

LEHDET KEMIAN OPETUKSESSA
PERUSOPETUKSESTA KORKEAKOULUIHIN:
ESIMERKKINÄ KEMIA-KEMI-LEHTI

Noora Syrjäläinen

Pro gradu –tutkielma
21.2.2008

Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto
Kemian koulutusohjelma
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Helsingin yliopisto
Ohjaajat: Maija Aksela ja Markku Räsänen

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET – UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos – Institution – Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Kemian laitos	
Tekijä – Författare – Author			
Noora Syrjäläinen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title			
Lehdet kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin: Esimerkkinä Kemia-Kemi-lehti			
Oppiaine – Läroämne – Subject			
Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto			
Työn laji – Arbetets art – Level	Aika – Datum – Month and year	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages	
Pro gradu -tutkielma	21.2.2008	107+52	
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
Käyttämällä lehtiä voidaan luoda hyödyllinen oppimisympäristö kemian opetukseen. Lehtien käyttö tukee perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien perusteissa mainittuja tiedon hankkimisen, soveltamisen ja arvioimisen taitoja. Informaalisella oppimisella tarkoitetaan oppimista kaikissa arjen ympäristöissä. Sitä tapahtuu jatkuvasti esimerkiksi tiedotusvälineiden kautta. Suomessa informaalista oppimista on tutkittu vähän. Etenkin kemian opetuksen tutkimuksessa se on uusi tutkimusaihe. Useissa muissa tutkimuksissa on havaittu nuorten luonnontieteellisen lukutaidon olevan puutteellista ja kemian kiinnostuksen nuorten keskuudessa vähäistä. Informaalisien kemian oppimisen uskotaan olevan eräs mahdollisista keinoista esimerkiksi edellä mainittujen kemian opetuksen haasteiden kohtaamisessa. Tämä kehittämistutkimus oli yhteistyöhanke Helsingin yliopiston kemian laitoksen ja Kemia-Kemi-lehden kanssa. Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa kemian opettajien ajatuksia ja kokemuksia lehtien käytöstä opetuksessa sekä kehittää niiden pohjalta informaalista kemian oppimista tukevia oppimateriaaleja. Esimerkkilehtenä käytettiin Kemia-Kemi-lehteä. Tutkimuksen tarvekartoitus toteutettiin kyselytutkimuksena, johon osallistui 46 Kemia-Kemi-lehteä lukevaa eri asteiden kemian opettajaa. Kemian opettajat hyödyntävät erilaisia informaalisia oppimisympäristöjä opetuksessaan satunnaisesti. Informaalisista oppimisympäristöistä internetiä käytetään kemian opetuksessa eniten. Lehdet olivat toiseksi suosituin informaalisia oppimisympäristö. Suurin osa kemian opettajista suhtautui lehtien käyttöön opetuksessa myönteisesti tai neutraalisti. Kaikkien kemian opettajien keskuudessa sanomalehtiä käytetään opetuksessa muita lehtiä enemmän. Korkeakoulujen ja ammatillisten oppilaitosten kemian opettajat käyttävät opetuksessa eniten ammatillisesti suuntautuneita ja tiedettä popularisoivia lehtiä. Vastaaajien enemmistö käyttää Kemia-Kemi-lehteä opetuksessa harvoin tai satunnaisesti. Tärkeimmät syyt lehtien käytölle opetuksessa liittyivät lehdistä saatavaan ajankohtaiseen tietoon sekä opetuksen linkittämiseen osaksi arjen kokemuksia. Tiedon hankinnan ja arvioinnin taitojen kehittymistä pidettiin myös tärkeänä näkökohtana. Kemian opettajien vastausten ja aikaisemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta muodostettiin tavoitteet tarvittavan oppimateriaalien kehittämiseksi. Tavoitteiden ohjaamana kehitettiin kolme Kemia-Kemi-lehteä hyödyntävää kemian oppimateriaalia, joissa sovellettiin informaalisien oppimisen periaatteita. Kemian opettajaopiskelijat arvioivat kehitettyjen oppimateriaalien tukevan niille asetettuja tavoitteita. Heidän mielestään lehtiä tulisi käyttää kemian opetuksessa nykyistä enemmän. Tutkimuksen kohderyhmää pidetään innovaation edelläkävijöinä. He ovat keskeisessä asemassa informaalista kemian oppimista tukevien oppimateriaalien käytön leviämisessä. Jatkossa kemian opettajia tulisi tukea käyttämään uusia oppimateriaaleja sekä asettaa opettajien arvioiden pohjalta tavoitteita uusille kehittämiskohteille. Lisäksi tarvitaan lisää tutkimusta lehtien käytöstä kemian opetuksessa eri asteilla sekä opiskelijoiden oppimisesta erilaisten lehtien avulla.			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Kemian opetus, lehdet kemian opetuksessa, informaalisia oppiminen, luonnontieteellinen lukutaito			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
Kemian laitos			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
Ohjaajat: Maija Aksela ja Markku Räsänen			

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	INFORMAALINEN KEMIAN OPPIMINEN JA KASVATUS	5
2.1	INFORMAALISEN OPPIMISEN JA INFORMAALISEN KASVATUKSEN EROJA	5
2.2	FORMAALINEN, NONFORMAALINEN JA INFORMAALINEN KASVATUS	6
2.3	NÄKÖKULMIA INFORMAALISEEN KEMIAN OPPIMISEEN	9
2.4	INFORMAALINEN OPPIMISYMPÄRISTÖ KEMIAN OPETUKSESSA	11
2.5	OPETUSSUUNNITELMIEN PERUSTEET JA INFORMAALINEN KEMIAN OPPIMINEN	12
2.6	INFORMAALISEN OPPIMISEN VAHVUUDET KEMIAN OPETUKSESSA	14
2.7	INFORMAALISEN OPPIMISEN HAASTEET KEMIAN OPETUKSESSA	16
2.8	OPETTAJIEN KÄSITYKSISTÄ INFORMAALISESTA OPPIMISESTA	19
3	INFORMAALISTA KEMIAN OPPIMISTA TUKEVAT TYÖTAVAT	20
3.1	KEMIAN OPETUKSEN TYÖTAPOJEN LUOKITTELU	21
3.2	TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT TYÖTAVAT	23
3.3	AIKAISEMPAA TUTKIMUSTIETOA TYÖTAPOJEN KÄYTÖSTÄ	26
3.4	KEMIAN OPPIMINEN LUKEMALLA	29
3.4.1	LUONNONTIETEELLINEN LUKUTAITO	31
3.4.2	LEHTIEN KÄYTTÖ KEMIAN OPETUKSESSA	34
3.5	INFORMAALISTA KEMIAN OPPIMISTA HYÖDYNTÄVIEN TYÖTAPOJEN KÄYTTÖÖNOTTO	38
3.5.1	KEMIAN OPPIMATERIAALIEN DIFFUUSIO	39
3.5.2	KEMIAN OPPIMATERIAALIEN DIFFUUSION ESTEET	40
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	42
4.1	TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	42
4.2	TUTKIMUSMENETELMÄT	42
4.2.1	TARVEKARTOITUS	43
4.2.2	OPPIMATERIAALIN KEHITTÄMINEN	46
4.2.3	KEHITETTYJEN OPPIMATERIAALIEN KOKEILU, ARVIOINTI JA JATKOKEHITYS	46
4.3	KOHDERYHMÄ	46
4.4	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS	49

5	TULOKSET	52
5.1	INFORMAALINEN OPPIMINEN KEMIAN OPETUKSESSA	52
5.1.1	KEMIAN OPETTAJIEN KÄYTETYIMMÄT TYÖTAVAT OPETUKSESSA	52
5.1.2	INFORMAALISTEN OPPIMISYMPÄRISTÖJEN HYÖDYNTÄMINEN KEMIAN OPETUKSESSA	59
5.2	LEHDET OSANA KEMIAN OPETUSTA	62
5.3	TAVOITTEET OPPIMATERIAALEILLE	74
5.4	INFORMAALISEN OPPIMISEN HYÖDYNTÄMINEN KÄYTETTÄESSÄ KEMIA-KEMI-LEHTEÄ KEMIAN OPETUKSESSA	75
5.5	KEHITETTYJEN OPPIMATERIAALIEN ARVIOINTI	79
6	TULOSTEN TARKASTELUA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	85
6.1	INFORMAALINEN OPPIMINEN KEMIAN OPETUKSESSA	85
6.2	LEHDET OSANA KEMIAN OPETUSTA	87
6.3	INFORMAALISEN OPPIMISEN HYÖDYNTÄMINEN KEMIAN OPPIMATERIAALEISSA	91
6.4	TUTKIMUKSEN MERKITYS	92
	LÄHTEET	95
	LIITTEET	108

1 JOHDANTO

Do we teach biology, chemistry, physics, mathematics, or do we teach young people how to cope with their own world? (Fourez 1997, 907)

Oppimista tapahtuu jatkuvasti ja kaikkialla, muuallakin kuin erityisissä opetustilanteissa. Suomalainen yhteiskunta on asettunut muun muassa teknologisen kehityksen myötä pysyvään muutoksen tilaan. Ihmiset ovat jatkuvasti uutta oppimista vaativissa tilanteissa. Oppimisen tarpeeseen voidaan vastata edistämällä ihmisten elinikäistä oppimista heidän kaikissa elinympäristöissään. (Komiteamietintö 1997, 1, 26) Suomessa kuten muuallakin maailmassa on viime vuosina alettu keskustella yhä enemmän kaikkiin ympäristöihin ulottuvan elinikäisen oppimisen merkityksestä (Falk 2001, 4; Nyyslä 2002a, 9; Moreland 1999, 176). Elinikäinen oppiminen mainitaan yhtenä opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteista (POPS 2003; LOPS 2004).

Dewey esitti jo 1890-luvulla vaatimuksen, että oppiaine on organisoitava lapsen luonnollisten toimintojen ympärille. Hänen mukaansa oppimisen ja tiedonhankinnan perusteiksi on otettava lapsen jokapäiväisestä elämästä tutut toiminnot. (Koro 1993, 106) Informaalista oppimista voidaan kutsua ihmisten arkipäivässä oppimiseksi. Se on oppimista kaikissa mahdollisissa elinympäristöissä. Informaalinen oppiminen toteutuu tavallisesti koulukirjoihin ja kokeisiin painottavan koulutuksen ulkopuolella muun muassa televisiota katsomalla, lehtiä lukemalla tai erilaisten opintovierailujen aikana (Stocklmayer & Gilbert 2002, 143). Esimerkiksi nuorten tietotekninen osaaminen perustuu pitkälti omaehtoiseen informaaliseseen oppimiseen (Nyyslä 2002b, 36).

Usein informaalinen oppiminen on sattumanvaraista, eikä sitä voida helposti todistaa (Nyyslä 2002b, 36). Informaalisen oppimisen tai informaalisen kasvatuksen käsitteen määrittelystä ei tiedeyhteisössä olla yhtä mieltä. Informaalista kasvatusta verrataan usein formaaliseen ja nonformaaliseen kasvatukseen. Toisinaan informaalinen oppiminen luokitellaan koulun ulkopuolisissa ympäristöissä tapahtuvaksi oppimiseksi, ja toisinaan määrittelyssä otetaan huomioon monia muitakin näkökulmia. Informaalinen kasvatustulisi esimerkiksi Salmen (1994) ja Morelandin (1999) mukaan nähdä formaalista ja

nonformaalista kasvatusta täydentävänä kasvatuksena. Mikään tutkimustulos ei viittaa siihen, että informaalinen oppiminen olisi perusteiltaan ratkaisevasti erilaista kuin formaalinen oppiminen ja opetus. (Salmi 1994, 115; Moreland 1999, 176)

Lehdet ovat yksi keskeinen informaalisen kemian oppimisen muoto (Stocklmayer & Gilbert 2002). Tässä tutkielmassa informaalisen oppimisen mahdollisuuksia sovelletaan kemian kouluopetukseen Kemia-Kemi-lehden avulla. Kemian opettajan olisi tärkeää monipuolistaa kemian tuntien oppimisympäristöjä siten, että opiskelijoille tarjottaisiin edellytyksiä kemian oppimiseen heidän kaikissa elinympäristöissään (LOPS 2004). Kemian opettaja voi informaalista kemian oppimista opetuksessaan soveltaen ohjata opiskelijoita ymmärtämään kemian merkitys kaikkialla elinympäristössä.

Informaalisen oppimisen tutkimus on ollut viime vuosikymmenen aikana kasvavan kiinnostuksen kohteena. Valtaosa julkaistuista artikkeleista käsittelee lähes yksinomaan erilaisia opintovierailuja. Ne ovat kuitenkin vain yksi informaalisen kemian oppimisen osa-alue. Opintovierailujen lisäksi muuta informaalisen oppimisen tutkimusta on tehty vähän (Gerber, Cavallo, & Marek 2001, 537; Andersson, Lucas & Ginns 2003, 177; Rennie *et al.* 2003, 114–115; Eraut 2004, 248). Tässä tutkielmassa tarkastellaan lehtien, esimerkkinä Kemia-Kemi-lehden, käyttöä osana kemian opetusta. Lehtiä pidetään tässä tutkielmassa informaalisen oppimisympäristönä, jota voidaan soveltaa myös kouluopetukseen. Tutkielmassa kartoitetaan työtapoja, miten lehtiä voidaan käyttää ja miten informaalisen oppimisen mahdollisuuksia voidaan hyödyntää kemian opetuksessa.

Luonnontieteellisen lukutaidon kehittymistä pidetään kautta maailman yhtenä keskeisimmistä luonnontieteiden opetuksen tavoitteista (Kachan, Guilbert & Bisanz 2006). Luonnontieteellisen lukutaidon kehittyminen on myös edellytys informaalille kemian oppimiselle (Maarschalk 1988). Lukutaito vähentää oppimisen riippuvuutta ajasta, paikasta ja auktoriteeteista. Syvällistä ymmärtämistä sekä johtopäätösten tekoa vaativat tekstit ovat oppijoille usein vaikeita. Nämä taidot ovat juuri niitä taitoja, joita tulevaisuuden nuoret ja aikuiset tarvitsevat opiskelussa ja työelämässä. Luku- ja kirjoitustaitoa voidaan syventää ja monipuolistaa koko eliniän ajan. (Linnankylä & Takala 1990, esipuhe)

Lehtien käyttö kemian opetuksessa tukee tavoitteita, jotka liittyvät opetussuunnitelmien perusteiden viestintä- ja mediataidon (POPS 2004) sekä viestintä- ja mediaosaamisen (LOPS 2003) aihekokonaisuuksiin. Kemian ja myös muiden reaalaineiden opetuksessa tulisi kirjojen ja lehtien saada Aebelin (1990, 122) mukaan enemmän sijaa oppimateriaaleina. Vain siten oppijat oppivat saavuttamaan itselleen välttämättömät teksteistä oppimisen taidot. Tiedotusvälineillä on valtava merkitys ihmisten tiedonlähteenä. Esimerkiksi Asunnan (2003) tutkimus osoittaa, että tiedotusvälineet ovat luonnontieteiden opettajien ohella yläasteikäisten oppilaiden tärkeimmät ympäristöasioita koskevan tiedon lähteet. Lehtien etuna pidetään sitä, että ne antavat ajankohtaista ja uutta tietoa opetukseen. Lehtien avulla lukija voidaan myös tutustuttaa kemian arkielämän sovelluksiin. Lehtien käyttö tukee kemian opetuksen suunnittelua siten, että opiskelun lähtökohtana ovat opiskelijan omat mielenkiinnon lähteet. (Aksela 1995, 30)

Erilaisia toimintaympäristöjä tulisi tutkia merkityksellisinä oppimisympäristöinä. Aittolan (1998, 175) mukaan koulu ei ole riittävästi ottanut huomioon yhteiskunnan muutoksia ja yhä moniulotteisemmaksi muuttuvaa sosiaalista todellisuutta. Esimerkiksi medioiden seuraaminen toimii sellaisena oppimisympäristönä, jonka merkitystä nuorten keskuudessa ei ole Aittolan, Jokisen ja Laineen (1994) mukaan varaa aliarvioida. Myös Opetushallitus pitää oppimista tukevien oppimisympäristöjen monipuolistamista tärkeänä näkökohtana. Se on myöntänyt vuonna 2007 valtionapua kouluille, jotka kehittävät toiminnallisuutta ja arkielämässä hankittua osaamista tukevia sekä ympäröivään yhteiskuntaan laajentavia oppimisympäristöjä. (Bräutigam 2008; OAJ 2007)

1920-luvulta lähtien ollaan jo tiedostettu, että kemia ei usein kiinnosta nuoria (Bennett, Hogarth & Lubben 2003). Asenteet kemian opiskelua kohtaan ovat usein negatiivisia, eivätkä nuoret usein valitse kemian kursseja lukio-opinnoissaan. (Erätuuli 1988, 42; Stocklmayer & Gilbert 2002, 144; Montonen 2003; Lavonen *et al.* 2004) GISEL-hankkeen (Lavonen *et al.* 2004) tutkimustulokset tukevat päätelmää, jonka mukaan oppilaan asenne ja kiinnostus vaikuttavat siihen, kuinka paljon kemiaa opiskellaan koulussa. On tärkeää kiinnittää huomiota siihen, millainen opiskelu motivoi nuoria ja ylläpitää heidän luontaista kiinnostustaan ympäröivää todellisuutta kohtaan. Opetusten työtapojen valinnalla on merkitystä kiinnostukseen kemian opiskelua kohtaan. Stocklmayerin & Gilbertin (2002, 144) mukaan informaalisen kemian huomioiminen kemian opetuksessa tulee olemaan keskeisessä asemassa, kun pyritään muuttamaan asenteita kemiaa kohtaan

positiivisemmiksi. Kemian opettajien tulisi ottaa huomioon nämä näkökulmat kemian opetusta suunnitellessaan. Kemian opetukseen tarvitaan uusia lähestymistapoja ja oppimateriaaleja.

Erään tutkimuksen mukaan kemia ei kiinnosta nuoria, koska kemian yhteyttä arkielämään ja ympäröivään yhteiskuntaan ei tunnisteta (Solbes & Vilches 1997). Kemian opetukselle luonteenomaista on usein runsas abstraktien käsitteiden käyttö ilman yhteyttä aitoon ympäristöön. Kemiaa ei nähdä arkipäivässä muun muassa sen vuoksi, että usein vaikeatajuinen tieteellinen käsite eroaa samaa asiaa tarkoittavasta arkikielen ilmaisusta. (Gabel 1999, 548; Hume *et al.* 2006, 662). Kysymykseksi nousee, kuinka kemiaa voidaan oppia informaalisesti siten, että arjessa opittu tieto osattaisiin yhdistää kemian asiantuntijatietoon ja siten, ettei ristiriitoja arkikielen ja koulukemian välille syntyisi.

Tämä tutkielma on nelivaiheinen kehittämistutkimus (Edelson 2002). Tutkimuksen tavoitteena on kehittää informaaliseseen oppimiseen soveltuvia kemian opetuksen oppimateriaaleja. Kemian opetuksen uudistuminen edellyttää sitä, että opettajat ottaisivat uusia tutkimuspohjaisia oppimateriaaleja käyttöönsä opetuksessa. Siten heillä on mahdollisuus arvioida uusien, informaalista kemian oppimista hyödyntävien, oppimateriaalien ominaisuudet ja merkitys sekä kehittää niitä edelleen yhdessä kemian opetuksen tutkijoiden kanssa.

Tutkielma sisältää kuusi lukua. Tutkimuksen teoreettisessa viitekehyksessä (luku 2) määritetään informaalisen oppimisen ja informaalisen kasvatuksen käsitteet sekä pohditaan informaalisen kemian oppimisen etuja ja haasteita kemian opetuksessa. Kolmas luku käsittelee aikaisempaa tutkimustietoa työtavoista informaalisen kemian oppimisen näkökulmasta. Työtavoista keskitytään erityisesti lukemalla oppimiseen ja lehtien käyttöön kemian opetuksessa. Lisäksi luvussa esitellään uusien työtapojen käyttöönottoon liittyvä innovaatioteoria. Neljännessä luvussa kerrotaan tutkimuksen toteutuksesta. Viidennessä luvussa käydään läpi tutkimuksen tulokset tutkimuskysymyksittäin. Kuudennessa luvussa palataan tutkimuksen keskeisiin tuloksiin ja tarkastellaan niitä tutkimuskirjallisuuden pohjalta. Liitteinä ovat tutkielmassa käytetty kyselylomake saatekirjeineen, toteutettu sisällönanalyysin runko, kehitetyt oppimateriaalit, oppimateriaaleihin liittyvät Kemia-Kemi-lehden artikkelit sekä oppimateriaalien arviointiin liittyvät lomakkeet.

2 INFORMAALINEN KEMIAN OPPIMINEN JA KASVATUS

Kemian opetuksessa informaallinen oppiminen tai informaallinen kasvatus on käsitteenä usein uusi asia, eikä informaalisen kemian oppimisen mahdollisuuksia ole juuri tutkittu. Siksi informaalisen oppimisen hyödyntämistä kemian opetuksessa on tärkeää selvittää. Pohdittaessa informaalisen oppimisen mahdollisuuksia kemian opetuksessa keskeiseksi kysymykseksi nousee, miten informaalisia oppimisympäristöjä voidaan hyödyntää opetuksessa siten, että oppijoiden ymmärrys kemian ilmiöitä kohtaan syvenisi.

2.1 Informaalisen oppimisen ja informaalisen kasvatuksen eroja

Sananmukaisesti käännettynä *informal education* tarkoittaa epävirallista tai -muodollista kasvatusta. Suomalaiseen käsitteistöön näyttää olevan vakiintumassa vierasperäinen termi informaallinen kasvatus (esim. Hirsjärvi 1982, 64; Tuomisto 1998, 36) tai informaali kasvatus (esim. Nyyssölä 2002a; 2002b; Aittola 1998). Käsitteiden informaallinen kasvatus (*informal education*) ja informaallinen oppiminen (*informal learning*) välille tulisi niitä käytettäessä tehdä ero.

Käsitteitä oppiminen (*learning*) ja kasvatus (*education*) käytetään usein virheellisesti synonyymeina. Kasvatus on tavoitteellista ja tietoista toimintaa. Kasvatustapahtumassa on oppijan lisäksi mukana ohjaaja, esimerkiksi opettaja. Oppimista (*learning*) tapahtuu jatkuvasti, myös ilman asetettuja tavoitteita ja oppimisen ohjaajaa. (Hirsjärvi 1982, 73, 95; Salmi 1992, 1; Moreland 1999, 163; Overwien 2000, 623)

Informaaliseksi oppimiseksi voidaan Livingstonen (2001, 4) mukaan kutsua kaikkea sellaista toimintaa, jossa saavutetaan tietoja tai taitoja, mutta toiminta ei tapahdu ulkopuolelta määrättyjen kriteerien mukaisesti. Informaalista oppimista tapahtuu ihmisten arjessa muun muassa työn, perheen, leikin, kaupankäynnin, kirjallisuuden ja tiedotusvälineiden yhteydessä (Tuomisto 1991, 143–144; Livingstone 2001, 30). Informaaliselle oppimiselle on tyypillistä opiskelijan korkea-asteinen itsekontrolli sekä oppimistilanteiden spontaanius ja suunnittelemattomuus. (Tuomisto 1994, 24; Livingstone 2001, 2–3; Marsick & Watkins 2001, 25; Stocklmayer & Gilbert 2002, 143).

Informaalisessa kasvatuksessa oppijoita ohjataan informaaliseseen oppimiseen. Ohjaus tarkoittaa sellaisten tilanteiden luomista, joissa spontaania informaalista oppimista voi toteutua. Tässä tutkielmassa tukeudutaan Livingstonen määritelmään: Informaalinen oppiminen määritellään yläkäsitteeksi, jonka alle informaalisen kasvatuksen käsite kuuluu. Informaalista kemian oppimista voi tapahtua jatkuvasti ja kaikkialla. Osa tästä kemian oppimisesta tapahtuu ohjatun informaalisen kasvatuksen puitteissa. (Livingstone 2001, 2, 4)

2.2 Formaalin, nonformaalin ja informaalin kasvatusta

Hyvä kemian alan koulutus sisältää Arnettin (1988) mukaan monipuolisia formaalisia ja informaalisia oppimismahdollisuuksia. Erityisen tärkeänä oppimismahdollisuutena Arnett pitää harjoittelua tutkimusryhmässä. Muodollisten kurssien lisäksi opiskelijalla on tutkimusryhmässä mahdollisuus oppia spontaanisti paljon sellaisia keskeisiä kemian taitoja, joita hän ei voisi muutoin oppia. Myös Eshach (2007) pitää eri kasvatustyyppien (formaalin, nonformaalin ja informaalin) linkittämistä toisiinsa oppimisen kannalta tärkeänä. Eri kasvatustyyppien esittelyä seuraavissa kappaleissa, ja niiden eroja vertaillaan taulukossa 1.

Taulukko 1. Formaalin, nonformaalin ja informaalin kasvatusta eroja (mukaan: Eshach 2007, 174; Moreland 1999, 172).

Kasvatusta osa-alue	Formaalinen kasvatusta	Nonformaalin kasvatusta	Informaalinen kasvatusta
Tapahtumapaikka	koulussa	koulun ulkopuolisessa instituutiossa	kaikkialla
Luonne	voi olla tukahduttavaa	kannustavaa	kannustavaa
Ohjaus	ohjattua	ohjattua	ei ohjattua
Suunnittelu	yleensä ennalta suunniteltua	yleensä ennalta suunniteltua	spontaanista
Motivaatio	tyypillisesti ulkopuolelta tulevaa	sekä ulkopuolelta tulevaa että luontaista	yleensä luontaista
Pakollisuus	pakollista	vapaaehtoisista	vapaaehtoisista
Kontrolli	opettajakeskeistä	yleensä ohjaaja- tai opettajakeskeistä	yleensä oppijakeskeistä
Arviointi	arvioidaan	ei yleensä arvioida	ei arvioida
Eteneminen	tiettyä ajallista järjestystä noudattava	ei yleensä noudata ajallista järjestystä	ei noudata ajallista järjestystä
Päätösten tekeminen	hierarkkinen ja opettajalle keskittynyt	demokraattinen	demokraattinen

Informaalisella kasvatuksella tarkoitetaan ”kaikkia eliniän kestäviä prosesseja, joiden kautta yksilö omaksuu asenteita, arvoja, taitoja ja tietoja päivittäisten kokemusten ja elinympäristöjen kasvattavien vaikutusten ja hänelle tarjoamien resurssien kautta” (Tuomisto 1991, 143–144). Informaalinen kasvatus on lähinnä koulujärjestelmän ulkopuolella, mutta myös osin sen sisällä tapahtuvaa kasvatusta, jonka tavoitteita ei ole virallisesti säädetty. (Hirsjärvi 1982, 46, 64)

Formaalinen kasvatus (*formal education*) on kasvatusta, jota annetaan yhteiskunnan koulutusta, opetusta ja kasvatusta varten perustetuissa instituutioissa, joiden kasvatustavoitteet on virallisesti määritelty ja kirjattu opetussuunnitelmiin (Hirsjärvi 1982, 46, 64). Formaalisella kasvatuksella tarkoitetaan hierarkkisesti rakentuvaa, ajallisesti etenevää ja tutkintoihin perustuvaa kasvatustajärjestelmää. (Tuomisto 1991, 143).

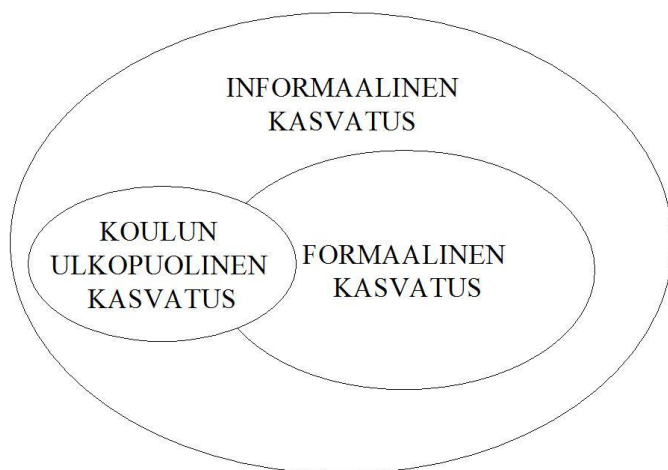
Nonformaalisella kasvatuksella (*nonformal education*) tarkoitetaan niitä kasvatusta ja oppimista varten organisoituja toimintoja, jotka tapahtuvat formaalisen kasvatuksen ulkopuolella. Nonformaalinen kasvatus ei muodosta mitään varsinaista järjestelmää kuten koulujärjestelmä, eikä sen avulla tavoitella muodollista tutkintoa. Sen tarkoitus on palvella tiettyjä opiskelijaryhmiä ja oppimistavoitteita. Nonformaalista kasvatusta ovat esimerkiksi erilaiset tiedekerhot tai kansalaisopistotoiminta. (Tuomisto 1991, 143–144) Marsick & Watkins (1990, 32) eivät käytä käsitettä nonformaalinen kasvatus. Heidän mukaansa nonformaalisella kasvatuksella on paljon samankaltaisia piirteitä kuin formaalisella kasvatuksella. Nonformaalinen kasvatus on organisoitua ja usein muistuttaa esimerkiksi työtavoiltaan formaalista kasvatusta. Kehitysmaissa, joissa formaalinen koulutus koskettaa vain tiettyä osaa kansasta, nonformaaliset aktiviteetit nähdään toisena mahdollisuutena koulutukseen. Nonformaalisen kasvatuksen voisi Marsickin & Watkinsin (1990) mukaan nähdä yhtenä formaalisen kasvatuksen kerroksista.

Informaalisen kasvatuksen käsitteestä ei tiedeyhteisössä olla yhtä mieltä. Keskustelua on herättänyt etenkin informaaliseseen, nonformaaliseseen ja formaaliseen kasvatukseen liittyvä fyysinen tila sekä eri kasvatusmuotojen erottaminen toisistaan. Yhtäältä informaalinen kasvatus määritellään kasvatukseksi, joka tapahtuu luokkahuoneen ulkopuolella (esim. Gerber *et al* 2001; Maarschalk 1988). Toisaalta määritettäessä informaalista, nonformaalista ja formaalista kasvatusta, otetaan huomioon lisäksi oppijan asenteet, motivaatio, oppimisen sosiaaliset ja vuorovaikutteiset puitteet sekä oppimisen arviointi

(Eshach 2007, 173). Eshach väittää, että koska informaalinen oppiminen tapahtuu spontaanisti ihmisten arkipäiväisissä rutiineissa, se ilmenee muiden arkipäivän ympäristöjen ohella eli myös koulussa. Eshachin (2007, 174) mukaan informaalista oppimista tai informaalista kasvatusta ei siten voi määrittää ainoastaan fyysiseen tilaan perustuen. On keskeisempää, miten oppiminen tapahtuu kuin missä oppiminen tapahtuu. Myös Falk (2001, 7) väittää, että informaalisen oppimisen käsite on ongelmallinen. Hän korvaa käsitteen informaalinen oppiminen englanninkielisellä käsitteellä *free-choise learning*¹ Ongelmalliseksi informaalisen ja formaalisen oppimisen määritelmät tekee Falkin mukaan se, ettei oppimisprosessin luonnetta voi rajata yksinomaan fyysisen tilan perusteella.

Marsick & Watkins (1990, 12) väittävät, että informaalinen oppiminen voi tapahtua sekä jonkin organisaation rohkaisemana että myös ympäristöissä, joita ei tavallisesti liitetä oppimiseen. Jos esimerkiksi kemian opettaja koulussa ja ohjaaja tiedekeskuksessa onnistuvat luomaan merkityksellistä toimintaa opiskelijoiden kesken, niin oppimiskokemus on molemmissa tapauksissa hyvin samankaltainen. Onko tiedekeskuksessa tapahtuva kasvatus fyysiseen tilaan perustuen informaalista ja koulussa tapahtuva kasvatus formaalista kasvatusta? Voidaanko tällaista jakoa tehdä? Opintovierailu tiedekeskuksessa saattaa olla kouluopetukseen verrattuna hyvin organisoitua ja jäsennettyä. Toisaalta koulussa tapahtuva kasvatus voi olla epämuodollista, edetä pääosin opiskelijan ehdoilla sekä tapahtua spontaanisti, jolloin siinä on paljon informaalisen kasvatuksen piirteitä. (Falk 2001; Martin 2004) Salmen (1992, 7–10) mukaan sekä informaalinen että formaalinen kasvatus voivat hyödyntää koulun ulkopuolista kasvatusta (*out-of-school education*) (ks. kuvio 1). Instituutioiden tarjoamat puitteet voivat vaikuttaa oppimiseen, mutta ne eivät määritä sitä, kuinka oppiminen tapahtuu. (Henze 1992, 11; Livingstone 2001, 2–3; Falk 2005, 271; Eshach 2007, 174–175) Käytännössä formaalisen, nonformaalisen ja informaalisen kasvatuksen erottaminen toisistaan on vaikeaa, koska ne kietoutuvat monin eri tavoin keskenään. Eri oppimismuodot voidaankin nähdä ulottuvuutena, jonka toisen pääm muodostaa formaalinen kasvatus ja toisen informaalinen kasvatus (Tuomisto 1991, 145; Eraut 2004, 250). Silloin tarkkaa rajaa informaalisen ja formaalisen kasvatuksen välille ei aseteta.

¹ Englanninkielinen termi ”free-choise learning” (Falk 2001) sisältää paljon samoja piirteitä kuin tässä tutkielmassa käytetty informaalinen oppiminen (”informal learning”).



Kuvio 1. Koulun ulkopuolisen kasvatuksen sijoittuminen suhteessa informaaliseen ja formaaliseen kasvatukseen (Salmi 1992, 7).

2.3 Näkökulmia informaaliseen kemian oppimiseen

Informaalinen kemian oppiminen voi olla tiedostettua tai tiedostamatonta. Se voi tapahtua esimerkiksi seuraavasti (Tuomisto 1998, 32–40):

- a) Tietoisesti ja huolelliseen suunnitelmaan perustuvana, esimerkiksi seuraamalla kemian ammattilehtiä. Kun yksilö opiskelee ja kehittää itseään täysin omaehtoisesti, kutsutaan sitä itseohjatuksi oppimiseksi. (Tuomisto 1991, 144)
- b) Erilaisena kokemusperäisenä oppimisena, jota tapahtuu lähes kaiken toiminnan kautta, vaikka toiminnalle ei olekaan aina asetettu täsmällisiä tavoitteita. Kokemusperäistä kemian oppimista voi tapahtua esimerkiksi laboratoriotyöskentelyn yhteydessä.
- c) Spontaanisti muiden toimintojen sivutuotteena niin, että yksilö harvoin tiedostaa oppivansa. Tällaista oppimista Marsick & Watkins (1990, 2001) kutsuvat satunnaisoppimiseksi (*incidental learning*), jonka he erottavat omaksi alakäsitteeksi informaalisesta oppimisesta. Suunnittelematonta ja tiedostamatonta oppimista tapahtuu kaikessa inhimillisessä toiminnassa. Käytännön kokemusten kautta huomaamatta saavutettu hiljainen tieto (*tacit knowledge*) voi myöhemmin tulla yksilön tietoisuuteen ja hänen tarkastelunsa kohteeksi. (Marsick & Watkins 1990, 23–24; Salmi 1994; Tuomisto 1991, 145). Oppija oppii tavallisesti myös jotakin aivan muuta kuin mitä alun perin oli suunniteltu. (Salmi 1994, 115; Falk 2005, 266)

Stocklmayer & Gilbert (2002, 145) ovat sitä mieltä, että informaalisessa kemian oppimisessa on tärkeää ottaa huomioon seuraavat näkökulmat:

- Oppimistilanteiden tulee olla kiinnostavia ja luonnontieteellisten ideoiden tulee olla tilanteiden keskiössä.
- Oppimistilanteet tapahtuvat tietyissä konteksteissa eli asiayhteyksissä. Myös Solbes & Vilches (1997) pitävät kontekstuaalisuutta (STS-oppiminen) keskeisenä näkökulmana oppilaiden kiinnostuksen heräämiseen kemiaa kohtaan.
- Oppimistilanteet ovat kerronnallisia eli oppimisen kontekstit liittyvät kertomuksiin (*narrative*). Narratiivisuuteen tekstien osalta luottaa myös Vatanen (1990, 114), jonka mukaan narratiivisen tekstityypin käyttäminen helpottaa tekstien ymmärtämistä.

Informaalisessa kemian oppimisessa on yhteisiä piirteitä kontekstuaalisten ja STS- tai STES -lähestymistapojen kanssa. Sekä informaalin kemian oppiminen että kontekstuaaliset ja STS- tai STES-lähestymistavat liittävät oppimisen osaksi arjen kokemusmaailmaa. Kontekstuaalisessa kemian oppimisessa tavoitteena on liittää kemian aihepiirit oppijoille tuttuihin tai oppijoita kiinnostaviin konteksteihin ja siten saattaa opittavat kemian teemat lähelle oppijan omaa elämää. (Dori & Tal 2000, 97; Gilbert 2006; Lavonen & Meisalo 2008)

STS-lähestymistavat (*science, technology, society*) (Heath 1992) tai STES-lähestymistavat (*science, technology, environment, society*) (Tal, Dori & Keiny 2001) määritellään sellaisiksi luonnontieteiden opetuksen kontekstuaalisiksi lähestymistavoiksi, joissa yhteiskunnalliset (*society*), teknologiset (*technology*) ja ympäristöön liittyvät (*environment*) teemat kytketään luonnontieteiden (*science*) oppimiseen ja opettamiseen. STS- ja STES-lähestymistapojen yhteydessä puhutaan usein myös luonnontieteellisestä lukutaidosta (*scientific literacy*), jota käsitellään lisää kappaleessa 3.4.1. (Heath 1992; Solbes & Vilches 1997; Viiri & Saari 1999; Tal, Dori & Keiny 2001; Lavonen & Meisalo 2008)

Informaalista kemian oppimista hyödynnetään kemian kouluopetuksessa oppimisympäristöajattelun avulla (ks. 2.4). Keskeisenä ajatuksena on se, että kemian opetuksen oppimisympäristöjä monipuolistamalla opiskelijoiden edellytykset oppia kemiaa informaalisesti heidän kaikissa elinympäristöissään paranevat. Informaalinen oppiminen määritellään tässä tutkimuksessa seuraavasti. Informaalinen kemian oppiminen

- on spontaania (Maarschalk 1988; Eshach 2007),
- tapahtuu yleensä vuorovaikutuksessa toisten oppijoiden kanssa (Moreland 1999; Marsick & Watkins 2001),
- on kontekstuaalista (Stocklmayer & Gilbert 2002) sekä
- liittyy arkipäiväisiin rutiineihin (Marsick & Watkins 2001).

2.4 Informaalinen oppimisympäristö kemian opetuksessa

Nykyisin ajankohtainen oppimisympäristöajattelu soveltuu informaalisen kemian oppimiseen. Sekä informaalisessa oppimisessa että oppimisympäristöajattelussa huomio siirretään opettajan toiminnasta oppijan toimintaan ja oppimista tukevan ympäristön suunnitteluun. (Manninen et al. 2007, 121; Livingstone 2001; Marsick & Watkins 2001) Tässä tutkimuksessa keskitytään lehtien käyttöön osana kemian opetusta. Lehdet ovat keskeinen osa ihmisten arkipäivää, joten lehtien käyttöä kemian opetuksessa pidetään tämän tutkimuksen näkökulmasta informaalisena oppimisympäristönä (ks. Stocklmayer & Gilbert 2002). Opetushallituksen kirjassa *Oppimista tukevat ympäristöt: Johdatus oppimisympäristöajatteluun* käytetään seuraavia määritelmiä, joissa oppimisympäristö nähdään fyysisen tai virtuaalisen tilan lisäksi myös ihmisten muodostamaksi, vuorovaikutteiseksi sekä oppimista tukevaksi yhteisöksi (Manninen et al. 2007):

"Oppimisympäristö on paikka, tila, yhteisö tai toimintakäytäntö, jonka tarkoitus on edistää oppimista" (Manninen & Pesonen 1997, 3).

"Oppimisympäristö on paikka tai yhteisö, jossa ihmisillä on käytössään erilaisia resursseja, joiden avulla he voivat oppia ymmärtämään erilaisia asioista ja kehittämään mielekkäitä ratkaisuja erilaisiin ongelmiin" (Wilson 1996, 3).

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa oppimisympäristö määritellään seuraavasti (POPS 2004):

"Oppimisympäristöllä tarkoitetaan oppimiseen liittyvää fyysisen ympäristön, psyykkisten tekijöiden ja sosiaalisten suhteiden kokonaisuutta, jossa opiskelu ja oppiminen tapahtuvat."

Yllä olevia oppimisympäristön määritelmiä voidaan laajentaa koskemaan myös informaalisia oppimisympäristöjä. Tässä tutkimuksessa oppimisympäristön käsitettä käytetään seuraavissa merkityksissä (Manninen *et al.* 2007, 18):

- a) Oppimisympäristö opetuksen ja koulutuksen suunnittelua ohjaavana pedagogisena mallina, jolloin oppiminen tapahtuu tietoisesti valituissa oppimista tukevissa ympäristöissä.
- b) Oppimisympäristö ajattelutapana, jolloin korostetaan perinteisestä luokkamuotoisesta ja opettajajohtoisesta opiskelusta poikkeavia opetus- ja opiskelumenetelmiä sekä koulun ulkopuolella tapahtuvaa oppimista.

Oppimisympäristöjen sosiaalinen ilmapiiri ja muoto sekä didaktinen lähestymistapa unohdetaan usein oppimisympäristön määritelmästä, vaikka ne ovat juuri niitä tekijöitä jotka tekevät tilasta oppimisympäristön (Manninen & Pesonen 1997, 3). Koulusta voidaan Mannisen *et al.* (2007, 118–119) mukaan tehdä oppimisympäristö esimerkiksi siten, että formaalisen koulujärjestelmän sisällä "avataan" ovia ja hyödynnetään lähiympäristöä ja eri toimijoiden tarjoamia mahdollisuuksia. Tässä tutkimuksessa kemian tunnin oppimisympäristöä laajennetaan arkielämään lehtien avulla.

2.5 Opetussuunnitelmien perusteet ja informaallinen kemian oppiminen

Voimassa olevien perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien perusteissa (POPS 2004; LOPS 2003) voidaan nähdä lukuisia yhtymäkohtia informaaliseen kemian oppimiseen. Opetussuunnitelmien perusteet pohjautuvat konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Konstruktivismissa painopiste on siinä, mitä oppija itse aktiivisessa vuorovaikutuksessa muiden kanssa tuottaa. Oppijan näkeminen aktiivisena merkitsee sitä, että hänen nähdään oppivan kaikissa tilanteissa jotain. (Koskinen 1989, 96; Puolimatka 2002, 13) Andersson,

Lucas & Ginns (2003) pitävät konstruktivistista oppimiskäsitystä sopivana viitekehyksenä informaaliselle oppimiselle, koska se ottaa huomioon oppijan aikaisemmat tiedot sekä oppimiskokemuksen yksilöllisyyden.

Informaalinen oppiminen on liitetty usein elinikäisen oppimisen strategiaan (esim. Nyyssölä 2002b, 36). Opetussuunnitelman perusteissa mainitaan, että opittavana on uuden tiedon ja uusien taitojen lisäksi oppimis- ja työskentelytavat, jotka ovat elinikäisen oppimisen välineitä. (POPS 2003; LOPS 2004).

Kemian oppiminen on sidoksissa siihen toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu. Opiskelijan omaa aktiivista tiedonrakentamisprosessia korostavasta oppimiskäsityksestä seuraa, että koulun on luotava sellaisia opiskeluympäristöjä, joissa opiskelijat voivat asettaa omia tavoitteitaan ja oppia työskentelemään sekä itsenäisesti että yhteistoiminnallisesti erilaisissa ryhmissä. Jokaisen yksilöllinen oppiminen riippuu oppijan aiemmin rakentuneesta tiedosta, motivaatiosta sekä oppimis- ja työskentelytavoista. Oppimisympäristöjen tulee olla monipuolisia. Opiskelutilanteita tulee suunnitella siten, että opiskelija pystyy soveltamaan oppimaansa myös opiskelutilanteiden ulkopuolella. (Aksela & Juvonen 1999, 13; POPS 2003; LOPS 2004). Opetussuunnitelman perusteissa viitataan siihen, kuinka tärkeää on ohjata opiskelijoita käyttämään erilaisia oppimis- tai opiskeluympäristöjä. Kun opiskelijoita ohjataan soveltamaan oppimaansa luokahuoneopetuksen ulkopuolella eli omassa arjessaan, heitä ohjataan silloin oppimaan informaalisesti.

Luonnontieteellinen lukutaito tai luonnontieteellinen sivistys (*scientific literacy*) liittyy tiiviisti informaaliseseen oppimiseen (Maarschalk 1988). Tätä käsitellään lisää luvussa kolme. Opetussuunnitelmien perusteiden kemian tavoitteet liittyvät luonnontieteellisen yleissivistyksen saavuttamiseen seuraavien esimerkkien mukaisesti. Kemian perusopetuksen tavoitteissa mainitaan, että opetuksen tulee auttaa ymmärtämään kemian ja teknologian merkitystä jokapäiväisessä elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa. Kemian opetuksen tulee myös antaa oppilaalle valmiuksia tehdä jokapäiväisiä valintoja ja keskustella erityisesti energian tuotantoon, ympäristöön ja teollisuuteen liittyvistä asioista. (POPS 2004) Lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa jäsentävinä teemoina kaikissa kurseissa ovat energia, kemian merkitys yhteiskunnassa ja vihreä kemia. Kaikille pakollisen yhteisen kemian kurssin tarkoituksena on antaa se kemiallinen yleissivistys,

jolle muiden aineiden opiskelu lukiossa ja lukion jälkeen voi nojautua. Lukion opetussuunnitelman perusteissa käy ilmi myös mahdollinen yhteistyö erilaisten sidosryhmien kanssa. (LOPS 2003; Montonen 2003, 14)

Ammatillisten perustutkintojen opetussuunnitelmien kemian tavoitteissa (Opetushallitus 2007a) mainitaan monia tavoitteita, jotka liittyvät eri ammattien arkeen ja käytänteisiin. Koska informaallinen oppiminen tarkoittaa oppimista arjen ympäristöissä kuten työssä (esim. Marsick & Watkins 2001), ammatillisten perustutkintojen tavoitteet voidaan yhdistää osaksi informaallisen kemian oppimisen tavoitteita.

2.6 Informaallisen oppimisen vahvuudet kemian opetuksessa

Informaallisen kemian oppimisen tavoitteena on muun muassa avartaa oppimisympäristöjä, lisätä opiskelijoiden kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan sekä syventää opiskelijoiden luonnontieteellistä ymmärtämystä (Dori & Tal 2000, 96). Stocklmayerin & Gilbertin (2002) mukaan huonot asenteet kemiaa kohtaan ovat lähtöisin koulumaailmasta. Suomalaiset kemian opettajat pitävät yhtenä kemian opetuksen keskeisenä ongelmana kemian arvostuksen puutetta (ks. Aksela & Juvonen 1999, 67). Kemian informaallisella oppimisella uskotaan olevan mahdollisuus muuttaa kemiaan kohdistuvia negatiivisia asenteita positiivisempaan suuntaan (Stocklmayer & Gilbert 2002, 143–144; Nyysölä 2002b, 37). Nyysölä (2002b) väittää, että informaallisen oppimisen ottaminen huomioon kouluopetuksessa saattaa olla yksi tapa saada myös koulunkäyntiin heikosti motivoituneet henkilöt innostumaan opiskelusta. Esimerkiksi opintovierailuilla kemian opetuksessa voi olla merkittävä rooli elinikäisten positiivisten asenteiden muodostumisessa luonnontieteitä kohtaan (Bybee 2001, 47; Eshach 2007, 178).

Informaallinen oppiminen monipuolistaa oppimisympäristöjä, liittää oppimiskokemukset lähemmäs arkipäivää ja tekee siten oppimisesta mielekäästä (Lucas 2000; Bybee 2001; Tuomisto 1991). Lucas (2000) selvitti tutkimuksessaan alaluokkien oppilaiden odotuksia opintovierailusta tiedekeskuksiin. Koulussa opiskelu oli heidän mielestään usein pelkästään kirjoittamista ja mieleen painamista. Opintovierailun aikana oppilaat pääsivät opiskelemaan luonnontieteitä monipuolisesti.

Eräissä tutkimuksissa on saatu tuloksia, joiden mukaan informaalinen oppiminen lisää kiinnostusta ja motivaatiota opiskeltavia aiheita kohtaan. Salmi (1992) tutki lisensiaattityössään tiedekeskusopetusta ja motivaatiota informaalisessa opetuksessa. Salmen mukaan tiedekeskusnäyttely osoittautui motivoivaksi oppimistilanteeksi. Hän pitää tulosten soveltamista formaaliseen opetukseen mielenkiintoisena mahdollisuutena. Kaivamon (1985) tutkimuksessa selvitettiin lukion opiskelijoiden suhtautumista teollisuusvierailuun. Useimmat heistä kokivat vierailun mielenkiintoiseksi ja kemian opetusta edistäväksi. Kaivamon mukaan ”omakohtaista työskentelyä sisältävää opetusvierailua voidaan pitää oppilaiden kokemusten perusteella suositeltavana työmuotona lukion kemian opetuksessa”. Informaaliseseen kemian oppimiseen liittyvien kontekstuaalisten ja STS-lähestymistapojen on tutkimusten (ks. Solbes & Vilches 1997; Gilbert 2006) mukaan todettu kasvattavan nuorten kiinnostusta kemian opiskelua kohtaan sekä syventävän kuvaa kemiasta.

Informaaliset oppimisympäristöt vaikuttavat aikaisempien tutkimusten (Gerber, Cavallo & Marek 2001; Uitto *et al.* 2006) perusteella myös koulumenestykseen. Esimerkiksi Uitto *et al.* (2006) havaitsivat, että suomalaisten oppilaiden biologian opiskeluun kohdistuvan kiinnostuksen ja koulun ulkopuolisten aktiviteettien väliltä löytyy yhteys. Jarmanin & McClunen (2002, 2008) mukaan opiskelijoiden luonnontieteisiin liittyvät harrastukset mahdollisesti lisäävät koulun ulkopuolella tapahtuvaa sanomalehtien lukemista. Gerber, Cavallo & Marek (2001) tutkivat opiskelijoiden luonnontieteellistä päättelykykyä suhteessa opiskelijoiden informaalisiin oppimiskokemuksiin. Opiskelijat, joiden arkeen kuului monipuolisia aktiviteetteja, menestyivät paremmin päättelykykyä mittaavissa testeissä kuin ne opiskelijat, joiden informaaliset aktiviteetit olivat yksipuolisia.

Arnettin (1998, 591) mukaan informaalinen kemian tutkimustyössä oppiminen tukee kemian opiskelijan luovan ja kriittisen ajattelun kehittymistä. Yliopistojen tulisi siksi pitää huolta siitä, että tutkimusryhmissä mukana olevat kemian opiskelijat pääsisivät formaalisen teoriaopiskelun lisäksi osallistumaan monipuolisesti tutkimusryhmän toimintaan sekä siten oppimaan informaalisesti, mitä tutkimustyön tekeminen käytännössä tarkoittaa. (Arnett 1998)

Lehdet informaalisena oppimisympäristönä mahdollistavat monipuolisen ja ajankohtaisen informaation saavuttamisen kemian opetuksessa. Kemian oppikirjoissa ei usein näy kemian

yhteys yhteiskuntaan (Solbes & Vilches 1997, 378). Oppikirjoissa esitellään tavallisesti ainoastaan luonnontieteiden tutkimustuloksia irrallaan toisistaan. Lehdissä julkaistuissa kirjoituksissa esitellään sen sijaan tulosten lisäksi myös tutkimusten taustalla olevat keskeiset kysymykset, tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen tarkoitus. (Norris & Phillips 1994, 951) Aksela (1995) ehdottaa, että erilaisia lehtiä tulisi käyttää opetuksessa monipuolisesti muun muassa sen takia, ettei oppikirjojen tietosisältö yksinomaan riitä antamaan tietoa ajankohtaisista asioista. Norris & Phillipsin (1994) mukaan monipuolinen luonnontieteellisten tekstien käyttö kehittää luonnontieteellistä lukutaitoa. Jos opiskelijat lukevat vain yhdentyyppisiä tekstejä, heidän lukutaitonsa jää todennäköisesti puutteelliseksi. Tutkimustietoa lehtien käytöstä kemian opetuksessa oppimisen tukena ei ole tähän mennessä saatavilla.

Lehtien käytöllä kemian opetuksessa voidaan lisäksi tukea kemian merkityksellistä oppimista ja siinä tarvittavien korkeamman tason ajattelutaitojen harjaannuttamista (ks. 3.4).

2.7 Informaalisen oppimisen haasteet kemian opetuksessa

Tiedekeskusvierailujen on huomattu kiinnostavan lapsia, ja heidän keskittymiskykynsä on ollut verrattain hyvää. Eshach (2007, 172) kysyy, johtuuko hyvä keskittymiskyky ainoastaan siitä, että lapsilla on mukavaa, vai ovatko he oikeasti kiinnostuneita esillä olevista asioista. On mahdollista, että viihdyttävyyden on lapsille kasvatuksellista ulottuvuutta keskeisempää. Informaalisen kemian oppimisen haasteena lienee sama kysymys. Tarinat, tiedeohjelmat tai opintovierailut ovat varmasti hauskoja. Mutta miten informaalisen kemian kasvatusta tulisi järjestää niin, että kemian oppiminen olisi keskeisessä roolissa ja oppimista tapahtuisi?

Eshach kritisoi myös sitä, että tiedekeskuksissa tieteestä saadaan vääränlainen kuva. Tieteestä pyritään mahdollisesti tekemään helpon ja ongelmattoman oloista. Jo Dewey oli toisaalta sitä mieltä, että jos oppijalla on hauskaa, niin hän väistämättä oppii jotakin. Opittu sisältö ei kuitenkaan ole välttämättä se, mitä opettaja on aikonut opettaa. Informaalinen oppiminen tapahtuu spontaanisti ja opiskelijan ehdoilla, joten informaalista oppimista on oikeastaan mahdotonta suunnitella. (Eshach 2007, 172) Tätä tutkija pitää informaalisen

kemian oppimisen haasteena silloin, kun informaalista oppimista sovelletaan kemian opetukseen.

Sahlberg (1991) selvitti, miten käyttökelpoisina Finiste-tietoverkon opettajat pitivät eri työtapoja. Työtavan käyttökelpoisuuden kannalta tärkein vaikuttava tekijä tutkimuksessa mukana olleiden opettajien mielestä oli aika. Voimakkaimmin tutkimus toi esiin työtavan suunnitteluun kuluvan ajan vaikutuksen. Opettajien mielestä työtapana oli sitä käyttökelpoisempi, mitä vähemmän työtapaan tarvitaan aikaa. Jos opettajat kokevat aikataulut opetussuunnitelman sisältöihin nähden liian tiukoiksi, se asettaa haasteita informaaliselle oppimiselle kemian opetuksessa. Kemian opettajien voi olla vaikeaa suunnitella erilaisia informaalisia oppimisympäristöjä, jos he kokevat opetuksen resurssit ja siihen kaavaillut aikataulut rajallisiksi.

Griffin & Symington (1997) havaitsivat, että tiedekeskusvierailuja suunnitelleet opettajat eivät itse tunnistanee tiedekeskuksissa olevia erilaisia oppimisympäristöjä tai niiden mahdollisuuksia. Opettajat toivat formaalisen opetuksen työtavat informaaliseseen oppimisympäristöön. He eivät myöskään osanneet yhdistää tiedekeskusvierailujen sisältöjä vallitsevaan opetussuunnitelmaan. Tällaisissa tapauksissa vaarana on, että oppimiskokemus jää opiskelijalle irralliseksi. Melberin & Cox-Petersenin mukaan (2005, 103) opettajien tulisikin itse saada laadukkaita kokemuksia luonnontieteistä, jotta he voisivat tarjota merkityksellisiä oppimiskokemuksia opiskelijoilleen. Jos erilaiset oppimiskokemukset jäävät opiskelijoiden mieleen irrallisiksi, he eivät välttämättä osaa myöhemmin yhdistää niitä kemian opetuksessa opiskeltaviin sisältöihin.

Informaalisen kemian oppimisessa kemiaa opitaan arkipäivän eri tilanteissa. Kemian ymmärtämisen kannalta on olennaisen tärkeää, että arkipäivän tieto osataan yhdistää osaksi koulussa opittua tietoa. Opiskelijoilla on usein vaikeuksia ymmärtää kemian käsitteitä ja ilmiöitä oikein. Merkittävät ristiriidat oman arkitiedon ja tieteellisen tiedon välillä hankaloittavat uusien asioiden oppimista. Siihen, kuinka opiskelijat muodostavat käsityksiään, tulisi kiinnittää huomiota jo kemian opiskelun alkuvaiheissa. (Nakhlet 1992) Tämä on tutkijan mielestä yksi keskeisistä informaalisen kemian opetuksen haasteista. Opettajien tulisi osata ohjata opiskelijoita yhdistämään heidän monipuolisia informaalisia oppimiskokemuksiaan koulussa opiskeltaviin kemian sisältöihin.

Yksi informaalisien kemian oppimisen haasteista liittyy tiedostamattomaan oppimiseen. Yksilö oppii jatkuvasti ja kaikkialla. Hän saattaa oppia myös väärää tietoa tai vahvistaa virheellisesti rakentuneita käsityksiään, koska informaalinen oppiminen on usein tiedostamatonta. Informaalinen oppiminen liittyy tilanteisiin, joissa ei kerrota suoraan, mikä on oikein ja mikä väärin. Oppijalle saattaa siten jäädä epäselväksi, onko hän toiminut tilanteessa oletetulla tai oikealla tavalla. (Marsick & Watkins 1990, 14–15)

Opettajan roolia informaalisessa kemian oppimisessa on myös haastavaa määritellä. Informaalisien kemian oppimisen tulisi olla pääosin itseohjautuvaa (esim. Eshach 2007). Kuitenkin kemian opetuksen tavoitteena on arkikäsitystä tieteellisempi ymmärrys kemiallisista ilmiöistä. Samasta ristiriidasta kirjoittaa myös Martin (2001, 188). Informaalisessa oppimisessa (*free-choice learning*) keskeistä on oppijoiden itseohjautuvuus. Kuitenkaan oppijat harvoin kykenevät rakentamaan tieteellisiä selityksiä itse, vaan tähän tarvitaan opettajaa. Aittolan tutkimuksissa nuoret olivat sitä mieltä, että melkein kaikkea koulussa opittua voi oppia muuallakin. Toisaalta he ajattelivat, että tietyistä asioista ei otettaisi selvää, ellei oltaisi koulussa. Kemia matematiikan, fysiikan ja kieliohjelmaan kuului asioihin, joita nuoret pitivät tärkeinä koulun opettamina asioina. (Aittola 1998, 178) Aittolan tutkimusten perusteella nuoret pitivät koulun tukea tärkeänä kemian oppimisen kannalta. Kemian opetuksen työtavoissa on kuitenkin mahdollista ottaa huomioon nuorten informaalisia oppimiskokemuksia, ja pyrkiä niiden avulla kehittämään kemian opetusta kiinnostavammaksi. Sekä opettajan että oppijoiden tulee ymmärtää työskentelyn tavoitteet, jotta informaalinen kemian oppiminen on linjakasta.

Informaalisien oppimisen soveltamista kemian opetukseen ja opettajan toimintaa tiedon välittäjänä voidaan toisaalta pitää vain näennäisesti ristiriitaisena. Kemian opettaja voi Kyyrösen (1999, 3, 7–9) mukaan käydä oppilaidensa kanssa kielellistä ja toiminnallista vuoropuhelua. Jos hän onnistuu luomaan tilanteita, joissa oppilaat voivat itse ymmärtää kemiallisen tiedon arkitietoa pätevämmäksi, oppilaiden usko tieteellisen tiedon käyttökelpoisuuteen voi lisääntyä. Kemian opettaja ohjaa oppimistilanteita tarjoamalla oppilaille erilaisia vaihtoehtoja. Oppija kuitenkin itse ensisijaisesti itse kontrolloi oppimisprosessiaan.

2.8 Opettajien käsityksistä informaalisesta oppimisesta

Tutkija ei löytänyt aikaisempaa tutkimustietoa opettajien käsityksistä informaalisesta oppimisesta, sillä se on suhteellisen uusi asia. Kuitenkin eräissä opettajien käsityksiä ja kokemuksia käsittelevissä tutkimuksissa on saatu tuloksia, jotka liittyvät myös informaaliseen oppimiseen. Niitä esitellään seuraavissa kappaleissa.

Kemian opetuksen kehittämisen pohjaksi suoritetussa Akselan & Juvosen (1999) tutkimuksessa kemian opettajilta kysyttiin, miten heidän mielestään kemiaa oppii parhaiten. Kemian opettajat korostivat vastauksissaan aktiivisen oppimisen merkitystä ja oppijan omaa vastuunkantoa oppimistapahtumasta. Informaalisessa oppimisessa painotetaan juuri oppijan omaa vastuuta ja kontrollia oppimistilanteissa (esim. Tuomisto 1994, 24; Stocklmayer & Gilbert 2002, 143). Samassa tutkimuksessa tuotiin esille myös muiden muassa oppilaan motivaation, opiskelupaikan ja työskentelytavan vaikutus oppimiseen. Aidon oppimisympäristön (esim. opintovierailu) vaikutusta oppimiseen korostettiin. Yhteistyö yritysten ja muiden sidosryhmien kanssa oli toiseksi suurin toive, kun opettajilta kysyttiin koulutusten toivottuja aihealueita. (Aksela & Juvonen 1999, 13–14, 56) Monipuoliset oppimisympäristöt liittyvät myös informaaliseen oppimiseen.

Viidesosa opettajista oli Akselan & Juvosen tutkimuksessa sitä mieltä, että kemiaa oppii parhaiten käyttämällä monipuolisia työtapoja, vierailemalla erilaisissa kemian tuotanto- ja tutkimuslaitoksissa, liittämällä kemian opetus arkielämään ja ympäröivään yhteiskuntaan, projektitöillä, tarinoiden avulla, keskustelemalla, ongelmaratkaisutehtäviä käyttämällä sekä laskemalla. (Aksela & Juvonen 1999, 14) Erilaiset vierailut, kemian liittäminen arkielämään ja yhteiskuntaan sekä tarinoiden avulla opettaminen ovat esimerkkejä informaalisesta kemian oppimisesta (ks. Stocklmayer & Gilbert 2002). Opettajien kommentit kysyttäessä, miten kemiaa oppii parhaiten olivat seuraavanlaisia (Aksela & Juvonen 1999, 14):

”Tarjoamalla kemian merkitys ja ’yhteydet’ elävään arkipäivän elämään.”

”Monipuolisella tutustumisella: Itse tehdyt kokeet, teorian pohdiskelu, hyvät opetusvideofilmit, tutustumiskäynnit, jos se vain olisi mahdollista.”

”Itse olen oppinut tarinoiden avulla ja samaa toteutan opetuksessakin, vaihtelu virkistää, mikään menetelmä ei ole ainoa oikea, ei tutkiminenkaan, vaikka sitä nykyään mainostetaan.”

Melber & Cox-Petersen (2005) tutkivat, kuinka informaaliset oppimisympäristöt vaikuttivat opettajien käsityksiin heidän ammatillisesta kehityksestään. Opettajat osallistuivat erilaisiin museoissa sekä luontokohteissa pidettyihin työpajoihin. Heidän käsityksiään tutkittiin välittömästi työpajojen jälkeen, noin puolen vuoden jälkeen sekä kahden vuoden jälkeen työpajoihin osallistumisesta. Suurin osa tutkimukseen osallistuneista opettajista piti vielä kahden vuoden jälkeenkin työpajakokemuksiaan positiivisina heidän ammatillisen kehittymisensä kannalta. Opettajat kokivat, että informaaliset oppimisympäristöt vahvistivat heidän luonnontieteellistä ymmärtämystään. He uskoivat kykenevänsä aikaisempaa parempaan ohjaukseen sekä opetuksen sisältöön ja työtapoihin liittyvään päätöksentekoon.

3 INFORMAALISTA KEMIAN OPPIMISTA TUKEVAT TYÖTAVAT

Työtavoiksi kutsutaan opetuksen malleja, jotka jäsentävät opetus-oppimisprosessin tiettyihin vaiheisiin sekä sisältävät ohjeet opettajan toiminnalle kussakin vaiheessa (Kuitunen 1996, 67). Työtapa -termin rinnalla käytetään myös muiden muassa opetusmenetelmä-, opetuksen muoto-, opetusmetodi tai opetusmalli -termiä. (ks. Hirsjärvi 1982, 131, 196; Lampiselkä, Savinainen & Viiri 2007, 193). Termi työtapa ottaa muihin termeihin verrattuna huomioon oppilaan aktiivisen osuuden työskentelyssä (Kuitunen 1996, 71). Siksi tutkija pitää sitä sopivana terminä, kun puhutaan informaalisesta kemian oppimisesta.

Työtapa määritellään kemian didaktiikassa opettajan ja oppilaiden väliseksi tavoitteelliseksi, loogisen ajatteluprosessin mukaisesti eteneväksi työskentelyksi, joka sisältää luonnon kanssa tapahtuvan vuorovaikutuksen (Meisalo & Erätuuli 1984, 82). Sahlberg (1996, 109) väittää, että työtavan yksi selvimmistä tunnusmerkeistä on sen perustana oleva käsitteellinen viitekehys. Tässä tutkimuksessa viitekehysenä työtavoille on informaalinen kemian oppiminen. Jos opettaja haluaa Sahlbergin (1996) mukaan oppia ymmärtämään uuden työtavan merkityksen ja oppia käyttämään sitä omassa työssään, on

hänen työtavan rakenteen ja menettelytapojen ohella tutustuttava myös teoriaan ja niihin periaatteisiin, joista se on johdettu.

Työtapoja, joita Joyce & Weil (1996) kutsuvat opetuksen malleiksi (*models of teaching*), voidaan itse asiassa pitää oppimisen malleina (*models of learning*). Kemian opettamisen tarkoituksena on tarjota oppijoille tiedollisia ja sosiaalisia tehtäviä, joiden avulla he oppivat, kuinka kemiaa opitaan hyvin. Kemian opetuksen tärkein pitkävaikutteinen tulos saattaa olla opiskelijoiden lisääntynyt kyky opiskella kemiaa helposti ja tehokkaasti. (Joyce & Weil 1996, 7)

3.1 Kemian opetuksen työtapojen luokittelu

Kemian opetuksen työtapoja on lukemattomia. Niiden luokittelussa on käytetty useita eri näkökulmia, perusteita ja erilaista tarkkuutta. Myös työtapojen nimitykset eri luokituksissa vaihtelevat. (Lahdes 1986, 293; Kuitunen 1996, 70–74)

Lahdes (1986, 294–295) on pitänyt luokitusperusteena opetuksen etenemistä ja on päättänyt luokituksessaan kolmeen ryhmään:

- yhdessä rintamassa etenevät eli opettajan johdolla etenevä opetus,
- oppilasryhmissä etenevä opetus ja
- oppilaan mukaan etenevä opetus.

Luokituksessaan Lahdes määrittelee työtavat oppilasryhmän koon mukaan. Luokituksen voidaan katsoa edustavan inhimillisen vuorovaikutuksen ulkoisia edellytyksiä. Tämä ei kuitenkaan ole riittävä luokitusperuste kemian työtapojen yksinomaisena perusteena. Sekä vuorovaikutus luonnon kanssa että työskentelyyn liittyvä loogisen prosessin luonne tulisi ottaa oppilasryhmän koon lisäksi huomioon. (Meisalo & Erätuuli 1984, 81)

Joyce & Weil (1996) ovat luokitelleet työtavat neljään ryhmään opetuksen tavoitteiden pohjalta. Joycen & Weilin luokittelu ei sulje pois tiettyjen muiden luokitusten mukaisia työtapoja. Työskentely esimerkiksi kemian kokeellisten oppilastöiden aikana voi olla kaikkia seuraavia luokkia työskentelyn eri vaiheissa lähestyvä työtapana (Lavonen *et al.* 2007):

- *Sosiaaliseen vuorovaikutukseen tähtäävät työtavat*, joita ovat esimerkiksi yhteistoiminnallinen oppiminen, roolileikit ja ryhmätutkimus.
- *Ajatteluun ja tiedon käsittelyyn tähtäävät työtavat*, joita ovat esimerkiksi induktiivinen ajattelu, luova ongelmanratkaisu, käsitteen omaksuminen ja oppimissykli.
- *Persoonallisuuden ja itsetuntemuksen kehittämiseen tähtäävät työtavat*, joihin kuuluu esimerkiksi itseseuranta.
- *Behavioristiset työtavat*, joita ovat esimerkiksi luennot ja simulaatiot.

Luonnontieteiden opetuksen kansallisen Finiste-tietoverkon työtapojen luokittelun keskeinen tarkoitus oli auttaa hahmottamaan ja jäsentämään suurta työtapajoukkoa. Työskentelyssä noudatettiin pääosin Joycen & Weilin (1996) käyttämää luokittelua. (Sahlberg 1990; Kuitunen 1996, 77) Finiste-tietoverkossa työtavat luokiteltiin viiteen eri ryhmään:

- *Ajattelun kehittämiseen tähtäävät työtavat*: kyselyyn harjaannuttaminen, tiedon jäsentäminen, induktiivinen ajattelu, luokitteluun perustuva käsitteen omaksuminen, oppimissykli ja ennakkojäsentäjät.
- *Luovan ongelmanratkaisun työtavat*: luovan ongelmanratkaisun vaiheet, kaukaiset ajatusmallit, ongelmatilanteen kokonaiskarttoitus ja synektiikka.
- *Sosiaalisuuden kehittämiseen tähtäävät työtavat*: roolileikki, väittely ja ryhmäseuranta.
- *Persoonallisuuden kehittämiseen tähtäävät työtavat*: itseseuranta, rentoutus ja suggestopedia.
- *Toiminnallinen teollisuusvierailu*

Lavosen & Meisalon työryhmän laatimassa *Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapaoppaassa* (Lavonen et al. 2007) työtavat on jaettu neljään eri ryhmään seuraavasti:

- *Kokeellisuus*: esimerkiksi havaitseminen, luokittelu, kysely, tutkimus, oppimissykli, ja soveltaminen.
- *Luova ongelmanratkaisu*
- *Pienessä ryhmässä työskentely*: esimerkiksi yhteistoiminnalliset työt ja tutkimukset, roolileikki, väittely ja ekskursio.
- *Tiedon käsittelyn työtavat*: esimerkiksi ennakkojäsentäjä, käsitekartta, lukeminen ja kirjoittaminen, muistaminen ja tiedon jäsentäminen.

Informaaliseseen kemian oppimiseen soveltuvat työtavat, joissa opiskelijat toimivat ja oppivat yhdessä. Informaaliseseen kemian oppimiseen liittyvät sellaiset oppimisympäristöt, jotka ovat tavalliseen luokkahuoneopiskeluun verrattuna monipuolisempia ja sellaiset oppimiskokemukset, jotka ovat lähellä oppijoiden arkipäivää. Informaalisessa kemian oppimisessa kontrolli oppimisprosessista on oppijalla itsellään. (Bybee 2001, 46–47, 57; Marsick & Watkins 2001, 25) Pohdittaessa informaalista kemian oppimista hyödyntäviä työtapoja, tulee niitä tarkastella monipuolisesti. Jos työtavassa voidaan ottaa huomioon edellä mainitut näkökulmat, on työtapaa silloin mahdollista soveltaa informaaliseseen kemian oppimiseen. Useat erilaiset työtavat voivat olla tukemassa informaalista kemian oppimista, jos ne synnyttävät oppijoissa oman motivaation oppia sekä saavat aikaan spontaania oppimista (esim. Stocklmayer & Gilbert 2002; Eshach 2007). Kemian opetuksen opettajakeskeiset työtavat ovat ristiriidassa informaalisen kemian oppimisen periaatteiden kanssa. Toiminnallinen teollisuusvierailu sekä muut opintovierailut tapahtuvat koulun ulkopuolisessa ympäristössä, ja ne voidaan määritellä fyysisen tilansa osalta informaalisen kemian oppimisen piiriin.

3.2 Tutkimuksessa käytetyt työtavat

Tutkimuksen tarvekartoitus toteutettiin kyselylomakkeella (ks. liite 1), jossa muiden kysymysten ohella kartoitettiin opettajien kemian opetuksessa käyttämiä työtapoja. Kyselylomakkeen työtavat ja niiden keskeisimmät ominaisuudet on koottu taulukoihin 2–5. Työtavat on taulukoitu soveltaen Lavosen *et al.* (2007) sekä Finiste-tietoverkon (Sahlberg 1990; Kuitunen 1996) luokitusta.

Taulukko 2. Kyselylomakkeessa mainittujen kemian opetuksen tieto- ja prosessikeskeisten työtapojen keskeiset ominaisuudet (Lavonen *et al.* 2007).

Työtapa	Keskeiset ominaisuudet	Lähteet
Käsitteen omaksumis-menetelmä	- Työtapa tarjoaa mahdollisuuden tehostaa kemian käsitteiden opettamista ja vähentää väärinymmärtämistä. - Ryhmä opettajan opastamana rakentaa käsitteen pala palalta	- Lavonen 1987 - Sahlberg 1990, 79–96 - Joyce & Weil 1996, 161–178)
Induktiivista ajattelua kehittävät menetelmät	- Tiedon perustana ovat yksittäiset havainnot, joista tehtyjen johtopäätösten kautta edetään yleistykseen. - Vaiheet: oppijoiden omakohtainen tietoaineiston keruu, käsitteen muodostaminen ja aineiston tulkinta.	- Meisalo & Erätuuli 1984, 87 - Sahlberg 1990, 71–78

Taulukko 2 jatkuu.

Työtap	Keskeiset ominaisuudet	Lähteet
Oppimissykli	- Kehitetty erityisesti luonnontieteiden opetusta varten Piaget'n oppimispsykologisten teorioiden pohjalta. - Kolme vaihetta: tutkimuksen tekeminen, käsitteen muodostaminen ja käsitteen soveltaminen. - Muistuttaa sitä luonnollista tapaa, jonka avulla oppijat oppivat asioita koulun ulkopuolisissa oppimisympäristöissä.	- Sahlberg 1990, 97–106 - Gerber, Cavallo, & Marek 2001, 538–539
Kyselyyn harjaannuttaminen	- Tavoitteena on saada oppijat tekemään oleellisia kysymyksiä ja ohjata oppijoita ajattelemaan. - Muistuttaa luonnontieteellistä tutkimusmenetelmää, jossa oppijoiden tulisi pitää tietoa epävarmana. - Korostuu ennakkotietojen tärkeys. - Oppija joutuu yhdistelemään ja kehittämään omia ajatuksiaan.	- Lavonen 1988, 50–52 - Sahlberg 1990, 49–62 - Joyce & Weil 1996, 179–207
Tiedon jäsentämisen menetelmät	- Pyritään käsityksen, jonka mukaan tietoon liittyy kriittisyys, aktiivisuus, dynaamisuus ja sen linkittyminen suurempiin kokonaisuuksiin. - Tavoitteena ajattelutaitojen kehittyminen	- Sahlberg 1990, 63–71 - Lavonen <i>et al.</i> 2007
Luovan ongelmanratkaisun menetelmät	- Luonnontieteiden opetuksen työtapana esim. silloin, kun suunnitellaan koejärjestelyjä tai ideoidaan erilaisten ongelmien ratkaisuja. - Kehittävät yritteliäisyyttä, aktiivisuutta, luovuutta, sinnikkyyttä ja yhteistoiminnallisuutta. - Opiskelu on autenttista, itseohjautuvaa ja reflektiivistä. - Työtavassa yhdistetään tietoja ja asioita siten, että tulos on tekijälleen uusi.	- Sahlberg 1990, 123–152 - Lavonen <i>et al.</i> 2007
Käsitekartta ja miellekartta	- Tiedon graafisen esittämisen menetelmiä. - Pohjautuu mielekkääseen oppimiseen. - Täsmällinen ja avoin kuvaus yksilön omaamista käsitteistä, käsitteiden välisistä suhteista ja niiden muodostamista kokonaisuuksista (käsitekartta): tarkoitus on näyttää väittämien avulla, että käsitteiden välillä on merkityksellisiä suhteita. - Tärkeä opetuksen välineinä informaalisessa kasvatuksessa, sillä käsitekarttojen avulla opettajien on mahdollista ymmärtää, miten oppijoiden käsitykset kehittyvät.	- Novak & Gowin 1984, 19–23 - Lavonen <i>et al.</i> 2007 - Andersson, Lucas & Ginns (2003)
Prosessi-kirjoittaminen	- Keskeinen idea on se, että kirjoittaminen on prosessi. Siihen kuuluu kirjoittamista, oman tekstin lukemista, tekstin antaminen muille luettavaksi, kommenttien vastaanottaminen ja tekstin uudelleen muokkaaminen.	- Lavonen <i>et al.</i> 2007
Muistamismallit	- Kehittävät yksilön muistamista parantavia tekniikoita. - Tekniikkojen hallitseminen lisää oppimistehokkuutta. - Perustuu yksilön kehittämiin hakuvihjeisiin.	- Joyce & Weil 1996, 223–224
Ennakkojäsentäjä ja esijärjestin	- Tavoitteena on edesauttaa oppijassa mielekästä oppimista, joka Ausubelin mukaan tarkoittaa uusien asioiden niveltämistä oppijan jo aikaisempiin tietoihin. - Opettaja voi esitellä oppijoille valmiin ennakkojäsentäjän esim. tietyn opeteltavan aihepiirin asioista (<i>esittävä ennakkojäsentäjä</i>). - Oppijat voivat itse tuottaa ennakkojäsentäjän omien pohjatietojensa perusteella (<i>vertaileva ennakkojäsentäjä</i>). - Ennakkojäsentäjät ovat usein käsite- tai miellekarttoja.	- Sahlberg 1987, 20 - Sahlberg 1990, 107–120 - Rossi 1991, 20

Taulukko 3. Kyselylomakkeessa mainittujen pienessä ryhmässä opiskeluun tähtäävien työtapojen keskeiset ominaisuudet (Lavonen *et al.* 2007).

Opintokäynnit	- Niiden avulla voidaan opiskelijoille näyttää kemian merkitys tulevien opintojen ja uravalintojen kannalta sekä kemian merkitys yhteiskunnassa, - Toiminnalliseen opintokäyntiin kuuluu tärkeänä osana siihen valmistautuminen sekä analysointi raporttoimalla. - GISEL-hankkeen tulosten mukaan sekä perusasteen oppilaat että lukion opiskelijat halusivat suurinta määrällistä lisäystä toiminnallisiin vierailuihin kaikista nykyisin opetuksessa käytetyistä työtavoista	- Sahlberg 1990, 221–230 - Lavonen <i>et al.</i> 2004 - Lavonen <i>et al.</i> 2007
Roolileikki	- Tavoitteena on oppijan laaja-alainen kehittäminen: sosiaalisuus, empaattisuus, itsensä ilmaisua sekä ongelmanratkaisussa tarvittavien taitojen saavuttaminen.	- Sahlberg 1988, 46 - Joyce & Weil 1996, 89–107
Yhteis-toiminnallisen oppimisen menetelmät	- Ryhmätyöskentelyä, jossa jokainen ryhmänjäsen kantaa vastuuta yhteisten tavoitteiden puolesta. - Työtapaperustuu positiiviselle keskinäiselle riippuvuudelle ryhmän jäsenten kesken. - Välillä opiskelija on esimerkiksi ryhmänsä asiantuntija ja välillä hän puolestaan opettaa toisia ryhmän jäseniä. - Kehittää sosiaalisia, tiedollisia ja vuorovaikutustaitoja.	- Koro 1993, 110–113 - Lavonen <i>et al.</i> 2007
Ryhmätyöskentely	- Pienessä ryhmässä opiskelun on havaittu edistävän luonnon tutkimisen, yhteistyötaitojen ja ajattelun taitojen oppimista sekä muuttavan opiskelijoiden asenteita positiivisemmiksi luonnontieteitä kohtaan. - Oppijayhteisöä voi verrata tutkijayhteisöön, jolloin ryhmätyöskentelystä tulee luonnollinen tapa oppia luonnontieteitä.	- Lavonen <i>et al.</i> 2007
Väittely	- Yhteistoiminnallinen työtapaperustaa kehittämään viestintätaitoja, ongelmanratkaisua, loogista ajattelua ja erilaisten johtopäätösten tekemistä.	- Sahlberg 1990, 165–178 - Lavonen <i>et al.</i> 2007

Taulukko 4. Kyselylomakkeessa mainittujen kemian opetuksen persoonallisuuden kehittämiseen tähtäävien työtapojen keskeiset ominaisuudet (Sahlberg 1990; Kuitunen 1996).

Työtapaperustaa	Keskeiset ominaispiirteet	Lähteet
Rentoutus	- Tavoitteena on vähentää oppimista estävää jännitystä, stressiä ja ahdistuneisuutta. - Rentoutuksen avulla on mahdollista lisätä oppimiseen käytettävää energiaa ja vapauttaa opiskelijaa toimimaan ja oppimaan tehokkaasti.	- Voutilainen 1987a, 14–15 - Sahlberg 1990, 193–204
Suggestopedia	- Ympäristön ärsykettä, jonka ihminen tiedostaa tunnepitoisesti, kutsutaan suggestioksi. - Ensimmäisenä tavoitteena on vapauttaa oppija oppimisen esteistä, joita ovat muun muassa stressi, pelot, negatiivinen minäkuva ja negatiiviset ennakoasenteet. - Pyritään tekemään oppimistilanteesta mahdollisimman miellyttävä - Opettajan tulisi käyttää hyväksi positiivisia suggestioita ja välttää negatiivisten suggestioiden antamista.	- Voutilainen 1987b, 27 - Sahlberg 1990, 205–217

Taulukko 5. Kyselylomakkeessa mainittujen kemian opetuksen kokeellisuuteen tähtäävien työtapojen keskeiset ominaisuudet (Lavonen *et al.* 2007).

Työtap	Keskeiset ominaispiirteet	Lähteet
Kokeellinen työskentely	- Tavoitteena on luonnontieteellisen tiedon hankinta sekä tiedonhankintamenetelmien ja laitteiden kehittäminen. - Keskeisiä tavoitteita ovat oppijan oppimisen tukeminen ja persoonallisuuden monipuolinen kehittäminen. - Voi olla omakohtaista toimintaa, laboratoriotyöskentelyä, demonstraatioita, opintokäyntejä sekä audio-visuaalisten apuvälineiden tai kerronnan avulla tapahtuvaa toimintaa	- Lavonen <i>et al.</i> 2007
Projekti-työskentely	- Korostaa oppijan omaa panosta. - Kehittää vapaata ja luovaa ongelmanratkaisua.	- Meisalo & Erätuuli 1984, 92
Simulaatiot	- Pyrkivät jäljittelemään todellisia tapahtumia. - Niiden avulla oppijat pyrkivät eläytymään todellisiin ilmiöihin. - Ryhmäsimulaatioiden käytössä on samoja etuja kuin roolileikin käytössä.	- Opetushallitus 2007b
Esitysten avulla oppiminen	- Luentotyyppistä toimintaa, jossa opettaja selittää asiaa tai ilmiötä samalla konkretisoimalla sitä audiovisuaalisen materiaalin avulla. - Työtavan vaiheina voi olla mm. opettajajohtoiset laskutehtävät, reseptinmukaisesti suoritettavat kokeet ja demonstrointi.	- Enkenberg 1981, 3 - Joyce & Weil 1996, 265–278

3.3 Aikaisempaa tutkimustietoa työtapojen käytöstä

Aksela & Juvonen (1999) toteuttivat valtakunnallisen Kemia tänään -hankkeen yhteydessä kyselytutkimuksen, jonka tavoitteena oli muun muassa edistää uusien työtapojen soveltamista kemian opetuksessa. Tutkimuksen opettajista (N=399) yli puolet käytti ryhmätöitä jatkuvasti tai usein. Toiseksi eniten käytettiin kyselyyn harjaannuttamista, ja kolmanneksi eniten käytössä olivat erilaiset luovan ongelmanratkaisun työtavat. Satunnaisesti käytetyistä työtavoista yleisin oli opintokäynnit. Noin puolet opettajista käytti projektityöskentelyä, yhteistoiminnallista oppimista, kyselyyn harjaannuttamista, käsitekarttaa ja luovaa ongelmanratkaisua satunnaisesti opetuksessaan. (Aksela & Juvonen 1999, 21–23)

Yleisin työtap, jota opettajat (yli 65 %) eivät olleet koskaan käyttäneet opetuksessaan oli suggestopedia. Yli puolet ei ollut koskaan käyttänyt työtapana rentoutusta, roolileikkiä tai prosessikirjoittamista. Noin 40 % opettajista ilmoitti, ettei käytä väittelyä tai simulaatioita koskaan opetuksessaan. Yli 25 % vastaajista ei tuntenut käsitteen omaksumisen työtapoja,

mind map -tekniikkaa tai ennakkojäsentäjiä. Jatkossa toivottiin erityisesti opittavan käsitteen omaksumisen työtapoja ja suggestopediatyötapaa. Kaikista kyselyssä esillä olleista työtavoista toivottiin koulutusta. (Aksela & Juvonen 1999, 23–25) Tulosten perusteella kemian opettajat käyttivät työtapoja monipuolisesti.

Vastauksena esitettyyn kritiikkiin luonnontieteiden opetuksen työtapojen yksipuolisuudesta kouluhallitus perusti vuonna 1985 Finiste-tietoverkon, jonka toimintaa Kuitunen (1996) tutki väitöskirjassaan *Finiste-tietoverkko innovaation välineenä luonnontieteiden opetuksen työtapoja monipuolistettaessa*. Kuitusen koordinoiman Finiste-tietoverkon tehtäväksi määriteltiin luonnontieteiden opetuksen työtapojen monipuolistaminen. Finiste toimi yhteistyössä muun muassa yliopiston ja teollisuuden kanssa, ja sen jäsenet olivat luonnontieteiden opettajia, opettajankouluttajia sekä teollisuuden ja hallinnon edustajia. Työtapojen kehittämisen lähtökohtana käytettiin Joycen & Weilin teosta *Models of Teaching* ja luovan ongelmanratkaisun tapoja kehitettiin kotimaisten lähteiden pohjalta. (Kuitunen 1996) Finisten työtapojen luokituksesta kerrotaan tämän tutkielman osiossa 3.1.

Finisten jäseniksi hakeutui opettajia, opettajankouluttajia, opetuksen teorian asiantuntijoita sekä teollisuuden ja hallinnon edustajia. Jäsenmäärä kasvoi tutkimuksen aikana 70:stä yli 200:aan. Jäsenet kokeilivat uusia työtapoja työssään ja raportoivat havainnoistaan. Kokemuksia käytiin läpi yhteisissä kokoontumisissa. Työn tulokset julkaistiin opettajan oppaina ja video-ohjelmina. Finisten jäsenet edistivät uusien työtapojen diffuusiota omia verkostojaan pitkin muun muassa toimimalla kouluttajina sekä kirjoittamalla erilaisia oppaita. Yli 400 eri aineiden opettajaa osallistui kahden vuoden ajan yhdessä lääninhallituksen kanssa järjestettyyn monimuotokoulutukseen. Tutkimuksen tulokset ovat siirtyneet käytäntöön vaikuttamalla muun muassa opetussuunnitelmiin ja oppikirjoihin. Vaikutusten syntymisen edellytyksenä oli, että jäsenenä oli kehittämisen eri osa-alueilla vaikuttavia yhteistyöhaluisia ja -kykyisiä ihmisiä, jotka sitoutuivat tehtävään. Aktiivisten jäsenten omaksumat työtavat olivat käytössä vielä kahdeksan vuotta koulutuksen alkamisen jälkeen. Kehitetty työtapavalikoima näytti tulleen hyväksytyksi luonnontieteiden opetukseen, ja diffuusioprosessin arveltiin jatkuvan. (Kuitunen 1996)

GISEL-hankkeessa (Gender Issues, Science Education and Learning) on pyritty löytämään keinoja, joiden avulla voidaan vaikuttaa tyttöjen asenteisiin luonnontieteitä ja tekniikkaa sekä näitä soveltavien alojen ammatteja kohtaan. Hankkeessa pyrittiin kehittämään yhdessä

Espoon, Helsingin ja Vantaan kaupunkien opettajien kanssa sellaisia fysiikan ja kemian opetuksen työtapoja, jotka osoittaisivat fysiikan ja kemian kiinnostavuuden ja vahvistaisivat nuorten, erityisesti tyttöjen, kiinnostusta fysiikkaa kohtaan ja sitä kautta motivoisivat heitä opiskelemaan fysiikkaa ja myös valitsemaan lukiossa luonnontieteiden syventäviä kursseja. (Lavonen *et al.* 2004)

Lavonen *et al.* (2004) toteuttivat laajan survey-tutkimuksen peruskoulun yhdeksäsluokkalaisille oppilaille (N=3626) osana GISEL-hanketta. Kyselyyn vastasi oppilaita 61 suomenkielisestä peruskoulusta. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää oppilaiden kiinnostusta luonnontieteiden tiedonaloja, lääketiedettä ja terveystiedettä sekä myös yliluonnollisia ilmiöitä kohtaan. Toisena tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, minkälaisia työtapoja tutkimuksen teon hetkellä käytettiin fysiikan ja kemian opetuksessa ja minkälaisia työtapoja oppilaat haluaisivat käyttää. (Lavonen *et al.* 2004)

Tutkimustulokset osoittivat, että oppilaan kiinnostus vaikuttaa monilla tavoin opiskeluun ja oppimiseen. Tytöillä ja pojilla on keskimäärin erilaisia eri tiedonaloihin liittyviä kiinnostuksen kohteita ja arkielämän kokemuksia. Työtapojen valinta on yksi tapa, jolla oppilaiden kiinnostukseen voidaan vaikuttaa. Oppilaat kokivat, että fysiikan ja kemian tunnilla yleisimmin käytettyjä työtapoja olivat opettajan johdolla tai oppikirjasta tapahtuva opiskelu ja oppilastyöt. Oppilaat kokivat lisäksi, että fysiikan ja kemian tunneilla on harvoin pienessä ryhmässä keskustelua, tietokirjojen lukemista, kirjoitelmien tai käsitekarttojen laatimista sekä vierailuja. (Lavonen *et al.* 2004)

Oppilaiden mielestä kokeellisen työskentelyn määrä koulussa oli sopiva. Vaikka suurin osa oppilaista toivoi edelleen, että oppitunnilla seurattaisiin opettajan esitystä, haluaisi noin 30 % oppilaista kuitenkin vähentää opettajan johdolla opiskelua nykyisestä. Lähes 40 % oppilaista haluaisi lisää erilaisten tehtävien suorittamista pienissä ryhmissä. Noin kolmannes oppilaista vähentäisi oppikirjasta opiskelua ja 47 % lisäisi tietokirjojen tai sanomalehtien käyttöä oppitunneilla. Oppilaat haluaisivat myös lisätä erilaisten graafisten tiedonesittämismenetelmien käyttöä opetuksessa. Fysiikan ja kemian opetuksen työtavoissa toivottiin erityisesti erilaisten vierailujen lisäämistä ja asiantuntijoiden käyttöä opetuksessa (yli 50 %). Tytöt halusivat erityisesti lisää keskustelua vaikeista käsitteistä pienissä ryhmissä sekä opettajan johdolla. (Lavonen *et al.* 2004)

Oppilaat käyttäisivät mielellään oppikirjoja tiedon lähteenä vähemmän ja haluaisivat lisätä muun kirjallisuuden ja sanomalehtien käyttöä oppitunnilla. Myös muita kirjallisessa muodossa saatavilla olevan informaation käsittelyä tukevia työtapoja (esim. käsitekartat) sekä kirjoittamista, oppilaat haluaisivat lisää. Käsitteiden oppimisen lisäksi nämä työtavat kehittäisivät tiedon hankkimisen, käsittelyn ja arvioinnin taitoja. Oppilaat haluaisivat vielä lisää sellaisten työtapojen käyttöä, jotka kehittävät sekä kriittisen (esim. väittely) että luovan ajattelun (esim. aivoriihi) taitoja. (Lavonen *et al.* 2004)

Solbesin & Vilchesin tutkimuksessa (1997) tuli ilmi, että espanjalaiset kemian ja fysiikan opettajat eivät ota juuri huomioon kemian linkittämistä yhteiskuntaan opetuksessaan. Perustelut sille, ettei keskustelua avarreta kemian opetuksessa koskemaan jokapäiväisiä ilmiöitä, liittyivät pääosin opettajien kokemaan aikapulaan. Solbesin & Vilchesin (1997) mukaan opettajien käytetyimmät työtavat eli luennot ja muistiinpanojen tekeminen eivät myöskään tue sellaista kemian oppimista, jossa kemian sisällöt ymmärrettäisiin osana yhteiskunnallisia ilmiöitä.

3.4 Kemian oppiminen lukemalla

Koulussa kemian opiskelu tapahtuu pääosin opettajien johdolla. Aikuiset sitä vastoin oppivat suurimmaksi osaksi lukemalla erilaisia tekstejä. Tämä vaatii riittävää lukutaitoa. Aebli (1990, 121–122) mukaan tulisi kirjojen ja lehtien saada enemmän sijaa reaaliaineiden oppimateriaaleina. Opettajien tulisi ohjata oppijoita saavuttamaan teksteistä oppimisen taidot. Aebli (1990, 125) esittää muun muassa seuraavat kysymykset. Millaista strategiaa oppilaat noudattavat koulun jälkeen seuratessaan eri alojen kehitystä? Miten esimerkiksi kemian opettaja arvelee niiden oppilaiden, jotka eivät lähde opiskelemaan kemiaa, syventävän ja soveltavan kemian tietojan? Aebli (1990, 125) painottaa, että jokaisen reaaliaineen opettajan tulisi ohjata oppilaita lukemaan sellaisia painotuotteita, joita he joutuvat myös koulun päättymisen jälkeen lukemaan. Opettajan tulisi ohjata, miten tekstejä luetaan. Ohjaaminen tulisi tehdä sellaisella tavalla, että oppilaat motivoituisivat lukemaan erilaisia tekstejä myös koulun ulkopuolella. Linnakylä *et al.* (2000) ovat sitä mieltä, ettei lukutaitoa tarvitse opettaa ”erillisenä taitona, vaan sitä voidaan kehittää sekä koulussa että sen ulkopuolella ja kaikkien oppiaineiden, myös ammattiopintojen, yhteydessä”. Norris & Phillips (1994, 964) väittävät, että jokaisen luonnontieteiden

opettajan tulisi opettaa luonnontieteellisten tekstien lukemista, sillä se tukee opiskelijoiden luonnontieteellisen lukutaidon (*scientific literacy*) kehittymistä (ks. 3.4.1).

Kemian oppiminen on oppijan henkilökohtainen tiedonrakennusprosessi ja se edellyttää oppijan omaa aktiivista, tavoitteellista ja palautetta hakevaa toimintaa. Merkityksellinen kemian oppiminen ja aktiivisen lukemisen periaatteet tulee ottaa huomioon suunniteltaessa lukemalla oppimiseen liittyviä työtapoja. (Lavonen *et al.* 2007)

Merkityksellinen oppiminen (*meaningful learning*) tarkoittaa prosessia, jossa yksilö haluaa oppia uusien sisältöjen merkitykset siten, että hän ottaa käyttöön kaikki hänellä jo ennestään olevat tiedot. Uusi informaatio yhdistyy olennaiseksi osaksi yksilön olemassa olevaa tiedollista rakennetta eli sitä mitä hän jo ennestään tietää. (Novak 1998, 69) Kun tiedolliset rakenteet ovat hyvin organisoituneet, korkeamman tason laaja-alaiset yläkäsitteet kattavat tarkemmat alemmantasoiset käsitteet. Merkityksellistä kemian oppimista tukee oppijan oma motivaatio sekä mielekäs oppimateriaali. Merkityksellisesti opittu tieto on tietoa, jonka oppija hallitsee. Merkityksellinen kemian oppiminen on vastakohta kemian ulkoa oppimiselle. Kemian ulkoa oppimista tapahtuu, kun oppija painaa mieleensä uutta informaatiota liittämättä sitä aikaisempaan tiedolliseen rakenteeseensa. (Novak 1998, 29–30, 44) Lukemiseen liittyvä merkityksellinen kemian oppiminen edellyttää korkeamman tason ajattelun taitoja (*higher-order thinking skills*), joita ovat hierarkkisessa Bloomin taksonomiassa arviointi, synteesin tekeminen, analysoiminen ja soveltaminen. Korkeamman tason ajattelun taidot puolestaan edellyttävät alemman tason ajattelun taitoja, joita ovat ymmärtäminen, tietäminen ja muistaminen. (Anderson & Krathwohl 2001, 287–302)

Lavonen *et al.* (2007) ehdottavat, että aktiivista lukemista tulisi kehittää kouluissa. Aktiivisen lukijan strategiat noudattavat merkityksellisen kemian oppimisen periaatteita (Lavonen *et al.* 2007):

1. Lukemiseen valmistaudutaan aktivoimalla taustatiedot esimerkiksi käsitekartan avulla. Lukemiseen valmistautuessa lukijalle muodostuu tavoitteita, jotka kiinnittävät hänen tarkkaavaisuutensa käsiteltävään asiaan.
2. Aktiivinen lukija tekee lukiessaan muistiinpanoja esimerkiksi laatimalla miellekartan tekstin keskeisistä asioista.
3. Lukemisen jälkeen aikaisemmat tiedot ja lukemalla opittu uusi tieto yhdistetään.

Kemian tekstit ovat aikaisemmissa tutkimuksissa (esim. Vatanen 1990; Lauho 2000) osoittautuneet vaativiksi ja vaikeasti ymmärrettäviksi. Esimerkiksi eri yhteyksissä esitelty kemian käsitteet ovat toisinaan ristiriidassa keskenään. Lauho (2000) tutki suomalaisten lukion kemian oppikirjojen edellytyksiä ymmärtää arkielämän kemian ilmiöitä. Eri kirjoissa käsiteltiin samaa käsitettä eri tavoin. Vatanen (1990) kirjoittaa tutkimuksesta, jossa yli puolet kohderyhmän oppilaista eivät ymmärtäneet tekstiä riittävän hyvin, kun he lukivat kemian oppikirjojen tekstejä. Kemian teksteissä käytetään hyvin vähän oppilaille tuttuja, konkreettisia sanoja. Muiden oppiaineiden kirjoihin verrattuna selvimmin vain oman tieteenalan sanastoa oli kemian kirjassa, jonka käsitteistä tuskin yhtään esiintyy arkipäivän kielenkäyttötilanteissa. Edellä mainittujen tutkimustulosten näkökulmasta kemian oppimiseen lukemalla olisi tärkeää kiinnittää huomiota kemian opetuksessa. Kun erilaisia kemian tekstejä luetaan koulussa, opettajalla on mahdollisuus tukea lukijan lukuprosessia sekä selvittää hänelle tekstissä esiintyviä vaikeasti ymmärrettäviä käsitteitä.

3.4.1 Luonnontieteellinen lukutaito

Nykyisin ajatellaan, että ihmisten tulisi olla tietoisia luonnontieteisiin ja teknologiaan liittyvistä ajankohtaisista aiheista, jotta he eivät jäisi yhteiskunnallisen keskustelun ulkopuolelle (Fourez 1997, 903). Käsitteellä luonnontieteellinen lukutaito tai luonnontieteellinen sivistys (*scientific literacy*) halutaan korostaa sitä, että luonnontieteet on tarkoitettu kaikille: Luonnontieteissä olisi opiskeltava sellaisia tietoja ja taitoja, joita tarvitaan modernissa yhteiskunnassa (Lavonen & Meisalo 2008; Sjøberg 2008). Suurin osa kaikesta informaatiosta saavutetaan koulun ulkopuolella. Tiedotusvälineiden raportit luonnontieteellisistä tutkimuksista ovat monille ihmisille keskeinen tai jopa ainut luonnontieteellisen sivistyksen lähde. Saavuttaakseen luonnontieteellisen lukutaidon, henkilön tulee ymmärtää lukemaansa sekä osata tulkita ja arvioida tekstin tietosisältöä ja johtopäätöksiä kriittisesti (Korpan *et al.* 1997a, 515–517).

Useissa tutkimuksissa (esim. Norris & Phillips 1994; Koch & Eckstein 1995; Korpan *et al.* 1997a; Phillips & Norris 1999; Norris, Phillips, & Korpan, 2003) on havaittu, että opiskelijoilla on merkittäviä vaikeuksia tekstien ymmärtämisessä ja tulkitsemisessa. Heidän luonnontieteellisen lukutaitonsa on ollut monin tavoin puutteellista. PISA-

tutkimuksessa lukutaitoa ei arvioida teknisenä perustaitona, vaan tietoyhteiskunnan erilaisissa tilanteissa toimivina tiedon hankinnan, luetun ymmärtämisen ja tulkinnan sekä kriittisen ja pohtivan lukemisen taitoina. Vaikka suomalainen lukutaito osoittautui PISA 2003 -tutkimuksessa korkeatasoiseksi, erityisesti luetun tulkintaa, pohdintaa, kriittistä arviointia ja omaa argumentointia vaativissa tehtävissä (vrt. luonnontieteellisen lukutaidon tavoitteet) suomalaiset eivät yltäneet yhtä hyviin tuloksiin kuin tekstitiedon hakemisessa tai luetun ymmärtämisessä. (Linnakylä & Malin 2006)

Kemian oppimiseen lukemalla vaikuttavat sekä lukijan strategiat että itse luettava teksti. Baker (1991) mainitsee eräitä ongelmia, joita lukijat kohtaavat lukiessaan luonnontieteellisiä eli myös kemian tekstejä:

- Oppimateriaalien luonnontieteelliset tekstit ovat abstrakteja ja vaikeita ymmärtää.
- Oppimateriaalien tekstit eivät kannusta tekemään omia havaintoja eivätkä ohjaa ongelmanratkaisuun.
- Oppimateriaaleissa liikkeelle lähdetään usein valmiista tiedoista.
- Uusien sanojen ja käsitteiden määrä on suuri, eikä käsitteitä määritellä selkeästi.
- Uudet käsitteet eivät rakennu aikaisempien varaan.
- Oppimateriaaleissa olevan tekstin rakenne on epämääräinen.
- Lukijalla on runsaasti ennakkokäsityksiä, jotka ovat ristiriidassa oppimateriaalin tekstin kanssa.
- Lukijan aikaisemmat tiedot eivät riitä tekstin ymmärtämiseen.
- Lukijaa ei ole opastettu, kuinka lukemalla voi opiskella.

Luonnontieteellinen lukutaito on mainittu kautta maailman yhtenä keskeisimmistä luonnontieteiden opetuksen tavoitteista. Luonnontieteellistä lukutaitoa ei olla kyetty määrittelemään yksiselitteisesti. Useimmat eri määritelmät luonnontieteellisestä lukutaidosta sisältävät yleensä seuraavat osa-alueet (Kachan, Guilbert & Bisanz 2006, 497):

- tieteellisten faktojen ja käsitteiden ymmärtäminen,
- tieteellisten prosessien ja metodien ymmärtäminen ja
- tieteen, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön keskinäisten suhteiden ymmärtäminen.

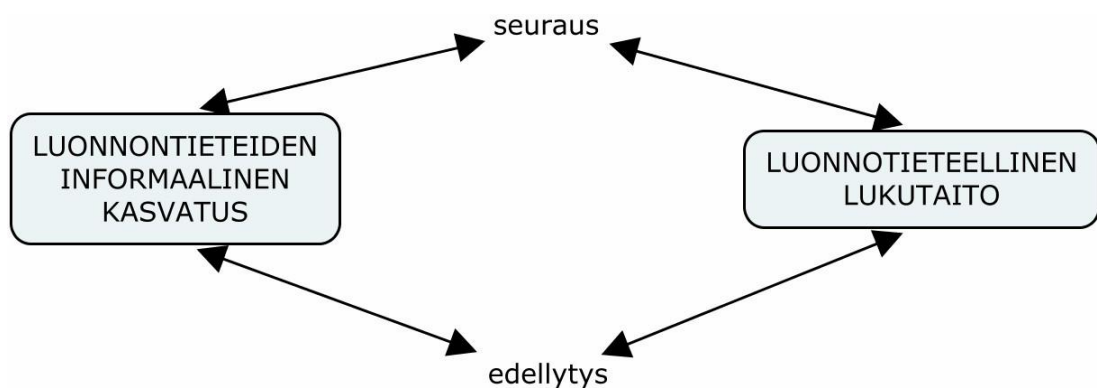
Fourez (1997, 906) liittää määritelmään luonnontieteellisestä ja teknologisesta lukutaidosta lisäksi seuraavat osa-alueet. Luonnontieteellinen lukutaito:

- lisää yksilön autonomiaa esimerkiksi päätöksen teossa,
- lisää yksilön mahdollisuuksia kommunikoida toisten kanssa ja
- lisää yksilön mahdollisuuksia selviytyä tietyissä tilanteissa.

Holliday, Yore & Alvermann (1994) painottavat, että luonnontieteelliseen lukutaitoon kuuluu luetun ymmärtämisen lisäksi yhtä keskeisenä osana kirjoittamisen taito, joka mahdollistaa viestinnän toisten kanssa. Viestintätaitojen tärkeyttä painottavat myös Glynn & Mouth (1994, 1058). He viittaavat Schrödingeriin (1951), joka kirjoitti kvanttifysiikan teoksessaan seuraavasti:

”If you cannot – in the long run – tell everyone what you have been doing, your doing has been worthless.”

Maarschalkin (1988, 139) mukaan henkilö, joka ymmärtää tieteellistä tekstiä, ottaa jatkuvasti osaa informaaliseseen kasvatukseen. Hän kykenee esimerkiksi osallistumaan luonnontieteitä koskevaan yhteiskunnalliseen keskusteluun ja seuraamaan luonnontieteiden kehitystä. Tieteellinen lukutaito on Maarschalkin mukaan sekä informaalisen kasvatuksen edellytys että seuraus (ks. kuvio 2). Bybee (2001, 45) ehdottaa, että luonnontieteellisen lukutaidon kehittämisen tulisi olla sekä formaalisen että informaalisen kasvatuksen yhteinen päätavoite. Opiskelijoiden tulisi ymmärtää, millainen asema kemialla muiden luonnontieteiden ohella on yhteiskunnassa, vaikka he eivät itse aikoisikaan luonnontieteelliselle alalle. Koulun tehtävä olisi siis tarjota opiskelijoille sellaiset valmiudet, että opiskelijat pystyisivät jatkossa itsenäisesti laajentamaan luonnontieteellistä näkemystään esimerkiksi lukemalla luonnontiedettä käsitteleviä tekstejä. (Jarman, McAleese & McConnel 1997, 149; Viiri & Saari 1999, 19; Jarman & McClune 2002, 998)



Kuvio 2. Informaalisen kasvatuksen ja luonnontieteellisen lukutaidon väliset suhteet Maarschalkin (1988, 141) mukaan.

3.4.2 Lehtien käyttö kemian opetuksessa

Lehtien käyttö kemian opetuksessa tukee tavoitteita, jotka liittyvät opetussuunnitelmien perusteiden viestintä- ja mediataidon (POPS 2004) sekä viestintä- ja mediaosaamisen (LOPS 2003) aihekokonaisuuksiin. Aihekokonaisuudet ovat opetussuunnitelman sellaisia painoalueita, joiden tavoitteet ja sisällöt liittyvät useisiin oppiaineisiin. Viestintään ja mediaan liittyvien aihekokonaisuuksien tavoitteena on syventää median aseman ja merkityksen ymmärtämistä sekä kehittää median käyttötaitoja. (LOPS 2003; POPS 2004)

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa mainitaan, että työtapoja tulisi suunnitella siten, että ne ”kehittävät tiedon hankkimisen, soveltamisen ja arvioimisen taitoja”. Lehtien käyttö kemian opetuksen työtapana voi parhaimmillaan toteuttaa kyseistä tavoitetta. (POPS 2004) Lukion opetussuunnitelman perusteissa (LOPS 2003) mainitaan opiskelu ympäristöjen ja –menetelmien yhteydessä seuraavasti:

”Opiskelijoille tulee antaa välineitä tiedon hankkimiseen ja tuottamiseen sekä tiedon luotettavuuden arviointiin ohjaamalla heitä soveltamaan kullekin tiedon- ja taidonalalle luonteenomaisia tiedon- ja taidon hankkimis- ja tuottamistapoja. Opiskelutilanteita tulee suunnitella siten, että opiskelija pystyy soveltamaan oppimaansa myös opiskelutilanteiden ulkopuolella.”

Lehtien käyttö osana lukion kemian opetusta tukee edellä mainittuja tiedon hankkimiseen ja käsittelyyn liittyviä tavoitteita.

Lehtien käytöstä luonnontieteiden opetuksessa on ollut paljon keskustelua luonnontieteiden opettajien keskuudessa (Kachan, Guilbert & Bisanz 2006, 498). Lehdistä oppiminen on yksi keskeisistä informaation oppimisen tavoista (Stocklmayer & Gilbert 2002). GISEL-hankkeessa selvisi, että peruskoulun oppilaat eivät lue kirjasta tai lehdestä luontoa tai tiedettä käsittelevää kirjoitusta usein (Lavonen *et al.* 2004). Sanomalehtiä säännöllisesti lukevat nuoret menestyvät vuonna 2003 toteutetun PISA-tutkimuksen mukaan paremmin koulussa ja saavat paremman ennusteen jatko-opintoihin ja työelämään. PISA-tutkimuksessa oppilaat ryhmiteltiin heidän lukutottumustensa mukaisesti. *Tietoa etsivä aktiivilukijoiden ryhmä* menestyi kaikista kokeista parhaiten luonnontieteiden kokeissa. Nuorten sanoma- ja verkkolehden lukemisaktiivisuus on myös vahvasti yhteydessä muiden medioiden käyttöön. (Linnakylä & Malin 2006) Lehtien käytön lisääminen kemian opetuksessa on edellä mainitut tutkimustulokset huomioon ottaen perusteltua.

Hume *et al.* (2006) tutkivat opiskelijoiden kokemuksia uutisten luvusta osana yliopiston orgaanisen kemian kurssia. *Chemistry Is in The News (CIITN)* -projektin tarkoituksena oli, että opiskelijat ymmärtäisivät kemian ilmiöt osana arjen konteksteja sekä havaitsisivat tieteellisen kommunikaation monipuolisuuden. Suuri osa opiskelijoista sanoi projektin lisänneen heidän ymmärrystään aihepiirien yhteydestä yhteiskuntaan.

Jarman & McClune 2002 tutkivat, miten Pohjois-Irlannin luonnontieteiden opettajat (N=50) käyttävät sanomalehtiä opetuksessaan. Valtaosa tutkimukseen osallistuneista opettajista käytti sanomalehtiä opetuksensa yhteydessä. Opettajat sanoivat kuitenkin käyttävänsä niitä opetuksessaan vain sattumanvaraisesti. Tärkein syy sanomalehtien käytölle heidän mielestään oli yhteyden luominen koulun luonnontieteen tuntien ja arkielämän välille. Eräs opettaja perusteli lehtien käyttöä tunneilla seuraavasti:

”Ne tekevät luonnontieteistä todellista. Niillä on yhteys arkielämään. Me kerromme heille, että luonnontieteet ovat todellisia – tässä on todiste.”

Muita syitä sanomalehtien käytölle olivat esimerkiksi seuraavat: Opettajien mielestä niiden käytöllä voi lisätä opiskelijoiden mielenkiintoa luonnontieteisiin; Sanomalehdissä on opettajien mukaan opetukseen käyttökelpoisia kuvia ja grafiikoita sekä ajankohtaista tietoa. Vain kaksi opettajaa mainitsi käyttävänsä sanomalehtiä, jotta heidän opiskelijansa

oppisivat arvioimaan tekstejä kriittisesti eli kehittämään luonnontieteellistä lukutaitoaan. Opettajat viittasivat harvoin puheissaan elinikäiseen oppimiseen. (Jarman & McClune 2002, 1002)

Tutkimuksen biologian opettajat (90 %) käyttivät useimmin sanomalehtiä opetuksessaan kuin kemian (80 %) tai fysiikan opettajat (60 %). Ympäristö, ekologia, ihmisen biologia, terveys, genetiikka ja avaruus olivat eniten käytettyjä teemoja. Perinteisten kemian teemojen yhteydessä opettajat käyttivät sanomalehtiä kaikkein harvimmin. Tavallisimpia työtapoja liittyen sanomalehtien käyttöön olivat erilaiset projektityöt. Informaation haussa, luetun ymmärtämisen testinä sekä materiaaliarkistona sanomalehtiä käytettiin toiseksi eniten. Sanomalehtiä opetuksessaan käyttävien opettajien opiskelijat keskustelivat oppitunneilla eri lehdissä olleista luonnontieteellisistä artikkeleista useammin kuin opiskelijat, joiden opettajat eivät käyttäneet sanomalehtiä opetuksessa lainkaan. (Jarman & McClune 2002, 1005, 1007)

Sanomalehtien Liiton tekemien tutkimusten mukaan sanomalehtien välittämään tietoon luotetaan Suomessa (Suomen Lehdistö 2008). Kuitenkin Jarmanin & McClunen (2002, 1005, 1011) tutkimuksessa luonnontieteiden opettajat mainitsivat sanomalehtien suurimmaksi epäkohdaksi tekstien harhaanjohtavat tiedot (Jarman & McClune 2002, 1005, 1011). Kemiallisia teemoja käsitteleviä uutisia kirjoittavat usein sellaiset henkilöt, joiden kemian tiedot ovat hyvin rajalliset. Siksi tiedotusvälineiden virheet koskien kemiallisia ilmiöitä ovat tavallisia. Opettajat ovat keskeisessä asemassa, jotta opiskelijat oppisivat tunnistamaan virheelliset tiedot tiedotusvälineiden raporteista. (Myers 1991, 769; Toby 1997, 1286) Suomalaisissa kouluissa vietetään vuosittain sanomalehtiviikkoa, etenkin äidinkielen tunneilla. (Sanomalehtien liitto 2008; Suomen lehdistö 2008) Sanomalehtiviikkoa olisi tärkeää hyödyntää ohjatusti myös kemian opetuksessa, jolloin kemian opettajalla olisi mahdollisuus korjata tekstien epätarkkoja tietoja.

Kachan, Guilbert & Bisanz (2006) tutkivat Britannian, Pohjois-Amerikan ja Kanadan valtakunnallisia sekä Kanadan Albertan maakunnan koulutuspoliittisia dokumentteja sekä arvioivat, kuinka ne tukevat tiedotusvälineiden käyttöä luonnontieteiden opetuksessa. He myös haastattelivat kanadalaisia luonnontieteiden opettajia (N=24) liittyen tiedotusvälineissä julkaistujen raporttien käyttöön opetuksessa. Haastatelluista opettajista

10 opetti lukion yleistä luonnontiedettä (biologia, fysiikka ja kemia) (Science 10) sekä 14 heistä opetti lukion biologiaa (Biology 30).

Amerikkalaisista sekä britannialaisista dokumenteista löydettiin jonkin verran (1–10) suoria viittauksia siihen, että opiskelijoiden tulisi oppia ymmärtämään sekä arvioimaan kriittisesti näkemiään ja lukemiaan luonnontieteellisiä raportteja. Vaikka tutkituissa kanadalaisissa koulutuspoliittisissa materiaaleissa ei löydetty yhtäkään suoraa viittausta tiedotusvälineiden käyttöön luonnontieteiden opetuksessa, kaikki haastatellut kanadalaiset opettajat hyödynsivät siitä huolimatta tiedotusvälineitä opetuksessaan. 93 % Biology 30 -kurssin opettajista sekä puolet Science 10 -kurssin opettajista sanoivat käyttävänsä tiedotusvälineitä opetuksessaan usein. (Kachan, Guilbert & Bisanz 2006)

Tavallisimmat opettajien käyttämät tiedotusvälineet olivat erilaiset lehdet sekä televisio. Yli 70 % kaikista opettajista piti tärkeimpänä syynä tiedotusvälineiden käyttöön opetuksessa luonnontieteiden ja teknologian merkityksen ymmärtämistä osana yhteiskuntaa. 79 % Biology 30 -kurssin ja puolet Science 10 -kurssin opettajista käytti tiedotusvälineiden raportteja opetuksessaan vahvistaakseen yhteyttä opetussuunnitelman sisältöön. 29 % biologian haastatelluista Biology 30 -kurssin opettajista ja 50 % Science 10 -kurssin opettajista ajatteli, että tiedotusvälineiden käytöllä voi lisätä opiskelijoiden kiinnostusta opetettavaan aiheeseen. Yksikään Science 10 -kurssin opettaja ei maininnut tärkeänä syynä sitä, että opiskelijat oppisivat ajattelemaan kriittisesti. Puolet Biology 30 -kurssin opettajista sitä vastoin piti tätä näkökohtaa tärkeänä käyttäessään tiedotusvälineitä opetuksessaan. Eniten haastatellut opettajat käyttivät tiedotusvälineiden raportteja esimerkkeinä oppituntien aiheista sekä opetuskeskustelujen materiaaleina. (Kachan, Guilbert & Bisanz 2006)

Tiedotusvälineiden käytön haittapuolia ja esteitä kysyttäessä, opettajat mainitsivat useimmiten tiukan aikataulun sekä raporttien epätarkkuuden tai huonolaatuisuuden. Kachan, Guilbert & Bisanzin (2006, 516–517) mukaan tutkimusotoksen tuloksia voidaan vertailla myös muihin kanadalaisiin maakuntiin, vaikka eri maakuntien koulutuspolitiikka saattaakin erota hieman toisistaan. Tiedotusvälineiden raportit ovat niin helposti saavutettavissa (esim. internet), joten sekä kaupunkien että maaseutujen kouluissa niitä on yhtä vaivatonta käyttää. Tällä perusteella tutkimustuloksia voitaisiin yleistää koskemaan myös muita maita kuten Suomea. Sekä Kachan, Guilbert & Bisanzin (2006) että Jarman &

McClunen (2002) tutkimuksessa tiedotusvälineiden raportteja käytettiin enemmän biologian tunneilla kuin fysiikan tai kemian tunneilla. Kachan, Guilbert & Bisanzin (2006, 517) mukaan lisää tutkimusta liittyen tiedotusvälineiden käyttöön kemian ja fysiikan tunneilla tarvitaan.

3.5 Informaalista kemian oppimista hyödyntävien työtapojen käyttöönotto

Kehitettyjä oppimateriaaleja, jotka sisältävät informaalista kemian oppimista tukevia työtapoja, pidetään tässä tutkielmassa innovaatioina (vrt. Kuitunen 1996). Kemian opettajat ovat avainasemassa uusien kemian opetuksen käytänteiden leviämisessä ja käyttöönotossa. Kemian opetuksen uudistumisen kannalta on tärkeää, että kemian opettajat ottavat tutkimuspohjaisesti kehitettyjä, informaalista kemian oppimista tukevia, oppimateriaaleja käyttöönsä, arvioivat niiden käyttökelpoisuutta ja ovat siten osana kehittämistutkimuksen syklistä prosessia (ks. 4.2). Innovaatioiden leviämisprosessia tarkastellaan tässä tutkielmassa Everett M. Rogersin innovaatioteorian mukaisesti. Rogers (1983) määrittelee innovaation ideaksi, käytänneeksi tai esineeksi, jonka käyttäjä kokee uutena. Diffuusio on viestintäprosessi, jonka tuloksena uudet ideat leviävät.

Kasvatuksen innovaatioissa on Fullanin (1991, 37) mukaan kolme ulottuvuutta. Ne ovat uudistettujen materiaalien käyttö, uusien opetuksen lähestymistapojen käyttö ja uskomusten muuttuminen. Jotta tuloksia saavutettaisiin, tulee jokaisen innovaation ulottuvuuden alueella saada aikaan käytännön tason muutos. Innovaatiot edellyttävät Mölsän (2007) mukaan koko koulun kulttuurin muutosta. Sahlberg (1996) on sitä mieltä, että koulun uudistaminen edellyttää organisaation rakenteellisen uudistamisen lisäksi myös ajankäytön uudistamista. Hänen mukaan opettajien päivittäisiä tottumuksia pitäisi muuttaa sellaisiksi, että aikaa jäisi riittävästi ammatilliselle keskustelulle, yhteiselle suunnittelulle ja arvioinnille.

3.5.1 Kemian oppimateriaalien diffuusio

Diffuusioon eli innovaation leviämisen prosessiin kuuluvat seuraavat osatekijät (Rogers 1983):

- a) *Innovaatio*, tässä tapauksessa kehitetty oppimateriaali, jonka ominaisuudet vaikuttavat keskeisesti siihen, miten innovaatio leviää.
- b) *Kommunikaatiokanavat*, joita pitkin innovaation leviäminen on mahdollista. Massamediakanavat ovat tehokkaimpia tiedotuskanavia uusista innovaatioista. Yksilöiden väliset kanavat ovat tehokkaimpia kanavia vaikuttamisessa ja asenteiden muuttamisessa.
- c) *Aika*, joka kuluu yksilötasolla (kemian opettaja) innovaation omaksumiseen sekä aika, joka kuluu yhteisötasolla (esim. Suomen kemian opettajat) innovaation leviämiseen.
- d) *Sosiaalinen systeemi*: tiedonvaihto innovaatiosta tapahtuu vuorovaikutusverkostojen, tässä tapauksessa luonnontieteiden opettajien keskinäisten verkostojen, tuloksena. Systeemin sosiaalinen rakenne kuvaa sen jäsenten sosiaalisia suhteita, jotka voivat edistää tai heikentää innovaation leviämistä.

Diffuusio on pääosin selitettävissä ihmisten käyttäytymisen ja vuorovaikutuksen avulla. Yksilötarkastelussa mielenkiinnon kohteena on, millaisten prosessien kautta yksilö ottaa innovaation käyttöönsä tai hylkää sen. Innovaation käyttöönottoon liittyvät seuraavat prosessit (Rogers 1983, 163–209):

- a) *Tiedostaminen (knowledge state)*: Kemian opettaja tulee tietoiseksi uudesta oppimateriaalista ja ymmärtää, miten se toimii.
- b) *Vakuuttuminen (persuasion state)*: Kemian opettaja muodostaa mielipiteensä uutta oppimateriaalia kohtaan.
- c) *Päätöksenteko (decision state)*: Kemian opettaja joko päättää omaksua tai hylätä oppimateriaalin ideat.
- d) *Käyttöönotto (implementation state)*: Kemian opettaja ottaa oppimateriaalin käyttöönsä. *Mukauttaminen (re-invention)* merkitsee määrää, kuinka paljon kemian opettaja muuttaa oppimateriaalia.
- e) *Vahvistaminen (confirmation stage)*: Kemian opettaja hakee vahvistusta aikaisemmin tekemälleen päätökselle joko hylätä tai omaksua oppimateriaali.

Innovoituvuus ilmaisee, miten aikaisin yksilö vastaanottaa uudistuksen verrattuna toisiin saman systeemin jäseniin. Rogers (1983) jakaa mallissaan populaation innovoivuuden perusteella viiteen omaksujaluokkaan:

- 1) *Edelläkävijät (innovators)* ovat valmiita kestämään riskin epäonnistumisesta, 2,5 % populaatiosta. Tarveanalyysin tutkimuksen otos edustaa kemian opetuksesta innostuneita kemian opettajia, joita pidetään innovaatioiden edelläkävijöinä.
- 2) *Varhaiset omaksijat (early adopters)*, ovat avain innovaation leviämislle. Yhteydet sosiaaliseen järjestelmään ovat tiiviimmät kuin innovaattoreilla, 13,5 % populaatiosta.
- 3) *Varhaisenemmistö (early majority)* omaksuu innovaation kuultuaan toisten hyötynneen siitä, 34 % populaatiosta.
- 4) *Myöhäisenemmistö (late majority)* omaksuu innovaation, koska muutkin ovat tehneet niin, 34 % populaatiosta.
- 5) *Vitkastelijat (laggards)* luottavat päätöksenteossa menneeseen kehitykseen ja omaan kokemukseensa, 16 % populaatiosta.

3.5.2 Kemian oppimateriaalien diffuusion esteet

Sahlberg (1996, 203) väittää, että ajattelutapa, jonka mukaan koulutuksen avulla siirrettävät innovaatiot muuttavat opetusta, ei käytännössä toimi. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan joitakin syitä sille, mikä on esteenä tälle muutokselle eli mitkä tekijät estävät informaalista kemian oppimista tukevien oppimateriaalien leviämistä ja käyttöönottoa.

Tobin, Tippins ja Gallard (1994, 64) esittävät keskeiseksi syyksi opetuksen hitaalle uudistumiselle opettajien opetusta ja oppimista koskevien uskomusten muuttamisen vaikeuden. Uskomusten perusteella opettajat määrittelevät oman toimintansa rajat (Sahlberg 1996). Informaalista kemian oppimista hyödyntävien oppimateriaalien leviämistä hidastaa, jos oppimateriaalin ominaisuudet ja kemian opettajan arvomaailma (esim. kemian opettajan oppimiskäsitys) eivät kohtaa toisiaan (Rogers 1983).

Aika-paikkaongelma nousi myös Sahlbergin (1996) tutkimuksessa kynnyskysymykseksi koulussa, kun pohdittiin opetuksen uudistamista. Opettajille on Sahlbergin mukaan pyrittävä luomaan edellytykset käyttää aikaa oman työnsä kehittämiseen sekä itsenäisesti että yhdessä toisten opettajien kanssa. Ilman kehittämiseen tarkoitettua aikaa opetuksen

muutos on hidasta. Kouluille on tyypillistä opetuksen jakaminen oppiaineiksi, joita opiskellaan tiettyinä aikoina niille varatuissa paikoissa. Opiskelusta tulee tällaisen pulssimaisen rytmin tuloksena helposti oppiaineen opettamista ja tietojen omaksumista. Opetus voidaan kyllä toteuttaa sovitun aikataulun ohjaamana, mutta oppiminen ei tapahdu aikataulujen mukaan. (Sahlberg 1996, 212) Opettajat sitoutuvat noudattamaan opetussuunnitelmaa, joka ohjaa kemian opetusta. Kemian opettajat voivat toisinaan Montosen (2003) mukaan kokea opetussuunnitelman rakenteen jäykäksi. Jokaisella opettajalla on omat käsityksensä siitä, mikä on keskeistä. Uutta tutkimustietoa ja aineistoa kertyy jatkuvasti, jolloin seurauksena saattaa olla aikapula. Kun aikaa on niukasti, opettajilta voi mahdollisesti unohtua, mitä tietoja ja taitoja opiskelija tulevaisuudessa tarvitsee. (Montonen 2003, 14)

Yksi opetuksen kehittämisen haasteista Sahlbergin (1996, 212) mukaan on käsitys koulusta byrokraattisena organisaationa: Koulussa on joukko omaa työtään tekeviä yksilöitä, joiden keskinäiseen vuorovaikutukseen ei ole juuri kiinnitetty huomiota. Uusien, informaalista kemian oppimista hyödyntävien, oppimateriaalien leviäminen edellyttää vuorovaikutusta innovaation omaksuneiden ja käyttöönottoa harkitsevien välillä. Kemian opettajilla ei aina ole hyviä tilaisuuksia viestiä toisilleen omaksumastaan innovaatiosta. Viestintää vaikeuttavat koulun rakenteelliset tekijät, esimerkiksi tilan ja ajan puute. Nämä tekijät korostuvat varsinkin suurissa kouluissa, joissa opettajia on paljon. (Sahlberg 1996, 212) Suomalainen yksinopettamisen perinne ja opettajan yksityisyyden kunnioittaminen ovat myös haasteena oppimateriaalien leviämiselle: Innovaatioista viestiminen saatetaan tietyissä tapauksissa kokea puuttumisena kemian opettajan oikeuteen päättää opetuksen toteuttamisesta. (Mölsä 1997)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimuksen tavoitteena on kartoittaa eri asteiden kemian opettajien kokemuksia ja mielipiteitä informaalista oppimista hyödyntävistä kemian opetuksen työtavoista ja oppimisympäristöistä, erityisesti lehtien käytöstä kemian opetuksessa. Lisäksi tavoitteena on kehittää informaaliseseen kemian oppimiseen soveltuvia oppimateriaaleja.

Tutkimuksessa haettiin vastauksia kolmeen tutkimuskysymykseen:

1. Miten kemian opettajat hyödyntävät informaalista oppimista opetuksessaan?
 - 1.1 Millaisia työtapoja kemian opettajat käyttävät yleensä opetuksessaan?
 - 1.2 Millaisia informaaliseseen oppimiseen soveltuvia oppimisympäristöjä kemian opettajat käyttävät opetuksessaan?
2. Miten kemian opettajat hyödyntävät lehtiä opetuksessaan?
3. Miten informaalista oppimista voidaan hyödyntää käytettäessä Kemia-Kemi-lehteä kemian opetuksessa?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastataan kappaleessa 5.1 ja toiseen kappaleessa 5.2. Kolmannen tutkimuskysymyksen tavoitteet esitellään kappaleessa 5.3. ja kolmanteen tutkimuskysymykseen vastataan kappaleessa 5.4.

4.2 Tutkimusmenetelmät

Kehittämistutkimus (*design research*) (ks. Edelson 2002) on uusi tutkimusmetodologia kemian opetuksen tutkimuksessa. Sen tavoitteena on opetuksellisten käytäntöjen eli innovaatioiden kehittäminen tutkimusperusteisesti. Kehittämistutkimuksen usein syklinen prosessi etenee usean vaiheen kautta. Kehittäminen, kokeilu ja arviointi toistuvat useita kertoja peräkkäin. (Edelson 2002; Aksela 2005; Juuti 2005) Tämä tutkielma toteutettiin nelivaiheisena kehittämistutkimuksena:

1. Tarvekartoituksessa analysoitiin tarpeet (Rogers 1983, 135) ja määriteltiin tavoitteet kehitettävälle oppimateriaaleille (ks. kappaleet 5.1–5.3).

2. Tarveanalyysin ja tutkimuskirjallisuuden pohjalta kehitettiin kolme informaalista kemian oppimista hyödyntävää oppimateriaalia (ks. kappale 5.4).
3. Kehitetyt oppimateriaalit arvioitiin kemian opettajaopiskelijoilla (ks. kappale 5.5).
4. Oppimateriaaleja muokattiin kemian opettajaopiskelijoiden arvioiden pohjalta (ks. kappale 5.5).

4.2.1 Tarvekartoitus

Tarvekartoitus toteutettiin kyselylomaketutkimuksena (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 194–200) syksyllä 2007. Kyselylomake (ks. liite 1 ja 2) lähetettiin palautuskuorineen postitse 154:lle Kemia-Kemi-lehteä lukevalle eri puolella Suomea asuvalle kemian opettajalle. Eri asteiden opettajien yhteystiedot saatiin Kemi-Kemi-lehden tilaajarekisteristä sekä Suomen Kemian Seuran Kemianopetuksen jaoston rekistereistä.

Kyselylomake lähetettiin Kemia-Kemi-lehden MAOL ry:n jäsentilaajille sekä koulu- ja oppilaitostilaajille (yhteensä 107). Suomen Kemian Seuran Kemianopetuksen jaoston rekisteristä poimittiin 49 eri asteen kemian opettajaa. Yhteensä 46 opettajaa palautti kyselyn, joten vastausprosentti oli 29 %. Kyselylomakkeen palauttaneista opettajista 26 (57 %) ilmoitti yhteystietonsa palkinnon arvontaa varten. Vastauksia palautettiin eri puolilta Suomea.

Kyselylomake sisältää 22 kysymystä, joista 14 on monivalintakysymyksiä ja kahdeksan avoimia kysymyksiä. Kysymykset laadittiin tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen ja tutkimuksen tavoitteiden pohjalta. Ennen varsinaista tutkimusta kyselylomakkeen tarkastivat toinen tutkielman ohjaajista sekä yhteistyökumppani Kemia-Kemi-lehdestä. Heidän palautteensa pohjalta tutkija tarkasti muutamien kysymysten sanamuotoja ja taulukoiden selkeyttä sekä lisäsi kyselylomakkeeseen kysymyksen 22. Kyselylomake testattiin matemaattisten aineiden opettajalla (Anonymous 2007), joka arvioi lomakkeen selkeäksi ja toimivaksi. Hän lisäsi kyselylomakkeen informaalisia oppimisympäristöjä käsittelevään kohtaan 10 vaihtoehdon ”internetin avulla”. Palautteen pohjalta kyselylomake muokattiin lopulliseen muotoonsa (ks. liite 1).

Kyselylomakkeessa on kolme osaa. Ensimmäisessä osassa kartoitetaan vastaajan taustatietoja. Toinen osa käsittelee informaalista kemian oppimista ja kolmas osa Kemia-Kemi-lehden käyttöä opetuksessa. Kyselylomakkeen 12. kysymys käsittelee opettajien käyttämiä työtapoja. Työtapoihin liittyvät vaihtoehdot mukailtiin Akselan & Juvosen (1999) tutkimuksen pohjalta siksi, että tutkimustuloksia voitaisiin verrata aikaisempiin suomalaisten kemian opettajien työtapoja käsitteleviin tutkimuksiin. Lisäksi Akselan & Juvosen kyselylomakkeessa työtapavaihtoehtoja oli runsaasti (17 erilaista työtapaa). Samaa työtapavalikoimaa käytettäessä pyrittiin varmistamaan, ettei tavallisimpia suomalaisten kemian opettajien työtapoja jää pois kyselylomakkeen vaihtoehdoista. Tutkimuksessa käytettiin triangulaatiota (Cohen, Manion, Morrison 2000, 112–115): Aineisto analysoitiin sekä kvalitatiivisten että kvantitatiivisten menetelmien avulla. Triangulaation ajatellaan monipuolistavan tutkimuksen näkökulmaa etenkin käyttäytymistieteellisissä tutkimuksissa, joissa kohteena on ihminen. Kvalitatiivista ja kvantitatiivista tarkastelua pidettiin tutkimuksen kannalta toisiaan täydentävinä lähestymistapoina. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 133; Eskola & Suoranta 1999, 69; Cohen, Manion & Morrison 2000, 112–115).

Kyselylomakkeen kysymykset analysoitiin kysymyksittäin. Monivalintakysymysten vastaukset koodattiin numeroilla Excel-taulukkoon, ja niistä tehtiin erilaisia taulukoita. Osassa kysymyksistä laskettiin vastausten keskiarvot ja keskihajonnat.

Kyselylomakkeen avoimet kysymykset tutkittiin sisällönanalyysin menetelmällä (Pietilä 1976; Tuomi & Sarajärvi 2002). Vastaukset pyrittiin analysoimaan systemaattisesti ja objektiivisesti sekä saamaan tutkittavasta ilmiöstä kuvaus tiivistetyssä ja yleisessä muodossa. Sisällönanalyysi toteutettiin induktiivisesti eli aineistolähtöisesti. Sisällön luokittelua ei aineistolähtöisessä analyysissä ole ennalta harkittu. Luokittelu tapahtuu aineiston pohjalta tutkimuksen tavoitteet huomioiden. Sisällönanalyysi ei ollut täysin aineistolähtöinen. Teoria ohjasi analyysia hieman, sillä sisältöluokkia muodostettaessa ja johtopäätöksiä tehtäessä havainnot yhdistettiin teoriaosassa esitettyihin näkökulmiin. (Tuomi & Sarajärvi 2002, 93–116.)

Aineiston analyysi toteutui tulkinnan ja päättelyn keinoin seuraamalla kolmivaiheista prosessia:

- aineiston pelkistäminen,
- aineiston ryhmittely ja
- käsitteellistäminen.

Pelkistämisvaiheessa avoimien kysymysten vastaukset kirjoitettiin auki, ja niistä karsittiin tutkimuskysymysten kannalta epäolennaiset ilmaisut pois (esim. ”En löydä lehteä.”). Aineiston ryhmittelyvaiheessa aineiston alkuperäisilmaukset käytiin läpi tarkasti, ilmauksista etsittiin ajatukselliset kokonaisuudet ja samankaltaisia ajatuksia sisältävät ilmaukset yhdistettiin yhdeksi ryhmäksi. Pietilä (1976, 94) kutsuu kyseisiä ilmauksia alkioiksi, joilla tarkoitetaan ”kaikkia sellaisia merkityssisällön mukaan määräytyviä sisällön osia, joiden voidaan katsoa ilmaisevan jotain tutkittavaksi asetettua ilmiötä”. Alkiot ryhmiteltiin sisältöluokaksi, joka nimettiin sisältöä kuvaavalla käsitteellä. Ryhmittelyssä ja käsitteellistämisessä aineisto tiivistyi, koska yksittäiset tekijät sisällytettiin yleisempiin käsitteisiin eli sisältöluokkiin. Käsitteellistämistä jatkettiin yhdistelemällä luokituksia niin pitkälle kuin se aineiston näkökulmasta oli mielekästä. (Pietilä 1976, 94–97; Eskola & Suoranta 1999, 186; Tuomi & Sarajärvi 2002, 111–114) Sisällönanalyysin runko ja sisältöluokat määritelmiseen (Pietilä 1976, 101) ovat liitteenä 3.

Tulkinta kohdistuu laadullisessa tutkimuksessa ajatukselliseen kokonaisuuteen. Tulkintayksikön tutkija määritteli lukemalla ilmaisut tarkasti ja pohtimalla, kuinka laajalle ilmaisujen ajatusyhteydet kyselylomakkeen muissa kysymyksissä ulottuivat. Merkityksen tulkitseminen edellyttää tutkijalta sekä teoreettisten lähtökohtien mielessä pitämistä että aineiston ilmaisujen lukemista niiden omia yhteyksiä vasten. Merkitysten yhdistäminen perustui siihen, että tutkija havaitsi niissä yhteisiä ajatussisältöjä. (Syrjälä *et al.* 1994, 143–145) Osa opettajien vastauksista ei sopinut mihinkään muodostuneista sisältöluokista, ja osa vastauksista luokiteltiin useaan sisältöluokkaan. Osa opettajien vastauksista sopi paremmin toisiin kysymyksiin kuin juuri siihen kysymykseen, jonka alle he vastauksensa olivat kirjoittaneet. Kyseisissä tapauksissa vastaukset luokiteltiin kaikkein sopivimpaan sisältöluokkaan. Esimerkiksi kysyttäessä yleisesti lehtien käytöstä opetuksessa (kysymys 14), osa opettajista vastasi kysymykseen käsitellen vastauksessaan ainoastaan Kemia-Kemi-lehteä. Näissä tapauksissa kysymyksen 14 vastaukset luokiteltiin sisältöluokkaan, joka käsitteli Kemia-Kemi-lehden soveltuvuutta opetuksessa (kysymys 19).

4.2.2 Oppimateriaalin kehittäminen

Tarveanalyysin ja tutkimuskirjallisuuden pohjalta muodostettiin tavoitteet tutkimuksen kehittämisosuudelle. Tavoitteiden pohjalta syksyn 2007 aikana kehitettiin kolme informaaliseseen oppimiseen soveltuvaa oppimateriaalia, joissa hyödynnetään *Kemia-Kemilehden* numeroa 02/07. Kehittämisosuudessa pyrittiin vastaamaan tarveanalyysissä esille tulleisiin tuloksiin sekä käyttämään hyväksi teorian pohjalta nousseita informaalisien kemian oppimisen mahdollisuuksia. (Edelson 2002, 108–112)

4.2.3 Kehitettyjen oppimateriaalien kokeilu, arviointi ja jatkokehitys

Oppimateriaalien kokeilu ja arviointi toteutettiin Helsingin yliopiston *Kemia elinympäristössä* –kurssilla helmikuussa 2008. Kemian opettajaopiskelijat (N=21) osallistuivat kurssikerran aikana informaalista kemian oppimista käsittelevään työpajaan. Opiskelijat olivat perehtyneet informaaliseseen kemian oppimiseen ennen kurssikertaa. He olivat lukuineet artikkelit, jotka käsittelevät informaalista oppimista (Eshach 2007) sekä lehtien käyttöä kemian yliopisto-opetuksessa (Hume *et al.* 2006), ja vastanneet artikkelien pohjalta seuraaviin kysymyksiin: 1) Mitkä ovat Eshachin (2007) mukaan informaalisien oppimisen keskeiset ominaispiirteet? 2) Miten voisit itse käyttää lehtiä kemian opetuksessa?

Tutkielman tekijä piti kurssikerran, jonka aikana kehitettyihin oppimateriaaleihin tutustuttiin. Opiskelijat lukivat oppimateriaalit läpi, minkä jälkeen he syventyivät yhteen oppimateriaaliin (ks. kurssikerran ohjeet, liite 13). Opiskelijat tekivät ryhmissä tehtävän, jonka he esittivät muille opiskelijoille. Lopuksi opiskelijat täyttivät arviointilomakkeen (ks. liite 14). Oppimateriaalien opettajan ohjeisiin ei kurssikerran aikana ehditty tutustua. Oppimateriaalit muokattiin lopulliseen muotoonsa kemian opettajaopiskelijoiden palautteen pohjalta.

4.3 Kohderyhmä

Tarveanalyysin otos edustaa kemian opetuksesta innostuneita kemian opettajia. Heitä pidetään tässä tutkimuksessa innovaatioiden edelläkävijöinä, joihin kuuluu Rogersin (1983) mukaan noin 2,5 % populaatiosta eli tässä tapauksessa kemian opettajista. Yhteensä

vastauksia palautettiin 46 (vastausprosentti oli 29 %). Naisten määrä vastaajista oli yli kaksinkertainen miehiin nähden. (Ks. taulukko 6)

Taulukko 6. Tutkimukseen osallistuneet opettajat ja heidän sukupuolijakauma.

Osallistujat	Määrä / kpl	% vastaajista
Naisia	33	72
Miehiä	13	28
Yhteensä	46	100

Vastaajat olivat kokeneita kemian opettajia. Lähes puolet vastaajista (48 %) on opettanut kemiaa eri asteilla yli 20 vuotta. Kyselylomakkeen palauttaneista opettajista 28 % on opettanut kemiaa yli 10 vuotta ja 22 prosentilla vastaajista opetuskokemuksta oli 5–10 vuotta. Ainoastaan yksi vastaajista on opettanut kemiaa alle viisi vuotta (ks. taulukko 7).

Taulukko 7. Kemian opettajien opetuskokemus.

Opetuskokemus	Määrä / kpl	% vastaajista
Yli 20 vuotta	22	48
11–20 vuotta	13	28
5–10 vuotta	10	22
Alle 5 vuotta	1	2
Yhteensä	46	100

Yli puolet tutkimuksen opettajista (54 %) opettaa kemiaa lukiossa. Peruskoulun kemian opettajia vastaajista oli 37 %. Ammatillisen koulutuksen opettajia vastaajista oli 17 % ja korkeakouluopettajia 13 % (ks. taulukko 8). Tutkimuksen opettajista noin neljäsosa (24 %) opettaa kemiaa kahdella eri asteella (ks. taulukko 9). Korkeakouluopettajien pohjakoulutus poikkeaa usein peruskoulun, lukion ja ammatillisten koulujen opettajien pohjakoulutuksesta. Lisäksi korkeakouluissa opiskelu poikkeaa eniten muista koulutusasteista. Siksi useissa tutkimuksen kohdissa tarkastellaan korkeakouluopettajien (N=6) vastausten jakautumista suhteessa kaikkien kemian opettajien (N=46) vastauksiin.

Taulukko 8. Tutkimuksen opettajat opettavat kemiaa eri asteilla.

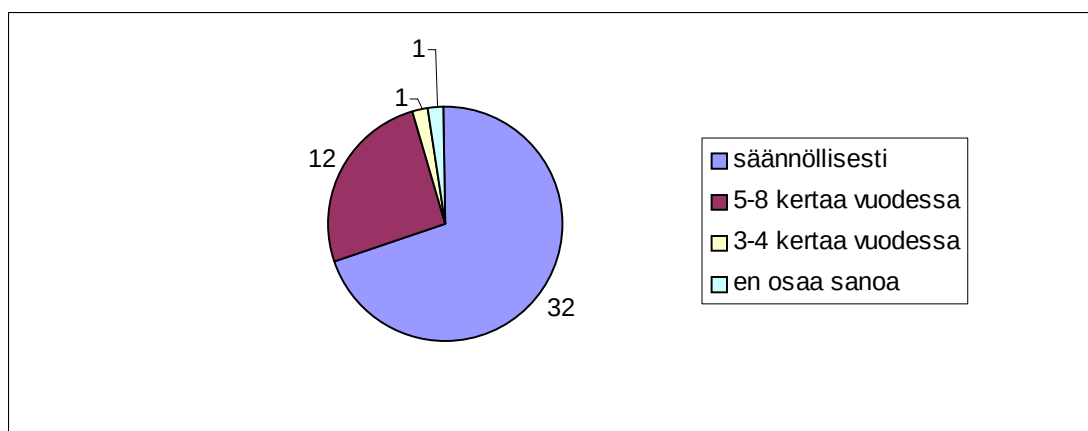
Opetusaste	Määrä / kpl	% vastaajista
peruskoulu	17	37
lukio	25	54
ammatillinen koulu	5	11
korkeakoulu	6	13

Taulukko 9. Tutkimuksen opettajista osa opettaa kemiaa kahdella eri asteella.

Opetusaste	Määrä / kpl	% vastaajista
peruskoulu ja lukio	6	13
ammattillinen koulu ja peruskoulu	1	2
ammattillinen koulu ja korkeakoulu	2	4

Suurimmalla osalla (46 %) kyselyyn vastanneista opettajista kemian osuus opetettavista tunneista lukuvuonna 2007–2008 oli suurin. Vastaajista 35 prosentilla kemian osuus oli toiseksi suurin. Kemian opettajia, joilla kemian osuus opetettavista aineista oli joko kolmanneksi suurin tai neljänneksi suurin, oli vastaajina yhtä paljon (4 %). Kyselyyn vastanneista 11 % ei opeta kemiaa lukuvuonna 2007–2008.

Tutkimukseen osallistuneet opettajat lukevat Kemia-Kemi-lehteä usein. Valtaosa (70 %) heistä lukee lehteä säännöllisesti (8 painettua numeroa ja sähköinen uutiskirje vuodessa). Kyselyyn vastanneista noin neljäsosa (26 %) ilmoitti lukevansa lehteä 5–8 kertaa vuodessa (ks. kuvio 3). Korkeakouluopettajista 83 % lukee Kemia-Kemi-lehteä säännöllisesti.



Kuvio 3. Kemia-Kemi-lehden lukusäännöllisyys kemian opettajien keskuudessa.

Valtaosa vastaajista (78 %) lukee lehdestä vain itseään eniten kiinnostavat jutut. Opettajista 15 % lukee lehdestä suurimman osan ja yksi vastaaja ilmoitti lukevansa lähes jokaisen jutun.

4.4 Tutkimuksen luotettavuus

Kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuus perustuu aineiston ja johtopäätösten *validiteettiin* eli pätevyYTEEN, jolla on kaksi ulottuvuutta: aineiston ja johtopäätösten tulee vastata tutkittavien ajatuksia (*aitous*) ja samalla niiden tulee liittyä teoreettisiin lähtökohtiin (*relevanssi*). Johtopäätökset eli tulkitut merkitykset ovat valideja silloin, kun ne vastaavat tutkittavien tarkoitusperiä. Johtopäätösten muodostamiseen liittyy ylitulkinnan vaaraa. Tämän välttämiseksi tutkija on pitänyt tutkittavien ilmaisut jatkuvasti esillä itselleen. Sisältöluokat muodostavat ilmaisut (eli alkiot) ovat lukijan nähtävillä tutkielman liitteenä. Lukijalla on siten mahdollisuus havaita, miten tutkija on sisältöluokat laatinut. Tämä lisää tutkimuksen aitoutta, jota tutkimuksessa on pyritty lisäämään myös käyttämällä suoria lainauksia opettajien vastauksista. Relevanssi on pyritty varmistamaan laatimalla kyselylomake lähdekirjallisuuden pohjalta sekä liittämällä tutkimuksen johtopäätökset tutkimuksen teoriaan ja tutkimuskysymyksiin. Tutkija on lisäksi pyrkinyt perustelemaan kaikkia valitsemiaan ratkaisujaan tutkimuksen toteutuksessa. (Syrjälä *et al.* 1994, 129, 146–147, 152–156)

Tutkimukseen osallistuneista opettajista 72 % oli naisia. Sukupuolijakauma on samankaltainen kuin Akselan & Juvosen (1999) kemian opettajien kokemuksia kartoittavassa tutkimuksessa, jossa 399:stä vastaajista 80 % oli naisia. Tutkielman otos edustaa sukupuolijakaumaltaan suomalaisia kemian opettajia. Suomalaisissa matemaattis-luonnontieteellisten aineiden opettajissa suurin osa opettajista on naisia.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa ei pyritä tilastollisiin yleistyksiin, vaan pyritään kuvaamaan jotakin tapahtumaa, ymmärtämään tiettyä toimintaa tai antamaan teoreettisesti mielekäs tulkinta jostakin ilmiöstä. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa puhutaan aineiston harkinnanvaraisesta, teoreettisesta tai tarkoituksenmukaisesta poiminnasta. (Eskola & Suoranta 1999, 61) Aineiston koko (46 vastaajaa) oli riittävä myös kvantitatiiviseen tarkasteluun. Luotettavuuden kannalta otoksen minimikokona tilastollisille laskuille pidetään yleensä kolmeakymmentä (Cohen, Manion & Morrison 2000, 93).

Osa opettajista (35 %) oli jättänyt kyselylomakkeen viimeisen sivun avoimet kysymykset tai osan niistä tyhjiksi. Heiltä on voinut olla kysymyksiin liittyvä lehden numero kateissa tai he eivät ole jaksaneet motivoitua vastaamaan avoimiin kysymyksiin.

Monivalintakysymysten kohdalla tutkimuksen aineisto on 46 opettajalta ja suurimmassa osassa avoimia kysymyksiä vastauksia on 30 opettajalta. Tämä on vaikuttanut sisältöluokkien muodostumiseen sisällönanalyysissä.

Kyselytutkimusten etuna pidetään yleensä sitä, että se nähdään tehokkaana menetelmänä kerätä laaja tutkimusaineisto. Valmiiksi rakennetut monivalintavaihtoehdot mahdollistavat aineiston, jota on mielekästä vertailla ja käsitellä tilastollisesti. Kyselytutkimuksen heikkoudet liittyvät muun muassa siihen, että aineistoa voidaan pitää pinnallisena. Epävarmuutta tuloksiin saattaa aiheuttaa se, ettei voida olla varmoja, miten hyvin vastaajat ovat selvillä kyselyn aihealueesta. Kyselyissä oletetaan usein, että vastaajilla on käsitys asioista. On kuitenkin tutkittu, että ihmiset vastaavat, vaikka heillä ei olisikaan selvää käsitystä kysytystä asiasta. Siksi vastaajaa ei ole tässä tutkielmassa pakotettu ottamaan kantaa kysymyksiin. Jokaisessa kysymyksessä on mukana *en osaa sanoa* -vastausvaihtoehto. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997: 191–200)

Kyselylomaketutkimuksessa on mahdotonta varmistua siitä, kuinka vakavasti vastaajat ovat suhtautuneet tutkimukseen. Tutkimuksessa voi jäädä epäselväksi myös se, miten onnistuneita annetut vastausvaihtoehdot ovat olleet vastaajien näkökulmasta. Tässä tutkielmassa vastaajien oletetaan olevan vakavissaan vastaustensa suhteen, koska ne koskettavat heidän jokapäiväistä työtään. Heidän oletetaan olevan selvillä omaan opetukseensa liittyvistä työtavoista, joita kyselylomake käsittelee. Kyselylomakkeen vastausvaihtoehdoissa vastaajalla on mahdollisuus lisätä oma vaihtoehto, jos valmiit vaihtoehdot eivät ole vastaajan näkökulmasta onnistuneita. Avoimet vaihtoehdot antavat vastaajille mahdollisuuden sanoa, mitä heillä todella on mielessään. Niiden avulla tutkijan on mahdollista saada esiin näkökulmia, joita hän ei ole etukäteen ajatellut. Avoimet kysymykset lisäävät aineiston aitoutta. (Syrjälä *et al.* 1994, 153; Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997: 191–200)

Tutkija havaitsi tuloksia analysoidessaan kyselylomakkeesta joitakin kohtia, jotka ovat saattaneet aiheuttaa epäselvyyttä vastaajille. Seuraavien tekijöiden vaikutusta tutkimustuloksiin tutkija pitää kuitenkin vähäisenä. Kohdassa 10 kysyttiin, kuinka usein opettajat ovat ohjanneet opiskelijoitaan hyödyntämään erilaisia informaalisia oppimisympäristöjä. Vaihtoehto b on *elokuvien/dokumenttien avulla*. Vaihtoehto olisi ehkä ollut selkeämpi, jos siinä olisi lukenut vain *televisio*. Kaksi vastaajaa oli nimittäin lisännyt

omiin avoimiin vaihtoehtoihinsa television informaalisena oppimisympäristönä. Televisio ei sulje pois elokuvia tai dokumentteja. Televisio olisi saattanut olla useammin mainittuna, jos se olisi ollut yhtenä vaihtoehtoista vaihtoehto b:n tilalla.

Kohdassa 11 kysytään, miten usein opettajat käyttävät erilaisia *oppimisen malleja* opetuksessaan. Oppimisen malli –termin sijasta selkeämpää olisi ollut käyttää käsitettä *työtapaa*, jota käytetään kaikissa muissa kyselylomakkeen kohdissa. Kohdissa 18 d) ja 18 e) olisi ollut ehkä parempi kysyä seuraavasti: Lehtijutun perusteella on järjestetty tai syntynyt keskustelu tai väittely. Kyselylomakkeen vaihtoehdossa lukee seuraavasti: Lehtijutun perusteella on järjestetty keskustelu/väittely. Osa vastaajista kirjoitti oman huomionsa vaihtoehdon yhteyteen, että lehtijutun perusteella on nimenomaan *syntynyt* keskustelu tai väittely. Tulosten analysoinnissa nämä vastaukset on kuitenkin laskettu kuuluvaksi vaihtoehtoon 18 d) tai 18 e). Vastausten vivahde-eroilla ei tämän tutkimuksen näkökulmasta ole merkitystä.

Sisällönanalyysiin liittyy joitakin tekijöitä, joita tulee tarkastella tutkimuksen luotettavuuden näkökulmasta, koska analyysi sisältää monia subjektiivisia vaiheita. Tutkija pyrki luotettavuutta lisätäkseen perustelemaan tutkimuksen aikana itselleen muun muassa seuraavia kysymyksiä: Miten valitsen luokitusyksiköt? Miten löydän ajatuksellisia kokonaisuuksia? Miten analyysi kuvaa todellisuutta? (Eskola & Suoranta 1999, 186–187) Tutkija pyrki lisäksi löytämään sisältöluokkien perusteet vain ja ainoastaan opettajien vastauksista sekä pitämään omat henkilökohtaiset asenteensa erillään analyysiprosessista.

Tuloksiin saattoi tulla epätarkkuutta siitä, että opettajien käsitykset kustakin työtavasta saattaa erota toisistaan. Joku opettaja saattaa esimerkiksi ymmärtää yhteistoiminnallisen oppimisen tavallisena ryhmätyöskentelynä, kun joku toinen opettaja puolestaan asettaa tarkat kriteerit yhteistoiminnalliselle oppimiselle (vrt. Sahlberg 1996, 201). Tulosten luotettavuuden lisäämiseksi jokaiseen työtapa käsittävään kyselylomakkeen kohtaan laadittiin vastausvaihtoehdot *en tunne* ja *en osaa sanoa*. Jos joku työtapaa on ollut opettajalle epäselvä tai hän ei ole tuntenut sitä, ei hänen ole tarvinnut arvioida kyseisen työtavan käyttöä.

Oppimateriaalit arvioitiin kemian opettajaopiskelijoilla (N=21), mikä parantaa tutkimuksen luotettavuutta. Osa opiskelijoista oli kuitenkin sitä mieltä, että oppimateriaaleihin

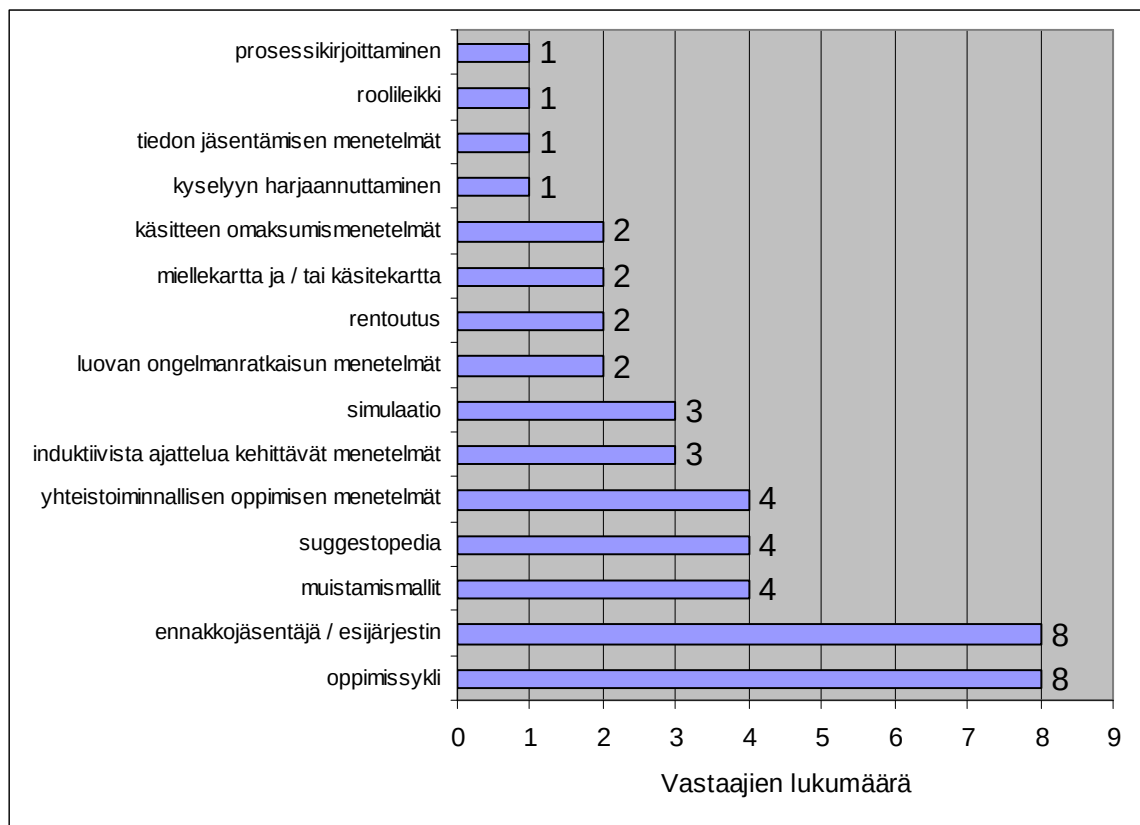
tutustumiseen ja syvälliseen arviointiin, ei ollut riittävästi aikaa. Kehitettyjen oppimateriaalien tavoitteiden toteutumisesta olisi tärkeää saada arvioita myös työssä olevilta kemian opettajilta. Siten arvioinnista tulisi yhä luotettavampi.

5 TULOKSET

5.1 Informaalinen oppiminen kemian opetuksessa

5.1.1 Kemian opettajien käytetyimmät työtavat opetuksessa

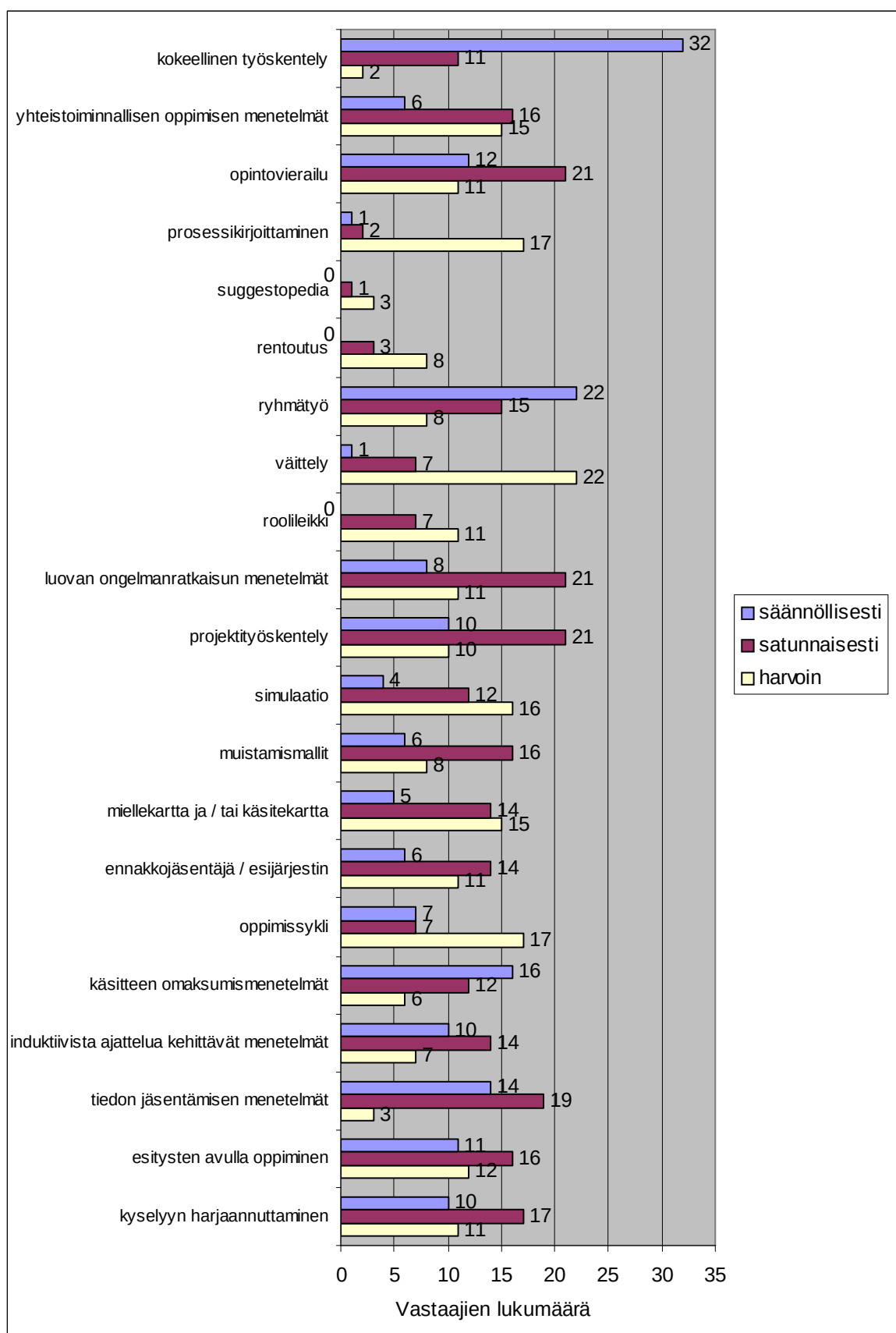
Opettajat tunsivat työtapoja monipuolisesti (ks. työtavat kyselylomakkeessa, liite 1). Kaikki vastaajat tunsivat esitysten avulla oppimisen, projektityöskentelyn, väittelyn, ryhmätyöskentelyn, opintovierailun sekä kokeellisen työskentelyn. Oppimissykli ja ennakkojäsentäjä olivat kemian opettajille vähiten tunnettuja työtapoja (ks. kuvio 4). Korkeakouluopettajista 1 vastaaja ei tuntenut oppimissykliä, ennakkojäsentäjää, miellekarttaa eikä yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmiä.



Kuvio 4. Työtavat, joita kemian opettajat eivät tunne.

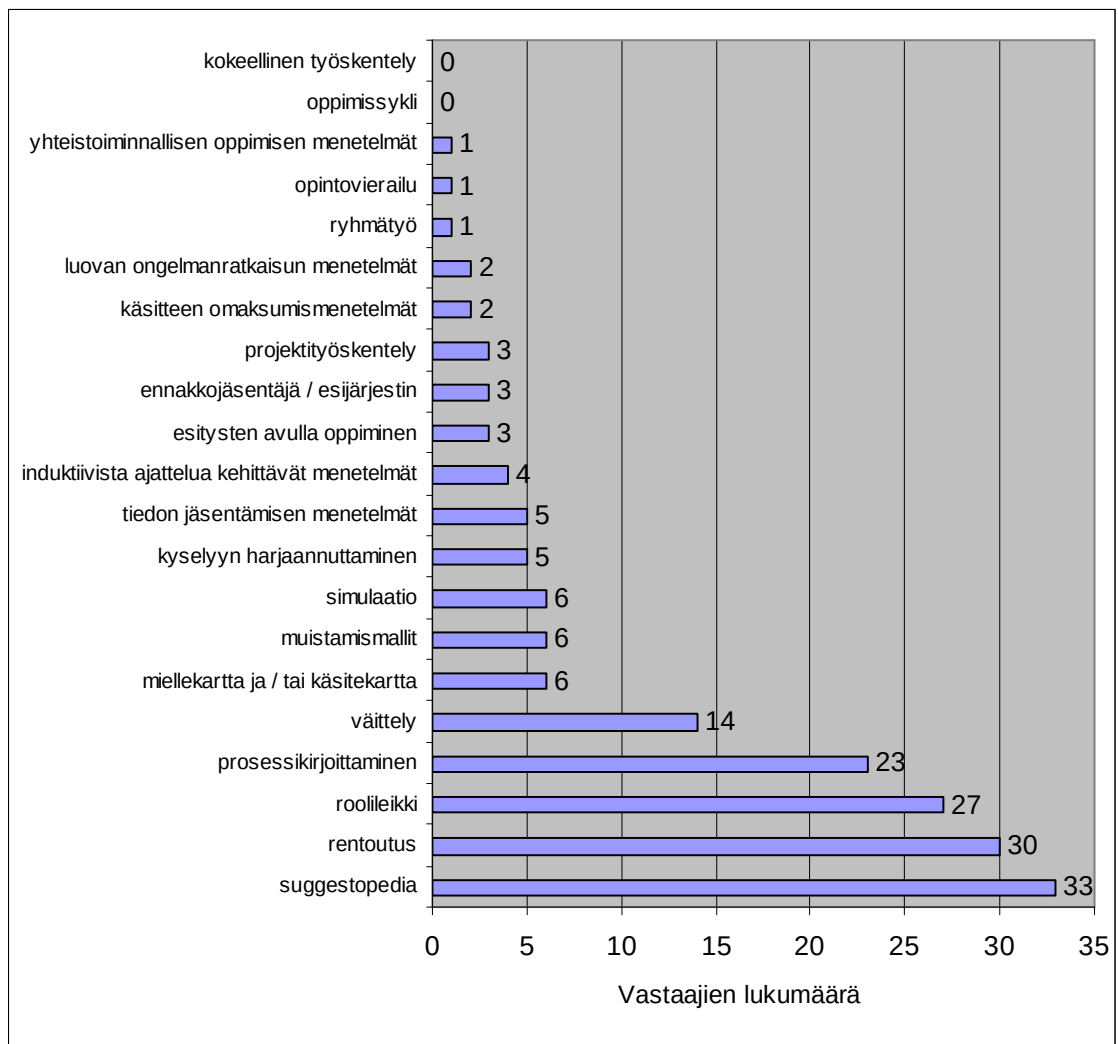
Suurin osa kemian opettajista (70 %) käyttää kokeellista työskentelyä säännöllisesti ja lähes puolet (48 %) kemian opettajista käyttää ryhmätöitä säännöllisesti. Noin kolmasosa vastaajista käyttää käsitteen omaksumis- ja tiedon jäsentämismenetelmiä säännöllisesti. Satunnaisesti käytetyistä työtavoista useimmin mainittiin luovan ongelmanratkaisun menetelmät, opintovierailu ja projektityöskentely (46 %). Melko suuri osa kemian opettajista käyttää tiedon jäsentämisen menetelmiä (41 %), kyselyyn harjaannuttamista (37 %), esitysten avulla oppimista (35 %), muistamismalleja (35 %) ja ryhmätyöskentelyä (33 %) satunnaisesti. Kemian opettajista 48 % käyttää väittelyä harvoin. Noin joka kolmas vastaajista käyttää prosessikirjoittamista, oppimissykliä, simulaatioita, yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmiä ja mielle- tai käsitekarttoja harvoin (ks. kuvio 5).

Korkeakouluopettajien (N=6) vastaukset jakautuivat samankaltaisesti verrattuna kaikkien kemian opettajien vastauksiin. Korkeakouluopettajien säännöllisimmin käytössä oleva työtapa oli kokeellinen työskentely. Satunnaisesti korkeakouluopettajista 67 % käyttää opetuksessaan kyselyyn harjaannuttamista (ks. taulukko 10).



Kuvio 5. Työtavat, joita kemian opettajat käyttävät säännöllisesti, satunnaisesti tai harvoin.

Työtavoista, joita opettajat eivät käytä koskaan, yleisin oli suggestopedia (72 % vastaajista). Yli puolet opettajista ei käytä rentoutusta (65 %), roolileikkejä (59 %) tai prosessikirjoittamista (50 %), ja lähes kolmannes opettajista ei käytä väittelyä koskaan opetuksessaan (ks. kuvio 6). Suggestopedia, rentoutus, roolileikit, prosessikirjoittaminen ja väittely näkyvät myös kuviossa 5 työtapoina, joita käytetään vähän. Korkeakouluopettajien keskuudessa vastaukset olivat samansuuntaisia (ks. taulukko10).



Kuvio 6. Työtavat, joita kemian opettajat eivät käytä koskaan opetuksessaan.

Taulukko 10. Työtavat, joita korkeakouluopettajat (N=6) käyttävät säännöllisesti, satunnaisesti tai harvoin sekä työtavat, joita he eivät käytä koskaan kemian opetuksessa. Luvut ovat vastaajien lukumääriä.

Työtapa	Säännöllisesti	Satunnaisesti	Harvoin	Ei koskaan
Kyselyyn harjaannuttaminen	1	4	0	1
Esitysten avulla oppiminen	1	2	2	0
Tiedon jäsentämisen menetelmät	3	3	0	0
Induktiivista ajattelua kehittävät menetelmät	1	0	3	0
Käsitteen omaksumismenetelmät	3	1	1	0
Oppimissykli	1	0	3	0
Ennakkojäsentäjä/ esijärjestin	1	1	1	0
Miellekartta ja/ tai käsitekartta	2	1	1	1
Muistamismallit	0	2	3	1
Simulaatio	0	0	3	1
Projektityöskentely	2	3	1	0
Luovan ongelmanratkaisun menetelmät	1	2	2	0
Roolileikki	0	1	1	3
Väittely	1	1	2	2
Ryhmätyö	3	2	1	0
Rentoutus	0	1	1	4
Suggestopedia	0	0	1	4
Prosessikirjoittaminen	0	2	1	2
Opintovierailu	3	1	1	0
Yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmät	1	1	1	0
Kokeellinen työskentely	5	1	0	0

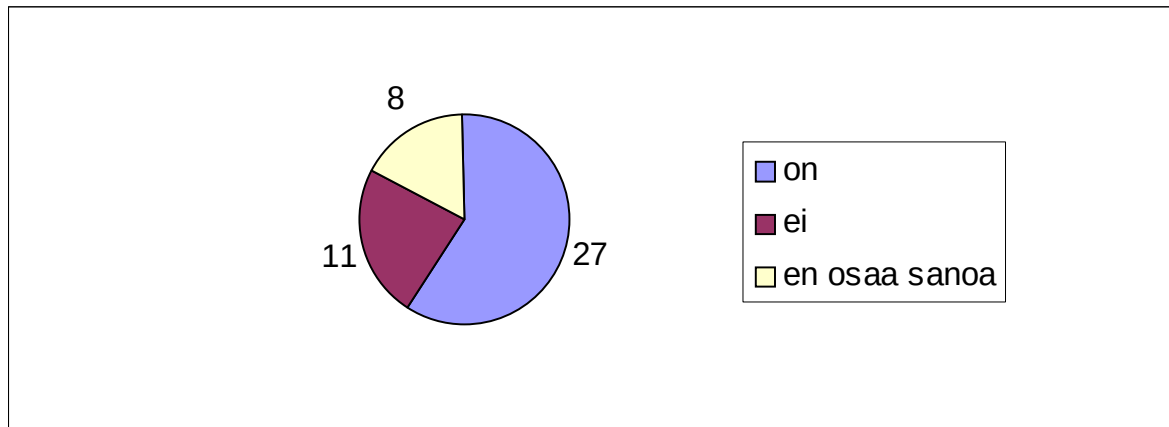
Kemian opetuksen työtapojen käytön säännöllisyydelle laskettiin keskiarvo ja keskihajonta (ks. taulukko 11). Säännöllinen käyttö sai arvon 4, satunnainen käyttö arvon 3, harvoin käytetyt työtavat arvon 2 ja työtavat, joita ei käytetä koskaan, saivat arvon 1. Vastaukset ”en osaa sanoa” ja ”en tunne” jäivät pois laskuista. Suurimmat arvot (ka. yli 3) saivat kokeellinen työskentely, ryhmätyöt, käsitteen omaksumismenetelmät, tiedon jäsentämisen menetelmät sekä opintovierailut. Pienimmän arvon saivat suggestopedia (1,1), rentoutus (1,3), roolileikit (1,6) sekä prosessikirjoittaminen (1,6). Käyttäjien määrä työtapojen välillä vaihtelee merkittävästi, eikä keskiarvoja voi siten kaikissa tapauksissa verrata keskenään toistensa kanssa. Esimerkiksi suggestopediaa käyttää opetuksessaan vain neljä kemian opettajaa, kun puolestaan kokeellista työskentelyä ja ryhmätöitä käyttää lähes jokainen vastaajista (45 opettajaa). Keskihajonnan vaihteluväli on 0,4–1,0.

Taulukko 11. Keskiarvot ja keskihajonnat työtapojen käytön säännöllisyydelle työtavan ollessa kemian opettajalle tuttu.

Työtap	Käyttäjien lukumäärä	Keskiarvo	Keskihajonta
Kyselyyn harjaannuttaminen	38	2,7	1,0
Esitysten avulla oppiminen	39	2,8	0,9
Tiedon jäsentämisen menetelmät	36	3,0	1,0
Induktiivista ajattelua kehittävät menetelmät	31	2,9	1,0
Käsitteen omaksumismenetelmät	34	3,2	0,9
Oppimissykli	31	2,7	0,8
Ennakkojäsentäjä/ esijärjestin	31	2,7	0,9
Miellekartta ja/ tai käsitekartta	34	2,5	0,9
Muistamismallit	30	2,6	1,0
Simulaatio	32	2,4	0,9
Projektityöskentely	41	2,9	0,9
Luovan ongelmanratkaisun menetelmät	40	2,8	0,8
Roolileikki	18	1,6	0,8
Väittely	30	1,9	0,8
Ryhmätyö	45	3,3	0,8
Rentoutus	11	1,3	0,6
Suggestopedia	4	1,1	0,4
Prosessikirjoittaminen	20	1,6	0,7
Opintovierailu	44	3,0	0,8
Yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmät	37	2,7	0,8
Kokeellinen työskentely	45	3,7	0,6

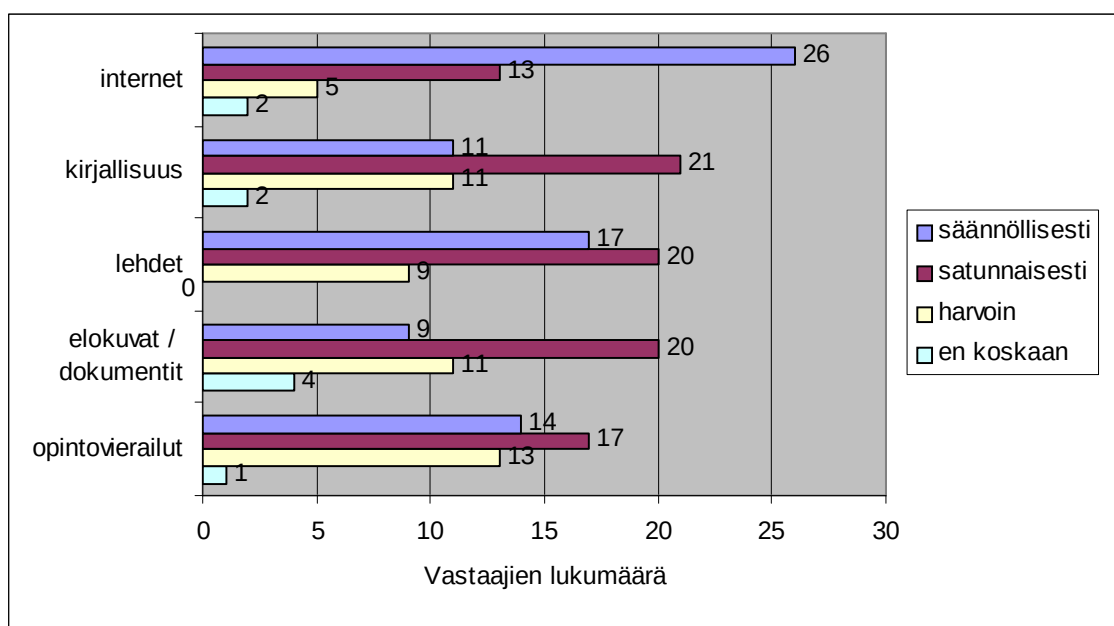
5.1.2 Informaalisten oppimisympäristöjen hyödyntäminen kemian opetuksessa

Kemian opettajista 59 % tunsi informaalisien oppimisen käsitteen ennestään (ks. määritelmä, kyselylomake, liite 2). Vastaajista 24 % ei tuntenut käsitettä ja 17 % vastaajista ei osannut sanoa, tunsivatko he käsitteen ennestään (ks. kuvio 7).



Kuvio 7. Yli puolet kemian opettajista (N=46) tunsi informaalisien oppimisen tai informaalisien kasvatuksen käsitteen jo ennen tutkimusta. Luvut ovat vastaajien lukumääriä.

Kaikki vastaajat ilmoittivat tuntevansa mainitut informaaliset oppimisympäristöt. Yli puolet vastaajista (57 %) ohjaa säännöllisesti opiskelijoita hyödyntämään internetiä. Informaalisista oppimisympäristöistä säännöllisesti lehtiä ohjaa hyödyntämään 37 % ja opintovierailuja lähes kolmannes (30 %) vastaajista (ks. kuvio 9). Melkein puolet opettajista (46 %) ohjaa opiskelijoita hyödyntämään kirjallisuutta satunnaisesti. Sekä elokuvia tai dokumentteja että lehtiä ohjaa satunnaisesti opiskelijoita hyödyntämään 43 % opettajista. Kaikki kyselyyn vastanneet opettajat ohjaavat opiskelijoita hyödyntämään lehtiä joko säännöllisesti, satunnaisesti tai harvoin (ks. kuvio 8).



Kuvio 8. Informaaliset oppimisympäristöt, joita kemian opettajat ohjaavat opiskelijoitaan hyödyntämään säännöllisesti, satunnaisesti ja harvoin tai oppimisympäristöt, joita he eivät ohjaa koskaan hyödyntämään.

Informaalisten oppimisympäristöjen ohjauksen säännöllisyydelle laskettiin keskiarvo ja keskihajonta (ks. taulukko 12). Säännöllinen ohjaus sai arvon 4, satunnainen ohjaus arvon 3, harvoin ohjatut oppimisympäristöt arvon 2 ja oppimisympäristöt, joita opettajat eivät koskaan ohjaa opiskelijoitaan hyödyntämään, saivat arvon 1. Vastauksia ”en osaa sanoa” ja ”en tunne” ei otettu laskuissa huomioon. Suurimmat arvot (ka. yli 3) saivat internet, lehdet ja opintovierailut. Keskihajonnan vaihteluväli on 0,7–0,9.

Taulukko 12. Keskiarvot ja keskihajonnat informaalisten oppimisympäristöjen käytön säännöllisyydelle oppimisympäristön ollessa kemian opettajalle tuttu.

Informaalinen oppimisympäristö	Käyttäjien määrä	Keskiarvo	Keskihajonta
Opintovierailut	44	3,0	0,8
Elokuvat / dokumentit	43	2,8	0,9
Lehdet	46	3,2	0,7
Kirjallisuus	40	2,9	0,8
Internet	44	3,4	0,9

Muita informaalisia oppimisympäristöjä, joita opettajat kysymyksen yhteydessä mainitsivat olivat seuraavat:

”TET”

”arkielämä”

”tv” (2 vastaajaa)

”tuoteselosteita tutkimalla”

”kodin kemikaalien tarkastelu”

”koti”

”huoltoasema”

”pelto”

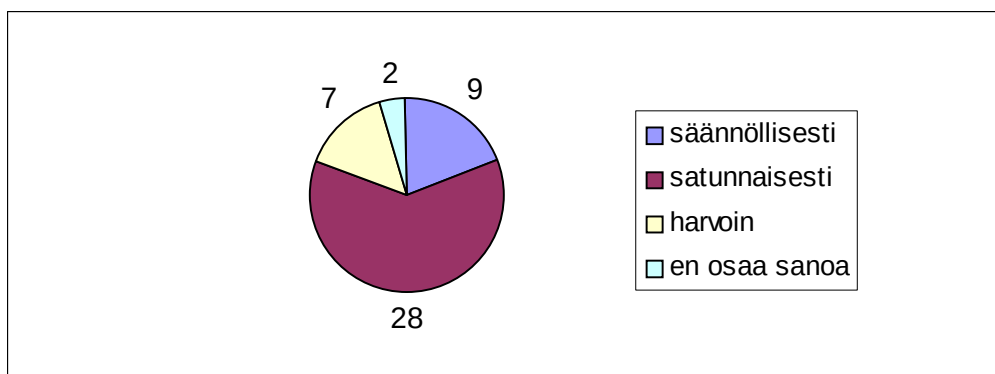
”haastattelu”

Korkeakouluopettajista 67 % (4 vastaajaa) ohjaa opiskelijoita hyödyntämään sekä lehtiä että internetiä säännöllisesti. Puolet korkeakouluopettajista ohjaa säännöllisesti opiskelijoita hyödyntämään opintovierailuja (ks. taulukko13).

Taulukko 13. Informaaliset oppimisympäristöt, joita korkeakouluopettajat (N=6) ohjaavat opiskelijoitaan hyödyntämään säännöllisesti, satunnaisesti, harvoin tai oppimisympäristöt, joita he eivät ohjaa koskaan hyödyntämään. Luvut ovat vastaajien lukumääriä.

Informaallinen oppimisympäristö	säännöllisesti	satunnaisesti	harvoin	ei koskaan
Opintovierailut	3	1	1	0
Elokuvat tai dokumentit	2	2	2	1
Lehdet	4	1	1	0
Kirjallisuus	3	3	0	0
internet	4	2	0	0

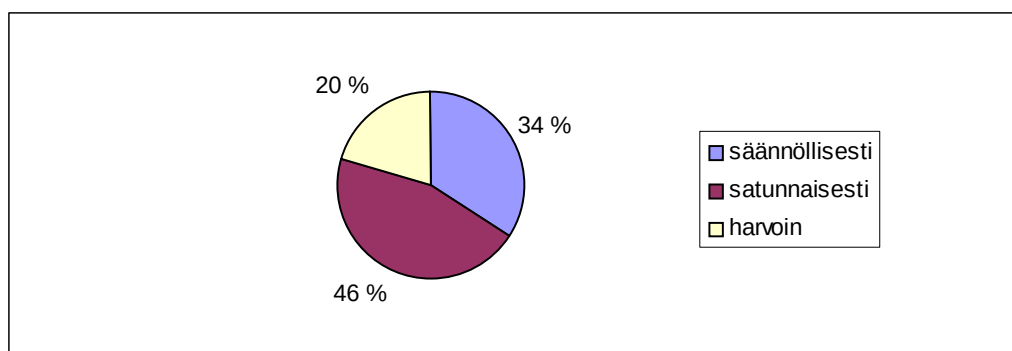
Kaikista vastaajista yli puolet (61 %) ilmoitti käyttävänsä erilaisia informaalaisia oppimisen malleja opetuksessaan satunnaisesti. Säännöllisesti niitä käyttää 20 % ja harvoin 15 % vastaajista (ks. kuvio 9). Korkeakouluopettajista kolmasosa käyttää informaalisen oppimisen malleja opetuksessaan säännöllisesti ja puolet satunnaisesti.



Kuvio 9. Suurin osa tutkimuksen opettajista käyttää erilaisia informaalisien oppimisen malleja opetuksessaan satunnaisesti. Luvut ovat vastaajien lukumääriä.

5.2 Lehdet osana kemian opetusta

Kaikki kemian opettajat ilmoittivat, että ovat ohjanneet opiskelijoitaan hyödyntämään informaalisia oppimisympäristöjä lehtien avulla joko säännöllisesti (34 %), satunnaisesti (46 %) tai harvoin (20 %) (ks. kuvio 10). Kun opettajilta kysyttiin, ovatko he käyttäneet Kemia-Kemi-lehteä tai muita lehtiä opetuksessaan, kaksi vastaajaa ilmoitti, ettei ole käyttänyt lehtiä opetuksessaan.



Kuvio 10. Lähes puolet tutkimuksen opettajista ohjaa opiskelijoitaan hyödyntämään lehtiä satunnaisesti.

Noin kolmasosa opettajista oli sitä mieltä, että lehtien käyttö kemian opetuksessa on melko tärkeää. Yhtä suuri osa vastaajista suhtautui lehtien käyttöön kemian opetuksessa neutraalisti. Viisi vastaajaa ei pitänyt lehtien käyttöä kemian opetuksessa kovin tärkeänä. Erittäin tärkeänä sitä piti neljä vastaajaa. Vain kaksi vastaajaa oli sitä mieltä, ettei lehtien käyttö ole lainkaan tärkeää (ks. taulukko 14). Korkeakouluopettajista 67 % suhtautui

lehtien käyttöön opetuksessa neutraalisti tai myönteisesti. Yksi korkeakouluopettaja oli sitä mieltä, ettei lehtien käyttö ole kovin tärkeää kemian opetuksessa. Hän ei pitänyt ainakaan Kemia-Kemi-lehteä soveltuvana opetukseen:

”...korkeakoulutasolla kyllä välttämättömiä, mutta ei Kemia-lehti.”

Taulukko 14. Tutkimuksen opettajien suhtautuminen lehtien käyttöön kemian opetuksessa.

Suhtautuminen	Vastauksia / kpl	% vastaajista
Erittäin tärkeää	4	9
Melko tärkeää	17	37
Neutraali suhtautuminen	17	37
Ei kovin tärkeää	5	11
Ei lainkaan tärkeää	2	4
En osaa sanoa	1	2
Vastaajia yhteensä	46	100

Opettajien vastaukset lehtien käytön tärkeydestä kemian opetuksessa on luokiteltu sisältöluokkiin (ks. taulukko 15). Tärkeimmiksi syiksi lehtien käytölle kemian opetuksessa nousivat lehtien ajankohtaisuus ja lehtien sisältämä uusi tieto (23 vastaajaa).

”Lehdet ovat tuoretta tietoa.”

”Uusimmatkin oppikirjat ovat 2-4 vuotta vanhoja.”

”Kemian asioiden ajan tasalla seuraamisen tähden.”

Myös kemian kytkeytyminen jokapäiväiseen elämään sekä yhteiskuntaan nähtiin tärkeänä näkökulmana lehtien käytössä kemian opetuksessa (kuusi vastaajaa).

”Kemia liittyy kiinteästi elämäämme.”

”Lehdet ovat osa arkea.”

Kuusi vastaajaa piti lehtiä mahdollisena lisätiedon lähteenä.

”Voi hyödyntää sellaista tietoa, mitä ei ole oppikirjoissa.”

Neljä vastaajaa piti keskeisenä syynä lehtien käytölle kriittisen ajattelun ja tieteellisen lukutaidon kehittymistä, joka luokiteltiin tiedon hankkimisen ja tuottamisen sekä tiedon luotettavuuden arvioinnin sisältöluokkaan.

”Tiedon jäsentäminen ja etsiminen ovat yleissivistävän koulutuksen tärkeimmät opetettavat asiat.”

”Oppilaat harjaantuvat lukemaan asiatekstiä muualtakin kuin oppikirjasta.”

Muita useammin kuin kerran mainittuja syitä lehtien käytölle opetuksessa olivat lehtien käyttö motivointikeinona sekä työtapojen monipuolistajana.

”...motivaatiotekijänä tulevaisuuden mestareille.” (motivointikeino)

”...vaihtelun tuominen oppitunteihin.” (vaihtelevat työtavat)

Taulukko 15. Opettajien useammin kuin kerran mainitsevat syyt lehtien käytölle kemian opetuksessa.

Sisältöluokka	Maininnat	% vastaajista
Ajankohtaisen tiedon lähde	23	50
Kytkeytyminen arkielämään	6	13
Lisätiedon lähde	6	13
Tiedon hankkiminen ja tuottaminen sekä tiedon luotettavuuden arviointi	4	9
Motivointikeino	2	4
Vaihtelevat työtavat	2	4

Kemian opettajat, jotka eivät pitäneet lehtien käyttöä tärkeänä, perustelivat vastauksiaan useimmiten aikapulalla (ks. taulukko 16).

”Ei ehdi ajatella, miten sitä käyttäisin.”

Kolme vastaajaa piti muuta materiaalia, kuten internetiä, lehtiä keskeisempänä materiaalina kemian opetuksessa (ks. taulukko 16).

”Täydennän kyllä omaa tietämystäni lehtien avulla, mutta opiskelijoille ei juuri tarjota tunnilla mahdollisuutta.”

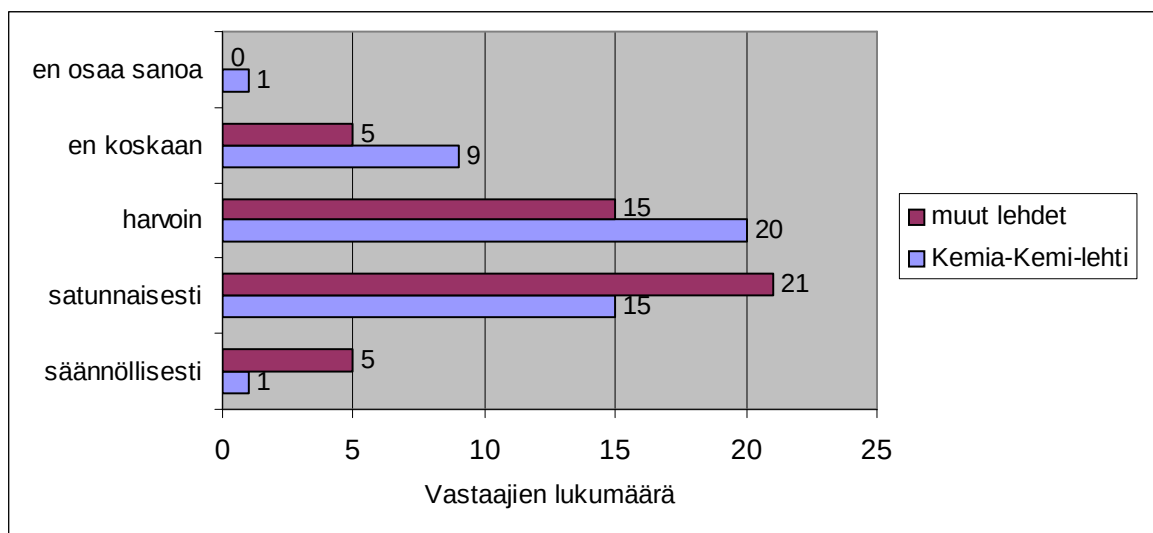
Kolme vastaajaa on sitä mieltä, että opetukseen ei ole tarjolla sopivia lehtiä (ks. taulukko 16).

”Pitäisi löytää oikeat lehdet.”

Taulukko 16. Opettajien mainitsemat syyt sille, miksi he eivät pidä lehtien käyttöä tärkeänä kemian opetuksessa.

Sisältöluokka	Maininnat / kpl	% vastaajista
Aikapula	5	9
Lehtien epäsopivuus	3	7
Muu materiaali lehtiä keskeisempää	3	7

Kemia-Kemi-lehteä käyttää opetuksessa säännöllisesti yksi vastaaja, satunnaisesti 33 % ja harvoin 43 % vastaajista. Viidesosa vastaajista ei käytä Kemia-Kemi-lehteä koskaan opetuksessaan. Muita kuin Kemia-Kemi-lehteä säännöllisesti opetuksessa käyttää 11 %, satunnaisesti 46 % ja harvoin 33 % vastaajista. Vastaajista 11 % ei käytä koskaan muita lehtiä opetuksessaan (ks. kuvio 11).

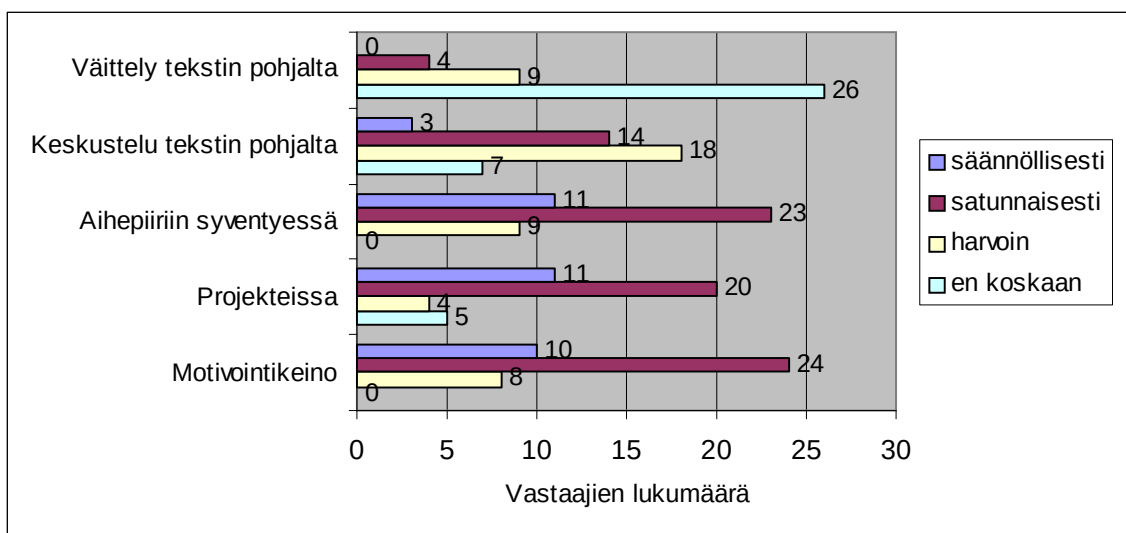


Kuvio 11. Kemia-Kemi-lehden ja muiden lehtien käytön säännöllisyys tutkimuksen opettajien opetuksessa.

Opetuksessa eniten käytettyjä lehtiä olivat *Kemia-Kemi-lehden* lisäksi erilaiset sanomalehdet (28 mainintaa), *Tiede* (17 mainintaa), *Tieteen kuvalehti* (13 mainintaa), *Dimensio* (6 mainintaa), *Tekniikan maailma* (5 mainintaa) sekä *Tekniikka ja talous* (5 mainintaa). Korkeakouluopettajat eivät maininneet käyttävänsä sanomalehtiä opetuksessaan. Korkeakouluopettajat ja ammatillisten oppilaitosten opettajat käyttävät opetuksessa eniten erilaisia ammattiin suuntautuneita (esim. *Kehittyvä elintarvike*) ja tiedettä popularisoivia lehtiä (esim. *Tiede*).

Kuviossa 12 esitellään opettajien vastaukset kyselylomakkeen kysymykseen 18, jossa annettiin valmiita vaihtoehtoja erilaisille lehtien käytön tavoille opetuksessa. Opettajien tuli arvioida, kuinka usein he kutakin tapaa käyttävät. Säännöllisimmin lehtiä käytetään projektityöskentelyssä (24 %), aihepiireihin syventyessä (24 %) sekä motivointikeinona (22 %). Noin puolet vastaajista käyttää lehtiä satunnaisesti motivaatiokeinona ja aihepiireihin syventyessä. Kemian opettajista 39 % järjestää harvoin keskustelun lehtiartikkelin pohjalta. Yli puolet vastaajista (57 %) ei järjestä koskaan väittelyä tekstien pohjalta. Eräs peruskoulun opettaja kirjoitti vastaustensa yhteyteen seuraavasti:

”Joskus keskustelu nousee spontaanisti, mutta en järjestä väittelyä, koska eivät osaa väitellä.”



Kuvio 12. Lehtien käyttöön liittyvät työtavat, joita kemian opettajat käyttävät opetuksessa säännöllisesti, satunnaisesti ja harvoin tai työtavat, joita he eivät käytä koskaan opetuksessa.

Muita lehtien käyttöön liittyviä ajatuksia (työtapoja ja aiheita), joita opettajat kysymyksen yhteydessä mainitsivat olivat seuraavat:

”ajankohtaisissa asioissa” (2 vastaajaa)

”’huuhaata’ torjuttaessa”

”lehtijutun perusteella sovelluksia aiheesta”

”opiskelijat valmistavat esityksen lehtijutun perusteella”

”tiedon lähteenä”

”ryhmätöissä”

Lehtien käyttöön liittyvien työtapojen säännöllisyydelle laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat (ks. taulukko 17). Säännöllinen käyttö sai arvon 4, satunnainen arvon 3, harvoin käytetyt työtavat arvon 2 ja työtavat, joita opettajat eivät koskaan käytä opetuksessaan, saivat arvon 1. Vastauksia ”en osaa sanoa” ja ”en tunne” ei huomioitu laskuissa. Lehtien käyttö motivointikeinona on kyseisistä työtavoista suosituin (ka. 3,0).

Lehtijutun pohjalta järjestetty väittely on puolestaan hyvin vähän käytetty työtapo kemian opettajien keskuudessa (ka. 1,4).

Taulukko 17. Keskiarvot ja keskihajonnat lehtien käyttöön liittyvien työtapojen käytön säännöllisyydelle työtavan ollessa kemian opettajalle tuttu.

Lehtien käyttöön liittyvä työtapo	Käyttäjien määrä	Keskiarvo	Keskihajonta
Motivointikeino	42	3,0	0,7
Projekteissa	40	2,9	0,9
Aihepiiriin syventyessä	42	3,1	0,7
Keskustelu tekstin pohjalta	42	2,3	0,8
Väittely tekstin pohjalta	39	1,4	0,7

5.2.1 Kemia-Kemi-lehden hyödyntäminen kemian opettajien opetuksessa

Kemian opettajilta kysyttiin, mitä ideoita heille tulee mieleen Kemia-Kemi-lehden käytöstä kemian opetuksessa. Neljä opettajaa kertoi vastauksissaan erilaisista tavoista, joita he olivat jo käyttäneet opetuksessaan:

”Mielenkiintoisimpia juttuja on esitelty tunnilla.”

”Joskus lehdestä saa kimmokkeen jonkin kokeellisen tehtävän suunnitteluun.”

”Lukion eka kurssissa olen teettänyt lehtityön ajankohtaisista aiheista.”

”Artikkeleista on keskusteltu.”

Suurin osa vastauksista oli kemian opettajien ideoita työtavoista, joita he voisivat ajatella jatkossa käyttävänsä. Noin neljäsosa kemian opettajista vastasi, että Kemia-Kemi-lehden avulla on mahdollista kehittää kriittistä ajattelua ja tiedon jäsentämisen taitoja sekä saada tietoa ajankohtaisista kemian alan asioista (ks. taulukko 18).

”Voi kertoa uusinta tietoa oppilaille.” (ajankohtaisen tiedon lähde)

”...tiedon hakeminen tieteellisestä tekstistä.” (tiedon hankkiminen ja tuottaminen sekä tiedon luotettavuuden arviointi)

Kuusi vastaajaa esitti ideoita kemian liittämistä erilaisiin asiayhteyksiin. Kemiaa voi Kemia-Kemi-lehden avulla integroida esimerkiksi biologiaan, terveystietoon tai historiaan sekä ottaa opetuksessa esille muun muassa ympäristöön ja arkielämään liittyviä kemiallisia ilmiöitä. Kolme opettajaa mainitsi lehden käytön motivaatiokeinona uuteen aiheeseen (ks. taulukko 18).

”...kansantajuisia, koulun aihepiireihin syventyviä juttuja.” (kemian liittäminen eri asiayhteyksiin)

”...mielenkiinnon herättäjänä...” (motivaatio)

Muita sisältöluokkia muodostaneita tapoja hyödyntää Kemia-Kemi-lehteä kemian opetuksessa olivat Kemia-Kemi-lehti kokeellisen työskentelyn suunnittelun tukena, oheismateriaalina, lisälukemistona ja keskustelun pohjatietona. Muut työtavat -luokka sisältää seuraavat maininnat Kemia-Kemi-lehden käytöstä: kurssikokeiden soveltavissa aineistotehtävissä, ongelmanratkaisun harjoittelemisessa ja lehtikatsauksen kurssilla (ks. taulukko 18).

Taulukko 18. Opettajien useammin kuin kerran mainitsevat ideat Kemia-Kemi-lehden käytölle opetuksessa.

Sisältöluokka	Maininnat / kpl	% vastaajista
Tiedon hankkiminen ja tuottaminen sekä tiedon luotettavuuden arviointi	11	24
Ajankohtaisen tiedon lähde	11	24
Kemian oppiminen eri asiayhteyksissä	7	15
Oheismateriaali	3	7
Motivointikeino	3	7
Tuki kokeellisuuteen	3	7
Lisälukemistona	3	7
Keskustelun pohja	2	4
Muut työtavat	3	7

Kuusi opettajaa ei pitänyt Kemia-Kemi-lehteä soveltuvana opetukseen. Tästä huolimatta eräs näistä vastaajista ideoi avoimissa kysymyksissä useita vaihtoehtoja sille, kuinka hän voisi käyttää kyseistä lehteä opetuksessaan. Peruskoulun kemian opettajat pitivät lehteä perusopetukseen liian raskaana ja korkeatajuisena (4 mainintaa).

”Lehti on niin korkeatajuinen, ettei se palvele perusopetusta.”

Korkeakouluopettajat eivät puolestaan olleet tyytyväisiä Kemia-Kemi-lehden artikkelien sisältöön (2 mainintaa).

”...artikkelit joko liian suppeita tai liian yksityiskohtiin meneviä.”

Kyselylomakkeen 20. ja 21. kysymys käsittelivät tapauskohtaisesti Kemia-Kemi-lehden numeroa 02/07. Opettajilta kysyttiin, miten he hyödyntäisivät kyseistä numeroa opetuksessaan (ks. taulukko 19). Reilu kolmasosa (35 %) kyselylomakkeen palauttaneista opettajista ei vastannut lainkaan Kemia-Kemi-lehden numeroa käsitteleviin kysymyksiin.

Numeron 02/2007 ympäristöaiheiset artikkelit esiintyivät useimmin opettajien vastauksissa (11 mainintaa), kun heiltä kysyttiin, miten he voisivat hyödyntää kyseistä numeroa opetuksessaan. Uuteen teknologiaan (erityisesti s. 32 artikkeli funktionaalisista vaatteista) ja historiaan liittyvät artikkelit esiintyivät myös usein opettajien vastauksissa. Osa vastauksista (6 mainintaa) liittyi erilaisien työtapojen käyttöön tai oli yleisluontoisia kuvauksia lehden numerosta yleensä (4 mainintaa). Näissä kommentteissa ei mainittu artikkeleiden otsikoita tai lehden osaa eritellysti (ks. taulukko 19).

”Tässä lehdessä on erittäin monta lukua, jotka voi antaa opiskelijoiden referoitavaksi.” (erilaiset työtavat)

”...taustatietoja, mitä hyötyä kemiasta on.” (yleisiä kommentteja)

Osa kemian opettajista vaikutti vastausten perusteella erittäin tyytyväisiltä lehden numeroon 02/2007. Eräs korkeakouluopettaja vastasi seuraavasti:

”Melkein jokaisen artikkelin pystyisin linkittämään johonkin aihealueeseen opetuksessa.”

Kaksi vastaajaa ilmoitti, ettei usko käyttävänsä numeroa opetuksessaan. Toinen vastaajista oli korkeakouluopettaja, joka kirjoitti seuraavasti:

”...tarkoitus olla kemisteille suunnattu, ei jokin koululaislehti.”

Taulukko 19. Kemia-Kemi-lehden numeron 02/2007 aihealueet tai lehden osat, jotka mainittiin vastauksissa useammin kuin kerran.

Sisältöluokka	Maininnat	% vastaajista
Ympäristö	11	24
Uusi teknologia	6	13
Erilaiset työtavat	6	13
Kemian liittäminen historian kontekstiin	5	11
Motivointi	4	9
Alkuaineet ja metallit	3	7
Laitteistoon tutustuminen	3	7
Energia	2	4
Muovit	2	4
Laskennallinen kemia	2	4
Yleisiä kommentteja numerosta 02/07	4	9

Kemian opettajilta kysyttiin myös tapauskohtaisemmin, miten he käyttäisivät opetuksessaan juttua sivulla 10 *Ympäristömuutoksen professori ei halua lietsoa paniikkia: "Vielä voidaan tehdä paljon"*. Useimmin mainittiin (13 mainintaa) artikkelin käyttö keskustelujen tai väittelyiden virittäjänä. Toiseksi eniten mainintoja artikkelin työtavaksi saivat erilaiset artikkeliin liittyvät pohdintatehtävät (6 mainintaa) sekä oman esityksen tuottaminen, esimerkiksi esitelmät ja tutkielmat (6 mainintaa). Arvo- ja asennekasvatuksen tukena artikkelia käyttäisi viisi vastaajaa. Motivointikeinona kemian eri aihepiireihin artikkelia käyttäisi neljä vastaajaa (ks. taulukko 20).

”Artikkeli voisi edustaa yhtä näkökulmaa aihetta käsittelevään väittelyyn tai keskustelun pohjateksteissä.” (keskustelun tai väittelyn pohjana)

”Oppilaat voisivat esim. miettiä, mitä he itse voisivat tehdä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Oppilaat voisivat miettiä ympäristöystävällisiä energiaratkaisuja.” (pohdinta)

”Meillä on ympäristöprojekti. Tässä sopivaa tietoa asiaan liittyen.” (oman esityksen tuottaminen)

”Hyvin tärkeää osoittaa, että vielä on jotain tehtävissä.” (arvo- ja asennekasvatus)

”...olisi hyvä lähtökohta ympäristökemian opetukseen.” (motivointi)

Taulukko 20. Useammin kuin kerran mainitut tavat, miten opettajat ideoivat käyttävänsä lehtiartikkelia *Ympäristömuutoksen professori ei halua lietsoa paniikkia: ”Vielä voidaan tehdä paljon”* opetuksessaan.

Sisältöluokka	Maininnat	% vastaajista
Keskustelun tai väittelyn pohja	13	28
Oman esityksen tuottaminen	6	13
Pohdinta	6	13
Arvo- ja asennekasvatus	5	11
Motivointi	4	9

Kyselylomakkeen viimeinen kohta käsitteli opettajien omia juttuideoita ja toiveita Kemia-Kemi-lehteen liittyen. Opettajilta kysyttiin, miten lehti voisi palvella entistä paremmin kemian opetusta (ks. taulukko 21). Lähes kolmasosa vastaajista (14 vastaajaa) mainitsi toiveensa siitä, että lehdessä olisi tietty osio tai lisää sellaisia juttuja, jotka olisi suunnattu erityisesti nuorille. He toivoivat lisää sellaisia artikkeleita, jotka olisivat tarpeeksi selkeitä peruskoululaisille ja lukiolaisille. Lisäksi opettajat toivoivat artikkeleita, jotka esittelisivät kemian opiskelua ja tukisivat ammatinvalintaa.

”...kuitenkin ehkä lisää helppolukuisia juttuja, joita 15-vuotiaat ymmärtävät”

”Joskus voisi olla juttu opintokäynnistä, kemian opiskelusta tms., joka olisi lähempänä nuorta. ”

Sisältöluokat ajankohtaisuus, arkipäivän kemia, kemistin työ ja uusi tutkimustieto saivat kukin neljä mainintaa.

”Mahdollisimman nopeasti ajankohtaisiin asioihin liittyviä juttuja kemian näkökulmasta. esim. Lordin maskit oli kivan erilainen nuoria kiinnostava juttu.” (ajankohtaisuus)

”Kansantajuisten juttujen osasto. missä arkipäivän askareissa kemia tulee esiin.” (arkipäivän kemia)

”...katsaus kemistin työtehtävistä.” (kemistin työ)

”Lyhyitä tietoiskuja tutkimuksista vielä nykyistä enemmän.” (uusi tutkimustieto)

Neljä vastaajaa toivoi lehden jatkossakin pysyvän poikkitieteellisenä.

”Vaikka nimessä on ”kemia”, niin toivoisin silti myös mikrobiologiaa, biotekniikkaa ja geenitekniikkaa käsitteleviä artikkeleita.”

Kolme vastaajaa toivoi, että Kemia-Kemi-lehdessä olisi enemmän vihjeitä kokeellisen työskentelyn suunnitteluun.

”Uudet työohjeet ovat aina tervetulleita, varsinkin ne, joissa käytetään turvallisia ympäristöystävällisiä kemikaaleja.”

Eräs korkeakouluopettaja kritisoi sitä, ettei lehden ensisijainen tarkoitus ole olla opetuksen lehti, vaan kemisteille suunnattu julkaisu. Eräs lukion kemian opettaja puolestaan mainitsi, että lukio-opetuksen aikataulut ovat niin tiukat, ettei lehtien käytölle oikein jää aikaa:

”Kaiken kaikkiaan voisin käyttää erilaisia oheismateriaaleja paljon enemmän, kunhan vain kurssisisällöt antaisivat myöten.” (muu palaute)

Taulukko 21. Kemian opettajien toiveita ja ajatuksia Kemia-Kemi-lehdestä.

Sisältöluokka	Maininnat / kpl	% vastaajista
Kohderyhmänä nuoret	14	30
Ajankohtaisuus	4	9
Arkipäivän kemia	4	9
Kemistin arki	4	9
Uusi tutkimustieto	4	9
Poikkitieteellisyys	4	9
Ohjeet kokeellisuuteen	3	7
Muu palaute	6	13

5.3 Tavoitteet oppimateriaaleille

Tarveanalyysin tulosten ja tutkimuskirjallisuuden pohjalta oppimateriaaleille muodostettiin seuraavia tavoitteita:

1. Oppimateriaaleissa tulee hyödyntää työtapoja, joita kemian opettaja eivät käytä säännöllisesti tai työtapoja, joita opettajat eivät tunne, jotta opettajien työtapavalikoima monipuolistuisi. Työtapojen monipuolistamisella pyritään siihen, että opiskelijat kiinnostuisivat kemian opiskelusta (ks. Lavonen *et al.* 2004).
2. Työtapojen tulee olla sellaisia, joihin voi soveltaa informaalisen kemian oppimisen periaatteita. Niitä ovat erityisesti oppimisympäristöjen avartaminen ja monipuolistaminen, luonnontieteellisen tietämyksen syventäminen, itseohjautuvuus, yhteistoiminnallisuus ja opiskelijoiden aktiivinen osallistuminen (Dori & Tal 2000, 96; Bybee 2001; Marsick & Watkins 2001; Eshach 2007).
3. Oppimateriaalien tulee kehittää oppijoiden luonnontieteellistä lukutaitoa, joka on keskeinen osa-alue informaalisessa kemian oppimisessa (ks. Maarschalk 1988): Oppimateriaaleissa tulee olla työtapoja, jotka kehittävät opiskelijoiden tiedon hankinnan ja välittämisen sekä tiedon luotettavuuden arvioinnin taitoja.
4. Oppimateriaalien aihepiirien tulee tarveanalyysin tulosten perusteella liittyä ajankohtaisiin aiheisiin ja ympäristöön, teknologiaan tai historiaan liittyviin artikkeleihin.

5. Oppimateriaalit suunnitellaan sellaisiksi, että niitä voidaan käyttää eri oppiaineita integroiden. Kemian opettajat toivoivat kemian liittämistä muihin oppiaineisiin. Myös Mannisen *et al.* (2007, 118) mukaan oppiaineiden integrointi laajentaa oppimisympäristöjä ja auttaa oppijoita näkemään oppiaineiden kytkennät.

5.4 Informaalisen oppimisen hyödyntäminen käytettäessä Kemia-Kemi-lehteä kemian opetuksessa

Tarvekartoituksen ja tutkimuskirjallisuuden pohjalta kehitettiin kolme informaalisen oppimisen periaatteita hyödyntävää oppimateriaalia. Jokainen oppimateriaali liittyy Kemia-Kemi-lehden numeroon 02/07, joka oli myös osana kyselytutkimusta. Oppimateriaalit ovat tutkielman liitteenä. Kukin oppimateriaali koostuu sekä oppilaan että opettajan ohjeesta (ks. liitteet 4–9)

5.4.1 Oppimateriaali ilmastonmuutoksesta

Kemian opettajat olivat kiinnostuneita käyttämään opetuksessaan Kemia-Kemi-lehden ympäristöaiheisia juttuja. Kemian opettajat pitivät lisäksi tärkeänä kemian liittämistä arkielämän aihepiireihin ja ajankohtaisiin teemoihin. Ensimmäiseen oppimateriaaliin (ks. liitteet 4 ja 7) valittiin ilmastonmuutoksen tutkimusta käsittelevät artikkelit *Ympäristömuutoksen professori ei halua lietsoa paniikkia: ”Vielä voidaan tehdä paljon”* ja *EU lupaa leikata viidenneksen kasvihuonekaasujen päästöistä. ”Ei riitä”, sanoo Satu Hassi*. Oppimateriaalissa käytetään myös ilmastonmuutoksen syistä kertovaa kuvaa sivulta 72 (ks. liite 10).

Oppimateriaalin keskeisenä tavoitteena on oppia tekstien ja kuvan avulla ilmastonmuutoksen syistä, seurauksista ja sen tutkimuksesta. Oppimateriaaleissa käytettäviä työtapoja ovat ennakkojäsentäjän laatiminen, väittely, opetuskeskustelu sekä ongelmanratkaisutehtävä. Ennakkojäsentäjät soveltuvat oppijoiden ennakkokäsitysten kartoitukseen, mikä on nykyisen oppimiskäsityksen mukaan keskeinen osa kemian opetusta (esim. Sahlberg 1990). Väittelyn tavoitteena on kehittää opiskelijoiden esiintymis-, argumentointi- ja ajattelun taitoja. Olennaista työtavassa on korostaa vapaan ajattelun ja luovuuden merkitystä. (Sahlberg 1990; Lavonen *et al.* 2007) Opetuskeskustelulla halutaan

varmistaa, että opettaja asiantuntijana voi selventää opiskelijoille epäselviksi jääneitä käsitteitä. Lisäksi oppimateriaalissa harjoitellaan ongelmanratkaisua pienissä ryhmissä. Ongelmanratkaisuun kuuluu pohdintaosuus ja hiilidioksidipäästöihin liittyvän laskutehtävän ratkaiseminen. Työtavan tavoitteena on ajattelun taitojen ja ryhmässä työskentelyn taitojen kehittäminen. Oppimateriaalin osat, käytettävät työtavat, keskeiset kemian sisällöt ja työtapoihin liittyvät tavoitteet esitellään taulukossa 22.

Taulukko 22. Ilmastonmuutokseen liittyvän oppimateriaalin työtavat, kemian sisällöt ja keskeiset tavoitteet.

Lehden osa (artikkeli, kuva) oppimateriaalissa	Oppimateriaalissa käytettävä työtap	Keskeinen kemiaan liittyvä sisältö	Oppimateriaalin keskeiset tavoitteet
Ympäristömuutoksen professori ei halua lietsoa paniikkia: "Vielä voidaan tehdä paljon" (s. 10–13)	- ennakkojäsentäjä (miellekartta) - opetuskeskustelu - väittely	- ympäristöongelma - kasvihuonekaasu - energiantuotanto - energiankulutus - energiatehokkuus - päästötalkoot - biogeokemiallinen kierto	- ajattelun taitojen kehittyminen - argumentointi-taitojen kehittyminen - esiintymistaitojen kehittyminen - ryhmässä työskentelyn taitojen kehittyminen
EU lupaa leikata viidenneksen kasvihuonekaasujen päästöistä. "Ei riitä", sanoo Satu Hassi (s. 6–9)	- ennakkojäsentäjä (miellekartta) - opetuskeskustelu - väittely	- kasvihuonekaasu - energiatehokkuus - uusiutuva energianlähde - polttoaine - hiilidioksidipäästö - biopolttoaine - ilmastopolitiikka - YK:n hallitusten välinen ilmastopaneeli (IPCC)	- ajattelun taitojen kehittyminen - argumentointi-taitojen kehittyminen - esiintymistaitojen kehittyminen - ryhmässä työskentelyn taitojen kehittyminen
Kuva (s. 72)	- ryhmätehtävä - verkkosivuihin tutustuminen - opetuskeskustelu	- ilmastonmuutos - ilmaston lämpeneminen - lentoliikenteen päästöt	- ryhmässä työskentelyn taitojen kehittyminen - ajattelun taitojen kehittyminen - arkipäivän käsitteiden liittäminen kemian matemaattiseen tarkasteluun

5.4.2 Oppimateriaali kemian oppimisesta historian kontekstissa

Osa kemian opettajista piti Kemia-Kemi-lehden historiaan liittyviä artikkeleita erityisen kiinnostavina. Kaksi vastaajaa toivoi, että Kemia-Kemi-lehdessä olisi jatkossakin artikkeleita, jotka liittäisivät kemian ja historian yhteen. Lisäksi kaksi vastaajaa toivoi, että lehti pysyisi poikkitieteellisenä. Historiallisessa lähestymistavassa on yhteisiä piirteitä informaalisien kemian oppimisen kanssa, sillä se liittää kemian tekniikan ja koko yhteiskunnan kehitykseen. (Meisalo & Erätuuli 1984, 84–86) Jos opiskelijat ymmärtävät, miten teknologian kehitys ja eri aikakausien filosofiset suuntaukset ovat vaikuttaneet luonnontieteiden kehitykseen, heillä on mahdollisuus ymmärtää luonnontieteitäkin syvällisemmin (Justi & Gilbert 2000, 993).

Oppimateriaalin (ks. liitteet 5 ja 8) oheislukemistoksi valittiin artikkeli *Keksintö, joka muutti historian kulun: Patiomenetelmä avasi Amerikan hopeahanat* (ks. liite 11). Artikkelin liittää kemian historiaan ja lisäksi tarveanalyysissä esille tulleeseen sisältöluokkaan ”alkuaineet ja metallit”. Oppimateriaalin työtappoihin kuuluvat yhteistoiminnallinen lukeminen, verkkomateriaaliin tutustuminen, opetuskeskustelu ja historiallisten aineistojen pohjalta omien esitysten tuottaminen (esim. roolileikki, näytelmä, juliste). Oppimateriaalin perusajatus on, että tie jota pitkin tieteen kehitys on kulkenut, on hedelmällinen myös opetuksessa. Opiskelijoiden käsitteelliset haasteet ovat verrattavissa samoihin haasteisiin, joita luonnontieteilijät historian kuluessa ovat kohdanneet. (Meisalo & Erätuuli 1984, 84–86)

Tavoitteena on, että historiallisen tarinan kautta opiskelijat saavuttaisivat aikaisempaa syvällisempää ymmärrystä luonnontieteistä ja sitä kautta motivoituisivat opiskelemaan kemian sisältöjä (Meisalo & Erätuuli 1984, 84–86; Justi 2000, 210–211). Yhteistoiminnallisen lukemisen tavoitteena on kehittää oppijoiden luonnontieteellistä lukutaitoa sekä ryhmässä työskentelyn taitoja. (Lavonen *et al.* 2007). Opetuskeskustelussa opettaja selventää epäselviä käsitteitä. Roolileikin avulla pyritään kehittämään oppijoiden sosiaalisia taitoja, itsensä ilmaisua sekä ongelmanratkaisussa tarvittavia taitoja. Kemian tunnille roolileikki voi lisäksi tuoda vaihtelevuutta. (Sahlberg 1988, 46) Oppimateriaalin

osat, käytettävät työtavat, keskeiset kemian sisällöt ja työtapoihin liittyvät tavoitteet esitellään taulukossa 23.

Taulukko 23. Historialliseen lähestymistapaan liittyvän oppimateriaalin työtavat, kemian sisällöt ja keskeiset tavoitteet

Lehden osa (artikkeli, kuva) oppimateriaalissa	Oppimateriaalissa käytettävä työtap	Keskeinen kemiaan liittyvä sisältö	Oppimateriaalin keskeiset tavoitteet
Keksintö, joka muutti historian kulun Patiomenetelmä avasi Amerikan hopeahanat (s. 48–50)	- parin kanssa työskentely - yhteistoiminnallinen lukeminen - verkkomateriaaliin tutustuminen - oma esitys (esim. roolileikki, näytelmä tai juliste)	- arvometalli - malmi - metallurgia - amalgamointi - patiomenetelmä - reagenssi	- ryhmässä työskentelyn taitojen kehittyminen - ilmaisutaitojen kehittyminen - luonnontieteellisen ajattelun syventäminen - vaihtelun tuominen kemian opetukseen

5.4.3 Oppimateriaali uudesta teknologiasta

Uusi teknologia valittiin oppimateriaalin aiheeksi, koska se muodostui toiseksi suurimmaksi sisältöluokaksi, kun kemian opettajilta kysyttiin Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 käytöstä opetuksessa. Lisäksi ajankohtaista tietoa pidettiin yhtenä tärkeimmistä syistä lehtien käytölle kemian opetuksessa. Oppimateriaalissa (ks. liitteet 6 ja 9) uuteen teknologiaan perehdytään Kemia-Kemi-lehden artikkelin *Vitamiinia ja Aloe veraa tekstiilikuituihin: Funktionaalisia vaatteita Orimattilasta* (ks. liite 12) avulla.

Oppimateriaali sisältää yhteistoiminnallista lukemista, käsitekartan rakentamista, opetuskeskustelun ja projektimaista luovaa ongelmanratkaisua ryhmissä. Yhteistoiminnallinen lukeminen tukee sosiaalisia ja ajatteluun liittyviä taitoja. Käsitekartan avulla pyritään kehittämään erityisesti tiedon käsittelyn taitoja. Opetuskeskustelulla varmistetaan, että opiskelijat ovat ymmärtäneet keskeiset käsitteet. Luovan ongelmanratkaisun tavoitteena on puolestaan kehittää oppijan aktiivisuutta, luovuutta, sinnikkyyttä, itseohjautuvuutta, reflektiivisyyttä ja yhteistoiminnallisuutta (Sahlberg 1990;

Lavonen *et al.* 2007). Oppimateriaalin osat, käytettävät työtavat, keskeiset kemian sisällöt ja työtapoihin liittyvät tavoitteet esitellään taulukossa 24.

Taulukko 24. Uusi teknologia -oppimateriaalin työtavat, kemian sisällöt ja keskeiset tavoitteet

Lehden osa (artikkeli, kuva) oppimateriaalissa	Oppimateriaalissa käytettävä työtap	Keskeinen kemiaan liittyvä sisältö	Oppimateriaalin keskeiset tavoitteet
Vitamiinia ja Aloe veraa tekstiilikuituihin: Funktionaalisia vaatteita Orimattilasta (s. 32)	- yhteistoiminnallinen lukeminen - käsitekartta - luova ongelmanratkaisu	- nanotekniikka - funktionaalinen tuote - katalysaattori - entsyymi - teknologia	- tiedon käsittelyn taitojen kehittyminen - ajattelun taitojen kehittyminen - aktiivisuuden, luovuuden, sinnikkyuden, itseohjautuvuuden, reflektiivisyyden ja yhteistoiminnallisuuden kehittyminen

5.5 Kehitettyjen oppimateriaalien arviointi

Oppimateriaalien arviointi toteutettiin vertaamalla kehitettyjä oppimateriaaleja asetettuihin tavoitteisiin. Tavoitteiden toteutumista arvioitiin tutkimuksen teoriassa esille tulleiden näkökulmien pohjalta. Lisäksi oppimateriaalit arvioitiin Helsingin yliopiston kemian opettajaopiskelijoilla *Kemia yhteiskunnassa* -kurssilla helmikuussa 2008.

Oppimateriaalien aihepiirit nousivat kemian opettajien tarveanalyysissä esittämistä toiveista ja ajatuksista. Ilmastomuutos, uusi teknologia ja kemian liittäminen historian kontekstiin mainittiin kiinnostavimpien aihealueiden joukossa. Lisäksi toivottiin ajankohtaisia aiheita. Ilmastomuutos ja uusi teknologia ovat hyvin keskeisiä aiheita tämän päivän tieteellisessä keskustelussa. Kemian opettajaopiskelijoista valtaosa piti oppimateriaalien aiheita tärkeinä käsiteltäväksi kemian opetuksessa. Heistä 71 % piti oppimateriaalien aiheita myös kiinnostavina (ks. taulukko 25 ja kuvio 13). Aihepiirien osalta oppimateriaaleissa päästiin asetettuihin tavoitteisiin (4. tavoite).

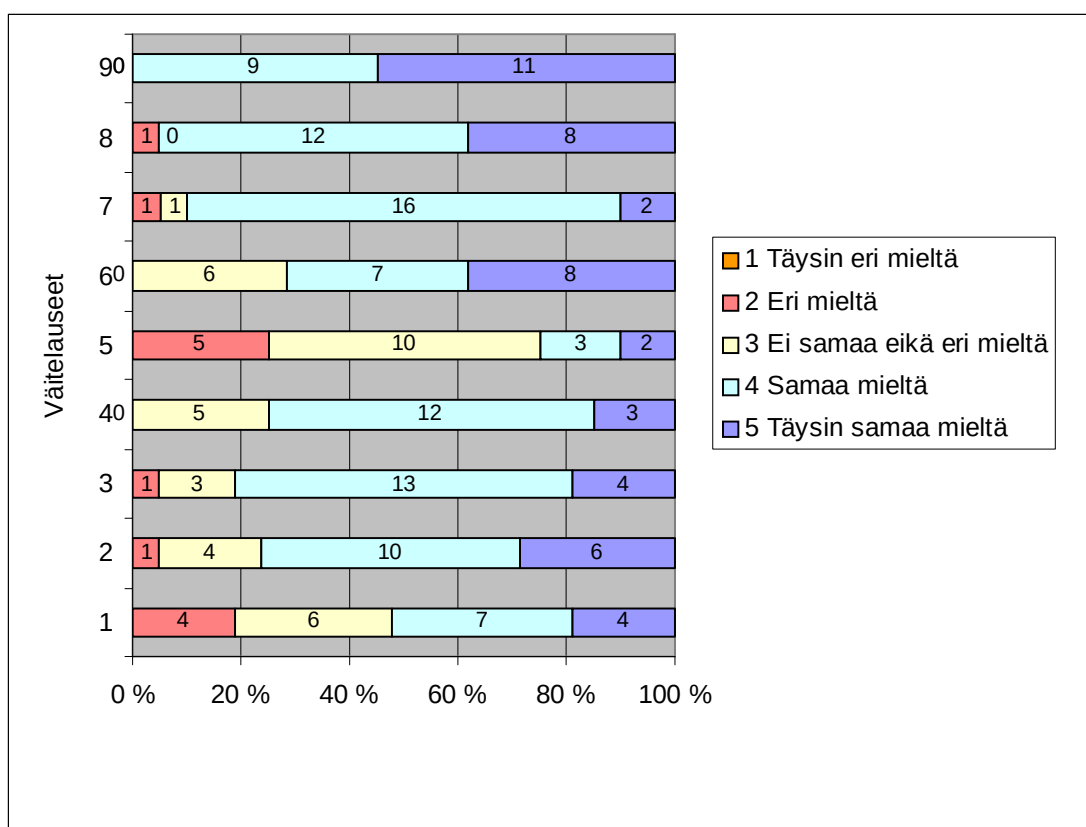
Ryhmätyötä lukuun ottamatta oppimateriaalien työtavat olivat sellaisia, joita kemian opettajat eivät käytä säännöllisesti opetuksessa. Työtapojen tuli lisäksi olla sellaisia, joihin on mahdollista soveltaa informaalisien kemian oppimisen periaatteita. Kehitetyt oppimateriaalit hyödyntävät informaalista kemian oppimista seuraavin perusteluin. Oppimateriaalien tehtävissä opettaja ei yksin kontrolloi opetuksen kulkua, vaan oppijat ovat keskeisessä asemassa. Opettaja toimii asiantuntijana ja ehkäisee omalla osallistumisellaan mahdollisten virheellisten käsitysten syntymistä. Oppijat voivat kuitenkin pääosin kontrolloida ja ohjata itse oppimistaan. Lehdet ja verkkosivut avartavat ja monipuolistavat oppimisympäristöjä, ja oppimateriaalien tehtävät ovat sellaisia, jotka vaativat oppijoita aktiiviseen osallistumiseen yhdessä toisten oppijoiden kanssa. Kemian opettajaopiskelijoista 76 % piti oppimateriaalien työtapoja informaalista kemian oppimista hyödyntävinä (ks. taulukko 25 ja kuvio 13). Tavoitteet (1. ja 2.) oppimateriaaleissa käytettävien työtapojen osalta toteutuivat oppimateriaaleissa.

Oppimateriaalien kehittämisessä otettiin huomioon myös eri oppiaineiden mahdollinen integrointi, mikä nousi tarveanalyysin pohjalta yhdeksi tavoitteista. Kemian opettajaopiskelijoista 95 % oli samaa mieltä väitteestä: ”Oppimateriaaleja käyttämällä voidaan mielekkäästi integroida muita oppiaineita kemian kanssa” (ks. taulukko 25 ja kuvio 13). Myös integrointiin liittyvä tavoite (5.) toteutui kehittämisen tuloksena.

Oppimateriaalit pyrittiin laatimaan sellaisiksi, että ne tukisivat oppijoiden luonnontieteellistä lukutaitoa. Kemian opettajaopiskelijoiden mielestä oppimateriaalit kehittävät tiedon hankinnan taitoja (81 %), tiedon välittämisen taitoja (71 %) sekä tiedon luotettavuuden arvioinnin taitoja (24 %) (ks. taulukko 25 ja kuvio 13). Kolmannen tavoitteen voidaan ainakin tiedon hankinnan ja tiedon välittämisen taitojen osalta ajatella toteutuneen oppimateriaaleissa.

Taulukko 25. Keskiarvot kemian opettajaopiskelijoiden oppimateriaaleihin liittyvistä arvioista asteikolla yhdestä viiteen. 1 = täysin eri mieltä, 5 = täysin samaa mieltä.

Väitelause	Vastaajien lukumäärä	Keskiarvo
1. Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat ovat minulle tuttuja.	21	3,5
2. Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat hyödyntävät informaalisen oppimisen periaatteita.	21	4,0
3. Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat kehittävät opiskelijoiden tiedon hankinnan taitoja.	21	4,0
4. Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat kehittävät opiskelijoiden tiedon välittämisen taitoja	20	3,9
5. Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat kehittävät opiskelijoiden tiedon luotettavuuden arvioinnin taitoja	21	3,2
6. Oppimateriaalien aiheet ovat kiinnostavia.	20	4,1
7. Oppimateriaalien aiheet ovat tärkeitä käsitellä kemian opetuksessa.	20	4,0
8. Oppimateriaaleja käyttämällä voidaan mielekkäästi integroida muita oppiaineita kemian kanssa.	21	4,3
9. Lehtiä pitäisi käyttää enemmän kemian opetuksessa	20	4,6



Kuvio 13. Kemian opettajaopiskelijoiden vastausten jakautuminen asteikolla yhdestä viiteen heidän arvioidessa kehitettyjä oppimateriaaleja. Kemian opettajaopiskelijat eivät olleet minkään väitelauseen kohdalla ”täysin eri mieltä” (1).

Kemian opettajaopiskelijat arvioivat oppimateriaalit soveltuvaksi sekä peruskoulun yläluokille että lukio-opetukseen (ks. taulukko 26). Useissa vastauksissa kuitenkin mainittiin, että peruskouluun oppimateriaaleja pitäisi soveltaa esimerkiksi vähentämällä lukemista tai karsimalla vaikeimmilta tuntuvia tehtäviä. Vastauksissa ei mainittu ammatillisia tai korkeakouluja.

Taulukko 26. Oppimateriaalien arvioitu soveltuvuus eri opetuksen asteille.

Soveltuvuus	Kauhea kasvihuoneilmiö?	Alkemiasta moderniksi tieteksi	Teknologiaa atomitasolla
Peruskoulun yläluokat ja lukio	15	7	12
Lukio	5	13	8

Kemian opettajaopiskelijat antoivat palautetta oppimateriaaleista seuraavasti.

1. Kauhea kasvihuoneilmiö?

- Materiaalissa tulisi esittää myös eriäviä näkemyksiä siitä, ettei ihminen ole syyppää ilmastonmuutokseen (7 mainintaa).

”Yksittäisiä tutkimuksia ilmastonmuutosta vastaan, huom. kriittinen lukeminen.”

- Ilmastonmuutosta tulisi käsitellä syvällisemmin ennen väittelyä (2 mainintaa). Kemian opettajaopiskelijoilla oli kurssikerran aikana mahdollisuus tutustua syvällisemmin vain yhteen oppimateriaaliin, eivätkä he ehtineet tutustua opettajan materiaaleihin. Osalle heistä on siten voinut jäädä virheellinen käsitys, että oppimateriaalin ensimmäinen osa olisi väittely. Oppimateriaalissa on kuitenkin tarkoitus syventyä aiheeseen ennakkojäsentäjän ja opetuskeskustelun avulla ennen väittelyä. Opetuskeskustelussa opettajan on tarkoitus selventää opiskelijoille epäselviksi jääneitä käsitteitä.

”Väittelyn alussa voisi esitellä faktat aiheesta.”

- Väittelyyn toivottiin pienempiä ryhmiä (1 maininta).
- Peruskoulun yläluokille luettavien artikkelien määrää vähennettäisiin (1 maininta).

- Oppimateriaalin vahvoina puolina pidettiin aiheen ajankohtaisuutta sekä väittelyn monipuolisuutta (2 mainintaa).

"Väittely luo uusia ajatuksia, spontaaniutta ja innostaa. Lisäksi se poikkeaa perinteisestä opintomallista."

2. Alkemiasta moderniksi tieteksi

- Artikkelissa esiintyville käsiteille toivottiin selityksiä (3 mainintaa).
- Materiaaliin toivottiin lisää kemiaa syventävää selitystä (2 mainintaa).
- Oppimateriaalin vahvuuksina pidettiin etenkin historiaa ja kemiaa integroivaa lähtökohtaa (2 mainintaa).

"...siinä oli kivasti kemiaa ja historiaa sekaisin."

3. Teknologiaa atomitasolla

- Artikkelia pidettiin liian suppeana tai aiheeseen toivottiin lisää lähdemateriaalia (3 mainintaa).

"Monipuolisempi, useampia näkökulmia."

- Artikkelia pidettiin vaikeaselkoisena (1 maininta).
- Itsenäiseen projektin tekemiseen ehdotettiin lisää opettajan ohjausta (1 maininta).
- Luovan ongelmanratkaisun ajateltiin olevan vaikeaa ja aikaa vievää, ja siksi ehdotettiin, että ideointi toteutettaisiin koko opetusryhmän kanssa yhdessä (1 maininta).
- Luovaan ongelmanratkaisuun ehdotettiin pohdintaosuutta, jossa mietittäisiin tuotteen toteutusta (1 maininta).
- Oppimateriaalin vahvoina puolina pidettiin oppimateriaalin aihetta, jonka uskottiin kiinnostavan opiskelijoita. Innovaatioiden kehittämistä pidettiin myös hauskana ja ajattelua vaativana työtapana (3 mainintaa).

”Siinä oppilaat joutuvat todella miettimään uuden keksinnön ja miettimään sitä eri näkökannoilta.”

Oppimateriaaleja muokattiin kemian opettajaopiskelijoiden palautteen pohjalta seuraavasti.

1. Kauhea kasvihuoneilmiö?

- Ennen väittelyä opiskelijoiden tulee etsiä itsenäisesti materiaalia, jossa tulee esille väitteen vastainen näkökulma: Ilmastonmuutos ei johdu ihmisestä. Tämä harjoittaa myös opiskelijoiden tiedon luotettavuuden arviointia. Lisäksi opettajan on tärkeää painottaa väittelyä edeltävässä opetuskeskustelussa kasvihuoneilmiön luontaisia muutoksia.
- Tiedon luotettavuuden arviointiin liittyvien taitojen kehittymisen vuoksi aikaisemmin vain opettajan materiaalissa ollut oheislukemistoluettelo lisättiin opiskelijan ohjeeseen.

2. Alkemiasta moderniksi tieteksi

- Ohjeisiin tarkennettiin sitä, että epäselvistä käsitteistä keskustellaan yhdessä koko opetusryhmän kanssa.
- Tiedon luotettavuuden arviointiin liittyvien taitojen kehittymisen vuoksi aikaisemmin vain opettajan materiaalissa ollut oheislukemistoluettelo lisättiin opiskelijan ohjeeseen. Tehtävässä korostetaan käyttämään artikkelin lisäksi myös muita lähteitä.

3. Teknologiaa atomitasolla

- Tietolähteiden monipuolistamiseksi ja tiedon luotettavuuden arviointiin liittyvien taitojen kehittymisen vuoksi aikaisemmin vain opettajan materiaalissa ollut oheislukemistoluettelo lisättiin opiskelijan ohjeeseen.

6 TULOSTEN TARKASTELUA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Kehittämistutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten kemian opettajat käyttävät informaalista kemian oppimista ja erityisesti lehtiä opetuksessaan. Tämän pohjalta toteutettiin tutkimuksen kehittämisosuus, jonka tavoitteena oli tuottaa Kemia-Kemi-lehteen liittyviä ja informaalisesta oppimisen periaatteita hyödyntäviä kemian oppimateriaaleja. Tutkimuskysymyksiä tarkastellaan kappaleissa 6.1, 6.2 ja 6.3. Koko tutkimuksen merkitystä pohditaan kappaleessa 6.4.

6.1 Informaalinen oppiminen kemian opetuksessa

Valtaosa kemian opettajista tunsi informaalisesta oppimisen käsitteen ennestään. Informaalista oppimista kemian opettajat hyödyntävät opetuksessaan satunnaisesti. Säännöllisimmin informaalisista oppimisympäristöistä opettajat hyödyntävät opetuksessaan internetiä. Lehtiä hyödynnetään toiseksi eniten. Tutkimuksen opettajat käyttävät työtavoista eniten kokeellista työskentelyä ja ryhmätöitä.

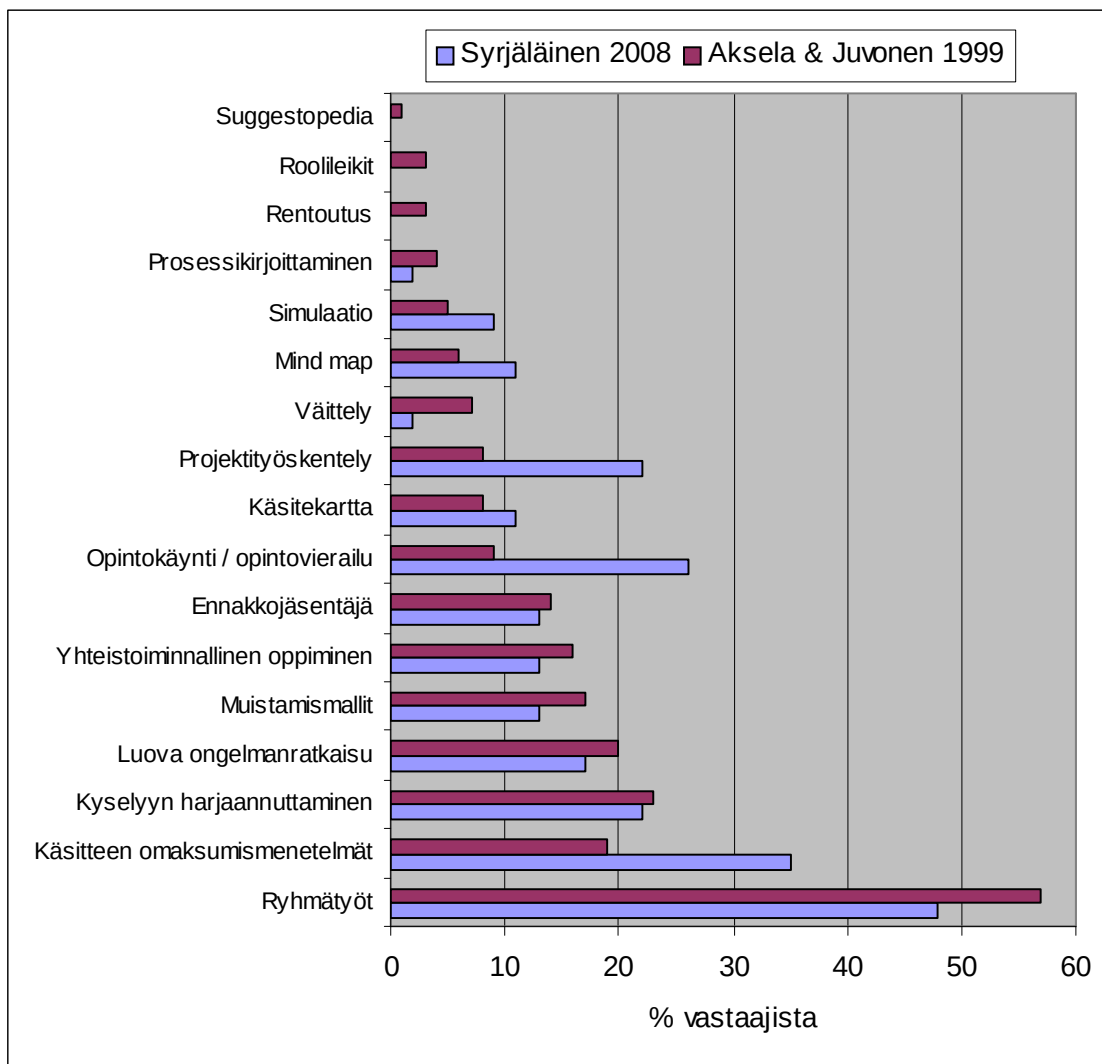
Kemian opetukseen kuuluu luonnollisena osana kokeellisuus. Kemian opetuksen kannalta on siten positiivista, että tutkimuksen opettajat käyttävät eri työtavoista säännöllisimmin kokeellista työskentelyä. Sekä kokeellista työskentelyä että ryhmätöitä voidaan suunnitella informaalisesta kemian oppimisen periaatteet huomioiden. Ne voidaan myös yhdistää osaksi informaalisia oppimisympäristöjä. Työskentely voi tapahtua esimerkiksi tietyn lehtiartikkelin sisällön pohjalta ja siinä on mahdollista käyttää arkipäivään liittyviä aineita. Työskentely voidaan myös suunnitella tapahtuvaksi jossain autenttisessa oppimisympäristössä, esimerkiksi opintovierailun yhteydessä. Kokeellisessa työskentelyssä ja erilaisissa ryhmätöissä tulee ottaa huomioon, että toiminta ei ole reseptimäistä ja opettajakeskeistä, koska informaaliselle kasvatukselle tyypillistä on opiskelijan korkea-asteinen itsekontrolli sekä oppimistilanteiden spontaanisuus ja suunnittelemattomuus (esim. Tuomisto 1994).

Kemian opetuksen työtapoja käsittelevät tarvekartoituksen tulokset ovat osittain samankaltaisia kuin Akselan & Juvosen (1999) tulokset kemian opettajien käyttämistä työtavoista (ks. kuvio 14). Molemmissa tutkimuksissa ryhmätöitä vastattiin käytettävän säännöllisesti. Myös kyselyyn harjaannuttamisen, luovan ongelmanratkaisun,

muistamismallien, yhteistoiminnallisen oppimisen, ennakkojäsentäjien, prosessikirjoittamisen, rentoutuksen, roolileikin ja suggestopedian osalta tulokset olivat samankaltaisia.

Suurimmat erot ovat opintovierailujen, projektitöiden, väittelyn ja käsitteen omaksumismenetelmien kohdalla. Akselan & Juvosen tutkimuksen opettajat toivoivat vuonna 1999 jatkossa opittavan erityisesti käsitteen omaksumisen työtapoja ja suggestopediatyötappaa. Jos opettajat kyseisen tutkimuksen jälkeen ovat oppineet käyttämään käsitteen omaksumismenetelmiä, voisi se selittää kasvun kyseisen työtavan käytössä. Kehittämistutkimuksen opettajat käyttivät vähemmän väittelyä sekä enemmän projektityöskentelyä ja opintovierailuja kuin opettajat Akselan & Juvosen tutkimuksessa. On mahdollista, että kemian opettajat ovat ottaneet käyttöönsä uusia työtapoja viimeisen kahdeksan vuoden aikana. Ero voi selittyä myös sillä, että Akselan & Juvosen tutkimus käsitteli suomalaisia kemian opettajia laajasti (N=399). Kehittämistutkimuksen kohteena puolestaan olivat kemian opetuksesta innostuneet kemian opettajat (N=46). Heidän käytössään oleva työtapavalikoima eroaa tulosten perusteella jonkin verran kemian opettajien vuonna 1999 käyttämistä työtavoista. Erot käsitekartan ja miellekartan (eli mind mapin) välillä selittyvät osaksi sillä, että Akselan & Juvosen tutkimuksessa niitä kysyttiin erikseen, kun taas tässä tutkimuksessa ne olivat yhdessä yhtenä vaihtoehtona.

Informaalisen kemian oppimisen kannalta kiinnostavaa on, että kehittämistutkimuksen opettajat käyttivät opintovierailuja merkittävästi enemmän kuin kemian opettajat Akselan & Juvosen tutkimuksessa. Opintovierailut eri kohteisiin laajentavat kemian opetuksen näkökulmaa ympäröivään yhteiskuntaan. Opintovierailujen avulla opiskelijoiden on mahdollista kokea, miten kemia sisältyy ”oikeaan elämään” myös luokkahuoneen ulkopuolella.



Kuvio 14. Kemian opettajien säännöllisesti käyttämät työtavat, joita on vertailtu Akselan & Juvosen (1999) tutkimustuloksiin kemian opettajien jatkuvasti tai usein käytetyistä työtavoista. Mukana kuviossa ovat vain ne työtavat, jotka olivat mainittuina molemmissa tutkimuksissa.

6.2 Lehdet osana kemian opetusta

Valtaosa kaikesta informaatiosta saavutetaan koulun ulkopuolella, ja tiedotusvälineet ovat monille ihmisille keskeinen luonnontieteellisen sivistyksen lähde. Monissa tutkimuksissa (esim. Norris & Phillips 1994; Korpan *et al.* 1997a; Norris, Phillips, & Korpan 2003) on kuitenkin havaittu nuorten luonnontieteellisen lukutaidon olevan puutteellista. Nuorten luonnontieteellisen lukutaidon kehittymistä tulisi tukea, jotta nuoret oppisivat ymmärtämään, millainen asema luonnontieteillä yhteiskunnassa on.

Kemian oppikirjojen vaikeatajuisuus saattaa aiheuttaa sen, että lukijoiden on vaikea ymmärtää kemian tekstejä itsenäisesti (esim. Vatanen 1990). Kemian oppikirjoissa ei usein käsitellä riittävästi kemian yhteyttä yhteiskuntaan (Solbes & Vilches 1997). Suomalaiset peruskoulun oppilaat toivoisivatkin vähemmän perinteisten oppikirjojen käyttöä ja lisää sellaisten työtapojen käyttöä, joissa informaation lähteinä ovat internet, kirjat, sanomalehdet ja muut kirjalliset dokumentit (Lavonen *et al.* 2004). Monipuolisten tekstien käyttöä kemian opetuksessa tulisi edellä mainitut näkökulmat huomioon ottaen lisätä.

Lehtiä käytetään kemian opetuksessa yleensä esimerkiksi motivaation herättäjänä. Väittelyn yhdistäminen lehtien lukemiseen on opettajien vastausten perusteella hyvin harvoin kemian opetuksessa käytetty työtap. Väittely on myös Akselan & Juvosen (1999) tutkimustulosten perusteella harvoin käytetty työtap kemian opettajien keskuudessa. Eräs peruskoulun opettaja mainitsi, ettei hän käytä väittelyä, koska oppilaat eivät hänen mukaansa osaa väitellä. On ymmärrettävää, ettei haasteelliseksi koettuja työtapoja käytetä opetuksessa, jos oppilas- tai opiskelijaryhmällä ei tunnu olevan riittävästi valmiuksia niihin. Voisiko opettajan asenne ryhmän kyvyistä johtua myös siitä, että väittelyn vähäisen käytön vuoksi oppijat eivät ole vielä oppineet väittelemään? Tutkija uskoo, että jos oppijoille tarjottaisiin myös koulussa säännöllisesti tilaisuus lehtien lukemiseen ja väittelyyn sekä kemian että myös muiden oppiaineiden tunneilla, oppijat oppisivat riittävät tiedonhakuun sekä väittelyyn vaadittavat taidot.

Tärkein syy lehtien käytölle kemian opettajien mukaan on lehtien ajankohtaisuus. Myös yhteyttä arkielämään pidettiin tärkeänä näkökohtana. Jarmanin & McClunen (2002) tutkimuksen opettajien mielestä keskeisin syy sanomalehtien käytölle oli yhteyden luominen koulun luonnontieteen tuntien ja arkielämän välille. Kachanin, Guilbertin & Bisanzin (2006) tutkimuksessa yli 70 % kaikista opettajista piti tärkeimpänä syynä tiedotusvälineiden käyttöön opetuksessa luonnontieteiden ja teknologian merkityksen ymmärtämistä osana yhteiskuntaa. Kaikissa edellä mainituissa tutkimuksissa opettajat pitivät tärkeänä näkökulmana opetuksen kytkeytymistä oppijoiden arkeen. Ajattelutapa sopii informaaliseseen kemian oppimiseen.

Keskeisin syy sille, ettei lehtiä käytetä kemian opetuksessa, on kemian opettajien mukaan aikapula. Samaa mieltä olivat myös Kachanin, Guilbertin & Bisanzin (2006) tutkimat

opettajat, jotka mainitsivat tiukan aikataulun sekä raporttien epätarkkuuden perusteluiksi sille, etteivät käytä lehtiä opetuksessaan. Tiukaksi koetut aikataulut aiheuttavat luultavasti sen, että kemian opettajille on tavallisempaa ohjata opiskelijoita hyödyntämään lehtiä kuin hyödyntää niitä itse opetuksessaan. Kemian opettajat pitävät lehtien käyttöä tärkeänä ja ohjaavat opiskelijoita lukemaan niitä, mutta eivät välttämättä ota lehtiä mukaan omaan opetukseensa. He pitävät muita oppimateriaaleja ja työtapoja lehtien käyttöä keskeisempänä.

Kiinnostavaa on, että kemian opettajaopiskelijat, joilla ei ole opetuskokemusta, viittasivat oppimateriaaleja arvioidessaan tiukkoihin aikatauluihin esimerkiksi seuraavasti: ”Innovointi on vaikeaa ja vie aikaa”. Vastauksesta voisi päätellä, että osalle opiskelijoista on syntynyt jo ennen kemian opettajana toimimista uskomus siitä, että koulussa ei ole aikaa kokeilla uusia työtapoja. Kemian opettajien uskomukset ohjaavat vahvasti kemian opetusta (Sahlberg, 1996). Niitä olisi tutkijan mielestä tärkeää tarkastella jo kemian opettajankoulutuksessa. Mistä käsitys aikapulasta syntyy? Onko kemian opettajilla koulussa todellinen aikapula? Voisiko aikapula johtua siitä, että kemian opettajat ovat niin sitoutuneita oppikirjan rakenteeseen ja pitävät oppikirjaa kemian ”opetussuunnitelmana”? Miten kemian opettajia voitaisiin ohjata käyttämään enemmän lehtiä ja muuta materiaalia oppikirjan sijasta tai oppikirjan rinnalla? Kemian opettajien tulisi ymmärtää, että opetussuunnitelman keskeisiin tavoitteisiin voidaan päästä myös muilla tavoin kuin noudattamalla tarkasti oppikirjan rakennetta. Opetuksessa olisi tärkeää käyttää monipuolisesti sellaisia oppimateriaaleja, joissa tulee esille kemian yhteys arkielämään.

Kaikkien kemian opettajien keskuudessa tavallisimpia opetuksessa käytettyjä lehtiä ovat erilaiset sanomalehdet. Sanomalehdissä käsitellään kaikkein ajankohtaisimpia asioita verrattuna esimerkiksi aikakauslehtiin. Se, että opettajat pitävät ajankohtaisuutta keskeisenä syynä lehtien käytölle, voisi selittää sanomalehtien suuren käytön verrattuna muihin opetuksessa käytettäviin lehtiin. Sanomalehdet ovat lisäksi helpoiten kaikkien saatavilla, ja suomalaiset pitävät niitä luotettavina uutislähteinä (Suomen Lehdistö 2008). Sanomalehtien käyttöä puoltaa myös se, että niiden tekstitarjonta on vaihtelevaa ja ilmaisukeinot monipuolisia (Linnakylä & Malin 2006).

Kemia-Kemi-lehti on ainut suomenkielinen kemian alan julkaisu. Lehteä lukiessa voi luottaa kirjoittajien tietotaitoon. Eräs korkeakouluopettaja oli tästä eri mieltä. Hän ei ollut

tyytyväinen kirjoitusten tasoon. Hänen mukaansa Kemia-Kemi-lehden kirjoittajien tulisi olla päteviä huippukemistejä. Sanomalehdissä olevien kemia yhteiskunnassa -aihealueiden kirjoittajilla ei välttämättä ole minkäänlaista luonnontieteellistä taustaa, mikä saattaa toisinaan aiheuttaa virheitä teksteissä. (Myers 1991, 769; Toby 1997, 1286) On tärkeää, että kemian opettajat kaikilla opetuksen asteilla ovat itse riittävän ammattitaitoisia, jotta he kykenevät lukemaan tekstejä kriittisesti ja löytämään niistä asiavirheet.

Toiveet ja kehittämis ehdotukset Kemia-Kemi-lehdestä jakoivat kemian opettajien mielipiteitä. Yhtäältä eri asteiden kemian opettajat toivoivat Kemia-Kemi-lehteen nuorien kokemusmaailmaan liittyviä aihepiirejä. Toisaalta eräs korkeakouluopettaja oli sitä mieltä, ettei Kemia-Kemi-lehteä ole tarkoitettu kouluopetukseen. Etenkin peruskoulun ja lukion opettajat haluaisivat Kemia-Kemi-lehteen lisää riittävän helppotajuisia ja opetukseen soveltuvia artikkeleita: ”Juttuja, joissa näkyisi paremmin lukiotasoinen peruskemia tai ainakin yhteydet lukiokemiaan”. Opettajat esittivät toiveita, että ”lehti säilyy monipuolisena ja poikkitieteellisenä”. Eräs tutkimuksen opettajista ehdotti, että Kemia-Kemi-lehti julkaisisi opetuksen näkökulmasta tehdyn erikoisnumeron esimerkiksi kerran vuodessa.

Onko olemassa ”kemian opetukseen tarkoitettua” lehteä? Tutkijan mielestä keskeistä lehtien opetuskäytössä on juuri niiden monipuolisuus. Käyttämällä kemian opetuksessa erilaisia ja eri alan lehtiä, voidaan opiskelijoille osoittaa kemian laajat yhteydet ympäröivään yhteiskuntaan sekä muihin tieteenaloihin. Vaikka Kemia-Kemi-lehti ei ensisijaisesti olekaan opetuksen lehti, voidaan sitä kuitenkin soveltaa kemian ja myös muiden luonnontieteellisten alojen opetuksen eri asteilla. Tästä osoituksena ovat useat eri asteiden kemian opettajien ajatukset Kemia-Kemi-lehden käytöstä opetuksessa (ks. 5.2.1).

Lehtien käyttö kemian opetuksessa tukee opetussuunnitelmien tavoitteita. Kemia-Kemi-lehdessä on monipuolisesti tekstejä eri aihealueista. Siten lehdestä on helppo löytää teemoja, jotka liittyvät kemian eri osa-alueisiin. Eräs tutkimukseen osallistuneista opettajista kirjoittikin Kemia-Kemi-lehdestä seuraavasti: ”Melkein jokaisen artikkelin pystyisin linkittämään johonkin aihealueeseen opetuksessa”.

Tämän tutkimuksen tuloksena tuotettiin kolme erilaista oppimateriaalia, joissa hyödynnetään informaalista oppimista ja Kemia-Kemi-lehtiä. Kemian opettajilla oli

oppimateriaaleissa käytettyjen tapojen lisäksi monia muitakin ajatuksia, miten lehtiä voitaisiin käyttää kemian opetuksessa. Jos aikataulut koetaan tiukoiksi, eikä opettajalla ole mahdollisuutta käyttää kehitettyjä oppimateriaaleja omassa opetuksessaan, voi hän kuitenkin ottaa lehdet mukaan opetukseen muiden muassa seuraavilla tavoilla 1) Kemian luokkaan voidaan tehdä uutistaulu, johon sekä opettaja että opiskelijat kokoavat pieniä, eri lehdistä leikattuja, uutisia. 2) Lehtiartikkelia voi käyttää motivaation herättäjänä kemian tunnin alussa. 3) Opiskelijat kokoavat lisätehtävänä itse oman lehtileikekansion ajankohtaisista luonnontieteellisistä teemoista.

6.3 Informaalisen oppimisen hyödyntäminen kemian oppimateriaaleissa

Kehittämistutkimuksen tuloksena kehitettiin kolme oppimateriaalia, jotka voidaan toteuttaa siten, että informaalisen kemian oppimisen periaatteet otetaan niissä huomioon. Tarveanalyysistä nousseet tavoitteet toteutuivat oppimateriaaleissa kemian opettajaopiskelijoiden arvioiden perusteella.

Kussakin oppimateriaalissa oppijoiden tulee lukea joku Kemia-Kemi-lehden artikkeli ja pohtia siihen liittyviä keskeisiä käsitteitä ja näkökulmia suorittamalla erilaisia oppimistehtäviä sekä yksin että vuorovaikutuksessa toisten kanssa. Tutkija uskoo, että oppimateriaalien erilaisiin teksteihin liittyvät tehtävät tarjoavat oppijoille mahdollisuuden kehittää omaa luonnontieteellistä lukutaitoaan monipuolisesti.

Yksi syy siihen, etteivät opettajat ota uusia työtapoja opetukseensa, on heidän kokemansa kiire. Opettajan ohjeissa on osio, jossa on arvioitu oppimateriaaleihin käytettävä aika. Tutkija uskoo sen helpottavan kemian opettajaa ajankäytön suunnittelussa. Jos opettaja kokee olevansa kiireinen, hän voi valita vain tietyt, hänen ryhmälleen soveltuvat, osiot oppimateriaaleista opetukseensa.

Ilmastonmuutosta käsittelevän kemian oppimateriaalin voi integroida osaksi muiden luonnontieteiden sekä myös yhteiskunnallisten aineiden opetusta. Historiaan liittyvä oppimateriaali yhdistää kemian historian lisäksi jonkin verran myös maantieteeseen. Nanoteknologiaa käsittelevä kemian oppimateriaali on luonnollista integroida esimerkiksi fysiikkaan tai biologiaan. Tutkija uskoo oppiaineiden integroinnin syventävän oppimista, koska oppiminen nuorten luontaisissa elinympäristöissäkään, eli informaalisen oppimisen

näkökulmasta, ei ole jaoteltu oppiaineiden mukaisesti. Luonnontieteet liittyvät monipuolisesti toinen toisiinsa, joten koulun oppiainejako on tästä näkökulmasta tutkijan mielestä keinotekoinen.

6.4 Tutkimuksen merkitys

Kemia ei kiinnosta nuoria (Bennett, Hogarth & Lubben 2003). Aikaisemmissa tutkimuksissa (esim. Lavonen *et al.* 2004) on tullut esille, että kouluopetuksessa käytetyt työtavat eivät vastaa oppilaiden toiveita työtapojen käytöstä. Opettajien tulisi huomioida tämä opetuksen toteutusta suunnitellessaan. Luonnontieteiden opetusta pitäisi uudistaa ja opetuksessa käytettäviä työtapoja sekä oppimisympäristöjä tulisi monipuolistaa. Tällä oletetaan olevan vaikutusta syvällisempään oppimiseen ja positiivisempien asenteiden syntymiseen. (Bräutigam 2007; Lavonen 2007)

Informaalisen kemian oppimisen näkökulmasta koulussa opiskeltavien asioiden ei tulisi olla irrallisia oppijoiden muusta kokemusmaailmasta, vaan niiden tulisi linkittyä arkielämään ja ympäröivään yhteiskuntaan. Informaalinen oppiminen liittyy oppimisen osaksi oppijan luonnollisia oppimisympäristöjä. Jos informaalisen oppimisen periaatteet otetaan huomioon myös kouluopetuksessa, se voisi lisätä kiinnostusta kemian teemoja kohtaan (Stocklmayer & Gilbert 2002). Lisäksi tutkija uskoo, että yhdistämällä kemian opetus arkielämän yhteyksiin, voidaan sillä omalta osaltaan ehkäistä ristiriitojen syntymistä koulu- ja arkikielen välille.

Muuta kuin opintovierailuja käsitteleviä tutkimuksia informallisesta kemian oppimisesta on tehty vähän. Etenkin Suomessa tutkimusalue on uusi. Informaalisen oppimisen mahdollisuuksia kemian opetuksessa tulisi tutkia lisää, ja ottaa tutkimustulokset huomioon kemian opetuksen käytänteiden suunnittelussa. Erilaisista kemian opettajien kohtaamista haasteista huolimatta kemian opetuksen tutkimustuloksia tulisi hyödyntää opetuksessa. Uusien kemian oppimateriaalien diffuusiota tulee tapahtua. Se on ainut tapa, miten kemian opetusta voidaan kehittää. Kun opettajat ottavat uusia oppimateriaaleja käyttöönsä, he voivat kokemustensa pohjalta arvioida ja edelleen kehittää niitä paremmiksi. Se on olennainen osa kehittämistutkimuksen syklistä prosessia, jossa innovaation kokeilun ja arvioinnin jälkeen innovaatioita yhä kehitetään uusien tavoitteiden pohjalta. Kemian opettajien tulisi kokeilla kehitettyjen oppimateriaalien käyttöä opetuksessa ja toteuttaa

niiden arviointi. Jatkossa olisi tärkeää tutkia, miten lehtien käyttöä kemian opetuksessa voidaan lisätä ja miten lehtien käyttö kemian opetuksessa edistää kemian oppimista: Millaiset artikkelit palvelevat kemian opetusta? Miten lehtiä voidaan käyttää oppikirjoja korvaavina tai niitä tukevin materiaaleina? Tuleeko lehdissä oleva kemian sisältö ymmärretyksi? Osaavatko opiskelijat yhdistää arjessa lukemiaan lehtiä kemian opetussuunnitelmassa mainittuihin kemian tavoitteisiin? Jatkossa olisi tärkeää saada lisätietoa myös siitä, miten uudet tutkimuspohjaiset oppimateriaalit saataisiin leviämään kemian opettajien keskuudessa ja miten kemian opettajia voitaisiin tukea, jotta he uskaltaisivat kokeilla uusia työtapoja opetuksessaan?

Kemian opettajat ovat eri tasoilla uudistusten vastaanottamisessa. Mitä paremmin innovaatio kohtaa omaksujan arvo- ja kokemusmaailman, sitä helpommaksi omaksumisprosessi Rogersin (1983) mukaan tulee. Voi olla, että osa kemian opettajista kokee lehtien käytön kemian opetuksessa uutena työtapana, joka on ristiriidassa heidän omien opetusta koskevien käsitystensä kanssa. Siten heidän on haasteellista ottaa kyseinen työtapaa käyttöönsä opetuksessa. Kemian opettajat tuntuvat käyttävän mieluummin hyväksi koettuja työtapoja, eivätkä halua ottaa riskejä uusien työtapojen kanssa, mikä tuli esille myös tutkijan käsitekarttojen käyttöä käsittelevässä proseminaaritutkielmassa (Syrjäläinen & Turunen 2007).

Kemian opetuksen uudistusta käytännön tasolla ei voi tapahtua, ellei kemian opettajilla ole riittävästi mahdollisuuksia kokeilla uuteen tutkimustietoon pohjautuvia innovaatioita opetuksessaan. Opettajien tulisi keskittää huomionsa siihen, miten he suunnittelevat ja toteuttavat kemian opetusta. Heidän tulisi miettiä, ovatko käytössä olevat kemian opetuksen työtavat sellaisia, jotka tukevat nuoren taitojen kehittymistä monipuolisesti. Elinikäisen opetuksen näkökulmasta keskeisintä kemian opetuksessa on tarjota nuorelle sellaiset keinot, joiden avulla hän osaa itsenäisesti jatkossa hakea tietoa, ymmärtää lukemaansa ja osallistua omaa arkielämäänsä ja yhteiskuntaa koskevaan keskusteluun. Elinikäisen ja informaalisin oppimisen punaisena lankana on tavoite, että ihmiset oppivat koko elämänsä ajan heidän kaikissa elinympäristöissään. Kemian opetuksen tulisi olla motivoivaa ja oppimiseen innostavaa. Silloin elinikäisen ja informaalisin oppimisen keskeisin tavoite toteutuisi myös kemian kouluopetuksessa.

Kemian opettajia tulisi tukea kokeilemaan uusia kemian opetuksen käytänteitä opetuksessa. Yksi keino tähän voisi olla informaalistien oppimisympäristöjen huomioiminen jo kemian opettajakoulutuksessa kuten Helsingin yliopiston kemian opettajakoulutuksessa onkin tehty. Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto sisältää kurssin *Kemia elinympäristössä*. Kurssin yksi keskeisistä tavoitteista on, että opettajaopiskelijat osaisivat hyödyntää kemian opetuksen suunnittelussa ja toteutuksessa erilaisia oppimisympäristöjä sekä toteutuksessa kontekstuaalista, informaalista ja STS-oppimista ja sen käyttöä tukevia tietolähteitä. Voisiko lehdille oppimateriaalina antaa enemmän sijaa myös muilla kemian korkeakoulukurssilla? Syventäisikö tämä kemian opiskelijoiden ymmärrystä kemian laaja-alaisia ilmiöitä kohtaan? Kemian opettajien tulee itse olla selvillä informaalistien oppimisen mahdollisuuksista ja hyödyistä tavoitteellisessa kemian opetuksessa. Tämän jälkeen he voivat ohjata myös opiskelijoitaan hyödyntämään erilaisia informaalisia oppimisympäristöjä heidän kaikissa elinympäristöissään.

LÄHTEET

- Aebli, H. 1990. Opetuksen perusmuodot. Suomentaja Unto Sinkkonen. Helsinki: WSOY.
- Aittola, T. 1998. Nuorten arkipäivän oppimisympäristöt. Teoksessa Laurinen, L. (toim.)
Koti kasvattajana, elämä opettajana. Helsinki: WSOY 1998, 171–189.
- Aittola, T., Jokinen, K. & Laine, K. 1994. Nuoret, koulu ja uudet oppimisympäristöt.
Kasvatus 5/1994, 472–482.
- Aksela, M. 1995. Aikakauslehdet luonnontieteiden opetuksessa. Aikakauslehdistö 4, 30–
31.
- Aksela, M. 2005. Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking
through Computer-Assisted Inquiry: A design Research Approach. Dissertation.
University of Helsinki, Faculty of Science, Department of Chemistry.
- Aksela, M., & Juvonen, R. 1999. Kemian opetus tänään. Opetushallitus. Moniste 27/99.
<http://www.edu.fi/julkaisut/kemia1.pdf>. Luettu 19.7.2007
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (eds.) 2001. A Taxonomy for learning, teaching, and
assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York:
Longman.
- Andersson, D., Lucas, K. B. & Ginns, I. S. 2003. Theoretical Perspectives on Learning in
an Informal Setting. Journal of Research in Science Teaching 40 (2), 177–199.
- Anonymous 2007. Kyselylomakkeen esitäyttö ja arviointi. Helsinki. 11.09.2007.
- Arnett, E. M. 1988. Formal and Informal Graduate Training for a Career in Research
Chemistry. Journal of Chemical Education 65 (7), 590–592.

- Asunta, T. 2003. Knowledge of Environmental Issues: Where Pupils Acquire Information and How it Affects their Attitudes, Opinions, and Laboratory Behaviour. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 221. University of Jyväskylä.
- Baker, L. 1991. Metacognition, Reading and Science Education. In C.M. Santa & D.E. Alvermann (eds.). Science Learning: Processes and Applications. Newark: International Reading Association.
- Bennett J., Hogarth S. & Lubben, F. 2003. A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science: Review summary. University of York, UK. <http://www.york.ac.uk/depts/educ/ResearchPaperSeries/SciTTA1a.pdf>.
Luettu 15.1.2008.
- Bräutigam, T. 2008. Oppimisympäristöt mukaan koulutuksen kehittämiseen. Spektri 3, 10–11. http://www.oph.fi/julkaisut/spektri/Spektri2007_3.pdf. Luettu 8.1.2008.
- Bybee, R. W. 2001. Achieving Scientific Literacy: Strategies for Insuring That Free-Choice Science Education Complements National Formal Education Efforts. In Falk, J. H. (ed.) Free-Choice Science Education: How We Learn Science outside of School. New York and London: Teachers College Press, 44–63.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. 2000. Research Methods in Education. 5th ed. London : Routledge.
- Dori, Y. J. & Tal, R. T. 2000. Formal and Informal Collaborative Projects: Engaging in Industry with Environmental Awareness. Science Education 84 (1), 95–113.
- Edelson, D. C. 2002. Design Research: What we learn when we engage in design. The Journal of the Learning Sciences 11 (1), 105–121.
- Enkenberg, J. 1985. Mikä luonnontieteiden opetusmetodiksi peruskouluun ja lukioon? Joensuun korkeakoulu. Kasvatustieteiden osaston selosteita ja tiedotteita 27.

- Eraut, M. 2004. Informal Learning in The Workplace. *Studies in Continuing Education* 26 (2), 247–273.
- Eräutuuli, M. 1988. Fysiikka ja kemia yläasteen turhien ja tärkeiden, yleisien ja mieluisten sekä vaikeiden ja helppojen oppiaineiden joukossa. *Dimensio* 8, 42–43.
- Eshach, H. 2007. Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology* 16 (2), 171–190.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1999. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 3. painos. Tampere: Vastapaino.
- Falk, J. H. 2001. Free-Choice Science Learning: Framing the Discussion. In Falk, J. H. (ed.) *Free-Choice Science Education: How We Learn Science outside of School*. New York and London: Teachers College Press, 3–20.
- Falk, J. H. 2005. Free-choice environmental learning: framing the discussion. *Environmental Education Research* 11 (3), 265–280.
- Fourez, G. 1997. Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. *Social Studies of Science* 27 (6), 903–936.
- Fullan, M. *The New Meaning of Educational Change*. 2nd ed. London: Cassell.
- Gabel, D. 1999. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education* 76 (4), 548–554.
- Garrick, J. 1998. *Informal Learning in the Workplace Unmasking Human Resource Development*. London and New York: Routledge.
- Gerber, B., Cavallo, A. M. L. & Marek, E. A. 2001. Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science Education* 23 (5), 535–549.

- Gilbert, J. K. 2006. On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education* 28 (9), 957–976.
- Glynn, S. M. & Muth, D. Reading and Writing to Learn Science: Achieving Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching* 31 (9), 1057–1073.
- Griffin J., Symington, D. 1997 Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education* 81 (6), 763–779.
- Heath, P. A. 1992. Organizing for STS Teaching and Learning: The doing of STS. *Theory Into Practice* 31 (1), 52–58.
- Henze, R. C. 1992. *Informal Teaching and Learning A Study of Everyday Cognition in a Greek Community*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hirsjärvi, S. (toim.) 1982. *Kasvatustieteiden käsitteistö*. Helsinki: Otava.
- Holliday, W. G., Larry, D. Y. & Alvermann, D. E. The Reading–Science Learning–Writing Connection: Breakthroughs, Barriers and Promises. *Journal of Research in Science Teaching* 31 (9), 877–893.
- Hume, D. L., Carson, K. M., Hodgen, B. & Glaser, R. E. 2006. Chemistry Is in the News: Assessment of Student Attitudes toward Authentic News Media-Based Learning Activities. *Journal of Chemical Education* 83 (4), 662–667.
- Jarman, R., McAleese, L. & McConnel, B. 1997. Science and Lifelong Learning: A Survey of Science Teachers' Provision for the Promotion of Pupils' Independent Study at Key Stage 4. *Evaluation and Research in Education* 11 (3), 149–163.
- Jarman, R., & McClune, B. 2002. A Survey of the Use of Newspapers in Science Instruction by Secondary Teachers in Northern Ireland. *International Journal of Science Education* 24 (10), 997–1020.
- Joyce, B. & Weil, M. 1996. *Models of Teaching*. Fifth edition. London: Prentice Hall.

- Justi R. S. 2000. Teaching with Historical Models. In Gilbert J.K & Boulter, C. J. (eds.) *Developing Models in Science Education*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 209–226.
- Justi R. & Gilbert J. 2000. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'. *International Journal of Science Education* 9, 993–1009.
- Juuti, K. 2005. Towards primary school physics teaching and learning: Design research approach. Academic Dissertation. Research Report 256. University of Helsinki, Faculty of Behavioural Sciences, Department of Applied Sciences of Education.
- Kachan, M. R., Guilbert, S. M., Bisanz, G. L. 2006. Do Teachers Ask Students to Read News in Secondary Science? Evidence from the Canadian Context. *Science Education* 90 (3), 496–521.
- Kairavuori, S. 1996. Hauki on kala - Asiatekstistä oppiminen peruskoulun seitsemännellä luokalla. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia 166.
- Kaivamo, T. 1985. Lukion kemian opetukseen liittyvä teollisuusvierailu oppilaiden mielipiteiden valossa. Raportissa Huhanantti, M. & Keranto, T. (toim.) *Fysiikan ja kemian opetus ja opetuksen tutkiminen uusien haasteiden edessä*. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita 14, 59–62.
- Koch, A. & Eckstein, S. G. 1995. Skills Needed for Reading Comprehension of Physics Texts and Their Relation to Problem-Solving Ability. *Journal of Research in Science Teaching* 32 (6), 613–628.
- Komiteamietintö 1997: 14. Oppimisen ilo: Kansallinen elinikäisen oppimisen strategia. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Koro, J. 1993. Kehittyvä opetustyö. Teoksessa Kari, J. (toim.) *Didaktiikka ja opetussuunnittelu*. Helsinki: WSOY, 93–132.

- Korpan, C. A., Bisanz, G. L. & Bisanz J., Henderson, J. M. 1997a. Assessing Literacy in Science: Evaluation of Scientific News Briefs. *Science Education* 81 (5), 515–32.
- Koskinen, I. 1989. Mitä on oppiminen. Teoksessa Koskinen, I. & Ahonen, S. (toim.) *Lukion pedagogiikkaa*. Hämeenlinna: Kirjayhtymä, 96–113.
- Kuitunen, H. 1996. Finiste-tietoverkko innovaation välineenä luonnontieteiden opetuksen työtapoja monipuolistettaessa. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. *Tutkimuksia* 159.
- Kuusinen, J. & Korkiakangas, M. 1991. Oppiminen. Teoksessa Kuusinen (toim.). *Kasvatuspsykologia*, 21-64. 3. painos. Juva: WSOY.
- Kyyrönen, L. 1999. Demonstraation ja sokraattisen dialogin yhdistäminen lukion kemian opetuksessa. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. *Tutkimuksia* 199.
- Lahdes, E. 1986. *Peruskoulun didaktiikka*. Helsinki: Otava.
- Lampiselkä, J., Savinainen, A. & Viiri, J. 2007. Teaching Methods in Science. In Pehkonen, E., Ahtee, M. & Lavonen, J. (Eds.) *How Finns Learn Mathematics and Science*. Taipei: Sense Publishers, 192–198.
- Lauho, A. 2006. Teknologia ja yhteiskunta -teemat kemian opetuksessa – kemian opettajien kokemana. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Kemian laitos.
- Lavonen, J. 1987. Käsitteen omaksuminen luonnontieteissä. *Dimensio* 9, 48–50.
- Lavonen, J. 1988. Kyselyyn harjaannuttaminen kemian oppitunnilla. *Dimensio* 4, 50–52.
- Lavonen, J. 2007. Ainedidaktiikka 2. Luonnontieteiden opetuksen uudistaminen. Luentokalvot. Helsingin yliopisto. Käyttäytymistieteellinen tiedekunta. Soveltavan kasvatustieteen laitos. http://www.helsinki.fi/sokla/malu/AD2_luento2_2007.pdf. Luettu 12.1.2008.

- Lavonen, J., Juuti, K., Meisalo, V., Uitto, A. & Byman, R. 2004. Luonnontieteiden opetuksen kiinnostavuus peruskoulussa. http://mirror4u.net/opettajat/Mirror6_luonnontiet.pdf. Luettu 9.10.2007.
- Lavonen, J. & Meisalo, V. 2008. Kokeellisen opetuksen uudistaminen. Helsingin yliopisto. Käyttätymistieteellinen tiedekunta. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Malu. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/lahestymist/main.htm>. Luettu 15.1.2008.
- Lavonen, J. Meisalo, V., Aksela, M., Mikkola, K. Juuti, K., Heikinheimo, S. & Poutiainen, S. 2007. Työtapaopas. Helsingin yliopisto. Käyttätymistieteellinen tiedekunta. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Malu. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/>. Luettu 17.12.2007.
- Linnankylä, P. & Takala, S. (toim.) 1990. Esipuhe. Artikkelikokoelmassa Linnakylä, P. & Takala, S. (toim.) Lukutaidon uudet ulottuvuudet. Kasvatustieteiden tutkimuslaitoksen julkaisusarja B. Teoriaa ja käytäntöä 61. Jyväskylän yliopisto.
- Linnakylä, P. & Malin, A. 2000. Lukutaito työssä ja arjessa. Aikuisten kansainvälinen lukutaitotutkimus Suomessa. Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Linnakylä, P. & Malin, A. 2006. Tukeeko sanomalehtien lukeminen oppimista? Sanomalehtien lukemisaktiivisuus ja oppimistulokset. Koulutuksen tutkimuslaitos. Jyväskylän yliopisto. Sanomalehtien Liitto. http://www.viestinet.org/liitetiedostot/SL/wwwSuomi/5/137/tukeeko_sanomaleht_lukeminen_oppim.pdf. Luettu 8.2.2008.
- Livingstone, D. W. 2001. Adult's Informal Learning: Definitions, findings, gaps and future research. NALL Working Paper 21–2001. <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/2735/2/21adultsinformallearning.pdf>. Luettu 1.10.2007.
- LOPS 2003. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus. Helsinki: Painatuskeskus.

- Lucas, K. B. 2000. One teacher's agenda for a class visit to an interactive science center. *Science Education* 84 (4), 524–544
- Maarschalk, J. 1988. Scientific Literacy and Informal Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching* 25 (2), 135–146.
- Manninen, J. & Pesonen, S. 1997. Uudet oppimisympäristöt. *Aikuiskasvatus* 4/97, 267–274.
- Manninen, J., Burman, A., Koivunen, A., Kuittinen, E. Luukannel, S. Passi, S. & Särkkä, H. 2007. Oppimista tukevat ympäristöt: Johdatus oppimisympäristöajatteluun. Helsinki: Opetushallitus.
- Marsick, V. J. & Watkins, K. E. 1990. *Informal and Incidental Learning in the Workplace*. London and New York: Routledge.
- Marsick V. J. & Watkins, K. E. 2001. Informal and Incidental Learning. *New Directions for Adult and Continuing Education* No 89, 25–34.
- Martin, L. 2001. Free-Choice Science Learning: Future Directions for Researchers. In Falk, J. H (ed.) *Free-Choice Science Education: How We Learn Science Outside of School*. New York : Teachers College Press, 186–198.
- Meisalo, V. & Erätuuli, M. 1984. *Fysiikan ja kemian didaktiikka*. Helsinki: Otava.
- Melber, L. M. & Cox-Petersen, A.M. 2005. Teacher Professional Development and Informal Learning Environments: Investigating Partnerships and Possibilities. *Journal of Science Teacher Education* 16 (2), 103–120.
- Montonen, M. 2003. Uudistuva lukion kemian opetussuunnitelma. *Dimensio* 6, 14–15.
- Moreland, R. 1999. Towards a Learning Society: The Role of Formal, Nonformal and Informal Learning. In Oliver, P. (ed.) *Lifelong and Continuing Education: what is a Learning Society?* Aldershot : Ashgate, 159–180.

- Myers, R. S. 1991. Using News Media To Teach Chemical Principles. *Journal of Chemical Education* 68 (9), 769–770.
- Mölsä, H. 2007. Verkko-opetuksen käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Valtiotieteellinen tiedekunta. Viestinnän laitos. <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/val/viest/pg/molsa/verkkoop.pdf>. Luettu 10.1.2008.
- Nakhlet, M. 1992, Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions. *Journal of Chemical Education* 69 (3), 191–196.
- Norris, S. P. & Phillips, L. M. 1994. Interpreting Pragmatic Meaning When Reading Popular Reports of Science. *Journal of Research in Science Teaching* 31 (9), 947–967.
- Norris, S. P., Phillips, L. M. & Korpan, C. A. 2003. University students' interpretation of media reports of science and its relationship to background knowledge, interest and reading difficulty. *Public Understanding of Science* 12 (2), 123–145.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. 1993. Opi oppimaan. Suom. P. Lehto-Kaven. Helsinki: Gaudeamus.
- Novak, J. D. 1998. Tiedon oppiminen, luominen ja käyttö: Käsitekartat työvälineinä oppilaitoksissa ja yrityksissä. Suomentaja Mauri Åhlberg. Keuruu: PS-Kustannus.
- Nyyssölä, K. 2002a. Koulun ulkopuolella opitun tunnustaminen. Moniste 13/2002. Opetushallitus. <http://www.edu.fi/julkaisut/ulkopuolella.pdf>. Luettu 13.6.2007.
- Nyyssölä, K. 2002b. Oppiminen ei pysähdy koulun seinään. *Spektri* 3, 36–37.
- OAJ 2007. Uutiset. *Opettaja* 51–52, 4–5.
- Opetushallitus 2007a. Opetussuunnitelmien ja tutkintojen perusteet. Ammatilliset perustutkinnot. <http://www.oph.fi/SubPage.asp?path=1,17627,1561>. Luettu 30.11.2007.

- Opetushallitus 2007b. Edu.fi. Opettajan verkkopalvelu. Peruskoulu. Historia. Avauksia opsiin. Työtapoja. <http://www.edu.fi/page.asp?path=498,1329,1523,21100,37632>. Luettu 10.10.2007.
- Overwien, B. 2000. Informal Learning and the Role of Social Movements. *International Review of Education – Internationale Zeitschrift für Erziehungswissenschaft – Revue Internationale de l'Education* 46 (6), 621–640.
- Phillips, L. M. & Norris, S. P. 1999. Interpreting popular reports of science: what happens when the reader's world meets the world on paper? *International Journal of Science Education* 21 (3), 317–327.
- Pietarinen, J. & Rantala, S. 1998. Koulu sosiaalisena ympäristönä yläasteelle siirtymisen vaiheessa: näkökulma sosiaaliseen kehitykseen. Teoksessa M-L, Julkunen (toim.) *opetus, oppiminen, vuorovaikutus*. Helsinki, Porvoo: WSOY.
- Pietilä, V. 1976. *Sisällön erittely*. 2. painos. Helsinki: Gaudeamus.
- POPS 2004. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Opetushallitus. Helsinki: Painatuskeskus.
- Puolimatka, T. 2002. *Opetuksen teoria: konstruktivismista realismiin*. Helsinki: Tammi.
- Rennie, L., Feher, E., Dierking, L. ja Falk, J. 2003. Toward an Agenda for Advancing Research on Science Learning in Out-of-School Settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (2), 112–120
- Rogers, E. 1983. *Diffusion of innovations*. 3rd ed. New York: Free Press.
- Rossi, M. 1991. Mitä oppilaani tietävät aiheesta ennen opetustilannetta – Konstruktivismi luonnontieteissä. *Dimensio* 8, 18–21.
- Sahlberg, P. 1987. Esijärjestimet luonnontieteiden opetuksessa. *Dimensio* 7, 20–23.

- Sahlberg, P. 1988. Roolileikki luonnontieteiden opetuksessa. *Dimensio* 9, 46–48.
- Sahlberg, P. (toim.) 1990. Luonnontieteiden opetuksen työtapoja. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Sahlberg, P. 1991. Luonnontieteiden opetuksen työtapojen kehittäminen ja käyttöönotto. Julkaisussa *Matemaattisten aineiden opetuksen ja oppimisen tutkiminen ja kehittämistyö: Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimuksen päivillä Oulussa 28.–29.1990* pidetyt esitelmät ja alustukset. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita 38/1991.
- Sahlberg, P. 1996. Kuka auttaisi opettajaa. Post-moderni näkökulma opetuksen muutokseen yhden kehittämisprojektin valossa. *Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research*, 119.
- Salmi, H. 1992. Science Centre Education: Motivation and Learning in Informal Education. Licentiate thesis. University of Helsinki. Faculty of Education. Department of Teacher Education.
- Salmi, H. 1994. Tiedekeskus oppimisen laboratoriona – kun suunnitelmallisuus ja serendipiteetti kohtaavat. *Kasvatus* 1, 113–116.
- Sanomalehtien liitto 2008. <http://www.sanomalehdet.fi/index.php?kieli=>. Luettu 8.2.2008.
- Schrödinger, E. 1951. *Science and humanism: Physics in our time*. Cambridge Cambridge : University Press.
- Sjøberg, S. 2008. Scientific literacy and school science – Arguments and second thoughts. Paper presented at the Seminar on Science, Technology and Citizenship Leangkollen, Oslo Nov 1996. <http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>. Luettu 7.2.2008.
- Solbes, J. & Vilches, A. 1997. STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science Education* 81 (4), 377–386.

- Solomon, J. 2003. Home-School Learning of Science: The Culture of Homes, and Pupil's Difficult Border Crossing. *Journal of Research in Science Teaching* 40 (2), 219–233.
- Stocklmayer, S. & Gilbert, J. K. 2002. Informal Chemical Education. In Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. & Van Driel, J. H. (eds.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 143–164.
- Suomen Lehdistö 2008. <http://www.sanomalehdet.fi/suomenlehdisto/0103/index.html>.
Luettu 8.2.2008.
- Syrjälä, L., Ahonen, S., Syrjäläinen, E. & Saari, S. 1994. *Laadullisen tutkimuksen työtapoja*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Syrjäläinen, N. & Turunen, S. 2007. *Käsittekartat oppimisen välineenä: Tutkimus peruskoulun oppilaiden ja opettajien kokemuksista sekä asenteista. Proseminaaritutkielma*. Helsingin yliopisto. Soveltavan kasvatustieteen laitos.
- Tal, R. T., Dori, Y. J. & Keiny, S. 2001. Assessing conceptual change of techers involved in STES education and curriculum devleopment – the STEMS project approach. *International Journal of Science Education* 23 (3), 247– 262.
- Tobin, K., Tippins, D. & Gallard, A. 1994. *Research on Instructional Strategies for Teaching Science*. In Gabel, D. (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan.
- Toby, S. 1997. Chemistry in the Public Domain: A Plethora of Misinformatio – or, Don't Believe Everything You Read in the Newspapers! *Journal of Chemical Education* 74 (11), 1286–1287.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2002. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Tammi.
- Tuomisto, J. 1991. Elinikäisen kasvatuksen kehittäminen – lähtökohtia ja ongelmia. *Aikuiskasvatus* No 3, 142–148.

- Tuomisto, J. 1994. Elinikäisen oppimisen muodot – teoreettiset lähtökohdat ja käytäntö. Teoksessa Teoksessa Kajanto, A. & Tuomisto, J (toim.) Elinikäinen oppiminen. Helsinki: Kansanvalistusseura ja Aikuiskasvatuksen tutkimusseura, 13–45.
- Tuomisto, J. 1998. Arkipäiväoppiminen aikuiskasvatuksen ja elinikäisen oppimisen kontekstissa. Teoksessa Teoksessa Sallila, P. & Vaherva, P. (toim.) Arkipäivän oppiminen. Aikuiskasvatuksen 39. vuosikirja. Helsinki: Kansanvalistusseura ja Aikuiskasvatuksen tutkimusseura, 30–58.
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J. & Meisalo, V. 2006. Students' interest in biology and their out-of-school experiences. *Journal of Biological Education* 40 (3), 124–129.
- Vatanen, P-L. 1990. Oppilaalla on oikeus oppikirjojensa ymmärtämiseen – vai onko?. Artikkelikokoelmassa Linnakylä, P. & Takala, S. (toim.) Lukutaidon uudet ulottuvuudet. Kasvatustieteiden tutkimuslaitoksen julkaisusarja B. Teoriaa ja käytäntöä 61. Jyväskylän yliopisto, 107–116.
- Viiri, J., & Saari, H. 1999. STS-pikakurssi. *Dimensio* 5, 18–19.
- Voutilainen, E. 1987a. Rentoutusta stressin vähentämiseksi. *Dimensio* 7, 14–15.
- Voutilainen, E. 1987b. Suggestopedia ja matemaattiset aineet. *Dimensio* 51, 27.
- Wilson, B. (ed.) 1996. *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*. Englewood Cliffs (N. J.) : Educational Technology Publications.

LIITTEET

LIITE 1: Kyselylomakkeen saatekirje

Helsingissä 13.09.2007

Arvoisa opettaja,

te olette yksi tutkimukseen valituista Kemia-Kemi-lehteä lukevista kemian opettajista. Osallistumalla tutkimukseen, annatte arvokasta tietoa siitä, kuinka kemian opetusta voitaisiin tulevaisuudessa kehittää. Tutkimustulokset ovat luottamuksellisia, eikä tuloksista voida päätellä kenenkään vastaajan yksittäisiä tietoja.

Tutkimus on yhteistyöhanke Helsingin yliopiston kemian laitoksen ja Kemia-Kemi-lehden kanssa. Tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa kemian opettajien kokemuksia lehtien käytöstä opetuksessa sekä kehittää niiden pohjalta informaaliseen oppimiseen soveltuvia työtapoja. Tutkimuksen ohjaajina toimivat professori Markku Räsänen ja yliopistonlehtori Maija Aksela. Tutkimuksen tulokset julkaistaan muun muassa Kemia-Kemi-lehdessä.

Tämän kirjeen mukana on kyselylomake, joka toivotaan palautettavan ohessa olevassa palautuskuoressa viimeistään 26.10.2007. Osa kysymyksistä liittyy Kemia-Kemi-lehden numeroon 02/07. Tarvittaessa lehdestä voi pyytää näytenumeron Kemia-Kemi-lehden toimituksesta: toimitus@kemia-lehti.fi tai Irja Hagelberg, puh. 0400 578 901.

Vastaajien kesken arvotaan kolme huivia tai solmiota voittajan toivomuksen (väri, malli) perusteella. Lisäksi arvotaan kolme joko Kemia-Kemi-lehden tai Uusiouutiset-lehden vuosikertaa 2008 voittajan toivomuksen perusteella. Uusiouutiset on jätteiden hyötykäytön ja kierrätyksen erikoislehti, joka tarjoaa luettavaa niin ammattilaisille kuin kuluttajillekin.

Vaivannäöstä ja yhteistyöstä etukäteen kiittäen,

Noora Syrjäläinen
Kemian opetuksen keskus
Kemian laitos
PL 55
00014 Helsingin yliopisto
noora.syrjalainen@helsinki.fi

LIITE 2: Kysely kemian informaalisesta oppimisesta opettajille

Ohje: Valitse kunkin kysymyksen kohdalla sopivin vaihtoehto. Voit tarvittaessa tarkentaa vastaustasi lomakkeen loppuun.

A Vastaajan taustatiedot

1. Sukupuoli

- a) mies
- b) nainen

2. Kuinka kauan olet opettanut kemiaa?

_____ vuotta

3. Millä asteella olet pääsääntöisesti opettanut kemiaa?

- a) peruskoulussa
- b) lukiossa
- c) ammatillisessa koulussa
- d) korkeakoulussa
- e) muualla,
missä: _____

4. Lukuvuonna 2007–2008 kaikista tunneistani

- a) kemian osuus on suurin
- b) kemian osuus on toiseksi suurin
- c) kemian osuus on kolmanneksi suurin
- d) kemian osuus on neljänneksi suurin
- e) en opeta lainkaan kemiaa
- f) muu vaihtoehto,
mikä: _____

5. Kuinka kauan olet tilannut Kemia-Kemi-lehteä itsellesi? / Kuinka kauan työpaikallasi on tilattu Kemia-Kemi-lehteä?

_____ vuotta

6. Jos et ole tilaaja / Jos työpaikallasi ei tilata Kemia-Kemi-lehteä, mitä kautta saat Kemia-Kemi-lehden luettavaksesi?

7. Kuinka usein luet Kemia-Kemi-lehteä?

- a) säännöllisesti joka numeron ilmestyttyä (8 painettua numeroa ja sähköinen uutiskirje / vuosi)
- b) 5–8 kertaa vuodessa
- c) 3–4 kertaa vuodessa
- d) 1–2 kertaa vuodessa
- e) harvemmin
- f) en osaa sanoa

8. Miten tarkasti luet tavallisesti kunkin numeron?

- a) Luen lähes jokaisen jutun.
 - b) Luen lehdestä suurimman osan.
 - c) Luen lehdestä minua eniten kiinnostavimmat jutut.
 - d) Silmäilen vain otsikoita.
 - e) muu
- vaihtoehto: _____

B Informaalinen kemian oppiminen

Informaalinen oppiminen tarkoittaa ”epävirallista oppimista”, jota tapahtuu jatkuvasti, sekä tietoisesti että tiedostamatta kaikissa elämän tilanteissa. Informaalista oppimista kutsutaan joskus arkioppimiseksi, ja sitä tapahtuu esimerkiksi televisiota katsomalla, opintokäyntien aikana tai lehtiä lukemalla.

9. Onko informaalinen oppiminen / informaalinen kasvatus sinulle tuttu käsite?

- a) on
- b) ei
- c) en osaa sanoa

10. Kuinka usein olet ohjannut opiskelijoitasi hyödyntämään seuraavia informaalisia oppimisympäristöjä? Valitse yksi ruutu jokaisessa kohdassa. Voit myös lisätä omia kommenttejasi.

työtapa	säännöllisesti	satunnaisesti	harvoin	en koskaan	en tunne	en osaa sanoa
a) opintovierailujen avulla						
b) elokuvien / dokumenttien avulla						
c) lehtien avulla						
d) kirjallisuuden (ei oppikirjat) avulla						
e) internetin avulla						
f) muuten, miten:						

11. Miten usein käytät yhteensä erilaisia informaalisia oppimisen malleja opetuksessasi?

- a) säännöllisesti
- b) satunnaisesti (muutamia kertoja kurssin aikana)
- c) harvoin
- d) en koskaan
- e) en osaa sanoa

12. Kuinka usein käytät opetuksessasi seuraavia työtapoja? Valitse yksi ruutu jokaisessa kohdassa. Voit myös lisätä omia kommenttejasi.

työtap	säännöllis esti	satunnaise sti	harvoin	en koskaan	en tunne	en osaa sanoa
a) kyselyyn harjaannuttamista						
b) esitysten avulla oppimista						
c) tiedon jäsentämisen menetelmiä						
d) induktiivista ajattelua kehittäviä menetelmiä						
e) käsitteen omaksumismenetelm iä						
f) oppimissykliä						
g) ennakkojäsentäjiä / esijärjestimiä						
h) miellekarttaa ja / tai käsitekarttaa						
i) muistamismalleja						
j) simulaatioita						
k) projektityöskentelyä						
l) luovan ongelman- ratkaisun menetelmiä						
m) roolileikkejä						
n) väittelyä						
o) ryhmätöitä						
p) rentoutusta						
q) suggestopediaa						
r) prosessi- kirjoittamista						
s) opintovierailuja						
t) yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmiä						
u) kokeellista työskentelyä						
v) muuta, mitä:						

C Kemia-Kemi-lehden käyttö opetuksessa

13. Miten tärkeänä pidät lehtien käyttöä kemian opetuksessa?

- a) erittäin tärkeää
- b) melko tärkeää
- c) neutraali suhtautuminen
- d) ei kovin tärkeää
- e) ei lainkaan tärkeää
- f) en osaa sanoa

14. Vastaa joko a)- tai b)- vaihtoehtoon.

a) Miksi pidät lehtien käyttöä opetuksessa tärkeänä?

b) Miksi et pidä lehtien käyttöä opetuksessa tärkeänä?

15. Oletko käyttänyt Kemia-Kemi-lehteä opetuksessasi?

- a) säännöllisesti
- b) satunnaisesti (muutamia kertoja kurssin aikana)
- c) harvoin
- d) en koskaan (Jos valitset lisäksi kysymyksessä 16 vaihtoehdon a) en ole, voit siirtyä suoraan kysymykseen 19.)
- e) en osaa sanoa

16. Oletko käyttänyt muita lehtiä kuin Kemia-Kemi-lehteä opetuksessasi?

- a) en ole (Voit siirtyä suoraan joko kysymykseen 18 tai kysymykseen 19.)
- b) olen käyttänyt seuraavia lehtiä:

c) en osaa sanoa

17. Miten usein olet käyttänyt muita lehtiä kuin Kemia-Kemi-lehteä opetuksessasi?

- a) säännöllisesti
- b) satunnaisesti (muutamia kertoja kurssin aikana)
- c) harvoin
- d) en osaa sanoa

18. Kuinka usein olet käyttänyt lehtiä opetuksessasi seuraavasti? Valitse yksi ruutu jokaisessa kohdassa. Voit myös lisätä omia kommenttejasi.

työtapa	säännöllisesti	satunnaisesti	harvoin	en koskaan	en tunne	en osaa sanoa
a) motivointikeinona / johdatuksena						
b) projektityössä						
c) tiettyyn aihepiiriin on syventyessä						
d) lehtijutun perusteella on järjestetty keskustelu						
e) lehtijutun perusteella on järjestetty väittely						
f) muuten, miten:						

19. Millaisia ideoita sinulle tulee mieleen Kemia-Kemi-lehden käytöstä kemian opetuksessa?

20. Ota tarkastelun kohteeksi Kemia-Kemi-lehden numero 02/07. Miten voisit hyödyntää kyseistä lehteä opetuksessasi?

21. Tarkastele juttua sivulla 10: *Ympäristömuutoksen professori ei halua lietsoa paniikkia: "Vielä voidaan tehdä paljon"*. Miten voisit käyttää kyseistä juttua opetuksessasi?

22. Millaisia juttuideoita tai toivomuksia sinulla olisi Kemia-Kemi-lehden tekijöille? Miten lehti voisi palvella entistä paremmin kemian opetusta?

23. Jos haluat osallistua arvontaan, anna yhteystietosi tässä. Yhteystietoja ei tulla arvonnasta lisäksi käyttämään mihinkään muihin tarkoituksiin.

KIITOS OSALLISTUMISESTASI TUTKIMUKSEEN!

LIITE 3: Sisällönanalyysin runko

Taulukoissa on esitelty sisällönanalyysin sisältöluokat määrittelyineen sekä alkiot, joista sisältöluokat muodostuvat.

Taulukko 1. Syyt lehtien käytön tärkeydelle kemian opetuksessa.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Motivointikeino (2 mainintaa) Lehtien avulla voi motivoida opiskelijoita.	- <i>motivointi</i> - <i>motivaatiotekijänä tulevaisuuden mestareille</i>
Ajankohtaisen tiedon lähde (23 mainintaa) Lehdistä saa uutta ja ajankohtaista tietoa liittyen kemian tutkimukseen, sovelluksiin ja kemiallisiin ilmiöihin.	- <i>uusin tieto</i> - <i>uudet keksinnöt ja innovaatiot</i> - <i>uutta tietoa esim. biotekniikasta, analytiikasta, kemian teollisuudesta</i> - <i>uusinta tietoa lehtien kautta</i> - <i>uutuudet esille</i> - <i>uusimmat virtaukset</i> - <i>ajankohtaista asiaa</i> - <i>ajankohtaista tietoa</i> - <i>niistä saa ajankohtaista tietoa kemian opetukseen</i> - <i>tuoretta tietoa</i> - <i>saa tietoa uusimmasta tutkimuksesta</i> - <i>lehdet ovat "tuoretta tietoa", uusinkin oppikirja on 2–4 vuotta vanha, ajankohtaisuus</i> - <i>kemian asioiden ajan tasalla seuraamisen tähden</i> - <i>uutta tutkittua tietoa</i> - <i>ajankohtaisuus, uudet innovaatiot</i> - <i>ajankohtaiset asiat, tuoreus</i> - <i>ajankohtaisia asioita</i> - <i>saa ajankohtaista</i> - <i>uutisia</i> - <i>lisää opetuksen ajankohtaisuutta, uudet keksinnöt tietoon</i> - <i>niissä on ajankohtaisia aiheita</i> - <i>saadaan ajankohtaista tietoa, uusista tutkimuskohteista ja -tavoista tietoa</i> - <i>ajankohtaiset asiat</i>

Taulukko 1 jatkuu.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Kytkeytyminen arkielämään (6 mainintaa) Lehdet ja niissä käsitellyt aihealueet liittyvät jokapäiväiseen elämään.	- <i>siten näkee, miten kemia kytkeytyy oikeaan elämään ja ympäristöön</i> - <i>tuovat sopivasti arkielämän tilanteita kemian tunneille</i> - <i>lehdet ovat osa arkea... kemia liittyy kiinteästi elämäämme</i> - <i>auttavat ymmärtämään jokapäiväisiä ilmiöitä, huomataan kemian liittyvän lähes kaikkeen, opettavien aiheiden tulee liittyä elämään, niiden ei tule alkaa elää omaa elämäänsä irrallaan todellisuudesta</i> - <i>arkielämän aiheita</i> - <i>sitovat opetusta arkipäivään, oppilas saa paremman käsityksen kemian sovelluksista</i>
Vaihtelevat työtavat (2 mainintaa) Lehtien avulla voi tuoda vaihtelua kemian tuntien työtapoihin sekä eriyttää opetusta.	- <i>vaihtelun tuominen oppitunteihin</i> - <i>Itse ei voi omaksua kaikkea mikä oppilasta kiinnostaa, eriyttäminen</i>
Tiedon hankkiminen ja tuottaminen sekä tiedon luotettavuuden arviointi (4 mainintaa) Lehtien avulla on mahdollista kehittää kriittistä ajattelua ja tiedon jäsentämisen taitoja.	- <i>voi oppia kriittistä tieteen lukutaitoa</i> - <i>oppilaat harjaantuvat lukemaan asiatekstiä muualtakin kuin oppikirjasta</i> - <i>kriittinen ajattelu</i> - <i>Tiedon jäsentäminen ja etsiminen ovat yleissivistävän koulutuksen tärkeimmät opetettavat asiat.</i>
Lisätiedon lähde (6 mainintaa) Lehdistä saa sellaista erityistä tietoa, jota ei ole oppikirjoissa.	- <i>tietoa onnettomuuksista ja turvallisuusasioista</i> - <i>lisätietoja</i> - <i>lisätietoa</i> - <i>yleisesti kiinnostavaa tietoa</i> - <i>asiatiedon syventyminen</i> - <i>voi hyödyntää sellaista tietoa, mitä ei ole oppikirjoissa</i>
Tieteellinen julkaisu tutuksi (1 maininta) Lehtien avulla opiskelijoita voi tutustuttaa kemian alan tieteellisiin julkaisuihin.	- <i>tutustutaan tieteelliseen julkaisuun</i>

Taulukko 2. Syyt sille, miksi lehtien käyttö ei ole tärkeää kemian opetuksessa.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Lehtien epäsopevuus (3 mainintaa) Tarjolla olevat lehdet eivät sovellu opetukseen.	- <i>alkeisopetukseen ei ole sopivaa lehteä, korkeakoulutasolla kyllä välttämättömiä, mutta ei Kemia-lehti</i> - <i>lehdistä saa juttuja, mutta vain suppealta alueelta, usein yläkoululaisille liian vaikeita käsitteitä sisältäviä</i> - <i>pitäisi löytää oikeat lehdet</i>
Aikapula (5 mainintaa) Lehtien käytölle kemian opetuksessa ei ole tarpeeksi aikaa.	- <i>yleensä ei ehdi</i> - <i>aika ei riitä</i> - <i>yksinkertaisesti aikapula</i> - <i>ei ehdi ajatella, miten sitä käyttäisin</i> - <i>ongelma on koulun nopea kurssirytmitys, ei ehdi eikä voi tehdä pitkäjänteisiä juttuja</i>
Muu materiaali lehtiä keskeisempää (3 mainintaa) Lehtiä ei pidetä keskeisenä materiaalina muuhun opetusmateriaaliin verrattuna.	- <i>on niin paljon muutakin materiaalia</i> - <i>itse käytän internetiä ja ohjaan siihen myös opiskelijoita</i> - <i>täydennän kyllä omaa tietämystäni lehtien avulla, mutta opiskelijoille en juuri tarjoa tunnilla mahdollisuutta</i>

Taulukko 3. Ideoita Kemia-Kemi-lehden käytölle kemian opetuksessa.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Ajankohtaisen tiedon lähde (11 mainintaa) Lehdistä saa uutta ja ajankohtaista tietoa liittyen kemian tutkimukseen, sovelluksiin ja kemiallisiin ilmiöihin.	- "tietoiskut" - voi kertoa uusinta tietoa oppilaille - siellä voisi olla jokin ajankohtainen asia (onnettomuus, keksintö), selostusta, jolloin saisi tietoa luotettavasti, kemialliset kaavat, aineiden fysiologiset vaikutukset ym. - jokasyksyiset Nobel-palkinnot, ajankohtaiset artikkelit, firmojen esittely, laitemainokset - lehdessä on aina mielenkiintoisia artikkeleita, ne ovat ymmärrettäviä ja niissä on asiaa - erikoisien keksintöjen esittely - uusien innovaatioiden esittely - lukion eka kurssissa olen teettänyt lehtityön ajankohtaisista aiheista - kuvaamaan ammatteja, jotka liittyvät kemiaan, kemistin työtä, käytännön kemiaa - perehtyminen, mitä kemian tutkimusta on - uutisia kemian tutkimuksista - ainut suomenkielinen alan julkaisu
Tiedon hankkiminen ja tuottaminen sekä tiedon luotettavuuden arviointi (11 mainintaa) Lehtien avulla on mahdollista kehittää kriittistä ajattelua ja tiedon jäsentämisen taitoja.	- oppilaat referoivat jonkun artikkelin - lehtijuttuja pitää analysoida ja kommentoida - syventyminen uuteen tietoon, josta opiskelija voi tehdä esitelmän etsien siihen täydennystä muualta - tiedon hakeminen tieteellisestä tekstistä - lisätiedon hankinta - lähdemateriaalina kirjallisuustutkielmissa - lähdemateriaalina - tutkielman teko, projektityöt - hyvää manskua projektityöskentelyyn - ryhmätyön materiaalina - lehti toimii hyvänä lisämateriaalina erilaisissa ajankohtaisissa aiheissa (ryhmätyöt, projektit)
Motivointikeino (3 mainintaa) Lehteä voi käyttää motivointikeinona tiettyyn aihepiiriin.	- tunnin alkuun - mielenkiinnon herättäjänä - artikkelin käyttö motivaatiokeinona tai johdatuksena

Taulukko 3 jatkuu.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Kemian oppiminen eri asiayhteyksissä (7 mainintaa) Lehdessä on artikkeleita ja kuvia, jotka liittävät kemian erilaisiin ajankohtaisiin, arkipäiväisiin tai mielenkiintoisiin asiayhteyksiin.	- arkipäivään liittyviä kemian asioita, kemian tietojen hyödyntämistä kotona - historian ja kemian integrointi - ympäristöön liittyviä asioita - oppilaille kerrotaan miten tai mihin käsiteltäviä asioita "oikeasti" käytetään - kansantajuisia, koulun aihepiireihin syventyviä juttuja - Poikkitieteellisyys tulee esiin, lehteä on hyvä käyttää esim. biologian tunnilla. Lehdessä on hyviä vinkkejä myös terveystiedon tunnille sekä ympäristöasioiden käsittelyyn. - mielenkiintoisimpia (kansantajuisia) juttuja esitelty tunnilla
Muut työtavat (3 mainintaa) Opettajien muihin sisältöluokkiin sopimattomia työtapapeitoita Kemia-Kemi-lehden käytölle.	- artikkeleita voisi käyttää kurssikokeiden soveltavissa aineistotehtävissä - Ksenonit-palsta sopii hyvin lukiolaisille ongelmanratkaisun harjoitteluun. - kokoon pikku-uutisista lehtikatsauksen kurssin
Tuki kokeellisuuteen (3 mainintaa) Lehden sisältöä voi käyttää apuna kokeellisuuden suunnittelussa.	- demonstraation suunnittelun apuna - joskus lehdestä saa kimmokkeen jonkin kokeellisen tehtävän suunnitteluun - joskus olen nähnyt aivan uusia oppilastöitä tai demoja, joita voisi käyttää
Keskustelun pohja (2 mainintaa) Lehden artikkeleita voi käyttää keskustelujen pohjatietona.	- keskustellen ja ajatusten pohjatiedoiksi - olen monistanut artikkeleita oppilaille ja asiasta on keskusteltu
Lisälukemisto (3 mainintaa) Lehteä voi kemian tunnilla käyttää lisälukemistona ja eriyttävänä keinona.	- oppilaille vapaasti lehtitelineestä luettavaksi - lisälukemistona ripeästi työskenteleville - kokeilen vapaata lehtien ja tietokirjojen lukuvarttia
Oheismateriaali (3 mainintaa) Lehteä voi käyttää monin tavoin oheismateriaalina opetuksessa.	- olisi hyvä opetuksen tukena - leikellään vaihtuvia pikku-uutisia luokan eteen - oheismateriaalina normaaliopetuksessa luokkatilanteessa

Taulukko 4. Syitä, miksi opettajat eivät käytä Kemia-Kemi-lehteä opetuksessaan.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Kemia-Kemi-lehti epäsopiva opetukseen (6 mainintaa) Kemia-Kemi-lehteä ei pidetä soveltuvana lehtenä kemian opetukseen.	- lehden taso kelvoton, lehti ei suunnattu millekään ryhmälle, kaiken huippuna kirjoittajilta puuttuu kemian koulutus - Kemia-lehden sivu on peruskoululaisille raskas luettavaksi. Teksti on pientä ja palstat jotenkin niin kapeat. Artikkelit usein puuduttavan pitkiä. - Suuri osa artikkeleista liian teoreettisia yläasteen oppilaille. - artikkelit joko liian suppeita tai liian yksityiskohtiin meneviä - ko. lehti on niin korkeatajuinen, ettei se palvele perusopetusta kyllin - Peruskoulussa käsitellään vielä niin perusasioita, että lehden artikkelit ovat usein sellaisenaan vaikeita ymmärtää.

Taulukko 5. Kemian opettajien opetusideoita Kemia-Kemi-lehden numerosta 02/07.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Ympäristö (11 mainintaa) Numerossa 02/07 on artikkeleita, joita voi käyttää ympäristöaiheisen opetuksessa.	- ympäristöajattelun kehittämisen apuna - ympäristökemiaan liittyvät artikkelit - ympäristön tila: s. 5–13, 26, 28, 30 - kasvihuonekaasu- ja ilmastomuutosjutut - ilmastokemiasta keskusteltaessa - uutuuksien kierrätys (s.30) - biohajoavat materiaalit,, esittely - ilmastomuutoksesta - s. 10 artikkeli energian ja hiilidioksidin käsittelyn yhteydessä tai alustuksena ryhmätyölle - s. 72 kuvaa voisi käyttää johdatuksena muistakin kuin ilmastosta puhuttaessa - piirros s. 72 puhuttelee.
Kemian liittäminen historian kontekstiin (5 mainintaa) Historiaa ja kemiaa integroivien artikkelien hyödyntäminen opetuksessa.	- historian tuntemus: s.36–38, 44–46, 48–50 - Ludvig XIV juttu ja Porvoon kirkon palo sopisi jo peruskouluun, voitais tehdä esim, postereita kun kirkko palaa - historian ja kemian integroiminen - s.44 kun kirkko palaa on peruskoululaisenkin ymmärtämää tekstiä palamisen opettamiseen.
Uusi teknologia (6 mainintaa) Numerossa 02/07 on artikkeleita, joiden avulla voi käsitellä uutta teknologiaa opetuksessa.	- uusi teknologia ja uudet ulottuvuudet s.16–19, 32,52 - tekniikan ja tieteen saavutuksista - funktionaaliset vaatteet - useita artikkeleita, kuten s. 32 artikkeli funktionaalisista vaatteista, voisi käyttää etenkin lukion opetuksessa - kertoa opiskelijoille funktionaalisista vaatteista ym. - Artikkelista s. 32 saa hyvin selville myös itse prosessista. Luimme artikkelin lehdestä ja sen jälkeen järjestämme vierailukäynnin yritykseen, jossa kerrotaan myös funktionaalisten vaatteiden valmistuksesta ja muistakin prosesseista. Lehtiartikkelin oli niin kiinnostava, että innostuimme vierailukäynnistä
Laitteistoon tutustuminen (3 mainintaa) Numerossa 02/07 esitellään laitteistoa, johon voi tutustua opiskelijoiden kanssa.	- välineisiin tutustuminen - uusia tuotteita, s. 68–69 hyvät, digikameralla saa tsuumattua kuvan ja tekstin näkyviin. - uusien tuotteiden esittely, vertailu omassa laboratoriossa oleviin

Taulukko 5 jatkuu.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Laskennallinen kemia (2 mainintaa) Artikkelin (s. 52) avulla kerrotaan laskennallisesta kemiasta.	- <i>molekyyli mallinnuksen artikkeli s. 52 + internetsivut</i> - <i>laskennallinen kemia: Spartan-ohjelman käyttö</i>
Motivointi (4 mainintaa) Lehden artikkeleita käytetään motivointikeinona.	- <i>motivointikertomus aurinkokuninkaasta (KE)</i> - <i>myös motivointi</i> - <i>aurinkokuninkaan ajan puoskarit (tiivistetty kertomus tunnin aluksi)</i> - <i>motivointia</i>
Alkuaineet ja metallit (3 mainintaa) Opettajat ideoivat käyttävänsä sivun 48 juttua hopeasta joko materiaalina metallien tai alkuaineiden opetuksessa.	- <i>s. 48 hopea mainio lisä metallien opetuksen yhteydessä</i> - <i>hopeajutut, artikkeli luetaan, sen pohjalta keskustellaan, voidaan myös kirjoittaa lyhennelmä</i> - <i>s. 48 artikkeli voisi sopia alkuaine-ryhmätyön materiaaliksi</i>
Energia (2 mainintaa) Artikkelien liittäminen energia-teeman opetukseen.	- <i>energian yhteydessä mm. polttokennovoimalat</i> - <i>s. 10 artikkeli energian ja hiilidioksidin käsittelyn yhteydessä tai alustuksena ryhmätyölle</i>
Kouluttautuminen (1 maininta) Kemian alan kouluttautumisvaihtoehtojen esittelyä opiskelijoille.	- <i>kouluttautumisvaihtoehtoja: s.34–35, 40</i>
Muovit (2 mainintaa) Artikkelin (s. 30) liittäminen muovi-teeman opetukseen.	- <i>muovit makromolekyylikemian kurssin yhteydessä</i> - <i>s. 30 lisämateriaaleja muoveja käsiteltäessä</i>
Ksenonit-palsta (1 maininta) Ksenonit-palstan käyttäminen opetuksessa.	- <i>ksenoneista tykkään</i>

Taulukko 5 jatkuu.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Erilaiset työtavat (6 mainintaa) Opettajien työtapaideoita liittyen lehden numeroon 02/07.	- teematyöskentelyn materiaaliksi opiskelijoille (aiheena esim. lääkkeet, uudet materiaalit),), laskennallinen kemia: spartan-ohjelman käyttö - demovinkki, keskustelua ajankohtaisista asioista ja uusimmista keksinnöistä - tutkielmissa - yksittäiseen uutiseen perehtyminen - tässä lehdessä on erittäin monta lukua, jotka voi antaa opiskelijoiden referoitavaksi - kuvien käyttö
Yleisiä kommentteja numerosta (4 mainintaa) Opettajien kommentit numerosta 02/07 ovat yleisluontoisia, eivätkä ne sisällä mitään eritellympiä (esim. tietty artikkeli) ideoita kemian opetukseen.	- melkein jokaisen artikkelin pystyisin linkittämään johonkin aihealueeseen opetuksessa - Siinä on monta juttua, jotka aion lukea kun ehdin. Olen niin opettajakeskeinen, että sopivassa kohdassa voisin puhua asioista, joita jutuissa on. - taustatietoja, mitä hyötyä kemiasta on... - on jo käytetty, asioista samaa mieltä
Numeroa 02/07 ei aiota käyttää opetuksessa (2 mainintaa) Opettajat eivät usko käyttävänsä numeroa 02/07 opetuksessaan.	- Lukiossa ei millään ehdi ottaa kokonaisia tunteja ympäristöasioihin – valitettavasti. Ennen vanhaan, 80-luvulla, oli aikaa. - En mitenkään, sitä paitsi: tarkoitus olla kemisteille suunnattu, ei jokin koululaislehti.

Taulukko 6. Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 ilmastonmuutosta käsittelevään artikkeliin liittyvät opetusideat.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
KE3-kurssin materiaalina (1 maininta) Artikkelia käytetään Lukion KE3-kurssin aikana.	- <i>kemia 3. kurssin materiaaliksi</i>
Oman esityksen tuottaminen (6 mainintaa) Artikkelia hyödynnetään erilaisissa töissä oheismateriaalina.	- <i>aihepiiri yli oppiainerajojen, teemapäivään sopiva</i> - <i>Meillä on ympäristöprojekti. Tässä sopivaa tietoa asiaan liittyen.</i> - <i>projektityön pohjaksi</i> - <i>Tässä olisi hyvä esitelmän pohja.</i> - <i>antaisin jonkun opiskelijan referoitavaksi ja sitten hän saisi sen esittää muille</i> - <i>tutkielma, työt</i>
Artikkeli esillä kemian tunnilla (1 maininta) Artikkeli otetaan oheismateriaaliksi kemian tunnille.	- <i>artikkelista löytyy paljon esim. uutisissa esiintyviä käsitteitä kuten päästötalkoot, joita oppilaille voisi selittää</i>
Pohdinta (6 mainintaa) Artikkeliin liitetään ongelmia pohdittavaksi ja ratkaistavaksi.	- <i>kaikille kurssilla oleville pistäisin siitä muutamia kysymyksiä pohdittavaksi</i> - <i>Oikein hyvä artikkeli, koska keskustelun teemana on: mitä voimme jokainen tehdä ympäristön hyväksi.</i> - <i>oppilaat voisivat esim. miettiä, mitä he itse voisivat tehdä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi, oppilaat voisivat miettiä ympäristöystävällisiä energiaratkaisuja</i> - <i>oppilaiden tulisi listata kirjoituksen avulla mitä hän voisi tehdä ilmastonmuutoksen vähentämiseksi.</i> - <i>Ilmastonmuutoksesta puhutaan paljon. Varsinkin kuluttajan näkökulmasta. Artikkelissa käsitellään aihetta myös tutkimuksen näkökulmasta, mitä voisin tutkijana tehdä asian eteen tai mitä tehdään jo asian eteen. Voidaan esim. listata asiat, jotka ovat tutkimuksen kohteina</i> - <i>vastausten haku annettuihin kysymyksiin</i>
Palaminen ja polttoaineet (1 maininta) Artikkelia käytetään käsiteltäessä palamista ja polttoaineita opetuksessa.	- <i>käsiteltäessä polttoaineita ja palamisen seurauksia</i>

Taulukko 6 jatkuu.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Opettajan tiedon lähde (1 maininta) Opettaja saa itse artikkelista taustatietoa opetukseensa.	- yksinkertaisesti ottaisin tietoa opettaessani ympäristökemiala.
Kriittinen lukutaito (1 maininta) Artikkelin avulla voi harjoitella kriittistä lukutaitoa.	- yleinen poliittinen totuus voi olla ristiriidassa tutkimustiedon kanssa, ole kriittinen
Keskustelun tai väittelyn pohjana (13 mainintaa) Artikkeli toimii keskustelun tai väittelyn pohjamateriaalina.	- keskustelun, väittelyn pohjana, oppilaiden esitysten materiaalina - keskustelun pohjaksi - asiasta voitaisiin keskustella tai väitellä tai kerätä vain faktoja vallitsevasta tilanteesta - artikkeli voisi edustaa yhtä näkökulmaa aihetta käsittelevään väittelyyn tai keskustelun pohjateksteissä - keskustelujen virittäjänä - keskustelun, aihepiirin käsittelyn, väittelyn pohjana - keskusteltaessa esim. ilmastonmuutoksesta ja ympäristöongelmista ja niiden ratkaisuista - Luokassa joku opiskelija, pitää alustuksen, johon artikkelista löytyy sopivaa tietoa. Sen jälkeen koko luokka keskustelee asiasta. - aloitteeksi keskusteluun energiamuodoista, päästöistä yms. - luettavaksi ensin ja sitten keskustelu asiasta - ykköskurssin lopussa, ehkä vähän liian vaikeeta, asiaa pitäisi ensin vähän avata, sen jälkeen väittely asiasta ja väittelyn perusteella keskustelu - Artikkelin voisi toimia keskustelun avaajana ja kestävä kehityksen periaatteita toteuttavan toiminnan ponnahduslautana. - Artikkelin voisi ottaa mukaan tunnille, jossa puhutaan kasvihuonekaasuista ja keskustella siitä.
Motivointi (4 mainintaa) Artikkelia käytetään motivointi- tai johdantokeinona tiettyihin aihepiireihin kemian opetuksessa.	- ihan peruskemian motivointiin - johdatteluksi - taustaksi tai aloitukseksi opeteltaessa ilmakehän kemiala - olisi hyvä lähtökohta ympäristökemian opetukseen

Taulukko 6 jatkuu.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Arvo- ja asennekasvatus (5 mainintaa) Artikkelin avulla voi toteuttaa arvo- ja asennekasvatusta liittyen ympäristöön.	- hyvin tärkeää osoittaa, että vielä on jotain tehtävissä: tekniikka jne. - En tiedä, itse ajattelen, että tuottavat pellot pitää pitää viljelyssä, lähiruoka kunniaan. Asian voi laajentaa hedelmien ja vihannesten tuontiin. - samalla korostaisin ilmastonmuutoksen tärkeyttä artikkelin avulla. - Artikkelissa on tietoa siitä, miten ilmastonmuutos näkyy jo elinympäristössämme. Ne pitäisi saada ihmisten tietoisuuteen konkreettisesti, siis siten, että tulevaisuus on meidän käsissämme, on toimittava, on kehitettävä, vaikka pienin askelin, vastuuta on otettava, jne... - erittäin hyvä teksti käytettäväksi myös asenteiden muokkaajana

Taulukko 7. Kemian opettajien ajatuksia ja toiveita Kemia-Kemi-lehteen liittyen.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Kohderyhmänä nuoret (14 mainintaa) Toiveet artikkeleista, jotka soveltuisivat entistä paremmin myös perus- ja lukio-opetuksen tasolle sekä artikkeleista, jotka esittelisivät kemian opiskelua ja tukisivat ammatinvalintaa.	- palsta tai juttuja, jotka tarkoitettu koululaisille / opiskelijoille - myös perusopetuksen tasolle sopivia juttuja olisi hyvä olla lehdessä enemmän - jutut jo tällä hetkellä aika helposti ymmärrettävällä tasolla, kuitenkin ehkä lisää helppolukuisia juttuja, joita 15-vuotiaat ymmärtävät - enemmän lyhyitä opetuksessa hyödynnettäviä juttuja kuten tuoksuista terrorismiin Kemia 3, s.32 - juttuja, joissa näkyisi paremmin lukiotasoinen peruskemia tai ainakin yhteydet lukiokemiaan oppilaille tuttuun ilmiöiden tai laitteiden kemialla - TKK:n suokanat pitävät kemian tunteja alakoululaisille - joskus voisi olla juttu opintokäynnistä, kemian opiskelusta tms. joka olisi lähempänä nuorta - ammatin ja kouluttautumisvaihtoehtojen esittelyä enemmän - miksi kemia kannattaa valita opiskeluaikaneeksi? - oppimiseen liittyvää problematiikkaa - esittelemällä esim. juttusarjana suomessa toimivista eri alojen laboratorioista ammatinvalintaa varten - s.62–63 koululaisjuttu on hieno, s. 34 Veli- Matti Vesterisen haastattelu erinomainen - koululaisvierailut
Uusi tutkimustieto (4 mainintaa) Toiveet uutta tutkimustietoa sisältävistä artikkeleista.	- Uutta tutkimustietoa sisältäviä artikkeleita, uutta tekniikka, uusia valmistusmenetelmiä. - kerrotaan uusista tutkimuksista ja saavutuksista - Lyhyitä tietoiskuja tutkimuksista vielä nykyistä enemmän. - haluan juuri esim. s. 10 juttuja ja tutkimuksista kerrottavan uutta tietoa
Ohjeet kokeellisuuteen (3 mainintaa) Toiveet kokeellisista ohjeista.	- uudet työohjeet ovat aina tervetulleita, varsinkin ne, joissa käytetään turvallisia ympäristöystävällisiä kemikaaleja - demoja - Toivoisin opettajan myöskin hyviksi koettuja työohjeita laboratorioon, myös demo-ohjeita.
Kemistin työ (4 mainintaa) Toiveet artikkeleista, jotka liittyisivät kemian alan työtehtäviin ja käytännön töihin.	- kemistin ammateista - esim. Suomen kemian yritysten esittelyä, kemian ammatteja - katsaus kemistin työtehtävistä - Mitä kemisti tekee? Kemistin kokemuksia käytännön töistä. Kemistien vinkkejä lukion kemian opetukseen.

Taulukko 7 jatkuu.

Sisältöluokka määrittelyineen	Alkiot
Ajankohtaisuus (4 mainintaa) Toiveet artikkeleista, jotka käsittelevät ajankohtaisia asioita.	- ympäristöasiat pinnalla, joten sen tapaiset palvelevat kai tarkoitusta - uusista tai ajankohtaisista asioista esim. elintarvikekemian alalta - Mahdollisimman nopeasti ajankohtaisiin asioihin liittyviä juttuja kemian näkökulmasta. esim. Lordin maskit oli kivan erilainen nuoria kiinnostava juttu. - ympäristöasiat
Arkipäivän kemia (4 mainintaa) Toiveet artikkeleista, jotka liittyvät arkipäivän kemiaan ja ovat kansantajuisia.	- Kansantajuisten juttujen osasto. missä arkipäivän askareissa kemia tulee esiin. - Kansantajuista teemaa aiheesta muovit ja metallit, nykyisellään en käytä, mutta jos voi tilata käsiteltäviä aiheita, niin voisi niitten puitteissa käyttää. - Arkipäivän kemiaa lisää! - vähemmän tieteellisiä juttuja voisi olla enemmänkin
Poikkitieteellisyys (4 mainintaa) Toiveet, että lehti säilyisi monipuolisena ja poikkitieteellisenä.	- Toivon, että lehti säilyy monipuolisena ja poikkitieteellisenä. - Vaikka nimessä on "kemia", niin toivoisin silti myös mikrobiologiaa, biotekniikkaa ja geenitekniikkaa käsitteleviä artikkeleita. - artikkelit kemian historiasta ja henkilöhistoriat ovat mielenkiintoisia - historian ja kemian liittyminen yhteen
Muu palaute (6 mainintaa) Opettajien toiveet ja palaute, jotka eivät sopineet muihin sisältöluokkiin.	- Koska lehti on alan lehti, ei tarvitse avustella kemiallisten kaavojen käyttöä. - Kaiken kaikkiaan voisin käyttää erilaisia oheismateriaaleja paljon enemmän, kunhan vain kurssisisällöt antaisivat myöten. - Mielestäni lehti on tarjonnut paljon luettavaa ja käyttökelpoisia juttuja. - Keemikko on hyvä piristys. - kemian päivän kongressin luentolyhennelmät - Onko tarkoitus olla opetuksen lehti? Jos sen taso olisi hyvä ja kirjoittajat päteviä huippukemistejä ja ote tieteellinen, tilanne kohenisi.

KAUHEA KASVIHUONEILMIÖ?

Pohdittavaksi

Tämän päivän uutiset tulvivat asiaa kasvihuoneilmiöstä ja siihen liittyvästä ilmastonmuutoksesta. Mitä kaikkea sinä jo tiedät asiasta? Laadi itsellesi vapaamuotoinen miellekartta kasvihuoneilmiöstä ja ilmastonmuutoksesta. Pohdi karttaa laatiessasi seuraavia kysymyksiä:

- a) Mitä ovat kasvihuonekaasut?
- b) Miten kasvihuonekaasut vaikuttavat maapallon ilmastoon?
- c) Mitä ilmastonmuutoksella tarkoitetaan?
- d) Mitä vaikutuksia ilmastonmuutoksella voi olla?

Kun olet saanut miellekartan valmiiksi, kirjoita itsellesi muistiin mieleesi heränneitä kysymyksiä ja epäselviä asioita. Tutustu sen jälkeen Taloudellisen Tiedotustoimiston verkkosivuihin *Ilman muutosta* ja yritä löytää sivuilta vastaukset sinua askarruttaviin kysymyksiin:

http://www.tat.fi/tat/fi/www/koulut/verkko_oppimateriaalit/ilman_muutosta/.

Etsi lisäksi internetistä ja lehdistä kirjoituksia, joissa ihmistä ei pidetä osallisena ilmastonmuutokseen. Pohdi myös löytämiesi lähteitten luotettavuutta. Tämän jälkeen kasvihuoneilmiöstä ja ilmastonmuutoksesta keskustellaan vielä yhdessä koko opetusryhmän kanssa.

Väittely: Ihminen on syypää ilmastonmuutokseen

Tarkoituksena on järjestää kemian tunnille kahden joukkueen väittely. Väittelyssä on väittelijöiden lisäksi puheenjohtaja, kaksi sihteerä, tuomaristo ja yleisö. Puheenjohtaja ja sihteerit ovat oppilaita. Tuomareiden tulee olla asiantuntevia, jotta väittelyn lopputulos on oikeudenmukainen. Yksi tuomareista on opettaja ja loput tuomarit ovat asiaan perehtyneitä oppilaita. Osa ryhmän opiskelijoista on yleisönä.

Minkä roolin sinä haluaisit väittelyssä? Roolien jakamisesta sovitaan yhdessä koko ryhmän kanssa. Alla on lueteltuna keskeiset tehtävät (Lavonen *et al.* 2007), jotka kuhunkin rooliin kuuluu. Kun väittelyn roolit on jaettu, sinun tehtävänäsi on valmistautua kotona väittelyyn lukemalla Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 sivut 6–13. Laadi parin kanssa miellekartta artikkelien keskeisimmistä käsitteistä. Opettele lisäksi, mitä kaikkea omaan rooliisi väittelyssä kuuluu.

Väittelijöiden tehtävät:

- Joukkueet valmistelevat ennakolta väittelyn avauspuheenvuorot.
- On tärkeää, että väittelijät pystyvät reagoimaan spontaanisti puheenvuoroihin.
- Ensimmäisiä puhujia seuraavat väittelijät ovat vaativassa asemassa, sillä heidän tulee ottaa huomioon omissa puheenvuoroissaan edellä kuullut väitteet ja torjunnat.

Puheenjohtajan tehtävät:

- Esitellä väittelyyn osallistujat, aihe ja väittelyn yleiset periaatteet,
- huolehtia siitä, että väittely sujuu sovittujen sääntöjen mukaisesti ja
- huomauttaa tarvittaessa väittelijöille siitä, että pysytään asiassa.

Sihteerien tehtävät:

- Sihteereistä toinen pitää pöytäkirjaa väittelijöiden puheenvuoroista ja mahdollisista puheenjohtajan kommentteista.
- Toinen sihteeri antaa äänimerkin, kun etukäteen sovittu puheaika on kulunut loppuun.

Tuomarien tehtävät:

- Tuomarit ovat väittelyn ja väittelyn kohteeksi valitun teeman asiantuntijoita.
- Heidän tehtävään on valita väittelytaidoiltaan paras joukkue.
- Tuomareiden on aina kyettävä perustelemaan väittelyn tuomio.
- Tuomaristo painottaa arvioissaan esitettyjen puheenvuorojen sisältöä ja sitä, miten asia on esitetty (onko esitystapa ollut kiinnostava, asiallinen, looginen, selkeä ja hauska).
- Väittelijöiden puheenvuorojen jälkeen tuomaristo vetäytyy miettimään ratkaisuaan.
- Tuomariston puheenjohtaja esittää arvion väittelyn kulusta ja joukkueiden väittelyn hyvät ja huonot puolet rakentavassa hengessä.

Tuomariston tehtävänä on pohtia muun muassa seuraavia kysymyksiä:

- *Miten väittelijä on rakentanut kokonaisuuden?*
- *Miten väittelijä on ymmärtänyt aiheen ja määritellyt keskeiset käsitteet?*
- *Kuinka monipuolisesti väittelijä on perustellut kantaansa?*
- *Ovatko perustelut olleet tosia vai keksittyjä?*
- *Ovatko esitetyt perustelut olleet olennaisia?*
- *Kuinka luova väittelijä on ollut?*
- *Miten väittelijä on ottanut huomioon toisten väittelijöiden perustelut?*
- *Miten väittelijä on suhtautunut yleisöön?*
- *Miten väittelijä on osannut käyttää hyväkseen eleitä, ilmeitä ja ääntään?*
- *Kuinka hyvin väittelijä on noudattanut väittelyn pelisääntöjä eli ollut keskeyttämättä muita, pysynyt aikataulussa jne.?*

Yleisön tehtävät:

- Väittelyä seuraamaan tullut yleisö voi myös osallistua väittelyyn tuomariston poistuttua miettimään ratkaisuaan. Puheenjohtaja avaa väittelyn yleisölle.
- Puheenvuoro pyydetään puheenjohtajalta ja oma mielipide esitetään seisaaltaan.
- Joukkueiden jäsenet kommentoivat heille osoitettuja puheenvuoroja

Ryhmätehtävä liikenteen päästöistä

Tarkastele Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 sivulla 72 olevaa kuvaa lentoliikenteestä ja siihen liittyvistä päästöistä. Pohdi ryhmässäsi seuraavaa kysymystä:

Mitä minä itse voin tehdä ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi?

Ilmaston kannalta lentäminen on useimmiten kaikkein saastuttavin tapa matkustaa. Yksi Helsingistä Ouluun lentävä matkustaja tuottaa noin sadan kilogramman hiilidioksidipäästöt. Junan aiheuttamat päästöt matkustajaa kohden jäävät kymmenesosaan lentokoneen vastaavista (Tekniikka ja talous 2008). Tehtävänäsi on laskea, miten paljon hiilidioksidia muodostuu, kun sama matka ajetaan autolla.

Auton bensiinin kulutus on 8,1 l/100 km. Kuinka paljon hiilidioksidia (kg) muodostuu ajettaessa Helsingistä Ouluun (600 km), kun oletetaan polttoaineen palavan täydellisesti? Bensiini katsotaan tässä tehtävässä oktaaniksi (C_8H_{18}), jonka tiheys on 0,71 kg/l.

Laskun jälkeen sinun tulee tarkastella lentoliikenteen päästöjä Kimmo Klemolan (Klemola 2008) tekemillä verkkosivuilla www.dontfly.org. Sivuilla on laskuri, johon voi asettaa esimerkiksi lentomatkan pituuden ja matkustajien lukumäärän sekä vertailla tuotettua hiilidioksidimäärää henkilöauton päästöihin. Sivuilla on selitetty myös lentolaskurin perusteet.

Verkkosivustoja aiheeseen liittyen:

Ilmastonmuutos.com. <http://www.ilmastonmuutos.com/>.

Ilmastositut. www.ilmasto.org. <http://www.iti.fi/ilmasto/index.htm>.

Ilmatieteen laitos. Ilmastonmuutos. http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_10.html.

Opetushallitus. Oppimateriaalit. Ympäristökemia. Hiilidioksidi ja kasvihuoneilmiö. <http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/co2.html>.

Ympäristöministeriö. Ilmastonmuutos. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=261852&lan=FI>.

WWF Suomi. Ilmastonmuutos. <http://www.wwf.fi/ymparisto/ilmastonmuutos/>

Oppimateriaalin lähteet:

Klemola, K. 2008. Dontfly.org. http://www2.lut.fi/~kklemola/dontfly/dontfly_fin.htm. Luettu 5.1.2008.

Lavonen, J. Meisalo, V., Aksela, M., Mikkola, K. Juuti, K., Heikinheimo, S. & Poutiainen, S. 2008. Työtapaopas. Helsingin yliopisto. Käyttäytymistieteellinen tiedekunta. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Malu. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/>. Luettu 13.1.2008.

Tekniikka & Talous 2008. Ilmastonmuutos. <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/ilmastonmuutos/article24633.ece>. Luettu 5.1.2008.

ALKEMIASTA MODERNIKSI TIETEEKSI

Ensin opit, mikä rooli alkemialla on luonnontieteiden historiassa ollut. Tutustuttuasi alkemian perusteisiin, saat luettavaksesi artikkelin hopean tuotannon historiasta. Kemian kehittyminen jo 4000 eKr. lähtien on kulkenut käsi kädessä metallien eristämistekniikoiden kanssa.

Pohdittavaksi

Pohdi parisi kanssa seuraavia kysymyksiä.

- *Mitä historia on?*
- *Miksi luonnontieteen historian tuntemus on tärkeää?*
- *Mitkä tekijät ovat hidastaneet luonnontieteiden kehitystä?*
- *Mitkä tekijät ovat edistäneet luonnontieteiden kehitystä?*

Alkemian aika

Alkemistit olivat historian ensimmäisiä laboratoriotyön tekijöitä. Heidän pyrkimyksenään oli valmistaa kultaa vähemmän jaloista metalleista tai saada aikaan ns. *viisasten kivi*, jonka avulla voitiin saavuttaa ikuinen elämä. Alkemian synty sijoittuu vuoden 100 tienoille, ja sitä harjoitettiin jopa 1700-luvulle asti. Tämän ajanjakson aikana alkemistit kehittivät monia laboratoriomenetelmiä, joista monia moderni kemia omaksui käyttöönsä. Vaikka kultaa tai viisasten kiveä ei koskaan opittu valmistamaan, alkemian merkitys on suuri juuri kokeellisten menetelmien kehityksessä.

Tutustu Terhi Ahosen verkkosivuihin *Löytöretki happamuuteen – kemian historiaa*: <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/loytoretki/index.html>. Käy sivuilta läpi 0–1000-luvut, 1100-luku ja 1200-luku. Tarkastele lisäksi aikajanasta, mitä Suomen ja Euroopan historiassa tapahtui 0–1200-lukujen aikana. Vastaa sitten parisi kanssa seuraaviin kysymyksiin, jotka käydään myöhemmin läpi koko opetusryhmän kanssa yhdessä.

- *Mitä kaikkea Aleksandriassa tapahtuneeseen khemeian harjoittamiseen liitettiin?*
- *Miten alkemistit eroavat nykyaikaisista kemisteistä?*
- *Mitä transmutaatiolla tarkoitettiin?*
- *Mistä uskot Rhaseksen aineiden luokittelun Henget- nimen syntyneen?*
- *Miten aqua vita eli, elämän vesi valmistettiin?*
- *Mikä on ilmeisesti ollut elämän veden teho lääkeaineena?*
- *Mikä merkitys alkemialle oli vahvojen happojen keksimisellä?*

Hopeahanat auki

Syvennyt hopean jalostuksen historiaan vastavuoroisen lukemisen menetelmällä. Lue artikkeli *Patiomenetelmä avasi Amerikan hopeahanat* ensin itsenäisesti. Laadi lukemastasi lyhyt yhteenvedo, jossa käyt läpi artikkelin keskeisimpiä ajatuksia. Selvitä itsellesi seuraavat artikkelissa esiintyvät käsitteet. Käytä apunasi myös muita lähteitä (ks. oheislukemistoluettelo).

- *arvometalli*
- *malmi*
- *metallurgia*
- *amalgamointi*
- *patiomenetelmä*
- *reagenssi*

Seuraavaksi kukin ryhmäsi jäsen selostaa laatimansa yhteenvedon muille ryhmän jäsenille. Selostusten jälkeen vertaillette yhteenvedojanne ja pyritte poimimaan jokaisesta yhteenvedosta olennaiset asiat. Tämän jälkeen käsitteistä keskustellaan koko opetusryhmän kanssa yhteisesti.

Vapaamuotoinen esitys

Keskusteltuanne tekstin pääkohdista, laatikaa tekstin pohjalta pieni esitys, jonka esitätte seuraavalla oppitunnilla koko opetusryhmälle. Esitys on täysin vapaamuotoinen, joten voitte toteuttaa sen haluamallanne tavalla (näytelmä, juliste, jne.)

Keskustelu, palaute ja arviointi

Lopuksi käydään läpi yhdessä kaikkien ryhmien tuotokset. Kukin ryhmä antaa palautetta toisille ryhmille sekä arvioi oman ryhmänsä yhteistyötä sekä lopputuotoksen.

Oheislukemistoa:

About.com. 2008. Chemistry. History of Chemistry.
http://chemistry.about.com/od/historyofchemistry/History_of_Chemistry.htm. Luettu 11.2.2008.

Ahonen, T. 2005. Löytöretki happamuuteen – kemian historiaa.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/loytoretki/index.html>. Luettu 6.1.2008.

American Chemical Society. 2008. National Historic Chemical Landmarks.
<http://center.acs.org/landmarks/>. Luettu 11.2.2008.

Ahonen, T. 2005. Historiaan pohjautuva lähestymistapa kemian opetuksessa. Pro gradu – tutkielma. Helsingin yliopisto. Kemian laitos. Kemian opettajankoulutusyksikkö.

Hudson, J. 2002. Suurin tiede – Kemian historia. Suom. K. Pietiläinen. Helsinki: Art House.

Strathern, P. 2003. Mendelejevin uni: Puuttuvien alkuaineiden etsintä. Suom. J. Pietiläinen. Helsinki: Terra Cognita.

TEKNOLOGIAA ATOMITASOLLA

Oppimateriaalin tarkoituksena on tutustua yhteen esimerkkiin nanoteknologiasta. *Nano* tarkoittaa kreikaksi kääpiötä, mikä kuvaa hyvin sitä, että yksi nanometri on vain metrin miljardisosa. Nanotekniikka on noin 10 vuotta vanha ala ja se on tällä hetkellä voimakkaassa kasvussa. Nanotieteen vahvuus perustuu sen laajaan tieteidenvälisyyteen ja se ammentaa voimansa mm. fysiikasta, kemiasta, materiaalitieteistä ja biologiasta.

Vitamiineja vaatteisiin

Ensimmäinen tehtäväsi on lukea Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 artikkeli *Vitamiinia ja Aloe veraa tekstiilikuituihin: Funktionaalisia vaatteita Orimattilasta*. Tee artikkelia lukiessasi muistiinpanoja alla olevien kysymysten (Lavonen *et al.* 2007) avulla. Kun olet lukenut artikkelin, laadi itsellesi käsitekartta aiheeseen liittyvistä keskeisistä käsitteistä.

- *Onko tekstissä sanoja, joita en ymmärrä?*
- *Sisältääkö teksti kohtia, jotka ovat ristiriidassa aikaisemmin tuntemieni asioiden kanssa?*
- *Sisältääkö teksti kohtia, jotka ovat ristiriidassa keskenään?*
- *Onko tekstissä kohtia, jotka eivät sovi yhteen, koska en pysty pääättelemään mistä tekstissä puhutaan?*
- *Sisältääkö teksti yhtyeensopimattomia kohtia, koska en tiedä, miten ne ovat yhteydessä toisiinsa?*
- *Puuttuuko tekstistä kohtia tai onko jokin asia epäselvästi ilmaistu?*

Kun käsitekartta on valmis, vertaile käsitekarttaa kotiryhmäsi kanssa. Laadi tämän jälkeen samasta aiheesta yhdessä ryhmäsi kanssa uusi, ryhmän yhteinen käsitekartta. Seuraavaksi muodostetaan uudet ryhmät niin, että jokainen kotiryhmän jäsen menee eri ryhmään. Uusissa ryhmissä on siis yksi jäsen jokaisesta kotiryhmästä. Uusissa ryhmissä tehtävänä on jälleen laatia uusi käsitekartta samasta aiheesta. Viimeisessä vaiheessa siirrytään takaisin kotiryhmiin, joissa uusimpia käsitekarttoja vertaillaan. Näin opetusryhmässänne oleva tieto tulee jaettua kaikkien kesken.

Luovuus valloilleen

Tehtävänänne on ryhmäsi kanssa luoda oma mielikuvituksellinen projekti. Ryhmänne edustaa yrityksen suunnitteluryhmää. Teidän tulee suunnitteluryhmän jäsenten kanssa keksiä uusi tuote eli innovaatio nanoteknologiaa hyödyntäen. Innovaation voitte esitellä muulle ryhmälle haluamallanne tavalla. Luovassa ongelmanratkaisussa yhdistetään tietoja ja asioita siten, että tulos on tekijälleen uusi. Luovan ongelmanratkaisuprosessin ehto on kaikkien ryhmän jäsenten positiivinen asenne, asioiden ja ideoiden tasavertainen käsittely ja ongelmien näkeminen haasteina. Ideoiden tasavertainen käsittely toteutetaan seuraavasti. Kukin ryhmän jäsenistä kirjoittaa paperille aina yhden idean ja lähettää sen eteenpäin seuraavalle henkilölle, joka lisää paperille omia ajatuksiaan. Tätä toistetaan kunnes jokainen saa takaisin oman paperinsa. Voitte käyttää suunnittelussa apuna seuraavia kysymyksiä.

- *Mitä tuotteen käyttäjä haluaa?*
- *Mitä uutta meillä on tarjota käyttäjille?*
- *Mitä hyötyjä uusi tuotteemme voisi tuoda?*
- *Mikä olisi tuotteen kohderyhmä?*
- *Mitkä ovat suurimmat haasteet?*
- *Millaisten tuotteiden kanssa kilpailisimme?*

Valitkaa ryhmänne ideoista äänestämällä kolme parasta, minkä jälkeen tehtävänänne on tarkastella näitä ideoita *SWOT-analyysillä*. SWOT-analyysi on kahden ulottuvuuden kuvaama nelikenttä. Teidän tulee miettiä, mitkä ovat innovaationne vahvuudet ja mahdollisuudet sekä heikkoudet ja uhat. (ks. kuvio 1).

S vahvuudet	W heikkoudet
O mahdolli- suudet	T uhat

Kuvio 1. Kaavio SWOT-analyysin nelikentästä.

Kun olette valmiita, tutustukaa vielä Kemianteollisuus ry:n verkkosivuihin: <http://www.mahdollisuuksia.chemind.fi/>. Siellä esitellään joitakin kemian alan uusimpia innovaatioita.

Seuraavien lähteiden avulla voit syventyä nanoteknologian maailmaan:

Euroopan komissio. 2008. Tutkimus. Nanoteknologia: Suurten mahdollisuuksien pientä tiedettä. http://ec.europa.eu/research/leaflets/nanotechnology/index_fi.html. Luettu 11.2.2008.

Helsinki-Nano. 2008. <http://www.helsinkinano.fi/index.htm>. Luettu 11.2.2008.

Opetushallitus. 2008. Edu.fi. Materiaalikemia etsii materiaalin ja tarpeen rajapintoja. <http://www.edu.fi/page.asp?path=498,530,8057,19013,19104,19646,25004,25005>. Luettu 11.2.2008.

Oppimateriaalin lähteet:

Lavonen, J. Meisalo, V., Aksela, M., Mikkola, K. Juuti, K., Heikinheimo, S. & Poutiainen, S. 2007. Työtapaopas. Luovan ongelmanratkaisun työtavat. Helsingin yliopisto. Käyttätymistieteellinen tiedekunta. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Malu. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/lor/index.htm>. Luettu 17.12.2007.

KAUHEA KASVIHUONEILMIÖ?

Kauhea kasvihuoneilmiö -oppimateriaalin tavoitteena on perehdyttää opiskelijat ilmastonmuutoksen syihin, seurauksiin ja sen tutkimukseen. Oppimateriaalissa pohditaan keskeisiä ilmastonmuutokseen liittyviä käsitteitä. Työtapojen tavoitteena on harjaannuttaa opiskelijoiden ajattelun taitoja, esiintymis- ja viestintätaitoja sekä ryhmässä työskentelyn taitoja. Neljännen osion laskutehtävässä on tarkoitus liittää arkipäivän keskustelu kemian matemaattiseen tarkasteluun.

Oppimateriaalin osiot ja ajankäyttö

Oppimateriaalin ensimmäisessä osiossa opiskelijat pohtivat kasvihuoneilmiöön liittyviä kysymyksiä. Kysymysten avulla he laativat miellekartan kasvihuoneilmiöstä, minkä jälkeen he tutustuvat Taloudellisen tiedotustoimiston verkkosivuihin *Ilman muutosta*: http://www.tat.fi/tat/fi/www/koulut/verkko_oppimateriaalit/ilman_muutosta/, ja pyrkivät löytämään vastauksia heitä askarruttaviin kysymyksiin. Lisäksi heidän tulee etsiä tulevaa väittelyä varten väittelyn vastaisia lähteitä sekä arvioida lähteiden luotettavuutta. Tämän opiskelijoille voi antaa kotitehtäväksi. Ensimmäiseen osioon kuluu aikaa noin 60 minuuttia, josta keskustelulle on varattu aikaa 10–15 minuuttia.

Toisessa osiossa opiskelijat saavat luettavakseen Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 artikkelit sivuilta 6–13. Artikkelien avulla opiskelijat syventyvät aihepiiriin ja valmistautuvat seuraavan oppitunnin väittelyyn. Lisäksi opiskelijat tekevät parityönä miellekartan artikkelien keskeisistä käsitteistä. Valmistautumiseen kuluu aikaa noin 60 minuuttia, ja sen voi suorittaa kotitehtävänä. Toisessa osiossa ilmastonmuutos-teemaan syvennyttään väittelyn avulla. Väittelyyn on hyvä varata aikaa 45 minuuttia.

Kolmannessa osiossa opiskelijat pohtivat pienissä ryhmissä Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 sivun 72 kuvan pohjalta, mitä he itse voisivat tehdä ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi. Lisätehtävänä opiskelijat laskevat laskun liittyen liikenteen hiilidioksidipäästöihin sekä tutustuvat dontfly.org -verkkosivustoon (Klemola 2008). Neljänteen osioon kuluu aikaa noin 60 minuuttia, josta noin 15 minuuttia on varattu loppukeskustelulle.

Jos oppimateriaalin kaikki osiot suoritetaan, tulee aikaa varata ainakin noin 125 minuuttia seuraavan jaon mukaisesti:

- I osio: 60 minuuttia, (yksi 45 minuutin oppitunti + kotitehtävä)
- III osio: 60 + 45 minuuttia (kotitehtävä + yksi 45 minuutin oppitunti)
- IV osio: 45 + 15 minuuttia, (kaksi 45 minuutin oppituntia)

Oppimateriaalin soveltuvuus

Oppimateriaali soveltuu aihepiiriltään ja vaativuustasoltaan lukion kemian, biologian ja luonnonmaantieteen tunneille. Oppimateriaalin neljännen osion pohdintaosuus soveltuu myös perusopetukseen. Neljännen osion lasku liittyy erityisesti lukion kemian kurssiin KE3: Reaktiot ja energia. Oppimateriaali soveltuu käytettäväksi erityisesti teemapäivien aikana tai ympäristöasioita käsittelevillä kursseilla.

Pohdittavaksi-kysymysten esimerkkivastaukset

(ks. Ilmastositut 2008; Klemola 2008; WWF Suomi 2008).

Mitä ovat kasvihuonekaasut?

Kasvihuonekaasut päästävät lähes täydellisesti lävitseen lyhytaaltoista auringonvaloa, mutta pidättävät maapallon pinnasta säteilevää pitkäaaltoista lämpösäteilyä. Kasvihuonekaasujen kyky imeä itseensä pitkäaaltoista lämpösäteilyä johtuu niiden molekyyliarakenteesta. Kasvihuonekaasuista ilmastomuutoksen kannalta keskeisimpiä ovat vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, otsoni ja dityppioksidi. Myös monet ihmisten valmistamista synteettisistä kemikaaleista ovat kasvihuonekaasuja. Tärkeimpiä näistä ovat kloorifluoratut hiilivedyt, fluoriyhdisteet sekä bromiyhdisteet. Ihmisen kehittämät kemikaalit ovat ilmaston kannalta erityisen vaarallisia, koska ne ovat huomattavan voimakkaita kasvihuonekaasuja. Osa niistä säilyy ilmakehässä jopa tuhansia vuosia (vrt. hiilidioksidiin, joka säilyy ilmakehässä 50–200 vuotta)

Miten kasvihuonekaasut vaikuttavat maapallon ilmastoon?

Kasvihuonekaasujen vaikutuksesta ilmakehän lämpötila on korkeampi kuin se muuten olisi. Maapallon elämälle kasvihuoneilmiö on elintärkeä, sillä kokonaan ilman sitä planeettamme keskilämpötila olisi noin 30 astetta matalampi, jolloin esimerkiksi vesi ei esiintyisi nestemäisessä muodossa. Kasvihuoneilmiön voimakkuus määräytyy kasvihuonekaasujen pitoisuuden perusteella.

Mitä viime aikaisella ilmastomuutoksella tarkoitetaan?

Maapallon keskilämpötila on noussut 1900-luvun alusta lukien 0.6–0.9 asteella. 1900-luvun alkupuolen lämpeneminen on luultavasti ollut vielä suureksi osaksi luonnollisten tekijöitten aikaansaamaa, mutta vuoden 1970 aikoihin alkanut uusi nopea ilmaston lämpeneminen johtuu hyvin todennäköisesti pääosin ihmiskunnan päästöistä. Kasvihuoneilmiö on voimistunut ja ilmaston odotetaan lämpenevän nyt nopeammin kuin tuhansiin vuosiin.

Mitä vaikutuksia voimistuneella kasvihuoneilmiöllä voi olla?

Ilmaston lämpeneminen lisää epätavallisia luonnonilmiöitä. Merenpinnan on ennustettu nousevan, jolloin tulvat pahenevat. Kuivuus saattaa vaivata tiettyjä alueita. Muutokset ilmastossa aiheuttavat luultavasti muutoksia turismiin. Ihmiset haluavat matkustaa eri paikkoihin ja eri vuodenaikoina kuin nykyisin. Pohjois-Euroopassa kasvukausi todennäköisesti pitenee ja jäiden vähetessä pohjoisia merialueita vapautuu kuljetuksiin.

Väittely aiheesta: Ihminen on syypää ilmastonmuutokseen

Artikkeleissa esiintyvät keskeiset käsitteet on selitetty alla

Ympäristöongelmalla tarkoitetaan ympäristössä tapahtunutta tai tapahtuvaa muutosta, jonka ihminen kokee jostakin syystä ongelmallisena.

Kasvihuonekaasu on kasvihuoneilmiötä aiheuttava kaasu, joka sitoo Auringon lämpösäteilyä ja estää lämmön säteilyä ulos ilmakehästä.

Energiantuotanto on yleisnimitys toiminnoille, joilla luonnon hyödynnettävissä olevista eli järjestäytyneistä energiavaroista muokataan ihmiskäyttöön sopivaa energiaa.

Energiankulutus tarkoittaa ihmisen toimintojen vaatimaa energian määrää.

Energiatehokkuus paranee, kun sama tai aiempaa suurempi hyöty saadaan entistä pienemmällä energian käytöllä.

Päästötalkoot tarkoittaa kansainvälistä pyrkimystä vähentää päästöjä.

Biogeokemiallinen kierto tarkoittaa kemiallisten aineiden kiertoa maapallon elollisten eliöiden ja elottomien osien välillä (esim. typen, hiilen, hapen ja fosforin kierrot).

Uusiutuva energianlähde on energian lähde, jonka varanto ei pitkällä aikavälillä hupene, jos sitä hyödynnetään kestäväällä tavalla.

Polttoaineet ovat aineita, joiden palamisreaktion avulla tavallisimmin kehitetään lämpöä, valoa tai sähköä.

Biopolttoaine on eloperäisestä aineesta valmistettu polttoaine. Biopolttoaineesta saatavaa energiaa kutsutaan bioenergiaksi.

Ilmastopolitiikka on ilmaston lämpenemisen hillitsemiseen ja siihen sopeutumiseen liittyvää politiikkaa.

Hallitustenvälinen ilmastopaneeli - Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Maailman johtavien ilmastotutkijoiden muodostama asiantuntijaelin, joka laatii ilmastonmuutosta koskevia tieteellisiä selvityksiä ja raportteja.

Ilmastonmuutos ts. ilmaston lämpeneminen johtuu voimistuneesta kasvihuoneilmästä, joka puolestaan johtuu kasvihuonekaasujen lisääntymisestä ilmakehässä.

Väittelyn kulku

Väittelyn onnistumiseen vaikuttaa hyvin paljon väittelyn ennakkovalmistelu. Ennen väittelyä täytyy varmistua siitä, että opiskelijat tuntevat keskeiset käsitteet.

Jos väittely on opiskelijoille uusi työtapana, on sitä syytä harjoitella pienemmissä ryhmissä ennen varsinaista väittelyä. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitoksen

verkkosivuilla on Lavosen *et al.* (2007) laatima Työtapaopas. Jos opettaja kaipaa lisää ohjeita väittelyyn, Työtapaoppaassa on selostettu kyseisen työtavan kulku.

Ryhmätehtävä liikenteen päästöihin liittyen

Oppilaat pohtivat Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 sivulla 72 olevan kuvan pohjalta, mitä he itse voisivat tehdä ilmastonmuutoksen ehkäisemiseksi. Yhteisessä keskustelussa voidaan ottaa esille ainakin seuraavia näkökohtia (ks. Ilmastositut 2008; WWF Suomi 2008):

- *lentoliikenne vs. raideliikenteen suosiminen*
- *yksityisautoilu vs. joukkoliikenteen suosiminen*
- *jätteiden kierrättäminen*
- *lähi- ja kasvisruoan suosiminen*
- *”vihreä sähkö”*
- *sähkön ja lämmön säästäminen*
- *tupakoinnin aiheuttama metsien hävittäminen*

Laskutehtävän ratkaisu:

Auton bensiinin kulutus on 8,1 l/100 km. Kuinka paljon hiilidioksidia (kg) muodostuu ajettaessa Helsingistä Ouluun (600 km), kun oletetaan polttoaineen palavan täydellisesti? Bensiini katsotaan tässä tehtävässä oktaaniksi (C_8H_{18}), jonka tiheys on 0,71 kg/l.

$$\rho(C_8H_{18}) = 0,71 \text{ kg/l}$$
$$m(CO_2) = ?$$

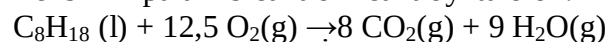
Bensiiniä kuluu matkalla

$$V(C_8H_{18}) = 600 \text{ km} \cdot 8,1 \text{ l} / 100 \text{ km} = 48,6 \text{ l}$$

Tämän tilavuuden ja bensiinin tiheyden avulla bensiinin massaksi saadaan:

$$m = \rho(C_8H_{18}) \cdot V(C_8H_{18}) = 0,71 \text{ kg/l} \cdot 48,6 \text{ l} = 34,506 \text{ kg} = 34\,506 \text{ g}$$

Bensiinin palamisreaktion reaktioyhtälö on:



Muodostetaan ainemäärien suhteen perusteella verranto:

$$\frac{n(CO_2)}{n(C_8H_{18})} = \frac{8}{1}, \text{ josta}$$

$$n(CO_2) = 8 \cdot \frac{34506 \text{ g}}{114,224 \text{ g/mol}} \approx 2416,7 \text{ mol}$$

Lasketaan muodostuneen hiilidioksidin määrä:

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 2416,7 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} = 106334,8 \text{ g} \approx 110 \text{ kg}$$

Tulosten tarkastelussa on hyvä pohtia sitä, miten tuloksessa otetaan huomioon matkustajien lukumäärä.

Verkkosivustoja ilmastonmuutokseen liittyen:

Ilmastonmuutos.com. 2008. <http://www.ilmastonmuutos.com/>. Luettu 12.1.2008.

Ilmastositut. www.ilmasto.org. <http://www.iti.fi/ilmasto/index.htm>. Luettu 12.1.2008.

Ilmatieteen laitos. 2008 Ilmastonmuutos.
http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_10.html.

Opetushallitus. 2008. Oppimateriaalit. Ympäristökemia. Hiilidioksidi ja kasvihuoneilmiö.
<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/co2.html>. Luettu 12.1. 2008.

Taloudellinen tiedotustoimisto. 2008. Ilman muutosta.
http://www.tat.fi/tat/fi/www/koulut/verkko_oppimateriaalit/ilman_muutosta/UNFCCC.
Luettu 12.1.2008.

Ympäristöministeriö. Ilmastonmuutos. 2008.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=261852&lan=FI>. Luettu 12.1.2008.

WWF Suomi. 2008. Ilmastonmuutos. <http://www.wwf.fi/ymparisto/ilmastonmuutos/>.
Luettu 12.1.2008.

Oppimateriaalin lähteet:

Ilmastositut 2008. www.ilmasto.org. <http://www.iti.fi/ilmasto/index.htm>. Luettu 2.1.2008.

Lavonen, J. Meisalo, V., Aksela, M., Mikkola, K. Juuti, K., Heikinheimo, S. & Poutiainen, S. 2007. Työtapaopas. Väittely. Työtapaopas. Helsingin yliopisto.
Käyttätymistieteellinen tiedekunta. Soveltavan kasvatustieteen laitos. Malu.
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/yto/vaittely/index.htm>. Luettu 8.1.2008.

Klemola, K. 2008. Dontfly.org. http://www2.lut.fi/~kklemola/dontfly/dontfly_fin.htm.
Luettu 5.1.2008.

WWF Suomi 2008. Ilmastovinkit.
http://www.wwf.fi/tue_toimi/osallistu_toimintaan/ekovinkit/ilmastovinkit.html. Luettu 4.1.2008.

ALKEMIASTA MODERNIKSI TIETEEKSI

Oppimateriaalin tavoitteena on tutustuttaa opiskelijat varhaiseen kemian historiaan. Tehtävissä pohditaan tieteen roolia historiassa ja nykyhetkessä. Kemian historiaan tutustuminen mahdollistaa opiskelijoiden syvällisemmän ymmärryksen luonnontieteiden kehityksestä. Työtapojen käytöllä pyritään harjaannuttamaan opiskelijoiden kriittisen ja luovan ajattelun taitoja, ryhmässä työskentelyn taitoja sekä esiintymis- ja vuorovaikutustaitoja.

Oppimateriaalin osiot ja ajankäyttö

Oppimateriaalin ensimmäisessä osiossa opiskelijat pohtivat pareittain luonnontieteiden merkitystä. Pohdinnan jälkeen olisi hyvä keskustella koko opetusryhmän kanssa yhteisesti. Ensimmäiseen osioon varataan aikaa 20 minuuttia.

Toisessa osiossa opiskelijat tutustuvat alkemian vaiheisiin *Löytöretki happamuuteen – kemian historiaa* –verkkosivujen avulla. Toiseen osioon kuluu noin 45 minuuttia. Yhteenvetokeskusteluun on hyvä varata riittävästi aikaa.

Kolmannessa osiossa syvennyttään metallin jalostuksen historiaan lukemalla Kemia-Kemilehden artikkeli *Patiomenetelmä avasi Amerikan hopeahanat*. Lukemiseen varataan aikaa noin 15 minuuttia ja yhteenvedon tekemiseen noin 15 minuuttia. Tämän osuuden opiskelijat voivat tehdä myös kotona. Opiskelijat jakautuvat ryhmiin ja vertailevat ryhmissä tekemiään yhteenvetoja (15 minuuttia). He poimivat yhteenvedoista olennaiset kohdat, ja tekevät oman vapaamuotoisen esityksen (näytelmä, juliste, tms.) (60 minuuttia). Esitykset esitellään koko opetusryhmälle, mihin tulee varata aikaa ainakin yhden oppitunnin verran.

Neljäs osio koostuu loppukeskustelusta, palautteesta ja arvioinnista. Jos oppimateriaalin kaikki osiot suoritetaan, tulee aikaa varata yhteensä noin 200 minuuttia seuraavan jaon mukaisesti:

I osio: 20 minuuttia

II osio: 30 + 15 minuuttia, (yksi 45 minuutin oppitunti)

III osio: 15 + 15 + 15 + 60 minuuttia, (kotitehtävä + kaksi 45 minuutin oppituntia)

IV osio: 30 minuuttia, (yksi 45 minuutin oppitunti)

Oppimateriaalin soveltuvuus

Oppimateriaali soveltuu lukion kemian kursseille. Jos oppimateriaalia käytetään teemapäivien aikana tai valinnaisilla kursseilla, kemian historiaa voi integroida muihin oppiaineisiin. Oppimateriaalin kolmas ja neljäs osio soveltuvat erityisen hyvin lukion kemian KE4: metallit ja materiaalit –kurssin aineistoksi.

Alkemian aika

Esimerkkivastaukset kysymyksiin:

Mitä kaikkea Aleksadriassa tapahtuneeseen khemeian harjoittamiseen liitettiin?

Vanhan egyptiläisen taidon eli *khemeian* alkuperä on kadonnut historian saatossa. Tiedetään, että *khemeian* tieto koostui suurelta osin kuolleiden balsamointiin liittyneistä kemiallisista prosesseista. Siitä syystä *khemeian* harjoittajilla uskottiin olevan maagisia voimia. Khemeiaan yhdistettiin myös muita muinaisten egyptiläisten keksimiä kemiallisia prosesseja, kuten lasin valmistaminen, värjääminen ja erityisesti metallien valmistaminen.

Miten alkemistit eroavat nykyaikaisista kemisteistä?

Alkemistit yhdistivät uskon asiat harjoittamaansa ns. pseudotieteeseen. Nykyaikaiset kemistit pyrkivät pitämään erillään tieteen ja uskonnot.

Mihin alkemistit pyrkivät transmutaatiolla?

Transmutaatio tarkoittaa alkuaineen muuttumista toiseksi alkuaineeksi. Alkemiassa pyrittiin esimerkiksi muuttamaan epäjalommat metallit kullaksi transmutaation avulla.

Mistä uskot Rhaseksen aineiden luokittelun Henget-nimen syntyneen?

Kaasumaiset aineet ovat ilmeisesti kuvanneet Rhasekselle eräänlaisia henkiä.

Miten aqua vita eli, elämän vesi valmistettiin?

Alkoholilla tislaamalla.

Mikä on ilmeisesti ollut elämän veden teho lääkeaineena?

Alkoholi on todennäköisesti toiminut puhdistusaineena eli se on tappanut haitallisia bakteereita.

Mikä merkitys alkemialle oli vahvojen happojen keksimisellä?

Kun alkemistit olivat löytäneet myös vahvemmat hapot, pystyivät he tekemään erilaisia kokeita aikaista monipuolisemmin. Vahvat hapot näyttivät reagoivan useimpien aineiden aineen kanssa muodostaen sakkoja. Alkemistit olivat löytäneet keinot, joilla he pystyivät saamaan aikaan suuren määrän erilaisia kemiallisia reaktioita. Jälkiviisaasti ajatellen he olivat löytäneet keinon eristää alkuaineita, joita aikaisemmin oli esiintynyt vain yhdisteissä.

Hopeahanat auki

Esimerkkivastaukset artikkelissa esiintyviin käsitteisiin:

Arvometalli on metalli, jolla on merkittävää rahallista arvoa. Esimerkiksi 1500-luvulla hopeaa ja kultaa pidettiin kaikkein arvokkaimpina metalleina.

Malmi on taloustermi, joka tarkoittaa mineraalipitoista kiveä, jonka louhinta on taloudellisesti kannattavaa.

Metallurgia on luonnontieteisiin ja teknisiin tieteisiin kuuluva oppi, joka käsittelee metallien valmistus- ja jalostusmenetelmiä, sekä tutkii niiden elinkaarta ja sen aikana tapahtuvia muutoksia.

Amalgamointi tarkoittaa menetelmää, jossa elohopea liuottaa malmista hopean amalgaamiksi muun malmiaineksen jäädessä liukenematta.

Patiomenetelmässä hopeamalmin elohopeaseos levitettiin *patiolle* eli kivetetylle pihamaalle, jossa muulit polkivat sitä. Tavoitteena oli, että elohopea yhtyisi hopeaan. Tämän jälkeen elohopea-hopeamassaa sekoitettiin ja huuhdeltiin puusammioissa vedellä. Huuhteluissa malmin hylkyaineet liettyivät pois ja pohjalle jäi amalgaami. Suurin osa elohopeasta puristettiin siitä pois nahkasäkkien läpi. Loput elohopeasta tislattiin, ja tuloksena oli puhdasta hopeaa.

Reagenssi on aine, joka kuluu kemiallisessa reaktiossa muodostaen osan lopputuotteista tai koko lopputuotteen.

Oheislukemistoa kemian historiasta:

About.com. 2008. Chemistry. History of Chemistry.
http://chemistry.about.com/od/historyofchemistry/History_of_Chemistry.htm. Luettu 11.2.2008.

American Chemical Society. 2008. National Historic Chemical Landmarks.
<http://center.acs.org/landmarks/>. Luettu 11.2.2008.

Ahonen, T. 2005. Historiaan pohjautuva lähestymistapa kemian opetuksessa. Pro gradu – tutkielma. Helsingin yliopisto. Kemian laitos. Kemian opettajankoulutusyksikkö.
http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/liitteet/progradu_tahonen.pdf. Luettu 11.1.2008.

Hudson, J. 2002. Suurin tiede – Kemian historia. Suom. K. Pietiläinen. Helsinki: Art House.

Strathern, P. 2003. Mendelejevin uni: Puuttuvien alkuaineiden etsintä. Suom. J. Pietiläinen. Helsinki: Terra Cognita.

TEKNOLOGIAA ATOMITASOLLA

Oppimateriaalin tarkoituksena on tutustuttaa opiskelijat uuden teknologian, erityisesti nanoteknologian mahdollisuuksiin. Työtapoina käytetään yhteistoiminnallista oppimista, käsitekarttaa, luovan ongelmanratkaisun menetelmiä. Työtapojen käytöllä pyritään edistämään opiskelijoiden aktiivisuuden, luovuuden, sinnikkyyden, reflektiivisyyden, itseohjautuvuuden ja yhteistoiminnallisuuden kehittymistä.

Oppimateriaalin osiot ja ajankäyttö

Ensimmäisessä osiossa opiskelijat lukevat Kemia-Kemi-lehden numeron 02/07 artikkelin *Vitamiinia ja Aloe veraa tekstiilikuituihin: Funktionaalisia vaatteita Orimattilasta*. He laativat käsitekartan aiheeseen liittyvistä keskeisistä käsitteistä. Tämän jälkeen opiskelijat jakautuvat 3–5 hengen kotiryhmiin. Kotiryhmissä opiskelijat vertailevat käsitekarttaa ryhmän muiden jäsenten kanssa ja laativat samasta aiheesta yhteisen käsitekartan. Seuraavaksi muodostetaan uudet ryhmät niin, että jokainen kotiryhmän jäsen menee eri ryhmiin. Uusissa ryhmissä tehtävänä on jälleen laatia uusi käsitekartta samasta aiheesta. Viimeisessä vaiheessa siirrytään takaisin kotiryhmiin, joissa uusimpia käsitekarttoja vertaillaan. Käsitekarttoja vertaillaan vielä koko opetusryhmän kanssa yhteisesti. Ensimmäiseen osioon on hyvä varata aikaa 60 minuuttia, siten että ajasta noin 15–20 minuuttia kuluu artikkelin lukemiseen ja ensimmäisen käsitekartan laatimiseen. Tämän voi antaa opiskelijoille myös kotitehtäväksi.

Toisessa osiossa opiskelijat tuottavat ryhmätöinä oman mielikuvituksellisen innovaation luovan ongelmanratkaisun menetelmiä käyttäen. Suunnitelmaan on hyvä varata aikaa noin 30 minuuttia. Opiskelijoiden tehtävänä on lisäksi tutustua Kemianteollisuus ry:n verkkosivuihin: <http://www.mahdollisuuksia.chemind.fi/>, jossa esitellään joitakin kemian alan uusimpia innovaatioita. Toiseen osioon menee aikaa yhteensä noin 60 minuuttia.

Kolmas osio koostuu innovaatioiden esittelyistä, keskustelusta ja palautteen annosta. Jokaiselle ryhmälle varataan aikaa esitykseen 5 minuuttia ja palautteeseen ja arviointiin 5 minuuttia. Jos ryhmiä on esimerkiksi 5, aikaa tulee varata 50 minuuttia.

Jos oppimateriaalin kaikki osiot suoritetaan, tulee aikaa varata yhteensä noin 170 minuuttia seuraavan jaon mukaisesti:

- I osio: 60 minuuttia, (kotehtävä + yksi 45 minuutin oppitunti)
- II osio: 45–60 minuuttia, (1–2 45 minuutin oppituntia)
- III osio: vähintään 45 minuuttia, (1–2 kaksi 45 minuutin oppituntia)

Oppimateriaalin soveltuvuus

Oppimateriaali soveltuu lukion kemian kursseille. Jos oppimateriaalia käytetään teemapäivissä tai valinnaisilla kursseilla, kemiaa ja muita luonnontieteellisiä (biologia, fysiikka) aineita voidaan integroida kemian kanssa.

Vitamiineja vaatteisiin

Esimerkkivastaukset artikkelissa esiintyviin keskeisiin käsitteisiin:

- *Nanotekniikalla* tarkoitetaan atomitason kokoisten rakenteiden tekniikkaa. Siirryttäessä nanomittakaavaan tuntemamme materiaalit muuttuvat fysikaaliskemiallisilta ja biologisilta ominaisuuksiltaan, mihin perustuu juuri nanotieteiden mahdollisuus luoda kokonaan uusia materiaaleja.
- *Funktionaalinen tuote* tarkoittaa sitä, että tuote hoitaa jotakin "ylimääräistä" tehtävää. Esimerkiksi bioaktiivinen materiaali edesauttaa elävän kudoksen uusiutumista.
- *Katalysaattori tai katalyytti* on aine, joka nopeuttaa kemiallista reaktiota tietyssä lämpötilassa kuitenkin itse kulumatta reaktiossa.
- *Entsyymi* on biologinen katalyytti, tavallisesti proteiini.
- *Teknologia* on yhteisnimitys joukolle tietyn alan tekniikoita.

Luovuus valloilleen

Opettaja tukee oppilasryhmiä tarvittaessa. Hän myös esittelee luovan ongelmanratkaisun ja SWOT-analyysin periaatteet ennen projektien aloittamista.

Projektien esittely, keskustelu ja palaute

Lopuksi käydään läpi opiskelijoiden esitykset ja artikkelin keskeisimmät käsitteet. Opiskelijaryhmät antavat palautetta toisille ryhmille sekä arvioivat oman ryhmänsä yhteistyötä sekä lopullisen tuotoksen.

Oheislukemistoa nanoteknologiasta, luovista työtavoista ja innovaatioista:

Euroopan komissio. 2008. Tutkimus. Nanoteknologia: Suusten mahdollisuuksien pientä tiedettä. http://ec.europa.eu/research/leaflets/nanotechnology/index_fi.html. Luettu 11.2.2008.

Helsinki-Nano. 2008. <http://www.helsinkinano.fi/index.htm>. Luettu 11.2.2008.

Kemianteollisuus ry. 2008. <http://www.mahdollisuuksia.chemind.fi/>. Luettu 11.2.2008.

Opetushallitus. 2008. Edu.fi. lukio. Innovaatiot — uutta uusin tavoin. <http://www.edu.fi/SubPage.asp?path=498,530,8057,19013,19105>. Luettu 20.1.2008.

Opetushallitus. 2008. Edu.fi. Materiaalikemia etsii materiaalin ja tarpeen rajapintoja. <http://www.edu.fi/page.asp?path=498,530,8057,19013,19104,19646,25004,25005>. Luettu 11.2.2008.

Lavonen, J. Meisalo, V., Aksela, M., Mikkola, K. Juuti, K., Heikinheimo, S. & Poutiainen, S. 2007. Työtapaopas. Luovan ongelmanratkaisun työtavat. Työtapaopas 2008. Helsingin yliopisto. Käyttätymistieteellinen tiedekunta. Soveltavan kasvatustieteen laitos. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/lor/index.htm>.



Ilmastomuutos lisää suurtulvien riskiä. Tältäkö näyttää Euroopan komission Berlaymont-rakennus Suomen seuraavan EU-puheenjohtajuuskauden aikana vuonna 2020? Kuvaa on käsitelty.

EU lupaa leikata viidenneksen kasvihuonekaasujen päästöistä

"Ei riitä", sanoo Satu Hassi

■ Euroopan unioni on sitoutunut vähentämään viidenneksen kasvihuonekaasupäästöistään vuoteen 2020 mennessä ilmastomuutoksen hillitsemiseksi. Europarlamentaarikko Satu Hassin mielestä tavoite ei riitä.

Arto Jokinen

Vaikka EU vähentäisi 20 prosenttia kasvihuonekaasupäästöistään vuoden 1990 tasosta, se ei vielä riitä pysäyttämään ilmastolämpenemistä. Euroopan komissio toteaa, että kaikkien teollisuusmaiden tulisi vähentää päästöjään 30 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä, jotta ilmastolämpeneminen rajoittuisi kahteen asteeseen. Monien tutkimusten mukaan juuri kaksi astetta on kriittinen raja, jonka ylittäminen johtaisi arvaamattomiin, peruuttamattomiin muutoksiin maapallolla.

Euroopan parlamentin jäsen Satu Hassi pitää kahden asteen tavoitteen saavuttamista kovana haasteena. 20 prosentin päästövähennys ei hänen mukaansa siihen riitä. "Se mitä tarvittaisiin, olisi EU:n tavoittelema kansainvälinen sopimus, joka pudottaisi teollisuusmaiden päästöjä 30 prosenttia entisestään." Sopimukseen pääsystä ei kuitenkaan ole takeita.

Kemiaa tarvitaan muutoksen hillitsemiseen

EU:n jäsenmaiden helmikuinen päätös perustuu EU-komission tammikuussa julkai-

semaan ehdotukseen. Komission ehdotusta käsiteltiin myös jäsenmaiden päämiesten huippukokouksessa 8.–9. maaliskuuta.

Ehdotus koostuu suuresta joukosta erilisiä tavoiteohjelmia, jotka erilaisine prosenttitavoitteineen muodostavat varsinaisen Rubikin kuution. Ilmastomuutoksesta kiinnostuneen kansalaisen voi olla hankala löytää ohjelmasta punaista lankaa, koska

Odotettavissa huomenna

- **Lämpenevää, paikoin helteistä.** Maapallon lämpötila nousee vuoteen 2100 mennessä 1,1–6,4 astetta. Lämpeneminen korostuu pohjoisessa. Helleaallot pahenevat.
- **Sadetta, paikoin rankkaa.** Kaatosateiden ja pyörremyrskyjen kaltaiset ääri-ilmiöt yleistyvät.
- **Kuivaa.** Myös äärimmäisestä kuivuudesta tulee tavallista.
- **Kohoavaa merenpintaa.** Valtameret nousevat 18–59 senttiä. Jos Grönlannin jää sulaa, nousu on 7 metriä.

kokonaisuus hajoaa yksityiskohtiin, pieniin ilmasto- ja energiaosioihin.

Kemian ammattilaisille ohjelma näyttyy myönteisenä, sillä huomattava osa EU:n tavoitetoimista ilmastonmuutoksen hillitsemisessä nojautuu kemian parempaan hallintaan. Ilmasto- ja energiapolitiikan odotetaan lisäävän kemian tutkimusta, ja esimerkiksi biopolttoaineiden ja talteenottojärjestelmien kehitys työllistää kosolti kemistejä.

Tavoiteohjelman keskeisiä ajatuksia on tehokkuuden lisääminen. Komissio esittää energiatehokkuuden nostamista 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Jos tässä onnistuttaisiin, unioni kuluttaisi 13 prosenttia nykyistä vähemmän energiaa.

Päämäärään pyrittäisiin esimerkiksi entistä energiatehokkaammilla autoilla. Myös rakennusten eristystä ja energian käyttöä olisi syytä parantaa. Energian tuotantoa ja jakelua taas tehostettaisiin kehittämällä EU:n sisäisiä verkostoja ja lisäämällä todellista kilpailua.

Uusiutuva ei aina ole ympäristöä säästävä

Komissio painottaa yhä myös uusiutuvia energialähteitä, vaikka aiempi tavoite tuottaa 21 prosenttia sähköstä uusiutuvilla luonnonvaroilla vuoteen 2010 mennessä ei näytäkään toteutuvan. Uudeksi tavoitteeksi ohjelmassa asetetaan 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Satu Hassi arvostelee lukua vaatimattomaksi. Euroopan parlamentissa on lähdetty 25 prosentista, mutta Hassi muistuttaa, ettei pelkkä prosenttitavoite riitä.

"Uusiutuvien energialähteiden vaikutus hiilidioksidipäästöihin vaihtelee. Ei ole kovinkaan järkevää suosia sellaisia uusiutuvia polttoaineita, joiden tuotanto aiheuttaa paljon hiilidioksidipäästöjä. Esimerkiksi biopolttoaineiden elinkaareen tulee kiinnittää huomiota."

Biopolttoaineiden käyttöä komissio haluaa lisätä vähentääkseen sekä öljyriippuvuutta että hiilidioksidipäästöjä. Vähimmäistavoite on 10 prosentin bio-osuus autojen polttoaineesta. Tätä nykyä biopolttoaineina käytetään lähinnä öljykasvipohjaista dieseliä ja etupäässä vehnästä ja sokerikasveista tehtyä etanolia. Nyt suunta olisi selluloosapohjaisiin toisen sukupolven bioaineisiin, joiden raaka-aineena hyödynnettäisiin puuta, ruohoa ja jätteitä.

Komission ohjelma laskee myös perustekniikan parantelun varaan. Esimerkiksi kivihiili pysyy energian lähteenä tulevaisuudessakin, mutta päästöttömästi. Uusiin voimaloihin pitääkin rakentaa hiilidioksidin talteenottojärjestelmä.

Myös liikenteen hiilidioksidipäästöt yritetään saada kuriin. Autoteollisuuden kanssa tehty vapaaehtoisuus sopimukset eivät näytä pitävän, joten keskeisessä asemassa ovat

EU:n ruusunpunaiset silmälasit

Euroopan komissio maalaa ilmastonmuutoksen aiheuttamista ongelmista pastellisävyisen kuvan. Sen esittämä tulevaisuuden skenaario on hyvin lievä versio tiedemiesten aiemmin antamista varoituksista, ei pysäyttävä kauhukuva, jollaista kenties tarvittaisiin.

Komissio keskittyy arvioimaan esimerkiksi turismissa tapahtuvia muutoksia. Lämpötilan noustessa tukahduttava Välimeren alue ei enää vedäkään, vaan kesäloman viettäjät siirtyvät pohjoiseen. Jopa Itämeri voisi alkaa houkutella matkailijoita.

Toisaalta matkailukäyttäytyminen saattaa vaihtaa ajallista painopistettään. Lämpenevistä keväistä ja syksyistä voi kehkeytyä Välimeren uusi lomasesonki, vaikka turisti kesäkohteen valitsisiikin pohjolan.

Eurooppa jakautuisi komission selvityksen mukaan kahtia. Ilmaston lämmetessä hyötyjä olisivat ainakin aluksi pohjoiset jäsenvaltiot, erityisesti niiden maatalous. Peltojen tuotto kuumassa etelässä laskisi, mut-

ta entistä leppeämmässä pohjoisessa ilmanalassa se voisi kasvaa kohisten.

Ilmastonmuutos vaikuttaisi myös ihmisten terveyteen. Varsinkin etelässä helleaallot toisivat mukanaan entistä enemmän sairauksia ja ylimääräisiä kuolemia. Pohjoisessa kylmyyden aiheuttamat terveyshaitat vähenisivät leudompien talvien myötä. Tosin pohjollassa saavutettu hyöty olisi etelän tappioita pienempi.

Suurien tulvien kaltaiset epätavalliset luonnonilmiöt lisääntyisivät. Esimerkiksi Tonavan ranta-alueilla suurtulvan todennäköisyyden lasketaan kasvavan 40 prosenttia. Kun merenpintakin kohoaa, kasvaa paine investoida patoihin ja muihin rakenteisiin.

Arto Jokinen

EU on sitoutunut lisäämään uusiutuvien energialähteiden käyttöä. Satu Hassi muistuttaa, ettei pelkkä prosenttitavoite ratkaise ongelmaa. "Ei ole kovin järkevää suosia sellaisia uusiutuvia polttoaineita, joiden tuotanto aiheuttaa paljon hiilidioksidipäästöjä."

Comita Heik-Jokinen

kuluttajat, joiden tulevaisuudessa toivotaan valitsevan ajokkinsa myös ympäristöargumenttien perusteella.

Arvokasta tukea ja toivon pilkahduksia

Satu Hassi on tyytyväinen siitä, että taistelu ilmastomuutosta vastaan on noussut positiiviseen julkisuuteen. Hän kiittelee öljy-yhtiö Shellin hallituksen puheenjohtajan **Jorma Ollilan** avausta ilmastopolitiikan puolestapuhujana.

”Shell on jo pitkään tunnustanut sen tosiasian, että öljy kaupallisessa mielessä loppuu joskus ja että energiayrityksen on rakennettava tulevaisuutensa uusiutuvan energian varaan. Nyt Ollila on avannut suomalaisten silmät. Ilmastomuutoksessa ei enää ole kyse vihreän liikkeen vaan koko ihmiskunnan asiasta.”

Hassi on tyytyväinen myös ympäristöpoliittisesta kehityksestä Atlantin toisella puolen. Tilanne ei ole aivan niin huono kuin Yhdysvaltain hallituksen kannanotoista voisi päätellä. Kalifornian kuvernööri **Arnold**

Schwarzenegger ja kansalaiset ovat ajaneet maan presidentin **George Bushin** ohi luonnonsuojelussa, ja Kioton sopimusta on alettu noudattaa kaupunkien ja osavaltioiden tasolla.

”Bush on jäänyt vähemmistöön. Jo 54 prosenttia USA:n väestöstä asuu alueilla, joilla on voimassa hiilidioksidin päästörajoituksia Kioton tapaan”, Hassi laskee.

Kirjoittaja on Brysselissä asuva tekniikan tohtori ja vapaa toimittaja.
arto.jokinen@telenet.be

Ilmastopaneelin tuomio: Syypää on ihminen

YK:n hallitusten välinen ilmastopaneeli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) julkaisee tänä vuonna neljännen arviointiraporttinsa ilmastomuutoksesta. Paneelin entistä terävämpi kielenkäyttö nostanee ilmaston ja energian korkealle kansainvälisen politiikan esityslistoilla.

IPCC:n vuonna 2001 esittämistä skenaarioista lähes pahin vaihtoehto on toteutunut. Vuodesta 1990 maapallon keskilämpötila on noussut 0,33 astetta, kun yläraja oli 0,35. Myös merten pintaa paneeli on mitannut vuodesta 1990. Pinta on noussut veden lämpölaajenemisen ja napajäätiköiden sulamisen seurauksena pahimman arvion mukaisesti.

Tulokset käytännössä varmistivat epäilyn, että ilmaston lämpeneminen on ihmisen toimien seurausta. IPCC otti helmikuisessa osaraportissaan kantaa myös siihen, ovatko voi-

mistuneet myrskyt ihmisen aiheuttamia. Paneeli piti asiaa mahdollisena, mutta ei vielä erittäin todennäköisenä.

Satu Hassista IPCC:n konsensusnäkemys on huolestuttava. Muutos on ollut kuviteltua nopeampi, mikä näyttää yllättäneen asiantuntijatkin. Ilmiö on niin monimutkainen, ettei sen syiden ymmärtäminen saati muutosten ennustaminen ole helppoa.

Ilmastomuutoksen seurauksista keskustellaan tulevassa kansainvälisessä kokouksessa. Jo nyt moni pelkää niiden osoittau-

tuvan katastrofaaliseksi. Ihmiskuntaa uhkaavista vaaroista Hassi nostaa erityisesti esiin satoja miljoonia ihmisiä koskettavan nälänhädän ja juomaveden loppumisen miltajardeilta.

EU ei yksinään kykene ratkaisemaan globaalia ongelmaa. Huolta herättävät varsinkin Kiinan, Intian ja Brasilian talouskasvu ja päästöjen lisääntyminen. Ympäristön sietokyvyn raja tulee vastaan kauan ennen kuin jokaisella kiinalaisella perheellä on oma auto. □

IPCC:n raportti 2007

Osat	Julkaisuaikakohta	Sisältö
1	2. helmikuuta	Ilmastomuutos on ihmisen syytä.
2	6. huhtikuuta	Ilmastomuutoksen vaikutukset ihmiseen ja ympäristöön. Sopeutumismahdollisuudet.
3	4. toukokuuta	Ilmastomuutoksen hillitseminen.
4	17. marraskuuta	Yhteenveto.

Ympäristömuutoksen professori ei halua lietsoa paniikkia:

"Vielä voidaan tehdä paljon"

■ Ilmastomuutoksen hillitseminen edellyttää tahtoa, luovuutta ja uusia energiamuotoja. Helsingin yliopiston tuore ympäristömuutoksen professori Atte Korhola on ilmastomuutoksen etenemisestä huolissaan mutta ei toivoton. Vielä on aikaa kääntää suunta, kunhan koko maailma saadaan mukaan talkoisiin.

Arja-Leena Paavola

Poikkeuksellisen leuto alkutalvi sai suomalaiset joukolla havahtumaan siihen, että kauan uumoiltu ilmastomuutos on nyt tosiasia. Pohjoisella pallonpuoliskolla sen vaikutukset ovat vielä siedettävät, mutta esimerkiksi Afrikassa olot kurjistuvat vastedes entisestään.

"Ilmaston aikasarjoja tutkitaan kolmen-kymmenen vuoden jaksoissa, mikä paljastaa tilastollisesti merkittävät muutokset. Yksittäisestä lämpimästä vuodesta ei sinänsä voi tehdä johtopäätöksiä, mutta tämä ei enää ole ollut poikkeuksellista vaan sitä, mistä tiedemaailma on jo pitkään varoitannut", Helsingin yliopiston ympäristömuutoksen professori **Atte Korhola** vahvistaa.

Monet ilmastomuutoksiin liittyvät uhkakuvat ovat jo toteutuneet. Kaikkien trooppisten alueiden vuorten jäätiköt sulavat kovaa vauhtia; esimerkiksi Andeilla jäätikön reuna vetäytyy paikoin peräti 20 metriä vuodessa. Pysyvän lumipeitteen alue on sekin neljänä viime vuosikymmenenä kuitistunut kymmenkunta prosenttia.

"Selkeimmin ilmiön suunnan voi kuitenkin havaita maapallon keskilämpötilasta: kuluneen 150 vuoden aikana se on noussut noin 0,8 astetta."

Luku saattaa kuulostaa vähäiseltä, mutta sen vaikutus on suuri. Eliölajit ovat jo parantuneiden olosuhteiden myötä leviittäytyneet pohjoisemmaksi, samoin puuraja kivunnut ylemmäs. Ikirouta sulaa, ja Jäämeren jääpeite on ohentunut ja supistunut alueeltaan liki kymmenyksen 30 vuodessa. Kasvukausi on pohjoisella pallonpuoliskolla pidentynyt sadassa vuodessa kaksi viikkoa.

Korholan mukaan käytännössä käsillä on niin sanottu kuudes suuri sukupuuttoaalto. Tiedemiehet uskovat, että maapallolta häviää jopa miljoona eliölajia, jotka eivät kykene sopeutumaan uusiin olosuhteisiin.

Tulvia ja talouskriisiä

"Ihmisen osalta kyseessä on seurausiltaan laaja-alainen ilmiö. Äärisääolojen lisäänty-

» » »

Ympäristömuutoksen professorina helmikuun alussa aloittanut Atte Korhola toivoo EU:lta innovaatioihin rohkaisevia päätöksiä. "Pelkät rajoitukset eivät riitä, vaan koko energiantuotanto pitää suunnitella uusiksi."

Atte Korhola

- Filosofian tohtoriksi 1993 Helsingin yliopistosta.
- Arktisen globaalimuutoksen määrääkainen professori 2002–2007 Helsingin yliopistossa.
- 1.2.2007 alkaen ympäristömuutoksen professori Helsingin yliopistossa.
- Luonnonmaantieteen ja hydrobiologian dosentti.
- Johtanut ympäristömuutoksen tutkimusyksikköä (ECRU) vuodesta 1999.
- Erityisalueena luontaiset ja ihmisen aiheuttamat ympäristömuutokset, erityisesti pitkän aikavälin ilmastomuutos.

essä talous on kovilla kuivuuden ja toisaalta tulvien kourissa. Pahinta lieene merenpinnan nousu, jonka ennustetaan tällä vuosisadalla olevan 20–60 senttiä”, Korhola selvittää.

Tuloksena on dramaattinen muutos miljoonien ihmisten elinolosuhteisiin, sillä 60 prosenttia maailman väestöstä asuu rannikon tuntumassa. Alavissa maissa, kuten Bangladeshissa, Vietnämässä, Surinamissa ja Egyptissä sekä matalilla saarilla meri voi ajaa jopa 150 miljoonaa henkeä ilmastopaholaisiksi.

”Lisäksi monet maapallon nykyiset viljailijat, kuten Yhdysvaltojen keskilämmen pree-ria, saattavat kuivua vaikeasti viljeltäviksi. Nälänhätä kehitysmaissa pahenee ja olosuhteet kurjistuvat.”

Professorin luettelemat faktat ovat karuja. Samalla hän kuitenkin haluaa muistuttaa, ettei kyseessä ole äkkinäinen ja dramaattinen muutos, vaan vuosikymmenien prosessi, johon ehditään vielä vaikuttaa.

”Rauhoittelisin muutenkin ihmisiä, sillä uskon, että vielä voidaan tehdä paljon ja säävuttaa luovuudella ratkaisuja, joiden avulla ilmastomuutoksen aiheuttamia haittoja voidaan vähentää.”

Selvää on, että paheneva ahdinko johtuu pääasiassa ihmisen toiminnasta. Syynä ovat erityisesti ilmakehään päästetyt kasvihuonekaasut, merkittävimpana etenkin öljyn ja hiilen poltosta vapautuva hiilidioksidi. Toisaalta öljy ja hiili ovat juuri niitä välineitä, joiden avulla maapallo toimii.

Valtioiden vaalima jatkuvan talouskasvun tavoite on jyrkässä ristiriidassa ilmastomuutoksen hidastamiseen tähtäävien toimenpiteiden kanssa. Kokonaisuuteen vaikuttaa myös yksittäisten kansalaisten käyttäytymisen; jokainen voisi vaikkapa vähentää autoilua ja kulutusta. Kulutuskulttuuri on Suomessakin muuttunut jatkuvaksi shoppailuksi, ja ostamisesta on tullut harrastus.

Toisaalta yhtälö on harvinaisen hankala, sillä asia ei ole yksiselitteinen. ”Jos ei ole tiettyä kasvua ja varallisuutta, ei ratkaisukeinojakaan synny”, Korhola huomauttaa.

EU:n vedettävä muut maat päästötalkoisiin

Yleisestä havahtumisesta huolimatta energiantarve maapallolla lisääntyy jatkuvasti, ja energiankulutuksen kasvun myötä ilmastomuutos kiihtyy. Nykyisin toimin ei kelkkaa käännettä. Aika on jo ajanut ohi esimerkiksi Kioton sopimuksen, jota Atte Korhola kritisoisi täysin riittämättömäksi.

EU:n tuoreessa ilmastoselonteossa on Korholan mukaan kiinnitetty huomiota oikeisiin asioihin. Kokonaisuus on melko hyvä paketti, jonka puutteet löytyvät laajemmista linjauksista. Tärkeintä kuitenkin on, että unioni saa vedettyä muun maailman mukaan päästötalkoisiin.

”On välttämätöntä saada aikaan kattavampi sopimus, minkä pitää olla johtotähtenä päätöksenteossa. Tony Blair ilmaisi asian nasevasti Davosin kokouksessa: maapallon pelastamiseksi ei auta, että toimitaan yksin. Mukaan täytyy saada kaikki maat.”

EU:n sisällä tuleekin Korholan mukaan nyt miettiä käytännön keinoja päästörajo-



Huippututkimusyksikkö tuottaa

Täsmätietoa ilmastonmuutoksen etenemisestä

Ilmassa leijuvia kiinteitä tai nestemäisiä aerosolihiukkasia syntyy esimerkiksi teollisuuden ja liikenteen päästöistä, aavikoiden hiekkamyrskyistä sekä biosfääristä. Hiukkaset vaikuttavat myös ilmastonmuutoksen etenemiseen.

"Aerosolihiukkaset heijastavat auringonsäteilyä takaisin avaruuteen muun muassa pilviä muodostamalla. Samalla ne viilentävät ilmastoa ja sitä kautta hidastavat ilmastonmuutosta. Mekanismin selvittämiseksi tarvitsemme perusteellista tietoa aerosolihiukkasten ja pilvipisaroiden synnystä ja dynamiikasta", sanoo akatemiaprofessori **Markku Kulmala**.

Kulmalan johtamassa ja Suomen Akatemian rahoittamassa huippututkimusyksikössä selvitetään, miten biologiset, kemialliset ja fysikaaliset prosessit ja biogeokemiallinen kierto vaikuttavat aerosolihiukkasiin ja ilman hivenkaasuihin, kuten otsoniin, typenoksideihin ja hiilivetyihin. Tutkimuksen kohteena ovat myös hiukkasten ja hivenkaasujen vaikutukset näihin prosesseihin.

"Tutkimme esimerkiksi sitä, miten hiukkaset kasvavat ja muodostuvat. Kokeellisen ja teoreettisen tutkimuksen perustana ovat jatkuvat mittaukset kenttäasemilla sekä mittauskampanjat ympäri maailmaa. Lisäksi kehitämme ja rakennamme uusia mittauslaitteita yhteistoiminnassa eräiden yritysten kanssa."

"Tavoitteena on ilmastonmuutokseen liittyvän tieteellisen epävarmuuden vähentäminen", Kulmala tiivistää.

Kari Kaikkonen

tusten laajentamiseksi globaaleiksi. Pelkät rajoitukset eivät tosin vielä riitä, vaan koko energiantuotanto pitää suunnitella uusiksi. Hän patistelee Eurooppaa entistä paljon suurempaan aktiivisuuteen.

"Uusien energiamuotojen keksiminen ja hyödyntäminen on mahdollista, mikäli sitä kannustetaan päätöksillä. EU:ssa ei kuitenkaan riittävästi rohkaista innovaatioihin."

Suomalaisprofessori itse uskoo eniten aurinko- ja fuusioenergian mahdollisuuksiin. Jälkimmäiseen satsataan reilusti muun muassa Japanissa, josta olisi hyvä ottaa esimerkkiä.

Yksittäisenä ongelmana Korhola mainitsee jatkuvasti lisääntyvän lentoliikenteen, jonka päästöihin on kiire löytää selkeä ratkaisu.

"**Bushin** aloite vähentää liikenteen öljyn kulutusta 20 prosenttia on hyvä, ja vastavaan pitäisi sitoutua myös Euroopassa. Ratkaisevaa tosin on, millä öljy korvataan: sen tulee tapahtua biopolttoaineilla, jotka oikeasti vähentävät kokonaispäästöjä."

Kantona kaskessa on öljyn hinnan viimeaikainen lasku, joka väliaikaisesti vähentää paineita uusien energiamuotojen etsimiseen. Tilanteessa onkin edes parannettava vanhojen käyttöä.

"Esimerkiksi hiilivoimaloissa hiilidioksidin talteenottoa voidaan vauhdittaa ja energiatehokkuutta lisätä. Energian säästöön liittyvän teknologian kehittämisessä on kaikkiaan runsaasti työsarkaa."

Ympäristöongelmana alvan omassa luokassaan

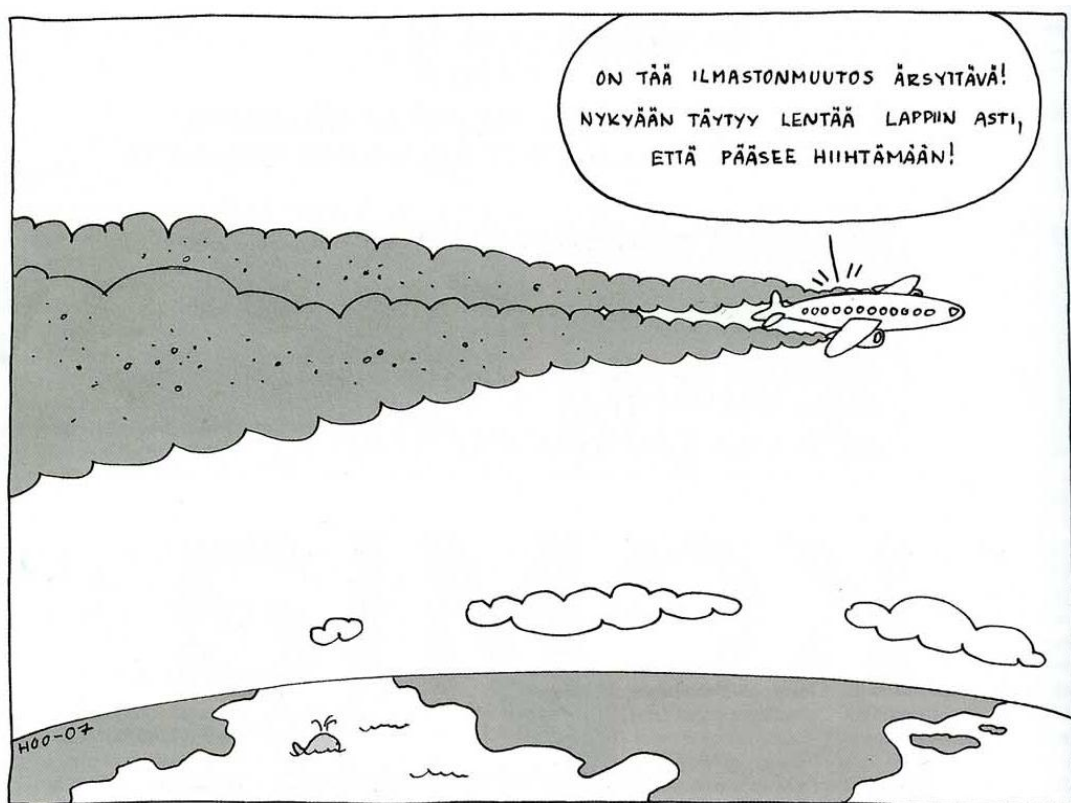
Kun Atte Korhola aloitti tutkijanuransa, ajankohtainen ympäristöongelma maailmalla oli happamoituminen. Seuraavaksi esiin nousi biodiversiteetti, sitten otsonikato ja uv-säteily. Viimeksi mainittuihin liittyvät haitat on jo lähes ratkaistu, vaikkakin niiden aiheuttamat ongelmat säilyvät vielä vuosikymmeniä.

Viimeiset 15 vuotta ympäristötieteilijöiden keskeisenä tutkimuskohteena on ollut ilmastonmuutos, joka on osoittautunut kovemmaksi pähkinäksi kuin mikään aiempi. Ilmiö hallitsee myös Helsingin yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tutkimusta.

Syynä siihen, että ilmastonmuutos on kokonaan omassa luokassaan, on sen nivoutuminen koko elämäntapaamme. Ongelma on niin valtava, että myös tutkimuksen tarve on kasvanut ennennäkemättömiin mittoihin. Helsingissä on käynnissä muun muassa pitkän aikavälin muutoksia kartoittava hanke.

"Pyrimme esimerkiksi selvittämään, miten ekosysteemit reagoivat ympäristön muuttumiseen. Se on oleellista niiden vastustuskyvyn kannalta." □

Kirjoittaja on vapaa toimittaja.
arja-leena.paavola@helsinki.fi





Keksintö, joka muutti historian kulun

Patiomenetelmä avasi Amerikan HOPEAHANAT

■ Amerikan valloittajia kannusti muu kuin uuden mantereen tutkimisen ilo – kullan ja hopean himo. Aluksi intiaaneilta ryöstetty, sittemmin itse kaivettu hopea nosti Euroopan talouden huimaan kukoistukseen. Hopea-aarteet olisivat kuitenkin jääneet saamatta ilman mullistavaa metallurgista keksintöä, patiomenetelmää. Hopeanhimon uhreiksi joutuivat kaivostyöhön pakotetut intiaanit, joiden terveyden elohopean käsittely tuhosi.

Pekka T. Heikura

Kun espanjalaiset **Kolumbuksen** löytöretken myötä aloittivat Amerikan valloituksen vuonna 1492, he keksivät pian, että uusien siirtomaiden alkuasukkailla oli hallussaan jättimäinen arvometalliomaisuus. Yhdeksi merkittävimmistä mantereen valtaamisen motiveista nousikin aarteiden ryöstäminen intiaaneilta.

Konkistadori **Francisco Pizarro** Cajamarcassa vuosina 1532–1533 rohuuama aarre oli satumaisen suuri: 13 000 naulaa eli noin 5 000 kiloa 22-karaattista kultaa ja 26 000 naulaa hopeaa. Kasapäin kiiltäviä metalleja kahmittiin myöhemmin Cuzcosta, ja huomattavimpiin saaliisiin kuului myös Bogotán ylätasangolta vuosina 1538–1539 hankittu kultaröykkiö.

Lisää himoittuja arvometalleja saatiin, kun valloittajat ryhtyivät etsimään intiaaneilta huomaamatta jääneitä esiintymiä. Tuhoottuaan asteekkien valtakunnan he alkoivat heti hyödyntää Uuden Espanjan eli nykyisen Meksikon hopeamalmioita. 1530-luvulta alkaen hopeakaivoksia perustettiin keskisen Meksikon Zumpangoon, Sultepeciin, Taxcoon ja Tlalpujahuaan.

Maan hopeavarojen koko laajuus paljastui kuitenkin vasta, kun rikas Zacatecasin esiin-

tymä löytyi vuonna 1546. Pohjoiselle tasangolle avattiin pian lisää kaivoksia: Guanajuatoon vuonna 1550, Pachucaan ja Real del Monteen 1552, Sombereen 1558 ja vielä San Luis Potosin 1591.

Jo vuonna 1545 oli paljastunut Potosin huikea hopeasiintymä nykyisen Bolivian alueella. Kaivaustoiminta neljän kilometrin korkeudessa Andien vuoristossa sijainneessa Cerro Ricossa – ”rikkaassa vuoressa” – käynnistyi vuoden 1550 tienoilla. Alkuaikoina Cerro Ricon malmista oli jopa 50 prosenttia hopeaa.

Löytöjen myötä Uusi maailma nousi maailman suurimmaksi hopean tuotantoalueeksi. Hyöty kerättiin kuitenkin pääasiassa Euroopassa, jonne aarteet laivattiin ja joka niiden ansiosta vaurastui ennen näkemättömästi.

Kehno tekniikka söi kannattavuuden

Kaikki olisi voinut käydä toisinkin. Malmin käsittely ei nimittäin ollut helppoa. Andeilla espanjalaiset käyttivät intiaanien perinteistä, varsin tehotonta tekniikkaa, pieniä kivi- tai saviuuneja, joissa tulta kohennettiin palkei-

den sijasta vuoristotuulten avulla.

Meksikossa hyödynnettiin ajan arvostuimpien eurooppalaisten spesialistien, sak-salaisten vuorimiesten, mukanaan tuomia edistyneempiä keinoja. Hopean sulatukseen tarvittiin kuitenkin suuria määriä lyijyä, mikä teki tekniikasta hyvin kalliin. Taloudellisesti kannattavia, rikkaita, lähellä maan pintaa sijaitsevia hopeamalmioita oli ajan mitaan yhä vaikeampi löytää. Vuoteen 1570 mennessä hopean määrä putosi Potosissakin pariin prosenttiin.

Lisäksi kaivostyövoimasta alkoi olla puute, kun orjatyöhön pakotetut intiaanit joko onnistuivat pakenemaan tai menehtyivät työnsä ääreen tai kulkutauteihin. Myös työntekijöiden vaatteen ja ruuan hinnat kaksinkertaistuivat 1530-luvulla. Seurauksena oli, että Meksikon hopeasiintymien hyödyntäminen ajautui kriisiin jo vuoden 1539 tienoilla.

1550-luvulla tilanne vaikeutui entisestään. Orjuuden sijaan intiaaneja alettiin pitää kruunun alamaisina, ja uusien lakien myötä heille säilytetty pakkotyö kaivoksissa väheni. Afrikasta siirtokuntiin rahdattujen mustien orjien määrä taas oli 16. vuosisadalla vie-



Näkymä Cajamarcasta, jossa konkistadori Francisco Pizarro rohusi vuosina 1532–1533 noin 5 000 kiloa 22-karaattista kultaa ja 10 000 kiloa hopeaa. Mustavalkokuvat Martti Pärssisen teoksesta *Andien ihminen*, Suomen Madridin-instituutti 2004.

Keksijä kuoli köyhänä

Nerokkaan metallurgisen innovaation tehnyt Bartolomé de Medina ei keksinnöllään rikastunut.

Uuden Espanjan kolmesta *audiencias*-ta eli hallintopiiristä vain yhden eli Méxicon vähäiset hopeakaivokset suostuivat myöntämään hänelle rojalteja tuotostaan, mutta muualla ei piitattu patenttioikeuksista.

Päätuotantoalueen, Meksikon koillisosan Nueva Galician ja Nueva Vizcayan suurkaivokset kieltäytyivät maksamasta keksijälle mitään. Ne kuuluivat Guadalarajan audiencian tuomiovallan piiriin ja katsoivat, ettei Méxicossa myönnetty patentti sitonut niitä mitenkään.

Kaivosten omistajat saivat kantansa läpi myös oikeusistuimissa.

Medinalta jäivät patenttioikeusrahat saamatta. Suuri keksijä kuoli köyhyydessä Meksikon Pachucassa korkeassa 88 vuoden iässä vuonna 1585.

lä pieni, ja he olivat sitä paitsi tavattoman kalliita.

Hopean tuotanto romahtikin rajusti. Kunninkaan osuus eli valtiolle toimitettava ns. kruunun viidennes kaikista kerätyistä tai kaivetuista jalometalleista oli vuonna 1553 enää kolmasosa vuoden 1549 toimituksesta.

Elohopean vallankumous

Pelastuksen pulasta toi espanjalainen **Bartolomé de Medina**, vuonna 1497 Sevillassa syntynyt kauppias, joka myöhemmällä iällään päätti ryhtyä metallurgiksi. Hän saapui vuonna 1553 Meksikoon kehittämään uutta tekniikkaa, elohopean käyttöä hopean irrottamiseksi malmista.

Medina oli jo kotimaassaan saanut alan oppia saksalaiselta **Maestro Lorenzolta**. Menetelmää hiottaessa toinen tärkeä neuvonantajja **Gaspar Lohmann** taas kehitti ratkaisevan kojeen: myllyn malmin rouhimiseen.



Uuden teknologian ansiosta hopean tuotantomäärät alkoivat kasvaa dramaattisesti Potosissa 1570-luvulta lähtien. Kun Espanjan siirtomaaherruus alueella päättyi vuonna 1820, hopeavuori oli kasvanut jo 100 000 tonnin painoiseksi.

Kaksivuotisten testien ja kokeilujen jälkeen oli valmiina uusi hydrometallurginen ns. patiomenetelmä, jolla voitiin suhteellisen alhaisin kustannuksin hyödyntää suuria määriä heikkolaatuista hopeamalmia entistä syvemmmältä maaperästä.

Uuden Espanjan varakuningas **Don Luis De Velasco** myönsi Medinan innovaatiolle patentin vuonna 1555. Seuraavat 350 vuotta se muodosti ylittämättömän tekniikan, johon turvautuivat kaikki hopeakaivokset Rio

Grandelta Cape Horniin saakka.

Maaailman vanhimman amalgamointimenetelmän keskeinen idea oli, että elohopea liuottaa malmista hopean amalgaamiksi muun malmiaineksen jäädessä liukenematta.

Malmi jauhettiin aluksi hienoksi *arrastrassa* eli rouhintamyllyssä, jossa oli neljästä kahteentoista raudoitettua survinta. Käyttövoiman uurastivat muulit tai härät. Siellä, missä oli lähellä jokia ja koskia, voimanlähteenä käytettiin vesiratasta.

» » »

Kun malmi oli hienonnettu, siihen sekoi-
tettiin vettä ja elohopeaa ja muita reagentte-
ja, kuten suolaa ja kuparisulfaattia. Andeil-
la sekoitus tehtiin suurissa säiliöissä, joiden
vetoisuus oli jopa 2 300 malmikiloa. Joskus
säiliötä kuumennettiin reaktioiden nopeut-
tamiseksi.

Syntynyt seos levitettiin *patiolle* eli kive-
tylle pihamaalle. *Beneficio de patio, patio
processing* ja patioikäsitteily ovatkin yhä käy-
tettyjä termejä amalgamoinnista puhuttaes-
sa. Pihalla seos joutui muulien poljettavaksi.
Muutaman viikon kuluttua prosessin johtaja
tarkisti, että elohopean yhtyminen hopeaan
oli tapahtunut.

Seuraavaksi elohopea-hopeamassaa sekoi-
tettiin ja huuhdeltiin puusammioissa vedellä,
jolloin malmin hylkyaineet liettyivät pois ja
pohjalle jäi amalgaami. Lopuksi amalgaamis-
ta puristettiin ensin osa elohopeasta pois nah-
kasäkkien läpi. Loput elohopeasta tislattiin
retorteissa, ja tuloksena oli puhdasta hopeaa.

Hopean tuotanto moninkertaistuu

Amalgamointilaitosta kutsuttiin Andeil-
la *ingenioksi*, Meksikossa termi taas kuu-
lui *hacienda de minas*. Rakennuksineen ja
laitteineen laitokset olivat kalliita sijoituk-
sia. Vesivoimalla toimineet Potosin *ingeni-
ot* maksoivat 50 000 pesoa kukin; summalla
olisi saanut 50 taloa tai 5 000 laamaa. Ky-
seessä olivatkin Espanjan siirtomaavallan
ajan suurimmat investoinnit Amerikassa.

Potosin tarvittava elohopea rahtattiin laa-
moilla ja muuleilla Huancavelican kaivok-
sesta Perusta. Meksikoon elohopeaa tuotiin
pääasiassa Espanjan Almadénista.

Kustannuksista huolimatta menetelmä
omaksuttiin nopeasti Meksikon hopea-
kaivoksissa. Jo 1550-luvun puolimaissa
amalgamointilaitoksia oli käytössä peräti
120. Potosissa uusi tekniikka otettiin käy-
ttöön 1570-luvulla, kun Perun varakuningas
Francisco de Toledo saapui sinne kruunun
määräyksestä tehostamaan tuotantoa.

Patiomenetelmän tulo teki lopun intiaa-
nien laajamittaisesta hopean louhinnasta ja
valmistuksesta. Valkoisilla siirtomaaisännil-
lä oli varaa uuden menetelmän vaatimiin jäti-
investointeihin, ja perinteinen hopeanteko
jatkui vain pienessä mittakaavassa.

Uuden teknologian ansiosta hopean tuo-
tanto alkoi dramaattisesti kasvaa ja nousi
1590-luvulla huippulukemiinsa. Esimerkik-
si Potosissa tuotanto paisui vuoden 1572 jäl-
keen kymmenessä vuodessa 6,7-kertaiseksi
eli 26 tonnista 174 tonniin. Huippuvuoden
1592 ennätys oli 202 tonnia.

Vuoteen 1600 mennessä Uusi maailma oli
tuottanut hopeaa lähes 400 miljoonaa pesoa
eli noin 11 000 tonnia (hopeinen peso oli
25,5 grammaa). Kun Espanjan siirtomaa-
herrsus alueella vuonna 1820 päättyi, ho-
peavuori oli ehtinyt kasvaa 100 000 tonnin
painoiseksi.

Aarreilaivat purjehtivat itään

Jos patiomenetelmä aiheutti teknisen mul-
listuksen eteläisessä Amerikassa, sen talou-
delliset vaikutukset olivat maailmanlaajui-
set. Ylivoimaisesti eniten hyötyi Eurooppa,
jonka rahametalilivaranto kolminkertaistui
hopeavirran myötä.

Peräti 95 prosenttia Espanjan merenta-
kaisista siirtomaista tuomasta tavarasta oli
jalometalleja. Valtion budjetista arvometal-
liluonti muodosti 1500-luvun jälkipuolis-
kolla huomattavan osan: kuninkaallisen vii-
denneksen tuotto lähes kymmenkertaistui
250 000 dukaattista – dukaatti oli 3,5 gram-
man painoinen kultaraha – kahteen miljoo-
naan dukaattiin vuodessa.

Hopean lisäksi vanhalle mantereelle saa-
pui vielä jalompaa metallia. Eurooppaan län-
nestä laivatut vuosittaiset kulturalastit kasvoi-
vat 1500-luvun alkuvuosikymmenen 5 000
kilosta 1550-luvun lähes 43 000 kiloon.

Sen jälkeen kun amalgamointitekniikka oli
otettu käyttöön, hopeaa saatiin maan uume-
nista kuitenkin huomattavasti kultaa enem-
män. 1550-luvulta alkaen keltaisen metallin
syntäytty hopeinen, ja sen virta yli Atlantin
kasvoi 1530-luvun 86 tonnista 1590-luvun
yli 2 707 tonnin huippulukemiin.

Euroopan vaurastuminen oli saanut hope-
aisen lähtölaukauksensa.

Kirjoittaja on historioitsija ja
vapaa toimittaja.
pekka.heikura@pp1.inet.fi



Uru-intiaaneja asuu
vielä nykyisinkin
Titica-järven kel-
lulla saarilla. He
ovat jo kadotta-
neet alkuperäisen
kielensä ja puhuvat
nykyisin lähinnä
espanjaa tai
aimaraa.

Elohopean uhrin

Potosin kaivosten vaikuttavat tuotanto-
määrät eivät olleet yksinomaan patio-
menetelmän ansiota. Toinen tärkeä tekijä
oli pahamaineinen *mita*, jo inkojen käyt-
tämä pakkotyöjärjestelmä.

Mitan puitteissa Potosin tuotiin joka
vuosi yli 13 000 intiaanimiestä. Orjuuden
lakkauttamisen jälkeen heille tosin mak-
settiin suhteellisen hyvää palkkaa, mutta
kaivostyö oli terveydelle hyvin vaarallista
ja vaati valtavasti ihmishenkiä.

Satoaan niittivät niin elohopean käsit-
tely, onnettomuudet kuin kulkutauditkin.

Patiokauden alkuaikoina uhreiksi joutu-
ivat erityisesti uru-intiaanit, jotka pakoteti-
ttiin polkemaan myrkyllistä elohopean ja
hopean seosta paljain jaloin tuhoisin seu-
rauksin. Vuoteen 1674 mennessä uruista
kuoli peräti 90 prosenttia.

Kun otetaan huomioon koko siirtomaa-
aika, kaikkien Potosin kaivoksissa me-
nehtyneiden määrä lasketaan miljoonis-
sa. Kaupungin väkiluku oli ylimmillään
noin 160 000 henkeä, mikä tekee Potosis-
ta yhden silloisen Amerikan suurimmista
kaupungeista. □

Espanjan paradoksi

Hopeavirran luulisi olleen mahtava piris-
tysruiske nimenomaan Espanjan talou-
delle. Kävi kuitenkin päinvastoin.

Hopearahoja ei käytetty siihen, mihin
olisi pitänyt: uuden viljelymaan raivaam-
iseen, metsän istuttamiseen, soiden
kuivaamiseen, satamien laajentamiseen,
teiden rakentamiseen, emämaan oman
kaivostoinnin kehittämiseen tai rau-
tatehtaiden modernisointiin.

Varat hupenivat muualle. Espanjan eri
puolilla Eurooppaa käymiin sotiin varus-
tettiin laivastoja ja armeijoita. Esimer-
kiksi Kastilian budjetista upposi vuonna
1574 varusteluun peräti 70 prosenttia.
Lisäksi paisui byrokratia, ja sen myötä
myös uusien virkamiesten palkkame-
not.

Samalla talous rappeutui. Hopeavirran
aiheuttama inflaatio nosti espanjalaisten
tuotteiden hinnat niin korkealle, etteivät
ne enää menestyneet kauppakumppaneiden
markkinoilla. Kutomot, kehräämöt,
laivanveistämöt ja muut liikeyritykset
joutuivat suuriin vaikeuksiin. Espanjalai-
set alkoivat ostaa tavaransa ulkomailta.

Velkaantunut valtio teki vuosina 1557–
1662 kahdeksan eri vararikkoa. Maa,
jonka ainoa mahtava laitos oli enää vain
armeija, suistui ankeaan köyhyyyteen.

Vitamiinia ja aloe veraa tekstiilikuituihin

Funktionaalisia vaatteita Orimattilasta

■ Ensin markkinoille tulivat funktionaaliset elintarvikkeet. Nyt kuluttajien ulottuvilla ovat myös funktionaaliset vaatteet. Orimattilassa toimiva Finnkarelia Virke on kehittänyt asiakkailleen E-vitamiineja ja aloe veraa sisältäviä tekstiilejä.

Teija Horppu

Nanotekniikan sovellukset vaatteissa ovat monelle tuttuja. Niiden ansiosta tekstiileistä saadaan esimerkiksi vettä tai likaa hylkiviä.

Sen sijaan mikrokapselitekniikkaa ei eurooppalaisissa vaatetusteollisuudessa juuri käytetty ennen kuin Orimattilassa toimiva Finnkarelia Virke Oy alkoi hyödyntää sitä. Tekniikan avulla tekstiilikuidun sisään uutetaan E-vitamiini- tai aloe vera -kapseleita, jotka tekevät valmistajan mukaan vaateen kantajan ihon pehmeämmäksi.

Yritys toi ensimmäiset aloe veraa sisältävät paidat ja pyyhkeet markkinoille muutama vuosi sitten. Sitä ennen kasvia oli lisätty vain sukkahousuihin. Vitamiinointia Finnkarelia Virkeen myyntijohtaja **Jaakko Mattila** ei tiedä yhdenkään toisen eurooppalaisvalmistajan harjoittavan vielä.

Mikrokapseleilla kitosaanikuori

Kangas saa funktionaalisen erikoisannoksensa viimeistelykäsittelyä ennen kuin se ommellaan vaateeksi. Kaikki tekniikassa tarvittavat kemikaalit, vitamiini tai aloe vera sekä sideaine ja katalysaattori laitetaan vesiliukoisine ns. fouldariin eli altaaseen. Käsiteltävä kangas ajetaan fouldarin läpi, liika liuos puristetaan pois ja jäljelle jäänyt kiinnitetään tekstiiliin raamissa eli kuivausruuissa. Raamissa on lämpöä käsittelystä riippuen 120–150 astetta.

"Jotta haluttu efekti saadaan aikaan, liuoksen pH:n pitää olla noin viisi. Prosessi on yksinkertainen ja myös nopea, kestää vain muutaman kymmenen minuuttia", Jaakko Mattila kuvailee.

Tekstiilikuidun sisään ujutautuvissa kapseleissa on kitosaanikuori. Kun vaatetta käytetään, kitka ja ihon omat entsyymit rikkovat kuoria vähitellen ja vapauttavat kapselien sisällön.



Tekstiilikuidun sisään uutetaan kitosaanikuoria E-vitamiini- tai aloe vera -kapseleita. Vaatetta käytettäessä kitka ja ihon entsyymit rikkovat kapselien kuoria vähitellen.



tettuja aineita voi myöhemmin "tankata". Valmistajan mukaan E-vitamiinista on kymmenen pesukerran jälkeen jäljellä noin 40 prosenttia.

Kaikkiaan vaate luovuttaa vitamiinia iholle arviolta 17 pesun verran. Aloe veran kestävyys on hieman huonompi, koska kasvi on vesiliukoinen ja hupenee pesuissa nopeammin.

Lisäarvo myy Pohjoismaissa

Finnkarelia Virkkeessä ei kuvitella kenenkään ostavan paitaansa sen sisältämän vitamiinin tai aloe veran takia.

"Vaateen ensisijainen tehtävä on sopia käyttötarkoitukseensa ja olla kivan näköinen, funktionaalisuus on lisäarvo", Jaakko Mattila kiteyttää.

Hänen mukaansa kuluttajat ovat kuitenkin ottaneet funktionaaliset tekstiilit hyvin vastaan. "Kaikki tuotteita kokeilleet ovat olleet tyytyväisiä – jopa minä itse, vaikka aluksi suhtauduin asiaan aika lailla epäillen", hän naurahtaa.

Mattilan mukaan globaalissa maailmassa on silti harkittava tarkkaan, mitä kaikkia elementtejä tuotteeseen lisää.

"Suomalaiset ovat teknisesti edistyneitä ja omaksuvat funktionaaliset tuotteet helposti. Skandinavian ulkopuolella lisäarvoja sen sijaan on vaikea myydä: muualla maailmassa ajatellaan voimakkaammin, että paita on paita."

Jaakko Mattila uskoo joka tapauksessa teknologian edistävän tasatahtiin kaikilla sektoreilla. Mitä enemmän uusia käyttökohteita ilmaantuu kännykkään, sitä runsaammin tulee tekniikkaa myös vaatteisiin.

"Vaatteiden on kuitenkin oltava helppo-käyttöisiä. Paita ei enää toimi, jos pitää ladata pattereita, jotta sen voi pukea päälle."

Kirjoittaja on vapaa toimittaja.
teija.horppu@thor-viestinta.fi

LIITE 13: Kemia elinympäristössä -kurssin tehtävämoniste liittyen oppimateriaalien kokeiluun

Kemia-Kemi-lehteä hyödyntävät oppimateriaalit

Tutustutaan ryhmissä kolmeen eri oppimateriaaliin:

- 1) Kauhea kasvihuoneilmiö?
- 2) Alkemiasta moderniksi tieteeeksi
- 3) Teknologiaa atomitasolla

Jokainen tutustuu oppimateriaaleihin. Lisäksi kukin ryhmä syvenyy yhteen oppimateriaaliin seuraavasti.

Ryhmä 1 (10 henkeä): Kauhea kasvihuoneilmiö?

- Valmistelkaa väittely aiheesta *Ihminen on syypää ilmastonmuutokseen*.
- Väittelyssä on kaksi kahden hengen joukkuetta, yksi puheenjohtaja, kaksi sihteeriä ja kolme tuomaria.
- Väittely esitetään kurssikerran lopuksi koko ryhmälle.

Ryhmä 2 (5 henkeä): Teknologiaa atomitasolla

- Laatikka käsitekartta artikkelista *Vitamiinia ja Aloe veraa tekstiilikuituihin*.
- Jokainen ryhmän jäsen laatii ensin käsitekartan itsenäisesti. Tämän jälkeen yhdistätte käsitekartat ryhmän yhteiseksi käsitekartaksi.
- Lisää ohjeita löytyy *Vitamiineja vaatteisiin* -osiosta.
- Käsitekartta esitetään kurssikerran lopuksi koko ryhmälle.

Ryhmä 3 (6 henkeä): Teknologiaa atomitasolla

- Ideoikaa luovan ongelmanratkaisun keinoin uusia innovaatioita.
- Ohjeet luovaan ongelmanratkaisuun löytyvät *Luovuus valloilleen* -osiosta.
- Kun olette koko ryhmänä äänestäneet kolme parasta ideaa, jakautukaa tiimeihin pareittain. Kukin pari tarkastelee yhtä ideaa SWOT-analyysin avulla.

Ryhmä 4 (5 henkeä): Alkemiasta moderniksi tieteeeksi

- Etsikää artikkelista *Patiomenetelmä avasi Amerikan hopeahanat* kemiaan liittyvät käsitteet.
- Mitkä käsitteet ovat kaikkein keskeisimpiä artikkelin kemiaan liittyvän sisällön ymmärtämisen kannalta?
- Selvittäkää POPS:n (2004) ja LOPS:n (2003) avulla, milloin (yläaste tai lukion kurssi) käsitteet opitaan.
- Esitelkää arvionne artikkelin soveltuvuudesta informaaliseseen kemian oppimiseen edellä mainittujen huomioiden näkökulmasta.

LIITE 14: Oppimateriaalien arviointilomake

KYSELYLOMAKE

Vastaamalla seuraaviin kysymyksiin, autat kehittämään kemian opetuksen tutkimusta.

I Taustatiedot

- a) Pääaine: _____
- b) Sivuaaineet: _____
- c) Opintopisteet: _____, joista kemiaa: _____
- d) Kokemukseni kemian opettamisesta (poislukien opetusharjoittelu): ei ollenkaan ,
ainoastaan lyhyitä sijaisuuksia , 1 kk–1 vuosi , yli vuosi .
- e) Olen suorittanut: perusharjoittelun , syventävän harjoittelun , soveltavan
harjoittelun , en mitään edellä mainituista .

II Kemia-Kemi-lehden käyttö kemian opetuksessa: kysymyksiä oppimateriaaleista

1. Kenelle seuraavat oppimateriaalit mielestäsi soveltuvat?

- a) Kauhea kasvihuoneilmiö?
- b) Alkemiasta moderniksi tieteksi
- c) Teknologiaa atomitasolla

2. Miten parantaisit oppimateriaaleja?

- a) Kauhea kasvihuoneilmiö?
- b) Alkemiasta moderniksi tieteksi
- c) Teknologiaa atomitasolla

3. Valitse sopivin vaihtoehto.

1 = täysin eri mieltä

5 = täysin samaa mieltä

a) Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat ovat minulle tuttuja. 1 2 3 4 5

b) Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat hyödyntävät informaalisen oppimisen periaatteita.

1 2 3 4 5

c) Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat kehittävät opiskelijoiden tiedon hankinnan taitoja.

1 2 3 4 5

d) Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat kehittävät opiskelijoiden tiedon välittämisen taitoja.

1 2 3 4 5

e) Oppimateriaaleissa käytettävät työtavat kehittävät opiskelijoiden tiedon luotettavuuden arvioinnin taitoja.

1 2 3 4 5

f) Oppimateriaalien aiheet ovat kiinnostavia.

1 2 3 4 5

g) Oppimateriaalien aiheet ovat tärkeitä käsitellä kemian opetuksessa. 1 2 3 4 5

h) Oppimateriaaleja käyttämällä voidaan mielekkäästi integroida muita oppiaineita kemian kanssa.

1 2 3 4 5

i) Lehtiä pitäisi käyttää enemmän kemian opetuksessa.

1 2 3 4 5

4. Mikä oppimateriaaleista oli mielestäsi mielenkiintoisin? Miksi?

5. Muita kommentteja?

Kiitos osallistumisestasi tutkimukseen!