

KEMIAN OPETUS RUOTSISSA JA SUOMESSA
PERUSKOULUN LUOKILLA 7 – 9
Opetussuunnitelmien ja oppikirjojen vertailua

Saana Ruotsala

28.5.2007

Pro gradu -tutkielma

Kemian opettajankoulutusyksikkö

Kemian laitos

Helsingin yliopisto

Sisällysluettelo

SISÄLLYSLUETTELO	1
LYHENNELUETTELO.....	4
1 JOHDANTO.....	5
2 KEMIAN OPETUS JA OPPIMINEN	7
2.1 KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA	8
2.1.1 Perusteita kokeellisuudelle	8
2.1.2 Kokeellisuuden tavoitteet	9
2.2 LASKENNALLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA	10
3 PERUSKOULUN KEMIAN OPETUSSUUNNITELMAT RUOTSISSA.....	12
3.1 PERUSKOULU-UUDISTUS	12
3.2 PERUSKOULUN OPETUSSUUNNITELMAT 1962–1994.....	13
3.2.1 Opetussuunnitelmien yleisten linjausten kehitys.....	13
3.2.2 Kemian opetussuunnitelmien kehitys	16
3.2.2.1 Kokeellisuus kemian opetussuunnitelmissa.....	19
3.2.2.2 Laskennallisuus kemian opetussuunnitelmissa.....	20
4 PERUSKOULUN KEMIAN OPETUSSUUNNITELMIEN PERUSTEET SUOMESSA	21
4.1 PERUSKOULU-UUDISTUS	21
4.2 PERUSKOULUN OPETUSSUUNNITELMIEN PERUSTEET 1970–2004	22
4.2.1 Opetussuunnitelmien perusteiden yleislinjausten kehitys	22
4.2.2 Kemian opetussuunnitelmien perusteiden kehitys.....	24
4.2.2.1 Kokeellisuus kemian opetussuunnitelmien perusteissa	26
4.2.2.2 Laskennallisuus kemian opetussuunnitelmien perusteissa	27
5 OPPIKIRJA KEMIAN OPETUKSESSA	28
5.1 OPPIKIRJAN HISTORIAA	28
5.2 OPPIKIRJAN TEHTÄVÄT JA TAVOITTEET.....	29

5.3 OPPIKIRJAN OPPIMISVAIKUTUKSET	30
5.4 OPPIKIRJAN KUVITUS	31
5.4.1 Kuvituksen tehtävät ja tavoitteet.....	32
5.4.2 Kuvituksen oppimisvaikutukset.....	33
5.5 KOKEELLISUUS OPPIKIRJASSA	33
5.5.1 Kokeelliset kuvat, esimerkit ja tehtävät.....	33
5.5.2 Kokeelliset työohjeet	34
5.6 LASKENNALLISUUS OPPIKIRJASSA.....	35
5.7 OPPIKIRJA OPETTAJAN TUKENA.....	35
5.7.1 Opettajan aineenosaaminen ja kemian opetus	35
5.7.2 Kemian opettajien koulutus pohja Ruotsissa ja Suomessa	37
5.7.2.1 Koulutus pohja Suomessa.....	37
5.7.2.2 Koulutus pohja Ruotsissa.....	38
5.7.3 Oppikirja aineenosaamisen täydentäjänä.....	40
6 TUTKIMUSONGELMAT JA TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN.....	41
6.1 TUTKIMUSONGELMAT	41
6.2 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN.....	42
6.2.1 Opetussuunnitelma-analyysi.....	43
6.2.2 Oppikirja-analyysi	44
7 TUTKIMUSTULOKSET.....	46
7.1 RUOTSIN JA SUOMEN OPETUSSUUNNITELMIEN VERTAILU	46
7.1.1 Valtakunnallisten opetussuunnitelmien yleiset linjaukset.....	46
7.1.1.1 Opetuksen arvopohja	46
7.1.1.2 Perusopetuksen tehtävä.....	48
7.1.1.3 Työtavat	49
7.1.2 Valtakunnalliset kemian opetussuunnitelmat	50
7.1.2.1 Tuntijako.....	50
7.1.2.2 Kemian opetuksen tavoite ja tehtävä	51
7.1.2.3 Opetussuunnitelmien teemat ja käsitteet.....	53
7.1.2.4 Kokeellisuus opetussuunnitelmissa	55
7.1.2.5 Laskennallisuus opetussuunnitelmissa	56

7.1.3 Esimerkkejä Ruotsin ja Suomen koulukohtaisista opetussuunnitelmista	56
7.1.4 Erot ja yhtäläisyydet Ruotsin ja Suomen opetussuunnitelmien välillä.....	61
7.2 KEMIAN OPPIKIRJAT	62
7.2.1 Oppikirjoissa esiintyvät teemat, käsitteet ja niiden käsittelytapa	62
7.2.1.1 Oppikirjasarja A.....	64
7.2.1.2 Oppikirjasarja B	66
7.2.1.3 Oppikirjasarja C.....	67
7.2.1.4 Oppikirjasarja D.....	68
7.2.2 Oppikirjojen kokeellisuus	69
7.2.2.1 Kokeelliset kuvat ja kuvasarjat	70
7.2.2.2 Kokeelliset kotitehtävät	71
7.2.2.3 Demonstraatio-ohjeet.....	71
7.2.2.4 Oppilastyöohjeet	71
7.2.3 Oppikirjojen laskennallisuus	73
7.2.3.1 Stoikiometria.....	75
7.2.3.2 Tilastot, taulukot ja kuvaajat.....	75
7.2.4 Erot ja yhtäläisyydet Ruotsin ja Suomen oppikirjojen välillä	76
8 YHTEENVETO, JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	79
8.1 TULOSTEN YHTEENVETOJA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ.....	79
8.2 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI	81
8.3 POHDINTA	82
LÄHTEET	85
LIITTEET	93
LIITE 1: LIITELUETTELO.....	93
LIITE 2: TAULUKOT JA KUVAT	94

Lyhenneluettelo

Lgr 62	Läroplan för grundskolan 1962
Lgr 69	Läroplan för grundskolan 1969
Lgr 69 suppl.	Läroplan för grundskolan 1969 - Supplement orienteringsämnen högstadiet
Lpo 94	Läroplan för det obligatoriska skolväsendet, förskoleklassen och fritidshemmet 1994
POPS 70:1	Peruskoulun opetussuunnitelmakomitean mietintö I - Opetussuunnitelman perusteet 1970
POPS 70:2	Peruskoulun opetussuunnitelmakomitean mietintö II - Opetussuunnitelman perusteet 1970
POPS 70:7	Opas 7 POPS-70 Fysiikka ja kemia
POPS 85	Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1985
POPS 94	Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1994
POPS 04	Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004

1 Johdanto

Luonnontieteellisen osaamisen kehittäminen on kaikissa länsimaissa yksi koulutuksen ensisijaisista tavoitteista. Erilaisia koulutusprojekteja ja -tutkimuksia luonnontieteiden alueella luodaan ja kehitetään jatkuvasti. (The Curriculum Redefined 1994, 104.) Luonnontieteellinen osaaminen nostetaan jopa lukutaidon sekä matemaattisten taitojen rinnalle esimerkiksi OECD:n (Organisation for Economic Cooperation and Development) PISA-tutkimuksissa (Programme for International Student Assessment), joissa mitataan joka kolmas vuosi OECD-maiden 15-vuotiaiden oppilaiden kirjallisia, matemaattisia sekä luonnontieteellisiä taitoja. Luonnontieteellisillä taidoilla tarkoitetaan tässä oppilaan kykyä käyttää luonnontieteellistä tietoa ja käsitteistöä, soveltaa niitä tosielämän tilanteissa, muodostaa kysymyksiä sekä vetää tuloksiin pohjautuvia johtopäätöksiä. Sen mittaaminen PISA-tutkimuksessa tapahtuu biologian, fysiikan ja kemian piiriin kuuluvilla tehtävillä, joissa oppilaiden tulee tunnistaa ja selittää luonnontieteellisiä ilmiöitä, tulkita luonnontieteellisiä tutkimustuloksia ja johtopäätöksiä sekä soveltaa luonnontieteellistä tutkimustapaa (ongelman tunnistaminen, tutkimusaineiston kerääminen ja virhe-arviointi). (Learning for tomorrow's world 2004, 286–292.) Vuoden 2004 lopussa julkaistiin edellisvuoden PISA-tutkimuksen tulokset, jotka herättivät kiihvasta keskustelua sekä Suomessa että Ruotsissa. Tutkimuksessa Suomi asettui vertailujoukosta 548 pisteen keskiarvolla ensimmäiselle sijalle Ruotsin päätyessä sijaluvulle 15 pistemäärällä 506, joka oli vain hieman yli OECD:n 500 pisteen keskiarvon. Suomen keskimääräinen pistemäärä oli edellisestä, vuoden 2000 PISA-tutkimuksesta, noussut Ruotsin pistemäärän pysyneen tilastollisesti katsottuna ennallaan. (Learning for tomorrow's world 2004, 287, 294–295.) Etenkin Ruotsin tiedotusvälineissä puitiin PISA 2003:n tutkimustuloksia: onko kahden toisilleen niin läheisen naapurivaltion oppilaiden tiedoissa ja taidoissa todellakin suuria eroavuuksia? Jos on, niin miksi?

Olen opetustyössäni Ruotsissa todennut kemian perusopetuksen kehysten eroavan hieman niistä, joihin Suomessa sekä pohja- että yliopistokoulutukseni aikana tutustuin. Viimeiset kolme vuotta olen opettanut kaksikielisessä Tukholman Ruotsinsuomalaisessa koulussa, joka seuraa ruotsalaista opetussuunnitelmaa, mutta hyödyntää sekä suomalaisia että ruotsalaisia oppikirjoja. Olen maiden opetussuunnitelmissa ja oppimateriaaleissa huomannut eroja sekä oppisisällössä että tavassa esitellä opetettava asia. Tämän vuoksi

minulle heräsi kiinnostus tutkia aihetta tarkemmin. Mitä yhteisiä painotusalueita maiden kemian opetuksessa on? Miten ja missä määrin ne poikkeavat toisistaan? Näitä asioita on tämä tutkielma pyrkinyt valottamaan.

Tutkielma alkaa tutustumalla kemian opetuksen kehitykseen yleisellä tasolla painottaen erityisesti kokeellista näkökulmaa sekä laskennallista kemiaa. Luonnontieteiden opetussuunnitelmat ympäri maailmaa ovat viime vuosikymmeninä lisänneet kasvavassa määrin praktisten sovellusten ja kokeellisten työtapojen osuutta opetuksessa eikä sen puolesta enää liiemmästi tarvitse edes puhua. Kokeellisuutta vaietumpi tavoite luonnontieteiden opetuksessa on numeerisuuden ja laskennallisuuden kannustaminen. (The Curriculum Redefined 1994, 105, 107.) Monilla oppilailla jopa kihoaa kylmä hiki otsalle, kun he joutuvat luonnontieteellisissä oppiaineissa tekemisiin matemaattisten ongelmien kanssa (Lenton & Stevens 2000). Matematiikan soveltaminen kemian perusasteen opinnoissa on vähäistä, mutta tärkeää, minkä vuoksi se on tutkielman yksi painotuspisteistä.

Tutkielmassa seuraavaksi seurataan peruskoulun opetussuunnitelmien kehitystä Ruotsissa ja Suomessa. Opetussuunnitelmakatsaus aloitetaan Ruotsista, koska nykymuotoisen peruskoulun käyttöön otto tapahtui siellä Suomea aiemmin (Lappalainen 1991, 127, 179). Opetussuunnitelmien kehitystä tarkkaillaessa kiinnitetään huomio sekä opetussuunnitelmien yleisiin perusteisiin että kemian oppiainekohtaisiin opetussuunnitelmiin. Yleiset perusteet ovat kiinnostavia sen vuoksi, että ne heijastavat aikansa yhteiskunnan ajattelutapaa ja ovat näin ollen suoria vaikuttimia myös oppiainekohtaisia opetussuunnitelmia laadittaessa. Opetussuunnitelmiin tutustumisen jälkeen tutkimus esittelee oppikirjan käyttöä ja tehtävää opetuksessa ja oppimisessa. Erityisesti käsitellään oppikirjan kuvitusta ja kokeellisuutta sekä oppikirjan merkitystä opettajan ja opetuksen tukena.

Tutkielman tarkoitus on selvittää opetussuunnitelma-analyysillä Ruotsin ja Suomen valtakunnallisten opetussuunnitelmien erot ja yhtäläisyydet sekä tarkastella lisäksi muutamia koulukohtaisia kemian opetussuunnitelmia. Tutkimuksessa syvennyttään myös kemian oppikirjoihin opetussuunnitelmien sovelluksina.

2 Kemian opetus ja oppiminen

Kemian opetuksella perusasteella on pitkät perinteet. Euroopassa kemia sisällytettiin erillisenä oppiaineena opetussuunnitelmiin 1800-luvun puolivälin jälkeen. Opetusta nautti tuolloin rajallinen, hyväosainen oppilasjoukko. Opetuksen sisältö oli aluksi yksinkertaistettu mukaelma yliopistojen kemian oppisisällöistä, koska sen keskeisenä tavoitteena oli tuolloin oppilaiden jatko-opintovalmius. Kemian kurssit sisälsivät nykypäivänkin kemian oppisisällöistä tuttuja elementtejä: havainnollista kemiaa, kuten aineiden ominaisuuksia ja reaktioita; kemian käsitteitä ja teorioita, kuten kemiallista merkkikieltä ja atomimassaa sekä laboratorioden työskentelytekniikkaa. Erityisesti keskityttiin analyyttiseen kemiaan, koska osa oppilaista pystyi siten lyhyellä täydennyskoulutuksella siirtymään suoraan koulunpenkiltä töihin kemian laboratorioihin. Vuosien varrella oppiaineen sisältö muokkautui johtuen yhteiskunnallisista muutoksista, kemiallisen tietämyksen kasvusta sekä alati kehittyvän teknologian vaikutuksesta ihmisen jokapäiväiseen elämään. Esimerkiksi 1960-luvun ”sputnik-ilmiö” eli Yhdysvaltain ja Neuvostoliiton kilpailu avaruuden herruudesta aikaansai atomin rakenteen ja kemiallisten sidosten tarkemman käsittelyn oppisisällöissä. Muutama vuosikymmen myöhemmin nousi kemian teollisuuteen ja teknologiaan tutustuminen ajankohtaiseksi. Yhteiskunnassa tapahtuvat poliittiset ja taloudelliset muutokset myös laajensivat kemian opiskelun koskemaan suppean ja etuoikeutetun eliitin sijaan koko oppivelvollista väestöä. (DeVos *et al.* 2002, 102–104, 107–109, 111.)

Kemian tuntimäärä koulujen opetussuunnitelmissa on oppiaineen syntyajoista alkaen ollut verrattain vakio. Kemia sisältyy kaikkien maiden perusopetuksen opetussuunnitelmiin joko erillisenä oppiaineena tai yhteisnimikkeen ”luonnontieteet” alla (Kursplaner för grundskolan 1993, 13). Vakaan asemansa se on ansainnut talous-, hyöty-, demokratia- sekä kulttuurisyyistä. Kemia hyödyttää yhteiskuntaa ammattiin ja jatko-opintoihin valmistavana oppiaineena, tarjoaa ihmiselle valmiuksia selviytyä arjestaan, on merkittävä väline muokkaamassa mielipiteitä ja arvomaailmaa sekä on tekniikan ja teknologian kehittyessä osa ihmisen kulttuuriperimää. (Andersson *et al.* 2003, 17–18.) Kemia tyydyttää lisäksi oppilaiden luonnollista uteliaisuuden tarvetta (Turner 2000, 5).

2.1 Kokeellisuus kemian opetuksessa

Kokeellisuutta on kytketty kemian opetukseen jo oppiaineen alkuajoista lähtien. Vuonna 1795 John Maclean, yhdysvaltalaisen maineikkaan yliopiston, Princetonin, kemian professori, totesi kemian oppimisen olevan mahdotonta ilman joko omakohtaisia tai opettajajohtoisia kokeellisia kokemuksia (Foster 1929, 2106). Varsinaisia kemian oppilastyökursseja tarjottiin ensimmäisenä Saksassa Giessenin yliopistossa ja Rensselaerin polyteknisessä instituutissa 1800-luvun alkuvuosikymmenillä (Morrell 1972, Menzie 1970). Sitä ennen olivat opettajajohtoiset demonstraatiot olleet oppilaiden ainoa kosketus kokeellisuuteen. Oppilaiden suunnalta hyökyvä painostus sekä käytännön osaamisen puute kemian tutkimuksen laboratorioissa johtivat lopulta oppilastöiden vakiintumiseen (Boud *et al.* 1986, 6). Luonnontieteiden opetuksen henkilökunnat tulivat vakuuttuneiksi kokeellisuuden tarpeellisuudesta jopa siinä määrin, että laboratoriotyöskentely muodostui usein opetuksen keskipisteeksi (DeBoer 1991).

2.1.1 Perusteita kokeellisuudelle

Empiirinen näkökulma tutkimuksessa ja oppimisessa perustuu tiedon ja kokemusten väliseen yhteyteen: aistien havainnoissa tapahtumia kehittyä samanaikaisesti tietoa. Konstruktivistisen ajattelutavan mukaan uudet selittämättömät havainnot saattavat havaitsijan ”epätasapainoon”. Päästäkseen jälleen ”tasapainoon” pyrkii luonnostaan tiedonhaluinen ja utelias ihminen selittämään ja ymmärtämään havainnoimaansa. Kemian opetuksessa oppilaan omakohtaiset tutkimukset ja kokeelliset työt ovat tärkeä apuväline kyseisen ”epätasapainotilan” saavuttamisessa. ”Tasapainotilaan” pyrkiessä kehittyä oppilaan luova ajattelu- ja looginen päättelykyky. Kemian opetussuunnitelmiin on siksi yhä kasvavassa määrin liitetty kokeellisuutta ja käytännön kautta tapahtuvaa oppimista. (The Curriculum Redefined 1994, 105; Dimenäs & Sträng Haraldsson 1996, 40, 46.)

Kokeellisuuden etuja oppimisprosessissa on käsitelty useissa tutkimuksissa. Kokeellisuuden on todettu sekä mallintavan että konkretisoivan tieteentekijöiden työtä (Nakleh *et al.* 2002, 78; Aksela & Juvonen 1999, 17). Sen on sanottu, kuten edellä jo mainittiin, kehittävä luovaa ajattelukykyä, luonnontieteellistä ajattelua, ongelmanratkaisukykyä ja mallintamisen taitoja (Nakleh *et al.* 2002, 80). Kokeellisuuden

on katsottu kehittävän oppilaan teknistä ja motorista osaamista sekä tarjoavan vaihtelevammalle ja laajemmalle oppilasjoukolle mahdollisuuden onnistua luonnontieteissä (Bates 1978). Sen on myös todettu kehittävän oppilaan kommunikointi- ja yhteistyökykyä, aloitteellisuutta sekä pitkäjänteisyyttä (Lazarowitz & Tamir 1994, 98; Aksela & Juvonen 1999, 15).

Kokeellinen työskentely erityisesti herättää ja ylläpitää oppilaan mielenkiintoa kemiaa kohtaan (Nakleh *et al.* 2002, 80). Kokeellinen kemia on kooste nykyaikaista tekniikkaa, perinteikästä kädentaitoa sekä uteliaisuutta herättävää taikuutta (De Vos *et al.* 2002, 113–116). Oppilaalle muodostuu usein negatiivinen asenne luonnontieteen opiskelua kohtaan, jos tämä kokee sen ulkoa opeteltavana ”faktavuorena”. Kokeellisuus mahdollistaa oppilaan osallistumisen tieteelliseen työskentelytapaan sekä avaa ovia uusiin luonnontieteellisiin kiinnostuksen kohteisiin. Osa oppilaista saattaa kokeellisuuden vuoksi innostua luonnontieteistä jopa siinä määrin, että valitsee itselleen alalta joko ammatin tai harrastuksen (Geelan *et al.* 2002, 25, 33). Monikohan menestynyt kemisti valitsi ammattinsa juuri kokeellisuuden herättämän mystiikan vuoksi (De Vos *et al.* 2002, 115)?

Viime vuosina on luonnontieteiden opetuksessa painotettu kemian oppisisällön ja oppilaan arkipäivän integrointia. Tällainen kokeellisuus huomioi ja ottaa haastettavakseen oppilaan lähtötiedot ja -valmiudet tavoin, joihin tällä ei koulun ulkopuolella ole mahdollisuutta. (Duggan & Gott 2000, 62–63; Dimenäs & Sträng Haraldsson 1996, 47.)

2.1.2 Kokeellisuuden tavoitteet

Kokeellisen työskentelyn tavoitteita on eri tutkimuksissa luokiteltu eri tavoin. Kaikki tutkimukset ovat kuitenkin tuominneet sellaisen kokeellisuuden muodon, jossa ainoastaan havainnollistetaan luentosisältöä tai harjoitetaan alkeellisia laboratoriotekniikoita. Kirschner ja Meester asettivat kokeellisen työn keskeiseksi tavoitteeksi laajamittaisen virheanalyysin. Tämä sisälsi virheiden havaitsemisen, arvioinnin, eliminoinnin sekä analyysin (Kirschner & Meester 1988). Lazarowitz ja Tamir päätyivät neljään tavoitteeseen: konkreettisten kokemusten tarjoamiseen, tietokoneavusteisen tiedonkäsittelyn harjaannuttamiseen, loogisen ajattelukyvyyn kehittämiseen sekä arvopohjan rakentamiseen (Lazarowitz & Tamir 1994, 98–109). Watson taas luokitteli kokeellisen työn tavoitteet seuraavasti: kokeellisuus kehottaa havainnointiin ja kuvailuun, verifioi

luonnontieteellisiä ilmiöitä, säilyttää ja ylläpitää mielenkiintoa, kehittää yhteistyökykyä sekä kannustaa loogiseen ajatuskulkuun. Tavoitteista jälkimmäinen sisälsi ongelman havainnointia ja -ratkaisua, kriittistä ajattelua, tiedonetsintää sekä johtopäätösten tekoa. (Watson 2000, 58.) Gott ja Duggan jakoivat kokeellisuuden havainnointia, keksimistä, todentamista ja tutkimusta korostavaan sekä taitoja harjaannuttavaan työskentelyyn (Gott & Duggan 1994). Kaikille edellä mainituille tavoiteluokitteluille on yhteistä omien ideoiden ja hypoteesien määrittäminen, tutkimuksen suunnittelu ja toteuttaminen sekä tiedon ja tulosten käsittely käsitteellisen faktoaosaamisen sijaan (Duggan & Gott 2000).

2.2 Laskennallisuus kemian opetuksessa

Luonnontieteellinen osaaminen nojaa kokeellisuuden lisäksi myös matemaattisen käsitteistön hallintaan. Erityisen tärkeäksi matemaattisten taitojen soveltaminen nousee laskennallisessa kemiassa (Lenton & Stevens 2000, 80). Laskennallisen kemian kivijalkaa, stoikiometriaa, on käytetty opetuksessa esimerkiksi kemiallisten kaavojen ja alkuaineiden atomimassojen yhteydessä (De Vos *et al.* 2002, 103). Laskennallisuus ei ole perusasteella kuulunut vuosiin kemian opetuksen painotusalueisiin. Sen voidaan kuitenkin katsoa nousseen jälleen ajankohtaiseksi johtuen oppiaineiden integraatiosta, jolla tarkoitetaan oppiaineiden (tässä tapauksessa matematiikan ja kemian) kytkemistä yhteisiksi teemoiksi (The Curriculum Redefined 1994, 105).

Laskennallisuudella tarkoitetaan numerolukutaitoa, numeerista ongelmanratkaisua sekä laskennallisia käsitteitä ja määritelmiä. Numerolukutaidoksi katsotaan numeroiden ja numeeristen operaatioiden (kemiassa erityisesti numerojärjestelmien, esim. desimaalijärjestelmän sekä suhteiden ja prosenttilaskujen) hallinta. Numeerinen ongelmanratkaisu voi olla taulukoiden, kuvaajien ja tilastojen tulkitsemista ja piirtämistä sekä mittausten suorittamista relevantein mittausasteikoin. (Lenton & Stevens 2000, 81–86.) Perusasteen kemian opetus sisältää kemialle ominaisia laskennallisia käsitteitä ja määritelmiä (Taulukko 1) (Selvaratnam & Frazer 1982, 28–34, 40).

TAULUKKO 1. Laskennallisen kemian käsitteet ja määritelmät perusasteen kemian opetuksessa.

Laskennallisen kemian osa-alue	Käsite	Määritelmä
Suureet ja vakiot	suhteellinen atomimassa (A_r)	atomin massan suhde hiilen ^{12}C -isotoopin massan kahdestoistaosaan
	suhteellinen molekyyli massa (M_r)	molekyylin massan suhde hiilen ^{12}C -isotoopin massan kahdestoistaosaan
	Avogadron vakio (L)	$6,022 \cdot 10^{22}$, perustuu 12 g:n hiilen ^{12}C -isotoopin sisältämän lukumäärään atomeita
	ainemäärä (n), yksikkö mooli (mol),	ks. Avogadron vakio
	moolimassa (M)	$M = m / n$, missä $m =$ aineen massa ja $n =$ aineen ainemäärä
Stoikiometria	empiirinen kaava	yksinkertaisin atomien välinen kokonaislukusuhte molekyylissä
	molekyylikaava	atomien todellinen lukumäärä molekyylissä
	reaktioyhtälö	suhde, missä hiukkaset osallistuvat kemialliseen reaktioon
	reaktioyhtälön tasapainottaminen	aineen ja varauksen säilymislaite

3 Peruskoulun kemian opetussuunnitelmat Ruotsissa

Ymmärtääkseen nykyisten opetussuunnitelmien rakennetta, tavoitteita ja sisältöjä on ensin hyödyllistä luoda katsaus edellisiin opetussuunnitelmiin (Svingby 1978, 131). Opetussuunnitelmien kehityksen seuraaminen auttaa myös tutkimusongelmien muodostamisessa.

3.1 Peruskoulu-uudistus

Ruotsissa otettiin ensiaskeleet kohti nykyistä peruskoulujärjestelmää vuonna 1842 kansakoulun perustamisasetuksella, joka toi maahan kouluvelvollisuuden (Lappalainen 1991, 115). Tuolloin koulutus pohjautui nk. rinnakkaisjärjestelmään, johon sisältyi kansa-, oppi- sekä tyttökoulu (folk-, real- ja flickskola). Ajan mittaan muodostuivat kyseisen järjestelmän ongelmiksi koulutuksen hajanaisuus, yhteiskuntaluokkien välinen epätasa-arvo, kouluttautumisen halun yleistyminen, runsas luokallejänti sekä runsaslukuinen oppilaiden erottaminen oppikoulusta. Myös silloinen autoritääriin pedagogiikka herätti kansassa ristiriitaisia tunteita. Lisäksi sodanjälkeinen korkea syntyvyys kärjisti jo kehittyneitä ongelmia opettaja- ja tilapulalla. (Richardson 2004, 116, 118, 121.)

Vuonna 1948 ehdotettiin rinnakkaisten koulumuotojen yhtenäistämistä yhdeksi yhdeksänvuotiseksi koulumuodoksi, yhtenäiskouluksi (enhetsskola). Kaksi vuotta myöhemmin käynnistettiin ensimmäinen yhtenäiskoulukokeilu. Vuonna 1956 julisti eduskunta kyseisen kokeilun johtavan kaikkia oppivelvollisia koskevaan yhtenäiseen koulumuotoon, mikä toteutui vuonna 1962. Tällöin lakkautettiin kansa-, oppi- ja tyttökoulut ja korvattiin ne kuntajohtoisella, yhdeksänvuotisella, pakollisella peruskoululla (grundskola). Nimeä modifioitiin yhtenäiskoulusta markkeeraamaan täysin uutta ajattelutapaa. Peruskoulu jaettiin kolmeen kolmivuotiseen kouluasteeseen: ala-, keski- ja yläasteeseen (låg-, mellan- ja högstadie). Sen avainsanoiksi muodostuivat yksilöllistäminen, toiminnallinen pedagogiikka sekä oppilaiden ja opetushenkilökunnan välinen yhteistyö. Uusi koulu vapautettiin loppututkinnoista, mikä poisti vanhoja rinnakkaiskoulujärjestelmiä vaivanneet vitsaukset eli luokallejäntin ja koulusta erottamisen. 1970-luvun alussa oli peruskoulu levinnyt valtakunnan ainoaksi perusasteen koulumuodoksi. (Richardson 2004, 116–133.)

3.2 Peruskoulun opetussuunnitelmat 1962–1994

3.2.1 Opetussuunnitelmien yleisten linjausten kehitys

Peruskoulu-uudistuksen myötä heräsi tarve yhtenäiselle, valtakunnalliselle opetussuunnitelmalle. Vuonna 1962 syntyi peruskoulun opetussuunnitelma (Läroplan för grundskolan 1962, lyhennettynä Lgr 62), joka oli maassa ensimmäinen luokkassaan. Käsitettä ”opetussuunnitelma” käytettiin Ruotsissa sanan nykyisessä merkityksessä tuolloin ensimmäistä kertaa. Opetussuunnitelma rakentui tavoitteista (mål), linjauksista (riktlinjer), pääkohdista (huvudmoment) sekä tuntijaosta (timplan). Lisäksi opetussuunnitelmaan liitettiin yksityiskohtaisia oppiainekohtaisia oppisuunnitelmia (studieplan), joista selvisi mm. oppiaineiden tarkempi sisältö ja sen mahdollinen jako eri vuosiluokille. Opetussuunnitelma sisälsi sekä suoraan sovellettavia määräyksiä (esim. tunti- ja oppiainejako) että tulkinnan varaan jättäviä, ns. ideologisia linjanvetoja (esim. peruskoulun yleiset tavoitteet). (Svingby 1978, 164, 183.)

1960-luvun yhteiskunta mielsi ihmisten erilaisuuden yhä enenevässä määrin rikkautena. Mielekkääksi katsottiin näin ollen tarjota kansalle heidän tarpeisiinsa ja kykyihinsä sopeutettua koulutusta (Drakenberg 1995, 8). Lgr 62 painotti oppilaan ihmisarvon korostamista sekä yksilöllisten ominaisuuksien ja edellytysten (kuten kehitystason ja kokemuspohjan) tuntemista opetuksen suunnittelussa. Näin todettiin taattavan oppilaan yksilöllinen kasvattaminen, joka motivoisi samalla oppilasta koulutyöhön. Siksi oli oppilaiden suoritusvaatimustason vaihdeltava opetusryhmän sisällä, mikä johti oppisisältöjen jakamiseen ns. perus- ja jatkokursseihin. Peruskurssien oli määrä sisältää kaikki opetussisällön pääpainopisteet ja näin ollen taata oppilaalle edellytykset menestyä jatko-opinnoissa. (Lgr 62 1962, 13, 16–17, 39.) Yksilöllistämisen katsottiin myös toteutuvan sillä, että oppilaat yhdeksännellä luokalla jakautuivat yhdeksälle eri linjalle. Yksi linjoista oli lukioon valmistava ja muut linjat olivat mm. tekniseen tai palvelualaan tähtääviä. (Drakenberg 1995, 11–12; Svingby 1978, 163; Lgr 62 1962, 35.)

Kyseinen linjajako koitui opetussuunnitelmalle kohtalokkaaksi. Teoreettinen lukio-opintoihin valmistava linja kasvatti suosiotaan ammattiin kouluttavien linjojen kustannuksella ja vahvistunutta kannatusta saavuttanut poliittinen vasemmisto vaati yläasteopetuksen yhtenäistämistä (Richardson 2004, 123–124; Svingby 1978, 169).

Opetussuunnitelmaa lähdettiin uudistamaan tuloksena vuoden 1969 peruskoulun opetussuunnitelma (Läroplan för grundskolan 1969 eli Lgr 69). Uusi opetussuunnitelma poisti kritisoidun linjajaon ja edesauttoi näin perusopetusta kehittymään kohti täysin yhtenäistä koulumuotoa (Richardson 2004, 124). Yksilöllisyyden korostaminen jatkui uudessakin opetussuunnitelmassa, mutta se tapahtui linjavalinnan sijaan valinnaisaineilla sekä työtapojen vaihtelulla (Svingby 1978, 170).

Poliittisen vasemmiston aatemaailma muokkasi opetussuunnitelman sisältöä sekä terminologiaa. Koulutaitojen (skolkunskaper) ja opetuksen (undervisning) sijaan käytettiin määritelmää koulutyö (arbete). Oppiaineiden ja -sisältöjen yksityiskohtainen kuvaus sai väistyä ideologisten tavoitteiden kasvattaessa osuuttaan. Supistunut oppiainekohtainen ohjeisto antoi enemmän vapauksia kouluille ja opettajille suunnitella opetustensa sisällöt. Oppiaineet toki käytiin yksitellen opetussuunnitelmassa läpi, mutta kurssisisällön sijaan keskityttiin opetusmetodiikan käsittelyyn. Uutta opetussuunnitelmalle olivat ammatinvalinta- ja opinto-ohjaus sekä oppilasdemokratia eli oppilaiden oikeus vaikuttaa omiin työskentelyolosuhteisiinsa. Myös oppilashuolto kasvatti osuuttaan huomattavasti edellisestä opetussuunnitelmasta. (Svingby 1978, 171–172, 175, 182, 190.)

Tuore peruskoulu kohtasi 60- ja 70-luvuilla runsaasti ongelmia erityisesti kurinpidollisten tekijöiden ja heterogeenisten oppilasryhmien vuoksi. Opetussuunnitelmien Lgr 62 ja 69 kritisoiitiin soveltuvan ainoastaan koulussa hyvin menestyville oppilaille. Opetussuunnitelmat sulkivat ulkopuolelleen suuren joukon oppilaita, minkä katsottiin kääntävän näiden koulumotivaatiota jyrkkään laskuun. Tämä problematiikka johti opetussuunnitelman seuraavaan uudistukseen. Peruskoulun opetussuunnitelma vuodelta 1980 (Läroplan för grundskolan eli Lgr 80) erosi merkittävästi aiemmista opetussuunnitelmista siten, että siihen haettiin ensi kertaa vaikutteita talouselämästä. Opetussuunnitelma laadittiin tulostavoitteisiin pohjautuvaksi. Tavoitejohtoisuuden lisäksi opetussuunnitelmaa sävytti sekä opetuksen jatkuva arviointi että vallan desentralisaatio eli päätösten teon siirtäminen valtiolta kunnille. (Drakenberg 1995, 15, 18, 32, 35.) Opetussuunnitelmassa käytettiin myös aiempaa hienovaraisempaa terminologiaa, esimerkiksi erityisopetuksen piiriin kuuluvia oppilaita kuvailtiin nyt aiemmissa opetussuunnitelmissa esiintyneen määritelmän ”poikkeavat lapset” sijaan ”oppilaiksi, joilla erityisiä tarpeita” (Somerkivi 1982, 61).

Lgr 80 supisti yläasteen tuntijaon valinnaisuutta, joten opetuksen yksilöllisyyttä oli sen sijaan yhä enemmän toteutettava työtapojen vaihtelevuudella. Opetussuunnitelmassa esiteltiin mm. sellaisia uusia käsitteitä kuin tutkiva oppiminen, todellisuuslähtöinen oppiminen, ongelmalähtöinen oppiminen, sekä työelämään tutustuminen. Opetuksen metodiikkaa ja näin ollen opetuksen yleisiä tavoitteita käsittelevät osuudet opetussuunnitelmassa laajenivat siis entisestään kurssisuunnitelmien kustannuksella. (Richardson 2004, 185–187.)

Peruskoulun alkuvuosikymmenien koulupolitiikka herätti 1980-luvulla vastarintaliikkeen, joka kritisoi koulua ”epämääräiseksi” (flummig) ja vaatimustasoltaan alhaiseksi (Richardson 2004, 159). Vuosien 1969 ja 1980 opetussuunnitelmia arvosteltiin lisäksi kasvattaneen opetussuunnitelman ja koulun todellisuuden välistä kuilua. Opettajat kokivat hankalaksi saavuttaa opetussuunnitelman tavoitteet sekä mielsivät oppilaiden ja opettajien välisen yhteistyön vähentyneen. (Drakenberg 1995, 39.) Asennemuutokset koulutuksen suhteen sekä jo edellisen opetussuunnitelman esittelemän desentralisoinnin kasvu johtivat opetussuunnitelman jälleenmuokkaukseen (Richardson 2004, 162). Nykyisin käytössä oleva, pakollisen koulutuksen opetussuunnitelma (Läroplan för det obligatoriska skolväsendet 1994 eli Lpo 94) otettiin käyttöön vuonna 1994. Se sisältää peruskoulun opetussuunnitelman lisäksi saamelaiskoulun, erityiskoulujen (esim. kuulo- ja näkövammaiskoulujen) sekä apukoulujen opetussuunnitelmat. Opetussuunnitelmasta on poistettu kouluastejaot 1–3, 4–6 ja 7–9. Sen sijaan on kouluille annettu enemmän päätösvaltaa opetussisältöä, -kohderyhmää ja -ajankohtaa koskeviin kysymyksiin. Myös oppilaiden huoltajat ovat päässeet enemmän vaikuttamaan huollettaviensa koulutukseen, kun koulun saa valita asuinalueen oman koulupiirin ulkopuolelta. (Drakenberg 1995, 27–29.)

Opetussuunnitelma loitontuu sääntöjohtoisesta koulusta edelleen kohti tavoitejohtoista koulua karsimalla sääntöjä ja selkeyttämällä tavoitteidenasettelua. Tulostavoiteajattelulle tyypillisesti vaaditaan opetussuunnitelmassa tiukkaa tulokontrollia ja opetuksen jatkuvaa seuranta ja arviointia. Tästä esimerkkinä on kasvanut määrä valtakunnallisia kokeita ns. ydinaineissa eli äidinkielessä, englannissa ja matematiikassa. (Richardson 2004, 165–166, 227–228.) Lisäksi perusasteen opetuksen ja resurssijaon valtakunnallisesta ja tasapäisestä suunnittelusta on luovuttu ja ne on sen sijaan määritettävä koulukohtaisesti oppilaiden yksilöllisten tarpeiden lähtökohdista (Drakenberg 1995, 27). Opetussuunnitelman Lpo 94

yleisten tavoitteiden tarkempi analysointi tapahtuu tämän tutkielman varsinaisessa tutkimusosassa.

3.2.2 Kemian opetussuunnitelmien kehitys

Opetussuunnitelmassa Lgr 62 sisältyi kemia nimikkeen ”luonnontieteet” (naturorienterade ämnen) alla yhdessä fysiikan ja biologian kanssa. Opetussuunnitelma loi sekä tavoitteet ja päämäärät sekä luonnontieteille yhteisesti että oppiaineittain erikseen.

Luonnontieteiden opetuksen ensisijaisena tavoitteena oli kokonaisvaltainen oppiminen hajanaisen ja sirpalemaisen tiedon kartuttamisen sijaan. Siksi oli luonnontieteiden oppisisältöjä modifioitu rinnakkaiskoulujärjestelmien oppisisällöistä. Opetus ja oppisisällöt oli yhtenäisen kokonaiskuvan muodostamiseksi suunniteltava sekä oppiaineittain että osittain integroidusti luonnontieteellisten aineiden kesken. Opetuksen oli täydennettävä oppilaalle aiemmin karttunutta luonnontieteellistä tietoutta biologisilla, fysikaalisilla ja kemiallisilla ilmiöillä luonnossa ja tekniikan sovelluksissa. Opetuksen tarkoitus oli herättää kiinnostus luonnontieteitä ja tekniikkaa kohtaan sekä taata oppilaalle elämässä myöhemmin tarvittavat valmiudet. Opetusta oli muokattava oppilaan edellytysten, kiinnostuksen, suoritustason ja etenkin fysiikan ja kemian opinnoissa sukupuolen mukaisesti. Suositeltiin myös muiden oppiaineiden, erityisesti äidinkielen ja matematiikan, integrointia luonnontieteiden opintoihin. (Lgr 62 1962, 204–205, 215–216.)

Kemian opetukseen oli sekä 8. että 9. luokalle varattu tuntijaosta 2 viikkotuntia. Kahdeksannen luokan kurssi oli kaikille oppilaille yhteinen peruskurssi, kun taas yhdeksannen luokan kurssi koski vain viittä yhdeksästä linjasta. Kemian opetuksen yleistavoitteina oli antaa oppilaalle tietoa kemian peruskäsitteistä, perustavanlaatuisista kemiallisista reaktioista sekä tärkeimmistä aineryhmistä ja niiden ominaisuuksista. Sen oli tutustuttava oppilas tämän arkipäivälle sekä yhteiskunnan talouselämälle merkittäviin kemian sovelluksiin. (Lgr 62 1962, 117, 119, 285–288.)

Kemian oppisisältö jaettiin seuraaviin pääkohtiin:

- kokonaisvaltaiselle ymmärtämiselle ja jatko-opinnoille välttämättömät kemian peruskäsitteet,
- ilma ja vesi,
- helposti syttyvät ja räjähtävät aineet sekä paloturvallisuus,

- tärkeimmät hapot, emäkset ja suolat sekä näiden ominaisuudet ja käytännön sovellukset,
- sähkökemialliset ilmiöt,
- liuos ja liuotin,
- maaperän koostumus, malmit ja mineraalit,
- tärkeimmät alkuaineet sekä näiden ominaisuudet, käyttö ja valmistus,
- biologisesti merkittävimmät orgaaniset aineryhmät,
- kemian sovellukset kotitaloudessa, teollisuudessa ja maataloudessa sekä
- laboratoriotyöskentely ja opintokäynnit. (Lgr 62 1962, 285–288.)

Oppisisältöjä oli lähestyttävä opetuksessa luonnolle tärkeiden aineiden kannalta painottaen oppilaan omia kiinnostuksen alueita sekä kokemusmaailmoja, jotta tämä pystyisi ymmärtämään kohtaamiaan kemiallisia ilmiöitä sekä koulussa että koulun ulkopuolella. Oppisisältöjä täydennettiin opetuksen suunnittelun yksityiskohtaisilla ohjeilla, jotka mm. luettelivat oppisisällön pääkohtien sisältämät käsitteet sekä neuvoivat järjestyksen, missä niitä oli hyvä ottaa esille. (Anon1962, 285–288.)

Lgr 69 liitti kemian edelleen osaksi oppiainekokonaisuutta luonnontieteet. Edellisestä opetussuunnitelmasta poiketen se katsoi luonnontieteiden opetuksen voitavan järjestää täysin integroituneesti. (Lgr 69 1969, 195–196.) Edellisen opetussuunnitelman sisältämät, eriytettyyn oppiaineopetukseen myönteisesti suhtautuneet lauseet oli poistettu (Svingby 1978, 184). Oppisisältöä oli supistettu, ja sitä käsiteltiin enemmänkin opetusmetodiikan näkökulmasta. Esimerkkeinä

- Jatko-opinnoille ja kokonaisvaltaiselle ymmärrykselle välttämättömät kemian peruskäsitteet oli määriteltävä ja havainnollistettava esimerkiksi mallintamisen avulla.
- Ilma, vesi ja näiden saastuminen oli käsiteltävä luonnon näkökulmasta.
- Kemiallisen reaktion edellytykset ja nopeus oli käsiteltävä kemiallisen energian yhteydessä. (Lgr 69 1969, 195–196.)

Luonnontieteiden opetuksesta yläasteella tuli kemiaan käyttää yhteensä 3 viikkotuntia (Lgr 69 1969, 121). Yksityiskohtaisten kurssisisältöehdotusten sijaan jaettiin oppisisältö sekä integroituneisiin että oppiainekohtaisiin opetuskokonaisuuksiin ja teemoihin. Integroitunut luonnontieteiden opetus sisälsi 17 teemaa, joista seuraavat 13 käsittelivät kemian aihepiirejä:

- *Aine ja materia (Materia)*
- *Elävä ja eloton materia (Levande och död materia)*
- *Aika ja ajan mittaaminen (Tid och tidmätning)*
- *Aurinkoenergia ja vihreä lehti (Solenergins bindning i det gröna bladet)*
- *Kevät (Våren)*
- *Lämpö – kylmyys (Värme – kyla)*

- *Ravinto ja ruoansulatus (Föda och matspjälkning)*
- *Kasvit ja vesi (Växterna och vattnet)*
- *Pesu ja pesuaineet (Tvätt och tvättmedel)*
- *Sähkökemia (Elektrokemi)*
- *Elinympäristömme (Vi och vår miljö)*
- *Säilöntä ja elintarvikkeet (Konservering och livsmedel) sekä*
- *Nykyajan maatalous (Modernt jordbruk). (Lgr 69 suppl. 1969, 36–47.)*

Ainekohtaisen kemian opetuksen oppisisällöt oli taas jaettu yhteensä 20 kurssiin, joiden sisällöt silsältyivät edellämainttuihin integroituihin kokonaisuuksiin joko osittain tai kokonaan. Kurssiehdotusten päämääränä ei ollut, että jokainen opetusryhmä tai edes oppilas saman opetusryhmän sisällä suorittaisi niistä jokaisen, vaan opettajalla oli oppilaidensa edellytykset ja motivaatiotaso huomioiden vapaus valita opetuksensa oppisisällöt. (Lgr 69 suppl. 1969, 6, 22–24, 36–47, 65–69.)

Lgr 80 loi määritelmän ”blokkioppiaineet” (blockämnen), jolla tarkoitettiin oppiaineita yhteiskuntatieteet ja luonnontieteet. Kaikkia blokkeihin kuuluvia oppiaineita oli integroitava opetuksessa (Richardson 2004, 189; Lgr 80 1980, 157, 159). Siksi myös tuntijako oli ensimmäistä kertaa luonnontieteille yhteinen: 15 viikkotuntia, joista 2 kuului uudelle oppiaineelle tekniikka (Lgr 80 1980, 157, 159). Kemian keskimääräinen viikkotuntimäärä riippui siis luonnontieteitä opettavasta opettajasta itsestään.

Lgr 80 toi luonnontieteiden opetuksen perimmäisiin tavoitteisiin uusia, yhteiskuntatieteellisiä näkökulmia. Edellisten opetussuunnitelmien tapaan tuli sen auttaa oppilasta ymmärtämään ihmiselämän ehtoja ja edellytyksiä, ihmisen yhteiselo ympäristönsä kanssa sekä teknologian ja luonnon vuorovaikutussuhteita. Opetuksen oli lisäksi luotava historiallinen katsaus ihmisen tekoihin ja aikaansaannoksiin sekä pyrkiä siihen, että oppilas valveutuu ihmisen kansalaisoikeuksista ja -velvollisuuksista. Esimerkiksi oppilaan tuli oppia uusien luonnontieteellisten ja teknisten saavutusten vaikutuksesta ympäristöön sekä maailmankuvan muuttumiseen. Oppisisältö jaettiin seuraaviin teemoihin: *Ihminen (Människan)*, *Ihminen ja luonto (Naturen och människan)* sekä *Ihmisen toiminta (Människans verksamhet)*. Teemoihin oli sisällytettävä esim. tekniikan kehityksen seuranta sekä ihmisen toiminnan seurauksia luonnon elinoloissa. (Lgr 80 1980, 113–119.)

Opetussuunnitelman Lpo 94 analysointi tapahtuu tämän tutkielman varsinaisessa tutkimusosiossa. Mainittakoon kuitenkin, että edellisen opetussuunnitelman määritelmä

blokkioppiaine on murrettu ja luonnontieteet on hajautettu jälleen erillisiksi oppiaineiksi, millä on luonnollisesti ollut vaikutusta kemian opetussuunnitelman koostumukseen (Richardson 2004, 189).

3.2.2.1 Kokeellisuus kemian opetussuunnitelmissa

Lgr 62 korosti työtapojen valintaa opetuksessa. Motivaatio, aktiivisuus, konkreettisuus, yhteistyö ja yhteisöllisyys sekä yksilöllisyys oli otettava huomioon kyseistä valintaa tehtäessä. Erityisesti oppilaan omaa aktiivisuutta oli korostettava, jotta oppilaan persoonallisuuden kehittymistä edesautettaisiin. (Lgr 62 1962, 45–56.) Kemian opetussuunnitelmassa aktiivisella työskentelyllä tarkoitettiin lähinnä kokeellisuutta. Kokeellisella työskentelyllä oli oltava keskeinen asema opetuksessa, jotta oppilaan kiinnostus oppiainetta kohtaan säilyisi sekä oppiminen helpottuisi. Samalla oli kuitenkin taattava oppilaalle tämän jatko-opinnoille välttämätön teoreettinen pohja. Kokeellisen työskentelyn oli tapahduttava sekä yksin että ryhmässä. Oppilaalla oli oltava mahdollisuus havainnoida, tutkia, muodostaa johtopäätöksiä sekä kehittää itsenäistä tiedonhankintakykyä. Demonstraatioiden ja oppilastöiden lisäksi koettiin kokeellisuudeksi audiovisuaalisten apuvälineiden käyttö. Tämä ei kuitenkaan saanut korvata varsinaisia oppilastöitä tai teollisuuskäyntejä. Kokeellisuus esiintyi myös tunti- ja ryhmäjaossa: kemian viikkotunnit jaettiin erikseen luento- ja työtunteihin (8. luokalla yhden ja 9. luokalla puolen viikkotunnin oli oltava työtunti) sekä työtuntien ajaksi opetusryhmäkoko rajattiin enintään 17 oppilaaseen. (Lgr 62 1962, 117, 119, 205, 217, 285–289.)

Lgr 69 poisti tuntijaosta määräykset työtuntien lukumäärästä. Oppisisältöjen supistuminen johti samalla kokeellisuuden käsittelyn vähenemiseen. Opetussuunnitelma kuitenkin konkretisoi kokeellisuutta erilaisin esimerkein. Esimerkiksi palamisen edellytysten käsittelyä suositeltiin tutkimusten avulla, happojen ja emästen opiskelua vetykloridin elektrolyysillä sekä liuoskonsentraatioon tutustumista 0,1 molaarisen keittosuolaliuoksen valmistamisella. (Lgr 69 suppl. 1969, 65–69.)

Lgr 80 jatkoi edellisen opetussuunnitelman kanssa samoilla, vähäsanaisilla linjoilla. Kokeellisuuteen viitattiin siten, että yksipuolinen ja teoreettinen opetus tuomittiin ja toivottiin sen sijaan, että työtavat olisivat mahdollisimman usein kokeellisia. Laboratorio- ja kenttätyöskentelyn, opintokäyntien sekä käytännöllisten työtapojen kuului olla

opetukselle ominaista. Uutena tavoitteena oli kyky tunnistaa ja tutkia ongelmia sekä muodostaa, kokeilla ja arvioida näiden ongelmien ratkaisuehdotuksia. (Lgr 80 1980, 113.)

3.2.2.2 Laskennallisuus kemian opetussuunnitelmissa

Laskennallista kemiaa sai opetussuunnitelman Lgr 62 mukaan rajoitetussa määrin sisällyttää opetukseen. Esimerkiksi kemiallisia kaavoja tuli ottaa opetuksessa esille vain niissä erityistapauksissa, joissa opettaja katsoi sen helpottavan ja selkeyttävän oppimista. Varsinaisia laskuharjoituksia sai esiintyä ainoastaan poikkeustapauksissa. Reaktioyhtälöiden tasapainottamista, alkuaineiden suhteellisen koostumuksen määrittämistä kemiallisissa yhdisteissä sekä atomi- ja kaavamassan laskentaa harjoiteltiin osalla yhdeksännen luokan linjoista, koska oppilasjoukko oli silloin valikoitunutta. (Lgr 62 1962, 216, 285–288.)

Kemiasta kiinnostuneille oppilaille oli opetussuunnitelman Lgr 69 mukaan tarjottava peruskurssia teoreettisempia jatkokursseja. Niissä tutustuttaisiin sellaisiin laskennallisen kemian käsitteisiin kuin atomi-, kaava- ja moolimassaan, hapetuslukuun sekä liuosten konsentraatioon. Peruskursseihin ei katsottu laskennallisuuden sisältyvän. (Lgr 69 suppl. 1969, 24.)

Lgr 80 rajasi laskennallisen kemian ainoastaan yksinkertaisten taulukoiden ja kuvaajien tulkitsemiseen, työstämiseen ja tuottamiseen (Lgr 80 1980, 118).

4 Peruskoulun kemian opetussuunnitelmien perusteet Suomessa

4.1 Peruskoulu-uudistus

Suomessa laadittiin kansakouluasetus muutama vuosikymmen Ruotsin esimerkistä jäljessä vuonna 1866. Tätä seurasi oppikoulujärjestys 6 vuotta myöhemmin. (Lappalainen 1991, 50, 120; Somerkivi 1982, 5.) Samoihin aikoihin toivottiin yleistä oppivelvollisuutta, mutta ehdotus saatiin läpi vasta 1921 Suomen itsenäistyttyä (Lappalainen 1991, 115–116). Mainittakoon, että Suomessa käytetään määritelmää ”oppivelvollisuus” Ruotsin ”kouluvelvollisuuden” (skolplikt) sijaan. Tämä ilmaisullinen ero saattaa ilmentää näiden kahden maan koulujärjestelmän välisiä eroavuuksia. Tähän palataan luvussa 8.3.

Peruskoulu-uudistuksessa Suomi seurasi tarkkaan länsinaapurinsa Ruotsin kehitystä (Lappalainen 1991, 127, 179). Ruotsin poliittinen vakaus johtuen sodalta säästymisestä sekä sosiaalidemokraattisen puoleen 42 vuoden yhtäjaksoisesta hallitusvastuusta auttoi maata toteuttamaan yhtenäiskoulu-uudistusta johdonmukaisemmin kuin muissa länsimaissa. Suomessa uudistus oli pitkälti puoluepoliittinen kiistakysymys. (Lappalainen 1991, 125, 127; Somerkivi 1982, 13, 74.) Peruskoulutuksen yhtenäistymiseen liittyviä mietintöjä valmistui tasaisesti 1920- ja 1930-luvuilla, mutta vasta 1960-luvulla käynnistyivät aiheesta keskustelut esimerkiksi julkisissa tiedotusvälineissä (Lappalainen 1991, 124–125). Vanhemmat kouluttivat tuolloin lapsiaan yhä useammin oppikoulussa ilmaisten näin tarpeen sellaiselle sivistykselle, mitä kansakoulu ei pystynyt tarjoamaan (Lappalainen 1991, 125; Somerkivi 1982, 11). Vuonna 1963 perustettiin Suomeen Peruskoulukomitea, jonka nimi lainattiin ruotsin kielen termistä grundskola. Komitea ehdotti kansalais-, keski- ja oppikoulujen oppisisältöjen korvaamista yhdeksänvuotisella oppivelvollisuuskoululla. Koulu jaettaisiin kuusi- ja kolmivuotiseksi ala- ja yläasteeksi, mistä jälkimmäinen jakautuisi opintosuuntiin. Toisin kuin Ruotsissa, ei yksikään opintosuunnista olisi ammattiin tähtäävä. Opetuksen hajautus tapahtuisi myös tasokurssien muodossa kielten, matematiikan sekä kemian ja fysiikan opetuksessa. Vuonna 1968 säädettiin laki uudesta peruskoulujärjestelmästä, johon Suomi neljä vuotta myöhemmin siirtyi Lapin läänistä alkaen. Viimeisenä joukkoon liittyi pääkaupunkiseutu vuonna 1977. (Lappalainen 1991, 127, 129, 131.)

4.2 Peruskoulun opetussuunnitelmien perusteet 1970–2004

4.2.1 Opetussuunnitelmien perusteiden yleislinjausten kehitys

Vuoden 1970 peruskoulun opetussuunnitelman perusteet eli POPS 70 rakentuivat kahdesta osasta: Opetussuunnitelmien perusteista (osa I) ja Oppiaineiden opetussuunnitelmista (osa II). Jako tehtiin siksi, että oppiainekohtaisia opetussuunnitelmia oletettiin uudistettavan ennen opetussuunnitelman yleisiä linjauksia, mikä osoittautui myöhemmin todeksi. (Somerkivi 1982, 53.)

Aivan kuten Ruotsissa, oli peruskoulun ensisijaisena tehtävänä tarjota oppilaan persoonallisuuden kehittymiselle sekä yksilölliselle oppimiselle virikkeellinen ympäristö. Yllä olevalla perusteltiin esimerkiksi työtapojen monipuolisuutta. Ihmisten erilaisuutta pidettiin yhteiskuntaa rikastuttavana tekijänä. Siksi opetusta oli yksilöllistettävä, mikä toteutui mm. aiemmin mainituin tasokurssein sekä heterogeenisten oppilasryhmien sisällä tapahtuvalla opetuksen eriyttämisellä. Tosin, toisin kuin Ruotsissa, todettiin opinnoissa ainoastaan yksilön näkökulmasta etenemisen olevan oppilaan sosiaalisen kasvatuksen kannalta yksipuolista. (POPS 70:1 1970, 23–24, 87, 105–106, 131, 152–154, 157.)

POPS 70 kohtasi runsaasti kritiikkiä. Sitä moitittiin turhan teoreettiseksi syinä opetussuunnitelman oppiaine- ja tuntijako sekä runsaasti irrallisia käsitteitä sisältävät oppisisällöt. Jotkut opetussuunnitelman perusteiden ensimmäisen osan yleisistä periaatteista, kuten oppiaineiden integraatio, olivat kritisoijien mielestä jääneet toisessa osassa lapsipuolen asemaan. Oppiaineiden opetussuunnitelmia laatineet ainejaostot olivat aikanaan koostuneet oppiainealojen asiantuntijoista – ylitarkastajista, yliopettajista ja korkeakoulun lehtoreista – jotka olivat yleisesti ottaen vastustaneet yhtenäiskoulun perustamista, eivätkä siis vaalineet opetussuunnitelman perusteiden yleisiä periaatteita. (Somerkivi 1982, 55–57, 67.) Lisäksi opetussuunnitelman perusteiden valinnaisuus osoittautui taloudellisesti raskaaksi ja jo 1970-luvulla osa yläasteen valinnaisaineista poistettiin ja jäljelle jääneiden valinnaisaineiden ryhmäkokoja kasvatettiin (Lappalainen 1991, 132). 1980-luvulla otettiin myös käyttöön tuntikehysjärjestelmä, joka kasvatti koulun vastuuta muodostaa oppilasryhmiä: opettajan luokkakohtainen tuntimäärä oli suurempi kuin oppilaan tuntimäärä, jonka vuoksi koulu pystyi muodostamaan opetusryhmiä tarpeidensa mukaan (Somerkivi 1982, 82).

Laadittiin uusi opetussuunnitelma, Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1985 (POPS 85), joka luopui erilaajuisista oppimääristä ja tasokursseista tai -ryhmyksistä (POPS 85 1990, 9; Somerkivi 1982, 83). Mahdollisuus oppivelvollisuudesta vapauttamiseen, mikä oli vielä edellisissä opetussuunnitelman perusteissa, poistettiin ja peruskoulun lisäopetus, ns. kymppiluokka vakinaistettiin (POPS 85 1990, 9, 16, 49). Täydellinen oppivelvollisuus sekä lisäopetuksen tarjoaminen olivat molemmat merkkejä voimistuvasta ilmiöstä muokata perusopetusta lähtökohtana oppilaan edellytykset ja oppimistavat. Edeltäjänsä enemmän korostettiin erilaisten työtapojen käyttöä rinnastamalla työtavan valinta yhtä tärkeäksi opetussisällön kanssa. (POPS 85 1990, 9, 49, 60–61.)

Vuoden 1994 peruskoulun opetussuunnitelman perusteet (POPS 94) kasvattivat entisestään koulun valtaa muokata opetustaan tarpeidensa ja toiveidensa mukaisesti. Ne mahdollistivat mm. oppiaineiden vapaan sijoituksen eri luokka-asteille sekä opetuksen suunnittelun joko hajautetusti tai kurssimuotoisesti. Oppiaineiden tuntimäärille asetettiin ainoastaan alarajat eikä siis ylärajoja. Oppilaan oli koulukohtaisesta opetussuunnitelmasta huolimatta pystyttävä esteittä jatkamaan opintojaan seuraavalla kouluasteella valtakunnallisen tuntijaon määrittämän minimin opiskelleena. POPS 94 painotti dynaamista oppimiskäsitystä, jonka mukaisesti tieto oli uusiutuvaa, työtavat vaihtelevia ja koulu oli oppimiskeskus, jossa opettajan roolina oli järjestää oppilaalle otolliset oppimismahdollisuudet ja -ympäristöt. (Aksela & Juvonen 1999, 31–32; POPS 94 1994, 16–17; Kinos 1994, 7, 9.)

POPS 94 oli edeltäjiään temaattisempi jättäen tulkinnalle enemmän sijaa. Akselan ja Juvosen tutkimuksen mukaan opetuksen sisältö muodostui useille opettajille epäselväksi. Lisäksi se koettiin edelleen teoreettisesti raskaaksi. (Aksela & Juvonen 1999, 43.) Laadittiin uusi opetussuunnitelma, Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004 (POPS 2004), jonka yleisten tavoitteiden analysointi tapahtuu tämän tutkielman varsinaisessa tutkimusosassa.

4.2.2 Kemian opetussuunnitelmien perusteiden kehitys

Peruskoulu-uudistuksen syntyvaiheissa käytiin maassa kieliriitaa Suomen ruotsinkielisten vaatiessa ruotsia pakolliseksi vieraaksi kieleksi peruskouluun englannin sijaan. Kompromissina muodostettiin kaksi pakollista vierasta kieltä, mikä kavensi sekä kemian ja fysiikan että valinnaisaineiden tuntimäärää. (Junnila 1995, 122, 128.) Yläasteella kemia ja fysiikka muodostivat opetuskokonaisuuden, jolla oli tuntijaossa yhteinen tuntimäärä: 7. luokalla 2 viikkotuntia sekä 8. ja 9. luokilla molemmilla 3 (POPS 70:1 1970, 24). Kemiaa ja fysiikkaa opetettiin aluksi tasokursseissa, mikä merkitsi oppilaalle vaihtoehtoa valita suppeamman ja laajemman kurssin väliltä. Kyseisten tasokurssien tarpeellisuutta perusopetuksessa epäiltiin jo alun alkaen ja pian niistä fysiikan ja kemian osalta luovuttiinkin. (Somerkivi 1982, 75.)

Kuten Ruotsissa, POPS 70 määrittelee kemian osaksi luonnontietoa yhdessä fysiikan ja biologian kanssa (Somerkivi 1982, 55). Näiden aineiden perustavoitteena oli, että oppilas tutustui kokonaisuuksien kautta inhimillisen tiedon tärkeimpiin alueisiin: kulttuuriin ja yhteiskuntaan sekä biologiseen ja fysikaaliseen luontoon. Eri tuotantoprosesseja oli sisällytettävä opetukseen painottaen näiden esiintymistä ja merkitystä luonnossa. (POPS 70:1 1970, 89–90.) Fysiikan ja kemian oppiainekohtaisina tavoitteina oli tutustuttaa oppilas keskeisiin luonnonilmiöihin sekä niiden lainalaisuuksiin ja tärkeimpiin käytännön sovelluksiin. Opetuksen oli herätettävä harrastuneisuutta luonnontieteiden opiskelua kohtaan sekä luotava oppilaalle välineet muodostaa itsenäisesti maailmankuvaa. Oppilaan sellaisia henkisiä ominaisuuksia, kuten havainnointi- ja arvostelukykä, omintakeisuutta, kätevyyttä sekä vaikutusyhteyksien ymmärtämistä oli kehitettävä opetuksen avulla (POPS 70:1 1970, 23–24; POPS 70:2 1970, 186). Oppilasta oli kannustettava arvioimaan kriittisesti sekä omia että opiskelijatovereidensa suorituksia. Opetuksessa oli kiinnitettävä huomio opetettavan aineksen käsittelytapaan, jotta välttyttäisiin sirpalemaiselta ja irralliselta tiedolta. Fysiikan ja kemian opetusten oli vahvasti integroiduttava toisiinsa sekä myös muita koulun oppiaineita, kuten matematiikkaa, biologiaa sekä kotitaloutta suositeltiin kytkettävän kemian opetukseen. (Anon 1973, 4–5, 7, 193–194.)

Kemian oppisisältö lueteltiin yksityiskohtaisesti teemoittain ja niihin kuuluvien käsitteiden avulla. Teemat olivat: *Yleinen kemia, Epäorgaaninen kemia, Sähkökemia, Orgaaninen*

kemia, Makromolekyylin kemia sekä Kemian sovelluksia. Esimerkkinä oppisisällön yksityiskohtaisuudesta luetellaan teemaan *Yleinen kemia* kuuluneet osa-alueet ja käsitteet:

- Puhtaat aineet ja seokset
- Olomuodot
- Atomi, ioni ja molekyyli
- Kemiallinen sidos
- Kemiallinen reaktio
- Kemiallinen merkkikieli
- Reaktiolämpö
- Hapetus ja pelkistys ja hapetusluku
- Reaktionopeus ja katalyyysi
- Protolyysireaktiot ja pH sekä
- Kiteytyminen ja liuokset. (POPS 70:2 1970, 187.)

Opetussuunnitelman perusteet suosittelivat myös, miten opetusta tuli järjestää ja antoivat yksityiskohtaiset ohjeet opetuksen suunnittelulle. POPS 70 antoi esimerkiksi ehdotuksia koskien diagnostisten kokeiden lukumäärää sekä käsitteiden opetusjärjestystä sekä työtapojen valintaa. (POPS 70:7 1973, 6–12, 25–28; POPS 70:2 1970, 187–188.)

POPS 85 nipisti fysiikan ja kemian tuntimäärää yhdellä viikotunnilla, mikä johti siihen, että molempien oppiaineiden opetussisältöjä oli runsaasti karsittava (Junnila 1995, 210). Fysiikka ja kemia saivat tuntijaossa yhteensä 2 viikotuntia/vuosiluokka. Kemiaa oli opetettava seitsemännellä ja kahdeksannella luokalla. Kemian ja fysiikan opetuksen yhteiset tavoitteet eivät juuri muuttuneet edellisistä opetussuunnitelman perusteista. Muutoksen kouriin jäivät näiden aineiden oppisisällöt, joita karsittiin. Ulkopuolelle jäivät kemian opetuksessa esimerkiksi sellaiset POPS 70:n sisältämät käsitteet kuin hapetus, pelkistys, hapetusluku, atomi- ja kaavapaino, mooli, aldehydi sekä aromaattinen yhdiste. (POPS 85 1990, 161–164, 317; POPS 70:2 1970, 187.)

1990-luvulla kohdistettiin luonnontieteiden opetukseen kasvava määrä kritiikkiä. Koulumuotojen arvosteltiin tukeutuneen riittämättömästi toisiinsa, mikä oli lähes poikkeuksetta johtanut siihen, että kouluastetta vaihtavan oppilaan oli aloitettava luonnontieteiden opintonsa alusta (Junnila 1995, 236). Edelleen kritisoitiin myös yksittäisten faktatietojen opettamista kokonaisuuksien sijaan. Luonnontieteitä oli arvostelijoiden mielestä integroitava yhteisillä tavoitteilla, jolloin oppilas saisi hahmotettua oppiainerajat ylittävää kokonaisuutta. (Meisalo & Lavonen 1994, 8–9; POPS 94 1994, 86.)

POPS 94 asetti fysiikan ja kemian viikkotuntien vähimmäismääräksi 6 vuosiviikkotuntia (kurssimuotoisessa opetussuunnitelmassa 6 kurssia). Koulu sai halutessaan tarjota lisäviikkotunteja valinnaisaineiden kasvaneesta joukosta ja jopa muokata itselleen omaleimaisen, luonnontieteellisen kokonaisuuden. Kemian opetuksen kehittyminen riippui näin ollen täysin koulusta itsestään. Koulun oli kuitenkin tarkoin perusteltava, jos se halusi kasvattaa pakollista vuosiviikkomäärää yli 6 viikkotunnin. (Meisalo & Lavonen 1994, 28–29.) Opetuksen tuli tukea kokonaisuuden hahmottamista yli oppiainerajojen. Huomio oli myös kiinnitettävä siihen, että oppilaan kyky ymmärtää luonnossa esiintyviä riippuvuus- ja vuorovaikutussuhteita kehittyi. Ympäristöajattelu kasvatti osuuttaan opetussuunnitelman perusteissa edellisiin verrattuna. Tavoitteena oli esimerkiksi, että oppilas pystyisi arvioimaan ihmisen toiminnan ympäristövaikutuksia sekä kasvaisi vastuulliseksi kemiallisten aineiden käytössä ja jätteiden käsittelyssä (POPS 94 1994, 85–86).

Fysiikan ja kemian oppisisällöt oli koottu viideksi yhteiseksi teemaksi: *Rakenteet ja järjestelmät, Vuorovaikutukset, Energia, Prosessit* sekä *Kokeellinen menetelmä*. Nämä teemat sisälsivät aiemmista opetussuunnitelmien perusteista tuttuja osa-alueita ja käsitteitä (POPS 94 1994, 87).

Opetussuunnitelman perusteiden POPS 04 kemian osuus analysoidaan tämän tutkielman varsinaisessa tutkimusosassa.

4.2.2.1 Kokeellisuus kemian opetussuunnitelmien perusteissa

POPS 70 kohotti oppilastöiden asemaa opetuksessa. Ihanteena oli oppilaskeskeinen opetus, jossa oppiminen perustui oppilaan omiin havaintoihin ja kokeiluihin (Junnila 1995, 128). Lisäksi erilaisten oppilaskeskeisten, yhteistyötä vaativien, esimerkiksi kokeellisten, työtapojen katsottiin edesauttavan oppilaan persoonallisuuden kehittymistä. Kemian opetuksen tuli perustua demonstraatioihin ja oppilastöihin. Oppilastyötuntien opetusryhmän enimmäiskooksi täsmennettiin 16 oppilasta sekä kouluja velvoitettiin ajankohtaistamaan laboratoriotilojaan ja opetusvälineistöään. POPS 70 kuitenkin tuomitsi kemian opetuksessa esiintyvän yleisen käytännön, joka jakoi oppitunnit joko demonstraatio- tai oppilastyötunneiksi. Yhtenäisen opetuskokonaisuuden muodostamisen katsottiin vaikeutuvan opetuksen toimiessa kahdella eri tasolla. Sekä demonstraatioihin että oppilastöihin annettiin oppisisältöjen lailla tarkat ohjeet, jotka auttoivat opettajaa

esimerkiksi työparien jaossa sekä työturvallisuuden huomioon otossa. (POPS 70:7 1973, 3–5, 7, 35–41, 193–194; POPS 70:1 1970, 89–91; POPS 70:2 1970, 189–191, 199.)

Myös POPS 85 antoi kokeelliselle työlle keskeisen aseman, mikä näkyi esimerkiksi siinä, että opettajia velvoitettiin ottamaan oppilaan arvioinnissa huomioon myös tämän suoritukset kokeellisen työn parissa. Kokeellisuuden tavoitteiden ja muotojen kuvailua kuitenkin karsittiin huomattavasti edellisistä opetussuunnitelman perusteista. (POPS 85 1990, 164.)

POPS 94 ja sen tuntijako mahdollistivat kouluja muodostamaan kokeellisia valinnaiskursseja. Valinnaiskurssit saivat olla oppiainekohtaisia, soveltavia ja syventäviä oppimääriä tai useasta oppiaineesta muodostettuja kokonaisuuksia. Opettajat pääsivät näin kokeilemaan uusia opetussisältöjä ja työmenetelmiä, joita he pystyivät mahdollisesti soveltamaan myös perusopetukseensa. (POPS 94 1994, 17.) Aksela ja Juvonen tutkivat kokeellisuuden toteutumista eri kouluissa ja totesivat suurimman osan tutkimukseen osallistuneista kouluista muodostaneen kemian valinnaiskursseja (Aksela & Juvonen 1999, 32). Opetussuunnitelman perusteet kannustivat muutenkin kokeellisuutta ja täsmensivät sen liittyvän oppilaan omakohtaisiin kokemuksiin ja arkipäivään sekä ympäristökysymyksiin. Kokeellisuuden ymmärrettiin vievän teoreettisempia työtapoja enemmän aikaa opetuksesta, mutta ajanmenetyksen katsottiin korvautuvan oppimisen syventymisellä. (POPS 94 1994, 88; Meisalo & Lavonen 1994, 9–11, 14, 24.)

4.2.2.2 Laskennallisuus kemian opetussuunnitelmien perusteissa

POPS 70 sisälsi sellaisia laskennallisuuden elementtejä kuin atomi- ja kaavapaino sekä mooli. Lisäksi kemiallisten merkkien ja reaktioyhtälöiden katsottiin olevan syytä ottaa esille kemialliseen reaktioon tutustuttamisesta lähtien jokaisen uuden reaktion kohdalla. Oppilaan arvioinnissa (esim. diagnostisissa ja prognostisissa kokeissa) ei saanut esiintyä liikaa matemaattisia ongelmanratkaisuja ja lukuarvojen tuli käsittää pääasiassa kokonaislukuarvoja. (Anon1973, 6, 42–44; POPS 70:2 1970, 192–193.)

POPS 85 ei huomioi laskennallisuutta. POPS 94 mainitsee laskennallisen kemian osaluista mittausten tekemisen sekä suureiden käyttämisen (POPS 94 1994, 87–90; POPS 85 1990, 161–164).

5 Oppikirja kemian opetuksessa

Käsite oppimateriaali kattaa laajan kirjon opetusvälineistöä. Oppimateriaaleihin luokitellaan esimerkiksi opetuskalvopohjat, ääninauhat, audiovisuaalinen opetusvälineistö, informaatioteknologiset sovellukset sekä oppikirjat (Läromedlen i skolan 1980, 19). Vaikkakin oppikirja on vain yksi oppimateriaalin useista komponenteista, käytettäessä käsitettä oppimateriaali tarkoitetaan useimmiten oppikirjaa (Wikman 2004, 19). Oppikirjaa pidetään nykyisen koululaitoksen keskeisimpänä oppimateriaalina, jonka asema on kiistaton siihen kohdistuneesta kritiikistä huolimatta (Hannus 1996, 13). Asemansa se on saavuttanut johtuen siitä perinteikkästä kuvasta, joka koululla on instituutiona (Wikman 2004, 85).

5.1 Oppikirjan historiaa

Oppikirjatuotannon kehityksen voi jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisen vaiheen käynnisti 1500- ja 1600-luvuilla painotekniikan esiinmarssi, jonka ansiosta tietoa pystyttiin vaivattomammin siirtämään kirjallisesti suullisen menetelmän sijaan tai ohella (Selander 1988, 15). Toista vaihetta elettiin 1800- ja 1900-luvuilla, jolloin ryhdyttiin kouluttamaan koko kansaa rajallisen ja hyväosaisen joukon sijaan. Oppilasmäärän huima kasvu nosti oppikirjojen tuotantoa lähes räjähdysmäisesti. Senaikaisen oppikirjan rakenne ja sisältö muistuttavat pääpiirteittäin nykypäivän oppimateriaalia. (Wikman 2000, 74.) Sekä ensimmäisen että toisen vaiheen aikana olivat oppikirjojen teon takana ns. auktoriteettikirjoittajat eli omien alojensa asiantuntijat, jotka esittivät tieteenalansa omista näkökulmistaan (Hannus 1996, 16–17).

Kolmas eli tämänhetkinen vaihe, ns. massatuotannon kausi, käynnistyi peruskoulujärjestelmään siirtymisen myötä, jolloin myös auktoriteettikirjoittajien käytöstä luovuttiin ja siirryttiin oppikirjatyöryhmissä työskentelyyn. Siirtymävaiheen oppimateriaalit laadittiin oppikirja/työkirja-periaatteella, jolloin oppilas selvisi opinnoistaan oppimalla irrallisia faktoja ja tarkastamalla välittömästi osasuorituksiaan. Tällä tavoin uskottiin tiedon kumuloituvan sekä oikeiden ratkaisutapojen vahvistuvan. Vähitellen tämä johtaisi oppisisällön kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen. Oppikirja/työkirja -malli, johon sisältyi usein lisäksi opettajan opas sekä koepankki, syntyi

myös käytännön tarpeista. Malli auttoi etenkin niitä opettajia työssään, joilla oli riittämätön koulutus ja/tai pätevyys. (Ahtineva 2000, 25; Hannus 1996, 16–17.)

Yllä kuvattu oppikirjamalli menetti suosiotaan informaatioteknologian kehittyessä 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa. Yksittäisten tietojen muistamista ja tehtävien suorittamista vähällä vaivalla lakattiin pitämästä tavoiteltavana (Ahtineva 2000, 25). Samoihin aikoihin oppikirjan teossa siirryttiin määrätietoisemmin ohjattuun, projektiluontoiseen työtapaan, jossa talous sai entistä merkittävämmän osuuden. Oppikirjatyöryhmän kokoa kasvatettiin, jolloin siihen sisältyi sekä asiantuntijaryhmä että kokeneita oppikirjatoimittajia ja/tai kirjoittajia. Nykyinen oppikirja on siis pedagogisista perustehtävistään huolimatta usean tekijän kompromissi: oppikirjasta pyritään sen pedagogisten tavoitteiden ohella, joskus myös kustannuksella, tekemään mahdollisimman myyvä tuote. (Hannus 1996, 13, 16–17.)

Oppikirja on koko pitkän historiansa aikana ollut vahvasti oppiainesidonnainen. Perinne pohjautuu siihen, miten oppiaineet ovat vuosisatojen kuluessa kehittyneet. 1990-luvulla nousi suosioon oppiaineiden integrointi, mikä heijastui myös oppikirjoihin. Integroiduilla kokonaisuuksilla todettiin kuitenkin olevan vaarana hajottaa oppilaan tieto- ja oppimISRakenteita. (Wikman 2004, 132.) Oppikirjat noudattavatkin siksi perinteistä oppiainejaotusta etenkin ylemmillä kouluasteilla.

5.2 Oppikirjan tehtävät ja tavoitteet

Oppikirja sisältää pedagogista tekstiä, jonka tarkoitus on toistaa ja muokata jo luotua tietoa. Pedagogisessa tekstissä kiinnitetään huomio tekstin jäsenyykseen sekä sisällön valintaan ja rajaamiseen. (Selander 1988, 17.) Oppikirja rakentuu tiivistä tiedollisista elementeistä, kogneemeista, ja lyhyistä, kertaavista sekvensseistä. Se opettaa ja selittää valmiiksi jäseneltyä tietoa erilaajuisina oppiannoksina oppilaiden ikään ja esitietoihin sopeutetuvin tavoin. (Ahtineva 2000, 39; Selander 1988, 121.)

Oppikirjalla on moninaisia tehtäviä. Se voi olla auktorisoiva ja tietoa takaava eli se voi peilata sellaista tietoa, joka mielletään nyky-yhteiskunnalle tärkeäksi sekä tulkita oppiainetta, tämän sisältöä ja metodiikkaa yhteiskunnan eri näkökulmista. Se voi olla myös yhtenäistävä ja kokoava, jolloin sen tavoitteena on luoda opinnoille kiinteä, johdonmukainen pohja sekä yhtenäiset puitteet riippumatta oppilaan asuinpaikkakunnasta.

Oppikirja ohjaa lisäksi itsenäistä opiskelua mahdollistaen näin oppilaan pysymisen muun luokan opiskelutahdissa esim. poissaolojen verottaessa koulunkäyntiä. Oppikirjan tällöin sanotaan edesauttavan työn suunnittelua. Oppikirjalla voi olla myös kurinpidollinen tehtävä: oppikirja rauhoittaa oppituntia tarjoamalla oppitunnin ajaksi heterogeeniselle opetusryhmälle tekemistä. Oppikirja voi lisäksi mallintaa oppimista antamalla lukijalleen mallin tieteenalan kehittymisestä sekä kannustamalla kriittiseen ajatteluun. (Wikman 2004, 88–89, 127; Lundgren *et al.* 1982, 11; Läromedlen i skolan 1980, 21.)

5.3 Oppikirjan oppimisvaikutukset

Oppikirjan ensisijainen tavoite on oppimisen edesauttaminen (Wikman 2004, 82). Se tapahtuu joko eksplisiittisesti eli tarjoamalla tietoa tai implisiittisesti eli välittämällä tavan jäsentää ja arvottaa ympäristössä tapahtuvia ilmiöitä, painottaa tiettyä työtapaa tai helpottaa opetusryhmän kurinpitoa (Selander 1988, 38). Tutkimuksissa on todettu, että oppikirjalla on sekä välittömiä että pitkäaikaisia oppimisvaikutuksia (Chall & Conard 1991, 119). Lukemalla oppikirjaa oppilas sekä harjoittelee oleellisen tiedon poimintaa että syventää oppimaansa. Oppikirja luo aihepiiriä koskevia sisäisiä malleja ja mielikuvia esimerkiksi konkreettisella kuvituksellaan ja tarjoaa näin oppilaan tiedonkehitykseen uusia ulottuvuuksia. (Dimenäs & Sträng Haraldsson 1996, 78–80; Hannus 1996, 13.) Oppikirja on apuväline oppiainetta esitellessä ja antaa käsityksen siitä, millä tavoin oppiaineen opetus tulee muodostumaan (Selander 1988, 22–23). Oppikirja välittää tietoa, joka auttaa oppilasta ymmärtämään tieteenalaa tavalla, jolla on merkitys myös kouluopetuksen ulkopuolella (Ahtineva 2000, 23). Lopuksi oppikirjalla on vaikutusta myös siihen, miten ja missä määrin oppiaineesta kiinnostutaan (Saarinen 1998, 106; Vaahtokari & Vähäpassi 2000, 214–215).

Oppikirjojen negatiivisista vaikutuksista opetukseen ja oppimiseen on keskusteltu pitkään (Wikman 2004, 86). Vaikka esimerkiksi Suomessa oppikirjojen tasoa on arvioitu korkeaksi, on oppikirjan keskeistä asemaa opetuksessa kritisoitu (Saarinen 1998, 119). Oppikirjan on useissa tutkimuksissa arvosteltu johdattavan liikaa opetusta estäen näin erilaisten työtapojen kehittymistä ja käyttöä (Lundgren *et al.* 1982, 12; Läromedlen i skolan 1980, 22, 28). Opetussuunnitelmat ovat poliittisten kompromissien tulosta ja ovat linjanvedoiltaan abstrakteja, jolloin ne hahmottavat opetuksen kehykset konkretisoimatta opetusta (Lundgren *et al.* 1982, 11). Viime vuosikymmenien aikana opetussuunnitelmien

muuttuessa yhä abstraktiimpaan suuntaan ovat oppikirjan tekijät saaneet enemmän tulkinnan vapautta. Oppikirjat ovat siitä lähtien esittäneet opetettavan asian kirjantekijöiden näkökulmasta, jonka sekä opettajat että oppilaat ovat mieltäneet opetuksen konkreettisena mallina. Etenkin opetussuunnitelmia uudistettaessa, jolloin ajankohtainen oppimateriaali on harvassa, on ensimmäiseksi painettuja uuden opetussuunnitelman mukaisesti uudistuneita oppikirjoja pidetty uuden opetussuunnitelman praktisina sovelluksina. Tämä on johtanut paikoitellen lähes oppikirjajohtoiseen opetukseen. (Wikman 2004, 78, 81–82; Läromedlen i skolan 1980, 26.)

Myös oppikirjan tarjoamaa oppimis- ja opetusmallia on ankarasti arvosteltu. Oppikirja rakennetaan kielellisesti usein sellaiseksi, että moni oppilas selviää opinnoistaan ulkomuistilla ymmärtämättä koskaan oppimaansa. Oppikirjasta välittyy sellainen oppimistekniikka, jonka avulla oppilas toki kykenee ratkaisemaan oppikirjan tehtävät, muttei kuitenkaan yleistämään tai soveltamaan oppimaansa. Oppikirja voi vaikuttaa negatiivisesti opetuksen metodiikkaan myös suosimalla liikaa tiettyä työtapaa. (Lundgren *et al.* 1982, 75–106.) Oppikirja voi lisäksi olla oppilaalle kielteinen vaikutin esimerkiksi tämän kielellisessä kehityksessä, asennekasvatuksessa sekä itse oppimisprosessissa (Läromedlen i skolan 1980, 28). Etenkin kemian oppikirjat monesti esittävät erheellisesti sirpalemaista, luonnontieteellisestä alkuperästään irrallaan olevaa tietoa järjestyksessä, jossa historiallinen tieteentekoprosessi ohittaa pedagogiset periaatteet (De Vos *et al.* 2002, 104, 106–107). Nykypäivän jatkuvasti kasvava tietomäärä asettaa haasteen oppikirjojen kehitykselle sekä kyseenalaistaa nykyisten kurssisisältöjen laajuuden (Wikman 2004, 78).

Oppilaat itse ovat kuitenkin, etenkin iän karttuessa, halukkaita käyttämään oppikirjaa opetuksessa ja estävät näin ollen vaihtoehdoisen oppimateriaalin käytön. Oppikirjaa käyttävät siis opetuksen ja oppimisen tukena sekä opettajat että oppilaat. (Lundgren *et al.* 1982, 9, 75–106.)

5.4 Oppikirjan kuvitus

Oppikirjassa tekstin osuus on ajan mittaan supistunut yhä pienemmäksi painopisteen siirtyessä enemmän kuvituksen puolelle (Wikman 2004, 56). Oppikirjan kilpaillessa esimerkiksi mainonnan ja elokuvan kanssa on tavaksi tullut suorastaan täyttää oppikirjan sivut kuvilla (Selander 1988, 119). Koska kuvitusta käytetään yhä kasvavassa määrin

tiedonvälityksessä, nousee oppikirja-analyysissä pedagoginen kuva-analyysi tärkeäksi (Selander 1988, 91). Realistiset värikuvat ovat yksi kuvituksen perustyyppi. Niiden käytön oppimishistoria on pitkäaikaisin ja monipuolisin. (Hannus 1996, 36.) Osittain tästä syystä tulee tämän tutkimuksen oppikirja-analyysin kuva-analyysi keskittymään juuri tähän kuvatyypin.

5.4.1 Kuvituksen tehtävät ja tavoitteet

Kuvien käyttö oppikirjoissa on tukeutunut siihen yleisperiaatteeseen, että kaikella tiedon välityksellä on oltava tavoite. Kuvituksen tavoite on edistää sanoman tietoista ja elämyksellistä ymmärrystä etenkin silloin, kun asioiden esittäminen ainoastaan verbaalisin keinoin on hankalaa. (Hannus 1996, 32–33.)

Oppikirjan kuvituksen voi jakaa kahteen tyyppiin: tekstiä tehostaviin kuviin sekä itsenäisesti tiedottaviin tai selittäviin kuviin (Selander 1988, 102). Jaon voi suorittaa myös kognitiivisten ja affektiivisten kuvien välillä. Kognitiiviset kuvat suuntaavat tarkkaavaisuutta, helpottavat muistamista sekä edistävät ymmärrystä, kun taas affektiiviset kuvat herättävät ja ylläpitävät tunteita sekä vaikuttavat oppilaiden asenteisiin. (Hannus 1996, 47.) Kuvituksella voi katsoa olevan viisi pääfunktiota: koristava, esittävä, organisoiva, tulkitseva sekä muuntava. Koristava kuvitus on miellyttävän näköinen, teksti-irrelevantti kuvitus, jonka tehtävänä on edistää myyntiä. Esittävä kuvitus on taas teksti-relevantti ja se täydentää sekä konkretisoi tekstiä ja edistää muistia. Organisoiva kuvitus lisää yhtenäisyyttä ja koherenssia sekä muodostaa kuvituksen sisällölle järjestelmällisen rungon. Tulkitseva kuvitus taas helpottaa vaikeiden käsitteiden ymmärtämistä. Muuntavaa kuvitusta käytetään harvemmin oppikirjoissa ja jätetään tässä siksi käsittelemättä. (Hannus 1996, 49–50; Levin *et al.* 1987, 53–63.) Yhteenvetona voi kuvitukselle määrittää seuraavat tavoitteet: tarkkaavaisuuden suuntaaminen, mielenkiinnon herättäminen, asiassa pitäytyminen, muistitoimintojen tukeminen, ymmärtämisen edistäminen, omakohtaisen asiaan liittyvän pohdinnan herättäminen sekä tunne-elämysten ja esteettisten kokemusten tarjoaminen (Hannus 1996, 50).

5.4.2 Kuvituksen oppimisvaikutukset

Oppikirjojen kuvituksella on todettu olevan oppimistuloksellista merkitystä. Sen lisäksi, että kuvat keventävät, illustroivat tai jopa korvaavat tekstiä, voivat ne parhaimmillaan olla nopea, tehokas, monitasoinen ja jopa korvaamaton keino välittää tietoa ja tunteita (Hannus 1996, 36; Selander 1988, 102). Kuvat tehostavat oppimista etenkin nuoremmilla oppilailla silloin, kun ne liittyvät kiinteästi tekstin käsittelemään asiaan sekä antavat oleellista lisäinformaatiota. Kaikilla ikätasoilla muistetaan ja tunnistetaan kuvia paremmin kuin sanoja. Kuvitettua aineistoa prosessoidaan enemmän ja useammalla tasolla kuin kuvittamatonta materiaalia. Tämä johtaa siihen, että sisällön palauttaminen aikaisempien tietojen varaan konstruoitujen sisäisten mallien avulla on tehokkaampaa. (Hannus 1996, 61, 71.) Hannuksen tekemän tutkimuksen mukaan kuvitus paransi yleistä koulutyypistä oppimista mukaan noin 4 prosentilla. Yksityiskohtien muistaminen oppilailla oli kuvituksen avulla tehokkaampaa kuin kuvittamatonta tekstiä luettaessa. Laaja-alainen sisällön ymmärrys pysyi kuitenkin samalla tasolla kuin kuvittamatonta tekstiä luettaessa. (Hannus 1996, 96–97, 137.) On siis muistettava, että kuvitus, vaikkakin se on oleellinen osa oppikirjaa, ei pysty korvaamaan korkealuokkaista, oppilaiden kielellisiä kykyjä vastaavaa tekstiä (Hannus 1996, 140).

5.5 Kokeellisuus oppikirjassa

5.5.1 Kokeelliset kuvat, esimerkit ja tehtävät

Akselan ja Juvosen tutkimuksen suomalaisista kemian opettajista 95 % koki kemiaa opittavan parhaiten tekemällä. Moni koulu oli kuitenkin joutunut joko vähentämään tai poistamaan kokeellisuuden osuutta opetuksesta aikapulan, suuren ryhmäkoon tai puutteellisten laboratoriotilojen ja/tai -välineistön vuoksi. (Aksela & Juvonen 1999, 17.) Kokeellisuutta voi kuitenkin demonstraatioiden ja oppilastöiden lisäksi olla tavassa lähestyä opetettavaa käsitettä, kuten käsitteen liittäminen arki- tai reaali maailmaan tai demonstraatioon/oppilastyöhön viittaaminen tekstin, kuvan, esimerkin tai tehtävän avulla (Ahtineva 2000, 73). Yllämainitulla voi oppikirjakin tukea kokeellisuutta.

5.5.2 Kokeelliset työhjeet

Oppikirjaan sisällytetään kuvituksen lisäksi myös usein ohjeita demonstraatioiden, oppilastöiden sekä kotitalouksista löytyvillä välineillä suoritettavien tutkimusten tekoon. Erilaisilla kokeellisilla töillä on eri tavoitteet: lyhyet ja havainnollistavat työt herättävät keskustelua, käytännön harjoitteet kehittävät motorisia taitoja ja välineistön hallintaa sekä avoimet ja/tai laajemmat työt kehittävät tutkimustaitoja (Woolnough & Allsop 1985). Kokeellisen työn tavoitteina voi olla myös luokittelu ja tunnistaminen, testaus, mallintaminen, tutkiminen, kartoittaminen sekä valmistaminen/syntetisointi (Watson *et al.* 2000, 71).

Kouluopetuksen kokeellista työskentelyä on arvosteltu ankarasti etenkin viimeisen kymmenen vuoden aikana. Oppikirjoissa ahkerasti esiintyvät ns. reseptimuotoiset työhjeet keskittyvät teknisten ja motoristen taitojen harjoittamiseen jättäen vain hieman sijaa oppilaan argumentoinnille sekä itse muodostamille hypoteeseille ja johtopäätöksille (Watson *et al.* 2000, 71, 77; Watson 2000,67; Dimenäs & Sträng Haraldsson 1996, 40). Toistavat tekniset harjoitteet luovat hyvin rajallisen mielikuvan tieteentekijöiden luomis- ja löytötyöstä, joka sisältää aktiivista tiedon käsittelyä ja konstruointia. Yksikään tutkimus ei osoita, että välineistön hallinnan harjoittelu kehittäisi luonnontieteellistä ymmärrystä. (McGuinness *et al.* 2002, 36, 37, 43; Hodson 1990.) Oppilaalta monesti jää päinvastaisesti huomaamatta kokeellisten töiden ja opetettavan teorian välinen yhteys (Dimenäs & Sträng Haraldsson 1996, 92). Kirschner ja Meester totesivat tutkimuksessaan kokeellisen työn tukevan heikosti oppimista ottaen huomioon kaiken siihen kulutetun ajan, työmäärän sekä resurssin. Koska kokeellisilla töillä useimmiten ainoastaan todennettiin jo opittua tietoa, se jopa heikensi oppilaan uteliaisuutta ja motivaatiota. (Kirschner & Meester 1988.) Opettajat monesti kuitenkin suosivat tämäntyyppisiä, yksinkertaisia töitä, koska niillä on selkeä tulos ja korkea onnistumisprosentti sekä ovat nopeita, helppoja ja turvallisia suorittaa (Aksela & Juvonen 1999, 19–20).

Muutosta kokeellisten töiden suhteen toivotaan tapahtuvan tutkivaan ja avoimempaan suuntaan, jolloin oppilasta kannustettaisiin itsenäisempään päätöksentekoon työn suunnittelussa, toteutuksessa ja arvioinnissa (Nakleh *et al.* 2002, 82). Avoimemmat tutkimustyöt sallisivat oppilaan muodostaa opittavasta asiasta kokonaiskuva (Dimenäs & Sträng Haraldsson 1996, 92–94).

5.6 Laskennallisuus oppikirjassa

Oppikirja sisältää laskennallisuutta, jos siinä esiintyy numerolukutaidon, numeerisen ongelmanratkaisun ja/tai laskennallisen kemian käsitteiden ja määritelmien hallintaa vaativia esimerkkejä ja/tai kotitehtäviä. Laskennallisuus määriteltiin yksityiskohtaisemmin luvussa 2.2.

5.7 Oppikirja opettajan tukena

5.7.1 Opettajan aineensaaminen ja kemian opetus

Opettajan työtä on viime aikoina kuormittanut yhteiskunnassa tapahtunut asennemuutos, joka on lisännyt kouluun ja sen opettajiin kohdistuvia vaatimuksia. Opettajan odotetaan huolehtivan enenevässä määrin oppilaan kasvatuksesta sekä mahdollisesti myös koulun hallinnollisista elementeistä. (Andersson *et al.* 2003, 19–20.) Lisäksi opettajalta luonnollisesti vaaditaan innostuneisuutta, asiantuntevuutta sekä virikkeellisiä oppitunteja (Simon 2000, 115).

Opettajien tietopohja voidaan jakaa seitsemään luokkaan: oppiainetuntemus, ainedidaktinen tuntemus, opetussuunnitelman tuntemus, yleinen pedagoginen osaaminen, oppimisen ja oppimistyylien tuntemus, koulutuksen käsitteellinen tuntemus sekä koulutuksen tavoitteiden tuntemus. Oppiainetuntemus sekä ainedidaktinen tuntemus ovat riippuvaisia opetettavasta oppiaineesta muiden kategorioiden käsitellessä yleisen tason opetustyötä. (De Jong *et al.* 2000, 370.)

Kemian opinnot tuntuvat monesta perusasteen oppilaasta raskailta. Kemian kokeellinen luonne sekä mittava ja alati laajeneva käsitteistö/terminologia edellyttävät aineenopettajalta vahvaa asiantuntemusta eli ainedidaktista sekä oppiainetuntemusta. Erot opettajien asiantuntemuksessa vaikuttavat koulujen väliseen kemian opetuksen tason voimakkaaseen vaihteluun (Saarinen 1998, 112, 116). Luonnontieteiden ainedidaktisissa tutkimuksissa on viime aikoina kiinnitetty huomio opettajien tieto- ja taitotasoon. Nämä tutkimukset ovat näyttäneet opettajan asenteilla, tiedolla ja ajatustavalla olevan vahva yhteys opetussisältöön. (De Jong *et al.* 2002, 369.)

Oppiaineen uutuus, laajuus, vaikeus ja abstraktius voivat lannistaa kemian opintoja aloittavaa oppilasta, ellei opettaja osaa selkeästi ja loogisesti muokata oppisisältöä oppilaan tasolle. Taitava opettaja selventää oppilaalle, mitä oppisisällön osuuksia tämän on muistettava ja mitä ymmärrettävä, mitä taitoja on harjoitettava sekä mitä johtopäätöksiä on muodostettava (Lenton & Stevens 2000, 87). Oppilas tarvitsee opettajaa auttamaan tätä sitomaan tietoa, luomaan positiivisia mielleyhtymiä sekä rakentamaan uusia käsitteitä (Ahtineva 2000, 39). Vankan aineenosaamisen saavuttanut opettaja löytää oppisisällön pilkkomiseen ja havainnoimiseen pedagogisesti ja ainedidaktisesti edellytyksellisimmät välineet (Clermont *et al.* 1994).

Taitavat aineenopettajat muokkaavat merkittävästi myös oppilaidensa asenteita oppiainettaan kohtaan. Moni oppilas jopa valitsee jatko-opintojensa suunnan opettajiensa innoittamana (Gabrielsson 2003, 30). Puutteellinen aineenosaaminen opettajassa johtaa usein siihen, ettei tämä itse ole opetettavasta aineesta juuri kiinnostunut. Tällöin on mielenkiinnon herättäminen oppiainetta kohtaan myös oppilaassa huomattavasti vaikeampaa. (Simon 2000, 114.)

Kokeellisessa työskentelyssä on opettajan aineenosaaminen ehdottoman tärkeää jo pelkästään työturvallisuuden vuoksi. Puutteellisella asiantuntemuksellaan voi opettaja aiheuttaa oppilaalle myös oppisisällöllisiä väärinkäsityksiä valitsemalla esimerkiksi liian vaikeita, epäsoveliaita tai jopa harhaanjohtavia oppilastoita ja/tai demonstraatioita (De Jong *et al.* 2002, 375, 377). Jotta kokeellinen työ ei jäisi pelkästään teknisen osaamisen taidonnäytteeksi, on opettajan osattava lisäksi johdattaa oppilas tekemään tieteellistä ajatustyötä (Watson 2000, 60, 62, 66). Opettajan ja oppilaan väliset keskustelut ovat tärkeitä sekä ennen että jälkeen kokeellisen osuuden. Oppilaan on oltava tietoinen siitä, mitä hänen on työssä havaittava sekä kyettävä analysoimaan työn tuloksia ja näin ollen yhdistämään ne opittuun käsitteeseen (Nakleh *et al.* 2002, 88). Etenkin tutkielman kappaleessa 5.5.2 esiintyneet avoimet oppilastyöt vaativat opettajalta enemmän aineenosaamista kuin suljettujen, reseptimäisten töiden seuraaminen ja ohjaaminen. Opettaja siis tarvitsee tuekseen vahvaa aineenosaamista, jotta hänen onnistuu luotsata oppilas vaativan, tieteellisen ajatusprosessin kynnykselle.

5.7.2 Kemian opettajien koulutus pohja Ruotsissa ja Suomessa

Opettajien, joilla on puutteellinen aineenosaaminen, on kansainvälisissä tutkimuksissa todettu olevan erityisesti ainedidaktisesti epävarmoja. Tämä laskee luonnollisesti opetuksen tasoa. (Simon 2000, 114.) Yleisen käsityksen mukaan kemian aineenopettajilla on yliopisto- ja korkeakouluopintojensa vuoksi riittävä aineenosaaminen. Opettajankoulutuslaitokset monissa maissa keskittyvät kuitenkin pääasiassa pedagogisiin opintoihin oppiainekohtaisten sijaan. (De Jong *et al.* 2002, 373.) Siksi todellinen tilanne on edellä mainittua käsitystä heikompi.

Kemia pääaineena valmistuvien opettajien määrä on kysyntää alhaisempi, vaikka Suomessa ja Ruotsissa tarjotaan runsaasti kemian korkean asteen opintoja suhteessa väkilukuun (Gabrielsson 2003, 111; Saarinen 1998, 107). Kemian pääaineosaajia kaivataan joka kouluun (Aksela & Juvonen 1999, 46, 49).

Sekä Suomessa että Ruotsissa on korkeakouluissa joko tapahtunut tai on tapahtumassa tutkintojärjestelmävaihdos (Suomessa 1.8.2005 ja Ruotsissa 1.7.2007), mikä vaikuttaa myös aineenopettajien tutkintovaatimukseen (Nya examensbestämmelser (Bologna) 2007; Tutkintovaatimukset kemian opettajan erikoistumislinjalla 1.8.2005 alkaen 2007). Tutkielmassa keskitytään kuitenkin työelämässä tällä hetkellä olevien opettajien koulutustasoon.

5.7.2.1 Koulutus pohja Suomessa

Monelle kemian opettajista koostuvat kemian opinnot 15 opintoviikon approbatur-oppimäärästä, jonka suorituspäivämäärästä on pitkä aika (Saarinen 1998, 115). Akselan ja Juvosen tutkimukseen osallistuvista opettajista kemian approbatur-, tai jopa sitä alhaisempi, oppimäärä löytyi yhtä suurelta osalta opettajista kuin 70 opintoviikon laudatur-oppimäärä (30 %). Kahdella viidesosalla oli vuoden Suomen Opetushallituksen vuoden 1998 asetuksen (986/1998) vaatima 35 opintoviikon cumlaude-arvosana. Pääaineosaamisen vähyys selittyy matemaattis-luonnontieteellisten oppiaineiden opettajiin kohdistuvalla vitsauksella eli useamman oppiaineen opettamisella. Tutkimuksen opettajista kokonaisuudessaan 40 prosentilla oli opetettavanaan kolme oppiainetta, useimmiten kemia,

fysiikka ja matematiikka. Vajaalla viidenneksellä oli lisäksi neljäs opetettava oppiaine. Vain runsaalla neljänneksellä oli ihanteelliset kaksi opetettavaa oppiainetta. (Aksela & Juvonen 1999, 11–12.)

Pääaineena kemiaa opiskelleiden vähyys, opettavien oppiaineiden runsaus sekä myös peruskoulun alaluokkien opettajien puutteellinen koulutus kemiassa olivat samaisen tutkimuksen mukaan eräitä vakavia ongelmia opettajien tilanteessa Suomessa (Aksela & Juvonen 1999, 42, 46). Vielä vuonna 1991 oli Suomen yleissivistävien koulujen opettajien koulutustaso maailman korkein: esimerkiksi luokanopettajien koulutus oli keskimäärin 2,5 vuotta pidempi kuin muualla Euroopassa (Lappalainen 1991, 199). Herää kysymys, onko opettajien koulutustaso muualla vielä heikompi vai onko Suomen koulutustaso kääntynyt jyrkkään laskuun viime vuosikymmenen aikana?

5.7.2.2 Koulutus pohja Ruotsissa

Ruotsissakin on todettu luonnontieteiden opetuksessa puutteita johtuen erityisesti opettajien kyvyistä esittää oppisisältö pedagogisesti (Strömdahl 1995). Kahden viimeaikaisen Ruotsin perusopetusta arvioivan tutkimuksen vertailu paljastaa, että luonnontieteen opettajien muodollinen pätevyys oli vuonna 2003 alhaisemmalla tasolla kuin kymmenen vuotta aiemmin. Yksittäisiin oppiaineisiin, kuten kemiaan, syvennyttään nykyään harvemmin (opinnot koostuvat usein 20 tai 40 opintoviikon suorituksista), mutta opettajat keräävät opintoja useammista oppiaineista. (Läroprogrammet Naturorienterade ämnen för grundskolans senare år 2007; Andersson *et al.* 2003, 10.) Peruskoulun yläluokkien kemian opettajat opettavat Ruotsissa aina vähintään kolmea oppiainetta - kemiaa, biologiaa ja fysiikkaa, näiden oppiaineiden sisältyessä nimikkeeseen ”luonnontieteellisesti suuntautuneet aineet” (naturorienterade ämnen). Usein opettajat opettavat lisäksi matematiikkaa ja/tai omana oppiaineenaan esiintyvää tekniikkaa, siis yhteensä runsaimmillaan viittä oppiainetta. (Gabrielsson 2003, 30–31.) Suomen laudatur-oppimäärään verrattavaa kemian oppimäärää ei näin ollen juuri yksikään yläluokkien opettajista ole opiskellut ellei ole päteväitynyt lukion kemian opettajaksi, jolloin vaatimuksena on 60 opintoviikkoa (Läroprogrammet Kemi/Kemi med didaktisk inriktning 2007). Ruotsissa lienee harvinaista, että lukio-opetukseen suuntautunut opettaja työskentelee luokilla 7–9 lukioiden toimiessa useimmiten perusopetuksesta eriytettyinä yksikköinä. Vuonna 2001 muokattiin aineenopettajakoulutusta siten, että opiskelijan on

syvennyttävä kahteen oppiaineeseen vähintään 60 opintoviikon verran huolimatta siitä, suuntautuuko tämä opettamaan peruskoulun yläluokkia tai lukiota (Gabrielsson 2003, 30–31). Muutos aineenopettajakoulutuksessa on sen verran tuore, etteivät uudenlaisen koulutuksen saaneet aineenopettajat ole ehtineet uusimpien tutkimusten otoksiin.

Epäpätevien opettajien määrä ruotsalaisissa kouluissa on tasaisesti kasvanut 1990-luvun puolivälin jälkeen nykyisen opetussuunnitelman astuttua voimaan. Vastuu opetushenkilökunnan palkkauksesta siirtyi tällöin kunnille (vapaakoulujen kyseessä ollessa koulun johdolle). Kuntien ja vapaakoulujen on havaittu opettajia palkatessaan laiminlyövänsä pätevyysvaatimuksia syynä usein puute pätevistä hakijoista. Erityisesti luonnontieteiden opetuksen tasoon on vaikuttanut kielteisesti myös haja-asutusalueiden pienikokoisten alakoulujen muuttaminen yläkouluiksi ilman yläluokkien opetuskelpoisuuden saanutta henkilökuntaa. Opettajan siirtymistä alaluokilta yläluokille helpottaa Ruotsin kaksilinjainen perusasteen opettajankoulutus, jolta opiskelija valmistuu joko 1.–7. luokkien tai 4.–9. luokkien pätevyydellä. (Richardson 2004, 165, 214.)

Mainittakoon, että kemian opettajien koulutustason mainetta Ruotsissa heikentää vielä vuonna 2003 valmistunut tutkimus, jossa kyseenalaistettiin kahden korkeakoulun oikeutta tarjota kemian kandidaatti- ja maisterintutkintoja. Tutkimuksessa myös jokainen maassa kemian opintoja tarjoava korkeakoulu/yliopisto totesi opiskelijoiden lähtötietojen kemiassa olevan puutteelliset. Tämän vuoksi yhä useammat korkean asteen koulut ovat laskeneet kemian perusopintojensa vaatimuksia lukio-oppimäärän tasolle. (Gabrielsson 2003, 19–20, 27.) Suomessa korkean asteen koulujen ainekohtaiset pääsykokeet sekä myös ylioppilaskirjoitukset pitänevät opiskelijoiden lähtötasoa kohtuullisella tasolla.

5.7.3 Oppikirja aineenosaamisen täydentäjänä

Aineenosaamisessaan varma opettaja suhtautuu oppikirjan käyttöön opetuksessa joustavammin ja pystyy helpommin poikkeamaan oppikirjan rungosta. Opetus on sitä enemmän oppikirjasidonnaista, mitä alemmilla vuosiluokilla opetus tapahtuu, mitä puutteellisempi opettajan muodollinen pätevyys on sekä mitä kokemattomampi opettaja on työssään (Wikman 2004, 84–85). Hyvin laadittu oppikirja voi tarvittaessa auttaa opetustyön alkuun vastavalmistuneita, muodollisesti epäpäteviä tai muuten työssään epävarmoja opettajia. Selkeä rakenne, havainnollistavat kuvat ja/tai esimerkit, käsitteiden ja ilmiöiden kytkeä oppilaan arkipäivään sekä monipuoliset ja helppokulkuiset demonstraatio- ja oppilastyöt johdattavat sekä opettajan että oppilaan pedagogiselle polulle.

6 Tutkimusongelmat ja tutkimuksen toteuttaminen

6.1 Tutkimusongelmat

Tässä tutkimuksessa halutaan selvittää kemian opetuksen yhtäläisyyksiä ja eroja Suomen ja Ruotsin peruskoulun yläluokilla vertailemalla opetussuunnitelmia sekä oppikirjoja. Tutkimuksessa ei ole tavoitteena asettaa maiden opetusta paremmuusjärjestykseen.

Opetuksen vertailu aloitetaan maiden voimassa olevilla opetussuunnitelmilla. Vertailussa kiinnitetään huomio sekä opetussuunnitelmien yleisiin ohjeisiin ja säännöksiin että kemian oppiainekohtaisiin ohjeistuksiin. Yleisiä ohjeita tarkasteltaessa tullaan pitämään mielessä seuraavat kysymykset:

- Miten opetus on tarkoitus järjestää?
- Mikä on opetuksen perimmäinen tarkoitus ja tavoite?
- Miten huomioidaan opetusmenetelmät ja työskentelytavat?
- Missä suhteissa painotetaan oppimista ja kasvatusta?

Kemian oppiainekohtaisia opetussuunnitelmia tutkiessa halutaan luoda kokonaiskuva kurssisuunnitelmien sisällöstä. Tutkimusta tehdessä kurssisuunnitelmia tarkastellaan seuraavista näkökulmista:

- Mitä ovat kemian opetuksen yleiset tavoitteet?
- Mitä teemoja ja käsitteitä kurssisuunnitelmat sisältävät ja kuinka yksityiskohtaisesti ne määritellään?
- Mikä arvo on opetusmenetelmien ja työskentelytapojen valinnalla ja vaihtelulla?

Tutkimuksessa halutaan erityisesti kiinnittää huomio kemian kokeellisen työtavan sekä laskennallisuuden esiintymiseen opetussuunnitelmissa. Kokeellista työtapaa tutkittaessa selvitetään, mitä tavoitteita tällä on opetuksessa ja millä eri tavoin näihin tavoitteisiin pyritään pääsemään. Laskennallisuutta tutkittaessa tarkastellaan, kuinka suuri arvo tällä on opetuksessa ja millä tavoin sitä esiintyy.

Opetussuunnitelmatutkimus jatkuu koulukohtaisten opetussuunnitelmien analyysillä. Tutkimuksessa tullaan arvioimaan, miten opetussuunnitelmien käytännön tulkinta on toteutunut.

Oppikirjoja käytetään usein kouluopetuksen punaisena lankana ja oppimisen perusturvana. Opetussuunnitelmien tulkinnan varan vuoksi oppikirjoissa voi olla merkittäviäkin eroja. Sen vuoksi tutkimuksessa halutaan tarkastella oppikirjoissa esiintyviä käsitteitä ja teemoja sekä kartoittaa, millä tavoin ja missä määrin sekä kokeellisuutta että laskennallisuutta oppikirjoissa käsitellään.

Tutkimusongelmana on peruskoulun 7.–9. luokkien kemian opetuksen vertailu. Tutkimusongelmaa lähestytään sekä valtakunnallisten opetussuunnitelmien että oppikirjojen kautta:

- 1) Millaiset ovat Suomen ja Ruotsin valtakunnalliset kemian opetussuunnitelmat peruskoulun yläluokilla?
 - a) Mitkä ovat valtakunnan opetussuunnitelmille yhteiset käsitteet ja teemat?
 - b) Missä määrin ovat valtakunnalliset opetussuunnitelmat tulkittavissa?
 - c) Miten kokeellisuus esiintyy opetussuunnitelmissa?
 - d) Millä tavoin opetussuunnitelmissa käsitellään laskennallista kemiaa?
- 2) Millaiset ovat kemian oppikirjat peruskoulun yläluokilla Suomessa ja Ruotsissa?
 - a) Mitkä käsitteet ja teemat esiintyvät oppikirjoissa?
 - b) Mikä on käsitteiden ja teemojen esitys- ja käsittelytapa?
 - c) Millä tavoin ja missä määrin kokeellisuus esiintyy oppikirjoissa?
 - d) Millä tavoin ja missä määrin laskennallisuus esiintyy oppikirjoissa?

6.2 Tutkimuksen toteuttaminen

Tutkimus jakautuu kahteen osaan: opetussuunnitelma- ja oppikirja-analyysiin. Tutkimuksen aluksi on määriteltävä, millä tavoin kokeellisuutta ja laskennallisuutta tutkimuksessa tullaan luokittelemaan ja näille on siis ensiksi luotava kriteerit.

Kokeellisuudeksi tutkimuksessa mielletään

- oppilastyöt,
- opettajajohtoiset demonstraatiot,
- opintokäynnit,
- audiovisuaaliset opetusvälineet sekä
- tietokoneavusteinen mallintaminen.

Oppilastyöt jaetaan edelleen suljettuihin (havainnoiviin ja todentaviin) sekä avoimiin (tutkiviin) töihin.

Laskennallisuus jaetaan matemaattisiin perustaitoihin sekä kemian käsitteitä ja teorioita integroiviin taitoihin.

Matemaattisiksi perustaidoiksi luokitellaan

- tilastojen, taulukoiden ja kuvaajien tulkinta ja laatiminen sekä
- mittaaminen ja mittauksessa käytettyjen yksiköiden ja suureiden hallinta.

Kemian käsitteitä ja teorioita integroivia taitoja ovat stoikiometriset käsitteiden tunnistaminen, tulkinta ja käyttö. Peruskoulussa stoikiometriä esiintyy vielä suppeasti.

Sen vuoksi tässä tutkimuksessa käsitellään vain seuraavia stoikiometrisiä käsitteitä:

- yhdisteen molekyylikaavan muodostaminen,
- reaktioyhtälön muodostaminen ja tasapainottaminen,
- atomimassa, moolimassa ja massa sekä
- ainemäärä ja tämän yksikkö mooli.

6.2.1 Opetussuunnitelma-analyysi

Opetussuunnitelma-analyysissä tarkasteltavat valtakunnalliset opetussuunnitelmat ovat Lpo 94 Ruotsista ja POPS 04 Suomesta. Tämän jälkeen analysoidaan tapausesimerkkeinä (case study) kuutta koulukohtaista kemian opetussuunnitelmaa (kummastakin maasta kolmea). Opetussuunnitelma-analyysia työstetään käsitekarttaa käyttämällä ja tulokset esitellään taulukoinnin avulla.

Koulukohtaiset opetussuunnitelmat on valittu seuraavista kouluista:

Suomi:

- Laurin koulu, Mynämäki
- Pohjois-Haagan yhteiskoulu, Helsinki
- Olarin koulu, Espoo

Kaksi ensimmäistä koulua on valittu summittaisesti siten, että toinen sijoittuu pääkaupunkiseudulle ja toinen muualle maahan. Viimeisen koulun valintaa perustellaan sillä, että koulu on luonnontieteellisesti painottunut ja auttaa näin luomaan syvemmän katsauksen valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden tulkintavapauteen.

Ruotsi:

- Lillåns skola, Örebro
- Sundbyskolan, Spånga
- Johan Skytteskolan, Älvsjö

Ruotsalaisten koulujen valinta on tapahtunut vastaavin periaattein kuin suomalaisten koulujen valinta.

6.2.2 Oppikirja-analyysi

Oppikirja-analyysissa on valittu sekä Suomesta että Ruotsista kaksi kirjasarjaa. Oppikirjat on valittu siten, että molemmista maista on tutkimuksessa sekä koko peruskoulun yläluokkien kemian oppisisällön kattava tietokirja että oppisisällön kolmeen erilliseen kurssiin jakava kirjasarja. (Taulukko 2.) Kertaus- ja syvennyskirjoja, yksilölliseen oppimiseen tarkoitettuja kirjoja ja erillisiä työ- tai tehtäväkirjoja ei ole tutkimukseen otettu mukaan kahdesta syystä: tutkimusaineistoa on jo varsinaisten kurssien kohdalta riittävästi ja molempien maiden oppilaitosten resurssipulan vuoksi oppikirjan käyttö keskittyy useimmiten peruskurssikirjoihin. Oppikirja-analyysi koostuu kahdesta osasta: käsitteellisestä analyysistä sekä kokeellisuuden ja laskennallisuuden kartoituksesta. Apuvälineinä käytetään edellä mainitussa käsitekarttaa ja taulukointia sekä viimeksi mainitussa taulukointia.

Kokeellisuutta tarkasteltaessa tutkimukseen valitaan oppikirjoista

- kokeellisuutta kuvaavat kuvat ja/tai kuvasarjat (esim. reaktioista otetut valokuvat),
- kokeellisuutta soveltavat kotitehtävät,
- oppilastyöohjeet sekä
- demonstraatio-ohjeet.

Kokeellisuutta kuvaavista kuvista ja/tai kuvasarjoista suljetaan tutkimuksen ulkopuolelle oppikirjan tekijöiden piirtämät kuvat/kuvasarjat. Tämä siksi, että piirroksat sisältävät aina myös piirtäjän oman tulkinnan.

Laskennallisuutta tutkittaessa oppikirjoista sisällytetään tutkimukseen sekä teorian yhteydessä että kotitehtävissä esiintyneet seuraavat laskennalliset elementit:

- yhdisteen kaavan muodostaminen,
- reaktioyhtälöt,
- tilastot ja taulukot,
- mittaaminen ja mittaustulokset sekä
- ainemäärään ja massaan liittyvät käsitteet.

Yksittäiset molekyylikaavat, jos niitä ei oppilaan ole tarkoitus itse päättämällä muodostaa, jätetään tutkimuksen ulkopuolelle, jotta rajataan tutkimuksen laajuutta.

TAULUKKO 2. Oppikirja-analyysiin valitut oppikirjasarjat.

Kirjasarja	Kirja	Kirjan nimi
A	A ₁	Spektrum Kemi
B	B ₁	Kemi Lpo 1
	B ₂	Kemi Lpo 2
	B ₃	Kemi Lpo 3
C	C ₁	Aine ja Energia
D	D ₁	Avain 1
	D ₂	Avain 2
	D ₃	Avain 3

7 Tutkimustulokset

7.1 Ruotsin ja Suomen opetussuunnitelmien vertailu

Ruotsin valtakunnallinen opetussuunnitelma Lpo 94 rakentuu kouluopetuksen tavoitteista (mål) sekä linjanvedoista (riktlinjer). Tavoitteet jaetaan edelleen kahteen luokkaan: strävansmål sekä mål att uppnå. Viimeksi mainituilla tarkoitetaan niitä tavoitteita, joiden saavuttamiseen on koululla velvollisuus auttaa oppilastaan. Tutkimuksessa käytetään näihin tavoitteisiin viitatessa vapaata käännöstä saavutettavat tavoitteet. Ensiksi mainitut taas käsittävät ne tavoitteet, joiden saavuttamiseen sekä koulu että oppilas pyrkii ja joihin ei näin ollen velvoiteta pääsemään. Näihin tavoitteisiin viitataan tutkimuksessa käännöksellä pyrkimystavoitteet. Linjanvedot muotoilevat koulun ja sen henkilökunnan vastuualueet, joilla asetetut tavoitteet saavutetaan. (Lpo 94 1998.)

Suomen valtakunnalliset opetussuunnitelman perusteet POPS 04 määrittelevät ensin opetuksen arvopohjan sekä tämän jälkeen opetuksen toteutuksen. Arvopohjan sisältävä osuus luonnehtii peruskoulun yleiset ja ideologiset tavoitteet ja tehtävät, kun taas jälkimmäinen osuus kattaa mm. oppimiskäsitykset, työtavat, erityisopetuksen ja oppimisympäristön. (POPS 04 2004.)

Tutkimusta tehdessä on helpottaakseen opetussuunnitelmien vertailua rinnastettu Ruotsin opetussuunnitelman pyrkimystavoitteet Suomen opetussuunnitelman perusteiden arvoihin ja saavutettavat tavoitteet taas tehtäviin. Tämä sen vuoksi, että Ruotsin pyrkimystavoitteet ovat usein ideologisia ja näin ollen arvoihin rinnastettavia, kun taas saavutettavat tavoitteet muotoillaan konkreettisiksi ”virstanpylväiksi” ja muistuttavat täten tehtäviä.

7.1.1 Valtakunnallisten opetussuunnitelmien yleiset linjaukset

7.1.1.1 Opetuksen arvopohja

Opetussuunnitelmien arvopohja on yllätyksettömästi sekä Ruotsissa että Suomessa samankaltainen – onhan suomalainen perusopetuksen kehitys pääpiirteittäin seurannut ruotsalaista mallia. Opetuksen kuuluu olla molemmissa maissa uskonnoltaan, asenteiltaan

sekä poliittiselta vakaumukseltaan sitoutumatonta. Arvopohjan perustana on demokratian eli ihmisoikeuksien ja tasa-arvon edistäminen. Tasa-arvo määritellään yksilöiden, sukupuolten sekä kulttuurien väliseksi. Opetuksen on edistettävä suvaitsevaisuutta siten, että monikulttuurisuus koetaan hyväksyttäväksi ja jopa rikkaudeksi. Yksilön oikeuksia ja vapauksia korostetaan mm. yksilöllisellä koulutuksella unohtamatta kuitenkaan yksilön vastuuta. Opetuksen on kannustettava vastuunottoa etenkin ympäristön elinkelpoisuuden ja monimuotoisuuden säilyttämisen näkökulmasta. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

Ruotsalaiset opetussuunnitelmat ovat vuosien varrella painottaneet yhä enenevässä määrin ideologisia arvoja opetusmetodiikan ja oppisisältöjen kustannuksella. Myös käytössä oleva opetussuunnitelma seuraa tätä mallia. Opetuksen arvopohjan määrittämiseen käytetään 5 sivua opetussuunnitelman yleisen osuuden 19 sivusta, siis runsas neljännes. Suomen opetussuunnitelman perusteiden vastaava suhdeluku on 2/30 eli likimain 7 %. Ruotsin suurehko sivumäärä selittyy toistolla: tasa-arvoon, suvaitsevaisuuteen sekä vastuulliseen ympäristöajatteluun viitataan Ruotsin opetussuunnitelmassa useamman kuin yhden kerran. Erityisesti sukupuolten välinen tasa-arvo saa osakseen paljon huomiota ja koulun yhdeksi perustavaksi tavoitteeksi mainitaan perinteisten sukupuoliroolien kumoaminen. Suvaitsevaisuudesta puhuttaessa käytetään lisäksi termejä solidaarisuus sekä anteliaisuus, joiden edistämisen taustana on ruotsalaisen hyvinvointiyhteiskuntamallin mukainen syrjäytyneistä huolenpito. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

Arvopohjan vahva jalansija ruotsalaisessa opetussuunnitelmassa näkyy myös yksilöllistä opetusta käsiteltäessä. Yksilöllistä opetusta tarkastellaan Ruotsissa peruskoulun arvopohjaa määritettäessä, kun taas Suomen opetussuunnitelman perusteet ottavat sen esille opetuksen toteuttamisen yhteydessä. Ruotsin opetussuunnitelma painottaa yksilöllisen opetuksen johtavan siihen, ettei kouluopetus voi valtakunnallisesti olla kauttaaltaan samanlaista, mutta sen korostetaan olevan samanarvoista. Suomen opetussuunnitelman perusteet mainitsevat yksilöllistämisen otettavan huomioon opetuksen työtapoja ja oppimisympäristöä suunniteltaessa. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

Myös demokraattinen päätöksenteko ja yhteiskunnallinen osallistuminen ovat keskeinen osa Ruotsin opetussuunnitelmaa, joka erillisessä kappaleessa kannustaa oppilasta muodostamaan ja esittämään omia mielipiteitään. Suomea enemmän Ruotsin opetussuunnitelma korostaa oppilaan ja huoltajien vaikutusmahdollisuuksia koulutuksen

suunnitteluun ja toteutukseen. Tämä oppilasdemokratiaksi kutsuttu osallistuminen kehittää Ruotsin opetussuunnitelman mukaan aktiivista yhteiskunnallista osallistumista sekä edistää yksilöiden, tässä tapauksessa erityisesti aikuisten ja nuorten, välistä tasa-arvoa. Ruotsissa on sekä oppilailla että huoltajilla on oikeus vaikuttaa opetuksen sisältöön ja suunnitteluun sekä työympäristöön. Verrattakoon Suomeen, jossa huoltajille on annettava mahdollisuus vaikuttaa opetukseen, muttei kuitenkaan tämän sisältöön, ja jossa todetaan opettajan valitsevan työtavat. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

7.1.1.2 Perusopetuksen tehtävä

Myös perusopetuksen tehtävät ovat sekä Suomessa että Ruotsissa samankaltaisia. Perusopetuksen on edistettävä oppimista, kasvua sekä itsetunnon kehittymistä. Sen on taattava oppilaalle elämään tarvittavaa tietotaitoa, kartutettava yhteiskuntatietoisuutta sekä kehitettävä oppilaassa kriittistä arviointikykyä. Näin oppilas saa välineet toimia yhteiskunta-aktiivisena kansalaisena ja olla näin ollen osallisena uudistamassa yhteiskunnan arvoja ja toimintatapoja. Perusopetuksen tehtävänä on myös tukea kotia kasvatuksessa ja auttaa oppilasta kielellisen ja kulttuurisen identiteetin luonnissa. Tällöin oppilas pystyy siirtämään kulttuuriperintöään seuraaville sukupolville sekä myös luomaan uutta kulttuuria. Koulun tehtävänä on lisäksi herättää ja kannustaa oppilaassa halua elinikäiseen oppimiseen. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

Ruotsin opetussuunnitelma myös peruskoulun tehtäviä määritellessään painottaa Suomen opetussuunnitelman perusteita enemmän yhteiskunnallisia arvoja. Ruotsin opetussuunnitelman tehtävät muistuttavat sen arvopohjaa: opetusta on lähestyttävä eettisestä perspektiivistä eli oppilaassa on kehitettävä ihmisoikeuksien tuntemusta, suvaitsevaisuutta, monikulttuurisuutta, anteliaisuutta, solidaarisuutta sekä ympäristövastuullista ajattelua. Lisäksi peruskoulun tehtävänä on tehdä oppilas tietoiseksi yksilön oikeuksistaan ja vapauksistaan. Koulun on myös kasvatettava tämä huolehtimaan omasta terveydestään. (Lpo 94 1998.)

Erityistä Ruotsin opetussuunnitelman tehtäville on myös sen lähestyminen opetusta yhteiskunnallisesta ja erityisesti historiallisesta perspektiivistä. Opetuksen tehtävänä on edistää eri maiden vuorovaikutussuhteiden sekä median yhteiskunnallisen roolin ymmärtämistä. Historiallinen näkökulma on sisällytettävä opetukseen oppiaineesta

riippumatta. Tällä edesautetaan kokonaiskuvan muodostamista yhteiskuntatieteiden integroitua muihin oppiaineisiin. (Lpo 94 1998.)

Suomessa peruskoulun tehtävänä on taata oppilaalle tiedolliset jatko-opintovalmiudet. Ruotsissa jatko-opintovalmiuksia käsitellään sillä vivahde-erolla, että oppilaalle on annettava eväät valita itselleen mieleinen aihe jatko-opinnoille. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

7.1.1.3 Työtavat

Työtapojen on sekä Ruotsissa että Suomessa oltava monipuolisia ja luovuuteen kannustavia. Ne on valittava siten, että oppilaan aktiivista osallistumista ja aloitteellisuutta rohkaistaan. Lisäksi työtavoilla on edistettävä oppilaan itsenäistä työskentelyä, ongelmaratkaisu- ja vastuunottoa sekä seurausten arviointia. Työtapojen on samalla vahvistettava oppilaan viestintätaitoja sekä sosiaalisten taitojen eli yhteistyökykyä että tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämisen suhteen. Työtavoilla on koko ajan oltava liikkumavaraa yksilölliseen opetukseen, minkä avulla on herätettävä oppilaassa oppimishalua. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

Merkittävin työtapojen käsittelyn välinen ero Suomen ja Ruotsin opetussuunnitelmissa liittyy työtapojen oppimisvaikutuksiin. Suomessa työtappaa valittaessa on opettajan otettava huomioon mm. erilaiset oppimisstrategiat sekä oppimisen prosessuaalinen ja tavoitteellinen luonne. Työtapojen on tuettava oppimistavoitteiden asettelua ja aktivoitava oppilas tavoitteelliseen työskentelyyn. Ruotsin opetussuunnitelma korostaa oppimisvaikutusten sijaan työtavan merkitystä oppilaan henkisen kasvun kannalta. Oikean työtavan valinnan katsotaan Ruotsissa edesauttavan oppilaan itsetunnon ja rohkeuden kasvua. Työtappaa on siksi valittava siten, että autetaan erityisesti niiden oppilaiden onnistumista, joilla on muuten vaikeaa edetä opinnoissaan. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

Työtavan on Ruotsissa myös mahdollisuuksien mukaan edistettävä oppiaineiden integrointia ja näin ollen kokonaiskuvan hahmottamista. Suomessa työtavan on taas kehitettävä oppilaan tiedonhankintakykyä sekä soveltamistaitoja. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

Kuten jo edellä on mainittu, valitsee Suomessa työtavan opettaja. Oppimisympäristöön, esimerkiksi fyysiseen työympäristöön eli luokkahuoneeseen, voidaan Suomessa antaa oppilaalle mahdollisuus vaikuttaa. Ruotsin opetussuunnitelma taas antaa oppilaalle oikeuden vaikuttaa työtavan valintaan, jolloin päätökset koskien työtappaa on tehtävä luokassa yhteisesti oppilaiden ja opettajan kesken. (POPS 04 2004, Lpo 94 1998.)

7.1.2 Valtakunnalliset kemian opetussuunnitelmat

7.1.2.1 Tuntijako

Suomen perusopetuksen tuntijako ilmoittaa opetuksen vähimmäismäärän vuosiviikkotunteina. Yksi vuosiviikkotunti vastaa 38 oppituntia. Fysiikan ja kemian yhteinen vuosiviikkotuntimäärä luokille 7–9 on 7, yhteensä näin ollen 266 oppituntia. Oppitunnin pituudeksi lasketaan Suomessa 45 minuuttia, jolloin siis fysiikan ja kemian opetuksen vähimmäismääräksi saadaan 11 970 minuuttia eli 199,5 tuntia. Tuntijako ei määrää, kuinka tuntimäärä jaetaan fysiikan ja kemian välillä tai vuosiluokkien kesken. Helpottaakseen Ruotsin ja Suomen tuntijakojen vertailua lasketaan tutkimuksessa kemian opetuksen keskimääräiseksi vähimmäismääräksi peruskoulun yläluokilla noin 100 kuudenkymmenen minuutin mittaista oppituntia, siis puolet fysiikan ja kemian yhteisestä tuntimäärästä. (POPS 04 2004.)

Ruotsin perusopetuksen tuntijako ilmoittaa opetuksen vähimmäismäärän suoraan 60 minuutin oppitunteina. Biologian, fysiikan, kemian ja tekniikan yhteinen vuosiviikkomäärä luokille koko perusopetukselle eli luokille 1–9 on 800 oppituntia. Tuntijako ei kerro, kuinka oppitunnit jakautuvat eri vuosiluokille ja oppiaineiden kesken. Lisäksi koulu profiloituessaan saa vähentää oppiaineiden vähimmäistuntimäärää jopa 20 prosentilla. Tekniikan osuus tuntijaosta on muihin luonnontieteellisiin oppiaineisiin vähäinen. Sen vuoksi lasketaan tutkimuksessa karkeasti kemian perusopetuksen keskimääräiseksi vähimmäismääräksi hieman alle kolmasosan yllä olevasta, siis noin 260 oppituntia. Koska kyseinen oppituntimäärä kattaa koko perusopetuksen, lasketaan luokkien 7–9 opetusmääräksi jälleen kolmasosan edellisestä, näin ollen noin 90 oppituntia. (Timplan 2005.)

Koska sekä Suomen ja etenkin Ruotsin opetussuunnitelmien tuntijaot ovat avoimia ja suuntaa antavia, ei kemian opetuksen vähimmäismäärää voida yllä olevia laskelmia tarkemmin tässä tutkimuksessa määrittää. Voidaan siis todeta, että kemian opetuksen vähimmäistuntimäärä on molemmissa maissa suurin piirtein samoissa lukemissa. Ruotsin tuntijako antaa tosin Suomea enemmän opettajalle vapauksia.

7.1.2.2 Kemian opetuksen tavoite ja tehtävä

Ruotsin opetussuunnitelma käsittelee luonnontieteellisten oppiaineiden eli biologian, fysiikan ja kemian oppisisältöjä ja tavoitteita sekä yhteisesti että erikseen oppiaineittain. Suomen opetussuunnitelman perusteet kytkevät fysiikan ja kemian opetuksen yhdeksi kokonaisuudeksi, mutta käsittelevät oppisisältöjä ja tavoitteita kuitenkin vain erikseen oppiaineittain. Ruotsin kemian opetussuunnitelmaa analysoidessa on tutkimuksessa liitetty luonnontieteellisten oppiaineiden yhteisestä opetussuunnitelmasta kemian opetusta koskevat osa-alueet kemian oppiainekohtaiseen opetussuunnitelmaan. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Kemian opetuksen tavoitteet sekä Suomen että Ruotsin opetussuunnitelmissa ovat luonnontieteellisen ajattelun kehittäminen, kemiallisen tietouden laajentaminen sekä kemian teollisuuden ja teknologian merkityksen ymmärtäminen yhteiskunta- ja ympäristökysymyksissä. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Luonnontieteellistä ajattelua harjaannutetaan tutkivalla työskentelytavalla, johon sisältyy havainnointia, tiedonhankintaa, kriittistä ajattelua sekä tiedon käsittelyä ja luotettavuuden arviointia kemiallisten käsitteiden, mallien ja periaatteiden avulla. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Kemiallista tietoutta laajennetaan tutustuttamalla oppilas kemian peruskäsitteisiin koskien aineen ominaisuuksia, rakennetta sekä kemiallisia reaktioita. Erityisesti käsitellään veden ja ilman ominaisuuksia, kuten vettä liuottimena sekä niissä esiintyviä reaktioita, kuten palamista ja korroosiota. Lisäksi tutustutetaan oppilas siihen, kuinka alkuaineet ja kemialliset yhdisteet esiintyvät sekä luonnon että arkielämän tuotteiden kiertokuluissa.

Oppilasta lisäksi kannustetaan soveltamaan oppimaansa kemian tietoutta kohtaamissaan käytännön tilanteissa. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Kemian teollisuuden ja teknologian arkielämän, elinympäristön ja yhteiskunnan merkityksen ymmärtämistä kehitetään luokkahuonekeskustelun välityksellä. Erityisesti ympäristölliset ja energiataloudelliset kysymykset ja niissä vastuullinen toiminen painottuvat opetuksen tavoitteissa. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Myös kemian opetussuunnitelma Ruotsissa peilaa sitä demokraattista arvomaailmaa, jota opetussuunnitelman yleiset tavoitteet maalaavat. Yksi kemian opetuksen keskeinen tehtävä on kehittää oppilaan kykyä muodostaa taloudellisia, kulttuurisia, esteettisiä ja eettisiä argumentteja ja mielipiteitä. Tähän päästään luokkahuonekeskustelulla, jota on käytävä etenkin luonnon resurssien riittävydestä ja käytöstä. Tavoitteena on samalla saada oppilas erottamaan luonnontieteellisiin faktoihin pohjautuvat väittämät asenteellisista mielipiteistä. Suomen kemian opetussuunnitelman perusteet eivät korosta mielipiteiden tai argumenttien muodostamista vaan määrittelevät tavoitteekseen antaa oppilalle valmiudet tehdä jokapäiväisiä taloudellisia ja eettisiä kuluttajavalintoja. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Ruotsin kemian opetussuunnitelma korostaa yleisten tavoitteiden mukaisesti kemian opetuksen historiallista näkökulmaa. Oppilas on tutustuttava kemian kehitykseen luonnontieteenä ja teollisuudenhaarana sekä maailmankuvan muuttumiseen. Tavoitteena on myös luoda oppilalle historiallinen kokonaiskuva siitä, kuinka kemian osaaminen on muokannut ihmisen elinoloja sekä hyvässä että pahassa. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Luonnontieteellisen tutkimusmenetelmän tavoitteita ja sisältöjä kuvatessa käyttää Ruotsin opetussuunnitelma käsitettä hypoteesi, toisin kuin suomalainen vastineensa. Suomessa taas korostetaan tieto- ja viestintäteknikan hyödyntämistä tutkimustyössä. Yhdeksi erilliseksi tavoitteeksi mainitaan myös työohjeiden noudattaminen. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Suomen kemian opetussuunnitelman perusteet korostavat Ruotsia enemmän kemiallisen merkkikielen omaksumista. Muun muassa reaktioyhtälöiden käyttö tulee Suomessa olla tavoitteena esimerkiksi kemiallisia reaktioita mallintaessa. Vastaava merkkikielen käyttöön liittyvä viittaus puuttuu Ruotsin opetussuunnitelman kemian tavoitteista kokonaan. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

7.1.2.3 Opetussuunnitelmien teemat ja käsitteet

Molemmat opetussuunnitelmat jakavat kemian oppisisällöt kolmen otsakkeen alle. Ruotsissa sekä luonnontieteiden yhteiset että kemian oppiainekohtaiset oppisisällöt jaetaan seuraaviin teemoihin:

- *Luonto ja ihminen (Natur och människan)*
- *Luonnontieteellinen toiminta (Naturvetenskaplig verksamhet)* ja
- *Tiedon soveltaminen (Kunskapens användning).*

Teema *Luonto ja ihminen* sisältää opetuksen sisällölliset käsitteet, kuten alkuaineet ja liuos. Teema *Luonnontieteellinen toiminta* muotoilee luonnontieteellisen työtavan pääpiirteet, kuten mittausten ja havaintojen teon. *Tiedon soveltaminen* taas kuvaa kemiallisen tiedon käyttöalueita elämässä, kuten kemian teollisuuden tuotteita ja kemikaalien turvallista käsittelyä. Suomen opetussuunnitelman perusteissa on seuraavat teemat: *Ilma ja vesi*, *Raaka-aineet ja tuotteet* sekä *Elollinen luonto ja yhteiskunta*. Suomen kaikki kolme teemaa sisältävät opetuksen sisällöllisiä käsitteitä, kuten happamuus ja emäksisyys (*Ilma ja vesi*), elektrolyysi (*Raaka-aineet ja tuotteet*) ja hiilihydraatit (*Elollinen luonto ja yhteiskunta*). (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Molemmissa opetussuunnitelmissa luetellaan niitä tietoja ja taitoja, joita oppilaan on näytettävä saavuttaakseen kemiassa päättöarvioinnissa hyvät tiedot. Suomessa nämä kriteerit ovat arvosanalle 8 ja ne luetellaan erillisessä päättöarviointia koskevassa kappaleessa. Ruotsissa kyseiset kriteerit sisältyvät kemian opetussuunnitelman tavoitteisiin *Mål att uppnå* ja antavat arvosanan G (Godkänt). Kriteerit korkeammille arvosanoille (VG = Väl godkänt, MVG = Mycket väl godkänt) eivät sisällä uusia käsitteitä tai teemoja, vaan muotoilevat tiedon tulkinnan ja esittämisen laadulliset erot. Saadakseen kokonaiskuvan kaikista Ruotsin ja Suomen opetussuunnitelmissa esiintyvistä käsitteistä ja teemoista on ne

tutkimuksessa koottu yhteen sekä sisältökuvauksista että arviointikriteereistä. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Sekä Suomen että Ruotsin opetussuunnitelmien oppisisällöissä esiintyvät seuraavat teemat:

- *Aineen rakenne ja ominaisuudet*
- *Kemiallinen reaktio*
- *Ilma*
- *Vesi*
- *Kemian teollisuus*
- *Energia*
- *Kiertokulut* (Liite 2: Taulukko 8).

Suomessa kemian opetuksen oppisisällöt luetellaan yksityiskohtaisemmin kuin Ruotsissa. Yllä mainitut teemat sisältävät useampia käsitteitä ja osa-alueita. Esimerkiksi aineen ominaisuuksista mainitaan erikseen olomuoto, happamuus ja sähkönjohtokyky. Aineen reaktioherkkyyttä taas selitetään atomin rakenteen, tämän uloimman elektronikuoren tai jaksollisen järjestelmän avulla. Palamisreaktioiden esimerkeiksi nostetaan fotosynteesi ja korrosio. Veden ominaisuuksien yhteydessä käsitellään happamuutta ja emäksisyyttä. Tuotteen elinkaarista mainitaan öljy-, puun- ja metalliteollisuuden tuotteet sekä pesuaineet, kosmetiikka ja tekstiilit. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Suomen opetussuunnitelman perusteiden oppisisältöihin kuuluvat lisäksi kaksi osa-aluetta, joita ei Ruotsin opetussuunnitelmassa erikseen mainita: orgaaninen kemia ja sähkökemian. Orgaanisen kemian yhteydessä otetaan esille mm. hiilihydraatit, valkuaisaineet ja rasvat sekä hiilivedyt, alkoholit ja karboksyylihapot. Sähkökemiallisista ilmiöistä mainitaan sähköpari sekä elektrolyysi. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Toisin kuin Ruotsissa, mainitaan kemian merkkikieli useaan otteeseen suomalaisen opetussuunnitelman perusteiden oppisisällöissä. Merkkikieltä on tavoitteena käyttää alkuaineiden luokittelussa sekä kemiallisia reaktioita mallintaessa. Erikseen tähdennetään, että oppilaan on opittava tulkitsemaan, tasapainottamaan sekä kirjoittamaan yksinkertaisia reaktioyhtälöitä, esim. hiilen palamista kuvaavia yhtälöitä. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Käsitteiden luettelemisen sijaan Ruotsin opetussuunnitelma keskittyy kokonaisuuksiin, näkökulmiin ja käsittelytapoihin. Kokonaisuuksia kuvataan kiertokulkuajattelulla, kun taas näkökulmilla tarkoitetaan historiallista, ympäristöllistä sekä terveydellistä perspektiiviä. Kiertokuluista mainitaan luonnon, eri aineiden sekä energian kiertokulut ja yhdeksi tavoitteeksi katsotaan ihmisen osuuden ymmärtäminen kiertokuluissa. Oppisisältöjä pyritään kuvaamaan eri prosessien, kuten leviämis- ja vuorovaikutusprosessien, kautta. Esimerkiksi ilman ja veden yhteydessä nostetaan esille niiden ominaisuus siirtymäaineena (transportmedel). (Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Ruotsissa kaikkien kemian oppisisältöjen yhteydessä on käsiteltävä historiallista näkökulmaa. Yhdeksi erilliseksi tavoitteeksi mainitaan tutustuminen entisaikojen kemian osaamiseen ja ajatteluun. Myös arkipäivän sekä terveydellinen näkökulma on liitettävä kaikkien oppisisältöjen käsittelytapaan. (Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Kemiallisen tiedon soveltaminen ja käyttö argumenttien muodostamisessa toistuu myös oppisisällöissä. Oppilaan kyky osallistua keskusteluihin koskien esimerkiksi saastumista, luonnonvarojen käyttöä sekä kiertokulkuja tukeaan kemian käsitteitä sisältyvä merkittävään osaan oppisisällöistä. (Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

7.1.2.4 Kokeellisuus opetussuunnitelmissa

Sekä Ruotsin että Suomen kemian opetussuunnitelmat mieltävät kemian opetuksen tukeutuvan kokeelliseen työtapaan. Kokeellisuuden lähtökohdaksi määritetään elinympäristön, erityisesti lähiympäristön, aineiden ja ilmiöiden havaitseminen ja tutkiminen. Havaintoja sen jälkeen tulkitaan ja selitetään johtopäätösten muodostamiseksi. Kaikessa kokeellisuudessa on opetuksessa painotettava työturvallisuutta. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Ruotsin kemian opetussuunnitelma käsittelee kokeellisuutta suppeahkosti. Kokeellista työtappaa pidetään tärkeänä, mutta siihen ei viitata kovin usein tai yksityiskohtaisesti. Kokeellisuutta ei esimerkiksi oteta esille kemian oppiainekuvauksessa, vaan ainoastaan luonnontieteiden yhteisissä oppiainekuvauksissa. Opetussuunnitelma toteaa kokeellisuudesta sen, että se harjaannuttaa oppilasta suorittamaan mittauksia, havaintoja ja

kokeita hypoteesien pohjalta sekä muodostamaan tulosten perusteella johtopäätöksiä, joita esittää kirjallisesti ja suullisesti. Lisäksi oppilas tutustutetaan havaintojen ja kokeiden suorittamisen sekä teorioiden, käsitteiden, mallien muodostamisen väliseen yhteyteen. (Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Suomen opetussuunnitelman perusteissa kokeellisuus esiintyy kemian yleisessä oppiainekuvauksessa, opetuksen tavoitteissa sekä päättöarvioinnin kriteereissä. Yleinen oppiainekuvaus kertoo kokeellisuuden tavoitteiksi laajentaa oppilaan kemiallista tietämystä käsitteiden, periaatteiden ja mallien välityksellä sekä auttaa tätä hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta. Kokeellisen työtavan katsotaan myös harjaannuttavan oppilaan sekä yhteistyökykyä että kädentaitoja. Lisäksi se innostaa oppilasta kemian opinnoissa. Kemian opetuksen tavoitteiksi luonnehditaan ohjeiden noudattaminen kokeellisessa työskentelyssä sekä luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen. Tutkimustuloksia on oppilaan osattava myös esittää ja tulkita. Päättöarvioinnin kriteeriksi taas kerrotaan oppilaan turvallisen työskentelyn sekä yksin että ryhmässä. Työskentely voi sisältää esimerkiksi yksinkertaisia kokeita tai aineiden ominaisuuksien tutkimista. (POPS 04 2004.)

7.1.2.5 Laskennallisuus opetussuunnitelmissa

Laskennallisuutta esiintyi suppeasti, jos ollenkaan, sekä Suomen että Ruotsin kemian opetussuunnitelmissa. Suomen opetussuunnitelman perusteet sivusivat laskennallisuutta ottamalla esille reaktioyhtälöiden tulkitsemisen sekä yksinkertaisten reaktioyhtälöiden tasapainottamisen. Ruotsin opetussuunnitelma ei viitannut yhteenkään laskennallisen kemian osa-alueeseen. (POPS 04 2004, Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

7.1.3 Esimerkkejä Ruotsin ja Suomen koulukohtaisista opetussuunnitelmista

Yhdeksän eri teemaa sekä 11 niihin sisältyvää käsitettä sisältyi kaikkien tutkimuksen ruotsalaisten koulujen kemian opetussuunnitelmiin (Taulukko 3; Liite 2: Taulukko 9).

TAULUKKO 3. Ruotsin koulukohtaisille kemian opetussuunnitelmille yhteiset teemat ja käsitteet.

Teema	Teemaan sisältyvä käsite
Luonnon kiertokulut	-
Ilma	Ominaisuudet
Vesi	Ominaisuudet
Aineen rakenne ja ominaisuudet	Alkuaine, kemiallinen yhdiste
Kemiallinen reaktio	-
Orgaaninen kemia	-
Happamuus ja emäksisyys	pH
Kemian teollisuuden tuotteet	-
Luonnontieteellinen tutkimustapa	Työn suunnittelu ja toteutus, tulosten analysointi ja niistä keskustelu, turvallinen kemikaalien käsittely

Teemat vastasivat suurimmaksi osaksi Ruotsin valtakunnallisen opetussuunnitelman teemoja. Poikkeuksina teemat orgaaninen kemia ja energia, joista ensimmäinen sisältyy koulukohtaisiin, muttei valtakunnallisiin opetussuunnitelmiin, ja jälkimmäinen valtakunnallisiin, muttei koulukohtaisiin opetussuunnitelmiin. Seuraavaksi esitellään koulukohtaiset opetussuunnitelmat yksitellen (Liite 2: Taulukko 9). (Grundskolans kursplaner och betygskriterier 2002.)

Sundbyskolan:

Sundbyskolanin opetussuunnitelma on tutkituista opetussuunnitelmista laajin ja yksityiskohtaisin. Yllä olevan taulukon lisäksi teemoihin liittyviä käsitteitä otetaan opetussuunnitelmassa esille 72 kappaletta. Kaikkia teemoja käsitellään opetussuunnitelmassa tasapuolisesti ja laajasti. Lisäksi opetussuunnitelma ottaa esille muitakin teemoja: laskennallista kemiaa, metallien kemiaa sekä kemian historiaa. Opetussuunnitelma ei kuitenkaan sisällä energiakysymyksiä. (Sundbyskolans lokala ämnesplaner 2005.)

Lillåns skola:

Lillåns skolanin opetussuunnitelma on vertailtavista opetussuunnitelmista suppein. Käsitteitä sisältyy opetussuunnitelman teemoihin 17 kappaletta, eivätkä ne kata kaikkien teemojen sisältöjä. Esimerkiksi aineiden tutkimisessa keskitytään niiden ominaisuuksiin kuten olomuotoon, muttei sen rakenteeseen. Atomin käsite ei lainkaan esiinny

opetussuunnitelmassa. Tämäkään opetussuunnitelma ei ottanut esille energiakysymyksiä. (Lokala kursplaner/betygskriterier NO 2007.)

Johan Skytteskolan:

Johan Skytteskolan on vertailtavista kouluista ainoa, jolla on luonnontieteellinen profiili. Tämä ei yllätyksellisesti näy opetussuunnitelmassa, joka on vertailtavan joukon toiseksi suppein. Käsitteitä sisältyi teemoihin vain 19 kappaletta. Opetussuunnitelma on kuitenkin vertailtavista opetussuunnitelmista ainoa, jossa käsitellään kemiallista energiaa. Käsitteet myös jakautuvat tasaisesti eri teemojen alle. Aineen rakenne ja aineen kemiallisten ominaisuuksien selittäminen sen avulla nousee opetussuunnitelmassa kantavaksi tekijäksi. (Kursplaner och betygskriterier naturorienterade ämnen 2006.)

Erot kolmen ruotsalaisen opetussuunnitelman välillä olivat suuret. Yhteisiä käsitteitä oli kouluilla verrattaen vähän ja koulut olivat eri mittakaavassa panostaneet kemian opetussuunnitelman sisältöön. Ruotsin valtakunnallinen opetussuunnitelma on ollut jo yli 10 vuotta käytössä eikä koulujen opetussuunnitelmista selviä, kuinka tuoreita ne ovat. Koulujen kemian opetuksen vetäjä voi siksi hyvinkin suurella todennäköisyydellä olla eri kuin opetussuunnitelman laatija. Näin ollen ei opetussuunnitelma-analyysistä voi vetää johtopäätöksiä koulujen varsinaisen kemian opetuksen välisistä sisältöeroista. Kuitenkin opetussuunnitelma-analyysistä selviää, että Ruotsin kemian opetussuunnitelmat ovat laajasti tulkittavissa johtuen juuri oppisisältöjen yksityiskohtaisuuden puutteesta sekä mainittujen käsitteiden vähyydestä. Kemian opetuksen oppisisällöt Ruotsin eri kouluissa ovat sen vuoksi hyvinkin suuressa määrin riippuvaisia koulun kemian opettajien koulutus pohjasta sekä intresseistä.

Yhteisiä teemoja kolmella tutkimuksen suomalaisella koulukohtaisella opetussuunnitelmalla on 11 kappaletta, joiden piiriin kuuluvia yhteisiä käsitteitä on 41 kappaletta. (Taulukko 4; Liite 2: Taulukko 10.)

TAULUKKO 4. Suomen koulukohtaisille kemian opetussuunnitelmille yhteiset teemat ja käsitteet.

Teema	Teemaan sisältyvä käsite
Aineen ominaisuudet ja rakenne	Olomuoto, puhdas aine, seos, erotusmenetelmät, alkuaine, kemiallinen yhdiste, kemiallinen sidos, atomin rakenne, atomimalli, jaksollinen järjestelmä, merkkikieli
Hapan ja emäksinen	Happamoituminen, suolat
Ilma	Ilmakehän alkuaineet, palaminen, palamistuotteet, paloturvallisuus
Vesi	Ominaisuudet
Orgaaninen kemia	Hiili, hiilen yhdisteet, hiilihydraatit, valkuaisaineet, rasvat, hiilivedyt, alkoholit, karboksyylihapot
Metallit	Rakenne, ominaisuudet, korroosio
Raaka-aineet ja tuotteet	Tuotteen elinkaari
Kiertokulku	Kierrätys, jätelajittelu
Kemiallisen tiedon soveltaminen	Kuluttajavalinnat, kemian sovellusten merkitys ihmiselle ja yhteiskunnalle
Kemiallinen reaktio	Reaktionopeus, reaktioyhtälöt
Kokeellinen työskentely	Työturvallisuus, yhteistyökyky, ohjeiden noudattaminen, tutkimuksen tulkinta, tiedon luotettavuuden arviointi

Koulukohtaiset opetussuunnitelmat vastaavat valtakunnallisia opetussuunnitelman perusteita lukuun ottamatta energiakysymysten puuttumista koulukohtaisista opetussuunnitelmista, kuten ruotsalaisten opetussuunnitelmienkin kohdalla. Seuraavaksi esitellään koulukohtaiset opetussuunnitelmat erikseen (Liite 2: Taulukko 10).

Pohjois-Haagan yhteiskoulu:

Pohjois-Haagan yhteiskoulun opetussuunnitelma sisältää teemoihin liittyviä, koulujen yhteisten käsitteiden ulkopuolisia käsitteitä 34 kappaletta. Opetussuunnitelma määrittelee erityisen yksityiskohtaisesti kemian teollisuudenhaarojen tutustumiseen sekä kokeellisuuteen liittyvät oppisisällöt. Opetussuunnitelma käyttää esimerkiksi käsitettä hypoteesi. (Pohjois-Haagan yhteiskoulun opetussuunnitelma 2005.)

Olarin koulu:

Olarin koulu on vertailtavista suomalaisista kouluista ainoa, jolla on luonnontieteellinen profiili. Kuitenkin opetussuunnitelma on yllätyksellisesti vertailtavista kaikkein suppein. Teemoihin liittyviä, yhteisten käsitteiden ulkopuolisia käsitteitä on 24 kappaletta. Myös tämä opetussuunnitelma käsittelee kokeellisuutta yksityiskohtaisesti ja asettaa esimerkiksi syy-seuraussuhteiden ymmärtämisen yhdeksi tavoitteeksi. Opetussuunnitelma on suomalaisesta vertailuryhmästä ainoa, joka käsittelee kemiallista energiaa. Opetussuunnitelma ottaa esille hiilyhdisteet energianlähteinä. (Olarin koulun opetussuunnitelma 2006.)

Laurin koulu:

Tutkittavista koulukohtaisista opetussuunnitelmista oli Laurin koululla laajin ja yksityiskohtaisin opetussuunnitelma. Teemoihin liittyviä, yhteisten käsitteiden ulkopuolisia käsitteitä oli 52 kappaletta. Opetussuunnitelma käsittelee erityisen yksityiskohtaisesti kemian teollisuudenhaaroja, happamuutta ja emäksisyyttä sekä seosten erotusmenetelmiä. Opetussuunnitelma on suomalaisesta vertailuryhmästä ainoa, joka ottaa erikseen opetussuunnitelmassa huomioon arkielämän ja kemia soveltamisen eri ammateissa. (Laurin koulun ops 2006.)

Suomalaiset koulukohtaiset opetussuunnitelmat muistuttivat toisiaan selvästi enemmän kuin ruotsalaiset. Yhteisten teemojen ja käsitteiden lukumäärä oli suuri ja kaikki koulut olivat valinneet tähdentää valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden teemoja yksityiskohtaisilla käsitteillä. Sen vuoksi kaikkein suppeinkin opetussuunnitelma määrittelee tarkasti ja yksityiskohtaisesti kemian opetuksen oppisisällöt. Suomen valtakunnalliset opetussuunnitelman perusteet eivät näin ollen anna yhtä paljon liikkumavaraa tulkitsijalleen kuin Ruotsin valtakunnallinen opetussuunnitelma. Opetussuunnitelmien samankaltaisuus ei kuitenkaan selity ainoastaan sillä, sisälsiväthän kaikki tutkittavat opetussuunnitelmat sellaisia teemoja ja käsitteitä, joita ei valtakunnallisissa opetussuunnitelman perusteissa lainkaan mainita.

7.1.4 Erot ja yhtäläisyydet Ruotsin ja Suomen opetussuunnitelmien välillä

Peruskouluopetuksen arvopohja ja perimmäinen tehtävä on sekä Ruotsissa että Suomessa samankaltainen. Opetuksen yksilöllistäminen nousee avainsanaksi molemmissa opetussuunnitelmissa. Yksilöllinen opetus tulee esiin erityisesti monipuolisten työtapojen muodossa. Lpo 94 painottaa ideologisia arvoja enemmän kuin POPS 04, joka keskittyy opetuksen toteutukseen. POPS 04 korostaa työtapoja käsitellessä niiden oppimisvaikutuksia, kun taas Lpo 94 kuvailee työtavan vaikutusta oppilaan henkiseen kasvuun. Erityistä Lpo 94:lle on opetuksen lähestyminen yhteiskunnallisesta ja historiallisesta perspektiivistä. POPS 04 taas pitää tärkeänä taata oppilaalle tiedolliset jatko-opintovalmiudet.

Kemian opetuksen vähimmäistuntimäärä on molempien maiden tuntijaossa samaa suuruusluokkaa. Lpo 94, joka ilmoittaa kolmen oppiaineen (kemian, fysiikka, biologia) yhteisen tuntimäärän, antaa enemmän vapauksia opetuksen suunnitteluun kuin vain fysiikan ja kemian tuntimäärät yhdistävä POPS 04.

Lpo 94 muotoilee kolmen luonnontieteen tavoitteet ja oppisisällöt sekä yhdessä että oppiaineittain erikseen. POPS 04 käsittelee kemian (ja fysiikan) oppisisältöjä ja tavoitteita vain oppiaineittain. Kemian opetuksen tavoitteina molemmissa opetussuunnitelmissa on kehittää luonnontieteellistä ajattelua, laajentaa kemiallista tietoutta sekä tutustua kemian teollisuuteen ja sen ympäristövaikutuksiin. Lpo 94 korostaa lisäksi kemian opetuksen historiallista näkökulmaa sekä oppilaan argumentointikykyä, kun taas POPS 04 kemiallista merkkikieltä. Molempien opetussuunnitelmien kemian oppisisällöt jakautuvat kolmeen otsakkeeseen. POPS 04:n kaikki otsakkeet koostuvat sisällöllisistä käsitteistä. Lpo 94 keskittyy käsitteiden sijaan kokonaisuuksiin, näkökulmiin ja käsittelytapoihin.

Sekä Ruotsin että Suomen kemian opetussuunnitelmat korostavat kokeellista työtapaa. Lpo 94 käsittelee kokeellisuutta suppeammin kuin POPS 04. Laskennallisuutta esiintyi molemmissa opetussuunnitelmissa hyvin vähän.

Suomalaiset koulukohtaiset opetussuunnitelmat muistuttivat toisiaan selvästi enemmän kuin ruotsalaiset. Teemat opetussuunnitelmissa vastasivat suurimmaksi osaksi

valtakunnallisten opetussuunnitelmien teemoja poikkeuksena energia-ajattelu, jota käsiteltiin kaikissa koulukohtaisissa opetussuunnitelmissa suppeasti.

7.2 Kemian oppikirjat

7.2.1 Oppikirjoissa esiintyvät teemat, käsitteet ja niiden käsittelytapa

Kaikissa tutkimuksessa analysoiduissa oppikirjoissa esiintyi suurimmaksi osaksi samat teemat ja käsitteet. Esimerkiksi teemaan *Työturvallisuus ja työmenetelmät* sisältyi kaikissa oppikirjoissa käsite alkemia (Taulukko 5; Liite 2: Taulukko 11).

TAULUKKO 5. Kaikkien tutkittavien oppikirjojen sisältämät teemat ja käsitteet.

Teema	Aihepiiri	Käsite
Työturvallisuus ja työmenetelmät	Kemia tieteenä	Alkemia
Puhdas aine ja seos	Aine	Alkuaine, kemiallinen yhdiste, olomuodot, sulaminen, höyrystyminen, jähmettyminen, tiivistyminen
	Seos	Liete, emulsio, liuos, kylläinen liuos, liuotin
	Erotusmenetelmät	Kromatografia, suodatus, tislauk
Aineen rakenne	Atomi	Järjestysluku, kemiallinen merkki, isotooppi, ydin, atomin kokonaisvaraus, protoni, neutroni, elektronikuori, elektroni, ulkoelektroni, oktetti, ioni
	Jaksollinen järjestelmä	Jakso, ryhmä, metalli, epämetalli, pääryhmä, alkalimetalli, halogeeni, jalokaasu
Kemiallinen reaktio	Kemiallinen reaktio	Reaktioyhtälö, katalyytti
	Palaminen	Hidas palaminen, räjähtävä palaminen, metallin palaminen, hiilen palaminen, oksidi, palamisen edellytykset, syttymispiste, leimahduspiste, palon sammuttaminen, raivaaminen, tukahduttaminen, jäähdyttäminen
	Kemiallinen sidos	Molekyylisidos, kovalenttinen sidos, ionisidos, ioniyhdiste, molekyyliyhdiste
Ilma ja vesi	Ilmakehä	Fotosynteesi, lmansaasteet, hiilen oksidit, rikin oksidit, typen oksidit, freonit, kasvihuoneilmiö
	Vesi	Kova/pehmeä vesi, vety, vedyn palaminen
Hapan ja emäksinen	Happo	Vahva/heikko happo, suolahappo, typpihappo, rikkihappo, vetyionin luovutus

Teema	Aihepiiri	Käsite
	Emäs	Natriumhydroksidi, kalsiumhydroksidi, ammoniakki
	Vesiliuokset	pH, indikaattori, BTB, fenolftaleiini, metallin/epämetallioksidin vesiliuos, happamoituminen
	Suolat	Neutralointi, happojen ja emästen ionit, suolan nimeäminen
Orgaaninen kemia	Hiili	Grafiitti, timantti, fullereeni
	Hiilivedyt	Orgaaninen yhdiste, nimeäminen, raakaöljy, krakkaus, jakotislauus, bensiini, kerosiini, fotogeeni, diesel, biokaasu, tyydyttyneet/tyydyttymättömät hiilivedyt, yksöis/kaksois/kolmoissidos
	Alkoholit	Nimeäminen, hydroksyyli-ryhmä, metanoli, kuivatislaus, etanoli, käymisreaktio, terveyshaitat, glyseroli, glykoli
	Karboksyylihapot	Karboksyyliryhmä, muurahaishappo, etikkahappo, rasvahapot, esterit
	Hiilihydraatit	Yksinkertainen/yhdistetty sokeri, glukoosi, fruktoosi, sakkaroosi, laktoosi
	Valkuaisaineet	Proteiini, aminohappo, rakennemuutokset, entsyymi
	Rasvat	Tyydyttyneet/tyydyttymättömät rasvahapot, esterit
Metallit	Valmistus ja ominaisuudet	Mineraali, malmi, rikastus, karkaisu, metalliseos, pronssi, ruostumaton teräs, raskasmetallit, lämmön- ja sähkönjohtokyky
	Reaktiot	Metalli + happo, palaminen, hapettuminen, pelkistyminen
	Sähkökemialla	Jalo/epäjalo, sähkökemiallinen jännitesarja, sähkökemiallinen pari, paristo, akku, korroosio, ruostuminen, suojaava oksidikerros, galvanointi, uhrimetalli, elektrolyysi, metallien puhdistus, pinnoittaminen toisella metallilla, hopea, elohopea, lyijy, rauta
Kemian teollisuus	Öljy- ja muoviteollisuus	Monomeeri, polymeeri, PVC
	Paperiteollisuus	Kemiallinen valmistus, mekaaninen valmistus
	Pesuaineet ja kosmetiikka	Saippua, fosfaatti, voiteet, meikkiaineet
	Tuotteen elinkaari	Kierrätys, jätelajittelu: paperi, ongelmajäte, lasi, metalli
	Energia	Fossiiliset polttoaineet

7.2.1.1 Oppikirjasarja A

Kirja A₁ on 344-sivuinen, koko perusopetuksen yläluokkien kemian oppisisällön kattava tietokirja. Kirjan esittelysivulla todetaan sisällön painottuvan arkipäivän kemiaan, kiertokulkuihin ja ympäristökysymyksiin. Kirja on jakautunut viiteentoista teemaan, jotka ovat vapaasti käännettyinä: *Maailma on täynnä kemiaa, Atomit ja kemialliset reaktiot, Melkein kaikki on seoksia, Ilma, Vesi, Maa, Hapot ja emäkset, Ionyhdisteet, Hiili ja hiilyhdisteet, Elämän kemia, Palaminen, Materiaali, Metallit, Jaksollinen järjestelmä ja kemialliset sidokset sekä Sähkökemia*. Teemat jakautuvat edelleen kappaleisiin, joiden lopussa on vaativuutensa mukaan neljään tasoon jaettuja kotitehtäviä. Jokainen teema alkaa oppimistavoitteilla, jotka kuvailevat, mihin aihepiireihin oppilas tulee tutustumaan. Esimerkiksi seoksia käsittelevään teemaan johdatellaan tavoitteilla:

”Här får du lära dig

- att blandningar är mycket vanligare än rena ämnen
- några vanliga sorters blandningar
- vad som med löslighet och mättad lösning
- hur man kan separera de olika ämnena i en blandning” (A₁, 39)

Jokaisen teeman päätteeksi on kertaussivu tai -aukeama, joka tiivistää teeman käsitteet. Lisäksi kaksitoista viidestätoista teemasta sisältää kahden sivun mittaisia ”Kemi i fokus” -katsauksia, joissa käsitellään teemaa koskevia historiallisia, tieteellisiä tai teknisiä saavutuksia kemian alueelta.

Kirjoittajien panostus arkipäivään, kiertokulkuihin ja ympäristökysymyksiin näkyy kirjan sisällössä. Oppikirja kuvaa runsaasti ja yksityiskohtaisesti jokapäiväisiä kemian teollisuuden tuotteita ja niiden elinkaaria kuluttajanäkökulmasta. Ainoana tutkittavista oppikirjoista se esimerkiksi ottaa esille kosmetiikkaa käsitellessä kosteusvoiteiden sisältämän lanoliinin ja mineraaliöljyn sekä kuvailee niiden eroa sekä hinnassa että kosteutuskyvyssä. Kirja käsittelee useampia erilaisia valmistusmateriaaleja kuin muut tutkittavat oppikirjat, kuten esim. lasi- ja hiilikuituja sekä kumimateriaaleja. Ympäristönäkökulma otetaan teollisuutta käsittelevissä teemoissa aina huomioon. Esimerkkinä kumin kierrätys:

”Gamla gummidäck kan både återvändas och materialåtervinnas. Vid återanvändning lägger man på ett nytt ytskikt utanpå däcket. Det kallas för regummering.

Om gummit ska återvinnas fryser man först ner däcken med flytande kväve till -200°C. Då blir materialet alldeles stelt och kan krossas till ett fint pulver. På det viset kan man skilja gummit från metall och textil som också finns i däcket.

Pulvret blandas sedan med nytt gummi och blir till nya däck. Återvunnet gummi kan också blandas i asfalt. Då får man en vägbeläggning som håller länge.” (A₁, 254)

Kiertokulku- ja ympäristöajattelu ilmenee myös oppikirjan panostuksessa energiakysymyksiin. Yleensä energialähteiden ja -muotojen käsittely keskitetään fysiikan oppikirjoihin, mutta tämä kirjasarja ottaa ne esille myös kemian oppikirjassaan. Etenkin fossiilille polttoaineille vaihtoehtoisista energiamuodoista, kuten tuulivoimasta sekä energian tuottamisesta jätteistä, herätellään kysymyksiä ja keskustelua. Kemiallista energiaa oppikirja käsittelee harvasanaisemmin, mutta käyttää esimerkiksi yhden kappaleen käsitteeseen aktivointienergia, ainoana analysoiduista oppikirjoista. Myös lämpöenergia määritellään kokonaisvaltaisesti fysiikasta tutuilla käsitteillä lämpöliike ja ominaislämpökapasiteetti.

Oppisisällön lisäksi pyrkii oppikirja lähestymään oppilaan arkielämää myös kerronnallaan. Monet käsitteet esitellään lainausmerkein varustetuin ilmaisin.

”På sätt och vis kan man säga att torv är en yngre form av stenkol, ett slags ’baby-stenkol.’” (A₁, 165)

”Det som avgör vilken sorts blandning vi får är dels hur stora ’bitar’ ämnena är uppdelade i, dels hur bra ämnena trivs tillsammans.” (A₁, 41)

”Resultatet blir en ’gift-dimma’ som kallas smog.” (A₁, 68)

”Så även vid rumstemperatur finns det en del molekyler som har så hög fart att de ’sliter sig loss’ och blir till ånga.” (A₁, 85)

Kerronta pyrkii myös lähestymään lukijaansa sekä herättämään tämän mielenkiinnon johdattelevilla kysymyksillä sekä tilannekuvailuilla. Uusien teemojen ja käsitteiden esille otto tapahtuu usein oppilaalle kohdistetulla kysymyksellä. Vaihtoehtoisesti kirja kehottaa oppilasta kuvailemaan itselleen tuttua tilannetta. Esimerkkeinä veden lämpölaajenemisesta sekä aktivointienergioista kertovien kappaleiden aloitukset:

”Men hur kommer det sig då att is flyter ovanpå vatten? Jo, det beror på att vatten fungerar precis tvärtom mot andra ämnen.” (A₁, 82)

”Tänk dig att du sitter framför en härlig vedbrasa. Det du ser är en intensiv kemisk reaktion när cellulosan i vden reagerar med syret i luften.” (A₁, 226)

7.2.1.2 *Oppikirjasarja B*

Kirjasarja B on tieto-, tehtävä-, ja työkirjat yhdistävä, 3-osainen kirjasarja. Kirja B₁ sisältää 80, B₂ 78 ja B₃ 80 sivua. Kirjojen esittelysivuilla todetaan pedagogisen rakenteen pohjautuvan opettajakunnalta saatuihin palautteisiin ja toiveisiin. Kirjan 14 teemaa on jaettu kolmen kirjan välille. Ensimmäinen kirja sisältää teemat (vapaasti käännettyinä) *Aineet ympärillämme*, *Kemiallinen reaktio*, *Hapot ja emäkset* ja *Suolat*. Toinen kirja käsittelee teemoja *Hiiliyhdisteet*, *Alkoholit–Hapot–Esterit*, *Arkipäivän kemiaa* sekä *Joitakin tärkeitä materiaaleja*. Viimeisen kirjan teemat ovat *Tuli ja tulipalo*, *Kemialliset sidokset*, *Sähkökemialla*, *Malmista metalliksi*, *Elinympäristömme* sekä *Analyysi ja laskennat*. Jokaisen teeman lopuksi on opettajan demonstraatioita ja oppilastoita sisältävä kokeellinen osuus sekä kotitehtäväpankki. Kotitehtävät on merkitty kolmella eri vaatavuustasolla. Jokaisen kirjan lopussa on lisäksi 2–3 aukeaman mittainen historiallinen katsaus liittyen teemoihin, joita kirjoissa esiintyy.

Kirjasarja B on painottunut käsittelemään kemian teknistä teollisuutta. Erilaisten kemiallisten aihealueiden yhteyteen liitetään siihen liittyvien kemikaalien ja prosessien teknis-teollinen soveltaminen. Esimerkiksi teknisen alkoholin käsittelyyn käytetään puolet etanolille varatusta sivusta ja esterien käyttöä liuottimena, räjähdys- ja lääkeaineena korostetaan enemmän kuin niiden esiintymistä tuoksuaineina. Myös oppikirjan kuvitus koostuu suurelta osin kemian teollisuutta esittävistä kuvista. Hapojen yhteydessä on esimerkiksi kuva Kemiran rikkihappoa valmistavasta Helsingborgin tehtaasta ja saippuan valmistusprosessista on yksityiskohtainen ja vaiheittainen kaaviokuva.

Oppikirjasarjalle ominaista on analyttisen kemian läsnäolo. Yksi teemoista käsittelee kromatografiaa, spektrografiaa sekä kvalitatiivisia ionireaktiota käyttäen sellaisia käsitteitä kuten reagenssi sekä sakka. Lisäksi ravintoaineiden kemiassa otetaan esille Trommerin koe monosakkaridien toteamiseen.

Kirjasarjan sisältö on kirjoitettu tiiviiseen muotoon. Oppikirjan A₁ suosimat, lukijaa johdattelevat kysymykset puuttuvat ja tekstisisältö on sen sijaan muotoiltu lähes yhteenvetomaiseen tapaan. Esimerkkinä suolanvalmistuksesta kertova kappale:

”Tre sätt att framställa salter

- En basisk lösning blandas med en sur lösning. Metoden kallas neutralisation.
- En metall får reagera med en syra.
- En metalloxid få reagera med en syra.” (B₁, 59)

Kerronnalle tyypillistä on myös se, että lyhyehköt kappaleet saattavat sisältää useita käsitteitä, joista monet otetaan esille ensimmäistä kertaa. Esimerkiksi elektrolyysiä käsittelevä osuus alkaa seuraavalla kappaleella:

”Vi sänker ner två kolstavar i en elektrolyt och kopplar stavarna till en strömkälla. Den kolstav som ansluts till strömkällans positiva pol kallas anod. Den som ansluts till den negativa polen kallas katod. Med ett gemensamt namn kallas anod och katod för elektroder.” (B₁, 59)

7.2.1.3 Oppikirjasarja C

Kirja C₁ on 306-sivuinen, kirjan A₁ tavoin koko perusopetuksen yläluokkien kemian oppisisällön kattava tietokirja. Kirjan tavoitteeksi esitellään kemian perustietojen oppiminen. Kirjan kerrotaan tutustuttavan lukijan kemian esiintymiseen arkipäivässä, teollisuuden tuotteissa sekä luonnon ja ympäristön ilmiöissä. Lisäksi esittely kertoo kirjan kiinnittävän huomion erilaisiin mallintamisen keinoihin. Kirjassa on kahdeksan teemaa: *Kemiaa tutkimaan, Aine ja reaktio, Ilma ja vesi, Aineiden kemiaa, Elämän kemiaa, Metallien kemiaa, Tuotteiden elinkaari sekä Reaktioita ympäristössä ja laboratoriossa*. Teemat jakautuvat edelleen kappaleisiin, joiden lopussa on kotitehtäviä. Kotitehtävistä yksi tai kaksi on merkitty vaativuustasoltaan korkeammaksi. Kirjan etukannessa on aikajanaa mukaileva, aukeaman kokoinen katsaus fysiikan ja kemian historiaan.

Kirja C₁ pyrkii kuvailemaan aineiden ominaisuuksia ja reaktioita pitkälti rakenneperspektiivistä. Veden ominaisuuksia selitetään vesimolekyylin varausjakaumalla ja metallin metallisidoksella. Katalyytti määritellään aineena, jonka kemiallinen rakenne on sama reaktion alussa ja lopussa. Erityisesti orgaanisen kemian aineita reaktioita kuvataan yhdisteiden rakenteen avulla, mikä näkyy siten, että kappaleissa esiintyy runsaasti rakennekaavoja. Etenkin erilaisten orgaanisten yhdisteiden reaktiot, kuten

yhdistettyjen sokereiden muodostumisreaktio, kondensaatioreaktiot sekä tyydyttymättömien hiilivetyjen hydraus, esitetään yksityiskohtaisesti rakennekaavoin.

Kemiallinen energia yhtenä energiamuotona otetaan toistuvasti esille kirjassa C₁. Se määritellään ensimmäisen kerran kemiallisen reaktion yhteydessä ja nostetaan pinnalle uudestaan energiakaavioiden avulla mm. palamista, raudan kierrätystä ja sähkökemiallista paria käsitellessä.

Kirjan tekstisisällön esitystavalle on ominaista runsaslukuinen ja tieteellinen käsitteistö. Tutkittavista oppikirjoista kirja C₁ sisälsi suurimman määrän luonnontieteellistä käsitteistöä. Kirja esimerkiksi käyttää ainoana tutkittavista kirjoista sellaisia käsitteitä kuin suspensio, allotropia, hila, oksoniumioni, ainemäärä, osmoosi sekä diffuusio. Käsitteiden määrittelyssä kirja pyrkii tieteelliseen esitystapaan arkikielen sijaan. Esimerkkeinä metallisidoksen sekä elektrolyysin määrittely:

”Positiivisten metalli-ionien ja negatiivisten vapaiden elektronien välillä on sähköinen vuorovaikutus, metallisidos.” (C₁, 201)

”Elektrolyysiksi kutsutaan ilmiötä, jossa tasavirta saa aikaa hapettumis-pelkistymisreaktion elektrolyyttiliuoksessa.” (C₁, 226)

Tieteellinen näkökulma näkyy myös mallintamisen ahkeralla käytöllä, jota jo kirjan esittelyssä korostettiin. Kirja käyttää mallintamisessa mm. atomien ja molekyylien pallomallia, Bohrin atomimallia sekä tutkittavista kirjoista ainoana atomin energiatasokaaviota.

7.2.1.4 Oppikirjasarja D

Kirjasarja D on tieto- ja työkirjat yhdistävä, 3-osainen kirjasarja. Kirjasarjan kaikki osat sisältävät 120 sivua. Kirjojen esittelysivuilla kerrotaan kirjasarjan opettavan luonnontieteelliseen ajatteluun sekä tiedonhankintaan ja -käsittelyyn. Kirjasarja koostuu kuudesta teemasta: *Luonnontieteellinen tutkimus*, *Kemian perusteet*, *Alkuaineet ja yhdisteet*, *Sähkökemialla*, *Hiilen yhdisteet* sekä *Kemian teollisuuden tuotteita*. Teemat on jokaisessa kirjassa jaettu 13 aihepiiriin. Esimerkiksi teema *Kemian teollisuuden tuotteita* sisältää otsikot Muovit, Pesuaineet ja kosmetiikka, Lääkeaineet sekä Uudelleenkäyttö ja kierrätys. Jokainen teeman alainen otsikko eli kappale sekä alkaa että päättyy muutamalla

tutkimustehtävällä tai kokeella. Lisäksi kappaleiden lopuksi on kotitehtäviä sekä sivun mittainen luonnonilmiöitä, historiaa tai tulevaisuutta käsittelevä, aiheeseen liittyvä katsaus.

Kirjasarjan D orgaanisen kemian osuus on laaja ja monipuolinen. Sarjan toinen oppikirja kokonaisuudessaan sisältää lähes ainoastaan orgaanisen kemian elementtejä. Erityisesti ravintoaineiden kemiaa painotetaan käsittelemällä esimerkiksi muissa oppikirjasarjoissa vähemmän sijaa saaneita kivennäis- ja lisäaineita. Kuten oppikirjasarja C, mallintaa tämäkin kirjasarja orgaanisen kemian yhdisteitä ja reaktioita, kuten steroideja ja kondensaatioreaktioita, rakennekaavoin.

Kemian teollisuutta ei käsitellä yhtä laajassa mittakaavassa kirjasarjassa D kuin muissa tutkittavissa oppikirjoissa. Esimerkiksi lasin, keramiikan ja tekstiilien valmistusta ei sisällytetä kemian teollisuudesta kertoviin kappaleisiin. Lisäksi oppikirjasarja on ainoa, joka ei sisällä talous- ja jäteveden kiertoa ja vedenpuhdistusprosesseja.

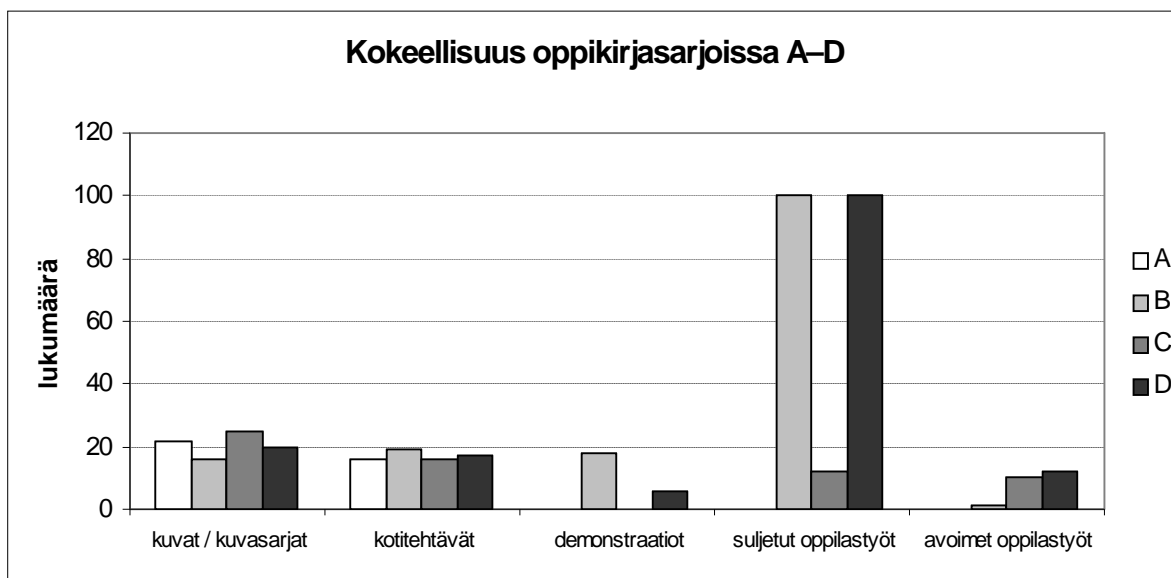
Myös kirjasarja D panostaa luonnontieteelliseen terminologiaan esitystavassaan. Se käyttää tutkittavista kirjoista ainoana esimerkiksi seuraavia käsitteitä: heterogeeninen ja homogeeninen seos, dipoli-dipolisidos, eksoterminen ja endoterminen reaktio sekä anioni. Oppikirjojen kerronnalle on tyypillistä, että uusi käsite esiintyy sen tiiviin määrittelyn lopuksi. Esimerkkeinä lipidin ja elektrolyytin käsittely:

”Rasvat liukenevat hyvin orgaanisiin liuottimiin, kuten bensiiniin ja eetteriin. Soluissa on rasvojen lisäksi muitakin aineita, jotka eivät liukene veteen, mutta liukenevat erilaisiin orgaanisiin liuottimiin. Tällaisten aineiden yhteinen nimi on lipidi.” (D₃, 64)

”Happojen ja suolojen vesiliuokset johtavat sähkövirtaa. Näiden aineiden vesiliuoksissa on ioneja, jotka kuljettavat mukanaan sähkövarauksia. Tällaisia sähköä johtavia nesteitä sanotaan elektrolyyteiksi.” (D₂, 96)

7.2.2 Oppikirjojen kokeellisuus

Kirjat A₁ ja C₁ olivat tietokirjoja, kun taas kirjasarjoihin B ja D sisältyi tekstisisällön lisäksi myös tutkimustehtäviä, oppilastöitä sekä opettajademonstraatioita. Tämän vuoksi kokeellisuuden esiintyminen jälkimmäisissä kirjasarjoissa on luonnollisesti huomattavasti runsaampaa kuin kirjoissa A₁ ja C₁. Kaikissa kirjoissa kuitenkin esiintyi kokeellisuutta (Kuva 1; Liite 2: Taulukko 12).



KUVA 1. Kokeellisuuden eri muotojen esiintyminen oppikirjasarjoissa A–D.

7.2.2.1 Kokeelliset kuvat ja kuvasarjat

Kokeellisuutta hyödyntävien kuvien ja kuvasarjojen lukumäärällinen käyttö on kaikissa tutkituissa oppikirjoissa samaa suuruusluokkaa eli kahdenkymmenen molemmin puolin (Taulukko 6). Vähiten kokeellista kuvitusta käytti oppikirjasarja B, joka kuvituksessa panosti piirroksiin sekä teollisuusaiheisiin valokuviin. Eniten kokeellista kuvitusta taas hyödynsi kirja C₁, jossa käytettiin runsaasti valokuvia piirrosten sijaan. Kuvituksen osuus kokeellisuudesta vaihtelee kirjatyyppien välillä: kirjasarjojen B ja D kokeellisuus koostuu kuvista ja kuvasarjoista likimain 10 prosentilla, kun taas kuvitus kirjoissa A₁ ja C₁ vastaa suurinta osuutta kirjojen kokeellisuudesta (A: 40 %, B: 58 %). Suuri eri selittyy kokeellisten töiden puuttumisella viimeksi mainituista. (Liite 2: Kuva 4–7.)

TAULUKKO 6. Esimerkkejä kokeellisesta kuvituksesta oppikirjasarjoissa A–D.

Kirja	Aihepiiri	Selvitys kuvasta/kuvasarjasta
A ₁	Hapan ja emäksinen	Bromtymolinsininen indikaattorina happamassa liuoksessa
B ₁	Kemiallinen reaktio	Magnesiumin palaminen
C ₁	Metallit	Magnesiumin, raudan ja kuparin palamisen liekkivärit
D ₂	Hapan ja emäksinen	Metallin ja suolahapon välinen reaktio

7.2.2.2 Kokeelliset kotitehtävät

Myös kokeellisten kotitehtävien lukumäärä on kaikissa tutkituissa oppikirjoissa samansuuntainen (Taulukko 7). Tehtävien lukumäärä liikkuu sekin kahdenkymmenen paikkeilla. Kokeellisten tehtävien osuus kirjojen kokeellisuudesta on kirjasarjoissa B ja D runsas 10 % sekä kirjoissa A₁ ja C₁ 42 % ja 25 %. (Liite 2: Kuva 4–7.)

TAULUKKO 7. Esimerkkejä kokeellisista kotitehtävistä oppikirjasarjoissa A–D.

Kirja	Aihepiiri	Selvitys tehtävästä
A ₁	Hapan ja emäksinen	”Om du löser upp precis lika många molekyler av citronsyra och äppelsyra i två bägare med 100 ml vatten får lösningarna ändå olika pH-värde. Vad beror det på?” (s. 127)
B ₂	Orgaaninen kemia	”Vad används Trommers prov till? För att göra provet behövs kopparsulfatlösning och natriumhydroxidlösning. Beskriv hur man utför provet.” (s. 53)
C ₁	Metallit	”Esineen kuparointiin käytetään kuparisulfaattiliuosta. Kumpaan jännitelähteen kohtioon päällystettävä esine kytketään? Mitä kytketään toiseen kohtioon?” (s. 229)
D ₃	Orgaaninen kemia	”Erään oppilaan käsiin ilmestyi kemian tunnin jälkeen keltaisia läiskiä. Mitä happoa hän todennäköisesti oli käsitellyt?” (s. 58)

7.2.2.3 Demonstraatio-ohjeet

Demonstraatioita esiintyy vain kirjasarjoissa B ja D. Jälkimmäisessä se kuului kokeellisuuden muodoista vähemmistöön: vain 4 % kokeellisuudesta oli demonstraatio-ohjeiden muodossa. Kirjasarjan B demonstraatioiden osuus koko kokeellisuudesta oli sama kuin kotitehtävien eli 12 %. Esimerkkeinä demonstraatioista on bakeliitin valmistaminen kirjassa B₂ (s. 66) ja kaliumpermanganaatin ja glykolin välinen reaktio kirjassa D₂ (s. 37). Mahdollinen syy demonstraatioiden vähyteen oppikirjoissa on kirjasarjoihin kuuluvat opettajan oppaat, joilla on tapana sisältää ohjeita opettajademonstraatioiden suorittamiseen. (Liite 2: Kuva 4–7.)

7.2.2.4 Oppilastyöohjeet

Vain yksi kirjasarja, A, ei sisältänyt lainkaan oppilastyöohjeita. Kirjasarja C oli tietokirjatyypistään huolimatta sijoittanut jokaiseen teemaan muutaman oppilastyöohjeen. Oppilastyöohjeiden osuus oppikirjan kokeellisuudesta oli lähes yhtä suuri kuin kuvituksen: 35

% . Omintakeista näille ohjeille oli se, että työt olivat kotona suoritettavia kotitalouksista löytyvin välinein. Sen vuoksi työt olivat suhteessa lukumäärään usein avoimia tutkimustehtäviä. Lähes puolet töistä oli avoimia tutkimuksia. Yllätyksettömästi kirjasarjoissa B ja D oppilastöiden lukumäärä ja niiden osuus kokeellisuudesta oli suuri: molemmissa kirjasarjoissa oppilastyöohjeet muodostivat noin 70 % kokeellisuudesta. Mitä tulee avoimiin tutkimustehtäviin, ei niitä esiintynyt kummassakaan kirjasarjassa yhtä paljon kuin kirjasarjassa C. Kirjasarjan D oppilastöistä runsas joka kymmenes oli avoimia, kun taas kirjasarjalla B ei niitä ollut lainkaan. (Liite 2: Kuva 4-7.) Ohessa esimerkkejä ensin suljetuista ja sen jälkeen avoimista oppilastyöohjeista.

Suljetut oppilastyöt:

”Framställning av etyn

Materiel: Provrör, stativ, aluminiumfolie, gummiband, dropprör, glasull

Använd skyddsglasögon och utsug! Läs först noga hela instruktionen. Montera sedan materielen som i figuren.

Fyll provröret till cirka $\frac{1}{4}$ med vatten. Tag en bit glasull lagom stor för att passa i provröret.

Lägg en liten bit kalciumkarbid i provröret och för sedan snabbt ner glasullen.

Vid reaktionen bildas gasen etyn. Antänd gasen och beskriv lågans färg samt vad du kan se ovanför lågan.

Vilken kemisk formel har etyn?

Ange under vilket annat namn gasen är känd samt vad den brukar användas till.” (B₂, 16)

” Kokeile kotona

Tutki, miten nopeasti sokeri liukenee veteen. Ota neljä juomalasia. Kaada kolmeen ensimmäiseen lasiin samanlämpöistä vettä ja neljänteen selvästi lämpimämpää.

Varmista, että kaikissa laseissa on yhtä paljon vettä.

Pane ensimmäiseen, toiseen ja neljänteen lasiin lusikallinen hienoa sokeria sekä kolmanteen lusikallinen tomosokeria.

Käynnistä sekuntikello. Sekoita lusikalla kaikkia muita paitsi ensimmäistä sokeria.

Mitä havaitset?” (C₁, 60)

”Paperikromatografia

Tee vesiliukoisella tussilla suodatinpaperille kuvan mukaisia erivärisiä pisteitä. Kirjoita värin nimi pisteen alle.

Teippaa paperi lieriöksi ja aseta se keitinlasiin, jossa on noin 1 cm:n vesikerros.

Varmista, että vesi ei aluksi kosketa pisteitä eikä lieriö kosketa keitinlasin reunoja.

Odota ja anna veden nousta paperia pitkin ylöspäin. Mitä väreille tapahtuu?

Mitä päätelmiä teet kokeesta?” (D₁, 34)

Avoimet oppilastyöt:

”Kokeile kotona

Tutki, miten sitruunassa oleva sitruunahappo muuttaa väkevän teen tai marjamehun (mansikan, mustikan, mustaherukan) väriä.” (C₁, 168)

”Aineiden luokittelua

Käytössäsi ovat seuraavat aineet: rauta, kupari, hiili, rikki, sinkki, kulta, magnesium, jodi, alumiini, elohopea ja fosfori.

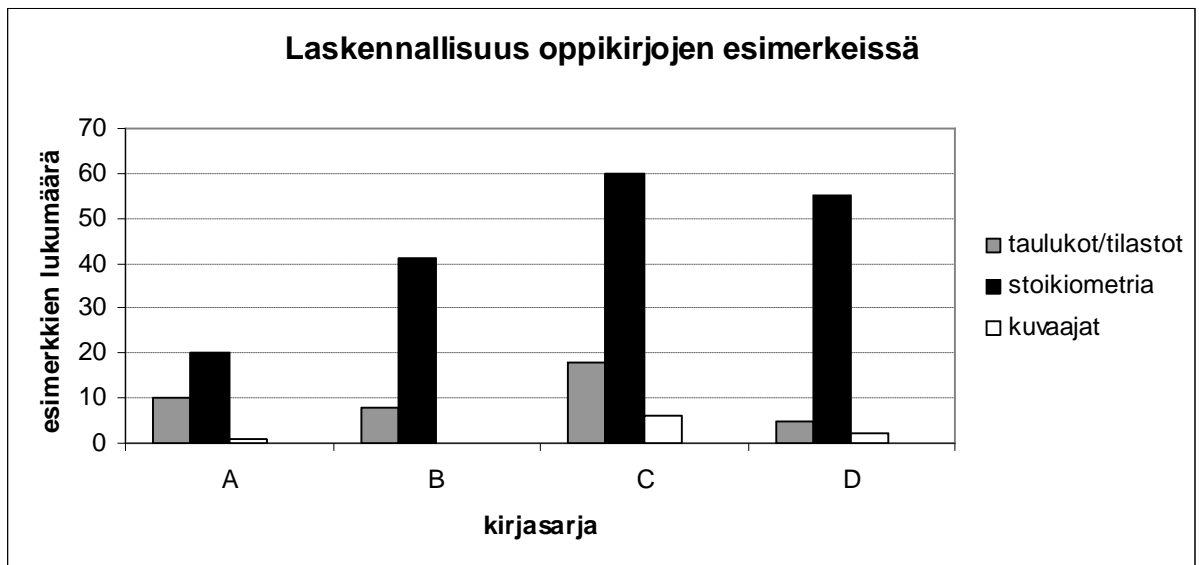
Luokittele aineet ensin olomuodon mukaan.

Keksi sitten jokin toinen luokittelutapa.

Mitkä aineista ovat metalleja?” (D₁, 37)

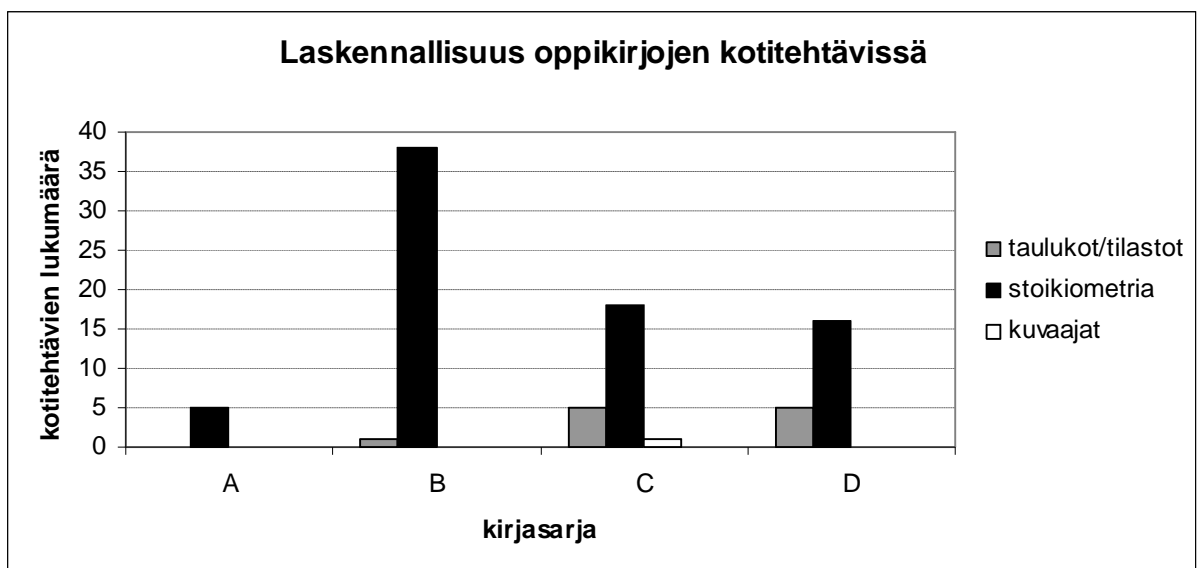
7.2.3 Oppikirjojen laskennallisuus

Ylivoimaisesti suurin osa oppikirjojen laskennallisuudesta koostui stoikiometrisistä käsitteistä ja näistä erityisesti reaktioyhtälöistä. Erilaiset taulukot ja tilastot olivat stoikiometrian jälkeen yleisimmin käytetty laskennallisuuden muoto. Myös kuvaajia käytettiin oppisisällöissä hiukan, mutta erilaiset mittaukset uupuivat oppikirjoista tyystin. Tutkimustulosten tässä osassa tullaan sen vuoksi käsittelemään ainoastaan stoikiometrian sekä taulukoiden, tilastojen ja kuvaajien esiintymistä oppikirjojen esimerkeissä ja kotitehtävissä. (Kuva 2, Kuva 3.)



KUVA 2. Laskennallisuuden eri muotojen esiintyminen oppikirjojen esimerkeissä.

Esimerkit ja kotitehtävät eritellään siksi, että nähdään, paljonko oppilaan odotetaan tulkitsevan laskennallisia osa-alueita suhteessa niiden itsenäiseen tuottamiseen (Kuva 2, Kuva3.)



KUVA 3. Laskennallisuuden eri muotojen esiintyminen oppikirjojen kotitehtävissä.

7.2.3.1 Stoikiometria

Kirjasarjojen stoikiometrian painotuksessa on selviä eroja. Sekä esimerkkien että kotitehtävien suhteen kirjasarja A luottaa muihin kuin stoikiometriin menetelmiin oppisisältöä selitettäessä ja havainnoitaessa. Stoikiometria esiintyy muiden tutkittavien kirjasarjojen esimerkeissä ja/tai kotitehtävissä likimain yhtä usein. Stoikiometrian prosentuaalisessa osuudessa sekä sen jakautumisessa esimerkkien ja kotitehtävien kesken on kuitenkin hieman eroavuuksia. Kirjasarjan B laskennallisuudesta 90 % liittyy stoikiometriaan. Vastaavat osuudet kirjasarjoissa C ja D ovat 73 ja 86 %. Kirjasarja B sisältää runsaasti kotitehtäviä, joten myös stoikiometrinen tehtävien lukumäärä on suuri ja samalla tutkittavista oppikirjasarjoista runsaslukuisin. Kirjasarjat C ja D taas käyttävät stoikiometriä erityisesti esimerkeissään. Suurinta osaa kirjoissa esiintyvistä reaktioista kuvataan reaktioyhtälöllä. Ominaista kirjasarjoille B ja D on reaktioyhtälöiden tasapainottamisen käsittely ja harjoittelu. Molemmat sisältävät esimerkiksi kotitehtäviä, joissa vaaditaan kertoimien etsiminen lähtöaineille ja reaktiotuotteille. Kirjasarjat A ja C tyytyvät reaktioyhtälöiden tulkintaan sekä niiden kirjoittamiseen ulkomuistin avulla. (Liite 2: Kuva 8–11.)

Sellaisten käsitteiden kuin atomimassan ja moolin käsittely tapahtuu kaikissa oppikirjasarjoissa, lukuun ottamatta sarjaa D. Vastaavista käsitteistä kertovat kappaleet on sijoitettu kirjojen loppuun tarkoituksena niitä hyödynnettävän syventämiskursseina silloin, jos kiinnostusta ja/tai aikaa riittää. Mainittakoon, että myös kirjasarja D käsittelee aihetta tutkimuksen ulkopuolella olevassa kertaus- ja syventämiskurssin nimellä kulkevassa kirjassa.

7.2.3.2 Tilastot, taulukot ja kuvaajat

Taulukkojen, tilastojen ja kuvaajien käyttö oppikirjojen välillä on tasaisempaa kuin stoikiometrian. Kuvaajien esiintyminen on kaikissa oppikirjoissa vähäistä. Käytännössä vain kirjasarja C havainnollistaa oppisisältöjä systemaattisesti kuvaajien avulla. Taulukkojen ja tilastojen käyttö on oppikirjoissa yleisempää, etenkin tekstisisällön lomassa. Kotitehtävissä taas erityisesti kirjasarjat C ja D vaativat lukijalta taulukoiden ja tilastojen tulkintaa. Tutkimuksen laskennallisuutta tutkivassa osuudessa ei ole otettu

huomioon oppilastöihin liittyvää taulukointia tai tilastointia, koska tiedon esittämisen katsotaan sisältyvän kokeelliseen työtapaan. (Liite 2: Kuva 8–11.)

7.2.4 Erot ja yhtäläisyydet Ruotsin ja Suomen oppikirjojen välillä

Puhtaita aineita ja seoksia käsitellessä ruotsalaiset oppikirjat kuvailevat suomalaisia enemmän aineiden ominaisuuksia. Esimerkiksi aineen magneettiset ominaisuudet huomioidaan yhtenä ominaisuutena. Suomalaiset oppikirjat taas tarkentavat seoksia yksityiskohtaisemmin, kuten käsitteillä savu, sumu ja vaahto sekä liukenemisnopeuteen vaikuttavilla tekijöillä. Erotusmenetelmiä käsitellään kaikissa oppikirjoissa keskimäärin yhtä laajasti. Mainittakoon, että käsitteet sedimentointi ja dekantointi nostetaan Ruotsissa tärkeiksi erotusmenetelmiksi, kun taas Suomessa uutto ja kiteytyminen.

Aineen rakennetta, kuten atomia ja sen perusteella luokittelua, kuten jaksollista järjestelmää katetaan kaikissa oppikirjoissa yhtä laajasti. Myös ilman ja veden ominaisuuksia sekä niissä tapahtuvia reaktioita otetaan esille kaikissa oppikirjoissa tasaisesti. Erityisesti ilmakehän muutokset, kuten saastuminen sekä kasvihuoneilmiö, nousevat kaikissa kirjoissa kantavaksi teemaksi.

Kemiallista reaktiota painotetaan suomalaisissa oppikirjoissa enemmän kuin ruotsalaisissa. Reaktioyhtälöiden tulkinta ja kirjoittaminen, reaktionopeus sekä kemiallisten reaktioiden energia puuttuu ruotsalaisista kirjoista lähes kokonaan. Suomalaiset oppikirjat käsittelevät mm. kemiallisten reaktioiden endo- ja eksotermisyyttä, reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä sekä käsitteitä lähtöaineet, reaktiotuotteet ja inhibiittori. Ominaista ruotsalaisille oppikirjoille on taas käsite itsestään syttyminen (självantändning) palamisen yhteydessä.

Suomalaiset oppikirjat sisältävät myös happamuuteen ja emäksisyyteen liittyviä käsitteitä hieman ruotsalaisia runsaammin. Esimerkiksi oksoniumioni määritellään ainoastaan suomalaisissa oppikirjoissa. Kemiallinen merkkikieli saa myös enemmän jalansijaa molempien suomalaisten oppikirjojen opastaessa muodostamaan suolan kemiallisia kaavoja ruotsalaisten oppikirjojen esitellessä muutamia kaavoja ulkoa opeteltavina esimerkkeinä. Mielenkiintoinen yksityiskohta happo/emäs -aihepiirin käsittelyssä oli viherpunan mainitseminen yhtenä indikaattorina bromtymolinsinisen ja fenolftaleinin rinnalle suomalaisissa oppikirjoissa ruotsalaisten taas esitellessä lakmuksen.

Orgaaninen kemia nousee yllätyksettömästi avainasemaan kaikissa oppikirjoissa, määrittelee sekä Suomen että Ruotsin opetussuunnitelmat kemian opetuksen tavoitteeksi tutustua lähiympäristössä ja etenkin arkielämässä esiintyvien aineiden ominaisuuksiin ja reaktioihin. Eroja painotusalueilla orgaanisen kemian sisällä löytyy kuitenkin maiden oppikirjojen välillä. Suomalaiset oppikirjat käsittelevät hieman laajemmin aromaattisia yhdisteitä ja karboksyylihappoja, kun taas fossiilisia polttoaineita, kuten turvetta, koksia ja kivihiiltä, otetaan ruotsalaisissa oppikirjoissa enemmän esille. Suomalaiset oppikirjat käyttävät proteiinien yhteydessä käsitettä peptidisidos ja ruotsalaiset termiä koagulointi. Ruotsalaiset oppikirjat käsittelevät suomalaisia yksityiskohtaisemmin myös hiilihydraattien, proteiinien ja rasvojen ulkopuolelle jääviä ravintoaineita kuten vitamiineja ja hivenaineita.

Metallien kemian ja etenkin sähkökemian käsitteitä ja ilmiöitä sisältyy kaikkiin oppikirjoihin samassa mittakaavassa. Ruotsalaiset oppikirjat keskittyvät eri metallien valmistukseen, ominaisuuksiin ja käyttöön suomalaisia oppikirjoja enemmän. Nämä myös käyttävät metalliseoksista määritelmää lejeerinki. Ruotsalaisten oppikirjojen teollisuuden painotus metallien käsittelyssä toistuu myös muiden teollisuuksien yhteydessä. Erityisesti petrokemian osa-alueet, kuten kumi, muovit sekä maalit ja liimat, katetaan yksityiskohtaisesti. Myös erilaiset rakennusmateriaalit kuten sementti ja betoni sekä komposiittimateriaalit käsitellään laajasti. Kaikki oppikirjat korostavat ekologista ajattelua kuten kierrätystä ja jätelajittelua samassa määrin.

Ruotsalaiset oppikirjat keskittyvät suomalaisia kirjoja runsaammin kemian tietouden kasvuun ja kehitykseen sekä historiallisesta että kulttuurisesta näkökulmasta. Molemmat ruotsalaiset kirjasarjat kokosivat oppisisältöihin sopivan historialliseen katsauksen joko oppikirjan tai aihealueiden loppuun.

Ruotsalaisten ja suomalaisten sisällön kerronnassa on jonkin verran hajontaa. Suomalaisten oppikirjojen kielenkäyttö ja terminologia eivät merkittävästi eroa toisistaan, kun taas ruotsalaisten oppikirjojen keskinäiset esitystavat vaihtelevat suuresti. Suomalaiset oppikirjat käyttävät systemaattisesti luonnontieteellistä terminologiaa ja tieteellistä käsitteiden määrittelytapaa. Ruotsalaisista oppikirjoista toinen suosi kuvailevampaa ja oppilasläheisempää kerrontatyyliä.

Kaikki oppikirjat sisälsivät kokeellisuutta. Kokeellisten kuvien ja kuvasarjojen käyttö sekä kokeellisten kotitehtävien lukumäärä oli kaikissa tutkituissa oppikirjoissa samaa suuruusluokkaa. Erityisesti työ- ja teoriakirjat yhdistävät kirjasarjat sisälsivät runsaasti kokeellisuutta oppilastöiden muodossa. Demonstraatioita esiintyi kaikissa, myös siis näissäkin, oppikirjoissa hyvin vähän. Avoimet tutkimustehtävät kuuluivat selvään vähemmistöön. Työturvallisuuden käsittely jäi ruotsalaisissa oppikirjoissa vajaaksi. Suomalaiset oppikirjat aloittavat kemiaan tutustumisen käsittelemällä turvallista työskentelyä sekä laboratoriossa että kotona. Esille otetaan mm. ensiapu vahingon sattuessa sekä kemikaalijätteiden lajittelu.

Suurin osa oppikirjojen laskennallisuudesta koostui stoikiometrisistä käsitteistä ja etenkin reaktioyhtälöistä. Suomalaiset oppikirjat käyttävät stoikiometriaa runsammin kuin ruotsalaiset. Taulukkoja ja tilastoja esiintyi kaikissa oppikirjoissa tasaisesti. Kuvaajien käyttö taas on kaikissa oppikirjoissa vähäistä. Kemialle ominaisten laskennallisten käsitteiden käsittely tapahtuu kaikissa oppikirjasarjoissa, mutta niiden ei katsota sisältyvän oppilaan peruskurssiin.

8 Yhteenveto, johtopäätökset ja pohdinta

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää Ruotsin ja Suomen peruskoulun 7.–9. luokkien kemian opetusten eroja ja yhtäläisyyksiä. Erityisenä tavoitteena oli määrittää kokeellisuuden ja laskennallisuuden osuus opetuksessa. Tutkimuksessa ensin analysoitiin Ruotsin ja Suomen nykyisiä valtakunnallisia opetussuunnitelmia yleisellä tasolla, minkä jälkeen tarkasteltiin kemian oppiainekohtaisia opetussuunnitelmia. Lisäksi tutustuttiin koulukohtaisiin opetussuunnitelmiin sekä kemian oppikirjoihin.

8.1 Tulosten yhteenvetoa ja johtopäätöksiä

Sekä Suomen että Ruotsin peruskoulun kemian opetussuunnitelmat pohjautuvat maiden arvomaailmaltaan samanhenkisiin peruskoulu-uudistuksiin. Opetussuunnitelmien sisällölliset painotukset ovat kuitenkin vuosien varrella loitontuneet toisistaan. Ruotsissa opetussuunnitelmat ovat kehittyneet ideologisempaan ja yhteiskunnallisempaan suuntaan mm. oppiainekohtaisten oppisisältöjen kustannuksella. Myös Suomen opetussuunnitelman perusteista kuultaa sama kehitys: jäykähköt ja yksityiskohtaiset kurssisuunnitelmat ovat opetussuunnitelmauudistusten yhteydessä karsiutuneet pois. Suomessa tosin opetuksen yleisten periaatteiden painopiste on vähitellen siirtynyt kuvailemaan arvopohjan sijasta oppimista ja opetusmenetelmiä.

Molempien maiden kemian opetussuunnitelmat sisälsivät pääpiirteittäin samoja tavoitteita ja oppisisältöjä: kemian peruskäsitteistöä painopisteinä oppilaan arkielämä, ympäristökysymykset sekä kemian soveltaminen teollisuudessa. Suomen opetussuunnitelman perusteiden oppisisältö oli ruotsalaista yksityiskohtaisempi ja teemoiltaan runsaampi jättäen vähemmän sijaa tulkinnalle. Myös perusopetuksen tuntijako salli Ruotsissa Suomea enemmän liikkumavaraa opetussisällön rajaamiselle. Koulukohtaiset opetussuunnitelmat muistuttivatkin siellä toisiaan enemmän. Valtakunnallisten opetussuunnitelmien sisältämästä tulkinnanvarasta huolimatta vastasivat sekä Ruotsin että Suomen koulukohtaiset opetussuunnitelmat niitä hyvin. Ainoastaan energiakysymysten käsittely oli toivottua suppeampaa.

Yhteiskunnallisuudella oli vahva ote Ruotsin kemian opetussuunnitelmassa. Siinä tärkeiksi kysymyksiksi nousivat kemian historiallinen näkökulma sekä mielipiteiden muodostaminen ja argumentointi. Suomen kemian opetussuunnitelman perusteet taas painottivat Ruotsia enemmän kemiallisen merkkikielen hallintaa.

Kokeellisuus mielletään molemmissa maissa tärkeäksi työtavaksi kemian opetuksessa. Suomen opetussuunnitelman perusteet ottavat sen kuitenkin Ruotsia useammin ja yksityiskohtaisemmin esille.

Laskennallisuus jäi molemmissa opetussuunnitelmissa muiden teemojen ja sisältöjen varjoon, lukuun ottamatta reaktioyhtälöiden muodostamista. Kemialliseen merkkikielenä kuuluvana osa-alueena se sisältyi ainoastaan Suomen opetussuunnitelman perusteisiin.

Tutkittavat oppikirjat muistuttivat toisiaan enemmän kuin opetussuunnitelmat. Likimain samat käsitteet ja teemat esiintyivät kaikissa oppikirjoissa. Oppikirjat korostivat oppilaan lähiympäristöön liittyvää kemiaa, erityisesti orgaanista kemiaa, ympäristökemiaa sekä kemian teollisuutta. Oppikirjojen välisiä eroavuuksia toki oli: Ruotsin oppikirjoista näkyi opetussuunnitelman historiallinen ja yhteiskunnallinen näkökulma, kun taas suomalaiset oppikirjat opetussuunnitelman perusteille uskollisina sisälsivät runsaasti kemiallista merkkikieltä. Tutkimuksen oppikirjojen kerrontatavassa oli myös eroja. Suomalaiset oppikirjat suosivat molemmat luonnontieteellistä tyyliä käsitteistön ja määritelmien selityksissä. Käsitteitä esiintyy myös oppikirjoissa runsaslukuisemmin kuin Ruotsissa. Ruotsalaisten oppikirjojen kerrontatavat taas erosivat toisistaan huomattavasti.

Kokeellisuuden esiintyminen tutkituissa oppikirjoissa oli kauttaaltaan samoissa mittasuhteissa lukuun ottamatta avoimien tutkimustehtävien lukumäärää, joka oli Suomen oppikirjoissa korkeampi. Oppikirjojen laskennallisuus keskittyi odotetusti reaktioyhtälöihin. Suomessa korostettiin oppikirjoissa opetussuunnitelman perusteiden tapaan reaktioyhtälöiden tasapainottamista enemmän kuin Ruotsissa. Muu laskennallisuus oli oppikirjoissa yhtä vähäistä.

8.2 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Opetuskokemukseni peruskoulun 7.–9. luokilla Ruotsissa oli sekä opetussuunnitelma- että oppikirja-analyysissä tutkimusongelmien määrittämisä helpottava tekijä. Sillä kuitenkin voi olla tutkimustulosten luotettavuuteen myös negatiivinen vaikutus. Jokapäiväiset kokemukseni ruotsalaisissa kouluissa saattoivat edesauttaa tiettyjen teemojen ja ajatusten korostamista tutkimuksessa. Olisikin mielenkiintoista tietää, millaisiin tutkimustuloksiin ruotsalaiseen koulujärjestelmään perehtymätön tutkija olisi tullut.

Sekä opetussuunnitelma-analyysi että oppikirja-analyysin käsitteellinen osa tapahtui käsittekkartoituksen ja tulosten taulukoinnin avulla. Opetussuunnitelma-analyysissä tarkasteltun kohteena olivat molemmat valtakunnalliset opetussuunnitelmat sekä yhteensä 6 koulukohtaisen opetussuunnitelman otos. Analyysin tulokset ovat otoksen suuruuden johdosta suuntaa-antavia. Oppikirja-analyysissä ja oppikirjojen vertailussa jokainen oppikirjoissa esiintynyt käsite ja määrittelmä poimittiin ilman subjektiivista tulkintaa aihealueittain käsittekkarttaan, josta ne edelleen siirrettiin taulukoihin. Oppikirja-analyysin otos (4 kirjasarjaa) oli kaikkien oppikirjojen vertailuun tarpeeksi kattava, mutta suppea maiden keskinäiseen vertailuun. Käsitteellisen oppikirja-analyysin tulokset ovat näin ollen Ruotsin ja Suomen oppikirjojen välisten erojen määrittämistä ajatellen suuntaa-antavia.

Oppikirjojen kokeellisuutta tutkittaessa kokeellisuutta ilmentävät valokuvat, kotitehtävät ja esimerkit taulukoitiin. Tässä oppikirja-analyysin osassa voi tutkijan näkökulma ja tulkinta vaikuttaa tutkimustuloksiin. Esimerkiksi valittaessa kokeellisia valokuvia oppikirjasta olisi toinen tutkija saattanut päätyä eri ratkaisuihin. Laskennallisuuden tarkastelu tapahtui kuten kokeellisuuden tarkastelu. Se ei ole yhtä riippuvainen tutkijan tulkinnasta johtuen selkeästi määrittelyistä laskennallisuuden käsitteistä ja osa-alueista.

8.3 Pohdinta

Suomen koulukohtaiset opetussuunnitelmat muistuttivat kovasti toisiaan, vaikka POPS 04 jättää opetuksen suunnittelijoille ja toteuttajille tulkinnanvaraa. Kuitenkin Lpo 94:n tulkinnanvapaus näkyi ruotsalaisia koulukohtaisia opetussuunnitelmia tarkasteltaessa. Mistä tämä Suomen perinteinen opetussuunnitelmanäkemys johtuu? Nojaavatko kemian opettajat Suomessa opetuksessaan vanhentuneiden ja kenties tutumpien opetussuunnitelmien oppisisältöjen varaan vai annetaanko kouluissa oppikirjojen johdatella opetussuunnitelmia? Kuka tai ketkä taas laativat Ruotsin koulukohtaiset opetussuunnitelmat? Jos opettajat, voidaan pohtia heidän koulutuksen ja kiinnostuksen kohteiden vaikutuksia opetussuunnitelmien oppisisältöihin. Mielenkiintoista olisi jatkossa tutkia kattavammin molempien maiden koulukohtaisia opetussuunnitelmia selvittämällä ensin koulujen kemian opettajien ikäjakauma ja/tai koulutus pohja sekä heidän käyttämät oppikirjat.

Ruotsalaisten koulukohtaisten opetussuunnitelmien erot voivat myös johtua siitä, että kouluilla ja opettajilla on siellä suuremmat vapaudet vaikuttaa kemian osuuteen tuntijaossa kuin Suomessa. Ruotsalainen opetussuunnitelma korosti yleisissä periaatteissaan koulutuksen samanarvoisuutta. Jos oppilaiden tiedot ja taidot painottuvat luonnontieteiden eri osa-alueille johtuen koulujen opetussuunnitelmista, opettajien aineenosaamisesta tai opettajien kiinnostuksen kohteista, voidaan tämän perusarvon toteutuminen kyseenalaistaa. Aloittavatko ruotsalaiset oppilaat esim. lukio-opintonsa samoilla kemian lähtötiedoilla? Yksi mielenkiintoinen jatkotutkimuksen aihe olisi kartoittaa Suomen ja Ruotsin lukioiden ensiluokkalaisten pohjatiedot kemiassa ennen ensimmäistä kemian tai luonnontiedon kurssia.

Ruotsalaisten oppikirjojen kerrontatavat ovat keskenään hyvin erilaisia. Sen vuoksi ei tässä tutkimuksessa pystytä tekemään yleistäviä päätelmiä Suomen ja Ruotsin oppikirjojen esitystavasta ja kielestä. Siihen oli oppikirjojen otos liian suppea sekä analyysimenetelmät rajalliset. Yksi mahdollinen jatkotutkimuksen aihe olisikin laajentaa Suomen ja Ruotsin kemian oppikirjojen analysointia esimerkiksi kaikkiin nykyisiä opetussuunnitelmia noudattaviin oppikirjoihin ja rajata tutkimusongelmat käsittelemään ainoastaan tiedon esitystä ja kerrontatapaa.

Avoimien tutkimusten ja laskennallisuuden määrä etenkin oppikirjoissa oli huolestuttavan vähäinen. Oppikirjoissa esiintyvä kokeellisuus ei kuitenkaan kerro, kuinka paljon Suomen ja Ruotsin kemian opetuksessa todella käytetään avointa tutkimustapaa suljettujen oppilastöiden sijaan. Tämäkin olisi mielenkiintoinen jatkotutkimuksen aihe. Koska luonnontieteelliseen tutkimustapaan liitetään myös sellaisia laskennallisuuden piirteitä kuin suureiden hallintaa, mittausten suorittamista sekä tulosten esittämistä, olisi myös kiinnostavaa kartoittaa, kuinka paljon perusasteen oppilailta toivotaan tällaista laskennallista osaamista esimerkiksi työselostusten kirjoittamisen yhteydessä.

Peruskoulun yhdeksi yleiseksi tavoitteeksi POPS 04 määritteli tiedollisen valmistamisen jatko-opintoihin. Sisältyykö sen vuoksi oppiainekohtaista sisällönkuvausta Suomessa enemmän kuin Ruotsissa? Kemian opintoja on esim. lukiossa raskasta jatkaa ilman kemiallisen merkkikielen hallintaa. Sen hyötyähän oppilaan arkielämässä voidaan pitää kyseenalaisena. Sisältyykö se juuri jatko-opintoystistä Suomen kemian opetussuunnitelman perusteisiin? Lisäksi kokeellisuutta käsitellään Suomen opetussuunnitelman perusteissa hieman toistaen, aivan kuten Ruotsin opetussuunnitelma kuvaillessaan ideologisia periaatteita. Tämä saattaa olla merkki siitä, miten Suomessa oppimistavat ovat opetuksen suunnittelussa keskiössä Ruotsin opetussuunnitelman korostaessa ideologista arvopohjaa. Tässä yhteydessä voidaankin pohtia ensin triviaalilta tuntuvan sanavalinnan ”oppivelvollisuus” vs. ”kouluvelvollisuus” yhteyttä opetussuunnitelmien eroihin. Peruskoulun päästötodistuksen myöntämiseksi on oppilaan Suomessa saavutettava kaikista oppiaineista hyväksytty arvosana. Ruotsissa samaan vaaditaan yhdeksän vuoden läsnäolo. Kiinnitetäänkö sen vuoksi Suomen opetussuunnitelman perusteissa oppimistapohin, -käsityksiin sekä -prosesseihin enemmän huomiota kuin Ruotsissa? Näkyykö se myös oppimistuloksissa? PISA-tutkimusten tuloksia ei sovi tulkita kirjaimellisesti, varsinkin, kun oppilaiden taustoja ei testauksessa oteta huomioon. Ruotsin oppilasjoukko on tunnetusti Suomen oppilasainesta heterogeenisempaa johtuen pidempiaikaisesta maahanmuutosta. Herää toinenkin kysymys: voiko tällä heterogeenisyydellä olla osansa yhteiskunnallisten arvojen painotuksessa ruotsalaisen opetussuunnitelmassa? Entä toteutuvatko tavoitteet käytännössä: kasvattaako ruotsalainen peruskoulu oppilaistaan vastuullisempia, aktiivisempia ja suvaitsevaisempia kansalaisia kuin suomalainen?

Tämän tutkimuksen tulokset saattavat auttaa opetussuunnitelmien kehittäjiä ja oppikirjan tekijöitä työssään. Tutkimus osoitti, että Ruotsin ja Suomen kemian opetuksessa on paikoin

merkittäviäkin eroja. Jos PISA-tutkimuksen tehtäviä ratkaistaessa auttaa oppilaan käsitteellinen ja terminologinen osaaminen, ei Suomen ja Ruotsin pistemäärien ero enää yllätä. Tuorein PISA-tutkimus, PISA 2006, keskittyy aiempia tutkimuksia enemmän luonnontieteellisen osaamisen testaukseen. Vielä julkaisemattomat tulokset kertonevat meille lisää Suomen ja Ruotsin luonnontieteiden opetuksen tilasta. Niitä odotellessa on opetuksen kehittämistä muistettava molemmissa maissa pitää yllä.

Lähteet

Ahtineva, A., *Oppikirja – tiedon välittäjä ja opintojen innoittaja? Lukion kemian oppikirjan – Kemian maailma 1 – tiedonkäsitys ja käyttökokemukset*, väitöskirja, Turun yliopisto, Turku, 2000.

Aksela, M. & Juvonen, R., *Kemian opetus tänään*, Edita Oy, Helsinki, 1999.

Andersson, B., Bach, F., Olander, C. & Zetterqvist, A., *Nationella utvärdering av grundskolan 2003 Naturorienterade ämnen*, Elanders Gotab, Stockholm, 2005.

Aspholm, S., Hirvonen, H., Hongisto, J., Lavonen, J., Penttilä, A. & Saari, H., *Aine ja energia – kemian tietokirja*, WS Bookwell Oy, Porvoo, 2004.

Bates, G. R., teoksessa *What research says to the science teacher*, toim. Rowe, M. B., National Science Teachers' Association, Washington DC, 1978, *The Role of Laboratory in Secondary School Science Programs*, 55–82.

Boud, D., Dunn, J. & Hegarty-Hazel, E., *Teaching in laboratories*, Open University Press, Philadelphia, 1986.

Chall, J. S. & Conard, S. S., *Should Textbooks Challenge Students? The case for easier or harder textbooks*, Teachers College Press, New York, 1991.

Clermont, C. P., Borko, H., & Krajcik, J.S., *Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators*, *Journal of research in Science Education*, 1994, 31, 419–441.

De Jong, O., Veal, W. R. & Van Driel, J. H., teoksessa *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, toim. Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. & Van Driel, J. H., Kluwer Academic Publishers, Alankomaat, 2002, *Exploring chemistry teachers' knowledge base*, 369–390.

De Vos, W., Bulte, A., & Pilot, A., teoksessa *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, toim. Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. & Van Driel, J. H., Kluwer Academic Publishers, Alankomaat, 2002, Chemistry Curricula for general education: analysis and elements of a design, 101–124.

DeBoer, G. E., *A history of ideas in science education: Implications for practice*, Teachers College Press, New York, 1991.

Dimenäs, J. & Sträng Haraldsson, M., *Undervisning i naturvetenskap*, Studentlitteratur, Lund, 1996.

Drakenberg, M., *Compulsory school development in Sweden – A three-dimensional view*, Research bulletin 91, Silverprint, Helsinki, 1995.

Duggan, S. & Gott, R., teoksessa *Issues in Science teaching* toim. Sears, P. & Sorensen, P., RoutledgeFalmer, New York, 2000, Understanding evidence in investigations – The way to a more relevant curriculum?, 60–69.

Foster, W., Some letters by Doctor John Maclean, *Journal of Chemical Education*, 1929, **6**, 2104-2113.

Gabrielsson, A., *Utvärdering av utbildningar i kemi vid svenska universitet och högskolor*, Högskoleverket, Stockholm, 2003.

Geelan, D., Larochelle, M. & Lemke, J. L., teoksessa *Dilemmas of Science Teaching - Perspectives on problems of practice*, toim. Wallace, J. & Louden, W., RoutledgeFalmer, New York, 2002, The Laws of Science, 22–35.

Gott, R. & Duggan, S., *Investigative work in the science curriculum*, Open University Press, Philadelphia, 1994.

Grundskolans kursplaner och betygskriterier, 4. painos, Edita Västra Aros, Västerås, 2002.

Hannus, M. *Oppikirjan kuvitus – Koriste vai ymmärtämisen apu*, väitöskirja, Turun yliopisto, Turku, 1996.

Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. & Nyrhinen, K., *Avain – kemia 1*, Otavan kirjapaino Oy, Keuruu, 2004.

Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. & Nyrhinen, K., *Avain – kemia 2*, Otavan kirjapaino Oy, Keuruu, 2004.

Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. & Nyrhinen, K., *Avain – kemia 3*, Otavan kirjapaino Oy, Keuruu, 2004.

Hodson, D., A critical look at practical work in school science, *School Science Review*, 1990, **71**, 33–40.

Junnila, O., *MAOL 1935–1995 – Kuusi vuosikymmentä matemaattisten aineiden asialla*, Forssan kirjapaino Oy, Forssa, 1995.

Kinos, S. (toim.), *Uudistuva peruskoulu – Peruskoulun opetussuunnitelmien laadinta*, Painatuskeskus, Helsinki, 1994.

Kirschner, P. A. & Meester, M. A. M., The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives, *Higher Education*, 1988, **17**, 99–119.

Kursplaner för grundskolan – Statens offentliga utredningar 1993:2, Norstedts tryckeri AB, Stockholm, 1993.

Kursplaner och betygskriterier naturorienterade ämnen,
<http://www.johanskytteskolan.stockholm.se/>, 2006, luettu 30.1.2007.

Lappalainen, A., *Suomi kouluttajana*, WSOY, Porvoo, 1991.

Laurin koulun ops,
www.mynamaki.fi/uploads/images6itZ9tb0x8Qp5j8JtwwlGQ/Laurin_koulun_ops_2006.pdf, 2006, luettu 3.5.2007.

Lazarowitz, R. & Tamir, P., teoksessa *The handbook of research on science teaching and learning*, toim. Gabel, D. L., Macmillan Inc., New York, 1994, Research on using laboratory instruction in science, 94–128.

Learning for tomorrow's world – first results from PISA 2003, OECD publications, Paris, 2004.

Lenton, G. & Stevens, B., teoksessa *Issues in Science teaching*, toim. Sears, P. & Sorensen, P., RoutledgeFalmer, New York, 2000, Numeracy in science – understanding the misunderstandings, 80–88.

Levin, J. R., Anglin, G. J., & Carney, R. N., teoksessa *The Psychology of Illustration (vol. 1): Basic Research*, toim. Willows, D. M. & Houghton, H. A., Springer-Verlag, New York, 1987, On empirically validating function of pictures in prose, 51–85.

Lokala kursplaner/betygskriterier NO,

http://www2.orebro.se/skolor/lillansskola/kursplaner_betygskriterier/no.htm, 2007, luettu 4.4.2007.

Lundgren, U. P., Svingby, G. & Erik Wallin (toim.), *Läroplaner och läromedel - En konferensrapport, Rapport 17*, Högskolan för lärarutbildning i Stockholm, Stockholm, 1982.

Läroprogrammet Kemi/Kemi med didaktisk inriktning,

http://kursinfo.lhs.se/utbildninglhs/utb_program.asp?PrKod=BLÄRP&PrRevisionsNr=16, luettu 3.5.2007.

Läroprogrammet Naturorienterade ämnen för grundskolans senare år,

http://kursinfo.lhs.se/utbildninglhs/utb_program.asp?PrKod=BLÄRP&PrRevisionsNr=17, luettu 3.5.2007.

Läromedlen i skolan – frågor kring läromedel i undervisningen och lek- och arbetsmaterial i förskolan, Statens offentliga utredningar 1980:15, Jernström Offsettryck AB, Stockholm, 1980.

Läroplan för det obligatoriska skolväsendet, förskoleklassen och fritidshemmet 1994, Västra Aros, Västerås, 1998.

Läroplan för grundskolan 1962, Emil Kihlströms tryckeri AB, Stockholm, 1962.

Läroplan för grundskolan 1969 – Allmän del, Svenska Utbildningsförlaget Liber AB, Stockholm, 1969.

Läroplan för grundskolan 1980 – Allmän del: mål och riktlinjer, kursplaner, timplaner, Liber Utbildningsförlaget, Stockholm, 1980.

Läroplan för grundskolan – Supplement orienteringsämnen högstadiet, Kompletterande anvisningar och kommentarer, Svenska Utbildningsförlaget Liber AB, Stockholm, 1969.

McGuinness, B., Roth, W. & Gilmer, P. teoksessa *Dilemmas of Science Teaching - perspectives on problems of practice*, toim. Wallace, J. & Louden, W., RoutledgeFalmer, London, 2002, Laboratories, 36–56.

Meisalo, V. & Lavonen, J., *Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa – Teoriasta käytäntöön opetuksen uudistamiseksi*, Painatuskeskus, Helsinki, 1994.

Menzie, J. C., The lost arts of experimental investigation, *American Journal of Physics*, 1970, **38**, 1121–1127.

Morrell, J. B., The Chemist Breeders: the research schools of Liebig and Thomas Thomson, *Ambix*, 1972, **29**, 1–46.

Nakleh, M. B., Polles, J. & Malina, E., teoksessa *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, toim. Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. & Van Driel, J. H., Kluwer Academic Publishers, Alankomaat, 2002, Learning Chemistry in a Laboratory Environment, 69–94.

Nettelblad, F. & Ekdahl, C., *Spektrum kemi*, 3. painos, Liber AB, Stockholm, 2006.

Nya examensbestämmelser (Bologna),

<http://www.su.se/pub/jsp/polopoly.jsp?d=114&a=16657>, 2007, luettu 3.5.2007.

Olarin koulun opetussuunnitelma 2006–2007,

www.olari.fi/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=24&Itemid=11, 2006, luettu 3.5.2007.

Opas 7 POPS-70 Fysiikka ja kemia, Valtion painatuskeskus, Helsinki, 1973.

Paulsson, B., Nilsson, B., Karpsten, B. & Axelsson, J., *Kemi Lpo Bok 1*, Skånetryck, Genevad, 2003.

Paulsson, B., Nilsson, B., Karpsten, B. & Axelsson, J., *Kemi Lpo Bok 2*, Skånetryck, Genevad, 2003.

Paulsson, B., Nilsson, B., Karpsten, B. & Axelsson, J., *Kemi Lpo Bok 3*, Skånetryck, Genevad, 2003.

Peruskoulun opetussuunnitelmakomitean mietintö I – Opetussuunnitelman perusteet, Helsinki, 1970.

Peruskoulun opetussuunnitelmakomitean mietintö II – Opetussuunnitelman perusteet, Helsinki, 1970.

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1985, 2. –4. painos, Valtion painatuskeskus, Helsinki, 1990.

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1994, Painatuskeskus, Helsinki, 1994.

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004, Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala, 2004.

Pohjois-Haagan yhteiskoulun opetussuunnitelma,

www.phyk.fi/Portals/42/OPS/ya_uusi_ops.htm, 2005, luettu 3.5.2007.

Richardson, G., *Svensk utbildningshistoria – Skola I samhälle förr och nu*, 7. painos, Studentlitteratur, Lund, 2004.

Saarinen, H., teoksessa *Tuulta Purjeisiin – matemaattisten aineiden opetus 2000-luvulle*, toim. Lavonen J. & Erätuuli, M., Atena kustannus, Juva, 1998, Kemian kouluopetus ja ylioppilastutkinto, 106–123.

Selander, S., *Lärobokskunskap – Pedagogisk textanalys med exempel från läroböcker i historia 1841–1985*, Studentlitteratur, Lund, 1988.

Selvaratnam, M. & Frazer, M. J., *Problem Solving in Chemistry*, Heinemann Educational Books Ltd., London, 1982.

Simon, S., teoksessa *Good practice in science teaching – What research has to say*, toim. Monk, M., Osborne, J., Open University Press, Philadelphia, 2000, The nature of scientific knowledge.

Somerkivi, U., *Peruskoulu – Synty, kehittyminen ja tulevaisuus*, Kunnallispaino Oy, Vantaa, 1982.

Strömdahl, H., *Aktuell NO-didaktisk forskning i Sverige – En konferensrapport*, Skolverket, Stockholm, 1995.

Sundbyskolans lokala ämnesplaner,

<http://www.sundbyskolan.stockholm.se/Sundbyskolanslokalaamnesplaner.htm> , 2005,

luettu 23.2.2007.

Svingby, G., *Läroplaner som styrmedel för svensk obligatorisk skola – Teoretisk analys och empirisk bidrag*, Acta Universitatis Gothoburgensis, Göteborg, 1978.

The Curriculum Redefined: Schooling for the 21st century, OECD publications, Paris, 1994.

Timplan, <http://www.skolverket.se/sb/d/663#paragraphAnchor1>, 2005, luettu 3.5.2007.

Turner, T., teoksessa *Issues in Science teaching*, toim. Sears, P. & Sorensen, P., RoutledgeFalmer, New York, 2000, The Science Curriculum, 4–15.

Tutkintovaatimukset kemian opettajan erikoistumislinjalla 1.8.2005 alkaen, <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/opiskelu/tutkintovaatimukset.htm>, 2005, luettu 3.5.2007.

Vahtokari, A. & Vähäpassi, A., teoksessa *Tuulta Purjeisiin – matemaattisten aineiden opetus 2000-luvulle*, toim. Lavonen J. & Erätuuli, M., Atena kustannus, Juva, 1998, Kirjat esiin ja laskekaa!, 213–230.

Watson, R., Goldsworthy, A. & Wood-Robinson, V., teoksessa *Issues in Science teaching*, toim. Sears, P. & Sorensen, P., RoutledgeFalmer, New York, 2000, SC1 – beyond the fair test, 70–79.

Watson, R., teoksessa *Good practice in science teaching – What research has to say*, toim. Monk, M., Osborne, J., Open University Press, Philadelphia, 2000, The role of practical work, 57–70.

Wikman, T., *På spaning efter den goda läroboken – Om pedagogiska texters lärande potential*, Åbo Akademis förlag, Turku, 2004.

Woolnough, B., & Allsop, T., *Practical work in science*, Cambridge University Press, London, 1985.

Liitteet

Liite 1: Liiteluettelo

TAULUKKO 8. Suomen ja Ruotsin valtakunnallisten opetussuunnitelmien sisältämät teemat ja käsitteet.

TAULUKKO 9. Ruotsin koulukohtaisten opetussuunnitelmien sisältämät teemat ja käsitteet.

TAULUKKO 10. Suomen koulukohtaisten opetussuunnitelmien sisältämät teemat ja käsitteet.

TAULUKKO 11. Tutkittujen oppikirjasarjojen A–D teemat ja niiden sisältämien käsitteiden lukumäärä.

TAULUKKO 12. Tutkittujen oppikirjojen sisältämä kokeellisuus.

TAULUKKO 13. Tutkittavissa oppikirjoissa esiintynyt laskennallisuus.

KUVA 4. Kirjasarjan A kokeellisuus.

KUVA 5. Kirjasarjan B kokeellisuus.

KUVA 6. Kirjasarjan C kokeellisuus.

KUVA 7. Kirjasarjan D kokeellisuus.

KUVA 8. Laskennallisuus oppikirjasarjassa A.

KUVA 9. Laskennallisuus oppikirjasarjassa B.

KUVA 10. Laskennallisuus oppikirjasarjassa C.

KUVA 11. Laskennallisuus oppikirjasarjassa D.

Liite 2: Taulukot ja kuvat

TAULUKKO 8. Suomen ja Ruotsin valtakunnallisten opetussuunnitelmien sisältämät teemat ja käsitteet.

Teema	POPS 05	Lpo 94
<i>Aineen rakenne ja ominaisuudet</i>	maankuoren aineet ja niiden ominaisuudet, alkuaineiden ja yhdisteiden luokittelu ja erottelu, alkuaineiden merkintä, olomuoto, happamuus, sähkönjohtokyky, jalot ja epäjalot metallit, raskasmetallit ja niiden ympäristövaikutukset kemiallinen merkikieli, atomin rakenne, atomimalli, alkuaine kemiallinen yhdiste, kemiallinen sidos, jaksollinen järjestelmä	atomin rakenne, alkuaine, kemiallinen yhdiste kemiallinen sidos, mallintaminen
<i>Kemiallinen reaktio</i>	reaktioyhtälöiden tulkinta, kirjoittaminen ja tasapainottaminen reaktionopeus, reaktioherkkyys	massan säilyminen, kemiallinen energia
<i>Ilma</i>	ilmakehän aineet, palaminen, fotosynteesi, palamistuotteet, fossiilisten polttoaineiden palamistuotteet, aineiden paloherkkyys, kemiallinen merkikieli, reaktioyhtälön kirjoittaminen	ilma siirtymäaineena, ominaisuudet, palaminen, korrosio
<i>Vesi</i>	ominaisuudet, hapan ja emäksinen	ominaisuudet, liuotin, siirtymäaine
<i>Kemian teollisuus</i>	pesuaineet, kosmetiikka, tekstiilit, puunjalostus, öljynjalostus, metalliteollisuus, teollisuuksien merkitys ihmiselle ja yhteiskunnalle, luonnonvarojen riittävyys, kierrätys, sähkökemialiset ilmiöt, korrosio, sähköpari ja elektrolyysi, tavaraselostusten tulkinta, kuluttajavalinnat	maatalous, lannoite, luonnonvarojen riittävyys ympäristö- ja terveysvaikutukset kierrätys
<i>Energia</i>	energiälähteet	massan säilyminen, energian kiertokulku
<i>Kiertokulut</i>	aineiden kiertoprosessit, hiilen kiertokulku, kasvihuoneilmiö, happamoituminen, leviämistavat	aineen muodostuminen ja hajoaminen, aineen häviämättömyys, luonnon kiertokulut, leviämisprosessit, vuorovaikutusprosessit, ihmisen osuus kiertokuluissa
Orgaaninen kemia (vain POPS 05)	hiilihydraatit/valkuaisaineet/rasvat, hiilivedyt hapettuminen ja sen reaktiotuotteet, alkoholit, karboksyylihapot	

TAULUKKO 9. Ruotsin koulukohtaisten opetussuunnitelmien sisältämät teemat ja käsitteet.

Teemat	Lillåns skola, Örebro	Sundbyskolan, Spånga	Johan Skytteskolan, Älvsjö
<i>Luonnon kiertokulut</i>	maaperässä, vedessä ja ilmassa tapahtuvat kierrot	maaperässä, vedessä ja ilmassa tapahtuvat kierrot	
<i>Ilma</i>	palaminen, korroosio, hapettuminen	palaminen, korroosio, palon sammuttaminen, syttymis- ja leimahduspiste, itsesytytys	palaminen, hiilen palaminen ja sen ympäristövaikutukset, kasvihuoneilmiö
<i>Vesi</i>	vesi liuottimena ja siirtymäaineena	vesi liuottimena ja siirtymäaineena, kova/pehmeä vesi	
<i>Aineen rakenne ja ominaisuudet</i>	olomuodot, sulamis- ja kiehumispiste molekyylilyhdisteet	atomi, ioni, atomimallit, oktetti, jaksollinen järjestelmä ja aineiden luokittelu sen avulla, järjestysluku, seokset, liuos, erotusmenetelmät	atomi, ioni, jaksollinen järjestelmä kemiallinen sidos, molekyylilyhdiste
<i>Orgaaninen kemia</i>	hiiliyhdisteiden muodostuminen, käyttö ja ympäristövaikutukset	fossiiliset polttoaineet ja raakaöljy, hiilivedyt, hiilen rakenne ja kiertokulku, hiiliyhdisteet, fotosynteesi, hiilihydraatit/rasvat/proteiinit, alkoholit, hapot ja esterit	hiiliyhdisteet, fotosynteesi, ravintoaineet
<i>Happamuus ja emäksisyys</i>		ominaisuudet ja käyttö, heikko/vahva happo, hapen/emäksinen liuos, indikaattori, happamat/emäksiset oksidit, neutralointi, suolan muodostus, käyttö, ominaisuudet ja liukoisuus, happamoituminen	suolat
<i>Kemian teollisuuden tuotteet</i>	ympäristölle haitalliset tuotteet, kuten paristot	muovit, maalit, kosmetiikka, lääkeaineet, saippua, pesuaineet, ympäristölle haitallinen toiminta	
<i>Luonnontieteellinen tutkimustapa</i>		varoitukset, kaasupolttimen käyttö, välineistön nimeäminen, laboratoriapäiväkirja, työohjeiden seuraaminen, työselostuksen kirjoittaminen, esteettiset ja eettiset argumentit, kromatografinen ja spektrografinen analyysi, sakkareaktiot	tutkimuksen suunnittelu, toteuttaminen ja arviointi
<i>Kemiallinen reaktio</i>		reaktioyhtälö ja sen tasapainottaminen	kemiallinen reaktio, kemiallinen energia
<i>Laskennallinen kemia</i>		ainemäärä, tilavuuksien ja massojen laskeminen, atomimassa, kaavamassa	
<i>Metallien kemia</i>		jännitesarja, elektrolyysi, metallien valmistus, jalous, käyttö ja kierrätys, sähköpari, paristot, hapetus-pelkistysreaktiot	sähkökemia
<i>Kemian historia</i>		historia	

TAULUKKO 10. Suomen koulukohtaisten opetussuunnitelmien sisältämät teemat ja käsitteet.

teemat	Pohjois-Haagan yhteiskoulu, Helsinki	Olarin koulu, Espoo	Laurin koulu, Mynämäki
<i>aineen ominaisuudet ja rakenne</i>	maankuoren alkuaineet ja yhdisteet, reaktioherkkyyden määrittäminen jaksollisen järjestelmän tai atomimallin avulla	liukoisuus, uutto, haihdutus, tislauk, paperikromatografia, ioni ja molekyyli	kiteytys, haihdutus, uutto, tislauk, suodatus, paperikromatografia, konsentraatio, molekyyli, ioni, reaktioherkkyyden määrittäminen jaksollisen järjestelmän tai atomimallin avulla
<i>hapan ja emäksinen</i>	happamat/emäksiset vesiliuokset	neutralointi	happamat/emäksiset vesiliuokset, pH, suolanmuodostus neutraloinnilla ja metalli + happo, oksidien vesiliuosten happamuus
<i>ilma</i>	ilmansaasteet ja niiden merkitys luonnolle, hiilen palaminen, paloherkkyys	hapen valmistaminen, ilmansaasteet, syttymis- ja leimahduspiste, palamisen edellytykset	hapen valmistaminen, hiilen palaminen, oksidit, kasvihuoneilmiö
<i>vesi</i>	puhtaan veden rajallisuus	vedyn valmistaminen	kapillaari-ilmiö, pintajännitys, lämpölaajeneminen, vedyn valmistaminen
<i>orgaaninen kemia</i>	fotosynteesi	hiilivedyt energianlähteinä	fotosynteesi, esterit
<i>metallit</i>	ympäristöhaitalliset, jalous, sähköpari, elektrolyysi, metallisidos, malmit	valmistus, jännitesarja	hapetus-pelkistysreaktiot, jalous, valmistus, ympäristöhaitalliset metallit, jännitesarja, elektrolyysi sähköpari
<i>raaka-aineet ja tuotteet</i>	öljynjalostus, pesuaineet, kosmetiikka, tekstiilit, metalli-, puunjalostus- ja kemianteollisuus, luonnonvarojen riittämättömyys, tavaraselostusten tulkinta, teknologian edut/haitat ja niiden perustelu	metalliteollisuus, orgaaniset tuotteet	öljynjalostus, pesuaineet, kosmetiikka, tekstiilit, puunjalostus- ja kemianteollisuus, tavaraselostusten tulkinta, teknologian edut/haitat ja niiden perustelu
<i>kiertokulku</i>	hiilen kiertokulku		hiilen, hapen ja veden kiertokulku
<i>kemiallisen tiedon soveltaminen</i>			ympäristö- ja terveyshaitat, kemia ammatissa ja arkielämässä
<i>kokeellinen työskentely</i>	demonstraatiot, AV, opintokäynnit, pienien kemikaalimäärien käyttö, hypoteesit tutkimuksissa, tieto- ja viestintätekniikan käyttö tiedonhankinnassa	AV, opintokäynnit, työselostuksen kirjoittaminen, tieto- ja viestintätekniikan käyttö tiedonhankinnassa, syysseuraussuhteiden ymmärtäminen	varoitukset, työvälineistö
<i>kemiallinen reaktio</i>	reaktioyhtälön tasapainottaminen		
<i>laskennallinen kemia</i>			atomi-, molekyyli- ja kaavamassa

TAULUKKO 11. Tutkittujen oppikirjasarjojen A–D teemat ja niiden sisältämien käsitteiden lukumäärä.

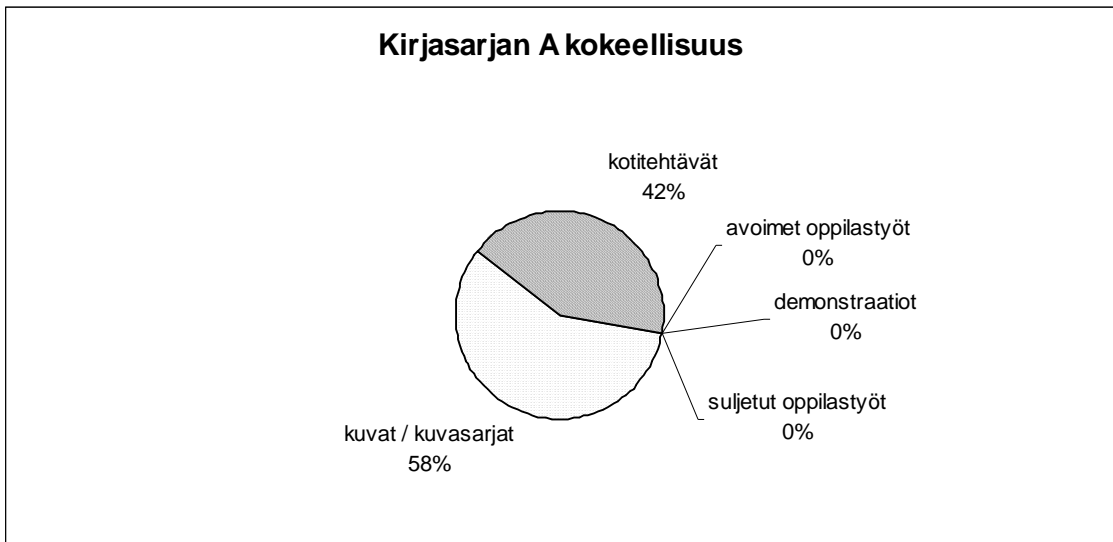
teema	A	B	C	D
Työturvallisuus ja työmenetelmät	3	3	7	9
Puhdas aine ja seos	32	34	31	31
Aineen rakenne	26	20	29	23
Kemiallinen reaktio	24	24	36	36
Ilma ja vesi	29	21	35	22
Happamuus ja emäksisyys	27	22	29	30
Hiilen kemia	62	64	69	69
Metallien kemia	49	43	40	45
Kemian teollisuuden tuotteet	48	35	36	31
Laskennallinen kemia	5	5	8	0

TAULUKKO 12. Tutkittujen oppikirjojen sisältämä kokeellisuus.

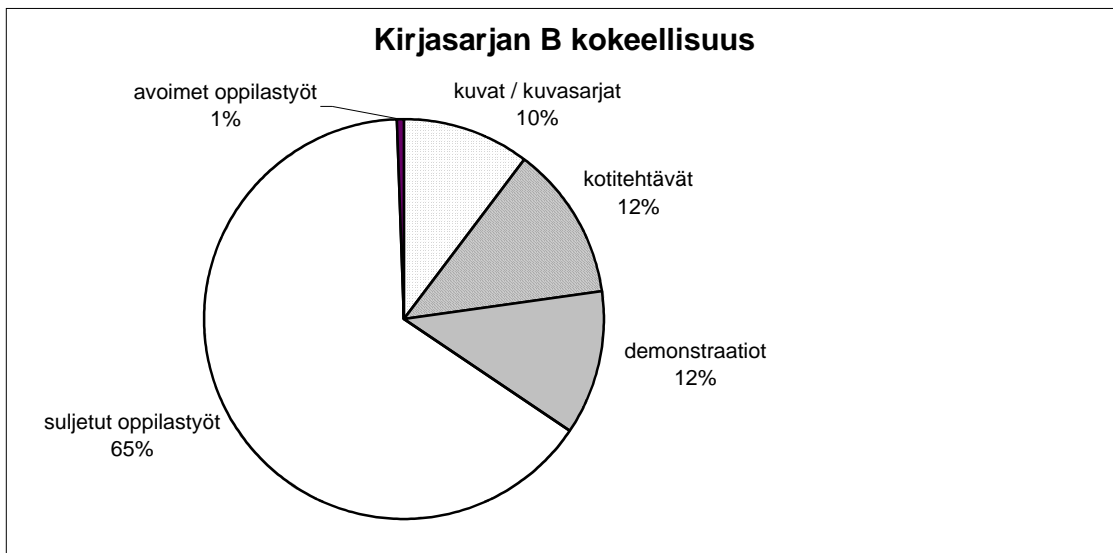
Kirjasarja	kuvat / kuvasarjat	kotitehtävät	demonstraatiot	suljetut oppilastyöt	avoimet oppilastyöt	yhteensä
A	22	16	0	0	0	38
B	16	19	18	100	0	153
C	25	16	0	12	10	63
D	20	17	6	100	12	155

TAULUKKO 13. Tutkittavissa oppikirjoissa esiintynyt laskennallisuus.

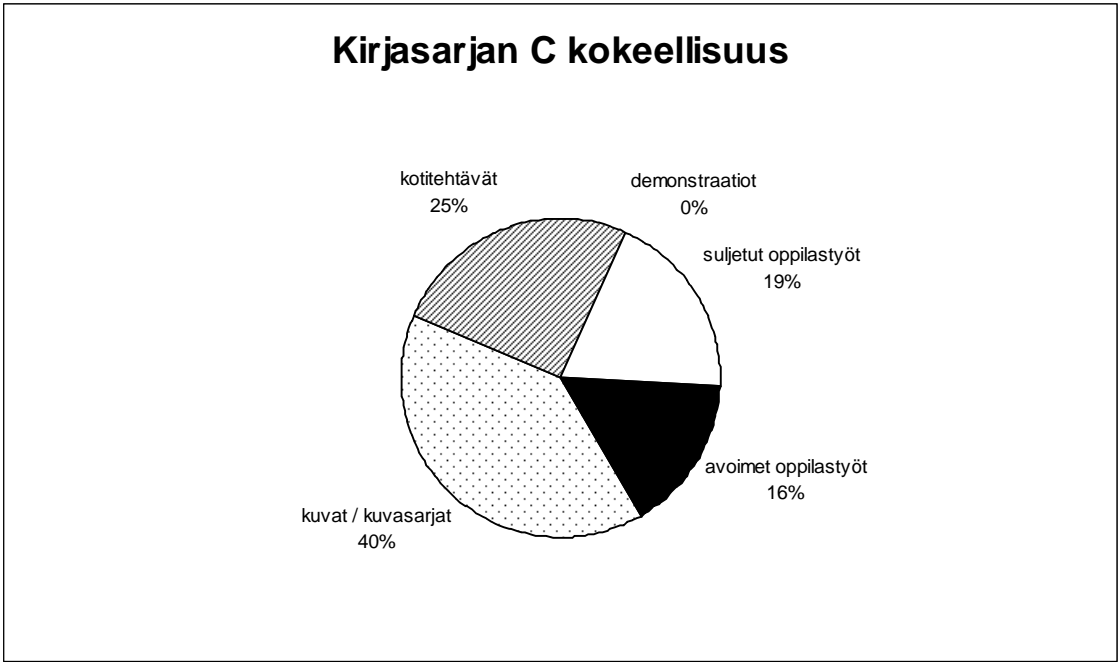
kirjasarja	taulukot/tilastot	stoikiometria	kuvaajat	yhteensä
A	10	25	1	36
B	9	79	0	88
C	23	78	7	108
D	10	71	2	83



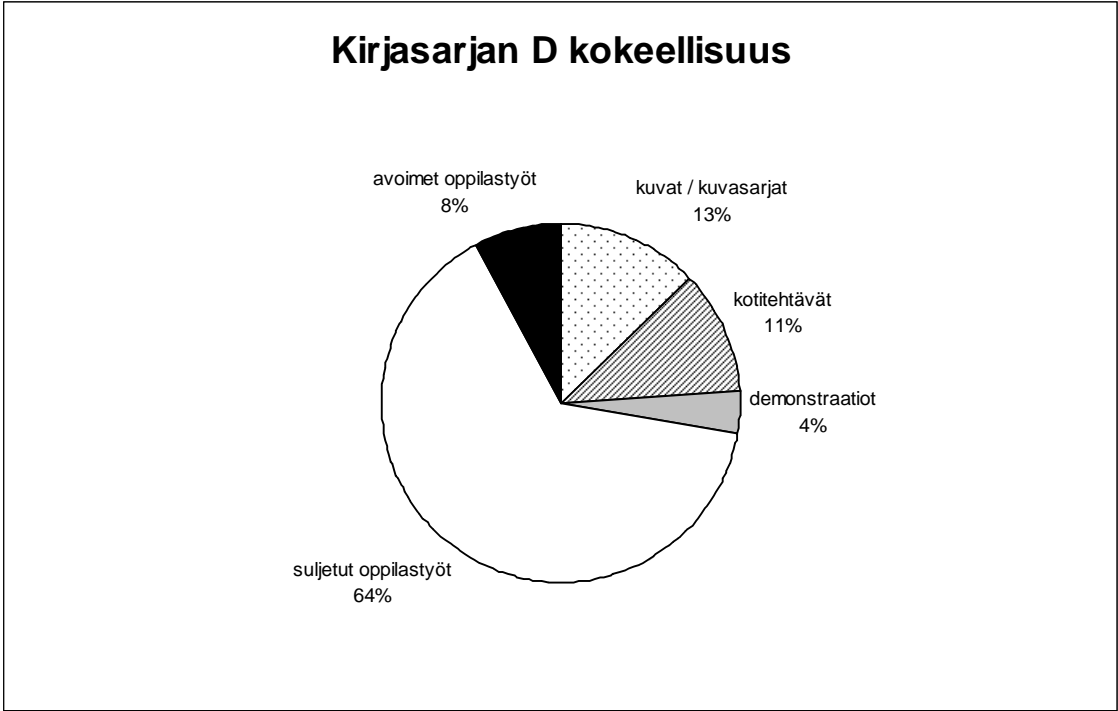
KUVA 4. Kirjasarjan A kokeellisuus.



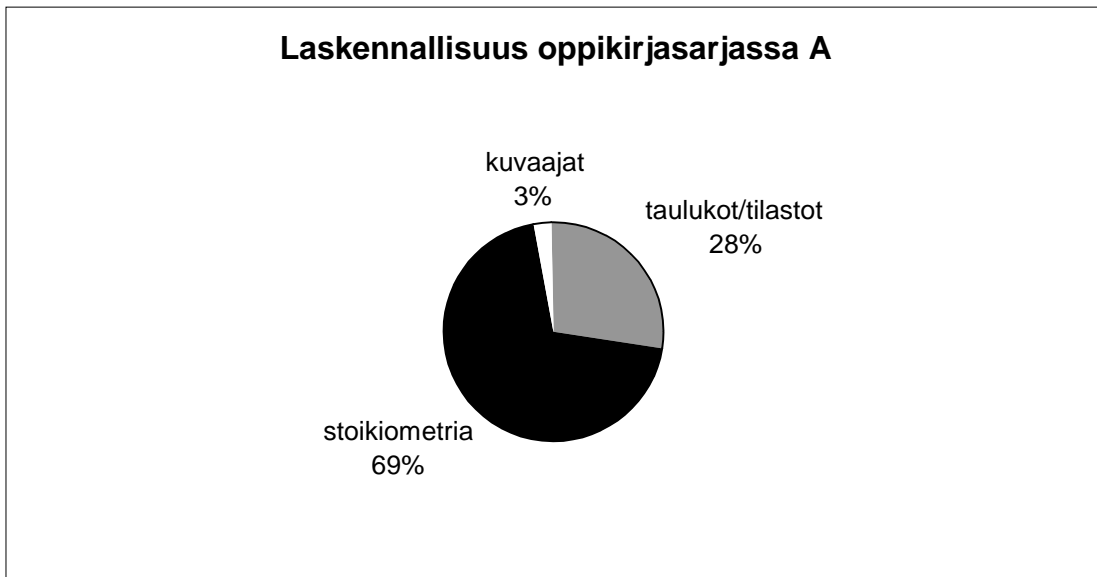
KUVA 5. Kirjasarjan B kokeellisuus.



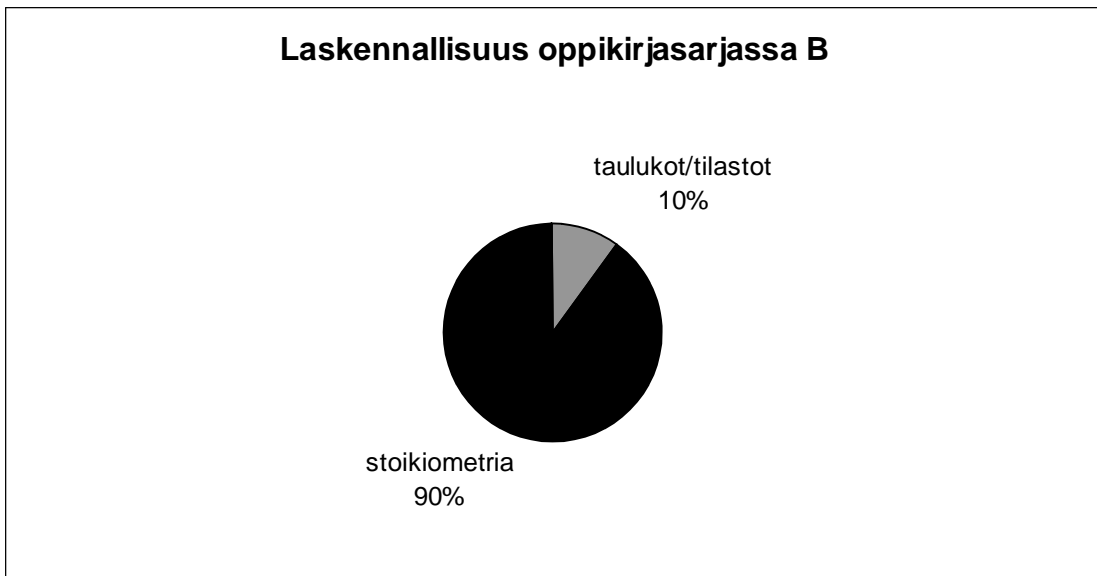
KUVA 6. Kirjasarjan C kokeellisuus.



KUVA 7. Kirjasarjan D kokeellisuus.



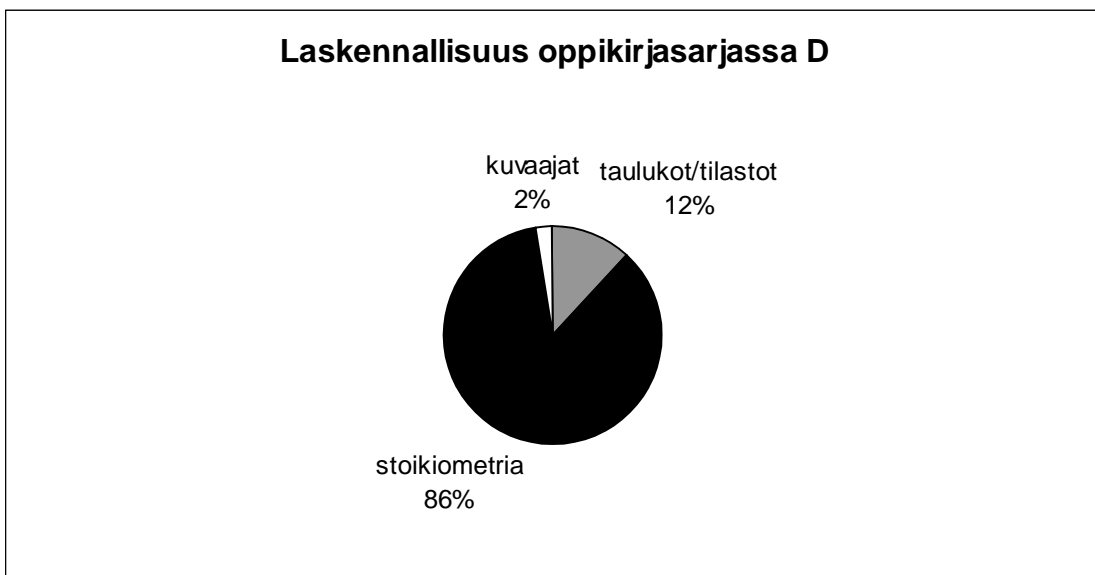
KUVA 8. Laskennallisuus oppikirjasarjassa A.



KUVA 9. Laskennallisuus oppikirjasarjassa B.



KUVA 10. Laskennallisuus oppikirjasarjassa C.



KUVA 11. Laskennallisuus oppikirjasarjassa D.