja käytänteitä 8, Jyväskylän yliopisto
- Asunta, T. & Little, J. 1995, Microscale Chemistry Laboratory Experiments for Different Schools and School Levels: Opetuksen perusteita ja käytänteitä 16, Jyväskylän yliopisto
- Bardy, M. Aaltonen, S. Lepon, A. & Sandelin, M. 1994, Pieni kertoo suuresta – ympäristöopiskelu lasten kanssa, Stakes tutkimuksia 38
- Eloranta, V. 1995, Ympäristökasvatus peruskoulun yläasteen oppimateriaalien näkökulmasta, Turun yliopisto, Julkaisusarja A:173
- Eskola, J. & Suoranta, J. 2001, Johdatus Laadulliseen tutkimukseen, Gummerus
- Goodwin, T.E. 2004, An Asymptotic Approach to the Development of a Green Organic Chemistry Laboratory, Journal of Chemical Education Vol. 81 No.8 aug. 2004
- Heikinaho, S. 2001, Ympäristökemian tutkimustori, Pro Gradu, Helsingin yliopisto

Heinonen, S. & Kuisma, R. 1994, Nuoren maailmankuva suhteessa luontoon, Ammatillinen opettajakorkeakoulu, Hämeenlinna, Julkaisuja 92, Hämeenlinna

Helsingin sanomat verkkoliite, erikoissivut: Elämää kasvihuoneessa – Kiistelty Kioto voimaan

<http://www2.helsinginsanomat.fi/extrat/ulkomaat/kioto/01.html> (Tieto haettu 17.2.2005)

Helsingin yliopiston kemian laitoksen strategiat 2004-2006

http://www.chemistry.helsinki.fi/hallinto/strategiat/laitosstrategia_2004-2006 ja

http://www.chemistry.helsinki.fi/hallinto/strategiat/tutkimusstrategia_2004-2006 (tieto haettu 7.2.2005)

Helsingin yliopiston ympäristötutkimusyksikkö: Tavoitteet ja toiminta

<http://www.helsinki.fi/ymparistotutkimus/> (tieto haettu 7.2.2005)

Hjeresen, D. Schutt, D. & Boese, J. Green Chemistry and education, Journal of Chemical education, vol 77, No.12. dec 2000

Hungerford, H.R. 1998, Essential Readings in Environmental Education. The Center for Instruction, Staff Development and Evaluation, Stipes Publishing L.L.C. Illinois

Hämäläinen, K. 2002, Proseminaaritutkielma. Kemian opetus peruskoulun alaluokilla

Jarvis, T. 1991, Children and Primary Science: Cassell

Jokinen, R. 2003, Tekniikan ja matematiikan rasti: Opettajat luonnontieteiden radalla. Dimensio 6/2003

Kallonen – Rönkkö, M. 1996, Ajatuksia ala-asteen luonnontieteiden opetuksen oppilas- ja oppimiskäsityksistä. Lapsi luonnontieteen tutkijana. Dimensio 5/1996

Kanerva, K. Lampiselkä, J. Karkela, L. & Ojala, P. 2004, Kemian Demonstraatio-opas, MFKA

Kirchhoff M.M. 2001, Topics in Green Chemistry, journal of Chemical Education, vol. 78 No. 12. Dec 2001

Kivinen, A. & Mäkitie, O. 1993, Kemia OTAVA

Kokeellisuuden työtavat: Lavonen, J & Meisalo, V. Soveltavan kasvatustieteen laitos
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/index.htm> (Tieto haettu 17.2.2005)

Kronholm, J. 2001, Instrumenttianalytiikan nykysovellukset – luentomoniste

Käpylä, M. 1994, Ympäristökasvatus – opetussuunnitelmien lisäkoriste vai kasvatuksen perusteisiin ulottuva muutosvaatimus? Teoksessa: Koulu ympäristön vaalijana, Helsinki, Opetushallitus

Lampiselkä, J. & Vuolle, M. 2001, Mikrokemiaa kouluille 1. Dimensio 3/2001

Lampiselkä, J. & Vuolle, M. 2002, Mikrokemiaa kouluille 4: Ohutkerroskromatografia. Dimensio 1/2002

Lampiselkä, J. & Vuolle, M. 2003, Mikrokemiaa kouluille 8. Puskuriliuokset. Dimensio 1/2003

Leitner, W. Editorial: Green Chemistry: a new phase. The Royal Society of Chemistry: 2004 www.rsc.org/greenchem (tieto haettu 7.2.2005) ja Author

guidelines: Green Chemistry 2004: Green Chemistry: Theory and Practice, P.T, Anastas and J.C, Warner, Oxford University Press, Oxford, 1998 www.rsc.org/greenchem (tieto haettu 7.2.2005)

Lillberg, J. 2004, Luokanopettajien mielikuvia kemian opetuksesta ja oppimateriaaleista uuden opetussuunnitelman valossa, Proseminaaritutkielma

Loeschig, L.V. 1994, Simple Chemistry Experiments With Everyday Materials

Lumivaara, I. 2001, Kemian opettajien näkemyksiä ympäristökemian opetuksen tilasta ja kehittämismahdollisuuksista Suomen lukioissa, Pro Gradu, Helsingin yliopisto

Luonnontieteen tutkimukseen kehitetyt sivut lapsille, www.helsinki.fi/luma/ksenonit (tieto haettu 8.2.2005)

Manahan, E.S. 2000, Environmental Chemistry, seventh edition

Mannila, K. 2000, kokeellisuus ala-asteen ympäristö- ja luonnontiedon opetuksessa. Pro Gradu. Helsingin yliopisto

Millar, J. University of York. The Role of Practical work in the teaching and learning of science. National Academy of Sciences, Washington, DC., 3-4 June 2004

http://www7.nationalacademies.org/bose/Millar_draftpaper_Jun_04.pdf
(Tieto haettu 8.2.2005)

Nakedi, E.M. 2004, Primary School Microscience Experiences (English version), Advanced teaching and learning Packages, Faculty of Sciences, University of Witwaterstrand, Johannesburg

Nummi, E. & Ojanen, V. 1998, Tuo keijut takaisin, Täti Vihreä, Satu ympäristötiedoista, Tampere

Näsäkkälä, E. Flinkman, M. & Aksela, M. Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa, Opetushallitus 2001

<http://www.edu.fi/julkaisut/luonnontietopalatino.pdf> (tieto haettu 18.3.2005)

Perusopetuksen opetussuunnitelmat

http://www.oph.fi/info/ops/pops_web.pdf (tieto haettu 7.2.2005)

Sahlman, H. 1995, Peruskoulun ala-asteelle fysiikkaa ja kemiaa. Opettaja 18/1995

Singh, M.M, Szafran, Z & Pike, R.M. 1999, Microscale Chemistry and Green Chemistry: Complementary Pedagogies, Journal of Chemical Education, Vol. 76 No. 12, Dec. 1999

Singh, M.M, Szafran, Z & Pike, R.M. 1993, Microscale General Chemistry laboratory with Selected Macroscale Experiments

Singh, M.M, Szafran, Z & Pike, R.M. 1997, Microscale inorganic Chemistry

Singh, M.M, Szafran, Z & Pike, R.M. 1995, Microscale & Selected Macroscale Experiments for general & Advanced General Chemistry

Stavridou, H. & Marinopoulos, D. 2001, Water and air pollution: Primary Students' Conceptions about "Itineraries" and Interactions of Substances, Chemistry Education, Research and Practice in Europe, Vol. 2 No. 1 pp. 31-41

Säily, E. 1994, Luonnontieteiden opetuksesta. Dimensio 3/1994

Tella, S. & Lavonen, J. 1995, Tutkielma – oppimisen oiva osoitus. Opas tutkielman tekoon ja raportointiin. Helsinki

Toropainen, P. 1994, Ympäristö- ja luonnontieto oppiaineeksi ala-asteelle.
Dimensio 3/1994

Tuomi, J & Sarajärvi, A. 2002, Laadullinen Tutkimus ja sisällönanalyysi,
Tammi

Vakkilainen, K-M. 2001, Iloa tutkimisesta. Opetushallitus ja TAT

Vakkilainen, K-M. 2001, Luonnontieteiden opetus ja opetussuunnitelmat
Englannin ala-asteilla, Pro gradu, Helsingin yliopisto

Van Cleave's, J. 1996, Ecology for every kid, Easy activities that make
learning science fun, John Wiley & Sons, Inc.

Virrankoski, M. Hänninen, K. & Markkanen, T. 2002, Luonnontiedettä
luokanopettajille, Kemiaa, fysiikkaa ja tähtitiedettä, Tammi

LIITTEET

Liite 1

Luokanopettajat huomio!

Kemian koulutus

Aika: to 4.11.2004

Paikka: luokka F2

Aihe: Kokeellisuutta luokanopettajien kemian opetukseen

- Kokeellisuutta kestävän kehityksen ja vihreän kemian periaatteiden mukaisesti vuosiluokkien 5-6 kemian opetukseen.
- Pääteemana ympäristöaiheet ja mikrokemia

Ilmoittautuminen opettajahuoneen seinällä olevaan listaan!

Viimeistään maanantaihin 1.11. mennessä

Tutkimuslomake/kyselylomake

Hyvä luokanopettaja,

Opiskelen kemian aineenopettajaksi Helsingin yliopistossa ja teen pro gradu - tutkielmaani opetuksen kokeellisuudesta ympäristöaiheista mikroskaalassa ala-asteella. Pyydän, että autat tutkielmani edistymistä vastaamalla tämän lomakkeen kysymyksiin ja palauttamalla sen mahdollisimman pian. Vastauksesi ja niiden perustelut ovat ensiarvoisen tärkeitä tutkimuksen onnistumisen kannalta. Pyydän Sinua vastaamaan ensin taustatietoja koskeviin kysymyksiin ja sen jälkeen varsinaisiin tutkimuskysymyksiin.

1. *Taustatiedot:*

Sukupuoli: Nainen Mies

Ikä: alle 25 v. 25 - 35 v. 36 - 45 v. 46 - 55 v. yli

55 v.

Opetuskokemus: _____ vuosina

Tutkintoni: _____

Kouluni: _____

Erikoistumisaineeni _____ (jos on)

Mitä luokka-astetta opetat tällä hetkellä (oma luokkasi)?

1. 2. 3. 4. 5. 6.

2. *Vastaa väittämiin asteikolla täysin samaa mieltä 5 ja täysin eri mieltä 1*

1=eri mieltä 2=jokseenkin eri mieltä 3=en osaa sanoa 4=jokseenkin samaa mieltä

5=samaa mieltä

- | | |
|--|-----------|
| a) Kemia on tärkeä osa yhteiskuntaa | 1 2 3 4 5 |
| b) Kokeellisuudella on mielestäni suuri rooli oppilaan ajattelun kehittäjänä | 1 2 3 4 5 |
| c) Kemia on osa jokapäiväistä elämäämme | 1 2 3 4 5 |
| d) Pidän kemian opettamista mielekkäänä ja kiinnostavana | 1 2 3 4 5 |
| e) Kokeellinen kemia on omasta mielestäni mielekäs tapa oppimiseen | 1 2 3 4 5 |
| f) Tulevaisuuden opinnoissa ja ammatissa on hyvä osata kemiaa | 1 2 3 4 5 |
| g) Kemian opinnot on hyvä aloittaa mahdollisimman varhain | 1 2 3 4 5 |
| h) Ympäristön tutkiminen kokeellisesti on tärkeää | 1 2 3 4 5 |
| i) Ympäristön tutkiminen kemian avulla auttaa oppilasta ymmärtämään ympäröivää maailmaamme | 1 2 3 4 5 |
| j) Ympäristön tutkiminen kemian avulla on tärkeää | 1 2 3 4 5 |
| k) Mikrokemia on tärkeää kemian kokeellisuuden kannalta | 1 2 3 4 5 |
| l) Mikrokemia tarjoaa mahdollisuuksia kemian opetukseen | 1 2 3 4 5 |
| m) Pienillä välineillä tutkiminen auttaa oppilasta keskittymään ja tekemään havaintoja | 1 2 3 4 5 |
| n) Luonnontieteellisen tutkimusprosessin opettaminen on mielestäni tärkeämpää kuin yksittäisten käsitteiden ja tietojen opettaminen. | 1 2 3 4 5 |
| o) Kokeellista tutkimusta kemian opetuksessa on toteutettava ympäristön ehdoilla ja huomioitava ympäristön vaikutukset oppilaiden työskentelyssä | 1 2 3 4 5 |

3. *Merkitse asiat mielestäsi tärkeysjärjestykseen. (Tärkein ensin)*

- e) Millä tavalla mikrokemia kokeellisuuden osana tukisi oppilaan luonnontieteellistä kehittymistä?

- f) Esimerkkejä ympäristöön liittyvistä tutkimusteemoista, joista olisi hyötyä oppilaan kehityksessä.

5. kokeellisuus kouluopetuksessa

- a) Kuinka paljon olet aiemmin käyttänyt demonstraatioita opettaessasi seuraavia aiheita?

(demonstraatio = opettajan tai oppilaiden tunnilla tekemä koe, jota muu luokka seuraa)
Rengasta oikea vaihtoehto.

	Usein	Joskus	Harvoin	En koskaan	En ole opettanut
Aineiden kiertokulku luonnossa	1	2	3	4	5
Aineiden erilaisuus ja ominaisuudet	1	2	3	4	5
Ilmakehän ilmiöt	1	2	3	4	5
Vesikehän ilmiöt	1	2	3	4	5
Aika, vuorokauden- ja vuodenaajat	1	2	3	4	5

- b) Kuinka paljon olet aiemmin käyttänyt oppilaiden kokeellisia tutkimustehtäviä opettaessasi seuraavia aiheita? Rengasta oikea vaihtoehto.

Rengasta oikea vaihtoehto.

	Usein	Joskus	Harvoin	En koskaan	En ole opettanut
Aineiden kiertokulku luonnossa	1	2	3	4	5
Aineiden erilaisuus ja ominaisuudet	1	2	3	4	5
Ilmakehän ilmiöt	1	2	3	4	5
Vesikehän ilmiöt	1	2	3	4	5
Aika, vuorokauden- ja vuodenaajat	1	2	3	4	5

6. a) Mainitse tärkeimmät syyt sille, miksi käytät/ et käytä demonstraatioita opetuksessasi. (myös katse tulevaisuudessa)

- b) Mainitse tärkeimmät syyt sille, miksi käytät/et käytä oppilaiden kokeellisia tutkimustehtäviä.

7. Mitä eri tapoja käytät kokeellisten tutkimustehtävien tulosten kokoamiseen/raportoimiseen?

Perustelut.

8. Millä muulla tavoin kokeellisuus ilmenee ympäristö- ja luonnontiedon opetuksessasi?(Tai haluaisit sen ilmetä)

9. Esimerkkejä luonnontieteiden tutkimuksista, joita olet aiemmin toteuttanut kemian opetuksessa. (Töiden pääideat, teemat)

10. Mitkä ovat mielestäsi kolme vaikuttavinta tekijää, joiden avulla voisi parantaa kemian opetusta peruskoulun luokilla 1 - 6?

1.

2.

3.

Lisähuomioita, ruusuja ja risuja!

Kiitos avustasi!

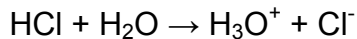
Liite 3

Happamuus ja luonnon happamuus

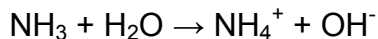
Aineen happamuuden kertoo pH-asteikko, jossa 0-6 on hapan, 6-8 on neutraali ja 8-14 on emäksinen. Mitä suurempi tai pienempi arvo on, sitä voimakkaampi happo/emäs on kyseessä. Happojen ja emästen määrittelmä voidaan esittää vetyionin (H^+) avulla. Hapot ovat vetyionin luovuttajia ja emäkset vastaanottajia. Happo luovuttaa vetyionin vain silloin, kun toinen aine, emäs, voi ottaa sen vastaan.

Puhdas happo on molekyyliyhdiste, mutta veteen liuotettuna se muodostaa ioneja. Kun happomolekyyli luovuttaa vesiliuokseen vetyionin, vesimolekyylit ympäröivät tämän välittömästi ja syntyy positiivinen oksoniumioni (H_3O^+) (Toiselta nimeltään myös hydroniumioni). Vesiliuos toimii tässä vastaanottajana eli emäksenä.

Suolahapon (HCl) liukeneminen veteen:



Vesi voi toimia joko happona tai emäksenä. Vesi on siis amfolyytti. Emäksen reaktio veden kanssa synnyttää hydroksidi-ioneja:



Neutraalissa liuoksessa on yhtä paljon oksoniumionija ja hydroksidi-ioneja. Happamuuden mittarina käytetään indikaattoreita. Indikaattorit kertovat värin avulla, kuinka hapanta tai emästä aine on.

Luonnonhappamuudessa tarkastellaan lähinnä rikin ja typen eri oksideja. Näitä yhdisteitä esiintyy esimerkiksi liikenteen päästöissä, tehtaiden ja voimalaitosten savukaasuissa. Fossiiliset polttoaineet, öljy ja kivihiili, sisältävät aina jonkin verran rikkiä, josta palaessa syntyy helposti rikkidioksidia. Korkeissa lämpötiloissa myös ilman oma tyyppi yhtyy happeen ja muodostuu typen oksideja, vaikka itse palamisreaktiossa ei olisikaan ollut läsnä typpeä. Hiili, rikki ja tyyppi ovat epämetalleja ja palaessaan ne reagoivat ilman hapen kanssa muodostaen epämetallioksideja. Nämä epämetallioksidit ovat happamia tai veteen liuetessaan muodostavat happoa. Metallioksidien vesiliuokset ovat puolestaan emäksisiä.

Maaperä ja vesistöt pystyvät tiettyyn rajaan asti estämään happamoitumistaan. Tätä kykyä kutsutaan puskurikyvyksi. Puskuroituun liuokseen pystytään lisäämään happoa tai emästä ilman, että pH juuri muuttuu. Erilaiset päästöt vaikuttavat luonnon tasapainoon. Epämetallien, kuten hiilen, typen ja rikin palaminen aiheuttavat happamia sateita. Hapan sade on pH:n arvoltaan 4-5. Eri kasveilla on erilaiset pH arvot maaperälle, jossa ne pystyvät kasvamaan. Esimerkiksi kaura pystyy kasvamaan maaperässä, jonka pH on vähän yli 5- 6,5, mutta vehnä vasta pH 6,5 yläpuolella.

1. Luonnonindikaattorit

Työn tarkoituksena on tutkia kotoa keittiöstä löytyviä aineita ja niiden happamuuksia. Samalla tavalla voidaan työtä soveltaa myös vaikka luokkahuoneesta tai luonnosta löytyviin aineisiin (esim. käsienpesuaine, lumi).

Tarvikkeet: kennoalusta
pipettejä
lusikka

Aineet: punakaalimehua
sitruunamehua/sitruunahappoa
konetiskiainetta
soodaa
vettä
Coca- Cola
sokeria
(marjamehua)

Työohje:

Tutki eri aineita punakaalimehun avulla seuraavasti:

- Laita tutkittavia aineita kennolevyn kennoihin. Laita kiinteitä aineita vain lusikan kärjellinen ja lisää joukkoon vettä.
- Lisää kennoihin 2-5 tippaa punakaalimehua.
- Tarkastele värin muutosta.

Opettajalle: Punakaalimehun väriasteikko on pH – arvolla 1-6 kirkkaan pinkistä vaaleamman punaiseen ja pH 7-14 värit ovat vihreästä keltaiseen. Neutraali on violetti eli punakaalin oma väri.

Lisämahdollisuutena talvella sopii seuraava: Kerää lunta lähiseudultasi kolmesta eri paikasta pieniin astioihin. Anna lumen sulaa ja kokeile määrittää pH vedestä. Muista, että pieni määrä punakaali-indikaattoria riittää! Tee vertaileva tutkimus, jossa mittaat myös hanaveden pH: n.

Hyviä luonnonindikaattoreita erilaisten mehujen lisäksi on kukkien terälehdistä murskattu ja etanoliin (alkoholiin) liuotettu indikaattori. Kukista sininen orvokki ja sinivuokko muuttuvat happamassa maaperässä punaiseksi ja emäksisessä keltaiseksi.

www.helsinki.fi/luma/ksenonit

2. Hapan sade

Hapan sade, johtuu rikki- ja typpioksidien liukenemisesta laskeutuvaan sateeseen. Hapan laskeuma tuhoaa esimerkiksi sienirihmastoja ja puun hennoimpia juuria, joten kasvit ja puut alkavat kärsiä ravintojen ja veden puutteesta. Sadevesi on aina hieman hapanta, koska ilman hiilidioksidi liukenee siihen. Hiilidioksidi on heikko happo. Sadeveden pH on

nykyisin 4-5. Työssä tutkitaan millä tavalla pystytään havainnollistamaan hapanta laskeumaa eli sadetta. Työssä pieni filmipurkki edustaa tehdasta, jonka päästöt liukenevat ilmassa veteen ja satavat happamoituneina takaisin veteen.

Tarvikkeet: filmipurkki
läpinäkyvä astia, isompi kuin filmipurkki,
(laakea, johon filmipurkki mahtuu)
muovipussi
teippiä

Aineet: vettä
etikkaa
yleisindikaattoria/ pH-paperia
jääpaloja/- murskaa

Työohje:

1. Laita etikkaa noin kaksi kolmasosaa filmipurkkia.
2. kuumenna vettä kiehuvaaksi ja laita syvään astiaan.
3. Värjää vesi yleisindikaattorilla. Vesi on neutraalia, eli vihreää (Tämä kuvaa vihreää peltoa/maastoa).
4. Laita filmipurkki pystyy veteen niin, ettei veteen pääse etikkaa lainkaan ja että filmipurkki on astian toisessa reunassa.
5. Sulje astia muovipussilla hyvin kiinnittäen se teipillä.
6. Odota hetki ja kun näet, että vesi alkaa haihtua ja tiivistyä muovipussin alapintaan, laita pussin päälle jäitä. Asettele jäät pussin päälle niin, että ne ovat toisessa päässä, missä filmipurkki.
7. Tarkkaile tilannetta. Muuttuuko veden indikaattorin väri? Kirjaa havainnot ylös.

Opettajalle: Työssä ”tehdas” eli filmipurkki, jossa on etikkahappoa, haihtuu kuumassa vesihauteessa höyryksi. Tämä höyry sisältää etikkahappoa ja vettä. Höyry tiivistyy takaisin vedeksi, jossa on siis etikkahappoa liuenneena, joten alas veteen satava sade on hapanta. (Van Cleave’s, 1996)

3. Happosade

Työssä tutkitaan millä tavalla pystytään havainnollistamaan hapanta laskeumaa eli sadetta. Työssä kennosto edustaa peltoa, jonka läheisyydessä on tehdas, jonka päästöt liukenevat ilmassa veteen ja satavat happamoituneina takaisin pellolle.

Tarvikkeet: mikrokennoalusta/kennoalusta
kansi /tulppa, jossa reikä
ruisku
mikrospaatteli/lusikan kärki
muoviputki
muovailuvahaa

Aineet: suolahappo (HCl n.5M)
vedetön natriumsulfiitti-jauhe (Na₂SO₃ (s))/natriumsulfaattia
yleisindikaattoria
hanavettä

Työohje:

1. Täytä mikrokennoalustan pienimmät kennon vedellä ja pudota jokaiseen kennoon muutama tippa yleisindikaattoria.
2. Laita kennoston keskivaiheilla olevaan suurempaan kennoon kolme mikrospaattelia natriumsulfiittia/-sulfaattia ja sulje kannella.
3. Aseta ruisku, jossa on n. puoliväliin asti suolahappoa, toiseen kannen reikään. Aseta kansi siten, että avonainen kannen reikä on ”vesipeltoa” kohden.
4. Päästä suolahappo ruiskusta kennoon ja odota (n. 5min).
5. Tarkkaile, mitä indikaattorivedelle tapahtuu.
6. Lisämahdollisuutena voit kokeilla laittaa kannen reikää muoviputken toimimaan ”savupiipun” elementissä tai tukkia toisen kannen rei’istä muoviluvahalla.
7. Lisäksi voi kokeilla natriumsulfiitin tilalla natriumsulfaattia.

Opettajalle: ”Peltoa” kuvaava kennosto muuttuu natriumsulfiitin ja suolahapon reaktiosta syntyvän kaasun eli rikkidioksidin vaikutuksesta punaiseksi, koska yleisindikaattorin pH arvo alle 7 on väriltään punainen. Työssä tulee olla tarkka, ettei suolahappoa lisätessä ruisku happoa valmiiksi peltoon. Työ kuvaa hyvin vihreää peltoa, joka lannoitteiden tai muiden tuholaistorjunta-aineiden käytön johdosta voi muuttua keltaiseksi ja jopa punaiseksi. Työn happo, joka pääsee ”tehtaasta” ”pellolle” on vahva happo, joten väri on kirkkaan punainen. (Nakedi, 2004)

4. Maaperän tutkiminen

Maaperä ja vesistöt pystyvät tiettyyn rajaan asti estämään happamoitumistaan. Tätä kykyä kutsutaan puskurikyvyksi. Työssä tutkitaan eri maalajien pH:ta.

Tarvikkeet: kuivattuja maanäytteitä (esimerkiksi hiekkaa, multaa, savea)
tislattua vettä
pieniä kannellisia purkkeja/filmipurkkeja (jokaiselle maanäytteelle) tai kennoalusta
pH-mittari (tai pH-paperia)

Työn suoritus:

1. Homogenoi (eli hienonna) maanäytteet.
2. Punnitse maanäytettä vajaa 5g purkkiin, merkitse hyvin mikä maalaji on kyseessä.
3. Mittaa 15 ml tislattua vettä ja lisää se purkkiin.
4. Tee samanlaiset seokset kaikista maanäytteistä.

5. Sekoita purkkeja hyvin ja anna näytteiden odottaa seuraavaan kertaan.
6. Mittaa seoksien pH:t.
7. Mieti mistä erilaiset pH-arvot johtuvat.
8. Voit kokeilla, myös kuumentaa eri maanäytteitä, tarkkaile hyvin, mitä tapahtuu ja kirjaa havainnot ylös. Kuumentamiseen voit käyttää pientä mikrokuumenninta tai lasia, jossa on kuumaa/kiehuvaa vettä.
9. Voit myös sekoittaa maanäytteisiin vettä ja pyrkiä esimerkiksi suodattamalla samaan vesi vielä puhtaaksi/juomakelpoiseksi.

Opettajalle: Maaperät ovat jo luontaisesti happamia happamien sateiden johdosta. Maa-aineksen kuumentaminen edesauttaa epämetallioksidien liukenemista veteen, joten happamat epämetallioksidit pystytään näin havaitsemaan tarkemmin. Maaperän pH-arvot eroavat sen puskurikyvyn johdosta. Toisella maa-aineksella on parempi kyky estää pH:n muutoksia kuin toisella. (www.helsinki.fi/luma/ksenonit)

Luonnon kasvit ja ympäristö

Luonnon kasveja tutkiessa otetaan huomioon ne tekijät, jotka vaikuttavat kasvuun ja siihen, millä tavalla kasvu tapahtuu. Minkälaisia aineita kasvit pitävät sisällään ja miten me voimme havaita ne löytämällä ja käyttämällä mahdollisimman yksinkertaisia välineitä avuksi. Kasvit ja kukat tarvitsevat yhteyttäkseen vettä. Kasvien kasvaminen on taas ihmiskunnan hyvinvoinnin kannalta ensiarvoisen tärkeää. Kasvit käyttävät kasvaessaan ilman hiilidioksidia, auringonvaloa vettä ja maaperän ravinteita. Kaikki nuo neljä asiaa ovat tärkeitä ja ilman yhtä niistä kasvi ei kasva vaan se lopulta kuolee. Yhteyttäessään kasvi tuottaa happea ilmaan (ihmiset hengittävät happea) Happi syntyy, kun kasvi fotosynteesissä sitoo hiilidioksidia ja tuottaa samalla biomateriaalia ja happea O₂. Lisäksi kasvi tuottaa sokereita eli hiilihydraatteja, jotka ovat tärkeä ravinnon lähde ihmisille ja eläimille.

1. Lehtikromatografia

Luonnon kasvit ja lehdet sisältävät erilaisia rakennusaineita.

Tarvikkeet: kolikko
suodatinpaperia
kennoalusta/petrimalja
erilaisia puiden lehtiä
alkoholia (etanoli)

Työohje:

1. Leikkaa suodatinpaperista sopivan kokoinen pala, joka sopii kennoon.
2. Ota puun lehti ja kolikolla rullaa lehden pintaa suodatinpaperiin niin, että väri lehdestä irtoaa joko pisteen tai pienen viivan muotoon noin puolen sentin päähän suodatinpaperin alareunasta.
3. Anna suodatinpaperin värin kuivua hetki.
4. Laita kennoon pieni määrä alkoholia: sen verran, että kun asetat suodatinpaperipalan siihen, se kastuu, mutta väriosa ei koske suoraan alkoholiin.
5. Laita suodatinpaperipala alkoholiin ja odota muutama minuutti.
6. Tarkkaile alkoholin kulkua ja lehtien värejä.
7. Mitä työn tuloksista voidaan olettaa syksyn lehtien sadosta?

Opettajalle: Lehtivärikromatografian avulla pystytään ennustamaan kesän vihreiden lehtien muuttuminen esimerkiksi vain keltaiseksi syksyllä. Kaikki vihreät lehdet sisältävät omat rakennusaineensa eli klorofyllit ja muut jo alku kesästä lähtien. Syksyllä vihreän klorofyllin väri vain hajoaa ja vähenee, joten lehden muut värit saavat vallitsevan tilan. Lehtien rakennusaineet ja niitä vastaavat värit:

väriaineen nimi	väri
karoteeni	keltainen/punertavan keltainen
teofytiini	kellanharmaa
ksantofylli	kellanruskea
klorofylli a	sinivihreä
klorofylli b	vihreä

(Loeschmig, 1994)

2. Itävien siementen tuottama hiilidioksidi

Kasvi tarvitsee siementen itämisen aikana paljon energiaa, mutta se ei saa sitä fotosynteesissä, vaan käyttää usein vararavintonsa energiaa. Kun siementen itäminen alkaa, lisääntyy myös hengitys, jonka avulla siementen sisältämä energia muuttuu käyttökelpoiseksi. Itävät siemenet tuottavat kalkkiveden kanssa hiilidioksidia, ja happi on yleensä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta välttämätön edellytys siementen itämiselle.

Tarvikkeet: itäviä vehnänjyviä (tai herneitä)
koeputki/ kapea astia 2kpl
ruisku
alumiinifolio
kyläistä kalkkivettä (kalsiumkarbonaattiliuos)

Työohje:

1. Ota koeputkeen muutamia itäviä siemeniä ja sulje putken suu alumiinifoliolla
2. Odota hetki (10-20min)

3. Ota näyte ruiskulla koeputken sisältä ilmasta ja kuplita ilma toisessa koeputkessa olevaan kalkkiveteen.
4. Peitä tämän jälkeen koeputki alumiinifoliolla ja ravistele.
5. Mitä tapahtuu?

(Loeschnig 1994)

3. Missä siemenet kasvavat?

Työssä tutkitaan poissulkemismenetelmällä siemenen itämiseen vaikuttavia tekijöitä. Näitä ovat valo, kosteus, ilma, lämpö ja multa. Koe on sovellus kuuluisasta biologian kokeesta, jossa vastaavalla menetelmällä tutkitaan erään kasvihormonin vaikutuksia kasvin kasvuun.

Tarvikkeet: 6 mukia/pientä astiaa/filmipurkkia
multaa
vettä
alumiinifoliota
teippiä
auringonkukansiemeniä

Työohje:

Merkitse muki aluksi seuraavasti (Huom! Käytä mahdollisuuksien mukaan "permanent"- tussia, joka ei ole vesiliukoinen):

Muki 1: Valo

Muki 2: Kosteus

Muki 3: Ilma

Muki 4: Multa

Muki 5: Lämpö

Muki 6: Kontrolli

(Nimeäminen kertoo sen tekijän, joka kyseisestä mukista suljetaan pois)

1. Tämän jälkeen ota muki 1, ja täytä se noin puolilleen mullalla. Istuta siihen noin viisi auringonkukan (tai kauran) siementä. Kastele varovasti niin, että multa kostuu. Tämän jälkeen voit kääriä mukin tiiviisti alumiinifolion sisään niin, että valo ei pääse vaikuttamaan mukin sisään. Varo, ettei alumiinifolio rikkoonnu!

2. Muki 2, josta suljetaan pois kosteus. Muki täytetään ensin samalla tavoin kuin edellinen, eli puoleen väliin saakka mullalla. Siemenet istutetaan vastaavalla tavalla, mutta multaa ei kastella.

3. Kolmanteen mukiin ei päästetä ilmaa, joten siemenet asetetaan ensin mukin pohjalle, jonka jälkeen sinne lisätään muutaman sentin paksuinen multakerros. Lopuksi täytä astia VAROVAISESTI vedellä. Pidä huoli, etteivät siemenet nouse pintaan (ne ovat kevyempiä kuin multa ja vesi).

4. Muki neljä poissulkee mullan. Mukiin laitetaan ensin talouspaperia pohjalle, jonka päälle siemenet "kylvetään". Kastele niin, että paperi on kokonaan märkä.

5. Viides muki poissulkee lämmön. Tämän saat aikaiseksi niin, että täytät ensin mukin puolilleen multaa ja istuta siemenet normaalisti. Kastele jonkin verran, mutta varo, ettei vettä lurahda mukiin liikaa. Vie sen jälkeen muki pihalle varjoisaan paikkaan, missä lämpötila olisi mahdollisimman kylmä. Voit myös halutessasi laittaa mukin jääkaappiin, mutta sinun tulee pitää huolta siitä, että se on valon vieressä.

6. Kontrollimuki saadaan aikaiseksi niin, että täytät mukin puolilleen multaa, istutat viisi siementä ja kastelet sopivasti (ei liian märäksi). Aseta muki valoisaan paikkaan esimerkiksi ikkunalaudalle (sisätiloihin) ja pidä muki tasaisen kosteina pari viikkoa. Muki nro 2 on poikkeus, sillä sille ei saa antaa vettä ja samoin muki nro 5, joka on pihalla.

Opettajalle: Työssä vaaditaan aikaa ja kärsivällisyyttä. Työ pystytään toteuttamaan hyvin suuremmissa ryhmissä. Työ kuvaa hyvin vaihtoehtoa, jossa jokin kasvulle välttämätön tekijä poissuljetaan. Havaintoja pystytään tekemään vaikka päivittäin. Työssä parhaiten onnistuu kasvi, joka saa kaikki kasvulle tarvittavat ominaisuudet pitää. (www.helsinki.fi/luma/ksenonit)

4. Happamuuden vaikutus kasvien kasvuun

Vihreän kasvin fotosynteesi eli yhteyttäminen on tärkeää kaikkien elävien eliöiden ja kasvien kannalta. Yhteyttämisessä kasvi tarvitsee vettä ja hiilidioksidia ja tuottaa happea ja sokeria. Sokerin kasvi varastoi esimerkiksi itseensä ja ihminen syödessään kasvin saa sokerista hiilihydraatteja ja energiaa itselleen.

Työssä tutkitaan rikkidioksidin vaikutusta fotosynteesiin ja siten kasvien kasvuun.

Tarvikkeet:

- tutkittavia kasveja, muutama oksa kasvin lehtiä
- 3 kpl pientä astiaa/filmipurkkia
- 2 kpl pilttipurkkia/keitinlasia
- muovikelmua
- pipetti
- lamppu
- upokas/matala pieni astia (kuumuutta kestävä)
- koeputki/pieni astia
- rikkiä
- kaliumpyrokykarbonaattiliuos
- bromitymolisiniliuos (indikaattori)

Työohje:

1. Laita tutkittavia kasveja kahteen filmipurkkiin, joissa vettä. Aseta toisen päälle keitinlasi, niin että ilma pääsee kuitenkin kulkemaan.
2. Laita pieni kide rikkiä upokkaaseen ja sytytä palamaan. Siirrä nopeasti upokas keitinlasin alle.
3. Odota muutama minuutti. (noin 5min riittää)

4. Siirrä lasin alla olleet kasvit puhtaaseen veteen toiseen filmipurkkiin.
5. Laita molemmat tutkittavat näytekasvit omista pienissä purkeissaan isompiin keitinlaseihin (tai pilttipurkkeihin), sekä käsitelty että käsittelemätön.
6. Laita 20ml kaliumvetykarbonaattiliuosta ja indikaattoriväriä muutama pisara.
7. Kaada valmis seos, joka on väriltään keltainen, puoliksi molempiin keitinlaseihin.
8. Peitä muovikelmulla. Valaise astioita lampulla ja seuraa tapahtumia n. 15min ajan.
9. Mitä havaitset?

Huomio! Bromitymoliliuos on keltainen pH:n arvolla 6 ja sininen ollessaan 7.5. Jos liuos on sininen kohdassa 6. puhalla liuokseen lasiputkella tai pillillä hengitysilmaa, kunnes väri muuttuu keltaiseksi.

Opettajalle: Rikkiä poltettaessa tulee olla varovainen, ettei hengitä kaasua. Bromitymoliliuoksen valmistamisessa tulee olla tarkkana. Kun kasvit laitetaan indikaattorin eli bromitymoliliuoksen kanssa suurempiin astioihin ja valoon (voidaan käyttää esimerkiksi piirtoheitintä), kasvien vaikutukset näkyvät indikaattoriliuoksen värin muutoksena. Bromitymoliliuos on herkkä pH muutoksille, joten rikkikaasussa olleen kasvin liuos muuttua nopeammin väriä ja muuttuu happamamman puolelle enemmän kuin toinen astia. Liuos vertailuastiassa saattaa muuttua ensin hieman sinertäväksi, mutta pillillä puhaltamalla saadaan muutos korjattua, tämä johtuu indikaattorin herkkyydestä vaihtaa väriä juuri kyseisellä pH alueella. (Loeschnig, 1994)

5. Kasvien vedenottamisen tutkimus

Kasvit ottavat vettä yhteyttämiseensä joko juurillaan tai varrellaan, joskus jopa lehdilläänkin. Työssä tarkastellaan kahta samaa kasvia erilaisissa olosuhteissa ja kuinka ne ottavat vettä omaan käyttöönsä. Työ on verrattavissa myös kaupasta saataviin kukkavirkisteisiin.

Tarvikkeet:	kaksi pientä astiaa sekoittamiseen lusikat veisi/puukko
Aineet:	kaksi voikukkaa/ muuta kukkaa suolaa sokeria vettä

Työohjeet:

1. Leikkaa puukolla kukkien varteen suikaleet. Kolme tai neljä erillistä, jotka kuitenkin kiinni vielä varressa.
2. Laita toinen kukista veteen, jossa on suolaa ja toinen kukista veteen, jossa on hiukan sokeria.
3. Anna kukkien olla hetki, muutama minuutti ja tarkkaile niitä.
4. Kirjaa havainnot molemmista astioista.

Opettajalle: Voit myös kokeilla, kuinka kasvi saa vettä? Miten vesi kulkeutuu kasvissa? seuraavalla tavalla: tarvitset: Valkoisia leikkokukkia (tulppaani, neilikka, päivänkakkara), karamelliväriä, pienen maljakon tai pari lasia. Tämän jälkeen värjää vesi karamellivärillä ja laita kukka maljakkoon. Muutaman tunnin päästä saatat havaita jo muutoksia. Miltä kukka näyttää huomenna? Voit myös kokeilla seuraavaa: leikkaa kukan varsi varovasti keskeltä halki n. 15cm matkalta. Laita toinen puolikas punaiseen ja toinen siniseen liuokseen. Mitä havaitset? (Loeschnig, 1994)

6. Fotosynteesiin vaikuttavia tekijöitä

Vihreän kasvin fotosynteesi eli yhteyttäminen on tärkeää kaikkien elävien eliöiden ja kasvien kannalta. Yhteyttämisessä kasvi tarvitsee vettä ja hiilidioksidia ja tuottaa happea ja sokeria. Sokerin kasvi varastoi esimerkiksi itseensä ja ihminen syödessään kasvin saa sokerista hiilihydraatteja ja energiaa itselleen. Seuraavassa työssä tutkitaan ovatko valo ja hiilidioksidi välttämättömiä kasvin fotosynteesissä. Työ on tutkimus, jonka kesto on pidempi kuin muiden.

Tarvikkeet:

vihreä kasvi /pelargonia
kaasupoltin (tähän käy myös keittolevy)
kolmijalka
verkkolevy
2kpl keitinlasi/pilttipurkki (kestää kuumennusta)
pipetti
pinsetit
alumiinifolio
petrimalja/matala alusta/alumiini alusta
jodi-kaliumjodidiliuosta
alkoholia
tulitikut

Työohje:

1. Peitä tutkittavasti kasvista muutama lehti alumiinifoliolla ja anna olla normaalista muutama päivä.
2. Kuumenna vettä keitinlasissa kiehuvaaksi.
3. Pudota peittämätön ja peitettyä ollut lehti kiehuvaan veteen. odota muutama minuutti, niin että elävä kasvisolukko kuolee eli klorofylli vihreä väri on liuennut ja lehdet haalistuneet/vaalentuneet.
4. Ota lehdet keitinlasista ja huuhtelee kylmällä vedellä.

5. Laita lehdet yksi kerrallaan petrimaljalle, jossa on vettä ja jodikaliumjodiliuosta.
6. Tarkkaile, mitä lehdille tapahtuu. Kirjaa havainnot.

Opettajalle: Tutkittavista kasveista ne, jotka ovat olleet muutaman päivän foliolla peitettynä, eivät ole saaneet fotosynteesille tarvittavaa valoa, joten niiden rakenne on niin sanotusti ”kärsinnyt”. Kun lehdet keitetään, peitetty lehti on tummempi kuin valoa saanut lehti. Jodiliuoksen reaktiossa nähdään hyvin kuinka peitetyn lehdet solurungot ovat vaurioituneina, joten lehti on tummempi ja ”ruttuisempi” ja muutenkin huonomman näköinen. (Van Cleave’s, 1996)

7. Öljyn ominaisuuksia

Öljy on fossiilinen polttoaine, joka palaessaan muodostaa rikkipäästöjä. Tämä ei kuitenkaan ole ainut öljyn haittapuoli luonnon näkökulmasta. Öljy on veteen liukenematon yhdiste, joka veteen joutuessaan aiheuttaa haittaa kasvulle ja eliöille.

Tarvikkeet: kaksi matalaa astiaa esim. petrimaljoja
suodatinpaperia
pipetti
käsipyyhkeitä
sakset

Aineet: ruokaöljyä
vettä
elintarvikeväriä

Työohje:

1. Laita hiukan öljyä petrimaljalle ja toiseen vettä saman verran.
2. Leikkaa kaksi suikaletta suodatinpaperista ja kasta yksi paperi öljyyn ja toinen veteen.
3. Laita molemmat paperit käsipyyhkeen päälle.
4. Pudota elintarvikeväriä pisarat molemmille paperille.
5. Tarkkaile, mitä papereilla tapahtuu. Kirjaa havainnot.

Opettajalle: Öljy ei ole vesiliukoinen, joten elintarvikeväri jää pisaraksi öljyn pinnalle, kun taas toisessa vertailuliuksessa väriaine sekoittuu paperiin. Öljy voi olla kohtalokasta joutuessaan vesistöön, koska se ei ole vesiliukoinen vaan jää erilliseksi osaksi nesteen pinnalle. Kokeessa käytetään ruokaöljyä, mutta samat ominaisuudet voidaan havaita myös raakaöljyllä, mutta oppilastoissa on helpompi ja turvallisempi käyttää ruokaöljyä. (Asunta, 1995)

Ilman kemia

Mitä ilma itse asiassa on tai mistä se koostuu? Luonnossa ilma ei koskaan ole ihan ”puhdasta ja kuivaa”, se sisältää aina vesihöyryä ja kiinteitä hiukkasia. Ilma on kaasujen seos, joka koostuu typestä, hapestä, hiilidioksidista, vesihöyrystä, argonista ja muista pienistä määristä eri kaasuja. Ilmaa on kaikkialla, jopa aivan pienimmissä raoissakin. Johdattelevina kysymyksinä oppilaille voisi esittää esimerkiksi voiko ilman nähdä, tuntea, kuulla tai voiko sen haistaa, tai maistaa.

1. Ilman laajeneminen

Tässä työssä tutkitaan ilman laajenemista ja mitä ilman ominaisuuksia on olemassa. Ilma on ainetta, joka painaa ja vaatii tilaa. Työssä tutkitaan ilman laajenemista.

Tarvikkeet: lasipullo
ilmapallo
vesihana

Työohje:

1. Jäähdytä pullo jääkylmässä vesinorossa.
2. Aseta ilmapallo tiukasti pullon suulle.
3. Avaa vesihana ja käännä se kuuman puolelle.
4. Lämmitä pulloa kuumassa vesinorossa.
5. Tarkkaile, mitä tapahtuu.
6. Kokeile vuoroperään kuumaa ja kylmää vettä.
7. Mitä eroa? Miksi?

Opettajalle: Työssä ilmapallo kasvaa, kun pulloa kuumennetaan kuuman vesihana alla. Ilmapallo voi jopa imeytyä tai mennä ”littanaksi”, kun pullo viedään kylmään vesihanaan. (www.helsinki.fi/luma/ksenonit)

2. Poretabletin reaktio veden kanssa

Oletko koskaan miettinyt mitä tapahtuu, kun laitat poretabletin vesilasiin? Juoma alkaa poreilla ja kuplia, mutta miksi? Mitä ainetta reaktiossa muodostuu?

Tässä työssä kokeilemme poretabletin reaktiota veden kanssa ja katsomme, mitä punakaalimehulle tapahtuu.

Tarvikkeet: Koeputki tai läpinäkyvä filmipurkki
Poretabletti (puolikas per työ)
Punakaalimehua
Vettä

Työohje:

1. Laita koeputkeen vettä ja muutama tippa punakaalimehua
2. Lisää poretabletti liuokseen
3. Mitä tapahtuu?

Lisäohje: Pistä muutama reikä filmipurkin pohjaan ja laita sinne poretabletti. Sulje filmipurkki ilmapallolla, jolla haamunnaama. Istuta ”haamu” multaan, niin että ilmapallo peittyi, ei kuitenkaan liian syvälle. Kastele ja tarkkaile!

Opettajalle: Poretabletti reagoi veden kanssa vapauttaen hiilidioksidia hiilihaposta, joten tämän takia neste kuplii ja kuohuu. Poretabletti sisältää usein sitruunahappoa ja c-vitamiinia, joten se on hapan ja punakaalimehun väri muuttuu punaiseksi. (www.helsinki.fi/luma/ksenonit)

3. Hiilidioksidisammutin

Hengittämisen lisäksi happikaasua tarvitaan myös palamiseen. Jos palava aine ei saa happea, liekki sammuu. Yksi tapa riistää palavalta aineelta happi on syrjäyttää happikaasu jollain toisella aineella. Tässä työssä liekki sammutetaan toisella kaasulla; hiilidioksidilla.

Aineet ja välineet: matala kynttilä
tulitikut
muovipullo
soodaa
etikkaa

Työohje:

1. Sytytä kynttilä.
2. Laita muovipulloon lusikallinen soodaa.
3. Lisää joukkoon hieman etikkaa (parin cm:n kerros riittää)
4. Käännä pullo vaaka-asentoon ja vie pullon suu kynttilän liekin päälle.
5. Ole varovainen, ettei pullosta pääse vaahtoa ulos, kynttilä on tarkoitus sammuttaa näkymättömällä kaasulla!

Opettajalle: Työssä tulee olla tulen kanssa varovainen. Sooda ja etikka reagoivat keskenään vapauttaen hiilidioksidia, joten liuos kuplii ja kuohuu. Hiilidioksidi sammuttaa kynttilän, koska kynttilän ympäriltä vähenee happi ja ei ole tulta ilman happea. Sooda sisältää natriumbikarbonaattia, jonka avulla etikkahappo vapauttaa hiilidioksidin. (www.helsinki.fi/luma/ksenonit)

4. Filmipurkkiraketti

Tämä raketti ei lennä ihan avaruuteen asti, mutta onnistunut lento voi olla jopa useita metrejä. Raketista roiskuu hiukan "polttoaineena" toimivaa leivinjauhetta ja vettä, joten jos mahdollista "laukaise" raketti ulkona tai alustan päällä. Varmista myös, että mitään särkyvää ei ole lähellä.

Tarvikkeet: tyhjiä filmipurkkeja (pyydä valokuvausliikkeestä)
paperia
sakset
teippiä
tusseja
pikkulusikka
leivinjauhetta

Työohje:

1. Valmistele raketin ulkoasu. Askartele raketille siivekkeet, koristele ne ja kiinnitä teipillä filmipurkin kylkeen.
2. Laita filmipurkkiin vettä noin kolmasosa sen tilavuudesta ja kanteen lusikan kärjellinen leivinjauhetta.
3. Mene ulos tai sellaiseen paikkaan, jossa roiskeet eivät haittaa (esim. kylpyhuone).
4. Laita kansi tiukasti ja nopeasti purkkiin kiinni, aseta purkki kansi alassuon kovalle alustalle ja peräänny kauemmas.
5. Mitä tapahtuu? Miksi?

Opettajalle: Filmipurkki tulee laittaa kiinni mahdollisimman nopeasti, ettei hiilidioksidi, joka syntyy leivinjauheen ja veden reaktiosta "karkaa". Sijoita filmipurkki kansi alaspäin maahan, ja varmista että lähellä ei ole ketään tai mitään. Filmipurkin voi myös heittää ilmaan. Leivinjauheen ja veden reaktiosta vapautuu hiilidioksidia, koska leivinjauhe sisältää natriumdifosfaattia ja natriumbikarbonaattia.
(www.helsinki.fi/luma/ksenonit)

5. Ihmemiehen kylmähaude

Tarvikkeet: minigrip – pusseja
kannettomia filmipurkkeja
pikkulusikoita
ruokasoodaa
etikkaa

Työohje:

1. Kaada vajaa (2/3) filmipurkillinen etikka pussin pohjalle.
2. Kuivaa purkki ja laita purkin pohjalle 1 lusikallinen ruokasoodaa.
3. Aseta purkki varovasti pussin sisälle, niin ettei se kaadu.
4. Sulje pussi tiiviisti ja ravista, niin että sooda ja etikka sekoittuvat.
5. Mitä tapahtuu?
6. Miksi pussi täyttyy? Mitä sinne muodostuu?
7. Tunnustele pussin pohjaa, miltä se tuntuu? Miksi?

Opettajalle: Reaktio soodan ja etikan välillä vapauttaa hiilidioksidia, joka on kaasu ja vaatii tilaa enemmän, koska pussissa on myös happea. Pussi ei välttämättä kestä kaasun painetta, joten tässä tulee olla varovainen. Reaktio on endoterminen eli se vaatii energiaa ja lämpöä toimiakseen. Tässä reaktio ottaa lämpö ympäriltään, joten pussi tuntuu kylmältä. (Kataja & Toivikko, 2002: Kemiaa alakoululaisille, koulutusmateriaali, MET ry)

Liite 4

Tulokset: Tutkimukseen osallistuneiden sukupuoli, ikä, opetuskokemus, ja luokka-aste.

Taulukko A: Taustatiedot

Taustatiedot:	Määrä: lkm	Prosentit %
Sukupuoli:		
Nainen	8	67
Mies	4	33
Yhteensä	12	100
Ikä:		
alle 25v.	4	33
25–35 v.	5	42
35–45 v.	3	25
45–55 v.	0	0
55- v.	0	0
Yhteensä	12	100
Opetuskokemus:		
alle 1v.	3	25
1-5 v.	2	17
5-10 v.	4	33
10-15 v.	1	8
yli 15 v.	1	8
ei vastausta	1	8
yhteensä	12	n.100
Luokka-aste: (Tällä hetkellä)		
1	2	17
2	1	8
3	2	17
4	3	25
5	3	25
6	1	8
Yhteensä	12	100
Tutkinto:		
Kesken	1	8
KK/KM 160 ov	5	42
FM, ei	1	8
opettajankoulutusta	3	25
ei tutkintoa	2	17
Yhteensä	12	100