

KEMIAN LAITOS
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Kestävä kehitys peruskoulun kemian opetuksessa

Pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

5.6.2023

Aino Askola

Ohjaaja: Jouni Väliisaari



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Tiivistelmä

Tutkielman kirjallisessa osassa perehdytään kestäväen kehityksen määrittelyyn, sen historiaan Suomessa, siihen, miten kestävä kehitys näkyy suomalaisessa peruskoulutuksessa ja miten kestävä kehitys on opetettu kemian näkökulmasta. Kirjallisessa osassa luotiin taustatietoa kokeellisen osan materiaalin kehitystä varten.

Kirjallisuuden perusteella voidaan todeta kestäväen kehityksen jakautuvan kolmeen osa-alueeseen: ekologiseen, taloudelliseen sekä kulttuuriseen ja sosiaaliseen kestäväen kehitykseen. Lisäksi Yhdistyneet kansakunnat on luonut kestäväen kehitykselle yhteensä 17 päätavoitetta eri osa-alueisiin liittyen, joita kestävässä kehityksessä tulisi toteuttaa.

Suomi on ollut kautta aikojen edelläkävijä maana kestäväen kehityksen asioissa, joten Suomessa on vahva pohja kestäväen kehityksen toteuttamiselle. Suomessa on myös tehty vahvaa yhteistyötä kestäväen kehityksen osalta eri tahojen kanssa. Myös koulutuksen osalta suomalainen peruskoulutus tukee kestäväen kehityksen edistämistä omalta osaltaan. Perusopetuksen opetussuunnitelma sisältää erilaisia näkökulmia kestäväen kehityksen tuomiseksi näkyviin niin koulujen arjessa kuin opetuksessakin. Kemian osalta taas tarkoituksena on yhdistää kestäväen kehityksen ja kemian opettaminen niin, että puhtaan kemian opettamisen lisäksi voitaisiin opettaa myös yhteiskunnallisia aiheita ja kannustaa oppilaita ottamaan kantaa niihin. Kemia olisikin tarkoitus nähdä taustalla yhteiskunnallisissa asioissa ja ymmärtää kemian merkitys niin arkipäiväisissä yhteyksissä kuin globaaleissa ongelmissakin.

Kokeellisessa osassa tuotettiin valmis materiaalipaketti opettajien käyttöön peruskoulun yläluokille. Kirjallisuuden perusteella päädyttiin siihen, että oppituntikonaisuus rakentuu kokeellisuuden ympärille. Materiaalipaketin avulla yhdistetään kemian opetus ja kestävä kehitys erilaisten kokeellisten töiden kautta. Pääpaino oli materiaalin luonnissa niin, että se on suoraan käytettävissä opetukseen.

Oppimiskokonaisuus rakennettiin kolmen teeman ympärille: Ilmasto, Vesistö sekä Kierrätys ja uudelleenkäyttö. Teemat liittyvät oppilaiden arkeen, niiden avulla voidaan herättää keskustelua yhteiskunnallisista aiheista kemian tiedon lisäksi ja opitaan kemiaa arkipäivän aiheiden taustalla. Yhteiskunnallisten kysymysten avulla päästään käsiksi kestäväen kehityksen eri osa-alueisiin ja voidaan pohtia, miten oppilaat voivat osallistua valtakunnalliseen ja paikalliseen päätöksentekoon.

Esipuhe

Tutkielma on tehty Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella lukuvuoden 2022–2023 aikana. Tutkielman kirjallinen osa tehtiin syksyn 2022 aikana ja kokeellinen osa kevään 2023 aikana. Tutkielman ohjasi FT, KM, yliopistonopettaja Jouni Välisaari.

Tutkielman aihe on rajattu kestävän kehityksen määrittelyyn ja kestävän kehityksen opetuksen tutkimiseen pääpainona kemian näkökulma. Suurin osa tutkielman kirjallisuudesta on haettu Google Scholar -hakukoneen avulla ja osaa on saatu vinkkinä ohjaajalta.

Kaikkien opiskeluvuosieni aikana minulla on ollut monta rautaa tulella: Olen toiminut niin ainejärjestön hallituksessa kuin tutorinakin sekä osallistunut tiedekunnan opettajakoulutusta kehittävään toimintaan. Viimeisen vuoden aikana Gradun kirjoituksen ohessa olen myös käynyt säännöllisesti töissä. Kaikesta tästä huolimatta opintoni ovat edenneet aikataulussa eikä ”Iso-K” onnistunut minua kaatamaan. Opintojen aikana on myös ollut hetkiä, jolloin jaksamisen kanssa on ollut haasteita, mutta näistä tilanteista on selvitty hyvien opiskelukavereiden ansioista eli suuri kiitos heille.

Myös kirjoitusprosessin aikana oli tilanteita, joissa tekeminen ei luistanut ja motivaatio oli hieman hukassa. Haluisinkin kiittää ohjaajaa siitä, että hän jaksoi uskoa minuun, vaikka oma uskoni välillä horjuikin. Haluaisin kiittää myös opiskelutovereita, joilta sai hyvää vertaistukea ja uskoa siihen, että kyllä se tutkielma etenee, kun vain tekee töitä sen eteen. Opiskelukavereiden lisäksi suuri kiitos kuuluu myös perheelleni, joka on myös uskonut minuun ja kannustanut eteenpäin, kun on ollut vaikeaa.

5.6.2023

Aino Askola

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	iii
Esipuhe	iv
Sisällysluettelo	v
Käytetyt lyhenteet	viii
1 Johdanto	1
KIRJALLINEN OSA	2
2 Kestävä kehitys ja sen osa-alueet	2
2.1 Ekologinen kestävä kehitys	3
2.2 Taloudellinen kestävä kehitys	4
2.3 Sosiaalinen ja kulttuurinen kestävä kehitys	5
3 Kestävä kehitys Suomessa	6
3.1 Kestävän kehityksen vaiheet Suomen näkökulmasta	6
3.2 Kestävä kehitys suomalaisessa koulutuksessa	9
4 Kestävä kehitys kemian opetuksessa	13
4.1 Vihreä kemia	14
4.2 Kestävä kehitys kemian opetussuunnitelmassa ja oppikirjassa	18
4.3 Mallit kestävä kehityksen opetukseen kemiassa	20
4.3.1 Relevantti luonnontieteen opetus	20
4.3.2 Elliptinen malli kestävä kehityksen opetukseen kemian kontekstissa	22
4.3.3 Neljä perusmallia kestävä kehityksen ja kemian yhdistämiseen	26
4.3.4 Kolmivaiheinen malli: Kemia osana ekologista kestävä kehitystä	29
4.3.5 Yhteenveto malleista kestävä kehityksen opetukseen	30
4.4 Esimerkkejä oppitunti- ja oppimiskokonaisuuksista	31
4.4.1 Muovit	31
4.4.1.1 Kuluttajatestimenetelmä	32
4.4.1.2 Polymeerisynteesi	34
4.4.1.3 Ei-biohajoavien muovien ympäristövaikutuksesta	34

4.4.2 Elinkaarianalyysi	35
4.4.3 Stoikiometria vihreän kemian avulla	36
4.4.4 Liuostasapaino	37
4.4.5 Vesistöt	38
4.4.5.1 Veden juomakelpoisuuden tutkiminen	39
4.4.5.2 Saastuneen veden puhdistus fotokatalyyttisesti	40
4.4.6 Hiilidioksidin kierto maapallolla	40
4.4.7 Polttoaineet	42
4.4.7.1 Erilaisten polttoaineiden tutkiminen ja vertailu	42
4.4.7.2 Biodieselin valmistus	43
4.4.8 Yhteenveto oppitunti- ja oppimiskokonaisuusesimerkeistä	44
5 Kehittämistutkimus	44
KOKEELLINEN OSA	46
6 Tutkimuskysymykset	46
7 Tutkimusmenetelmät	46
8 Tutkimuksen suunnittelu	47
9 Tutkimuksen tulos ja analyysi	48
9.1 Ilmasto	49
9.2 Vesistö	50
9.3 Kierrätys ja uudelleenkäyttö	52
9.4 Oppimiskokonaisuuden kokonaisarviointi	54
10 Yhteenveto	54
10.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin	55
10.2 Tärkeimmät huomiot tutkielmasta	56
10.3 Tutkimuksen eettisyyden ja luotettavuuden arviointi	57
10.4 Jatkotutkimusideat	58
11 Kirjallisuusluettelo	58
Liitteet	

Käytetyt lyhenteet

LCA	Elinkaarianalyysi (<i>Life-cycle analysis</i>)
ESD	Kestävän kehityksen koulutus (<i>Education for Sustainable Development</i>)
SSI	Yhteiskuntatieteelliset kysymykset (<i>Socio-scientific issues</i>)

1 Johdanto

Kestävä kehitys on kasvava ilmiö nykymaailmassa. Sekä perusopetuksen että lukion opetussuunnitelmat ovat viime vuosien aikana päivitetty niin, että ne sisältävät viitteitä kestävä kehityksen sisällyttämiseen opetukseen. Myös yliopistot aikovat päivittää opetussuunnitelmiaan niin, että opiskelijat saisivat enemmän tietoa kestävästä kehityksestä oma opiskeltava ala huomioiden.

Koska kestävä kehitys on suuressa osassa opetussuunnitelmaa ja se tulisi tuoda isosti osaksi opetusta, tutkija onkin ihmetellyt sitä, että materiaalia sekä konkreettisia ohjeita ja esimerkkejä on vain vähän tarjolla. Toki elinkaarianalyysiä (LCA, *Life-cycle analysis*) varten on olemassa valmiita ohjeistuksia ja pohjia.¹⁻⁴ Kuitenkin tutkija kokee, ettei LCA jää oppilaille mieleen ja ei ole kovinkaan mielenkiintoista, sillä se sisältää lähinnä tiedonhakuja ja posterin tai esityksen pitoa.

Tutkija halusikin luoda valmiin opetuskokonaisuuden kestävä kehityksen tavoitteisiin liittyen, joka jäisi oppilaille mieleen ja olisi heidän mielestään mukavaa ja mieleenpainuvaa. Voidaan todeta, että laboratoriotyöt luovat kemian tunteihin mukavaa ja mielekästä tekemistä oppilaiden mielestä.^{2,5-8} Näin tutkija halusikin sisällyttää kestävä kehityksen käsitteitä ja tavoitteita kokeelliseen työskentelyyn ja luoda oppimateriaalin opetuskokonaisuutta varten, joka yhdistää kemian sisällöt, kestävä kehityksen käsitteet sekä kokeellisen työskentelyn.

KIRJALLINEN OSA

2 Kestävä kehitys ja sen osa-alueet

Kestävällä kehityksellä tarkoitetaan ihmisen hyvinvointia maapallon kantokyvyn rajoissa. Kestävä kehitys on siis yhteiskunnallisesti tapahtuvaa muutosta, jonka tarkoituksena on mahdollistaa niin nykyisille kuin tulevillekin sukupolville mahdollisuus elää hyvää elämää maan päällä. Näin päätöksenteossa olisikin huomioitava niin ihminen, ympäristö kuin yhteiskunta ja talouskin.⁹

Kestävä kehitys jakaantuu eri osa-alueisiin ja tavoitteisiin. Yhdistyneiden kansakuntien (YK) kestävän kehityksen tavoitteita on yhteensä 17 ja ne on esitetty kuvassa 1. Niille on olemassa myös 169 alatavoitetta.¹⁰ Lyhyesti tiivistettynä tavoitteena on se, ettei ketään jätetä kehityksessä jälkeen. Tavoitteet kuuluvat osaksi Agenda 2030 -hanketta. Hankkeen tavoitteena on poistaa äärimmäinen köyhyys ja se, että niin talous, ihminen kuin ympäristökin huomioitaisiin tasavertaisesti päätöksenteossa.¹¹ Kestävässä kehityksessä on kolme tärkeää osa-aluetta, jotka ovat: ekologinen, taloudellinen sekä sosiaalinen ja kulttuurinen kestävä kehitys.⁹ Näihin tutustutaan hieman tarkemmin.



Kuva 1. YK:n kestävän kehityksen 17 tavoitetta. Lähde: (<https://www.ykliitto.fi/kestava-kehitys>)

2.1 Ekologinen kestävä kehitys

Ekologisella kestäväällä kehityksellä tarkoitetaan ihmisen toiminnan sopeuttamista luonnon kantokykyyn. On siis tärkeää säilyttää luonnon monimuotoisuus ja toimintakyky. Kaikkiin toimiin ryhdyttäessä on pyrittävä tekemään riskiarvio, jossa huomioidaan hyödyt, haitat ja kustannukset. Riskien osalta pyritään haittojen synnyn ennaltaehkäisyyn sekä torjumaan niitä jo suoraan siellä, missä ne syntyvät. Periaatteena on myös se, että haittojen kustannukset peritään niiltä, jotka ne aiheuttavat. Ekologinen kestävä kehitys on omalta osaltaan tärkein osa-alue, sillä se mahdollistaa asumisen maan päällä ja muiden kestävä kehityksen osa-alueiden toteutumisen.^{9,12}

Ekologinen kestävä kehitys liittyy suurelta osalta YK:n kestävä kehityksen seuraaviin tavoitteisiin: 6: Puhdas vesi ja sanitaatio, 7: Edullinen ja puhdas energia, 12: Vastuullinen kulutus, 13: Ilmastotekoja, 14 ja 15: Vedenalainen ja maanpäällinen elämä. Ekologiseen kestävään kehitykseen liittyvät myös tuotteen elinkaari, jätteiden käsittely sekä kierrätys ja kiertotalous.¹²

Ilmastonmuutos on yksi ekologisen kestävä kehityksen suurista ongelmista. Se vaikuttaa jo nyt luonnon monimuotoisuuteen ja luonnon kantokykyyn. Ilmastonmuutoksen vaikutukset lisääntyvät tulevaisuudessa ennestään, jos niihin ei yritetä vaikuttaa. Oikealla toiminnalla vaikutukset voidaan kuitenkin vielä estää tai ainakin niitä voidaan vähentää.^{9,12}

Ympäristö on tärkeä edellytys ihmisen olemassaololle. Tarvitsemme elääksemme puhdasta ilmaa ja vettä sekä ruokaa, jota saadaan maaperästä. Lisäksi metsät ja meret tarjoavat elinympäristön miljoonille eri lajeille ja niiden avulla pystytään säilyttämään luonnon monimuotoisuutta. Ihmisen ruoan saanti vaarantuu, kun maaperä heikkenee ja aavikoitumista tapahtuu varsinkin kehitysmaissa. Myös merivesien lämpeneminen ja merivirtojen muutokset aiheuttavat ongelmia ruoantuotantoon ja niin vesi- kuin maalajienkin olemassaoloon. Olisikin löydettävä syy näihin ongelmiin ja ehkäistävä niitä, kun ne kuitenkin ovat ihmiskunnan aiheuttamia.¹²

Maapallon vedestä vain 2,5 % on makeaa vettä ja tästä makeasta vedestä suurin osa on varastoitunut jäätiköihin ja lumeen. Maapallon vesivarat ovat jakautuneet hyvin epätasaisesti ja esimerkiksi Afrikassa ja Lähi-idässä on pulaa puhtaasta vedestä, joka aiheuttaa sairauksia ja levottomuuksia. Puhtaan veden tarve myös lisääntyy jatkuvasti, kun teollisuustuotanto kasvaa. Vaikka makea vesi on uusiutuva luonnonvara, länsimaisella veden käytöllä se ei ehdi uusiutua ennen kuin makean veden varannot on kokonaan käytetty. Jotta makean veden varannot saadaan turvattua koko maailmalle, tulee kierrätystä ja uudelleenkäyttöä tehostaa.¹²

Uusiutuva energia on peräisin mm. vesi- ja tuulivoimasta, Auringosta sekä puista. Sen ei pitäisi loppua, vaikka sitä käytetään. Käyttämästämme energiasta kuitenkin vain 20 % (vuodelta 2022¹²) koostuu näistä uusiutuvista energialähteistä. Loput 80 % (vuodelta 2022¹²) ovat peräisin fossiilisista polttoaineista kuten öljystä, maakaasusta ja hiilestä. Fossiiliset polttoaineet kuitenkin lisäävät kasvihuonepäästöjä ja edistävät ilmaston lämpenemistä. Olisikin siis lisättävä uusiutuvan energian käyttöä ja vähennettävä kokonaisenergian kulutusta.¹²

Vastuulliseen kuluttamiseen liittyy keskeisesti kierrätys, jätteiden lajittelu sekä kiertotalous. Kierrätyksellä tarkoitetaan jätteen valmistamista uudelleenkäytettäväksi, joko sen alkuperäiseen käyttötarkoitukseen tai johonkin uuteen tarkoitukseen.¹³ Kiertotalous taas viittaa siihen, että raaka-ainetta ja tuotetta uudelleen käytetään mahdollisimman pitkään niin, että tuotteen arvo säilyy mahdollisimman kauan. Periaatteena on siis se, että materiaalihäviö pysyy pienenä, kun materiaalin uudelleenkäyttö ja kulutus pysyvät lähellä toisiaan. Kiertotaloudessa pyritään myös siihen, että kaatopaikalle päätyvän jätteen osuus olisi minimissä. Jätehuolto onkin suuressa osassa kierrätyksen ja kiertotalouden toiminnassa. Aikaisemmin jätteiden määrä on pyritty vähentämään mm. polttamalla, mutta kiertotalouden myötä jätehuollosta pyritään tekemään resurssitehokasta niin, että raaka-aineen arvo saataisiin säilytettyä loppuun asti, mikä ei polttamalla toteudu. Näin saadaan toteutettua ekologista kestävästä kehitystä luonnonvarojen säästymiseksi.¹⁴

2.2 Taloudellinen kestävä kehitys

Taloudellinen kestävä kehitys on toimintaa, joka ei pitkällä aikavälillä perustu velkaantumiseen tai varantojen häviämiseen. Kestävä talouspolitiikka luo hyvät edellytykset kansallisen hyvinvoinnin ylläpitoon ja lisäämiseen. Kestävä talous auttaa myös valmistautumaan odottamattomiin haasteisiin kuten ikääntymisen aiheuttamiin sosiaali- ja terveyspalveluiden menoihin. Kestävä talous on myös edellytys sosiaaliselle kestäväälle kehitykselle. Taloudellinen kestävä kehitys liittyy YK:n tavoitteisiin 8: Ihmisarvoista työtä ja talouskasvua sekä 9: Kestävä teollisuus, innovaatioita ja infrastruktuureja.^{9,15}

Ihminen tarvitsee elääkseen erilaisia hyödykkeitä, kuten tuotteita ja palveluita, joten niiden käytön ja tuotannon on oltava kestäväällä pohjalla. Yleisesti yhteiskunnassa pyritään talouden kasvuun. On kuitenkin keskusteltu siitä, onko talouskasvu välttämätöntä viitaten luonnonvarojen riittävyyteen. Onkin puhuttu siitä, voisiko talouskasvu olla ns. aineetonta:

tuotetaan tekniikkaa ja tutkimuksia hyväksikäyttäen parempi tuote pienemmillä luonnonvaroilla.⁹ Taloudellinen kestävä kehitys pyrkii siis siihen, ettei ekologinen ja sosiaalinen pääoma vähene, että talous pystyy sopeutumaan ja kohtaamaan yllättävät tilanteet ja siihen, että pystytään tuottamaan hyvinvointia maan kantokyvyn rajoissa.¹⁵

Taloudellinen kestävä kehitys näkyy myös kuluttaja arjessa. Kuluttajan olisi tärkeää suosia kestäviä tuotteita, jolloin edistetään sekä ekologista että taloudellista kestävä kehitystä. Kestävässä kulutuksessa tulisikin huomioida niin ympäristöystävällisyys, energiankulutus kuin tuotannon eettisyys.^{9,15}

2.3 Sosiaalinen ja kulttuurinen kestävä kehitys

Sosiaalisen kestävä kehityksen tarkoituksena on luoda kaikille yhdenvertaiset mahdollisuudet voida hyvin, saavuttaa perusoikeudet ja osallistua päätöksen tekoon.¹⁶ Vastaavasti kulttuurinen kestävä kehitys keskittyy kielten, perinteiden ja tapojen säilyttämiseen. Se kannustaa monimuotoisuuteen sekä arvostaa ja kunnioittaa kaikkien oikeuksia.¹⁷ Keskeisenä teemana on taata hyvinvoinnin edellytysten siirtyminen sukupolvelta toiselle.⁹

Sosiaaliseen kestäväan kehitykseen liittyvät seuraavat YK:n tavoitteet: 1: Ei köyhyyttä, 2: Ei nälkää, 3: Terveyttä ja hyvinvointia, 4: Hyvä koulutus, 5: Sukupuolten välinen tasa-arvo ja 10: Eriarvoisuuden vähentäminen.¹⁶ Vastaavasti kulttuuriseen kestäväan kehitykseen liittyvät tavoitteet: 11: Kestävät kaupungit ja yhteisöt, 16: Rauha, oikeudenmukaisuus ja hyvä hallinto sekä 17: Yhteistyö ja kumppanuus.¹⁷

Sosiaalisen kestäväan kehityksen tavoitteena on mm. vähentää köyhyyttä kaikissa sen muodoissa. Köyhyys on viime vuosina vähentynyt huomasti, mutta edelleen noin 10 % (vuodelta 2022¹⁶) maapallon väestöstä elää äärimmäisessä köyhyydessä. Nälkä on köyhyyden lisäksi todellinen ongelma maailmalla. Suurin osa kehitysmaiden lapsista kärsii aliravitsemuksesta. He eivät saa ravinnostaan tarpeeksi energiaa, proteiineja ja muita tärkeitä ravintoaineita. Nälänhätä olisikin saatava poistettua ja ruokavarat jaettua tasaisemmin maapallolla.¹⁶

Sosiaalisen kestäväan kehityksen kannalta tärkeää olisi myös se, että kaikki voivat saavuttaa hyvän koulutuksen ja sukupuolten välillä vallitsisi tasa-arvo. Kehitysmaissa yhä useampi lapsi jää ilman tarvittavaa koulutus ja erityisesti tytöt jäävät helpommin kotiin tekemään kotitöitä ja tämän seurauksena pois koulutuksen parista. Olisikin siis tärkeää edistää lasten koulussa

käyntiä. Olennaisesti tähän liittyy myös eriarvoisuuden poistaminen. Niin maiden keskinäinen kuin maiden sisäinenkin eriarvoisuus on suurta. Se, että mahdollistetaan kaikille samanlaiset mahdollisuudet hyvään koulutukseen sukupuolesta riippumatta poistaa eriarvoisuutta. Myös eriarvoisuuteen vaikuttavat köyhyys ja nälänhätä tulisi saada hallintaan.¹⁶

Kulttuuriseen kestäväan kehitykseen liittyvät kestävät kaupungit, rauha ja oikeudenmukaisuus, sekä yhteistyö. Kestävien kaupunkien tarkoituksena on mahdollistaa koulutuksen helppo saatavuus, peruspalvelut sekä kulkeminen ympäristöä saastuttamatta. Kuitenkin kaupungistumista on myös haittoja: Ihmiset kuluttavat enemmän, liikenne lisääntyy ja eriarvoisuus kasvaa. Kestävä kaupungistuminen tarkoittaaakin julkisen liikenteen lisäämistä, vihreiden tilojen luomista sekä asukkaiden osallistumista kaupunkien suunnitteluun.¹⁷

Rauhan ja oikeudenmukaisuuden toteutumisessa on tärkeää kansainvälinen yhteistyö. Rauha mielletään yleensä sodan vastakohtaksi, ja vain rauhan aikana ihmiset voivat kunnioittaa toisiaan ja elää hyvää ja perusoikeudet takaavaa elämää. Oikeudenmukaisuudella tarkoitetaan myös sitä, että kaikilla on yhdenvertaiset mahdollisuudet oikeudenmukaiseen kohteluun niin työpaikoilla kuin oikeuslaitoksissakin. Oikeudenmukainen kohtelu mahdollistetaan maiden välisellä yhteistyöllä. Näin ihmiset oppivat kunnioittamaan toisiaan ja yhteistyö onnistuu myös niin taloudellisissa asioissa kuin maapallon hyvinvointiinkin liittyvissä asioissa, mikä edesauttaa muiden kestäväan kehityksen osa-alueiden toteutumista.¹⁷

3 Kestävä kehitys Suomessa

Luvussa 3 käsitellään Suomen tärkeimmät vaiheet kestäväan kehityksen osalta sen alkumetreiltä tähän päivään saakka. Luvussa paneudutaan myös siihen, miten kestävä kehitys näkyy nykypäivänä Perusopetuksen opetussuunnitelmassa¹⁸ ja miten sitä tulisi opettaa kouluissa, jotta se olisi mielekästä kestäväan kehityksen tavoitteiden näkökulmasta.

3.1 Kestäväan kehityksen vaiheet Suomen näkökulmasta

Kestäväan kehityksen käsite sai alkunsa Brundtlandin komissiosta (1983). Komission tehtävänä olikin luoda kestävä ympäristöstrategia, saada kehitys- ja teollisuusmaille yhteiset tavoitteet ja valvoa niihin pääsyä, sekä pohtia kansainvälisen yhteistyön kehittämistä ympäristön

näkökulmasta. Komission perustamisen jälkeen Suomeen perustettiin Ympäristön ja kehityksen toimikunta vuonna 1987. Toimikunta keskittyi vain toteuttamaan Brundtlandin komission linjauksia ja tavoitteita, mutta vuonna 1990 perustettiin Suomen Akatemian Kestävän kehityksen tutkimusohjelma, joka vastaavasti alkoi pohtia linjausten ydinsisältöä ja rajaamaan sitä Suomeen sopivaksi. Tutkimusohjelman aikana Suomessa pantiinkin toimeen kuntaprojekti, jonka tarkoituksena oli miettiä ja toteuttaa kestävä kehitystä paikallisesti kuntatasolla. Näin suurin osa suomalaisista asuu kunnissa, joissa on tehty aktiivisesti töitä kestävän kehityksen eteen jo vuosia.¹⁹

Rio de Janeirossa vuonna 1992 sovittiin maailmanlaajuisesti 20 vuoden tavoitteet, jotka tarkastettiin konferenssissa vuonna 2012. Tavoitteisiin kuuluu mm. köyhyyden torjunta, teollisuusmaiden asukkaiden kulutustottumusten muuttaminen, väestön kasvuun vaikuttaminen, ihmisten terveyden ylläpito sekä ympäristön suojelun huomiointi päätöksen teossa. Keskeistä oli myös se, että mikään valtio ei pysty toteuttamaan tavoitteita yksin, mutta yhdessä globaalissa yhteistyössä ne saadaan toteutettua.²⁰

Vuonna 1993 Suomeen perustettiin uusi toimikunta huolehtimaan kestävän kehityksen osaluueiden toteutumisesta. Kansainvälisen kestävän kehityksen toimikunnan tarkoituksena oli pitää yllä Rio-konferenssia varten tehtyä sopimusta niin kansainvälisesti kuin valtakunnallisestikin. Toimikunta julkaisi myös Rio Nyt- lehteä, joka toi esille kestävän kehityksen ajankohtaisia aiheita ja kysymyksiä. Toimikunnan ansioista kestävä kehitystä on alusta asti pystytty toteuttamaan poliittiset rajat ylittävästi, demokraattisesti sekä tehden yhteistyötä erityisesti lähellä olevissa projekteissa kuten Itämeren suojelussa. Suomen tapauksessa pintaan nostettiin myös erityisesti metsien suojelu.¹⁹

Suomi alkoi valmistautua Johannesburgin kestävän kehityksen konferenssiin vuosien 2000–2002 aikana. Tällöin Suomessa nostettiin esille kolme teemaa kestäväan kehitykseen liittyen. Nämä teemat olivat: Ympäristö, terveys ja turvallisuus, Tietoyhteiskunnan mahdollisuudet kestävän kehityksen ja hyvinvoinnin edistäjänä sekä Luonnonvarojen kestävä käyttö. Näistä teemoista luonnonvarojen kestävä käyttö nousikin Johannesburgin konferenssissa kaikkien teollisuusmaiden ohjenuoraksi vähentämään talouskasvun ja ympäristönkuormituksen yhteyttä.¹⁹

Johannesburgin konferenssin jälkeen vuonna 2003 Suomessa laadittiin kokonaisarvio kestävän kehityksen toteutumisesta siihen mennessä. Arvion tarkoituksena oli tiedottaa missä Suomi oli siihen mennessä onnistunut hyvin, ja mitkä olivat tulevaisuuden tavoitteet ja haasteet kestävän kehityksen osalta. Arvioissa mainittiin mm. Suomessa käyttöön otetut ilmastostrategia sekä

paikallistasolla toimiva kuntaprojekti. Lisäksi raportti korosti Suomen toimintaa ekotehokkuudessa, luomu- ja Reilun kaupan tuotteiden markkinoinnin parantamista sekä metsien suojelua ja torjunta-aineiden vähentämistä. Suomen toiminnan ainoita puutteita olivat köyhyyden poistaminen, luonnonvarojen kestävä käyttö sekä sosiaalisen pääoman vaaliminen sukupolvelta toiselle.¹⁹

Vuonna 2006 Suomessa luotiin Kansainvälinen kestävä kehityksen strategia. Strategiassa linjattiin, että Suomen strategian on noudatettava Euroopan Unionin kestävä kehityksen strategiaa ja se määritteli millä tasolla Suomi osallistuu niin Euroopan unionin kuin kansanväliseenkin kestävä kehityksen toimintaa. Strategia korosti edelleen paikallisen toiminnan (kuntaprojekti) tukemista, kestävä kulutuksen ja tuotannon toteuttamista sekä kestävä kehityksen tuomista osaksi koulutusta. Strategian tarkoitus on ohjata eri alan toimijoita tekemään niin lähitulevaisuuden kuin pitkän aikavälin valintoja kestävä kehityksen kaikki osa-alueet huomioiden.¹⁹

Vuonna 2016 otettiin maailmanlaajuisesti käyttöön YK:n lanseeraama Agenda 2030, jossa luotiin 17 tavoitetta (Kuva 1), jotka tulisi saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. Suomen osalta Agenda 2030 tavoitteet muovattiin Avain2030 hankkeen¹⁰ muotoon. Hankkeen tarkoituksena oli tukea kestävä kehityksen toteutumista Suomessa analyttisen ja neutraalin tietopohjan avulla. Hankkeen tavoitteena oli selvittää kokonaiskuva Suomen lähtötilanteesta (Missä osa-alueissa Suomen olisi kehityttävä muihin maihin verrattuna), haasteet kestävä kehitystä toteuttamiselle Suomessa (Mitkä aihealueet ovat Suomelle kriittisiä ja miksi) sekä Suomen mahdollisuudet ja vahvuudet kestävä kehityksen osalta (Millä alueilla Suomi on edelläkävijä ja miten näitä asioita voidaan monistaa muille aihealueille ja muiden toimijoiden käytettäväksi).¹⁰

Avain2030 -hankkeen aikana arvioitiin Suomen heikkoudet ja vahvuudet 17 kestävä kehityksen tavoitteen (Kuva 1) osalta ja suunniteltiin, kuinka heikkouksia voitaisiin kehittää ja miten vahvuudet saadaan näkyään myös muissa tavoitteissa. Tavoitteista vahvuuksia todettiin tavoitteissa 4, 6 ja 16. sekä heikkouksia puolestaan tavoitteissa 8, 12 ja 13.^{10,21}

Vuonna 2020 Suomessa laadittiin selonteko siitä, miten Agenda2030 on toteutunut Suomen osalta siihen mennessä. Suomessa ei ole havaittavissa äärimmäistä köyhyyttä, kaikilla on mahdollisuus sosiaali- ja terveyspalveluihin, hyvään koulutukseen sekä puhtaaseen juomaveteen. Kaikille pyritään myös takaamaan mahdollisuus päivittäiseen ravinnonsaantiin. Ilmastonmuutoksen osalta Suomessa on myös edistytty huomattavasti edellisistä vuosista, mutta kehitettävää olisi mm. fossiilisten polttoaineiden käytön ja niiden aiheuttamien päästöjen sekä uusiutuvien energialähteiden lisäämisen osalta ja olisi myös syytä kiinnitettävä huomioita

kokonaisenergiankulutukseen. Lisäksi Suomi on tasa-arvoasioissa edelläkävijä, mutta edelleen joissakin asioissa esim. naisiin kohdistuva väkivalta sekä palkkaus, olisi parantamisen varaa. Suomessa myös pyritään tukemaan erilaisia tiedehankkeita, joiden tarkoituksena on edistää kestävästä kehitystä niin Suomessa kuin yhteistyömaissakin. Kokonaisuudessaan Suomen asiat kestävästä kehityksestä ja Agenda2030 osalta ovat hyvällä mallilla. On vain muistettava edelläkävijämaana tukea ja auttaa kehitysmaita sekä tehdä yhteistyötä muiden maiden ja erilaisten organisaatioiden kanssa, jotta saadaan aikaan haluttuja tuloksia.²¹

Ilmastonmuutoksen torjuntaan liittyen Kairossa järjestettiin ilmastoasioihin keskittyvä huippukokous marraskuussa 2022. Kokouksessa painotettiin Afrikan ja EU-maiden välistä yhteistyötä ja sitä, että toimiin on ryhdyttävä kiireellä, jotta ilmastonmuutos ei etenisi. Huippukokouksessa sovittiin neljä päätavoitetta, joiden tarkoitus on saada ilmastonmuutosta hillittyä. Nämä tavoitteet olivat pitää maapallon lämpötilan nousu 1,5 celsiusasteessa, vahvistaa ilmastonmuutokseen sopeutumista, auttaa kehittyviä maita rahallisesti sopeutumaan ilmastonmuutoksen kielteisiin vaikutuksiin sekä painottaa yhteistyön merkitystä ja taata kaikille mahdollisuus osallistua ja vaikuttaa.²²

Suomessa on kautta aikojen lähdetty toteuttamaan uusia kansainvälisiä hankkeita suurella paneutumisella yhdessä muiden tahojen kanssa. Kestävästä kehityksestä edistämiseen on käytetty aikaa ja resursseja, ja siksi Suomi onkin edistynyt kestävästä kehityksestä osalta hyvin ja saanut aikaan näkyviä tuloksia. Myös Suomen panos maailmanlaajuisesti on huomattu ja siitä on myös otettu mallia. Suomessa on myös tehty pitkän aika välin suunnitelmia ja niitä noudattamalla on päästy eteenpäin ja voidaan toimia myös tulevaisuudessa kestävästä kehityksestä edistämiseksi.^{19,21}

3.2 Kestävä kehitys suomalaisessa koulutuksessa

Suomessa ollaan panostettu jo 1990-luvulta lähtien pitkäjänteisesti kestävästä kehityksestä edistävään koulutukseen ja kasvatukseen, vaikka tähän liittyvä käsite (ESD, *education for sustainable development*) on tullut esille politiikassa vasta vuonna 2002 Johannesburgin kokouksen jälkeen.¹⁹ Näin Suomessa ollaankin varsin pitkällä koulutuksen ja kestävästä kehityksestä yhdistämisen suhteen.

Suomalainen koulutus toteuttaa osaltaan itsenäisesti kestävästä kehityksestä sosiaalisen kestävästä kehityksestä osalta. Perusopetuksen opetussuunnitelmassa¹⁸ mainitaan, että koulutuksen

tarkoituksena on varmistaa tasa-arvo ja opetuksen laatu sekä hyvät edellytykset oppilaiden kasvulle, kehitykselle ja oppimiselle. Tämä on suoraan kytköksissä kestäväen kehityksen tavoitteeseen numero 4: Hyvä koulutus. Lisäksi opetussuunnitelmassa mainitaan niin perustuslakiin kuin tasa-arvo- ja yhdenvertaisuuslakeihin perustuvat seikat, jotka on otettava huomioon koulutuksessa:

”Suomen perustuslain ja yhdenvertaisuuslain mukaan ketään ei saa ilman hyväksyttävää perustetta asettaa eri asemaan sukupuolen, iän, etnisen tai kansallisen alkuperän, kansalaisuuden, kielen, uskonnon, vakaumuksen, mielipiteen, seksuaalisen suuntautumisen, terveydentilan, vammaisuuden tai muun henkilöön liittyvän syyn perusteella. Tasa-arvolaki velvoittaa kaikkia oppilaitoksia huolehtimaan siitä, että ihmisillä on sukupuoleen katsomatta samat mahdollisuudet koulutukseen. Opetuksen ja opetusaineistojen tulee tukea tasa-arvolain toteutumista.”¹⁸

Tämä luo pohjan kestäväen kehityksen tavoitteiden 5: Sukupuolten välinen tasa-arvo ja 10: Eriarvoisuuden vähentäminen toteutumiseksi.¹⁸

Opetussuunnitelmaan on tämän lisäksi sisällytetty myös kestäväen elämäntavan käsite sekä kestäväen kehityksen eri osa-alueiden toteuttaminen. Opetussuunnitelmassa nostetaan esiin kohtia, jotka tukevat kulttuurista kestäväen kehitystä. muun muassa tavoitetta 16: Rauha, oikeudenmukaisuus ja hyvä hallinto tukevia asioita:

”Perusopetus tukee oppilaan kasvua ihmisyyteen, jota kuvaa pyrkimys totuuteen, hyvyteen ja kauneuteen sekä oikeudenmukaisuuteen ja rauhaan.”¹⁸

Opetussuunnitelman perusteissa sanotaan myös, että oppilaita ohjataan edistämään kulttuurien monipuolista osaamista ja arvostamaan omaa kulttuuriperimää sekä miettimään omaa paikkaansa sukupolvien ketjussa. Tämän lisäksi oppilaita ohjataan näkemään kulttuurinen moninaisuus myönteisenä asiana. Suomessa koulutuksessa panostetaan jo alusta alkaen kulttuurisen kestäväen kehityksen toteutumiseen, joten siihen suomalaisilla on olemassa tietoa ja taitoa.¹⁸

”Perusopetuksen kulttuuritehtävänä on edistää monipuolista kulttuurista osaamista ja kulttuuriperinnön arvostamista sekä tukea oppilaita oman kulttuuri-identiteetin ja kulttuurisen pääoman rakentamisessa.”¹⁸

Kestäväen elämäntavan käsite tukee itsessään niin ekologisen kuin taloudellisenkin kestäväen kehityksen toteutumista. Opetussuunnitelman perusteet ohjaa oppilaita omaksumaan kestävä elämäntapa. Ihminen on riippuvainen luonnon ekosysteemeistä, jonka ymmärtäminen on

tuotava esiin opetuksessa. Oppilaat ohjataan ajattelemaan miten he voivat omalla toiminnallaan vaikuttaa ekosysteemien monimuotoisuuteen ja uusiutumiskykyyn sekä samalla rakentaa osaamis pohjaa luonnonvarojen kestäväälle käytölle perustuvalla kiertotaloudelle. Lisäksi koulussa käsitellään ilmastonmuutokseen liittyviä aiheita ja pyritään näkemään niiden vaikutukset maailmalle. Näin oppilasta ohjataan kohti kestäväää kulutusta sekä tekemään eettisiä ja ympäristöä huomioivia valintoja:¹⁸

”Opetus edistää osallisuutta ja kestäväää elämäntapaa sekä kasvua demokraattisen yhteiskunnan jäsenyyteen. Perusopetus kasvattaa oppilaita ihmisoikeuksien tuntemiseen, kunnioittamiseen ja puolustamiseen.”¹⁸

”Oppilaita ohjataan tarkastelemaan kulutustottumuksiaan kestävään tulevaisuuden näkökulmasta, tarkastelemaan mainosviestintää analyyttisesti ja toimimaan kriittisinä ja vastuullisina kuluttajina.”¹⁸

Kestäväää kehitystä ei tule nähdä oppilaitoksessa vain projektina, vaan se on jatkuvaa toimimista, jossa kestävä kehitys voidaankin nähdä oppilaitoksen arvovalintana. Arvot ohjaavat oppilaitosten toimintaa ja luovat pohjan kestävään kehityksen tuomiseen niin opetukseen kuin oppilaiden elämäänkin. Arvojen ongelmana kuitenkin yleensä on niiden abstraktius. Näin kestävään kehityksen osalta olisikin järkeväää ilmasta konkreettisia toimia, joilla kestävä kehitys voidaan tuoda näkyväksi kaikessa oppilaitoksen toiminnassa eikä vain kirjoittaa sitä osaksi opetussuunnitelmaa.²³

Ekologisen kestävään kehityksen osalta konkreettisia toimia olisivat mm. materiaalin ja veden säästö, uudelleen käyttö, kierrätys ja lajittelu sekä vähäpäästöiset liikkumistavat.²³ Näitä voisi toteuttaa mm. monisteiden vähentämisellä, luokalta toiselle siirtyvillä kirjoilla sekä e-kirjoilla, kierrätykseen kannustavien roska-asioiden lisäämisellä sekä pyöräilyyn ja kävelyyn kannustamisella.

Taloudellisen kestävään kehityksen näkökulmasta konkreettisia toimia voisi olla niin ikään kirjojen hankinnan vähentäminen siirtämällä ne eteenpäin luokalta toiselle, sekä niiden lainaus- tai vuokrauspalvelulla. Lisäksi taloudellisen kestävyuden kannalta olisi tärkeää panostaa tilojen kunnossapitoon ja varmistaa tilojen monipuolinen käyttö.²³

Sosiaalisen kestävään kehityksen osalta konkreettisia toimia voisivat olla mm. kouluterveydenhuoltoon panostaminen, kiusaamisen konkreettinen ehkäisy, erityisopetuksen saatavuus sekä yhteistyö eri tahojen kuten yritysten tai hoivakotien kanssa. Kulttuurisen

kestävän kehityksen konkreettisia toimia voisivat olla mm. perinteisten juhlapäivien vietto sekä muihin kulttuureihin tutustuminen mm. teemapäivien osalta.²³

On todettu, ettei kestävä kehitys edistävälle koulutukselle ole helppoa luoda yhtä ja kaikkialla toimivaa mallia. On otettava huomioon paikalliset ympäristöolosuhteet ja sosiokulttuuriset piirteet. Lisäksi kestävä kehitys omaksuminen vaatii toiminta- ja ajattelutapojen muutosta. Onkin tuotu esille kestävä kehitys edistävän koulutuksen osatekijät, joiden omaksuminen ja ymmärtäminen auttaisivat saamaan kestävä kehitys osaksi ihmisten arkea. Nämä viisi kestävä kehitys koulutuksen osatekijää ovat tulevaisuusajattelu, systeemiajattelu, kriittinen ajattelu, osallistuminen päätöksen tekoon sekä yhteistyö ja kumppanuus.²⁴

Tulevaisuusajattelussa pohja-ajatuksena on se, että ihmisillä on paljon tietoa siitä, mitkä ovat maailman ongelmat, mutta koetaan oman toiminnan osuus mitättömänä ja siitä seuraa voimattomuus. Siksi myös ajatus sysätään sivuun, ettei stressi aiheen osalta kasva. Tulevaisuusajattelun avulla olisi tarkoitus luoda visuaalisia kuvia erilaisista tulevaisuuksista ja miettiä millä keinoilla ja toiminnalla näihin eri tilanteisiin päädytään. Näin on helpompi päätyä kohti haluttua tulevaisuutta ei niinkään uhkien poistamisella vaan mahdollisuuksien kartoittamisella.²⁴

Systeemiajattelussa panostetaan kokonaisuuden ymmärtämiseen ja siihen millaisessa vuorovaikutuksessa asiat ovat keskenään. Asioita ei voida oppia hajottamalla niitä osiin, vaan on pystyttävä huomioimaan miten palaset ovat suhteutettuna toisiinsa. Systeemiajattelu tukee erinomaisesti kestävä kehitys oppimista laaja-alaisesti ja auttaa monimutkaisten kokonaisuuksien ymmärtämistä. Samalla myös ristiriitaisten tavoitteiden ja näkemysten ymmärtämisestä tulee mahdollista.²⁴

Kriittinen ajattelu puolestaan on keskeisessä osassa kestävä kehitys opetusta, sillä se mahdollistaa ihmisten nykyisten uskomusten ja toimintatapojen muuttamisen niiden arvioinnin kautta. Kriittinen ajattelu tuokin esiin henkilökohtaiset mielipiteet ja niiden vuorovaikutuksen ympäröivään maailmankuvaan. Kriittisen ajattelun avulla voidaan tutkia maailmaan liitettyjä käsityksiä, arvioida ennako-oletuksia ja ennakkoluuloja ja näin ymmärretään, että muutkin näkevät maailman moniulotteisesti, mutta hieman eri näkökulmasta. Kriittisen ajattelun tarkoituksena onkin hahmottaa erilaisia näkökulmia ja oppia ymmärtämään niiden merkitys mm. valtasuhteiden ja päätösten taustalla.²⁴

Osallistuminen päätöstentekoon sekä kumppanuus ja yhteistyö ovat suuressa osassa kestävä kehitys ja näin myös kestävä kehitys koulutusta. Oppilaita kannustetaan vaikuttamaan

asioihin niin passiivisesti kuin aktiivisestikin ja toimimaan yhteistyössä eri tahojen kanssa, jotka voivat vaikuttaa tulevaisuuteen.²⁴

Luonnollisena jatkumona kestävän kehityksen koulutuksen osatekijöille onkin kestävää kehitystä edistävä pedagogiikka. Kestävää kehitystä edistävää pedagogiikkaa tukee vahvasti tutkiva ja kehittävä oppiminen, joka mahdollistaa laaja-alaisen kestävän kehityksen tarkastelun. Tutkivan ja kehittävän oppimisen periaatteena on ongelmalähtöisyys sekä aidot ongelmat, joihin ei ole olemassa oikeaa absoluuttista vastausta. Tämä tukee hyvin kestävää kehitystä ja sen lähtökohtia. Ajatuksena on itse rakentaa tietoa ja oppia taito sen soveltamiseen. Kestävää kehitystä opettaessa keskeistä onkin se, ettei pelkkä tieto riitä, vaan tiedon lisäksi on osattava soveltaa sitä käytännön ongelmiin. Tämän lisäksi tarvitaan myös motivaatio soveltaa saatua tietoa ja taitoa.²⁴

Kestävän kehityksen eri osa-alueet onkin nähtävä vuorovaikutuksessa toistensa kanssa.²⁴ Tämän ymmärtämistä tukee systeemiajattelu. Lisäksi tutkivan ja kehittävän oppimisen tiedon rakentaminen tukee systeemiajattelua ja sitä, että tieto rakennetaan eri näkökulmista. Osallistuminen päätöksentekoon sekä yhteistyö ja kumppanuus osaltaan tukevat tiedon käsittelyyn syntyvää taitoa. Osallistumalla päätöksentekoon ja tekemällä yhteistyötä löytyy taitoa toimia oman tiedon soveltamiseen. Kriittinen ajattelu puolestaan luo motivaatiota muuttaa toimintatapoja ja soveltaa tietoja ja taitoja, jotta muutosta saadaan aikaan. Kokonaisuudessaan siis kestävän kehityksen koulutuksen viisi osatekijää sekä tutkiva ja kehittävä oppiminen yhdessä luovat edellytykset kestävän kehityksen toteutumiselle koulutuksessa.

4 Kestävä kehitys kemian opetuksessa

Kemialla ja kemian koulutuksella katsotaan oleva iso rooli kestävässä kehityksessä.^{8,25,26} Kemianteollisuus tuottaa suuren määrän uusia materiaaleja ja tuotteita^{8,27,28} sekä kestäviä energianlähteitä²⁸ ja kemian taustatietoa tarvitaan, kun halutaan ymmärtää globaaleja ongelmia, kuten ilmastonlämpenemistä ja saastumista.^{8,27-29} Kemian opetukseen tulisikin sisällyttää kestävää kehitystä.

Opettajien haasteena on kuitenkin kattaa kokonaisvaltaisesti kaikki kestävän kehityksen osa-alueet ja löytää niihin sopivaa pedagogiikkaa. Opettajilta puuttuu sekä tietoa että sen

opettamiseen soveltuvia käytännön toteutustapoja. Lisäksi opettajilla on haasteita löytää materiaalia, joka olisi valmiiksi sovellettavissa suoraan opetukseen ilman lisätyötä.^{26–28}

Opettajien haasteista yksi koskee myös sitä, etteivät oppilaat pidä kemiaa mielenkiintoisena ja sen koetaan olevan etäällä oppilaiden arjesta.²⁷ Opettajan olisikin sisällytettävä opetukseen jotain, joka saa oppilaan mielenkiinnon heräämään. Tämä voisi olla mm. oppijakeskeinen lähestymistapa^{6,27,28} ja laboratoriotyöt^{2,5–8}. Mielekkyyttä kemian oppimiseen voisi lisätä myös se, että kemia tuotaisiin lähemmäksi oppilaan arkielämää.^{8,28,30,31} Koska oppilaat käyttävät kemianteollisuuden tuotteita päivittäin^{8,27} ja suurin osa niin arkielämän kuin globaaleistakin ongelmista liittyy oppilaiden arkeen^{27,31}, on näiden yhdistäminen opetukseen hyvä keino tuoda kemia lähemmäksi oppilaan arkea. Samalla päästään käsiksi kestävään kehitykseen ja sen opettamiseen. Oppilaiden on siis tarkoitus ymmärtää kemian ja tieteen rooli arkielämän tapahtumien ja tuotteiden taustalla.^{8,27–29}

Monet oppilaat ovatkin nykyisin kiinnostuneita maailmansa kestävydestä ja hyvinvoinnista. Kun yleinen huoli ilmaston lämpenemisestä ja kasvihuonekaasuista kasvaa, oppilaat haluavat tietää, miten ihmisten toimet vaikuttavat ympäristöön. Kemia toimii avaintekijänä tämän tiedon osalta ja erityisesti vihreä kemia ja sen periaatteet nousevat esiin. Niiden oppilaat voivat oppia kestävä kehityksen näkökulmia ja saada tarvittavaa tietoa kestävydestä.³²

Kokonaisvaltaisesti kemian katsotaan olevan tärkeä osa kestävä kehityksen opettamista. Onkin tärkeä pyrkiä tuomaan kemian opetukseen aiheita, joihin kestävä kehityksen saa helposti sisällytettyä. Näin päästään kemian sisältötiedon lisäksi käsiksi kestävä kehityksen kysymyksiin.

Seuraavissa luvuissa tutustutaan mm. vihreän kemian periaatteisiin, erilaisiin malleihin, joiden avulla kestävä kehitystä voidaan opettaa yhdessä kemian kanssa, sekä erilaisiin oppituntikokonaisuuksiin, joita on toteutettu kemian ja kestävä kehityksen opettamiseen ja niiden yhdistämiseen.

4.1 Vihreä kemia

Vihreä kemia määritellään kemiallisten prosessien ja tuotteiden suunnitteluksi, joka tähtää vaarallisten aineiden käytön vähentämiseen ja niiden synnyn ehkäisyyn.^{27,33} Vihreän kemian synonyyminä käytetään osassa tutkimuksista myös termiä kestävä kemia.^{27,34,35} Vihreä kemia

kattaa kemiallisten prosessien näkökohdat, jotka vähentävät kielteisiä vaikutuksia ihmisten terveyteen ja ympäristöön.³²

Vihreä kemia sisältää 12 periaatetta, joiden tavoitteena on vähentävää niin vaarallisten kuin ei-vaarallisten materiaalien, energian, veden tai muiden resurssien käyttöä sekä suojella luonnonvaroja niiden tehokkaalla käytöllä.³⁴ Nämä 12 periaatetta ovat:

1. Jätteen synnyn ehkäisy,
2. Atomiekonomia,
3. Vaarattomat kemialliset synteesit,
4. Turvallisten kemikaalien suunnittelu,
5. Turvallisten liuottimien käyttö,
6. Energian käytön minimoiminen,
7. Uudistuvien lähtöaineiden käyttö,
8. Tarpeettoman johdosten muodostumisen välttäminen,
9. Katalyyttien suosiminen,
10. Tuotteiden hajoaminen elinkaaren lopussa,
11. Reaaliaikaiset analyysit
12. Onnettomuuksien välttäminen esimerkiksi oikeilla kemikaalivalinnoilla.³³

Jätteiden vähentäminen on vihreän kemian tärkein tavoite. Jätteiden synnyn ehkäisy on helpompaa ja tärkeämpää kuin niiden puhdistus jälkikäteen. Jätteen laadulla on myös suuri merkitys. Jätteet vaikutukset ympäristöön riippuvat niiden myrkyllisyydestä, määrästä ja vapausasteesta. Pyrkimyksenä onkin siis minimoida kaikki muodostuva jäte, jotta päästään eroon myös vaarallisista ja myrkyllisistä jätteistä.³³

Jätteiden vähentäminen linkittyy myös osaltaan toiseen tavoitteeseen eli atomiekonomiaan. Atomiekonomian tarkoituksena on, että kaikki reaktioon osallistuvat lähtöaineet muuttuisivat reaktion aikana halutuksi lopputuotteeksi eikä niin syntyisi turhia sivutuotteita. Tähän on kuitenkin usein mahdotonta päästä. Toinen vaihtoehto toteuttaa atomiekonomiaa ja jätteiden vähentämistä on se, että ensimmäisen reaktion turhaa sivutuotetta voidaan käyttää toisen reaktion raaka-aineena. Näin syntyvä ”jäte” otetaan hyötykäyttöön toisessa prosessissa, mikä ehkäisee jätteen syntyä.^{33,36}

Periaatteet 3. Vaarattomien kemikaalien synteetit ja 4. Turvallisten kemikaalien suunnittelu liittyvät osaltaan yhteen. Vaarattomien kemiallisten synteetien osalta pyritään sellaisiin reaktioihin, jotka eivät käytä vaarallisia yhdisteitä, eivätkä näin muodosta vaarallisia jätteitä. On siis pyrittävä suunnittelemaan tuotteiden valmistus niin, että niihin käytettävät synteesisireaktiota olisivat mahdollisimman vaarattomia käytettävien kemikaalien ja menetelmien osalta. Tämän lisäksi synteetin voisi suunnitella niin, ettei se muodosta turhia tai tarpeettomia yhdisteitä, kuten johdannaisia periaatteen 8 mukaisesti. Turvallisten kemikaalien suunnittelun osalta on tärkeää ymmärtää, että kemian avulla pystyy aidosti suunnittelemaan molekyyliä, jotka ovat turvallisempia ihmisille ja ympäristölle. Voidaan siis suunnitella molekyylit niin lääkeaineisiin kuin muihinkin synteeseihin niin, etteivät ne aiheuta vaaraa ihmiselle tai ympäristölle, eivätkä voi kulkeutua ihmiskehoon tai eläimiin.³³

Turvallisten liuottimien käyttö on myös suuressa osassa etenkin orgaanista kemiaa. Liuottimet muodostavat suuren osan reaktioon laitettavasta massasta ja niiden herkän haihtuvuuden ja liukoisuuden takia ne vaikuttavat ilman, veden ja maaperän saastumiseen, lisäävät työntekijöiden sairastumisriskiä sekä johtavat herkän syttyvyytensä takia vakaviin onnettomuuksiin. Lisäksi niiden talteenotto kuluttaa kohtuuttomasti energiaa ja resursseja.³³ Näin olisikin turvallisempaa ja kannattavampaa pyrkiä löytämään turvallisia liuottimia, kuten vesi, ylikriittiset nesteet, ioniset nesteet sekä myrkyttömät nestemäiset polymeerit ja niiden yhdistelmät. Jotta liuotin on vihreän kemian periaatteiden mukainen, tulee sen olla vain vähän myrkyllinen, helposti saatava ja kierrätettävä sekä omata korkea prosessitehokkuus. Parhaimmassa tapauksessa uusilla liuottimilla pystytään optimoimaan kemiallisia prosesseja, vähentämään liuottimien käyttöä ja reaktion käsittelyvaiheita sekä kehittämään uusia synteesisireittejä.³⁶

Öljyn loppumisen yhteiskunnassa herättäneen huolen seurauksena kemiassa on pyritty kehittämään energiatehokkaampia prosesseja sekä etsimään uusia uusiutuvia energialähteitä. Kemiallisten reaktioiden, jotka eivät vaadi ylimääräistä energiankäyttöä, kehittäminen on erittäin toivottavaa. Hyvinä esimerkkeinä tällaisista toimista ovat mm. kemiallisen reaktion aktivointienergian pienentäminen tai sopivien lähtöaineiden valitseminen niin, että reaktio voi tapahtua huoneenlämpötilassa. Tämän lisäksi uusiutuvien hiilivarojen eli biomassan ja hiilidioksidin käyttö kemian- ja energiateollisuudessa on erittäin tärkeää, mutta niiden muuntaminen hyödyllisiksi kemikaaleiksi ja nestemäisiksi polttoaineiksi energieettisesti ja taloudellisesti kannattavien teollisten prosessien avulla on osoittautunut haastavaksi. Lisäksi on tutkittu, voisiko esimerkiksi hapen, vedyn, vetyperoksidin ja aurinkoenergian käyttö energianlähteinä kemiallisissa prosesseissa olla mahdollista.^{33,36}

Valtaosa kulutustuotteistamme on peräisin öljyn raaka-aineesta ja öljyvarantojen ehtyminen uhkaa koko yhteiskuntaa. On entistään tärkeämpää siirtyä käyttämään uusiutuvia materiaaleja, raaka-aineita sekä polttoaineita. Syntyviä jätteitä olisi yhä enenemässä määrin pyrittävä kierrättämään ja kemian kannalta olisi tärkeää keksiä uusia ratkaisuja uudelleenkäyttöön ja talteenottoon. Uusiutuvien raaka-aineiden tulisi korvata öljyllä valmistetut raaka-aineet, jotta öljy ei vähenisi maapallolla.³³

Katalyyttien tarkoituksena on alentaa reaktioon tarvittavaa energiaa. Näin katalyyttien käyttö tukee vihreän kemian periaatteita. Siirryttäessä perinteistä reaktiosta katalysoituun reaktioon voidaan parantaa reaktion tehokkuutta alentamalla tarvittavaa energiaa sekä välttämällä stoikiometristen reagenssimäärien käyttöä. Käytännössä tämä vähentää energiaa, raaka-ainetta ja jätettä. Lisäksi katalyyttien käyttö antaa mahdollisuuden toteuttaa uudenlaisia kemiallisia reaktioita ja tuo ratkaisuja perinteisen reaktion haasteisiin. Katalyytit perustuvat usein kuitenkin kalliisiin, myrkyllisiin tai haitallisiin aineisiin. Katalyyttiä valittaessa onkin muistettava huomioida niiden vaarallisuus sekä tutkia katalyytin talteenottoon ja uudelleenkäyttöön liittyvät mahdollisuudet. Onkin suositettava ympäristöystävällisiä ja laajalti saatavilla olevia raaka-aineita, kuten runsaita metalleja, orgaanisia yhdisteisiä ja entsyymeitä sekä luonnonmukaisia biokatalyyttejä.^{33,36}

Tuotetta valmistettaessa on myös mietittävä, miten se tulee hajoamaan elinkaarensa jälkeen. Tuotteista pyritään saamaan helposti hajotettavia ja uudelleenkäytettäviä. Tästä ongelmaksi muodostuu biohajoavuus. Biohajoavien materiaalien ja kemikaalien suunnittelu ei ole yksinkertainen tehtävä. Toisaalta kaikkialla esiintyvät entsyymit tunnistavat tietyt funktionaaliset ryhmät, kuten esterit tai amidit, jolloin näiden ryhmien integrointi voi auttaa ympäristössä hajoavien tuotteiden suunnittelussa. Näin ympäristöön menevien jätteiden määrästä ei olisi niin paljon haastetta, koska ne voivat hajota luonnollisesti. Biohajoavuuden lisäksi on myös mietittävä muita hajoamiskeinoja sekä sitä, millaisia kemikaaleja vapautuu tuotteen hajotessa ja sen uudelleenkäytössä.³³

Reaktioiden reaaliaikaisella seurannalla voidaan estää onnettomuuksia, säästää energiaa ja/tai estää merkittävien sivutuotteiden muodostumisen, jotka muutoin vaatisivat lisäpuhdistuksia. Tämä mahdollistuu, kun reaktion aikana pystytään reagoimaan nopeasti tapahtuviin muutoksiin. Onkin tärkeää seurata jokaista valmistusprosessia tarkasti sen eri vaiheissa, jotta ei pääse tapahtumaan mitään ei-toivottua.³³

Viimeisenä vihreän kemian periaatteena on onnettomuuksien ehkäisy. Kaikentyyppiset vaarat tulee ottaa huomioon kemikaalien ja prosessien suunnittelussa. Näin vaaralliset sekä helposti

haihtuvat ja syttyvät kemikaalit tulisi korvata turvallisemmilla vaihtoehdoilla aina kun mahdollista, räjähdysten, tulipalojen ja muiden onnettomuuksien ehkäisemiseksi.³³

Vihreän kemian keskeinen tavoite on siis suunnitella kemialliset prosessit ja tuotteiden valmistus niin, että syntyy mahdollisimman vähän jätettä sekä kuluu mahdollisimman vähän raaka-ainetta ja energiaa. Tämän lisäksi pyritään myös takaamaan niin ihmisten kuin luonnonkin terveys ja hyvinvointi välttämällä vaarallisia aineita ja ehkäisemällä onnettomuuksia. Nämä asiat ovat myös suoraan kytkettävissä kestäväan kehitykseen. Kestävän kehityksen ekologinen näkökulma tukee jätteiden vähentämistä ja vähäistä raaka-aineen kulutusta. Näin vihreän kemian lisääminen kemian opetukseen auttaa myös kestäväan kehityksen näkyviin tuonnissa.

4.2 Kestävä kehitys kemian opetussuunnitelmassa ja oppikirjassa

Peruskoulun opetussuunnitelmassa edellytetään huomioimaan opetuksessa kemian merkitys kestäväan tulevaisuuden edistämässä. Opetuksen tulee auttaa oppilaita ymmärtämään kemian merkitys yhteiskunnassa sekä jokapäiväisessä elämässä erilaisten sovellusten kautta:

”Kemian opetus auttaa ymmärtämään kemian ja sen sovellusten merkitystä jokapäiväisessä elämässä, elinympäristössä, yhteiskunnassa ja teknologiassa. Opetus tukee oppilaiden valmiuksia tehdä valintoja sekä käyttää tietoja ja taitoja elämän eri tilanteissa. Opetus välittää kuvaa kemian merkityksestä kestäväan tulevaisuuden rakentamisessa: kemiaa tarvitaan uusien ratkaisujen kehittämisessä sekä ympäristön ja ihmisten hyvinvoinnin turvaamisessa.”¹⁸

Opetussuunnitelmassa kehottaa myös opetuksen tavoitteissa ja sisältöalueissa opettamaan asioita, jotka voidaan suoraan liittää kestäväan kehitykseen. Tavoitteissa mainitaan oppilaan omien valintojen hallinta kestäväan kehityksen kannalta sekä kemian vaikutus kestäväan tulevaisuuteen, sekä oppilaan ohjaus muodostamaan ilmiöistä kysymyksiä ja kehittämään itse tutkimuksia kysymystensä tueksi. Sisältöalueissa ovat osa-alueina: *Kemia omassa elämässä ja elinympäristössä* sekä *Kemia yhteiskunnassa*. Näissä opittavat asiat kehoitetaan valitsemaan siten, että ne liittyvät oppilaiden arkeen ja niissä tulee huomioida lähiympäristö. Myös kemian eri sovellukset tulee huomioida opetuksessa niin hyvinvoinnin kuin tuotteiden kulutuksen kannalta.¹⁸ Nämä sisältöalueet ja oppimistavoitteet esitetään opetussuunnitelmassa seuraavasti:

”T4 ohjata oppilasta käyttämään kemian osaamistaan kestävän tulevaisuuden rakentamisessa sekä arvioimaan omia valintojaan luonnonvarojen kestävän käytön ja tuotteen elinkaaren kannalta”¹⁸

”T5 kannustaa oppilasta muodostamaan kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä sekä kehittämään kysymyksiä edelleen tutkimusten ja muun toiminnan lähtökohdiksi”¹⁸

”Sisältöjä valitaan siten, että oman elämän ja elinympäristön ilmiöitä pohditaan erityisesti terveyden ja turvallisuuden näkökulmista. Sisältöjen valinnassa otetaan huomioon paikallinen toimintaympäristö ja lähiympäristön tila.”¹⁸

”Kemian ilmiöihin ja sovelluksiin liittyviä sisältöjä valitaan erityisesti ihmiskunnan hyvinvoinnin ja teknologian näkökulmista. Pääpaino on kestävässä luonnonvarojen käytössä, ja tuotteiden elinkaariajattelu on yhtenä tarkastelutapana”¹⁸

Lisäksi opetussuunnitelman mukaan laadittu yläkoulun oppikirja (Otava: Titaani kemia: 7–9⁴) tuo omalta osaltaan kestävän kehityksen esille. Koska opettajat seuraavat suurimmaksi osaksi oppikirjan sisältöjä mm. ajan puutteen vuoksi^{8,27}, on niillä suuri merkitys kemian ja sen sisältämän kestävän kehityksen opetuksessa.

Kyseisessä oppikirjassa on yhteensä 39 lukua, joista kaksi voidaan suoraan yhdistää kestäväan kehitykseen ja sen sisältöihin. Nämä luvut ovat *Kemia ja ympäristö* sekä *Jätteiden käsittely ja kierrätys*. Kemia ja ympäristö -luku sisältää mm. aihealueet: ilmastomuutos, hiilijalanjälki, typpi- ja rikkisaasteet sekä ruuantuotanto. Vastaavasti Jätteiden käsittely -luvussa perehdytään tuotteen elinkaareen ja kierrätykseen. Lukujen aikana mainitaan mm. YK:n ilmastosopimus. Nämä aiheet opettavat suoraan kestäväa kehitystä ja mahdollistavat sen yhdistämisen pedagogiikkaan.⁴

Myös muihin kirjan lukuihin olisi mahdollista yhdistää kestäväan kehitykseen liittyviä asioita. Luku *Hitaita ja nopeita reaktioita* sisältää katalyytin käsitteen, joka on osa vihreää kemiaa ja voidaan siten yhdistää kestäväan kehitykseen. Lisäksi luvun *Erotusmenetelmiä* tietoutta voitaisiin käyttää mm. materiaalien talteenoton ja kierrätyksen yhteydessä kestäväan kehitykseen liittyen.⁴

Oppikirjan alussa perehdytään turvalliseen laboratoriotyöskentelyyn, mikä on jo omalta osaltaan osa vihreää kemiaa ja turvaa oppilaiden turvallisuuden kokeita tehdessä. Näin sek in omalta osaltaan liittyy kestäväan kehitykseen, vaikkei sitä suoraan mainitakaan.⁴

Kokonaisuutena opetussuunnitelma sisältää tiedon siitä, miten kemian opetuksessa tulisi huomioida kestävä kehitys. Kestäväan tulevaisuuteen viitataan sillä, miten kemiaa voidaan

erilaisten sovellusten ja sisältötiedon osalta yhdistää opetukseen. Oppikirjaa tehdessä on myös pyritty huomioimaan kestäväan kehitykseen liittyviä osa-alueita, mutta niiden korostaminen jäisi kuitenkin opettajan oman pedagogisen lähestymistavan tehtäväksi.

4.3 Mallit kestäväan kehityksen opetukseen kemiassa

Kestäväan kehityksen opetukseen on esitetty useita erilaisia malleja. Useimmissa näistä malleissa on kuitenkin joitain yhteisiä ominaisuuksia. Kestäväan kehityksen opetuksen mallien eli ESD-mallien yhteisinä tekijöinä voidaan pitää mm. seuraavia asioita:

- opitaan niin ihmisten luomista kuin luonnonvaraisistakin ympäristöistä käyttämällä sosiaalisia, poliittisia, ekologisia ja taloudellisia ulottuvuuksia,
- opitaan osallistumisesta paikallisesti ja maailmanlaajuisesti päätöksentekoon,
- toteutetaan osallistavaa oppimista samalla kun pyritään edistämään kansalaisuustaitoja,
- opitaan systeemiajattelun kautta, sisältäen monitieteisten, oppijakeskeisten, kokemuksellisten ja kyselyyn perustuvien menetelmien käytön sekä
- painotetaan elinikäistä oppimista niin muodollisessa kuin epävirallisessa koulutuksessa.

Kaikki ESD-mallit sisältävät suuntautumisen yhteiskunnallisiin kysymyksiin, poikkitieteellisen lähestymistavan ja pedagogisen muutoksen, joka mahdollistuu yksinkertaisella opetussuunnitelmien uudelleenjärjestelyllä tai muuttamisella.^{30,37} Näitä erilaisia malleja voidaan soveltaa myös kemian osalta. Seuraavaksi esitellään muutama erilainen malli, jotka voidaan liittää kestäväan kehityksen opetukseen kemiassa.

4.3.1 Relevantti luonnontieteen opetus

Termiä relevantti käytetään hyvin erilaisissa yhteyksissä ja se sisältää erilaisia merkityksiä. Termiä käytetään esimerkiksi, kun ollaan kiinnostuneita jostakin, mielekkyyden ilmaisemiseen tai positiivisen vaikutuksen motivaation kuvaamiseen. Termi viittaa siis yksilön kiinnostukseen aiheesta, mutta sisältää myös tulevaisuuden ja tosielämän vaikutukset yksilöön sekä yhteiskuntaan kestäväan kehityksen kannalta.³⁷

Relevantti luonnontiede on tiedettä, joka tutkimuskysymysten lisäksi pyrkii etsimään niihin vastauksia. Koulutuksessa oppilaita pyydetään yleensä luomaan tutkimuskysymykset, mutta niihin vastaaminen saattaa jäädä taka-alalle. Voidaankin todeta, että jos kysymyksellä ei ole merkitystä vastauksen kannalta, mikä on sen merkitys. Pyritäänkin siis luomaan kysymykset ja vastaamaan niihin yhdessä yhteistyössä rakentaen kestävää tulevaisuutta.³⁸

Termiä ”relevantti luonnontiede” on mietittävä myös kestävä kehityksen kautta. Tähän voidaan liittää erityispiirre, joka kertoo, millaista tulisi olla relevantti tiedekasvatus kestävä kehityksen näkökulmasta. Relevantin tiedekasvatuksen tulisi auttaa oppilaita kehittämään tietoja, taitoja ja arvoja osallistuakseen päätöksentekoon sekä yksilön että yhteiskunnan näkökulmasta paremman elämän saavuttamiseksi.³⁸

Relevantin luonnontieteen opetukseen on myös kehitetty malli. Malli kattaa niin sisäiset kuin ulkoisetkin näkökulmat kolmessa eri ulottuvuudessa: yksilöllinen, ammatillinen ja yhteiskunnallinen. Sisäisiä näkökulmia ovat oppilaiden sisäiset kiinnostuksen kohteet ja motiivit, kun taas ulkoisia näkökulmia ovat eettisesti perustellut odotukset henkilökohtaista ympäristöä ja yhteiskuntaa kohtaan.³⁷

Kolme eri ulottuvuutta relevantin luonnontieteen opetuksen kannalta tarkoittavat sitä, että koulutuksen tulee edistää oppilaiden älyllisten taitojen kehitystä, edistää oppilaiden valmiutta osallistumisessa yhteiskunnalliseen keskusteluun nyt ja tulevaisuudessa sekä ottaa huomioon oppilaiden tulevat ammatilliset haaveet ja valmistaa tietoisuutta ja ymmärrystä niitä varten. Jokaisen näistä kolmesta ulottuvuudesta tulisi sisältää niin nykytilanteen kuin tulevaisuudenkin tarkastelu sekä sisäinen että ulkoinen näkökulma.³⁷

Ensimmäinen ulottuvuus eli yksilöllinen tai henkilökohtainen relevanssi sisältää oppilaiden uteliaisuuden ja kiinnostuksen tiettyä aihetta kohtaan. Opetuksessa olisikin pyrittävä yhdistämään opetettavat aiheet oppilaan omiin mielenkiinnon kohteisiin, jotta oppimisesta tulee mielekästä. Voidaankin siis tarjota oppilaille hyödyllisiä ja tarpeellisia taitoja jokapäiväiseen elämään liittyen niin nykypäivänä kuin tulevaisuudenkin kannalta ja samalla edistää älyllisten taitojen kehittymistä.³⁷

Toinen ulottuvuus eli ammatillinen relevanssi koostuu siitä, mihin oppilaat aikovat suuntautua tulevaisuudessa. Jokaisessa ammatissa on omanlaisensa tarpeet myös luonnontieteen osalta. Pyritäänkin siis antamaan valmiudet tulevaisuuden uramahdollisuuksille painottamalla erilaisia näkökulmia luonnontieteeseen oppilaan oman kiinnostuksen mukaan.³⁷

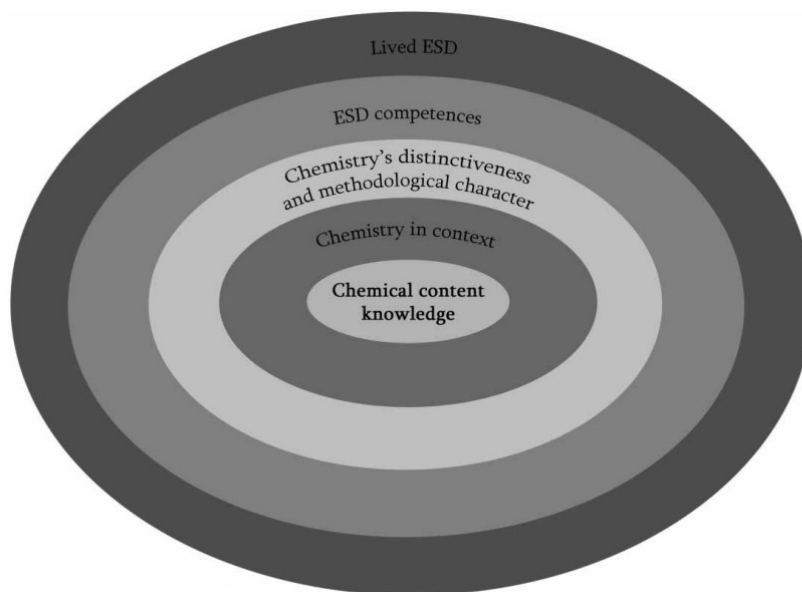
Kolmas ulottuvuus eli yhteiskunnallinen relevanssi antaa oppilaille mahdollisuuden kehittää tietoja ja taitoja, joiden avulla voidaan osallistua yhteiskunnalliseen keskusteluun ja päätöksentekoon nyt ja tulevaisuudessa. Oppilaita valmistetaan itsemääräämisoikeuteen ja elämään vastuullista elämää yhteiskunnassa. Tämä vaatii yhteiskunnan ja tieteen keskinäisen riippuvuuden ymmärtämisen.³⁷

Mallin kolme eri ulottuvuutta eivät ole hierarkkisesti toisiinsa sitoutuneet tai itsenäisiä. Ne saattavat osaltaan mennä päällekkäin ja monet näkökulmat vaikuttavat yhtä aikaan eri ulottuvuuksiin omalla tavallaan. Esimerkiksi valmistautuminen työelämään saattaa liittyä myös oppilaan omaan kiinnostuksenkohteeseen. Malli toteuttaa parhaiten ESD- ja yhteiskuntatieteellisiin kysymyksiin pohjautuvan opetuksen eli SSI (*Socio-scientific issues*) -opetuksen, kun kaikkia ulottuvuuksia pyritään hyödyntämään samanaikaisesti. Tätä voidaan hyödyntää avaamalla tieteen pedagogiikkaa yhteiskunnallisille käytännöille sekä sisällyttämällä opetukseen todellisia referenssejä mm teollisuudesta ja erilaisilta ammatillisilta aloilta.³⁷

Kokonaisuutena relevantit luonnontieteen opetuksen kannalta on tärkeää pohtia minkä suhteen ollaan relevantteja. Pyritäänkö vaikuttamaan oppilaan omiin mielenkiinnon kohteisiin, hänen tulevaisuutensa suunnitelmiin vai yhteiskunnallisiin tavoitteisiin. Opetuksessa tulisi huomioida nämä kaikki osa-alueet ja soveltaa niitä niin, että pystytään huomioimaan niin nykyhetki kuin tulevaisuus oppilaalle tärkeällä tavalla.

4.3.2 Elliptinen malli kestävän kehityksen opetukseen kemian kontekstissa

Elliptinen malli on kehitetty tukemaan opettajia heidän oman opetuksensa suunnitteluun niin, että kestävä kehitys saadaan osaksi koulutusta. Malli sisältää viisi osiota, jotka ovat ellipsin sisältä kohti ulkoreunaa seuraavat: kemian sisältötieto, kemia kontekstissa, kemian erityispiirteet, ESD-osaamistavoitteet ja ESD käytännössä. Mallin kaaviokuva on esitetty kuvassa 2.⁸



Kuva 2: Elliptinen malli ESD:in opetuksen kemiassa.⁸

Kemian sisältötiedolla on tärkeä osa kestävän kehityksen ymmärryksessä ja arvioinnissa. Kemian sisältötiedon tehtävä olisikin painottaa kestävän kehityksen kannalta oleellisia kemian aiheita. Näitä voisivat olla mm. happosateiden vaikutus, otsonikato, öljyn talteenotto sekä uusiutuvien energialähteiden käyttö. Kemian kannalta oleellista sisältötietoa voidaan käsitellä mm. elinkaarianalyysin eli LCA:n avulla, johon perehdytään myöhemmin. Myös muilla kemiallisilla sisältötiedoilla voi olla suuri merkitys mm. luonnossa tai arkielämässä. Esimerkiksi liuostasapainon sekä sähkökemiallisen sarjan ymmärrys avaavat tiedon siitä, miten nämä aiheet saattavat vaikuttaa luonnon hyvinvointiin.⁸

Kemia kontekstissa viittaa siihen, että kemiaa on opetettava oppilaille arkipäiväisiin yhteyksiin liittyen, jolloin niiden ymmärrys ja linkittyminen niin jokapäiväiseen elämään kuin kestävään kehitykseenkin paranee. Kemian opetusta onkin kritisoitu siitä, että se liittyy vähemmän oppilaiden kokemuksiin ja arkipäivään kuin esimerkiksi biologian aihealueet. Kestävän kehityksen tuominen kemian kontekstiin voisikin tuoda molemminpuolista hyötyä: Oppilaat kiinnostuvat kemian oppimisesta, kun kemia tuodaan heidän arkipäiväiseen kontekstiinsa. Tämän lisäksi voidaan käsitellä kestävän kehityksen kysymyksiä uudella tavalla kiinnostuksen herättyä. Näin voidaan luoda parempi vaikutus kestävän tulevaisuuden rakentamiseen.⁸

Kemia kontekstissa voisi viitata myös siihen, että pyritään tuomaan kemia sinne, missä kestävä kehitys näkyy parhaiten eli luontoon tai teollisuuteen. Voidaankin toteuttaa opetusta ulkoilmassa tai tehdä vierailu kemian teollisuuteen. Näin voidaan luoda autenttisempi ja

käytännönläheisempi oppimisympäristö ja tuoda se lähemmäksi oppilaiden arkea tai herättää oppilaiden motivaatio päivittäin käytettävien terveys- ja ympäristötuotteiden kontekstissa.⁸

Tavoite kemian erityispiirteistä sisältää kaksi eri osa-aluetta: kestävien käsitteiden soveltamisen kemiassa sekä kemian luonteen ymmärtämisen. Kemian osaaminen perustuu kolmeen eri tasoon⁸: makro, mikro ja symbolinen. Makrotaso kuvaa ihmisen havaitsemaa tasoa, joka edellyttää laboratoriotöiden tekemistä. Makrotason kemialliset reaktiot voidaan selittää erilaisten hiukkasten avulla mikrotasolla. Symbolisella tasolla havaitut reaktiot sekä hiukkastason tapahtumat raportoidaan kaavojen, kemiallisten yhtälöiden ja laskelmien avulla. Kemian ymmärtäminen vaati oppilaita näiden kaikkien kolmen tason ymmärrystä, joten kokeellisten laboratoriotöiden tekoa pidetään tärkeänä osana kemian oppimista. Laboratoriotyöt tuovatkin kestäväen kehityksen soveltamisen kemian opiskeluun. Oppilaat voivat siis oppia kestävästä kehityksestä ja vihreästä kemiasta laboratoriotöissä. Toiseen osa-alueeseen eli kemian luonteen ymmärtämiseen liittyy vahvasti ajatus siitä, että kemia ja muutkin luonnontieteen ovat alustavia ja empiiriseen tutkimukseen perustavia ja näin eivät koskaan ole absoluuttisia, vaan subjektiivisia. Oppilaiden on siis ymmärrettävä, että kemia on kokeellinen aine, johon tutkijat ovat tehneet yleistyksiä ja ehdottaneet teorioita omien tutkimustensa perusteella. Tämän ymmärtäminen vaatii kokeellisten töiden tekemistä, jossa oppilaat saavat itse havaita kemian ilmiöitä ja luoda siitä omat johtopäätöksensä.⁸

ESD:n tärkeän tulos on kehittää sellaisia taitoja, joiden katsotaan olevan olennaisia kestäväen tulevaisuuden kannalta. ESD-osaamistavoitteiksi luokitellaan osa-alueet, jotka edistävän tällaisten taitojen saavuttamisen. ESD-osaamistavoitteet ovat siis: systeemiajattelu, ongelmanratkaisu, luova ajattelu, kriittinen ajattelu, toimintakyky, tulevaisuusajattelu, normatiivinen osaaminen sekä viestintä ja yhteistyö.⁸

Ensimmäinen osaamistavoite on jo aiemmin mainittu systeemiajattelu. Kemian kannalta tässä on oleellista niin kemiallisten työtapojen kuin kokonaisvaltainen aiheen ymmärtäminen. Oppilaat joutuvat käyttämään systeemiajattelua, jotta he ymmärtäisivät kokonaisvaltaisesti menetelmien, tulosten ja johtopäätösten merkityksen tieteellisessä prosessissa. Jos kemian koulutuksessa huomioidaan kemian sisältöjen lisäksi myös ympäristöllisiä, sosiaalisia ja taloudellisia tekijöitä, voidaan systeemiajattelun tavoitteet saavuttaa. Jos opiskeltavat aiheet liittyvät niin paikallisiin kuin kansainvälisiinkin ongelmiin, edellyttää niiden tutkiminen systeemiajattelua.⁸

Toinen osaamistavoite eli ongelmanratkaisu kuvaa kykyä ratkaista ongelmia järjestelmällisesti ja perustellusti arvioimalla ongelmaa sekä esittämällä järkeviä ratkaisuja perusteluineen. Tämä

on myös keskeistä, kun kehitetään uusia ideoita kemianteollisuudessa. Ongelmanratkaisukyky on myös oleellista kemian koulutuksessa ja erityisesti laboratoriotyöskentelyssä. Koululaboratoriotyöskentelyyn voidaan yhdistää ongelmanratkaisuharjoituksia, jotka perustuvat kemialliseen tietouteen ja kokemuksiin. Lisäksi laboratorioiden yhdistäminen tosielämän esimerkkeihin voi auttaa oppilaita ymmärtämään kestävä kehityksen kysymyksiä ja saamaan niihin yhteyden.⁸

Luova ajattelu eli kolmas osaamistavoite viittaa siihen, miten ongelmia lähestytään. On kyettävä yhdistelemään olemassa olevia ideoita ja luoda uusia yhdistelmiä. Kestävä tulevaisuus vaatii luovia ihmisiä, jotka osaavat olla innovatiivisia ja luoda uusia ratkaisua. Myös kemian tutkimusmenetelmien ja -kysymysten suunnittelu vaatii luovuutta.⁸

Neljäs osaamistavoite on kriittinen ajattelu, joka mainitaan jo luvussa 3.2. Kriittinen ajattelu on tärkeää niin kestävä kehityksen kuin tieteiden opetuksenkin kannalta, joten ESD:in ja kemian opetuksella on yhteys. Kyky ajatella asioita kriittisesti antaa mahdollisuuden huomioida kaikki kestävä kehityksen osa-alueet samanaikaisesti ja antaa mahdollisuuden etsiä ratkaisuja kestävä kehityksen haasteisiin. Kriittinen ajattelu liittyy myös laboratoriotyöskentelyyn. Oppilaiden on osattava ajatella kriittisesti tutkimusmenetelmiä ja saamaan tuloksia.⁸

Viidennellä osaamistavoitteella eli toimintakyvyllä viitataan siihen, että pystytään toimimaan sekä nykyhetkessä että tulevaisuudessa ja olla vastuussa omista teoistaan. Onkin tärkeää opettaa oppilaat ilmaisemaan omat näkemyksensä perustellusti sekä tulkitsemaan riittävällä tasolla tieteellistä tietoa.⁸

Oppilaille saattaa syntyä ahdistusta ja huolta, kun keskustellaan ympäristökysymyksistä luokassa. Kuudennen osaamistavoitteen eli tulevaisuusajattelun tarkoituksena on varmistaa, ettei ahdistusta pääsisi syntymään, kuten jo aiemmin mainittiin. Tulevaisuuden ajattelu on myös tärkeä osa kemian oppiaineen omaleimaisuutta. Kemian luonne oppiaineena ja kemian teollisuudessa tapahtuva tutkimus vaativat tulevaisuusnäkemysten tutkimista. Onkin tuotava esiin ajatus, että kemian innovaatiot voivat auttaa löytämään ratkaisuja erilaisiin ongelmiin liittyen ympäristöön, terveyteen ja muihin yhteiskunnallisiin aiheisiin tulevaisuudessa.⁸

Jokaisella ihmisellä on omat arvonsa ja norminsa. Seitsemäs osaamistavoite eli normatiivinen osaaminen viittaa siihen, miten erilaisia normatiivisia näkökulmia kuten normeja, arvoja ja maailmankatsomusta on sisällytettävä mukaan kemiankin opetukseen, koska tulevaisuudessa päätöstenteossa tulee huomioida ihmisten erilaiset arvopohjat. Näin päästään myös käsiksi siihen, että kestävä kehitys vaatii erilaisia päätöksiä, jotka perustuvat arvoihin ja normeihin, jotka on huomioitava päätöksen taustalla.⁸

Kemian tutkimuksen kannalta on tärkeää, että oppilaat pystyvät ilmaisemaan ajatuksensa ja mielipiteensä selkeästi useilla eri keinoilla (suullinen, kirjallinen, visuaalinen). Tähän liittyy osaamistavoite viestintä ja yhteistyö. Oman ilmaisun lisäksi on myös pystyttävä kuuntelemaan muiden mielipiteet ja ajatukset. Tämä seikka liittyy vahvasti normatiivisen osaamisen osaamistavoitteeseen.⁸

ESD-osaamistavoitteiden tarkoitus on siis mahdollistaa kestävän kehityksen oppiminen eri näkökulmista. Kemian kannalta viitataan siihen, miten eri osaamistavoitteet yhdistyvät kemian osaamiseen ja miten niiden avulla voidaan luoda kokonaiskuva sekä kestävän kehityksen että kemian oppimiselle.⁸

ESD käytännössä kuvaa sitä, kuinka kestävän kehityksen periaatteet toteutuvat luokka- ja kouluympäristössä tarjoten oppilaille mahdollisuuden kokea kestävä kehitys omassa elämässään. Termi kestävä koulu kuvaa kouluja, joissa yhteistyö, joustavuus ja luottamus ovat tärkeitä ja jossa monimuotoisuutta arvostetaan ja kaikkia kohdellaan kunnioittavasti. Kestävien koulujen lisäksi ESD käytännössä muodostuu koulurajoja ylittävästä yhteistyöstä ympäröivän yhteiskunnan kanssa. Kemian sisältöjä voidaan soveltaa paikallisesti eri yhteyksissä ja pyrkiä ratkaisemaan merkittäviä ongelmia omassa elinympäristössä. Näin oppilaat saadaan osallistumaan paikalliseen toimintaan ja ymmärtämään demokratiaa ja vaikuttamista.⁸

Kokonaisuudessa mallin tarkoituksena on ymmärtää kemia ja kestävä kehitys yhdessä niin, että kemia on kestävän kehityksen taustalla oleva edellytys. Pyritään siis ymmärtämään kemian sisältötieto ja ajattelemaan se osaksi kestävästä kehityksestä ja sen kaikkia osa-alueita. Kemia pyritään siis näkemään koulurajojen yli niin oppilaiden arkielämässä kuin teollisuudessa eri sovelluksissa. Tähän apukeinona on nostettu esille laboratoriotyöskentely, jonka avulla opitaan kemiaa käytännössä ja voidaan keskustella sen vaikutuksista kestävän kehityksen osa-alueisiin.⁸

4.3.3 Neljä perusmallia kestävän kehityksen ja kemian yhdistämiseen

Kestävän kehityksen lisääminen kemian opetussuunnitelmaan ei ole uusi idea. Viimeisten kahden tai kolmen vuosikymmenen aikana kemian opetukseen on otettu ympäri maailmaa käyttöön teemoja mm. vesivarojen puhtaana pitämiseen, happosateiden vaikutusten hoitamiseen, otsonikadon selvittämiseen ja uusiutuvien energialähteiden etsimiseen liittyen. Kestävän kehityksen yhdistäminen kemian opetukseen on siis jo käynnissä. Tämä voidaan

kuitenkin toteuttaa monella eri tavalla ja monilla erilaisilla malleilla.³⁰ Seuraavaksi käsitellään neljä perusmallia kestävän kehityksen ja kemian opetuksen yhdistämiseen.

Mallin 1 tarkoituksena on ottaa käyttöön vihreän kemian periaatteet laboratoriotyöskentelyssä. Koulussa tehtävät laboratoriotyöt voidaan siirtää makromittakaavasta mikromittakaavaan raaka-aineen kulutuksen pienentämiseksi sekä vaaralliset kemikaalit voidaan yrittää korvata turvallisilla vaihtoehdoilla. Lisäksi voidaan ottaa käyttöön katalyytit reaktioajan ja energian kulutuksen vähentämiseksi. Opiskelija oppii kuinka kemian tutkimus ja kemianteollisuus pyrkivät minimoimaan resurssien käyttöä, maksimoimaan vaikutukset ja suojelemaan niin ihmisten kuin luonnonkin hyvinvointia. Kestävään kehitykseen päästäänkin käsiksi, kun pohditaan, millainen vaikutus on ollut vihreän kemian tuomisessa luokahuoneeseen. Tämän lähestymistavan vahvuus on, että kemian koulutus todella edistää kestävää kehitystä vähentämällä käytettyjen kemikaalien määrää ja tuottamalla vähemmän jätettä. Huonona puolena kuitenkin on se, että toimintatapa ei sisällä käsittelyä yhteiskunnallisessa näkökulmassa. Näin taito osallistua keskusteluihin ja päätöksentekoon yhteiskunnassa jää huomioitta.³⁰

Mallin 2 tarkoituksena on kestävän kehityksen strategioiden lisääminen sisältönä kemian opetukseen. Tämä malli ottaa huomioon kestävän kehityksen edistämiseen käytetyt strategiat ja pyrkimykset, kun mietitään mitä sisältöjä kemiassa aiotaan opettaa. Tarkoituksena on tuoda kestävän ja vihreän kemian taustalla olevat kemialliset peruseriaatteet ja niiden teolliset sovellukset näkyviin kemian opetuksessa. Tähän voidaan yhdistää käytännön esimerkkejä, kuten tehokkaiden teollisuusprosessien kehittäminen, raaka-aineen säästö ja uusiutuvien materiaalien kehitys. Tämän lähestymistavan vahvuus on, että se korostaa arjen prosessien ja lopputuotteiden takana olevien kemiallisten periaatteiden oppimista, mikä tekee niistä opiskelijoille mielekkäämpiä.³⁰

Malli 3 pyrkii integroimaan kemian opetukseen yhteiskunnallisen näkökulman yhteiskuntatieteellisiä kysymyksiä (SSI) kautta. SSI-opetus ei keskity ensisijaisesti kemian oppimiseen oppiaineena tai kestävyyskysymyksiin sinänsä. Sen sijaan oppitunnit muovaavat kestävän kehityksen koulutusta kehittämällä yleisiä tietoja ja taitoja, jotka auttavat kasvattamaan yksilöä yhteiskunnan jäseneksi. Tämä malli eroaa mallin 2 lähestymistavasta siten, että se sisältää sekä tiedon kemiallisen perustan että heijastaa yhteiskunnan keskustelua tiedon käytön soveltamisesta käytännössä. Malli keskittyy ensisijaisesti opettamaan, kuinka kemian kehitystä voidaan todellisuudessa arvioida keskustellen yhteiskunnallisista kysymyksistä käyttämällä kaikkia kestävän kehityksen ulottuvuuksia. Tarkoitus ei olekaan

oppia kemiaa itsenäisesti vaan sisällyttää sen oppimiseen ajatus siitä, miten kemiaa käsitellään yhteiskunnassa.³⁰

Malli 4 pyrkii integroimaan kemian opetuksen osaksi ESD-lähtöistä koulutusta, sillä niiden tavoitteena on tuoda kemia osaksi kestävästä kehitystä eikä kestävä kehitys osaksi kemiaa. Tällainen lähestymistapa vaatii kemian luokkahuoneen avaamista. Mallin mukaan opetuksen tulisi olla kokonaisuutena osa kestävästä koulutusta, jonka päätavoitteena on kasvattaa oppilaat aktiivisiksi kansalaisiksi, joilla on kyky saavuttaa kestävä elämäntapa. Näin myös kemian koulutuksen pitäisi auttaa edistämään uutta muuttuvaa opetuskulttuuria. On monia mahdollisuuksia avata kemian opetusta siihen suuntaan, kuinka kyseinen aihe vaikuttaa meihin tässä ja nyt sekä tulevaisuudessa. Kemian opetuksen avulla voidaan aktiivisesti säästää resursseja, tarjota ehdotuksia jätteiden tehokkaaseen käsittelyyn ja kierrätykseen. Kemian opetuksen osalta ei tarvitse pysähtyä tilanteeseen, jossa keskitytään vain kestävästä kehityksen taustalla olevaan kemian teoriaan. Kemian tunnit voidaan muuttaa toimintapohjaisiksi, joissa oppilaat saavat omakohtaista kokemusta siitä, miten toimiin ryhtyminen vaikuttaa heidän omaan elämäänsä. Oppilaat voivat oppia, kuinka heidän henkilökohtainen panoksensa koulun sisäisiin päätöksentekoprosesseihin vaikuttaa sekä heidän käyttäytymisensä muuttumiseen että muutoksiin oppimisprosessissa, jossa kemia on olennainen osa.³⁰

Mallit 3 ja 4 vaikuttavat olevan parhaita kestävästä kehityksen opetuksen kannalta, sillä niiden avulla opitaan kestävästä kehitystä sisällyttäen kemia sen sisälle. On kuitenkin muistettava, että ESD-tavoitteet ovat vain osa kemian koulutuksen tavoitteita. Tärkeää on kuitenkin myös kemian puhtaiden ja soveltuvien puolten oppiminen, oppiaineen luonteen ymmärtäminen ja oppilaiden mahdollisuus valmistautua kemian ja tekniikan alan mahdollisiin ammatteihin. Tällaiset mahdollisuudet voitaisiinkin saavuttaa paremmin mm. mallin 2 avulla. Mallien toteuttamisessa on kuitenkin eroja: mallit 2 ja 3 voivat olla mahdollisuuksiltaan helpommin toteutettavissa kuin malli 4, sillä esimerkiksi mallin 2 saa toteutettua ilman opetussuunnitelman suurta muuttamista. Vastaavasti taas malli 1 on yksinkertaisin polku, sillä se ei liity opetussuunnitelmaan tai kemian taustalla olevaan pedagogiikkaan. Mallin 1 ongelmana on kuitenkin sen suppea sisältö ESD-aiheiden osalta.³⁰

Neljä perusmallia käsittelee yhdessä sitä, miten syvälle kemian opetuksessa mennään ESD sisältöihin ja jätetään kemia taka-alalle. Mallien 1 ja 2 ajatuksena on se, että opitaan kemiaa yhdistäen siihen kestävä kehitys, kun taas mallit 3 ja 4 käsittelevät sitä miten opitaan kestävästä kehitystä sisällyttäen kemia sen sisälle. Tärkeä näkökulmana kaikissa malleissa on kuitenkin oppilaan oppiminen niin, että he kokevat aiheen relevantiksi heidän omaan elämäänsä nähden

ja pystyvät siten oppimaan kemiaa ja kestävästä kehitystä yhdistettynä mielekkäällä tavalla joko kemia tai ESD edellä.

4.3.4 Kolmivaiheinen malli: Kemia osana ekologista kestävästä kehitystä

Mallin tarkoituksena on löytää tasapaino kaikkien kestävästä kehityksen osa-alueiden välille ja yhdistää ne olemassa oleviin kemian kursseihin erilaisten toimintatapojen avulla. Yksi näistä toimintatavoista on oppijakeskeinen lähestymistapa.²⁷

Kolmivaiheinen malli sisältää nimensä mukaisesti kolme vaihetta. Nämä vaiheet ovat: vaihe 1: Sosiokulttuuriset syyt ja tausta, vaihe 2: Tärkeimmät kemialliset näkökulmat suhteessa ekologiseen kestävästä kehitykseen ja vaihe 3: Yhteistyöhön perustuva ja arvokeskeinen keskustelu kestävästä tulevaisuuden näkökulmasta.²⁷

Vaihe 1 käsittelee pääsääntöisesti aiheiden sosiokulttuurisia syitä ja aiheen historiaa. Vaiheen avulla pyritään saamaan oppilaat ymmärtämään aiheiden tausta sosiokulttuurisesta näkökulmasta. Tarkoituksena olisikin luoda jokapäiväiseen elämään sidottu johdatus aiheeseen ja rakentaa kokonaisvaltainen näkemys taustatiedon hallinnan edellytykseksi. Kun omataan jonkinlainen ymmärrys sosiokulttuurisesta taustasta, voidaan siirtyä vaiheeseen kaksi.²⁷

Vaiheen 2 tarkoituksena taas on luoda oppilaille aiheen kemiallinen näkökulma. Aihetta tutkitaankin nyt kemian kannalta niin, että ymmärretään aiheen kemiallinen konteksti. Tässä vaiheessa oleellista on laboratoriotyöskentely. Erilaisten kokeellisten töiden tarkoituksena on antaa oppilaille tärkeää kemian sisältötietoa, joka auttaa asian syvemmän merkityksen ymmärtämiseen. Tämä puhtaan kemian vaihe auttaa ymmärtämään aiheen monimutkaisuuden ekologisesta näkökulmasta.²⁷

Vaiheessa 3 yhdistetään kaikki eri kestävästä kehityksen osa-alueet, ekologinen, sosiokulttuurinen ja taloudellinen näkökulma, kun pohditaan haasteista sekä erilaisia tuloksia ja tulevaisuuden näkökulmia. Ekologisen näkökulman osalta on nyt hallussa kemian sisältötieto ja sosiokulttuurisen näkökulman kannalta on pohdittu johdantotietoa. Taloudellista näkökulmaa voidaan pohtia näiden eri osien valossa. Kolmas vaihe korostaakin korkeamman tason ajattelutaitoja (systeemiajattelu), kun ollaan tekemisissä kaikkien kestävästä kehityksen osa-alueiden kanssa. Kolmannen vaiheen mielenkiintoisia kysymyksiä ovatkin: Antaako ESD oppilaille mahdollisuuden nähdä sosiokulttuuriset kysymykset osana kemiaa ja kestävästä

tulevaisuuden luomista, jäävätkö oppilaat voimattomiksi suurten haasteiden edessä ja kokevatko oppilaat, ettei heidän taitonsa ja tietonsa riitä?²⁷

Koska kyseessä ovat globaalit yhteiskunnalliset ongelmat, on opettajan juurrutettava oppilaisiin toivoa. Oppilaiden ei tarvitsekaan ratkaista ongelmia itse, mutta jos he itse toimivat vastuullisesti monilla elämän osa-alueilla ja yhteistyössä muiden kanssa, voidaan rakentaa turvallinen ja hyvä tulevaisuus. On muistutettava, että vain yhteistyön avulla voidaan luoda parempi tulevaisuus (lisätä uusiutuvien energiavarojen käyttöä), oppia elämään paremman maailman puolesta (siirtymällä ympäristöystävällisiin vaihtoehtoihin niin ruuan kuin autoilunkin suhteen) sekä muuttaa päivittäisiä rutiineja parempaan suuntaan (säästämällä rahaa ja resursseja sekä suosimalla aineetonta hyvinvointia).²⁷

Kolmivaiheisen mallin tarkoitus on tuoda oppilaille tieto aiheesta kaikkien kolmen kestävän kehityksen osa-alueiden näkökulmasta. Ensin pyritään luomaan pohjatiedot sosiokulttuurisen näkökulman avulla, jonka jälkeen ekologiseen näkökulmaan päästään käsiksi kemian oppimisen kautta. Lopuksi aiheesta voidaan keskustella myös taloudellisen näkökulman kautta yhdistäen siihen muutkin näkökulmat. Tavoitteena on opettaa oppilaille aiheita kestäväan kehitykseen liittyen yhdistäen kemia osaksi yhtä kestävän kehityksen osa-alueetta, ekologista kestävyttä. Lopulta saadaan oppilaalle oppimiskokemus jostain hänelle relevantista ja arkipäiväisestä aiheesta kestävän kehityksen näkökulmasta.

4.3.5 Yhteenveto malleista kestävän kehityksen opetukseen

Kestävän kehityksen opetukseen on siis esitetty erilaisia malleja. Malleille on yhteistä se, että mietitään miten kestävä kehitys ja kemia suhteutuvat toisiinsa ja mikä on oleellista niiden opettamisen kannalta. Kaikissa malleissa myös painotetaan opetuksessa yhteiskunnallisten kysymysten käsittelyä, poikkitieteellistä lähestymistapaa kuitenkin niin, että kemia on asioiden ytimessä sekä pedagogista lähestymistapaa, joka pyrkii pienillä muutoksilla saamaan aikaan tuloksia.^{30,37} Tarkoituksena on myös oppia erilaisista ympäristöistä oppijakeskeisellä lähestymistavalla ja oppia päätöksenteosta ja vaikuttamisesta yhteiskunnassa.

4.4 Esimerkkejä oppitunti- ja oppimiskokonaisuuksista

Koska kemiaa pidetään avaintekijänä kestävän kehityksen opetuksen kannalta^{8,26,28}, on myös rakennettava erilaisia kokonaisuuksia kestävän kehityksen ja kemian yhdistämiseen. Kestävää kehitystä onkin kemian osalta opetettu erilaisilla teemoilla. Näitä teemoja ovat mm. muovit, elinkaarianalyysi, vesistöjen hyvinvointi sekä polttoaineet.

Oppimiskokonaisuuksille on yhteistä herättää keskustelua myös kemian ulkopuolisista aiheista, kuten ekologiasta, taloudesta, etiikasta ja politiikasta.³⁹ Näin päästään käsiksi siihen, ettei kaikki ole vain puhdasta kemiaa²⁶ ja saadaan tutkittua yhtä aikaa eri kestävän kehityksen osa-alueita.³⁰

Käsitellään seuraavaksi muutamia esimerkkejä oppituntien toteutuksesta eri puolilta maailmaa.

4.4.1 Muovit

Muovit ovat suuri kemianteollisuuden polymeerituotannon tuote. Niiden avulla saadaankin herätettyä keskustelua kestävän kehityksen kaikissa kolmessa osa-alueessa ja näin päästään käsiksi myös ESD-tavoitteisiin. Ekologisesta näkökulmasta keskustelua herättää muovien hajoavuus. Myös muovien kierrätys ja uudelleenkäyttö jää vähäiseksi. Muovijätettä upotetaan meriin ja haudataan maahan, joista ne aiheuttavat haittaa eläimille.²⁶

Myös muoveissa käytetyt lisäaineet aiheuttavat ongelmia itse polymeerien eli muovien lisäksi. Muoveista käytettyjä lisäaineita on löydetty ympäristöstä ja niillä on todettu olevan haittaa niin ihmiselle kuin eläimillekin mm. erilaisten sairauksien aiheuttajana.²⁶

Kun keskustellaan muoveista, nostetaan esiin fossiiliset polttoaineiden säilyminen ja jätevirtojen vähentäminen. Nykyinen muovien tuotanto ja käyttö edistää kuitenkin merkittävästi raakaöljyvarojen säilyttämistä ja jätteiden synnyn ehkäisemistä. On myös laskettu, että jos käytettäisiin vaihtoehtoisia materiaaleja, kuten lasia ja paperia, niiden kulutus kasvaisi jopa nelinkertaiseksi, mikä vastaavasti synnyttäisi lisää päästöjä. Olisikin keksittävä tehokkaita menetelmiä muovien kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön, jotta sen aiheuttamat haitat eivät olisi merkittäviä.²⁶

Käsitellään kolme esimerkkiä siitä, miten muovien ominaisuuksia ja sovelluksia voisi opettaa koulukemiassa. Ensimmäinen esimerkki liittyy kuluttajatestimenetelmään, toinen laboratoriotyöskentelyyn ja kolmas näiden yhdistämiseen.

4.4.1.1 Kuluttajatestimenetelmä

Kuluttajatestimenetelmän tarkoituksena on jäljitellä aitoa yhteiskunnallista tuotetestausmenetelmää. Tarkoitus on käydä läpi tuotetestaus ja tehdä vertailua eri tuotteiden välillä. Opiskelijat pääsevät tutustumaan kuluttajatestimenettelyn tavoitteisiin ja henkilökohtaisesti arvioimaan ja vertailemaan eri muoveja.²⁶

Kuluttajatestimenetelmissä on läsnä erilaisia testiulottuvuuksia, joita painotetaan tietyllä tavalla usein prosentuaalisesti. Testin lukijalle jää usein kuitenkin epäselväksi, miten tällainen painotus on valittu ja miten se todellisuudessa vaikuttaa tulokseen. Tässä esimerkissä muovattiin kestävän kehityksen osa-alueista kuluttajatestille kolme kategoriaa: ekologinen, taloudellinen ja yhteiskunnallinen.²⁶

Itse oppimiskokonaisuus alkoi sanomalehtiartikkelien otsikoiden luonnilla. Opiskelijoille näytettiin joko biopolymeerejä tuottavan alan esitteitä tai TV-dokumentti valtamerten muovijäteongelmasta. Tämän jälkeen oppilaat tekivät sanomalehtiartikkelille otsikoita, jotka olivat huomiota herättäviä. Otsikot kerättiin taululle ja niistä keskusteltiin.²⁶

Otsikoiden kirjoittamista seurasi laboratoriovaihe, joka toteutettiin pistetyöskentelynä. Vaihe sisälsi yhdeksän erilaista työtä, joista osa oli kokeellisia ja osa teoreettisia. Työt käsittelivät monipuolisesti muovien fysikaalisia ominaisuuksia, polymeeristä rakennetta, tuotantoa ja ominaisuuksia sekä vertailua muihin materiaaleihin. Näitä töitä olivat mm. muovien palaminen verrattuna muihin materiaaleihin, polymeerien yleinen rakenne, biohajoavien materiaalien ja polyesterin valmistus sekä internet-tutkimus muovien yleiskatsaus.²⁶

Laboratoriovaiheen jälkeen keskustelua otsikoiden luomista kysymyksistä jatkettiin. Tässä vaiheessa opiskelijoille oli selvää muovien kemialliset kysymykset, kuten rakenne ja ominaisuudet, mutta monet kysymykset, jotka liittyivät jäteongelman ratkaisuun ja uusiin vaihtoehtoihin menetelmiin olivat kuitenkin vielä ratkaisematta.²⁶

Tämän jälkeen alkoi kuluttajatestivaihe. Opiskelijat arvioivat kolmea eri muovia: polyvinyylikloridi (PVC), polyetyleenitereftalaatti (PET) ja styreenipohjainen termoplastinen elastomeeri (TPS). Kaikilla näistä on sekä hyviä että huonoja ominaisuuksia. Opiskelijat jaettiin kolmeen ryhmään, joissa jokainen ryhmä työskenteli yhden muovin kanssa. Jokaisesta muovista oli jaettu teksti, jossa selitetään sen valmistus, käyttö, edut ja haitat. Opiskelijoiden

tuli arvioida oman muovinsa edut ja haitat neljässä eri ulottuvuudessa: kestävän kehityksen osa-alueet: ekologinen, taloudellinen ja yhteiskunnallinen sekä käytössä olevien ominaisuuksien analyysi. Kokonaisarviota varten opiskelijoille ei kuitenkaan annettu painotusta eri ulottuvuuksien välille vaan heidän tuli keskenään keskustellen pohtia mitä osa-aluetta painottavat minkäkin verran.²⁶

Seuraavassa vaiheessa luokka jaettiin uudelleen ryhmiin niin, että jokaisessa ryhmässä oli asiantuntija kustakin muovista. Uudet ryhmät kertoivat oman muovinsa edut ja haitat ja keskustelivat arvioistaan. Keskustelun aikana opiskelijoille valkeni miten muovien haitat ja edut tasapainottavat toisiaan nopeasti. Jokainen muovi sai lopulta samankaltaiset arviot, vaikka ne ovat hyvin erilaisia.²⁶

Opiskelijoille selvisi myös, että tärkein tavoite ei ollut luokitella eri muovityyppejä taloudellisesta, ekologisesta tai yhteiskunnallisesta näkökulmasta, vaan pyrkiä tarkastelemaan menetelmän painotus- ja keskusteluprosesseja. Näin kilpailevat ulottuvuudet kuten kestävän kehityksen osa-alueet, voivat saada erilaisen perspektiivin, kun niitä arvioidaan samanaikaisesti. Opiskelija ymmärsi, että jokainen vaihe prosessissa on yksilöllinen päätös, johon vaikuttavat arvioijan arvot ja eettiset näkökohdat.²⁶

Tärkeää oli se, että arviointiulottuvuudet herättivät kysymyksiä oppilaissa. Oppilaat huomasivat sen, miten ristiriitaisesti saman muovin eri ominaisuudet törmäävät etujen ja haittojen muodossa, kun tarkastellaan niitä eri kestävän kehityksen ulottuvuuksista. Huomattiinkin se, miten kestävän kehityksen eri osa-alueet menevät päällekkäin valintoja tehdessä eikä niiden arviointi ole helppoa.²⁶

Oppituntikokonaisuus sai opiskelijoilta positiivista palautetta. Kokonaisuuden katsottiin tarjoavan enemmän kuin vain puhdasta kemiaa, joka katsottiin eduksi. Opiskelijat totesivat myös, että heillä oli tunne, että he ymmärtävät paremmin kestävän kehityksen eri osa-alueita ja niistä käytävää keskustelua. Kokonaisuuden koettiin myös vaikuttavan positiivisesti opiskelijoiden oppimismenestykseen ja mielenkiintoon kemiaa kohtaan.²⁶

4.4.1.2 Polymeerisynteesi

Oppituntiesimerkissä opiskelijat jaettiin kahteen ryhmään, joista toinen ryhmä suoritti polymeerisynteessin ja toinen ryhmä depolymeroinnin. Lisäksi kaikki opiskelijat suorittivat kokeen, joka havainnollisti eron polymeerin depolymeroitumisen ja liukenemisen välillä.⁴⁰

Polymeerisynteesireaktiona toimi laktidin renkaanavaus-polyadditioreaktio, jossa lopputuotteena saadaan polylaktidia (PLA). Vastaavasti depolymerointi reaktiossa opiskelijat depolymeroivat polyeteenitereftalaattia (PET).⁴⁰

Koe liukoisuuden ja depolymeroinnin erosta suoritettiin seuraavasti: Ensin valmistettiin vesiliuokset glukoosista ja maapähkinästä, joka mallintaa tärkkelystä. Molempiin liuoksiin lisättiin kaliumjodidia (KI) sekä jodia (I₂). Tärkkelysliuoksen väri muuttui siniseksi ja glukoosiliuoksen värissä ei havaittu muutosta. Näin opiskelijat pystyivät päättämään, ettei tärkkelys depolymeroidu vaan liukenee muodostaen sen monomeerejä eli glukoosia. Tämän ymmärtäminen on tärkeää, jotta ymmärretään PET-muovin depolymeroitumiskyky.⁴⁰

Laboratoriotyöskentelyn lisäksi sekä ennen työskentelyä että työskentelyn jälkeen opiskelijoiden kanssa keskusteltiin muovin raaka-aineista sekä siitä, mitä muoveille tapahtuu niiden käytön jälkeen.⁴⁰

Opiskelijat kokivat kiinnostuksensa aihetta kohtaan nousseen kokeellisen työskentelyn aikana. Lisäksi opiskelijoiden itseluottamus omaa osaamista ja taitoja kohtaan kasvoi työskentelyn yhteydessä. Kiinnostus luonnontieteitä kohtaan pysyi ennallaan, joskin ryhmällä oli jo ennestään korkea kiinnostus luonnontieteitä kohtaan.⁴⁰

4.4.1.3 Ei-biohajoavien muovien ympäristövaikutuksesta

Oppimiskokonaisuuden: *"Plastic: Reduce the use!"* tavoitteena oli lisätä opiskelijoiden vastuuntuntoa ympäristöasioita kohtaan. Oppimiskokonaisuuden avulla pyrittiin lisäämään opiskelijoiden tietoisuutta ei-biohajoavien muovien ympäristövaikutuksista. Oppimiskokonaisuuden aikana luotiin tietoisuutta siitä, miten voidaan vähentää muovien aiheuttamia haittoja mm. kierrätyksen ja vaihtoehtoisten materiaalien käytöllä.³⁹

Oppimiskokonaisuus alkoi keskustelulla, joka pohjautui kuviin muovituotteiden aiheuttamista ongelmista. Näitä ongelmia olivat mm. ympäristön saastuminen ja kuolleet eläimet

makaamassa meren rannoilla, jotka olivat täynnä muoviroskaa. Tämän tarkoituksena oli herättää oppilaiden tunteet ja saada heidät sitoutumaan emotionaalisesti.³⁹

Seuraavaksi tutustuttiin polymeerien ominaisuuksiin ja tieteellisiin käsitteisiin, jotka niihin liittyy. Käytiin läpi mm. polymeerien luonne, toistuva yksikkö sekä kierrätys ja biohajoavat polymeerit. Tämä vaihe pyrittiin vielä tuomaan lähelle oppilaiden arkea, jotta inspiraatio heräisi.³⁹

Tämän jälkeen tutustuttiin eri polymeerien liukoisuuteen, joka on tärkeää muovien hajoamisprosessin kannalta. Tutkimuksessa tutkittiin polyeteenin ja polyvinyylialkoholin liukoisuutta veteen.³⁹

Tämän jälkeen oppilaat analysoivat "*analysis of profit gain and loss*" -nimistä työkalua. Työkalun taulukko on kaksiulotteinen. Ensimmäinen ulottuvuus käsitteli keinoja biohajoamattomien muovien vähentämistä. Taulukon toinen ulottuvuus taas käsitteli kriteerejä, joihin ensimmäinen ulottuvuus voi vaikuttaa parempaan tai huonompaan suuntaan. Ensimmäisen ulottuvuuden esimerkkejä ovat mm. kulutuksen vähentäminen, biohajoavien muovien lisääminen eri yhteyksiin ja pullojen kierrätyskampanjat. Toisen ulottuvuuden esimerkkejä vastaavasti ovat tuotteiden hinta, työntekijöiden altistuminen tuotannossa sekä maasto-olosuhteet. Taulukon täyttämisen jälkeen oppilaita pyydettiin arvioimaan valitsemansa keinot toisen ulottuvuuden avulla ja valitsemaan paras keino biohajoamattomien muovien käytön vähentämiseksi.³⁹ Tämän jälkeen toteutettiin vielä kuluttajatestausmenetelmä kolmelle eri muoville niin kuin se on luvussa 4.4.1.1 kuvattu.

Oppimiskokonaisuus opetti sen, että vaikka monet kemianteollisuuden tuotteet sisältävät puhtaasti kemiallisia aineita, on niiden käyttöä ja valmistusta arvioita kemian lisäksi myös muiltakin näkökannoilta.³⁹

4.4.2 Elinkaarianalyysi

Elinkaarianalyysi (*Life-cycle analysis, LCA*) yhdistää vihreän kemian, kestävän kehityksen ja tekniikan alan. LCA on lähetystapa, joka arvioi tuotteen, prosessin tai toiminnan ympäristövaikutukset tutkimalla eri kemikaalien, materiaalien ja energian nettovirrat. LCA arvioi myös resurssien käytön ja päästöt sekä terveysvaikutukset, mikä mahdollistaa sen, että

voidaan miettiä ympäristölle parempia vaihtoehtoja tuotteen elinkaareissa.^{1,3} LCA:n avaintekijänä on se, että sen sisältö perustuu oppilaiden omiin etuihin tulevaisuutta ajatellen.³

LCA-projektin tavoitteena oli saada oppilaat pienissä ryhmissä pohtimaan tuotteen elinkaaren hyviä ja huonoja puolia. Oppilaat saivat itse valita tuotteen oman mielenkiintonsa mukaan. Projektin aikana oppilaat loivat omia tutkimuskysymyksiä, etsivät tietoa, keskustelivat löytämästään tiedosta ryhmässä sekä yhdessä muiden ryhmien kanssa ja esittelivät oman tuotoksensa muille ryhmille.^{1,2}

Oppilaat keräsivät tietoa raaka-aineista, valmistusprosesseista ja käytöstä sekä kierrätyksestä ja jätehuollosta. Jos oppilaat onnistuivat tiedonhaussa hyvin, voi tutkimuksessa olla tarkkojakin tietoja tai arvioita myös tuotteen käyttöiästä, jalanjäljistä, terveys- ja ympäristövaikutuksista.¹⁻

³ Oppilaiden tekemät tutkimuksensa saattoivat sisältää myös keskustelua tuotteen ekologisesta repusta tai kuluttajan ekologisesta jalanjäljestä, vesijalanjäljestä tai hiilijalanjäljestä.³

Projektin jälkeen oppilailta oli mahdollisuus keskustella eettisistä kysymyksistä, kuten tuotteiden hyödyllisyydestä, vastuullisuudesta (veden käyttö kulutustuotteiden valmistukseen³) ja omista toimintamahdollisuuksista.^{1,2} Myös kemiaan liittyvistä ratkaisuista mm. raaka-aineiden käyttöön ja kierrätykseen liittyen voitiin keskustella.³

Projektin aikana oppilaiden asenteet kemiaa kohtaan muuttuivat positiivisiksi: kemia muuttui hyödyttömästä hyödylliseksi. Kemian sisältötiedosta tuli heille selkeästi kiinnostavampaa, koska se liittyi heidän jokapäiväiseen elämäänsä ja vastuuseen.²

LCA-projektin aikana oppilaiden yhteiskuntatietoisuus kasvoi. Oppilaat ymmärsivät projektin jälkeen, että tuotteen prosesseissa on muitakin vaikuttavia tekijöitä kuin vain valmistus ja käyttö. Oppilaat alkoivat miettiä miten he itse voivat vaikuttaa yhteiskuntaan. Melkein kaikki oppilaat kuvasivat kierrätyksen tärkeyden projektin jälkeen.² Myös oppilaiden argumentaatiotaidot kehittyivät projektin aikana.³

4.4.3 Stoikiometria vihreän kemian avulla

Oppituntiesimerkin aiheena oli opettaa stoikiometriaa vihreään kemiaan yhdistettynä. Tarkoitus oli siis oppia kemiallisen reaktion stoikiometriaa sekä kolmea vihreän kemian periaatetta: atomiekonomiaa, jätteiden synnyn ehkäisyä sekä turvallisuuden lisäämistä.⁴¹

Ennen laboratoriotyöskentelyä opiskelijat suorittivat tehtävän, jossa käsiteltiin vihreän kemian periaatteet sekä kerrattiin aiempaa tietoutta stoikiometriasta. Opiskelijoille annettiin mahdollisuus korjata omat väärinymmärryksensä ja luoda tarvittava pohja laboratoriotyötä varten.⁴¹

Varsinaisessa laboratoriotyössä opiskelijoiden oli tarkoitus selvittää seoksen koostumus kuumentamalla ja punnitsemalla. Seos sisälsi natriumkarbonaattia ja natriumvetykarbonaattia. Opiskelijat työskentelivät kahden hengen ryhmissä. Jokaisella ryhmällä oli oma laboratorioraporttinsa, joka oli osittain täytetty. Raportteja oli kolmenlaisia: yhdessä ei ollut materiaaleja tai menetelmää kuvattuna, yhdessä olevia tuloksia ei voitu toistaa ja yksi ei sisältänyt pohdintaosioita. Tarkoituksena oli korjata raportti ja vahvistaa raportissa oleva oikea tieto kokeesta saamien tulosten perusteella. Opiskelijat saivat keskustella muiden ryhmien kanssa kokeiden aikana, mutta raportteja ei saanut vaihtaa. Näin opiskelijat saivat samalla harjoitella vuorovaikutustaitoja. Laboratoriotyö opetti opiskelijoille kriittistä ajattelua ja tieteellisen menetelmän hallintaa. Tarkoituksena oli myös välttää ulkoa opettelua ja suoraa ohjeen seuranta.⁴¹

Työssä sovellettiin vihreää kemiaa myös niin, että kaikki syntyvä jäte kerättiin ja mahdollisuuksien mukaan uudelleen käytettiin, käytetyt reagenssit olivat vaarattomia sekä kaikki reagoivat aineet saatiin tuotettua lopputuotteeksi.⁴¹

Opiskelijat suhtautuivat myönteisesti vihreää kemiaa opettavaan laboratoriotyöskentelyyn. Työ osoitti, että vihreä kemia todellisuudessa toimii tehokkaana työkaluna mm. jätteiden vähentämiseen ja näin ympäristön suojeluun.⁴¹

4.4.4 Liuostasapaino

Tässä oppituntiesimerkissä tarkoituksena oli oppia liuostasapainoa ja jaksollisen järjestelmän ominaisuuksia vihreän kemian kanssa. Kehitetty koe oli ensimmäisiä, joka liuostasapainon lisäksi sisälsi jaksollisen järjestelmän tutkimisen sekä vihreän kemian periaatteiden oppimisen. Vihreä kemia näkyi työssä siten, että pyritään käyttämään raskasmetallien kuten hopean tai lyijyn sijaan vaarattomia metalleja, käytetyt suolat ovat edullisia ja myrkyttömiä, jolloin opiskelijoille ja ympäristölle aiheutuva riski vähenee sekä käytetään laimeita liuoksia, jolloin jätettä syntyy vähemmän ja tämä vähäinenkin jäte neutraloidaan ennen hävittämistä.⁴¹

Työssä opiskelijat tutkivat niukkaliukoisten suolojen, kuten kalsium-, magnesium- ja strontiumhydroksidien, liuostasapainoa ja määrittivät niiden liukoisuustulot. Tämän lisäksi arvioitiin jaksollisen järjestelmän perusteella muidenkin suolojen liuostasapainoa. Liuostasapainon tutkimisen lisäksi hydroksidipitoisuus määritettiin happo-emäs-titrauksen avulla käyttämällä indikaattorina fenoliiftaleiiniä. Samalla saatiin liuos neutraloitua kierrätystä varten. Koska käytetyt suolat olivat varsin yksinkertaisia, pysyi myös liuostasapainolaskut yksinkertaisia eikä siitä aiheutunut ongelmia.⁴¹

Keittokirjamaisen menettelyn sijaan opiskelijat saivat suunnitella ja toteuttaa kokeensa itse ryhmissä. Tämä toimi esitehtävänä ennen kokeellista työtä ja valmiit suunnitelmat hyväksyttiin vanhemmilla opiskelijoilla. Tässäkin tapauksessa opiskelijat saivat täytettäväksi osittain kirjoitetun laboratorioraportin, joiden tarkoituksena oli ohjata opiskelijat tutkimaan jaksollisen järjestelmän ominaisuuksien löytämistä. Raportti sisälsikin ryhmän 2 hydroksidisuoloja, joita ei ollut tutkittu kokeellisesti. Näin opiskelijat joutuivat jaksollisen järjestelmän perusteella ennustamaan näiden suolojen liukoisuuden. Raporteissa oli myös kolmenlaisia virheitä tai puutteita: yhdessä versioissa oli virheelliset laskut, toisessa epätäydellinen menetelmä ja kolmannessa materiaaleja ei ollut lueteltu. Puuttuvien ja virheellisten tietojen täydentämisen lisäksi opiskelijoiden oli perusteltava todentamattomien kokeellisten tietojen tulokset jaksollisen järjestelmän avulla.⁴¹

Tässäkin työssä opiskelijat saivat olla vuorovaikutuksessa keskenään, mutta raporteja ei saanut vaihtaa. Tämä toimintatapa edisti yhteistyötä ja keskustelutaitoa. Opiskelijat pitivät työn vuorovaikutustaitojen kehittamisestä ja siitä, että se vaati uudenlaista ajattelua. Osalle opiskelijoista valmiiksi kirjoitettujen laboratorioraporttien tulkinta ja hyödyntäminen tuotti kuitenkin ongelmia.⁴¹

4.4.5 Vesistöt

Maapallon pinta-alasta noin 71 % on vettä.⁴ Tästä vesimäärästä kuitenkin vain 2,5 % on juomakelpoista makeaa vettä.¹² Ylivoimaisesti suurin osa tästä vedestä käytetään kuitenkin muuhun kuin ihmisten juomavedeksi.⁴²

663 miljoonalla (vuodelta 2023⁴²) ihmisillä ei tällä hetkellä ole mahdollisuutta kunnolliseen juomaveden lähteeseen. Lisäksi yhä edelleen suuri osa jätevesistä johdetaan jokiin ja meriin puhdistamattomina, mikä aiheuttaa ongelmia niin ihmisille kuin luonnollekin.⁴²

Kemian opetuksessa tulisikin esittää keinoja veden puhdistukseen ja auttaa oppilaita ymmärtämään puhtaan veden tarpeen. Seuraavaksi kuvataan kaksi esimerkkiä veden puhdistuksesta ja sen laadun varmistamisesta kemian opetuksessa.

4.4.5.1 Veden juomakelpoisuuden tutkiminen

Oppimiskokonaisuus: ”*Water and us*” keskittyi tutkimaan veden laatuun vaikuttavia tekijöitä. Vesi on suuressa osassa jokapäiväistä elämää kaikkialla maailmassa, erityisesti tutkimusmaassa Israelissa ja siksi sen laatua on tärkeää tutkia, ettei sen juominen aiheuta haittoja. Oppimiskokonaisuuden aikana opiskelijat oppivat miten erilaisia materiaaleja voidaan käyttää veden puhdistukseen.³¹

Oppimiskokonaisuus pohjautui kysymykseen: ”Onko vesi tarpeeksi puhdasta juotavaksi?”. Tätä kysymystä tutkittaessa päästiin käsiksi kemialliseen taustatietoon veden läpikäymästä prosessista ennen sitä, kun se tulee kotimme hanasta.³¹

Oppimiskokonaisuus perustui laboratoriotyöskentelyyn, jonka tarkoituksena oli haastaa oppilaat jokapäiväisessä elämässä. Veden tutkimisen ajateltiin ylläpitävän opiskelijoiden kiinnostusta ja se mahdollisti opettajalle mahdollisuuden käyttää helposti ymmärrettäviä testausmenetelmiä.³¹

Oppimiskokonaisuus sisälsi kemiaan liittyviä käsitteitä kuten konsentraatio, veden laadulliset kriteerit, sekä kokeiden luotettavuuteen liittyvät tekijät. Oppimiskokonaisuuden aikana tutustuttiin mm. titraukseen sekä UV/VIS-spektroskopian toimintaan. UV/VIS-tekniikan avulla tutustuttiin mm. Lambert-Beerin lakiin ja kalibrointikäyrän tekoon, sekä siihen miten määritellään, onko tekemämme mittaus luotettava.³¹

Oppimisprosessin lopuksi opiskelijat osallistuivat ”*need-to-take-an-action*” -osioon, jonka tarkoituksena oli saada opiskelijat ymmärtämään kemian merkitys yhteiskunnassa. Osio auttoi myös opiskelijoita ymmärtämään roolinsa vastuullisina kansalaisina.³¹

Oppimiskokonaisuus auttoi opiskelijoita ymmärtämään kemian ja arkipäivän yhteyden. Opiskelijat ovat myös kiinnostuneempia ja halukkaampia toimimaan ympäristönsä hyväksi moduulin jälkeen.³¹

4.4.5.2 Saastuneen veden puhdistus fotokatalyyttisesti

Saastuneen veden puhdistamista voidaan mallintaa laboratoriotyöllä, joka perustuu fotokatalyyysiin. Työssä metyleeninsinistä käytetään mallintamaan orgaanisia epäpuhtauksia, joita veteen saattaa päätyä. Auringon valon läsnäollessa metyleeninsininen kokee valohajoamisen. Menetelmän toimiminen vaatii myös titaanidioksidin, TiO_2 , läsnäolon.⁴⁰

Opiskelijat altistivat titaanidioksidin ja metyleeninsinisen vesiliuoksen auringonvalolle (tai UV-valolle) eri pituisia aikoja. Opiskelijat mittasivat valohajoamisprosessin kinetiikkaa. Kun liuoksia oli altistettu valolle tarpeeksi kauan, erotettiin titaanidioksidi liuoksesta sentrifugoimalla. Tämän jälkeen tutkittiin, kuinka paljon liuokseen jäi metyleeninsinistä UV/VIS-spektroskopian avulla. UV/VIS-mittaus suoritettiin käyttämällä 644 nm aallonpituutta.⁴⁰

Ennen ja jälkeen laboratorion kokeen opiskelijat keskustelivat maailmanlaajuisesta ongelmasta juomaveden riittävyyden ja puhtauden näkökulmasta sekä veden puhdistamiseen liittyvistä uusista teknologista sovelluksista.⁴⁰

Opiskelijat kokivat kiinnostuksensa aiheita kohtaan nousseen kokeellisen työskentelyn aikana. Kuitenkin kiinnostus luonnontieteitä kohtaan pysyi ennallaan, joskin ryhmällä oli jo ennestään korkea kiinnostus luonnontieteitä kohtaan. Tämän lisäksi opiskelijoiden itseluottamus omaa osaamista ja taitoja kohtaan kasvoi työskentelyn yhteydessä.⁴⁰

4.4.6 Hiilidioksidin kierto maapallolla

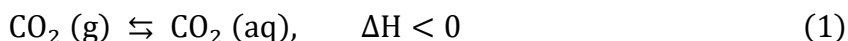
Oppimiskokonaisuuden: ”*We are the World*” – *Carbon cycle*, pääteemana oli kasvihuoneilmiö. Tavoitteena oli antaa opiskelijoille mahdollisuus ymmärtää ilmaston lämpenemistä ja oppia siihen liittyvien ympäristökysymysten tausta. Ympäristökysymyksistä voitiin oppia mikrotasolla molekyyleistä ja siirtää tämä tietämys jokapäiväisen elämän makrotasolle. Lisäksi oppimiskokonaisuus opetti opiskelijat kriittiseen ajatteluun ja antoi mahdollisuuden oppia tilastollisia taitoja tiedon jäsentelyyn.³¹

Kasvihuoneilmiön tutkiminen toi kemian opetukseen globaalin näkökulman. Näin päästiin käsiksi globaaleihin teemoihin kuten talouteen ja politiikkaan. Tarkoituksena oli myös päästä

käsiksi tiedeyhteisön toimintaan, joka näkee sekä maapallon että ilmakehän yhtenäisenä kokonaisuutena eikä vain vuorovaikutuksessa toistensa kanssa.³¹

Oppimiskokonaisuuden käsittelemiä aiheita olivat mm. Auringon säteilyn ja ilmakehän rooli asumiskelpoisen Maan säilyttämisessä sekä hiilen kierto maapallolla. Ilmakehän hyvinvointiin vaikuttaa tällä hetkellä paljon teollisuusmaiden polttoaineen käyttö, joka nostaa ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Oppimiskokonaisuus sisälsi siis monimutkaisia ympäristökysymyksiä, joita varten opiskelijoilla oli mahdollisuus suorittaa kokeita ja tutkia asioita laboratoriossa.³¹

Oppimiskokonaisuuden ensimmäinen vaihe keskittyi hiilidioksiditasapainon tutkimiseen. Tarkoituksena oli tutkia hiilidioksidin liukenemiseen liittyvää tasapainoreaktiota (Reaktio 1) ja sen vaikutuksia jokapäiväiseen elämään ja ympäristöön. Opiskelijat rakensivat esimerkkijärjestelmän, jossa he tutkivat hiilen kiertoa. Jos opiskelijoilla oli aikaisempaa tietoa tasapainoreaktioista, nyt heille annettiin mahdollisuus soveltaa tietoa käytännön ongelmaan.³¹



Opiskelijat olivat myös nähneet uutisia ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kohoamisesta eri medioissa. Nyt heidän oli mahdollisuus arvioida tämän tiedon luotettavuutta omien kokeiden ja havaintojensa pohjalta. Ennen oppimiskokonaisuutta opiskelijoilla ei ollut tarvetta kritisoida median antamaa tietoa ja heidän oli vaikea arvioida omaa merkitystään kasvihuoneilmiön etenemisessä.³¹

Seuraavassa vaiheessa opiskelijat tutustuivat siihen, kuinka hiilidioksidi, niin luonnollisesti vapautunut kuin teollisestikin vapautunut, poistuu ilmakehästä. Tämän tasapainoprosessin aikana opiskelija oppi miten pieni muutos molekyyllitasolla saa aikaan valtavia muutoksia makrotasolla ympäristössämme.³¹

Seuraavan vaiheen tarkoituksena oli auttaa opiskelijoita ymmärtämään paremmin ilmaston lämpenemistä ja ihmisen vaikutusta siihen. Tutkittiin sitä, miten hiilidioksidikaasu toimii kasvihuonekaasuna. Tämän oppimiseen opiskelijat tarvitsivat tietoa sähkömagneettisesta säteilystä ja lämpötilan yhteydestä. Opiskelijat suorittivat ”palavan pullon kokeen”, jossa he vertasivat hiilidioksidin ja ilman lämpöominaisuuksia. Lisäksi tutkittiin muiden parametrien vaikutusta lämpötilan nousuun säteilyn vaikutuksesta.³¹

Viimeinen vaihe summasi kaikki edelliset vaiheet yhteen. Kun opiskelijoilla oli kasassa tietoa siitä, miten hiilidioksidi toimii kasvihuonekaasuna, he osasivat suhtautua kriittisesti ilmaston lämpenemistä median välityksellä saatuun tietoon. Vaiheen aikana opiskelijat tutustuivat vielä erilaisiin malleihin, joiden avulla pyritään ennustamaan tulevaisuuden tapahtumia. Lisäksi

opiskelijat tutustuivat niin kansainvälisiin kuin paikallisiin keinoihin vähentää hiilidioksidipäästöjä. Opiskelijoita kannustettiin tuomaan omaa tietoaan ja ideoitaan esille sen suhteen, miten kasvihuoneilmiötä voisi hillitä sekä toimimaan vastuullisina kansalaisina omien tietojensa mukaan. Oppimiskokonaisuus auttoi opiskelijoita myös ymmärtämään kemian ja arkipäivän yhteyden. Oppimiskokonaisuuden jälkeen opiskelijat olivat kiinnostuneempia ja halukkaampia toimimaan ympäristönsä hyväksi.³¹

4.4.7 Polttoaineet

Biopolttoaineet ovat vähentäneet fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Niidenkin liittyy kuitenkin erilaisia ongelmia niin valmistuksen kuin käytönkin suhteen.^{39,40} Tutustutaan seuraavaksi oppimiskokonaisuuteen parhaan polttoaineen valinnasta sekä biodieselin valmistuksesta.

4.4.7.1 Erilaisten polttoaineiden tutkiminen ja vertailu

Tämä oppimiskokonaisuus perustui kysymykseen: "*Can used oil be the next generation fuel?*". Tarkoitus olikin tutkia erilaisia polttoaineita ja niiden toimivuutta tulevaisuuden polttoaineina.³⁹

Tunti alkoi tutustumalla maailman energiakriisiin ja sen seurauksiin. Ajatuksena oli välittää oppilaille kuva siitä, että kyseessä on todellinen ja maailmanlaajuinen ongelma eikä vain skenaario luonnontieteen opetuksessa.³⁹

Alkukeskustelun jälkeen oppilaat suorittivat kokeen, jossa he tutkivat eri polttoaineiden lämpöarvoja ja niistä aiheutuvia epäpuhtauksia. Tarkoituksena oli määrittää tarvittava polttoaineen massa, joka saa tietyn vesimäärän lämpötilan nousemaan 30 °C:seen. Epäpuhtauksien määrää pystyttiin tutkimaan Ringlemannin -asteikolla, joka määrittää liekin mukana tulevien nokihiukkasten pitoisuutta.³⁹

Kun kemialliset ominaisuudet olivat tutkittu oppilaiden tuli päättää mikä oli paras polttoaine. Ennen päätöksentekoa oppilaille pyrittiin tuomaan tietoa biodieselin käytöstä. Kuvia katselemalla pyrittiin korostamaan, että mm. osa valmistuvasta sadosta saatetaan käyttää suoraan polttoaineeksi sen sijaan että se käytetään ravinnonlähteenä maailmalla. Päätös tuli

perustella, mutta ennen sitä oli keskustella ryhmän kanssa siitä, mikä on parhaan polttoaineen merkitys. Keskustelu toteutettiin paneelikeskustelun tapaan. Tarkoitus olikin oppia se, ettei päätös perustu pelkästään kemiallisiin ominaisuuksiin, vaan siinä on huomioita myös muut kriteerit. Näitä kriteereitä ovat hinta, ympäristökäyttäytyminen, tuotantomenetelmät ja yhteiskunnalliset vaikutukset.³⁹

Oppilaat oppivat miten erilaiset näkökulmat vaikuttavat päätöksentekoon. He kokivat tilanteen, jossa kemian opetus ei ole puhdasta kemiaa vaan sisältää näkemyksiä myös taloudesta, etiikasta, ekologiasta ja muilta eri aloilta.³⁹

4.4.7.2 Biodieselin valmistus

Biopolttoaineet ovat vähentäneet öljyperäisten nestemäisten polttoaineiden kysyntään. Suosittuja biopolttoaineita ovat mm. biodiesel ja bioetanoli. Kuitenkin on olemassa tekijöitä, jotka on otettava huomioon, kun näitä käytetään. Nämä tekijät ovat: energian tuotanto (biopolttoaineesta vapautuva energia suhteessa fossiilisen polttoaineen energiaan), maankäyttö sekä kilpailu ruuan kanssa.⁴⁰

Opiskelijat tutustuivat biodieselin valmistukseen kasviöljystä. Opiskelijat aloittivat työllä, jossa tutkittiin voiko valmistettua jäteöljynäytettä käyttää biodieselin valmistuksessa. Jäteöljynäyte sisälsi oliiviöljyä, johon oli tarkoituksella lisätty hieman öljyhappoa. Rasvahappoja sisältävä jäteöljy ei sovellu biodieselin valmistukseen. Tarkoitus olikin selvittää sisältääkö jäteöljy happoa. Tämä selvitettiin happo-emäs-titrauksen avulla. Tämä antoi opiskelijoille esimerkin sen hyödyntämisestä käytännössä.⁴⁰

Kun jäteöljynäytteen sopivuus oli testattu, opiskelijat valmistivat puhtaasta oliiviöljystä transesteröinti-reaktiolla metyylioleaattia. Reaktiossa käytettiin emäskatalyyysiä. Tuote analysoitiin vertaamalla sen viskositeettiä oliiviöljyn viskositeettiin.⁴⁰

Viskositeettianalyysin lisäksi opiskelijat mittasivat myös oliiviöljyn, metyylioleaattituotteensa sekä kookosöljyn IR-spektrit. Koska sekä tuote että lähtöaine olivat estereitä, ei IR-spektri ole paras tapa havaita muutosta. Kookosöljyn tapauksessa voitiin kuitenkin erottaa tyydyttyneen ja tyydyttymätön rasvan ero. IR-spektrin mittaaminen oli kuitenkin helppoa ja antoi opiskelijoille kokemuksen analyysilaitteen käytöstä.⁴⁰

Laboratoriokokeen jälkeen pohdittiin biopolttoaineiden ympäristövaikutuksia ja sitä, ovatko ne parempia vaihtoehtoja kuin fossiiliset polttoaineet.⁴⁰

Opiskelijoiden kiinnostus luonnontieteitä kohtaan pysyi ennallaan, joskin ryhmällä oli jo ennestään korkea kiinnostus luonnontieteitä kohtaan. Kuitenkin opiskelijoiden kiinnostus aihetta kohtaan nousi kokeellisen työskentelyn aikana. Tämän lisäksi opiskelijoiden itseluottamus omaa osaamista ja taitoja kohtaan kasvoi työskentelyn yhteydessä.⁴⁰

4.4.8 Yhteenveto oppitunti- ja oppimiskokonaisuusesimerkeistä

Kuten todettu, kestävä kehitys ja siihen liittyviä aiheita on jo opetettu kemian osalta. Kestävä kehitys on siis saatu yhdistettyä mm. seuraavien teemojen opettamiseen: muovit, elinkaarianalyysi, vesistöt, polttoaineet, hiilidioksidin kierto luonnossa ja stoikiometria. Oppimiskokonaisuuksien tarkoituksena on herättää keskustelua myös kemian ulkopuolisista aiheista, kuten ekologiasta, taloudesta, etiikasta ja politiikasta.³⁹ Oppimiskokonaisuuksissa on myös tarkoituksena päästä käsiksi kemiaan eri yhteiskunnallisten kysymysten taustalla ja painottaa sitä, ettei kyse ole vain puhtaasta kemiasta.²⁶ Onkin opittava yhtä aikaa kemian lisäksi myös kaikista kestävä kehityksen osa-alueista³⁰ ja sitä, mitkä asiat vaikuttavat yhteiskunnallisissa ja paikallisissa asioissa päätöksentekoon.

5 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimus on varsin uusi tutkimusmenetelmä. Menetelmä on syntynyt tarpeesta kehittää opetusta käytännön tarpeiden näkökulmasta. Tähän voidaan liittää erilaisten oppimisympäristöjen ja opetusmenetelmien kehitys ja tutkiminen. Yleisesti hyväksytyyn näkemyksen mukaan kehittämistutkimus on toistuvaa ja perustuu johonkin kontekstiin.⁴³

Kehittämistutkimuksella on kolme ominaispiirrettä: tutkimus perustuu muutoksen tarpeeseen, tutkimus tuottaa opetuksessa käytettävän tuotoksen ja tuottaa opettamista tukevaa tietoa. Kehittämistutkimuksen taustalla voi olla useita erilaisia teorioita, jolla on omat haasteensa ja mahdollisuutensa. Nostetaan näistä esimerkiksi neljä teoriaa: pääteoriat, ajattelua ohjaavat teoriat, toimintaa ohjaavat teoriat sekä oppiainekohtaiset teoriat. Pääteoriat käsittelevät usein asioita liian yleisesti, jolloin kehittämisen on haastavaa vastata yksityiskohtaisiin tarpeisiin.

Aiheet pysyvät kuitenkin ajankohtaisina pitkään. Ajattelua ohjaavat teoriat mahdollistavat erilaisten käsitteiden käsitteellistämisen. Teorian haasteena on kuitenkin tulosten huono yleistettävyyttä. Toimintaa ohjaavat teoriat ovat hyvä pohja kehittämistutkimukselle, sillä tarkoitus on tuottaa käytännön ratkaisuja. Haasteena on kuitenkin niiden monitahoisuus ja kaikkien tahojen huomiointi tekee kehittämisestä haastavaa. Oppiainekohtaiset teoriat mahdollistavat jonkin käsitteen opettamiseen tarkoitettujen toimintamallien kehittämisen ja testaamisen.⁴³

Kehittämistutkimus on avoin tutkimusmenetelmä, jolloin erilaisia muuttujia on enemmän kuin perinteisissä tutkimusmenetelmissä. Tutkimus on myös avoimuuden lisäksi luonteeltaan joustava. Tutkimuksen edetessä on tarkoitus suorittaa koko ajan arviointia ja ongelmanalyysia. Näin haasteet nostetaan uusiksi tavoitteiksi tutkimuksen edetessä ja tarvittaessa tuotosta testataan yhä uudelleen ja uudelleen syklisesti. Näin voidaan kehittää materiaalia edelleen vastaamaan paremmin tarpeeseen.⁴³

Koska kehittämistutkimus on luonteeltaan erilainen perinteisiin tutkimuksiin verrattuna, on sen luotettavuutta tarkasteltava myös hieman eri näkökulmasta. Kehittämistutkimusta voidaankin arvioida neljän eri kategorian avulla: uskottavuus, siirrettävyys, luotettavuus ja varmuus sekä vahvistettavuus. Näitä kategorioita voidaan arvioida seuraavasti:

- Kehittämisen tulee olla kokonaisvaltaista. Näin saadaan kehitetyksi ohjaavia malleja ja kuvailevia teorioita (uskottavuus ja siirrettävyys)
- Kehittämisen tulee edetä syklisesti ja sisältää jatkuvaa arviointia (uskottavuus, luotettavuus ja vahvistettavuus)
- Kehittämisen tulee pyrkiä tuotokseen, joka on siirrettävissä opetusalan ammattilaisten käyttöön (siirrettävyys)
- Kehittämisprosessin tulee sisältää testaus autenttisissa olosuhteissa (siirrettävyys, luotettavuus ja vahvistettavuus)
- Kehittämistutkimuksen kaikki syklit tulee dokumentoida tarkasti (luotettavuus ja vahvistettavuus)⁴³

KOKEELLINEN OSA

6 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksessa selvitettiin, miten kestävä kehitys määritellään, miten se näkyy opetuksessa erityisesti kemian osalta ja miten kestävä kehitys on jo tuotu esille kemian opetuksessa. Lisäksi tutkimuksessa kehitettiin opetusmateriaalia kemian ja kestävä kehityksen opettamiseen luetun kirjallisuuden perusteella.

Tutkimuksen tutkimuskysymykset onkin sen pohjalta määritetty seuraavasti:

- Miten kestävä kehitys rakentuu?
- Mitkä ovat tavoitteet kestävä kehityksen opetuksessa peruskoulussa?
- Miten kestävä kehitys on jo opetettu kemian näkökulmasta?
- Millä opetusmenetelmillä kestävä kehityksen saisi tuotua kemian opetukseen oppilaille kiinnostavalla ja mieleen painuvalla tavalla?

7 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä tutkimuksessa toimi kehittämistutkimus. Kehittämistutkimuksen perusteet on kuvattu luvussa 5. Tutkimuksen tarkoituksena on luoda opettajien kaipaamaa materiaalia kemian ja kestävä kehityksen yhdistämisestä. Materiaalin puute korostuu myös suuresti kirjallisuudessa.²⁶⁻²⁸ Lisäksi tutkimuksen on tarkoitus luoda valmis oppimateriaali opettajien käytettäväksi eli tuotetaan opetukseen käytettävä tuotos ja tietoa opetuksen tueksi.

Luvussa 5 mainitaan kehittämistutkimuksen olevan toistuvaa ja perustuvan johonkin kontekstiin. Tässä tutkimuksessa kontekstina on kemian opetus kestävä kehityksen näkökulmasta. Toistuvaan tutkimukseen ei kuitenkaan Pro gradu -tutkielman aikataulussa voitu päästä. Kehittäminen on toteutettu vain kertaalleen, eikä sitä ole testattu ja sen jälkeen korjailtu ja paranneltu. Pääpaino on ollut materiaalin tuottamisessa eikä sen testaamisessa käytännössä.

Tämän kehittämistutkimuksen voidaan katsoa pohjautuvan oppiainepohjaisiin teorioihin. Tarkoituksena on kehittää oppimateriaali, joka yhdistää kemian käsitteiden ja kestävä kehitykseen liittyvien teemojen opetuksen. Käsitteenä voidaan siis pitää kestävä kehitys ja sen opetukseen kehitetään toimintatapoja, kun oppiaineena on kemia.

8 Tutkimuksen suunnittelu

Tutkimuksen suunnittelu alkoi miettimällä, miten kestävän kehityksen opetuksen saisi tuotua kemian opetukseen niin, että se jäisi oppilaille mieleen ja olisi heille kiinnostavaa. Lukemalla aiempia tutkimuksia selvitettiin, että oppilaat eivät pidä kemiaa mielenkiintoisena ja sen koetaan olevan etäällä heidän omasta arjestaan.²⁷ Näin kemian opetuksesta saisi kiinnostavaa tuomalla kemian lähemmäksi oppilaiden arkea^{8,28,30,31} ja lisäämällä kokeellisuutta^{2,5-8}.

Tutkimuksessa lähdettiinkin liikkeelle kestävän kehityksen ja kokeellisuuden yhdistämisestä. Kokeellisuus tuo oppilaille mielekästä tekemistä ja pienessä mittakaavassa toteutettuja asioita voidaan tutkia ja näin saada käsitys suuren mittakaavan toiminnasta maailmanlaajuisesti. Saadaan siis omakohtaista kokemusta luonnonilmiöistä pienessä mittakaavassa, mikä voidaan yleistää arkielämään ja suurempiin tapauksiin.^{7,31,39}

Kun päätettiin toteuttaa kokeellista työskentelyä, oli suunniteltava aiheet, joihin kokeellisuus ja kestävä kehitys liitettiin. Kokeellisuuden ja kestävän kehityksen lisäksi aiheisiin olisi hyvä saada mukaan kemian käsitteitä ja kemian oppimista. Näin aiheiksi valikoituivat ilmasto, vesistö sekä kierrätys ja uudelleenkäyttö. Aiheet sisältävät paljon käsitteitä, joihin on helppo yhdistää kemian oppimista. Lisäksi aiheiden avulla päästään helposti käsiksi yhteiskunnallisiin kysymyksiin ja sitä kautta kestävän kehityksen ytimeen. Tämän lisäksi kyseiset aiheet korostuivat kirjallisuudessa^{26,31,39,40} ja niiden avulla saadaan kemia tuotua lähemmäksi oppilaan arkea, sillä aiheet liittyvät oppilaiden jokapäiväiseen elämään^{8,28,30,31}.

Aiheiden päättämisen jälkeen oli suunniteltava mitä kokeellisia töitä oppimiskokonaisuuteen haluttiin sisällyttää. Tämä vaikutti myös oppimiskokonaisuuden kestoan ja laajuuteen. Kokeellisten töiden valitsemisessa otettiin huomioon niiden sisältö ja yleistettävyyden suuremmissa mittakaavassa. Töiden valinnassa mietittiin myös erilaisia kemian käsitteitä ja sitä, miten niiden oppiminen näkyy kestävän kehityksen aiheiden rinnalla. Töitä valitessa huomioitiin myös se, että töiden avulla saadaan aikaan keskustelua yhteiskunnallisesti tärkeistä aiheista, mikä korostui suuresti kirjallisuudessa.^{26-28,30,31,35,39} Lopulta kokonaisuuteen valikoitui yhteensä yhdeksän kokeellista työtä sekä näiden lisäksi kaksi demonstraatiota. Kokonaisuus päättyy pistetyöskentelyyn, johon sisältyy yhteensä viisi erilaista tehtävää.

9 Tutkimuksen tulos ja analyysi

Lopullinen tutkimuksen tuotos sisältää siis oppimiskokonaisuuden oppimateriaalin perusopetuksen 7.–9. luokille. Materiaalipaketti oppimiskokonaisuuden pitämiseen sisältää Opettajan oppaan (LIITE 1), Oppilaan ohjeet (LIITE 2) sekä Diat oppitunneilla näytettäväksi (LIITE 3). Oppimiskokonaisuus koostuu 75 minuutin oppitunneista, joita on yhteensä viisi. Oppituntien painotus on seuraava: Ilmastoteemaan käytetään yksi oppitunti ja vesistö sekä kierrätys ja uudelleenkäyttö -teemoihin molempiin kaksi oppituntia. Koko oppimiskokonaisuudelle määritettiin neljä oppimistavoitetta:

- oppia luonnossa tapahtuvista ilmiöistä kokeellisen työskentelyn avulla kemian kontekstissa
- oppia, miten ihmisen toiminta vaikuttaa ympäristöön ja kuinka toiminnan vaikutuksiin voi vaikuttaa kemian avulla
- oppia tuomaan omat havainnot ja mielipiteet esille sekä olemaan vuorovaikutuksessa muiden kanssa
- oppia, miten kemian avulla voidaan saada aikaan keskustelua yhteiskunnallisista aiheista ja vaikuttaa niihin

Ensimmäisen oppimistavoitteen tueksi löytyy kirjallisuudesta hyvin pohjaa: kemia näkyy ilmiöiden taustalla ja sen koetaan olevan niiden ytimessä.^{8,27–29} Tämän lisäksi laboratoriotyöt koetaan tärkeänä osana kemian sisältöjen ymmärtämistä^{8,27} ja niitä pidetään oppilaille mielekkäänä toimintatapana^{2,5–8}, mikä oli oppimiskokonaisuuden kehittämisen taustalla. Tämän lisäksi oppimistavoitteessa mainitaan ilmiöiden oppiminen^{27,31}, joka on olennaisessa osassa kemiaa. Tärkeää olisi myös liittää ilmiöt oppilaiden arkeen.

Toinen oppimistavoite liittyy myös siihen, että ilmiöiden taustalla on kemiaa^{8,27–29} ja näin kemian avulla voidaan vaikuttaa ympäristöön. Samalla voidaan oppia myös syyt ilmiöiden tapahtumisen taustalla ja miten kemian avulla voidaan niihin vaikuttaa, mikä mainitaan kirjallisuudessa.²⁷ Oppilaille on myös omaa halua vaikuttaa yhteiskunnallisiin asioihin³², johon myös kannustetaan opetuksessa. Oppimistavoitetta tukevaa sisältöä löytyy myös opetussuunnitelmasta, kun sisältövoitteessa mainitaan kemian hyödyntäminen kestävästä tulevaisuuden rakentamisesta.¹⁸

Kolmas oppimistavoite liittyy oppilaiden vuorovaikutustaitojen kehittämiseen. Tavoitteen voidaan katsoa myös liittyvän oppilaiden ryhmätyötaitojen kehittämiseen. Näihin aiheisiin löytyy pohjaa myös opetussuunnitelmasta.¹⁸ Oppilaiden on pystyttävä ilmaisemaan omat mielipiteensä, mutta myös osattava kuunnella muidenkin mielipiteitä.⁸ Myös mm.

opetussuunnitelmassa mainittu osallistuminen päätöksentekoon edellyttää oman mielipiteen esille tuomista.^{30,37} Myös esimerkkitapaukset ja oppimiskokonaisuudet painottavat keskustelua aiheista eri näkökulmista.^{26,37,39,40}

Neljäs oppimistavoite liittyy yhteen ensimmäisen oppimistavoitteen kanssa. Kemia näkyy ilmiöiden taustalla ja sen koetaan olevan niiden ytimessä.^{8,27-29} Näin kemian avulla päästään käsiksi yhteiskunnallisiin kysymyksiin³⁹ ja saadaan tietoa ja taitoja vaikuttaa syihin ilmiöiden taustalla.

Seuraavaksi käsitellään oppimiskokonaisuuden sisältö kronologisesti siinä järjestyksessä, jossa se olisi tarkoitus toteuttaa teemoittain.

9.1 Ilmasto

Ilmasto teemainen osio oppimiskokonaisuutta sisältää kaksi oppilastyötä: Savusumu⁴⁴ ja Tehtaan vaikutukset⁴⁵ sekä demonstraation Rikin poltto⁴⁶. Ilmasto-osion oppimistavoitteet muotoiltiin seuraavasti: oppia rikin vaikutuksista ilmakehässä sekä oppia tehtaan vaikutuksista ympäristöön ja haitallisten vaikutusten torjumista.

Ilmasto -teeman ideana on havainnollistaa oppilaille rikin vaikutuksista, jos sitä päätyy ilmakehään mm. polttoaineista palamistuotteena. Tarkoituksena on myös miettiä, miten tehtaan toiminta aiheuttaa saasteita ja kuinka niitä voisi torjua erilaisilla kemikaaleilla.

Kokonaisuus aloitetaan oppilastyöllä: Savusumu⁴⁴. Työn tarkoituksena on havainnollistaa pienhiukkasten sekoittuminen ilmassa olevaan vesihöyryyn ja siten sankan tumman sumun muodostuminen. Työn tarkoitus on herättää keskustelua Aasian suurten kaupunkien ongelmasta. Aihe ei ehkä ole lähellä oppilaiden arkea Suomessa, mutta sen avulla saadaan herätettyä keskustelua halpateollisuuden keskittymisestä Aasiaan ja sen vaikutuksista ihmisten terveyteen. Kemiallisen prosessin avulla saadaan siis aikaan keskustelua globaaleista aiheista.

Teema jatkuu demonstraatiolla: Rikin poltto⁴⁶. Tarkoituksena on palauttaa mieliin palamisreaktion kemia. Samalla havainnollistetaan rikin palamisessa muodostuvan rikkidioksidin happamuutta. Koska rikin jäämiä saattaa olla mm. polttoaineessa, kyseessä on todellinen ongelma: Rikkidioksidin päästessä ilmakehään se muodostaa veden kanssa rikkihapoketta ja -happoa ja näin sateen mukana maan päälle laskeutuu happoa, joka aiheuttaa erilaisia ongelmia ympäristölle.

Rikin palamisesta muodostuvien ongelmien seurauksena päästäänkin hyvin käsiksi tehtaisiin ja niiden vaikutuksiin ympäristössä. Kokonaisuuden seuraavana työnä toimiikin Vihreä Tehdas -työstä johdettu työ: Tehtaan vaikutukset⁴⁵. Työssä tutkitaan, miten tehtaan piipusta nouseva rikkidioksidi vaikuttaa lähellä oleviin vesistöihin. Samalla päästään tutkimaan, miten tehtaan piipun korkeus ja piipussa olevat suodattimet tai katalyysaattorit (kemikaali) vaikuttavat saasteiden leviämiseen.

Kokonaisuutena Ilmasto -teeman opetus vastaa kirjallisessa osassa todettuja opetusmenetelmiä: Opitaan kemia ilmiön taustalla^{8,27-29} ja ilmiön avulla päästään käsiksi yhteiskunnallisiin kysymyksiin³⁹ ja voidaan miettiä ilmiön vaikutuksia niin ihmisiin kuin ympäristöönkin. Kokonaisuuden tarkoitus on havainnollistaa pienhiukkasten vaikutusta ilmastoon, erityisesti rikin poltosta aiheutuvien hiukkasten vaikutusta ympäristöön ja sitä miten kyseiset hiukkaset voidaan torjua, kun ne tulevat tehtaan piipusta. Aihe on oleellinen tehtaiden toiminnan kehittämisen sekä ihmisten ja luonnon hyvinvoinnin kannalta ja keskustelussa voidaan havaita kemian vaikutus ympäristön hyvinvoinnin tukemiseen.

9.2 Vesistö

Vesistö -teema on jaettu kahteen oppituntiin. Teema sisältää yhteensä neljä oppilastyötä: Aurinkotislaus⁴⁷, Hiilidioksidi ja vesistö⁴⁷, Veden laadun tutkiminen⁴⁴ sekä Veden puhdistus⁴⁸. Tämän lisäksi kokonaisuudessa on yksi demonstraatio: Öljyonnettomuus⁴⁷ sekä havainnollistus makean veden määrästä⁴⁷. Molemmille oppitunneille on muotoiltu omat oppimistavoitteensa, jotka ovat seuraavat: oppia vesivarojen jakautumisesta luonnossa; oppia ihmisen vaikutuksista luonnon vesistöihin; oppia, miten ihminen voisi vaikuttaa vesistöjen puhtauteen ja juomakelpoisen veden riittävyyteen; oppia veden laadullisten kriteerien tutkimista sekä oppia veden puhdistukseen liittyviä kemiallisia toimenpiteitä.

Teeman tarkoituksena on opettaa vesivarojen jakautumista maapallolla ja tutkia, miten voidaan aikaan saada puhdasta vettä erilaisilla puhdistusmenetelmillä mm. veden ominaisuuksia ja erilaisten ulkoisten puhdistusmenetelmien avulla. Lisäksi päästään tutkimaan, miten veden juomakelpoisuutta voidaan arvioida erilaisilla kriteereillä ja miettimään, miten ihmisen toiminta vaikuttaa ympäristöön.

Teeman käsittely aloitetaan havainnollistamalla vesivarojen jakautumista maapallolla⁴⁷. Tarkoituksena on herättää ajatuksia siitä, ettei makeaa vettä ole saatavilla paljon, ja päästään

keskustelemaan siitä riittääkö makeaa vettä kaikille ja kuinka länsimaisten ihmisten tulisi miettiä omaa veden käyttöään, jotta muualla maailmassa vesi saataisiin riittämään.

Vesivarojen riittävydestä päästään hyvin käsiksi veden puhdistukseen ja tislaukseen. Seuraavana työnä toteutetaankin työ: Aurinkotislaus⁴⁷. Aurinkotislaus-työn tarkoituksena on oppia veden erityisominaisuudesta (haihtumisesta) ja siitä, miten ”likaisesta” vedestä, mm. merivedestä, voidaan saada aikaan juomakelpoista ja puhdasta vettä. Samalla voidaan havainnollistaa jonkin asian toimiminen pienessä mittakaavassa ja pohtia voisiko samaa hyödyntää tosi elämässä suuremmissa mittakaavassa, jotta vesi saadaan riittämään kaikille. Työn onnistuminen edellyttää pitemmän aikavälin toimintaa, joten työn tuloksista keskustellaan vasta seuraavalla oppitunnilla.

Seuraavaksi kokonaisuudessa edetään työhön: Hiilidioksidi ja vesistö⁴⁷. Työn tarkoituksena on havainnollistaa hiilidioksidin aiheuttamaa happamoitumista vedessä. Työssä sivutaan siis myös ilmastonmuutosta ja sen vaikutusta maapalloon. Päästään siis käsiksi kemiaan vesien happamoitumisen takana ja voidaan keskustella hiilidioksidin lisääntymisestä maan ilmakehässä ja sen vaikutuksista eliöihin niin maalla, ilmassa kuin vesistöissäkin.

Teeman käsittelyä jatketaan demonstraatiolla: Öljyonnettomuus⁴⁷. Demonstraation aikana havainnollistetaan ihmisen vaikutusta vesistöihin ja kuinka öljyonnettomuuden torjuminen on hyvin hankalaa. Voidaan myös miettiä, miten öljyonnettomuuksia voisi ennaltaehkäistä ja pohtia onko kemialla vaikutusta niiden torjuntaan.

Toisen oppitunnin aikana paneudutaan veden laadun tutkimiseen ja veden puhdistukseen. Toisen oppitunnin alkaakin ensimmäisellä tunnilla tehdyn Aurinkotislaus työn tuloksia tarkastelemalla. Samalla voidaan keskustella rakennetun aurinkotislaamon toimivuudesta ja kannattavuudesta. Voidaan pohtia kuinka aurinkotislausta voisi kehittää, jotta sen käyttö oikeasti esimerkiksi Afrikassa juomaveden tuottamiseen olisi järkevää.

Tästä voidaankin loogisesti edetä pohtimaan, mitkä ovat kriteerit juomaveden laadulle. Tätä voidaan testata työn: Veden laadun tutkiminen⁴⁴, avulla. Työtä varten oppilaat ovat saaneet tuoda mukanaan oman vesinäytteen, jonka laadullisia kriteereitä he pääsevät tutkimaan. Tarkoituksena on havainnollistaa oikeaa jäteveden laadun tutkimista ja tutkia oma vesinäyte ja arvioida siten sen juomakelpoisuutta.

Veden laadun tutkimuksesta voidaan siirtyä työhön: Veden puhdistus⁴⁸. Tarkoituksena on kemiallisten menetelmien avulla saada puhdistettua jätevesinäyte. Samalla havainnollistetaan oikean jäteveden puhdistuksen toimintaa ja pohditaan kemian merkitystä veden

puhdistusprosessissa. Voidaan myös miettiä, voisi veden puhdistusta tehostaa jollain keinolla, jotta vesi saataisiin nopeammin kiertoon ja sen riittävyys voitaisiin taata.

Kokonaisuudessaan Vesistö -teema on lähellä oppilaiden arkea^{8,28,30,31}. Oppilaat käyttävät vettä jokapäiväisessä elämässään. Tämän lisäksi teema sisältää kemian mm. veden puhdistuksen taustalla. Saadaan siis kemian tietoa, joka on jonkin ilmiön taustalla^{8,27-29}. Vesikysymys on myös tärkeä aihe yhteiskunnassa. Päästäänkin helposti keskustelemaan aiheista, jotka ovat kemian ulkopuolella erityisesti etiikasta ja politiikasta veteen liittyen³⁹. Lisäksi päästään tutustumaan vedenpuhdistamon toimintaan mm. veden laadun tutkimisella ja veden puhdistuksella. Ollaan siis teollisuuden ytimessä vaikkakin pienemmässä mittakaavassa^{7,31,39}.

9.3 Kierrätys ja uudelleenkäyttö

Myös Kierrätys ja uudelleenkäyttö -teema on jaettu kahteen oppituntiin. Ensimmäinen oppitunti sisältää muovien valmistusta eri menetelmillä ja toinen kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön perehtymistä. Teema sisältää 3 kokeellista työtä: Muovin valmistus maidosta⁴, Muovin valmistus perunajauhosta⁴⁶ sekä Muovien vertailu ja tiheyden tutkiminen⁴. Teema sisältää myös Kahden pullon tarinan⁴⁷, jonka tarkoitus on johdattaa kierrätyksen maailmaan. Teema päättyy Kierrätysrataan, joka sisältää 5 erilaista tehtävää kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön liittyen. Koko oppimiskokonaisuus päätetään tehtävään: Ota askel... jos, jonka tarkoitus on kartoittaa oppilaiden kokemuksia kokonaisuudesta.

Kierrätys ja uudelleenkäyttö teemalle on suunniteltu seuraavat oppimistavoitteet: oppia, miten erilaisista materiaaleista voi valmistaa muovia; herättää ajatuksia omaan kierrätyskäyttäytymiseen; oppia erilaisten muovien käyttäytymistä ja kierrätystä; oppia oikeanlaista lajittelua ja kierrätystä sekä oppia tuotteiden valmistukseen liittyviä vaiheita.

Teeman tarkoitus on herättää oppilaat ajattelemaan omaa kierrätyskäyttäytymistään. Lisäksi kokonaisuuden aikana päästään käsiksi erilaisiin materiaaleihin ja siihen, miten erilaisista materiaaleista voidaan valmistaa samaan käyttötarkoitukseen olevia tuotteita. Päästään myös pohtimaan sitä, miten itse voidaan vaikuttaa yhteiskunnassa siihen, että kaikki kierrättäisivät ja materiaalia uusiokäytettäisiin mahdollisimman hyvin.

Ensimmäinen oppitunti painottuu muovien valmistukseen eri menetelmillä. Ajatuksena on valmistaa muovia kahdesta hyvin erilaisesta materiaalista: maidosta ja perunajauhosta. Tämän jälkeen voimme vertailla valmistettuja muoveja ja tutkia niiden eroja ja yhtäläisyyksiä. Opitaan

siis, kuinka erilaisista materiaaleista voidaan valmistaa uusia materiaaleja, joilla voi olla samankaltaisia käyttötarkoituksia.

Muovien valmistuksen jälkeen viritetään ajatukset kohti kierrätystä Kahden pullon tarinalla⁴⁷. Tarinan avulla havainnollistetaan kierrätyksen tärkeyttä ja sitä, miten eri kulttuureissa tunnetaan kierrätyskäytänteet. Päästään siis keskustelemaan kierrätyksestä ja sen vaikutuksista ympäristöön ja ihmisiin sekä kulttuurisista eroista. Voidaan myös pohtia, miten ihmiset saataisiin kierrättämään paremmin. Tunnin lopuksi oppilaille annetaan kotitehtävä, jonka avulla oppilaat pääsevät kartoittamaan oman kotinsa kierrätyskäytäntöjä.

Toinen tunti aloitetaan keskustelemalla oppilaiden kotitehtävästä ja palauttamalla mieliin muovien valmistustyöt. Keskustelun aikana kartoitetaan oppilaiden kierrätyskäyttäytymistä ja pohditaan, miten yhteiskunnan tulisi muuttua, jotta oppilaiden kotona kierrätettäisiin enemmän ja voiko oppilas itse vaikuttaa kotinsa kierrätyskäyttäytymiseen. Keskustelun aikana palautetaan mieliin myös omien muovien valmistusprosessit.

Keskustelun jälkeen päästään tutkimaan itse valmistettuja muoveja ja erilaisia muovinäytteitä työ: Muovien vertailu ja tiheyden tutkiminen⁴ merkeissä. Tarkoituksena on tutkia omien muovien yhtäläisyyksiä ja eroja sekä pohtia oliko valmistuksessa jotain yllättävää. Samalla pyritään myös muovien tiheyksien perusteella tunnistamaan eri muovilaadut.

Kierrätys ja uudelleenkäyttö -teeman viimeisenä tehtävänä toimii Kierrätysrata. Kierrätysrata sisältää viisi erilaista yhdistelytehtävää liittyen muoveihin kierrätykseen ja tuotteen elinkaareen. Radan ensimmäinen piste on muovien nimien, kierrätysmerkkien ja käyttötarkoituksen yhdistäminen. Toinen tehtävä on ympäristömerkkien nimien ja kuvien yhdistäminen. Kolmas tehtävä on lajittelupiste, jossa erilaisia jätteitä lajitellaan oikeaan lajittelupisteeseen⁴⁹. Neljäs piste on tuotteen elinkaaren vaiheiden paikalleen asettaminen. Viides piste on Raaka-aine, tuote, vai kierrätys, jossa erilaisia materiaaleja lajitellaan näihin kategorioihin⁴⁷. Kierrätysradan ideana on testata oppilaiden kierrätystietoutta ja antaa oppilaille kuva siitä, miten hyvin he osaavat kierrättää erilaisia materiaaleja ja tuntevat tuotteiden elinkaaren.

Kierrätys ja uudelleenkäyttö -teema liittyy suuresti oppilaiden arkeen^{8,28,30,31}. Kulutusyhteiskunnassa kierrättäminen on arkipäivää ja oppilaiden on hyvä tuntea, miten eri materiaaleja kierrätetään. Teeman aikana oppilaat pääsevät myös tutustumaan erilaisiin valmistusmenetelmiin, joita voitaisiin hyödyntää oikeassa elämässä. Teeman avulla saadaan myös aikaan keskustelua yhteiskunnallisesta aiheesta³⁹, kun mietitään miten kierrätystä voisi tehostaa ja miten eri materiaaleista voidaan valmistaa tuotteita.

Koko oppimiskokonaisuus päätetään: Ota askel, jos ... tehtävällä (Idea: Yhdenvertaisuus.fi-sivulta⁵⁰). Tehtävän tarkoitus on kartoittaa oppilaan kokemuksia oppimiskokonaisuudesta. Perinteiden kyselyn sijaan tämä toteutetaan pienen leikin avulla. Oppilaille esitetään kysymyksiä kokonaisuuteen liittyen ja jos he ovat samaa mieltä, he ottavat askeleen eteenpäin. Tehtävän tarkoitus on siis toimia oppilaiden itsearviointina ja opettajalle tietona siitä, ovatko oppilaat pitäneet kokonaisuudesta.

9.4 Oppimiskokonaisuuden kokonaisarviointi

Oppimiskokonaisuuden tarkoitus oli tuoda kestävä kehitys peruskoulun kemian opetukseen oppilaille mielekkäällä ja mieleenpainuvalla tavalla. Tähän ratkaisuna kirjallisuudesta löytyi laboratoriotyöskentely^{2,5-8} ja oppijakeskeinen lähestymistapa^{6,27,28}. Kokonaisuus suunniteltiin kokeellisuuden pohjalta.

Kokonaisuuden teemat valittiin niin, että ne liittyvät oppilaan arkeen^{8,28,30,31}, korostavat kemiaa ilmiöiden taustalla^{8,27-29} ja herättävät keskustelua yhteiskunnallisista aiheista.^{26-28,30,31,35,39} Tarkoituksena ei siis ole opettaa puhdasta kemiaa²⁶ vaan keskustella myös kemian ulkopuolisista aiheista³⁹ ja tutkia yhtä aikaa kaikkia kolmea kestävän kehityksen osa-alueita³⁰. Teemojen avulla voidaan myös pohtia omia vaikutusmahdollisuuksia yhteiskunnalliseen päätöksentekoon^{30,37,38}.

Oppimiskokonaisuuden avulla opitaan siis kemian sisältöjen lisäksi kestävän kehityksen osa-alueita yhteiskunnallisten kysymysten kautta. Tämän lisäksi oppilaiden vuorovaikutus- ja ryhmätyötaidot kehittyvät keskustelujen ja ryhmätöiden avulla.

10 Yhteenveto

Yhteenvedossa vastataan tiiviisti tutkimuskysymyksiin, nostetaan esiin tärkeimmät huomiot tutkielmasta sekä arvioidaan tutkimuksen eettisyyttä ja luotettavuutta. Lopuksi pohditaan vielä jatkotutkimusideoita.

10.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Kestävä kehitys koostuu kolmesta osa-alueesta: ekologisesta, taloudellisesta sekä sosiaalisesta ja kulttuurisesta kestävästä kehityksestä. Tämän lisäksi jokaiseen osa-alueeseen liittyy YK:n määrittelemiä tavoitteita, joita on kaiken kaikkiaan yhteensä 17 ja niille 169 alatavoitetta.¹¹ Ekologinen kestävä kehitys tähtää ihmisen toiminnan sopeutumiseen luonnonkantokykyyn ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen.¹² Taloudellisen kestävä kehityksen tarkoituksena on edistää ihmisten hyvinvointia velkaantumatta: taataan hyvät edellytykset hyvinvoinnille ja valmistaudutaan odottamattomiin haasteisiin.¹⁵ Sosiaalisen kestävä kehityksen tarkoituksena on luoda kaikille yhdenvertaiset mahdollisuudet voida hyvin, saavuttaa perusoikeudet ja osallistua päätöksen tekoon¹⁶ ja kulttuurinen kestävä kehitys keskittyy kielten, perinteiden ja tapojen eli kulttuurisen monimuotoisuuden säilyttämiseen.¹⁷ 17 tavoitetta auttavat jokaisen osa-alueen tavoitteen toteutumiseen ja alatavoitteet helpottavat niiden käytännön toteuttamista.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet¹⁸ kiteyttää tavoitteet kestävä kehityksen opetukseen, joskin ne on itse osattava poimia opetussuunnitelmasta. Opetussuunnitelma sisältää Suomen perustus- ja yhdenvertaislakiin pohjautuvat ehdot siitä, että koulutuksen on edistettävä tasa-arvoa ja yhdenvertaisuutta. Lisäksi opetussuunnitelma kannustaa oppilaita toimimaan demokraattisesti yhteiskunnan jäsenenä ja edistämään rauhaa ja oikeudenmukaisuutta. Opetussuunnitelmassa kannustetaan oppilaita omaksuma kestävä elämäntavan käsite: Oppilaita tulee opetuksessa ohjata ajattelemaan omaa toimintaansa vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen ja uusiutumiskykyyn sekä rakentamaan pohjaa luonnonvarojen kestäväälle käytölle. Opetussuunnitelmassa kehoitetaan myös oppilaita kulttuuriseen monimuotoisuuden säilyttämiseen ja näkemään se voimavarana. Oppilaita kannustetaan myös vaalimaan omaa kulttuuriperimää ja miettimään omaa paikkaansa sukupolvien ketjussa.¹⁸ Näin opetussuunnitelma sisältää kestävä kehityksen osa-alueita ja tavoitteita tukevia elementtejä, joita opetuksessa tulisi korostaa.

Kemian (ja muiden luonnontieteiden) katsotaan olevan avainasemassa kestävä kehityksen opetuksessa.^{8,26,28} Kestävä kehitystä onkin opetettu kemian osalta jo useissa eri maissa. Kestävä kehityksen opetukseen on myös kehitetty erilaisia malleja, joita voidaan soveltaa kemian opetukseen. Malleille yhteistä on poikkitieteellinen lähestymistapa kuitenkin niin, että kemia on asioiden ytimessä.^{30,37} Mallien avulla pyritään myös oppijakeskeiseen lähestymistapaan^{6,27,28} ja oppimaan osallistumista maailmanlaajuiseen päätöksentekoon^{30,37,38} ja hyödyllisiä kansalaistaitoja. Tarkoituksena onkin opettaa aiheita niin, ettei kyse ole vain

puhtaasta kemiasta²⁶, vaan opetus sisältää näkemyksiä myös taloudesta, etiikasta, ekologiasta ja muilta eri aloilta.³⁹

Kemian opetuksen keskeisenä opetusmenetelmänä pidetään laboratoriotyöskentelyä^{2,5-8}, jonka avulla oppituntein aiheet saadaan tuotua lähemmäksi oppilaan arkea.^{8,28,30,31} Pyritään siis mallien tapaan oppijakeskeiseen lähestymistapaan.^{6,27,28} Toteutettujen oppimiskokonaisuuksien tavoitteena olikin opettaa oppilaat ymmärtämään kemian ja tieteen rooli arkielämän tapahtumien ja tuotteiden taustalla.^{8,27-29} Oppimiskokonaisuudet rakentuivat siis arkielämän teemojen, kuten muovien, vesistön, polttoaineiden ja tuotteen elinkaaren, ympärille. Arkielämän ilmiöiden avulla päästäänkin käsiksi myös yhteiskunnallisiin kysymyksiin kuten ekologian, talouteen, etiikkaan ja politiikkaan.³⁹ Kemian teorioiden lisäksi opitaan myös kaikkia kestävän kehityksen osa-alueita samanaikaisesti.³⁰

Oppilaat eivät pidä kemiaa mielenkiintoisena ja kemian koetaan olevan etäällä oppilaiden arjesta.²⁷ Jotta oppilaat kiinnostuisivat enemmän kemiasta, olisi kemia tuotava lähemmäksi oppilaan arkea^{8,28,30,31} ja tehdään siitä relevanttia oppilaan elämän kannalta. Lisäksi on todettu, että laboratoriotyöskentely tuo kemian opetukseen sen erityispiirteen, joka tekee opetuksesta mielekästä ja mieleenpainuvaa.^{2,5-8} Olisikin luotava opetusta, jonka aiheet ovat lähellä oppilaan arkea^{8,28,30,31}, joka pohjautuu oppijakeskeiseen lähestymistapaan^{6,27,28} ja sisältää laboratoriotyöskentelyä^{2,5-8}.

10.2 Tärkeimmät huomiot tutkielmasta

Suomessa on kautta aikojen osallistuttu aktiivisesti niin paikalliseen kuin kansainväliseenkin kestävästä kehitystä ja luonnonhyvinvointia tukevaan toimintaan. Suomi on tehnyt myös pitkän aikavälin suunnitelmia, jotta voidaan toimia tulevaisuudessakin kestävän kehityksen hyväksi.
19,21

Vaikka kestävä kehitys on noussut osaksi opetussuunnitelmia, on sen opettamiseen saatavilla vielä vähän materiaalia. Materiaalin puutteen lisäksi opettajien koulutuksen puute nousee paljon esille: opettajille olisi tarjottava jatkokoulutusta, jotta heidän oma näkemyksensä kestävästä kehitystä kohtaan vahvistuu ja siten kestävän kehityksen opetus helpottuu.²⁶⁻²⁸

Kestävän kehityksen opettaminen ei ole helppoa: On huomioita yhtä aikaa kaikki kestävän kehityksen kolme osa-aluetta³⁰, oppiaineen sisällöt sekä yhteiskunnallinen näkökulma. Kemian

osalta on kuitenkin mahdollista valita aiheita, joihin on helppo yhdistää yhteiskunnallista keskustelua ja kemian sisältöjä.

Kemian ja muiden luonnontieteiden katsotaankin olevan avainasemassa kestävän kehityksen opetuksessa.^{8,26,28} Oppilaat kokevat kuitenkin kemian liittyvän vähemmän omiin kokemuksiinsa ja arkipäiväänsä kuin esimerkiksi biologian aihealueet.⁸ Kemiaa on myös taustalla monissa arkipäivän ilmiöissä, kuten ilmastonmuutoksessa, saastumisessa ja erilaisten tuotteiden valmistuksessa.^{8,27-29} Kuitenkin kemian opetus keskittyy liiaksi kemian teorian opettamiseen ja selittämiseen eikä ota huomioon oppilaiden tarvetta omassa elämässään kemian aiheiden hallinnasta.²⁷ Kemian opetuksesta olisikin saatava enemmän oppijalähtöistä ja tuotava siihen aiheita, jotka käsittelevät oppilaan arkeen liittyviä aiheita.

10.3 Tutkimuksen eettisyyden ja luotettavuuden arviointi

Tutkimusta voidaan pitää eettisesti hyväksyttävänä, sillä käytetyt lähteet on analysoitu huolella ja niihin on viitattu asianmukaisesti. Koska tutkimukseen ei osallistunut ulkopuolisia henkilöitä, ei henkilötietojen salauksesta tarvitse huolehtia.

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida luvussa 5 esitettyjen kriteerien perusteella. Tutkimuksen aikana kehitettiin tuotos, joka on mahdollista siirtää tosielämään opetusalan ammattilaisten käyttöön. Tuotos sisältää kaiken tarvittavan materiaalin, jotta opettaja pystyy oppituntikokonaisuuden toteuttamaan käytännössä luokkahuoneessa. Lisäksi kehittäminen on toteutettu kokonaisvaltaisesti ja tutkimusta on kehittämisen aikana jatkuvasti arvioitu ja muokattu tarvittaessa. Kokonaisvaltaisuuden takaamiseksi tutkimuksen aikana on tutustuttu useisiin erilaisiin lähteisiin ja poimittu niistä oleellinen tieto, jotta oppimiskokonaisuudesta saadaan halutunlainen. Jatkuva arviointi liittyy aiheen valintaan ja kokeellisten töiden valintaan. Kokonaisuuden kehittämisen aikana arvioitiin jatkuvasti sitä, kuinka valitut teemat tukevat oppimiskokonaisuuden tavoitteita ja kuinka valituilla töillä pystytään edistämään niin kemian oppimista kuin yhteiskunnallisten kysymysten läpikäyntiä ja näin kestävän kehityksen edistämistä.

Pro gradu -tutkielman aikataulun takia tuotosta ei pystytty testaamaan autenttisissa olosuhteissa syklisesti. Näin tuotoksen siirrettävyys täysin oppituntitilanteeseen jäi testaamatta. Voidaan kuitenkin todeta, että opettaja pystyy valmiin tuotoksen perusteella toteuttamaan oppimiskokonaisuuden, mutta sen toimivuus tai aikataulutus jää vielä pimentoon. Lisäksi koska

tutkimusta ei voitu toteuttaa syklisesti vain ensimmäisen kehittämisprosessin suunnittelu on kirjattu.

10.4 Jatkotutkimusideat

Koska kyseessä oli Pro gradu -tutkielma, materiaalipakettia ei päästy testaamaan aikataulun takia. Materiaalipaketin voisikin testata oppilasryhmällä sekä kerätä havainnot ja kehitysideoita talteen. Tämän jälkeen materiaalipakettia voisi kehittää edelleen ja uudelleen testata. Näin päästäisiin käsiksi kehittämistutkimuksen syklisyyteen.

Myös lukion opetussuunnitelma vaatii nykyisin kestävä kehityksen sisällyttämisen opetukseen. Voisikin tutkia, miten kestävä kehitys näkyy lukion kemian opetuksessa ja kehittää vastaava materiaalipaketti myös lukiotasolle sopivaksi.

On todettu, että opettajan asenteet ja toimintatavat vaikuttavat paljon opetukseen. Jatkotutkimuksena voisi tutkia opettajien mieltymyksiä kestävään kehitykseen ja sen opetukseen sekä sitä, millaisia opetusmenetelmiä opettajat tykkäävät opetuksessaan käyttää. Samalla voisi miettiä, miten nämä asiat voisi yhdistää toimivaksi opetuksiksi kestävä kehityksen kannalta.

11 Kirjallisuusluettelo

1. Juntunen, M. ja Aksela, M., Life-cycle analysis and inquiry-based learning in chemistry teaching, *Sci. Educ. Int.*, **2013**, 24, 150–166.
2. Juntunen, M. ja Aksela, M., Life-cycle thinking in inquiry-based sustainability education – effects on students’ attitudes towards chemistry and environmental literacy, *Cent. Educ. Policy Stud. J.*, **2013**, 3, 157–180.
3. Juntunen, M. K. ja Aksela, M. K., Improving students’ argumentation skills through a product life-cycle analysis project in chemistry education, *Chem. Educ. Res. Pr.*, **2014**, 15, 639–649.
4. Muilu, H. ja Virtanen, T., *Titaani : kemia. 7-9*, Otava, Helsinki, 2016.

5. Andraos, J. ja Dicks, A. P., Green chemistry teaching in higher education: A review of effective practices, *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2012**, *13*, 69–79.
6. Hopkinson, P. ja James, P., Practical pedagogy for embedding ESD in science, technology, engineering and mathematics curricula, *Int. J. Sustain. High. Educ.*, **2010**, *11*, 365–379.
7. Karpudewan, M. ja Kulandaisamy, Y., Malaysian teachers' insights into implementing green chemistry experiments in secondary schools, *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.*, **2018**, *13*, 113–117.
8. Jegstad, K. M. ja Sinnes, A. T., Chemistry teaching for the future: A model for secondary chemistry education for sustainable development, *Int. J. Sci. Educ.*, **2015**, *37*, 655–683.
9. *Hallituksen kestävän kehityksen ohjelma : valtioneuvoston periaatepäätös ekologisen kestävyden edistämisestä*, Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Helsinki, 1998.
10. Lyytimäki, J.; Lähteenoja, S.; Sokero, M.; Korhonen, S. ja Furman, E., *Agenda 2030 Suomessa: Kestävän kehityksen avainkysymykset ja indikaattorit*, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 2016.
11. Kestävän kehityksen tavoitteet, <https://www.ykliitto.fi/kestava-kehitys>. (25.10.2022)
12. Ekologinen kestävä kehitys, <https://keke.bc.fi/Kestava-kehitys/suomi/ekologinen/>. (26.10.2022)
13. Dahlbo, H.; Aalto, K.; Salmenperä, H.; Eskelinen, H.; Pennanen, J.; Sippola, K. ja Huopalainen, M., *Tekstiilien uudelleenkäytön ja tekstiilijätteen kierrätyksen tehostaminen Suomessa*, Suomen ympäristö, 2015.
14. Seppälä, J.; Sahimaa, O.; Honkatukia, J.; Valve, H.; Antikainen, R.; Kautto, P.; Myllymaa, T.; Mäenpää, I.; Salmenperä, H.; Alhola, K.; Kauppila, J. ja Salminen, J., *Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030*, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 2016.
15. Taloudellinen kestävä kehitys, <https://keke.bc.fi/Kestava-kehitys/suomi/taloudellinen/>. (26.10.2022)
16. Sosiaalinen kestävä kehitys, <https://keke.bc.fi/Kestava-kehitys/suomi/sosiaalinen/>. (06.11.2022)

17. Kulttuurinen kestävä kehitys, <https://keke.bc.fi/Kestava-kehitys/suomi/kulttuurinen/>. (06.11.2022)
18. Opetushallitus, *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014 - Määräykset ja ohjeet 2014:96*, 2014.
19. Rouhinen, S., *Matkalla mallimaaksi? Kestävän kehityksen juurtuminen Suomessa*, Itä-Suomen yliopisto, Kuopio, 2014.
20. Earth Summit: Agenda 21, https://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_00.shtml. (01.12.2022)
21. Valtioneuvoston kanslia, Voluntary national review 2020; Finland: Report on the implementation of the 2030 agenda for sustainable development, 2020.
22. YK:n ilmastokokous (COP27), ilmastotoimien toteutukseen keskittyvä huippukokous, Sharm el-Sheikh, Egypti, 7.–8. marraskuuta 2022, <https://www.consilium.europa.eu/fi/meetings/international-summit/2022/11/07-08/>. (20.12.2022)
23. Laininen, E.; Manninen, L. ja Tenhunen, R., *Näkökulmia kestävään kehitykseen oppilaitoksissa*, OKKA-säätiö, 2006.
24. Rohweder, L. ja Virtanen, A., *Kohti kestävä kehitystä*, Opetusministeriö, 2008.
25. Levchyk, I.; Chaikovska, H.; Yankovych, O.; Kuzma, I. ja Rozhko-Pavlyshyn, T., Formation of sustainable development competencies in primary school children, *J. Educ. Cult. Soc.*, **2021**, *12*, 341–360.
26. Burmeister, M. ja Eilks, I., An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching, *Chem. Educ. Res. Pr.*, **2012**, *13*, 93–102.
27. Juntunen, M. K. ja Aksela, M. K., Education for sustainable development in chemistry-challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere, *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2014**, *15*, 488–500.
28. Burmeister, M.; Schmidt-Jacob, S. ja Eilks, I., German chemistry teachers' understanding of sustainability and education for sustainable development - An interview case study, *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2013**, *14*, 169–176.
29. Ikävalko, V. ja Aksela, M. K., Oppilaille relevanttien arkipäivän kokeellisten

- työohjeiden kehittäminen yritys yhteistyössä lukion kemian opetukseen, *LUMAT-B Int. J. Math. Sci. Technol. Educ.*, **2014**, 2, 107–112.
30. Burmeister, M.; Rauch, F. ja Eilks, I., Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education, *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2012**, 13, 59–68.
31. Mandler, D.; Mamlok-Naaman, R.; Blonder, R.; Yayon, M. ja Hofstein, A., High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula, *Chem. Educ. Res. Pr.*, **2012**, 13, 80–92.
32. Hjeresen, D. L.; Boese, J. M. ja Schutt, D. L., Green chemistry and education, *J. Chem. Educ.*, **2000**, 77, 1543.
33. Anastas, P. ja Eghbali, N., Green chemistry: Principles and practice, *Chem. Soc. Rev.*, **2010**, 39, 301–312.
34. Karpudewan, M.; Hj Ismail, Z. ja Mohamed, N., The integration of green chemistry experiments with sustainable development concepts in pre-service teachers' curriculum, *Int. J. Sustain. High. Educ.*, **2009**, 10, 118–135.
35. Karpudewan, M.; Michael Roth, W. ja Sinniah, D., The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid–base concepts and argumentation skills, *Chem. Educ. Res. Pr.*, **2016**, 17, 893–901.
36. Song, J. ja Han, B., Green chemistry: a tool for the sustainable development of the chemical industry, *Natl. Sci. Rev.*, **2014**, 2, 255–256.
37. Eilks, I. ja Hofstein, A., Combining the question of the relevance of science education with the idea of education for sustainable development. Teoksessa: *Science education research and education for sustainable development*, Shaker Verlag, Aachen, 2014, ss. 3–14.
38. Onwu, G. O. M. ja of Missouri Kyle, J., Increasing the socio-cultural relevance of science education for sustainable development, *African J. Res. Math. Sci. Technol. Educ.*, **2011**, 15, 5–26.
39. Mamlok-Naaman, R.; Katchevich, D.; Yayon, M.; Burmeister, M.; Feierabend, T. ja Eilks, I., Learning about sustainable development in socio-scientific issues-based chemistry lessons on fuels and bioplastics. Teoksessa: Zuin, V. ja Mammino, L. (toim.), *Worldwide Trends in Green Chemistry Education*, The Royal Society of Chemistry, 2015, ss. 45–60.

40. Aubrecht, K. B.; Padwa, L.; Shen, X. ja Bazargan, G., Development and implementation of a series of laboratory field trips for advanced high school students to connect chemistry to sustainability, *J. Chem. Educ.*, **2015**, *92*, 631–637.
41. Kolopajlo, L., Green chemistry pedagogy, *Phys. Sci. Rev.*, **2017**, *2*.
42. Puhdas vesi ja sanitaatio, <https://www.ykliitto.fi/puhdas-vesi-ja-sanitaatio>. (11.04.2023)
43. Pernaa, J., *Kehittämistutkimus : Tieto- ja viestintäteknikkaa kemian opetukseen*, Helsingin yliopisto, Helsinki, 2011.
44. Ikonen, M.; Tuomisto, M. ja Ojala, P., *Ilmiö. 7-9, Kemia*, 7. painos, Sanoma Pro, Helsinki, 2016.
45. Advanced learning packages: microscience environmental experiments, water quality and water treatment; manual for learners, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000150275>. (25.04.2023)
46. Kangaskorte, A.; Lavonen, J.; Pikkarainen, O.; Saari, H.; Sirviö, J.; Vakkilainen, K.-M. ja Viiri, J., *FyKe kemia 7-9*, 10. uudistettu painos, Sanoma Pro, Helsinki, 2016.
47. Juntunen, M., *Kestävä kehitys kemian opetuksessa : pedagogiikkaa ja oppilaiden omia tutkimuksia*, Suomen luonnonsuojeluliitto, Helsinki, 2015.
48. Luma-keskus Suomi: Jäteveden puhdistus, <https://www.youtube.com/watch?v=qH-GIMb5TUU>. (02.05.2023)
49. Kierrätyskeskus: Oppimateriaalit - Eri ikäisille, https://www.kierratyskeskus.fi/ymparistokoulu/opetusmateriaalit/eri_ikaisille_sopivat_materiaalit. (08.05.2023)
50. Yhdenvertaisuus.fi: Syrjintä vapaa koulu, <https://yhdenvertaisuus.fi/syrjinnasta-vapaa-koulu>. (17.05.2023)

Liitteet

Liite 1: Opettajan opas

Liite 2: Oppilaan ohjeet

Liite 3: Diat

Opettajan opas

Kokeellisuuden yhdistäminen kestävään kehitykseen

Oppimiskokonaisuudessa tuodaan kestäväns kehityksen aiheita kemian opetukseen kokeellisuuden ja keskustelun kautta. Kokonaisuus käsittelee kolmea eri pääteemaa: Ilmasto, Vesistö sekä Kierrätys ja uudelleenkäyttö.

Oppimiskokonaisuus koostuu 5x75min oppitunneista, joiden aikana tutustutaan pääteemoihin erilaisten kokeellisten töiden kautta. Samalla keskustellaan yhteiskunnallisista aiheista teemoihin liittyen.

Oppimiskokonaisuuden päätavoitteet:

- Oppia luonnossa tapahtuvista ilmiöistä kokeellisen työskentelyn avulla kemian kontekstissa
- Oppia, miten ihmisen toiminta vaikuttaa ympäristöön ja kuinka toiminnan vaikutuksiin voi vaikuttaa kemian avulla
- Oppia tuomaan omat havainnot ja mielipiteet esille sekä olemaan vuorovaikutuksessa muiden kanssa
- Oppia, miten kemian avulla voidaan saada aikaan keskustelua yhteiskunnallisista aiheista ja vaikuttaa niihin

Materiaali oppimiskokonaisuuden toteutukseen koostuu seuraavista osista:

- Opettajan opas: sisältää tuntisuunnitelmat, vinkkejä kokeellisten töiden toteutukseen sekä ohjeet töitä varten tehtäviin valmisteluihin ja demonstraatioihin
- Oppilaan ohjeet: sisältää oppilaille valmiit työohjeet tulostettavaksi töiden toteuttamiseen
- Diat: sisältää sarjan dioja näytettäväksi oppituntien aikana luokassa sekä kysymyksiä töiden purkuja varten

Tuntisuunnitelmat:

1. oppitunti: 75 min

Aiheena: Ilmasto

Oppimistavoitteet:

- Oppia rikin vaikutuksista ilmakehässä
- Oppia tehtaan vaikutuksista ympäristöön ja haitallisten vaikutusten torjumista

Osa	Sisältö	Aika	Materiaalit
1	Alustus kokonaisuuteen	5 min	Diat 1–2
2	Työ: Savusumu	10 min	Oppilaan ohjeet (s. 1)
	Purku	5 min	Dia 6
3	Demo: Rikin poltto	15 min	Dia 7
4	Työ: Tehtaan vaikutukset	30 min	Oppilaan ohjeet (s. 2–5)
	Purku	5 min	Dia 9

Ohjeet:

Alustus

Alustuksessa oppilaille kerrotaan oppimiskokonaisuuden sisältö, pääteemat ja oppimistavoitteet. (Diat 1–2)

Työ: Savusumu

Työ havainnollistaa, kuinka tuhka sekoittuu vesihöyryyn ja aiheuttaa sankkaa sumua.

Purku: Dia 6

Demo: Rikin poltto

Havainnollistetaan rikin palamisesta syntyvien kaasujen happamuutta

Työ suoritetaan vetokaapissa

Tarvikkeet: polttokauha, keittopullo (isosuinen), sytytin (tai kaasupoltin), foliopala, yleisindikaattori

- Otetaan polttokauhaan puoli teelusikallista rikkiä
- Sytytetään rikki palamaan joko kaasupolttimen liekillä tai sytyttimellä
- Viedään polttokauha keittopulloon ja suljetaan pullo tiiviisti foliopalalla
 - o Havainnoidaan, mitä keittopullossa tapahtuu
 - Mitä on palaminen?
 - Muodostuu kaasua, mitä kaasua?
- Kun rikki on palanut, poistetaan kauha varovasti keittopullostaa vain hieman foliota raottamalla
- Tiputetaan keittopulloon pisara yleisindikaattoriliuosta
 - o Indikaattoriliuosta voi tiputtaa pisaran myös puhtaaseen astiaan, jolloin havainnollistuu ero happamaan astiaan
 - o Mitä indikaattoripisaralle tapahtuu, kun se lähestyy astian pohjaa? Miksi?
 - o Mistä happamuus johtuu?
 - o Missä demonstraation ilmiö voidaan havaita oikeassa elämässä?

Työ: Tehtaan vaikutukset:

Työ havainnollistaa tehtaan vaikutusta lähellä oleviin vesistöihin ja kaivoihin. Työn aikana havaitaan, miten tehtaan savupiippu levittää saasteen kauemmaksi tehtaasta ja kuinka saaste voidaan torjua tehtaan piippuun laitettavan kemikaalin (katalysaattorin tai suodattimen) avulla.

Työtä tehdessä on huomioitava ilmavirrat, jotta muodostuva ”saaste” menee kohti vesistöjä ja kaivoja. Oppilaat voivat vaikka paperin avulla ohjata ilmavirran oikeaan suuntaan, jolloin saastuminen on havaittavissa.

Purku: Dia 9

2. oppitunti: 75 min

Aiheena: Vesistö

Oppimistavoitteet:

- Oppia vesivarojen jakautumisesta luonnossa
- Oppia ihmisen vaikutuksista luonnon vesistöihin
- Oppia, miten ihminen voisi vaikuttaa vesistöjen puhtauteen ja juomakelpoisen veden riittävyyteen

Osa	Sisältö	Aika	Materiaalit
1	Havainnollistus makean veden määrästä	5 min	Dia 13
2	Työ: Aurinkotislaus	15 min	Oppilaan ohjeet (s. 6–7)
	Purku	5 min	Dia 15
3	Työ: Hiilidioksidi ja vesistö	15 min	Oppilaan ohjeet (s. 8)
	Purku	5 min	Dia 17
4	Demo: Öljyonnettomuus	20 min	Diat 18–19
	Vesijalanjälkimittari		Tarvittaessa lisätekemiseksi

Ohjeet:

Havainnollistetaan makean veden määrää

Tuodaan luokkaan:

- 2 dl vettä, johon muutama jääpala, havainnollistaa jäätiköitä
- 1 dl makeaa vettä hanasta, havainnollistaa makean veden määrää
- 9,7 dl suolaista vettä, havainnollistaa meriveden määrää

Määrät kuvaavat hyvin sitä, miten vedet jakautuvat maapallolla.

Keskustellaan jakaumasta ja sen vaikutuksesta ihmisiin ja ympäristöön. (Dia 13)

Työ: Aurinkotislaus

Työ havainnollistaa veden puhdistusta sen ominaisuuksien (haihtuminen) avulla.

Voidaan toteuttaa myös ulkona, jos sää sallii, mutta toimii myös sisällä aurinkoisella ikkunalaudalla.

Aurinkotislaamo olisi hyvä jättää pitemmäksi aikaa toimimaan, jotta tuloksia voidaan havaita. Näin aurinkotislaamon lopputuloksen tutkiminen jää seuraavaan tuntiin.

Työ: Hiilidioksidin vaikutukset vesistöön

Työ havainnollistaa hiilidioksidin vaikutusta mm. vesistöjen saastumiseen. Ilmastonmuutoksen seurauksena hiilidioksidin määrä lisääntyy, jolloin sitä liukenee enemmän myös vesistöihin.

Purku: Dia 17

Demo: Öljyonnettomuus

Rakennetaan demonstraatio siitä, miten öljyä voidaan poistaa, jos merellä tapahtuu öljyonnettomuus.

Vaiheet:

- Rakennetaan tekomeri: Pesuvadin pohjalle noin puolet vettä, kivi saareksi, höyhen linnuksi (kiven lähetyville)
- Taitellaan foliosta laiva, joka laitetaan kellumaan veteen
- Värjätään pienimäärä ruokaöljyä aktiivihieillä mustaksi ja pipetoidaan laivaan
- Aiheutetaan öljyonnettomuus: Laiva törmää saareen ja öljy kaatuu veteen
 - o Mitä linnulle tapahtuu, jos se osuu öljyyn? (Kokeilkaa, jos näin ei käynyt)
 - o Mitä öljylle tapahtuu?
 - o Entä jos siihen puhaltaa? (Tuulen vaikutus)
 - o Pohditaan, mitä voisi tehdä, jotta öljyn saisi pois
- Aloitetaan mekaaninen raivaus: Rajataan öljy mehupilleillä
 - o Voiko öljyn vain lusikoida pois?
 - o Mitä havaitaan?
 - o Mitä voisi tehdä seuraavaksi?

- Ripotellaan öljyn pinnalle jotain sitovaa ainetta, kuten sahanpurua
 - o Miten lusikointi onnistuu nyt?
 - o Miksi?
 - o Mitä voisi kokeilla seuraavaksi?
- Kokeillaan sitoisiko kemikaali, kalkki, öljyä paremmin
 - o Mitä havaitaan?
 - o Olisiko muita keinoja saada öljy poistumaan
- Kokeillaan muita kemiallisia toimia: Tiputetaan öljyn sekaan tiskiainetta
 - o Mitä havaitaan?
 - o Miksi halutaan näin tapahtuvan?
- Keskustellaan lopuksi:
 - o Oliko öljyn poistaminen vedestä helppoa vai vaikeaa?
 - o Isossa öljytankkerissa on yli 64 miljoona litraa öljyä. Oman minikokeen perusteella, kauanko sen poistamiseen kuluisi aikaa?
 - o Alussa oleva höyhen mallintaa lintua. Miten linnulle olisi käynyt? Vaikuttaisiko öljy muihinkin eläimiin?
 - o Miten voisimme estää vastaavanlaiset onnettomuudet oikeassa elämässä?

Vesijalanjälkimittari

Mittari löytyy osoitteesta: <https://www.vesi.fi/vesijalanjalkilaskuri/>

Oppilas voi mittarin avulla laskea oman kotitaloutensa vesijalanjäljen ja miettiä, miten voisi itse vaikuttaa sen suuruuteen.

3. oppitunti: 75 min

Aiheena: Vesistö

Oppimistavoitteet:

- Oppia veden laadullisten kriteerien tutkimista
- Oppia veden puhdistukseen liittyviä kemiallisia toimenpiteitä

Osa	Sisältö	Aika	Materiaalit
1	Aurinkotislaamon tutkiminen	10 min	Oppilaan ohjeet (s. 7)
	Purku	5 min	Dia 25
2	Työ: Veden laadun tutkiminen	25 min	Oppilaan ohjeet (s. 9–10)
	Purku	5 min	Dia 27
3	Työ: Veden puhdistus	20 min	Oppilaan ohjeet (s.11–12)
	Purku	5 min	Dia 29
	Vesijalanjälkimittari		Tarvittaessa lisätekemiseksi

Ohjeet:

Aurinkotislaamon tutkiminen

Tehdään aurinkotislaamotyöhön liittyvät laskut ja havainnot.

Purku: Dia 25

Työ: Veden laadun tutkiminen

Työtä varten oppilaita voi pyytää tuomaan mukanaan oman vesinäytteen, jota voivat tutkia.

Työssä oppilaat pääsevät tutkimaan vesinäytettä ja pisteyttäen arvioimaan veden laatua ja puhtautta.

Työn voi toteuttaa joko ohjeiden (Oppilaan ohjeet s. 9) mukaan tai avoimena työnä antaen oppilaalle vain taulukon (Oppilaan ohjeet s. 10), jolloin oppilaat saavat itse keksiä tavan tutkia taulukon lukemiseen tarvittavat tiedot.

Purku: Dia 27

Työ: Veden puhdistus

Työ havainnollistaa kuinka saastunutta jätevettä voidaan puhdistaa erilaisilla työvaiheilla. Voidaan myös pohtia, miten käytettyjä menetelmiä voitaisiin soveltaa suuremmissa mittakaavassa.

Tätä työtä varten on valmistettava jätevesinäyte seuraavasti:

Sekoita:

- 3 dl vettä
- 1 tl maitojauhetta
- ripaus kuivahiivaa
- 1 tl kaakaojauhetta
- 1 tl pyykinpesuainetta (sisältää fosfaatteja)

Lisää ja sekoita hyvin:

- multaa (hyppysellinen)
- talouspaperisilppua

Jätevettä voi tehdä enemmän, jotta sitä riittää koko luokalle tutkittavaksi. Oppilaita voi myös ohjeistaa ottamaan jätevettä hieman sivuun ennen työn aloittamista, jolloin puhdistettua vettä voidaan helposti verrata alkuperäiseen ja näin havaita ero.

Oppilaat toteuttavat työn (Oppilaan ohjeet s. 11–12) ohjeiden mukaisesti

Purku: Dia 29

Vesijalanjälkimittari

Mittari löytyy osoitteesta: <https://www.vesi.fi/vesijalanjalkilaskuri/>

Oppilas voi mittarin avulla laskea oman kotitaloutensa vesijalanjäljen ja miettiä miten voisi itse vaikuttaa sen suuruuteen.

4. oppitunti: 75 min

Aiheena: Muovien valmistus

Oppimistavoitteet:

- Oppia, miten erilaisista materiaaleista voi valmistaa muovia
- Herättää ajatuksia omaan kierrätyskäyttämiseen

Osa	Sisältö	Aika	Materiaalit
1	Työ: Muovin valmistus maidosta	25 min	Oppilaan ohjeet (s. 13)
	Purku	5 min	Dia 34
2	Työ: Muovin valmistus perunajauhosta	25 min	Oppilaan ohjeet (s. 14)
	Purku	5 min	Dia 36
3	Kahden pullon tarina: johdanto kierrätykseen	10 min	Diat 37–38
	Kotitehtävä: Miten kotona kierrätetään		Dia 39

Ohjeet:

Työ: Muovien valmistus maidosta

Työn onnistuminen vaatii rasvattoman maidon käyttöä. Valmis tuotos ei myöskään suodatu suodatinpaperin läpi, joten tarvitaan harsokangasta, tai pumpulia ja jokin huokoinen paperi yhdistelmää.

Purku: Dia 34

Työ: Muovin valmistus perunajauhosta

Työssä muovia valmistuu suhteellisen paljon esimerkiksi maidosta valmistettuun verrattuna. Voidaan toteuttaa myös puolilla ohjeen määrästä, jos glyserolin mittaaminen on mahdollista.

Purku: Dia 36

Kahden pullon tarina

Kahden pullon tarina havainnollistaa muovipullon matkaa, kun se kierrätetään oikein tai kun sitä ei kierrätetä. Tarkoituksena on myös tuoda esiin eri kulttuurien tietoa ja taitoja kierrättää ja sitä, millaisia vaikutuksia on sillä, ettei kierrätetä.

Kotitehtävä:

Kotitehtävässä oppilas saa selvittää, miten oppilaan omassa kodissa kierrätetään ja miten oppilas voisi siihen itse vaikuttaa. Samalla tehtävä johdattaa seuraavan tunnin aiheeseen.

5. oppitunti: 75 min

Aiheena: Kierrätys ja uudelleenkäyttö

Oppimistavoitteet:

- Oppia erilaisten muovien käyttäytymistä ja kierrätystä
- Oppia oikeanlaista lajittelua ja kierrätystä
- Oppia tuotteiden valmistukseen liittyviä vaiheita

Osa	Sisältö	Aika	Materiaalit
1	Keskustelu muovien valmistuksesta (Oma työ) ja kierrätystehtävästä	5 min	Dia 42
2	Omien muovien vertailu	15 min	Oppilaan ohjeet (s. 15–16)
	Muovien tiheyksien vertailu		
	Purku	5 min	Diat 44–45
3	Kierrätysrata	35 min	Oppilaan ohjeet (s. 17–62)
	Purku	5 min	Dia 47
4	Lopputehtävä: Ota askel, jos ...	10 min	Diat 48–49

Ohjeet:

Keskustelu

Palautetaan mieliin edellisellä tunnilla valmistetut muovit sekä valmistusmateriaalien ja tapojen erot. Samalla saadaan ajatukset kohti kierrätystä ja keskustellaan oppilaille annettusta kotitehtävästä ja siitä, miten he kierrättävät itse.

Työ: Muovien vertailu ja tiheyksien tutkiminen

Työtä varten tulee valmistaa kylläistä suolaliuosta:

- Liuota noin 38 g suolaa 100 ml: aa vettä kohden

Suolaliuosta voi valmistaa noin 0,7 l

Työ sisältää kaksi vaihetta: Oppilaan itse valmistamien muovien vertailu sekä erilaisten muovien tiheyksien tutkiminen ja sen perusteella muovien tunnistaminen.

Purku: Diat 44–45

Kierrätysrata

Kierrätysrata toteutetaan pistetyöskentelynä. Pisteitä on yhteensä 5, joihin ohjeet ja materiaali löytyvät oppilaan ohjeista (s. 17–62).

Piste 1: Muovit ja niiden kierrätysmerkit

Piste opettaa erilaisista muoveista ja missä niitä käytetään. Lisäksi voidaan tutkia sitä mitä muoveille voidaan tehdä, jos ne kierrätetään.

Piste 2: Ympäristömerkit

Pisteen aikana oppilas oppii tunnistamaan erilaisia ympäristömerkkejä ja mitä vaaditaan, jotta jokin tuote saa ympäristömerkin.

Piste 3: Lajittelupiste

Pisteellä oppilas oppii lajittelemaan erilaisia jätteitä oikeaan lajittelupisteeseen ja samalla saa pohtia myös sitä, voiko jonkin jätteen lajitella useampaa eri paikkaan.

Ratkaisut:

1. Biojäte
2. Vaarallinen jäte, kaupan kierrätyslaatikko
3. Sekajäte
4. Uudelleenkäyttö, Sekajäte
5. Uudelleenkäyttö, Metallinkeräys
6. Uudelleenkäyttö, Sekajäte, Lasinkeräys
7. Biojäte
8. Kartonkikeräys
9. Uudelleenkäyttö, Paperinkeräys
10. Paperinkeräys
11. Apteekki
12. Energiajäte, Sekajäte

13. Lasinkeräys
14. Metallinkeräys
15. Metallinkeräys
16. Lasinkeräys
17. Energiajäte, Sekajäte
18. Kartonkikeräys
19. Kauppa
20. Vaarallinen jäte, Metallinkeräys
21. Kartonkikeräys
22. Metallinkeräys
23. Biojäte
24. Kauppa, metallinkeräys
25. Kartonkikeräys, Pahvinkeräys
26. Kartonkikeräys
27. Uudelleenkäyttö, Metallinkeräys
28. Kartonkikeräys, Paperinkeräys
29. Vaarallinen jäte, Kaupan keräysastia
30. Paperinkeräys
31. Biojäte, Sekajäte
32. Paperinkeräys
33. Biojäte
34. Uudelleenkäyttö, Sähkö- ja elektroniikkakeräys
35. Metallinkeräys
36. Sekajäte
37. Vaarallinen jäte
38. Apteekki
39. Energiajäte, Sekajäte

Piste 4: Tuotteen elinkaaren vaiheet

Pisteellä oppilas pääsee tutkimaan tuotteen elinkaaren eri vaiheita ja pohtimaan miten voisi itse vaikuttaa eri vaiheiden ekologisuuteen tai taloudellisuuteen.

Ratkaisut:

1. Raaka-aine
2. Suunnittelu
3. Tuotanto
4. Markkinointi
5. Jakelu
6. Käyttö
7. Kierrätys
8. Jäte

Piste 5: Raaka-aine, tuote vai kierrätys

Piste havainnollistaa mitkä asiat ovat raaka-ainetta, mitä tuotteita ja mitkä oli laitettava kierrätykseen. Samalla opitaan arvioimaan tuotteiden kuntoa ja sitä, voidaanko niitä vielä hyödyntää.

Ratkaisut:

- Tietokone: Tuote, jos rikki -> Kierrätys
- Muovit: Tuote, Kierrätys
- Rikkinäinen paita: Kierrätys
- Tuoli: Tuote, jos rikki -> Kierrätys
- Puuvilla: Raaka-aine
- Paistinpannu: Tuote, jos rikki -> Kierrätys
- Lankku: Raaka-aine, Tuote
- Vehnä: Raaka-aine
- Malmi: Raaka-aine
- Kirja: Tuote, jos rikki -> Kierrätys
- Puhjennut rengas: Kierrätys
- Katkennut maila: Kierrätys
- Puu: Raaka-aine
- Paperikassi: Tuote, jos rikki/rutussa -> Kierrätys
- Jugurtti: Tuote, jos tyhjä -> Kierrätys
- Mansikka: Raaka-aine, Tuote
- Jalkapallo: Tuote, jos rikki -> Kierrätys
- Öljy: Raaka-aine
- Sanomalehti: Tuote, jos luettu/rypistynyt -> Kierrätys
- Rikkinäinen lasi: Kierrätys
- Kello: Tuote, jos rikki -> Kierrätys
- Paperi: Raaka-aine, Tuote, jos rypistynyt -> Kierrätys
- Kangas: Raaka-aine, Tuote
- Tyhjä paristo: Kierrätys

Purku: Dia 47

Lopputehtävä: Ota askel, jos...

Lopputehtävässä kartoitetaan oppilaiden kokemuksia oppimiskokonaisuudesta ja sitä, oppivatko oppilaat kokonaisuuden aikana mitään uutta. Perinteiden kyselyn sijaan tämä toteutetaan pienen leikin muodossa.

Väitteet löytyvät Dioista 48–49, ne voi joko heijastaa yksi kerrallaan seinälle tai vain lukea ääneen luokalle.

Oppilaan ohjeet

Työ: Savusumu

Tarvikkeet:

- dekantterilasi
- foliopala
- tulitikut
- noin 2 cm x 2 cm pala paperia

Ohje:

1. Kastele dekantterilasin sisäpinta vedellä (kostea, ei märkä)
2. Laita foliopala puoliksi dekantterilasin päälle kanneksi
3. Sytytä paperipala ja pudota se dekantterilasiin
4. Sulje foliokansi nopeasti ja tiivisti
5. Havainnoi tilannetta

Mitä havaitset dekantterilasissa?

Miten selität tekemäsi havainnot?

Missä muualla tämän saman ilmiön voisi havaita?

Siivous:

- pese välineet ja laita ne kuivumaan.

Työ: Tehtaan vaikutukset

Tarvikkeet:

- kennolevy
- 2 erilaista ”korkkia”

”korkki 1”:



”korkki 2”:



- 2 ruiskuja
- 2 pipettiä
- 2 spaattelia
- sinitarraa
- noin 5 cm pitkä silikoniletku
- pumpulia
- vesi
- yleisindikaattoriliuos
- suolahappoa (HCl 2M)
- natriumsulfaattia (Na₂SO₄ vedetön)
- kalsiumoksidi (CaO)

Ohjeet:

Osa 1:

1. Laita kennolevyn kaikkiin koloihin vettä
2. Tyhjennä ensimmäinen kolo pipetillä vedestä
3. Kuivaa kolojen välit paperilla
4. Pipetoi toisella pipetillä jokaiseen vettä sisältävään kennoon yksi pisara yleisindikaattoriliuosta
5. Lusikoi 3 spaattelinkärjellistä natriumsulfaattia ensimmäiseen koloon ja aseta ”korkki 1” kolon päälle niin, että sen tuuletusaukko on vedellä täytettyjä kennoja kohti ja poistoputki poispäin kennoista
6. Tiivistä poistoputki sinitarralla
7. Ota ruiskuun 0,5 ml suolahappoa

8. Vie ruisku aivan tuuletusaukon suulle ja lisää kaikki suolahappo tuuletusaukosta kennoon. HUOM! Varo suolahapon tiputtamista muihin kennoihin ’
9. Odota noin 5 minuuttia ja tutki mitä tapahtuu

Mikä on yleisindikaattorin väri kennoissa ennen kokeen aloittamista? Miksi?

Kuvaile, mitä kennoille tapahtuu 5 minuutin aikana. Miksi näin tapahtuu?

Siivous:

- Puhdista kennolevy huuhtelemalla se reilulla vedellä.
- Poista sinitarra ”korkin 1” päästä ja huuhtelee se hyvin vedellä

Osa 2:

1. Laita kennolevyn kaikkiin koloihin vettä
2. Tyhjennä ensimmäinen kolo pipetillä vedestä
3. Kuivaa kolojen välit paperilla
4. Pipetoi toisella pipetillä jokaiseen vettä sisältävään kennoon yksi pisara yleisindikaattoriliuosta
5. Aseta korkin ohuempaan koloon pieni silikoniletku ja jätä paksumpi putki syöttöputkeksi
6. Lusikoi 3 spaattelinkärjellistä natriumsulfaattia ensimmäiseen kennolevyn koloon ja aseta ”korkki 2” kolon päälle niin, että silikoniputki on vedellä täytettyjä kennoja kohti ja syöttöputki pois päin kennoista
7. Täytä ruiskuun 0,5 ml suolahappoa
8. Vie ruisku aivan syöttöputken suulle ja lisää kaikki suolahappo syöttöputkesta kennoon. HUOM! Varo suolahapon tiputtamista muihin kennoihin
9. Tiivistä syöttöputki sinitarralla
10. Odota noin 5 minuuttia ja tutki mitä tapahtuu

Miten Osan 2 koe eroaa Osa1 kokeesta?

Miten tämä ero näkyy 5 minuutin kuluttua?

Siivous:

- Puhdista kenno huuhtelemalla se runsaalla vedellä.
- Poista silikoniputki ja sinitarra ”korkista 2” ja huuhtele ”korkki 2” ja putki hyvin vedellä

Osa 3:

1. Laita kennolevyn kaikkiin koloihin vettä
2. Tyhjennä ensimmäinen kolo pipetillä vedestä
3. Kuivaa kolojen välit paperilla
4. Pipetoi toisella pipetillä jokaiseen vettä sisältävään kennoon yksi pisara yleisindikaattoriliuosta
5. Aseta korkin ohuempaan koloon pieni silikoniletku ja jätä paksumpi putki syöttöputkeksi
6. Aseta silikoniletkun sisään pieni pala pumpulia
7. Lusikoi spaattelin kärjellinen kalsiumoksidia pumpulin päälle
8. Lusikoi 3 spaattelinkärjellistä natriumsulfaattia ensimmäiseen kennolevyn koloon ja aseta ”korkki 2” kolon päälle niin, että silikoniputki on vedellä täytettyjä kennoja kohti ja syöttöputki pois päin kennoista
9. Täytä ruiskuun 0,5 ml suolahappoa
10. Vie ruisku aivan syöttöputken suulle ja lisää kaikki suolahappo syöttöputkesta kennoon. HUOM! Varo suolahapon tiputtamista muihin kennoihin
11. Tiivistä syöttöputki sinitarralla
12. Odota noin 5 minuuttia ja tutki mitä tapahtuu

Miten Osan 3 koe eroaa aikaisemmista kokeista?

Miten ero näkyy 5 minuutin kuluttua?

Mitä kalsiumoksidi tekee työssä?

Miten tätä voidaan hyödyntää käytännössä tehtaissa?

Siivous:

- puhdista kenno huuhtelemalle se runsaalla vedellä.
- poista silikoniputki ja sinitarra ”korkista 2”
- pumpulin putken sisältä voi heittää roskeen
- huuhtelee ”korkki 2” ja putki hyvin vedellä

Työ: Aurinkotislaus

Tarvikkeet:

- iso dekantterilasi 2 l (tai muu iso kulho)
- puhdas 100 ml dekantterilasi
- kelmu
- paino
- kuumaa vettä
- suolaa
- elintarvikeväriä

Ohjeet:

1. Aseta 100 ml:n dekantterilasi keskelle ison dekantterilasin pohjaa
2. Mittaa ison dekantterilasin pohjalle tarkka määrä vettä (esim. 200 ml). Ota tulos ylös.
Varo, ettei vettä mene pieneen dekantterilasiin
_____ ml
3. Lisää veteen ruokasuolaa noin 2 tl ja värjää vesi elintarvikevärillä
4. Peitä iso dekantterilasi löysästi roikkumaan jäävällä kelmulla, kiinnitä tarvittaessa teipillä
5. Aseta paino kelmun päälle niin, että se on pienen dekantterilasin yläpuolella
6. Aseta tislaamo aurinkoiseen ja lämpimään paikkaan ja anna tislaamon olla koskematta seuraavaan tuntiin

Pohdi, miksi tislaamoon laitettuun veteen lisättiin suolaa ja elintarvikeväriä.

Tislaamon toiminnan tutkiminen (Seuraavalla tunnilla):

1. Irrota kelmu
2. Ota pieni dekantterilasi pois isosta dekantterilasista. Varo läikyttämästä tai roiskuttamasta
3. Mittaa pieneen dekantterilasiin kertynyt veden määrä
_____ ml
4. Laske tislattun veden prosenttiosuus alkuperäisestä:

$$\text{Tislattun veden prosenttiosuus (\%)} = \frac{\text{Tislattun veden määrä}}{\text{Tislaamoon laitettun veden määrä}} \cdot 100 \%$$

Miltä tislamosta pois otetun dekantterilasin vesi näyttää? Eroaako se alkuperäisestä vedestä?

Mihin tislamon toiminta perustuu?

Tislaamosta saatua vettä voidaan kutsua ”puhdistetuksi vedeksi”. Miksi?

Miten ja missä tislamo voisi hyödyntää käytännössä?

Pohdi, miten tislamon toimintaa voisi parantaa

Siivous:

- kaada vedet viemäriin ja pese dekantterilasit
- kelmut voi heittää sekajätteeseen
- opettaja kerää painot

Työ: Hiilidioksidin vaikutus vesistöön

Tarvikkeet:

- dekantterilasi
- vettä
- indikaattoriliuosta
- pilli

Ohjeet:

1. Laita dekantterilasi puolilleen vettä
2. Lisää lasiin muutama pisara indikaattoriliuosta

Minkä väristä liuos on? Miksi?

3. Puhalla pillillä veteen

Mitä tapahtuu?

Miksi näin tapahtuu?

Miten tämä voidaan havaita luonnossa?

Siivous:

- tiskaa dekantterilasi ja heitä pilli sekajätteeseen

Työ: Veden laadun tutkiminen

Tarvikkeet:

- vesinäyte
- mittalasi
- lasisauva
- pH-paperia

Ohjeet:

- Tutki veden väri, haju, vaahtoavuus, happamuus ja sameus
- Pisteytä vesi seuraavan sivun taulukon mukaisesti
- Oliko vetesi juomakelpoista?

Vaahtoavuus:

1. Sekoita vettä voimakkaasti.
2. Lopeta sekoittaminen ja laske, kuinka kauan sekoittamisen jälkeen vesi vaahtoa

Sameus:

1. Aseta mittalasi työohjeen päälle
2. Kaada mittalasiin vettä ja tutki kuinka suuren vesipatsaan läpi pystyt edelleen lukemaan työohjeen selkeästi
3. Suodata vesi suodatinpaperin läpi ja toista kohdat 1 ja 2 uudelleen

Happamuus:

1. Kasta lasisauva veteen ja tiputa siitä pisara pH-paperin päälle
2. Arvioi veden pH paperin värin perusteella

Havainnot ja saadut pisteet:

Siivous:

- liuokset voi kaataa viemäriin
- tiskaa välineet
- pH paperit voi heittää roskikseen

Väri		Haju		Hajun voimakkuus		Vaahtoavuus		pH arvo		Sameus/ näkyvyys		Sameus/näkyvyys suodatettuna	
väritön	3	hajuton	2	ei hajua	3	ei vaahtoa	3	1	0	0–5 cm, samea	0	0–5 cm, samea	0
sininen	2	muta tai kala	1	heikko haju	2	1 s	3	2	0	5–15 cm, samea	0	5–15 cm, samea	0
sinivihreä	1	pilaantunut kala	0	selvä haju	1	2 s	2	3	0	15–20 cm, melko samea	1	15–20 cm, melko samea	1
vihreä	0	maatunut	1	voimakas haju	0	10 s – 5 min	1	4	0	yli 20 cm, kirkas	2	yli 20 cm, kirkas	2
kellanhvihreä	1	mätä kananmuna	0			yli 5 min	0	5	1				
kellanuskea	1	öljy	0			yli 4 h	0	6	1				
ruskea	0	joku muu	0					7	2				

Pisteet:

15–	erinomainen
13–14	kiitettävä
11–12	hyvä
9–10	tydyttävä
7–8	välttävä
0–6	heikko

Työ: Veden puhdistus

Tarvikkeet:

- jätevesinäyte
- siivilä
- 3 kpl dekantterilaseja
- kalsiumoksidi (CaO)
- alunaa
- pullo/suppilo
- suodatinpaperi
- kuminauha
- puhdasta hiekkaa: kolmea eri kokoa

Ohjeet:

Mekaaninen puhdistus

1. Laita siivilän alle puhdas dekantterilasi
2. Kaada jätevesi siivilän läpi dekantterilasiin

Mihin siivilöinti perustuu?

Kemiallinen puhdistus

1. Mittaa jäteveden pH-arvo
2. Lisää jätevetteen noin 0,5 rkl kalsiumoksidia
3. Sekoita hyvin
4. Tarkasta näytteen pH-arvo
5. Lisää ruokalusikallinen alunaa jätevetteen
6. Sekoita hyvin
7. Tarkasta pH-arvo
8. Anna liuoksen seistä noin 15 minuuttia

Mikä oli liuoksen pH-arvo alussa? _____

Mikä oli liuoksen pH-arvo kalsiumoksidin lisäyksen jälkeen? _____

Entä alunan lisäyksen jälkeen? _____

Mitä luulet kemiallisen puhdistuksen poistavan jätevedestäsi?

Hiekkasuodattimen rakentaminen:

1. Kiinnitä suodatinpaperi pullon suulle kuminauhalla
2. Kaada hienojakoisin hiekka suodattimen pohjalle
3. Lisää päälle karkeampi hiekka ja ihan lopuksi kaikista karkein hiekka
4. Aseta suodatin sopivan kokoisen dekantterilasin päälle.
5. Testaa suodattimen toiminta kaatamalla sen läpi puhdasta vettä

Tutki ja kuvaile, miltä jätevesinäyte näyttää 15 minuutin kuluttua.

6. Tämän jälkeen kaada jätevesi hiekkasuodattimeen

Vertaa hiekkasuodattimen läpi tullutta vettä alkuperäiseen jätevesinäytteeseen. Mitä havaitset?

Pohdi, olisiko vesi tarpeeksi puhdasta juotavaksi. Perustele

Siivous:

- hiekkasuodattimen hiekan voi laittaa sekajätteeseen
- pese käyttämäsi välineet

Työ: Muovin valmistus maidosta

Tarvikkeet:

- 2 kpl mittalaseja
- dekantterilasi
- keittopullo
- suppilo
- harsokangasta
- rasvaton maito
- väkiviinaetikka

Ohjeet:

1. Ota dekantterilasiin 100 ml kiehuvaa vettä ja lisää joukkoon 50 ml rasvatonta maitoa
2. Lisää dekantterilasiin myös 10 ml etikkaa
3. Sekoita huolellisesti

Mitä seokselle tapahtuu?

4. Suodata seos harsokanakaan läpi keittopulloon.
5. Huuhtelee saostuma vedellä
6. Aseta saostuma talouspaperin päälle ja muotoile haluamaasi muotoon
7. Jätä saostuma nimellä varustettuna kuivumaan seuraavaan tuntiin

Kuvaile, miltä valmistamasi muovi näyttää ja tuntuu ennen kuivumista.

Siivous:

- liuoksen voi kaataa viemäriin
- harsokankaan voi heittää sekajätteeseen
- pese käyttämäsi välineet

Työ: Muovin valmistus perunajauhoista

Tarvikkeet:

- dekantterilasi
- mittalasi
- lusikka
- perunajauhoa
- glyserolia

Ohjeet:

1. Lisää dekantterilasiin noin 1 tl perunajauhoa
2. Lisää 10 ml vettä ja sekoita huolella
3. Lisää vielä 40 ml kiehuvaa vettä ja sekoita huolella

Miltä seos näyttää?

4. Lisää dekantterilasiin vielä noin 2 ml glyserolia ja sekoita huolella
5. Lusikoi seos laakeaan astiaan ja jätä kuivumaan seuraavaan tuntiin

Kuvaile, miltä valmistamasi muovi näyttää ja tuntuu ennen kuivumista.

Siivous:

- pese käyttämäsi välineet

Työ: Muovien vertailu ja tiheyden tutkiminen

Tarvikkeet:

- omat valmistamasi muovit
- 5 erilaista muovinäytettä
- 3 kpl dekantterilaseja
- etanolia
- vettä
- suolaliuos

Omien muovien tutkiminen:

Ohjeet:

1. Irrota oma valmistamasi muovit varovasti niiden kuivumisastioista
2. Vertaile muovien ulkonäköä, kovuutta, rakennetta, väriä. Mitä eroja? Mitä yhteistä?

Kirjaa havaintosi ylös:

Muovien tiheyksien tutkiminen:

Ohjeet:

1. Ota yhteen dekantterilasiin vettä, yhteen etanolia ja yhteen suolaliuosta
2. Upota tutkittava muovinäyte dekantterilasiin
3. Havainnoi, mitä näytteelle tapahtuu (kelluuko, uppoaako, jääkö puoliväliin)
4. Toista sama jokaiselle muovinäytteelle jokaisessa dekantterilasissa
5. Kirjaa havaintosi alla olevaan taulukkoon
6. Voit myös kokeilla miten oma tekemäsi muovit reagoivat eri dekantterilaseissa
7. Päättelä alla olevien taulukoiden perusteella, mitä muovia näytteesi voisi olla. Kirjoita päätelmäsi havaintotaulukkoon päätelmät sarakkeeseen.

Muovinäyte	Vesi	Etanoli	Suolaliuos	Päätelmät	Mikä muovi?
1					
2					
3					
4					
5					
Oma 1					
Oma 2					

Aihe	Tiheys (g/cm ³)
Etanoli	0,82
Vesi	1
Suolaliuos	1,2

Aihe	Tiheys (g/cm ³)
PE-LD	0,9–0,94
PE-HD	0,93–0,97
PP	0,91
PVC	yli 1,3
PS	1,05
PET	1,35

Etsi oppikirjasta taulukko muovien yleisistä ominaisuuksista. Tutki muovinäytteitä ja pyri myös niiden ominaisuuksien perusteella lopullisesti päättelemään, mitä muovia kukin näytteistäsi on.

Siivous:

- muovinäytteet ja omat muovisi voit heittää sekajätteeseen
- opettaja kerää etanoliliuoksen talteen
- muut liuokset voi laittaa viemäriin
- pese käyttämäsi välineet

Työpaikkaohjeet: Kierrätysrata

Piste 1: Muovit ja niiden kierrätysmerkit

Yhdistä pöydällä olevat muovien nimet, kierrätysmerkit ja muovin käyttökohteet toisiinsa.

Pohdi lopuksi seuraavia kysymyksiä:

Mitä yhteistä on kaikkien muovien nimissä? Mihin se viittaa?

Yhtä muoveista ei saa kierrättää muovinkeräykseen. Mikä se on? Voisitko muovin nimen perusteella päätellä miksi ei?

Tutki, mihin eri käyttötarkoituksiin kierrätettyä muovia voidaan käyttää.

Muovien kierrätys: Tehtäväkortit

Polyeteenitereftalaatti



Virvoitusjuomapullot

Polyeteeni (high density)



Mehupullot, ämpärit

Polyvinyylikloridi



Sadetakit, putket, letkut

Polyeteeni (low density)



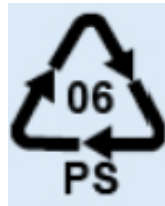
Muovikassit, muovipussit

Polypropeeni



Muovirasiat

Polystyreeni



Muovirasiat, kertakäyttömukit

Muut (edellisten seos)



Yhdistelmä erilaisia käyttökohteita

Piste 2: Ympäristömerkit

Yhdistä ympäristömerkin nimi ja kuva.

Tutki, mitä kunkin ympäristömerkin saavuttaminen vaatii.

Pohdi lopuksi seuraavia kysymyksiä:

Oletko itse törmännyt johonkin ympäristömerkkiin? Jos olet, missä?

Miten kuluttaja voi hyödyntää tuotteissa näkyviä ympäristömerkkejä?

Tiedät vielä jonkin muun ympäristömerkin? Jos tiedät, minkä?

Ympäristömerkit: Tehtäväkortit

Kuvat: <https://avainlippu.suomalainentyo.fi/ajankohtaista/merkillista-tietoa/>, <https://eekoo.fi/news/mita-ymparistomerkit-ja-luomumerkit-kertovat/>,
<https://www.meetturku.fi/meet-turku/kestavat-kokoukset/merkit-sertifikaatit-ja-standardit>



Avainlippu



Sirkkalehti



Hyvää Suomesta



Joutsenmerkki



EU-ympäristömerkki



EU-luomumerkki



Leppäkerttumerkki



Reilu kauppa -merkki



Aurinko-merkki

Piste 3: Lajittelupiste

Pöydällä on erilaisia kierrätyspisteitä ja erilaisia jätteitä.

Lajittele jätteet oikeaan kierrätyspisteeseen.

Pohdi lopuksi seuraavia kysymyksiä:

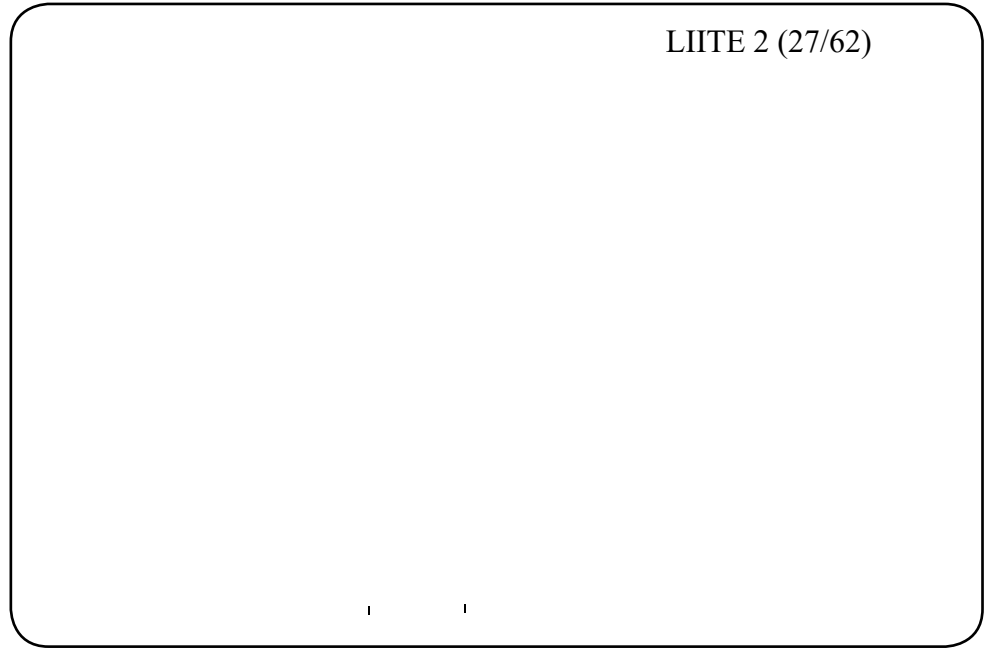
Oliko jätteiden lajittelu mielestäsi helppoa?

Olisiko jokin jäte sopinut kierrätettäväksi myös johonkin muuhun astiaan kuin mihin sen alun perin lajittelit?

Lajittelupiste tehtäväkortit

Tehtäväkorttien lähde: Kierrätyskeskus: Oppimateriaalit - Eri ikäisille: Jätelajittelukortit:

https://www.kierratyskeskus.fi/ymparistokoulu/opetusmateriaalit/eri_ikaisille_sopivat_materiaalit





9



LIITE 2 (28/62)

4



7



5

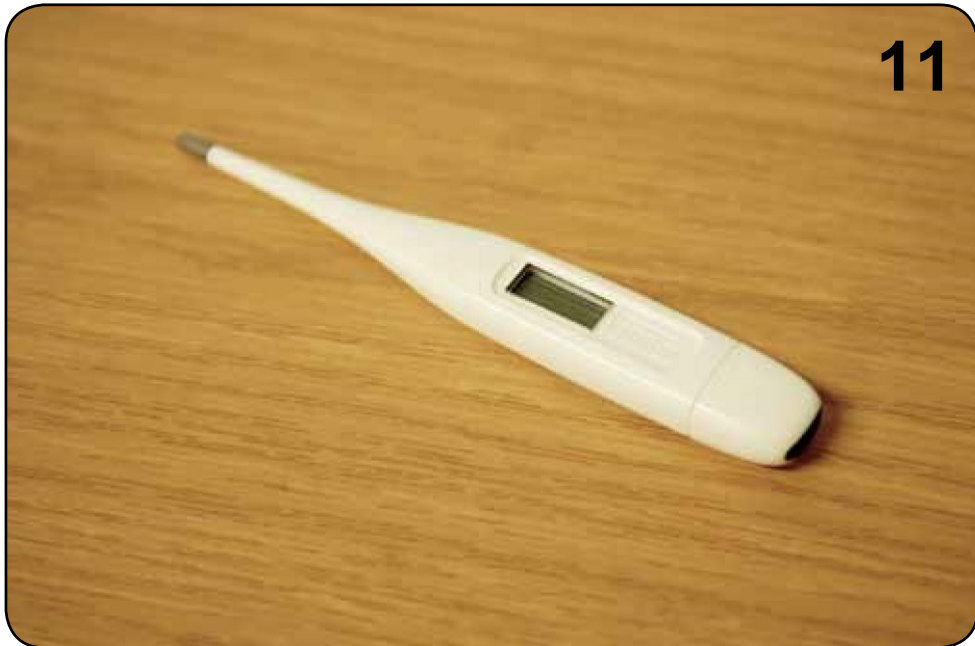


10

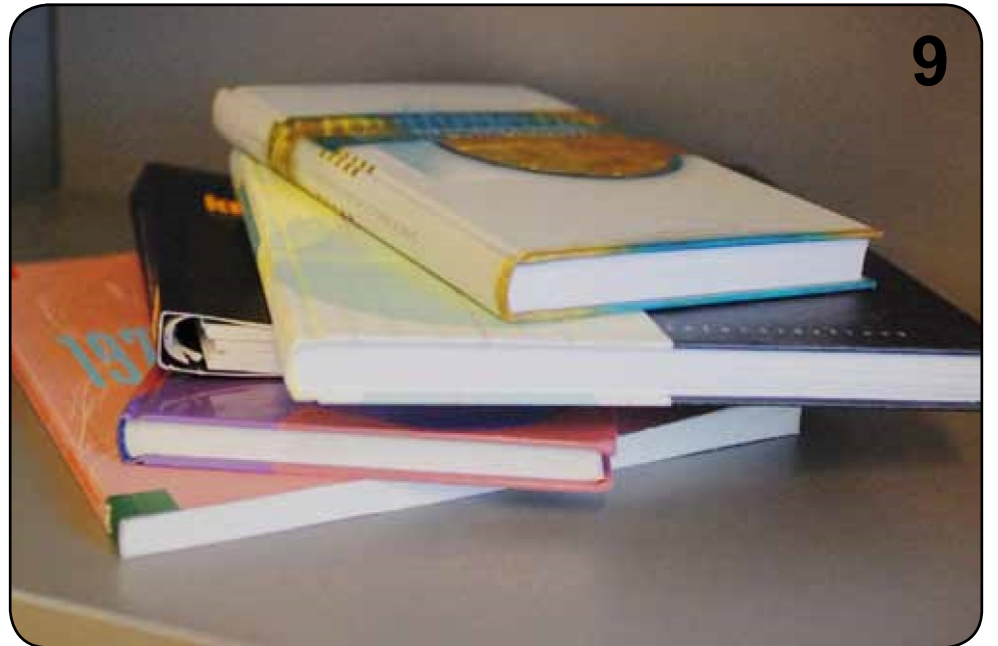


LIITE 2 (29/62)

8



11



9





18



LIITE 2 (31/62)

16



19



17



22



LIITE 2 (32/62)

20



23



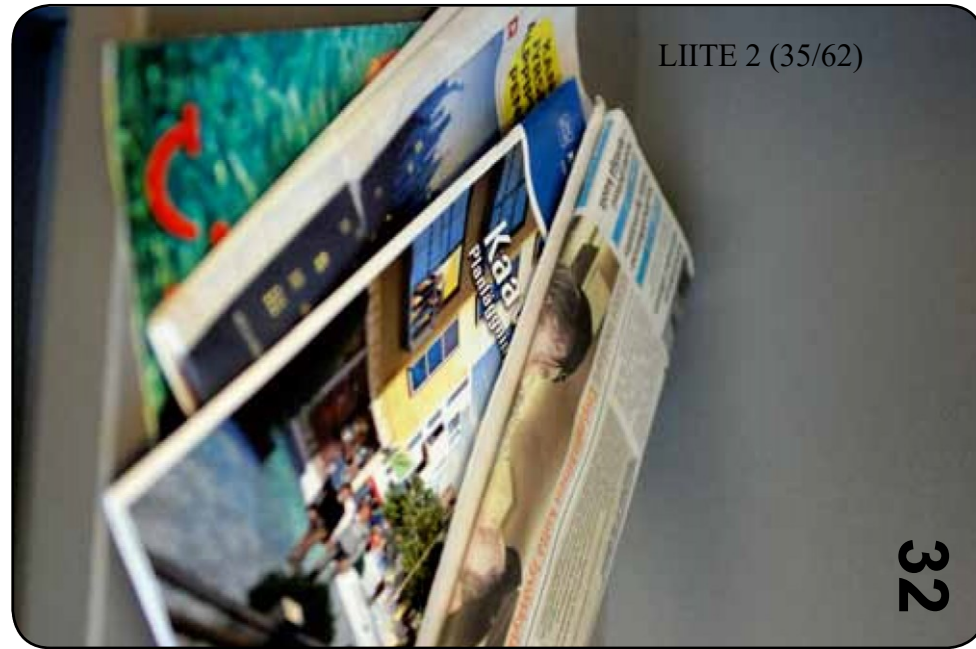
21







34



LIITE 2 (35/62)

32



35



33



38



LIITE 2 (36/62) 36

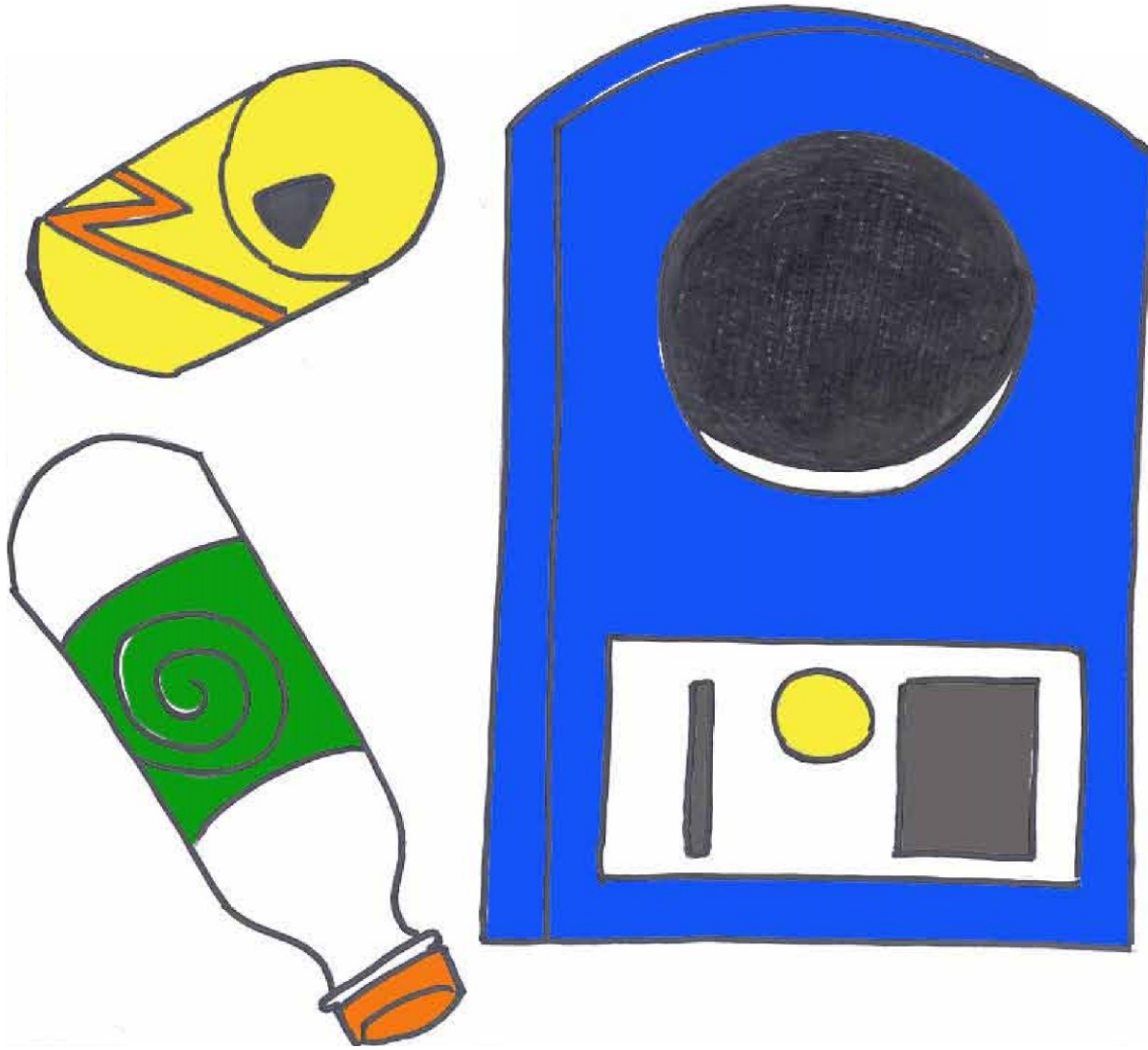


39



37

KAUPPA





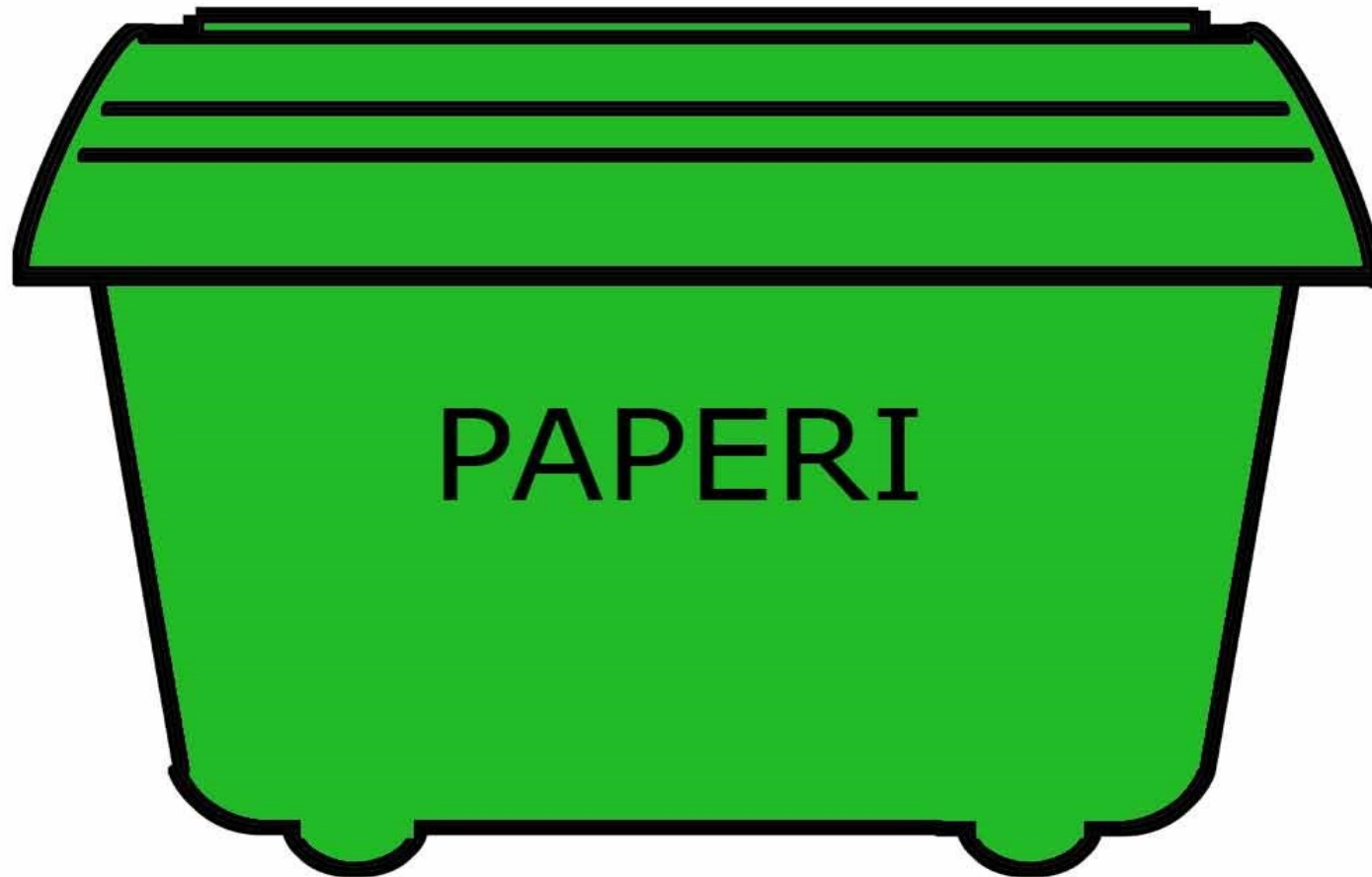
APTEEKKI



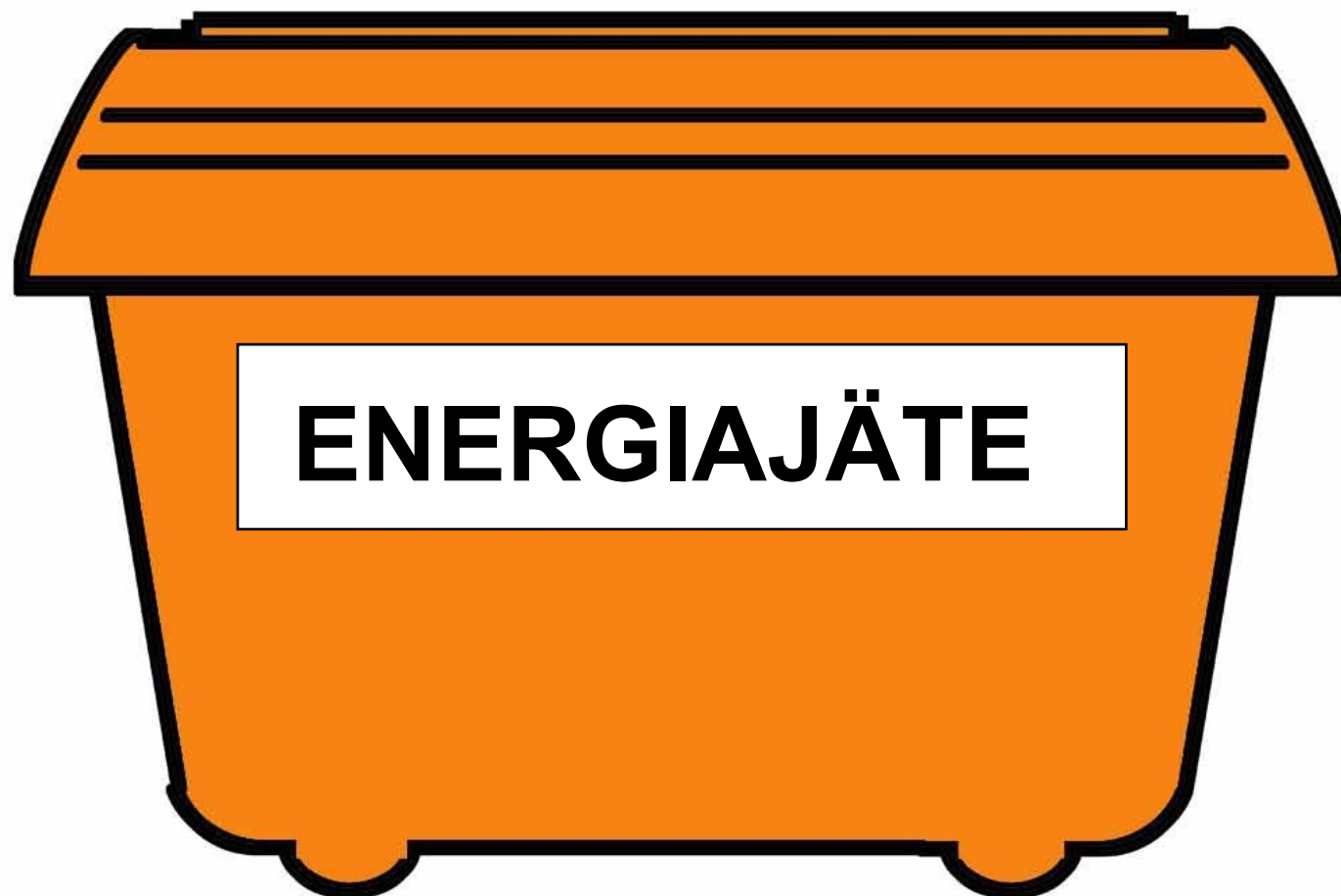
VAARALLINEN JÄTE



SÄHKÖ- JA ELEKTRONIIKKA ROMU



PAPERINKERÄYS



ENERGIAJÄTE



KARTONKIKERÄYS



SEKAJÄTE



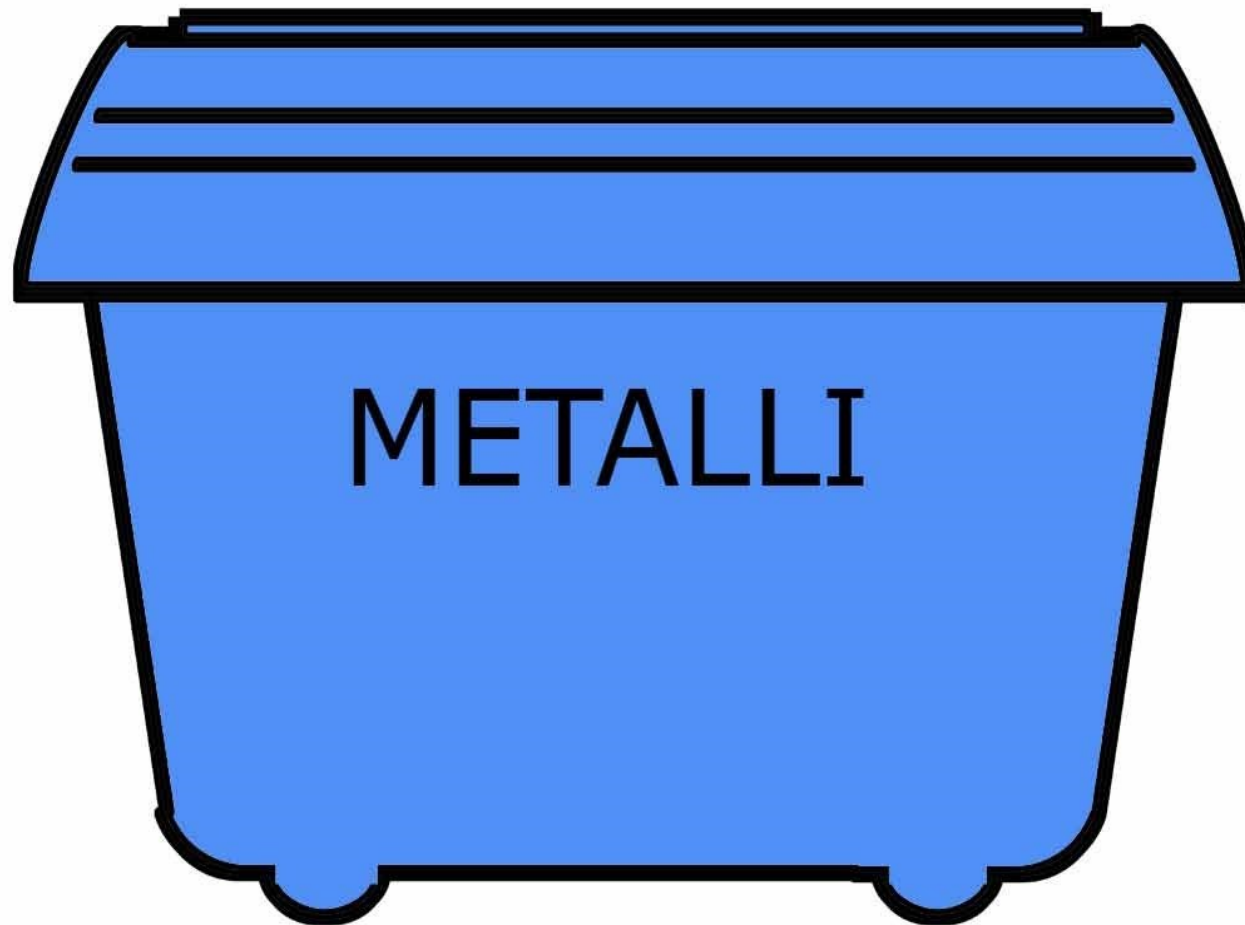
UDELLEENKÄYTTÖ



BIOJÄTE



LASINKERÄYS



METALLINKERÄYS

Piste 4: Tuotteen elinkaaren vaiheet

Aseta tuotteen elinkaaren vaiheet oikeaan järjestykseen.

Pohdi kunkin elinkaaren vaiheen vaikutusta tuotteen käyttöön ja ekologisuuteen.

Pohdi lopuksi seuraavia kysymyksiä:

Miksi kuluttajan on hyödyllistä tuntea tuotteen elinkaaren vaiheet?

Voiko kuluttaja jollain tavalla vaikuttaa eri tuotteen elinkaaren vaiheiden ekologisuuteen tai taloudellisuuteen?

Tuotteen elinkaari: Tehtäväkortit

Raaka-aine

Suunnittelu

Tuotanto

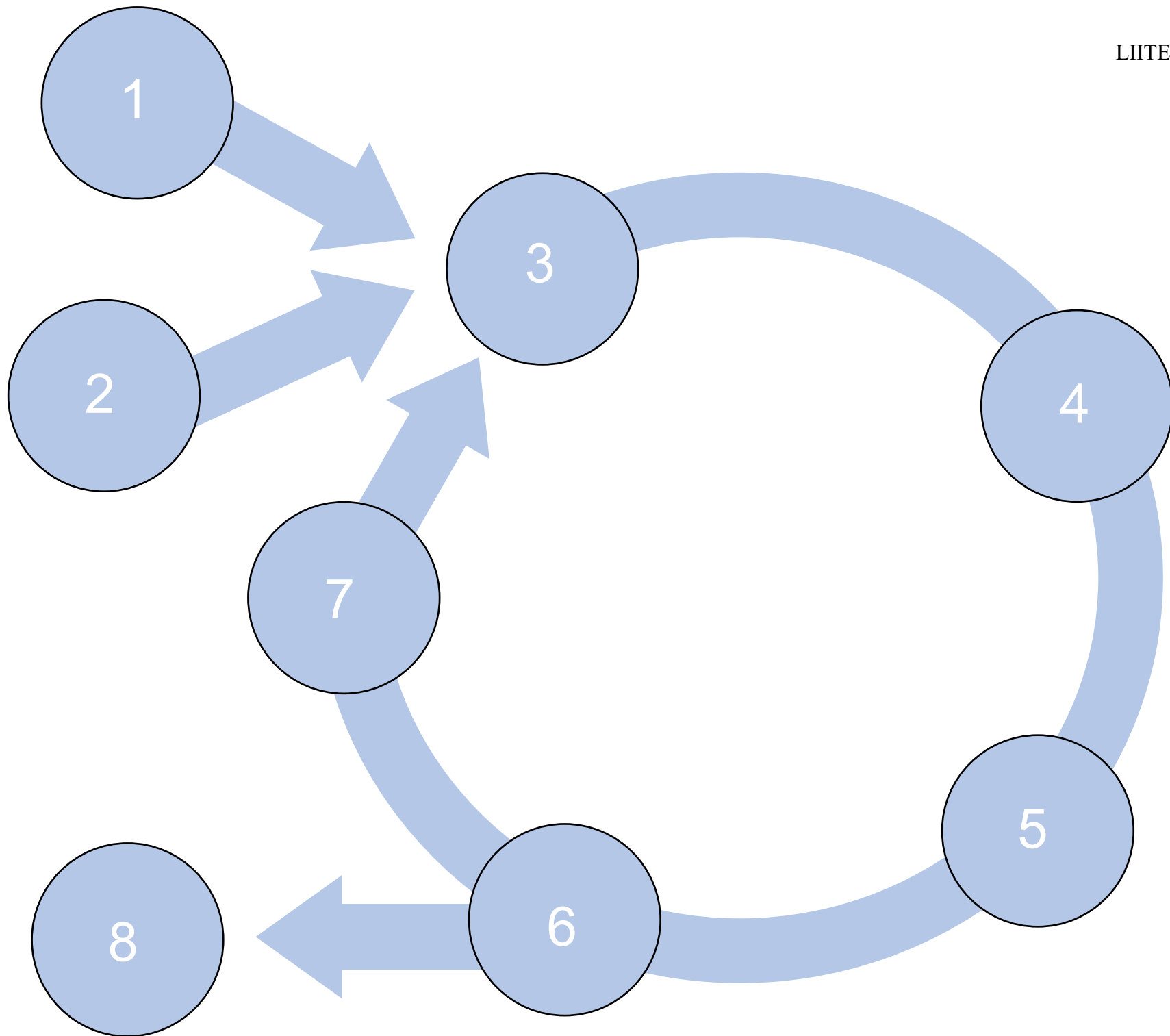
Markkinointi

Jakelu (Kauppa)

Käyttö

Kierrätys

Jäte



Piste 5: Raaka-aine, tuote vai materiaali

Pöydällä on kuvakortteja erilaisista esineistä ja materiaaleista.

Lajittele kortit joko raaka-aineeksi, tuotteeksi tai kierrätykseen.

Pohdi lopuksi seuraavia kysymyksiä:

Miltä materiaalien lajittelu tuntui?

Olisiko jonkin lajittelemasi asian voinut laittaa myös johonkin toiseen lokeroon?

Raaka-aine, tuote vai kierrätys: Tehtäväkortit

Kuvien lähteet:

Rikkinäinen paita: <https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/lajittelu/vaatteet-ja-tekstiilit/>

Lankku: <https://www.bauhaus.fi/lankku-hoylatty-45-x-120-mm-shp.html>

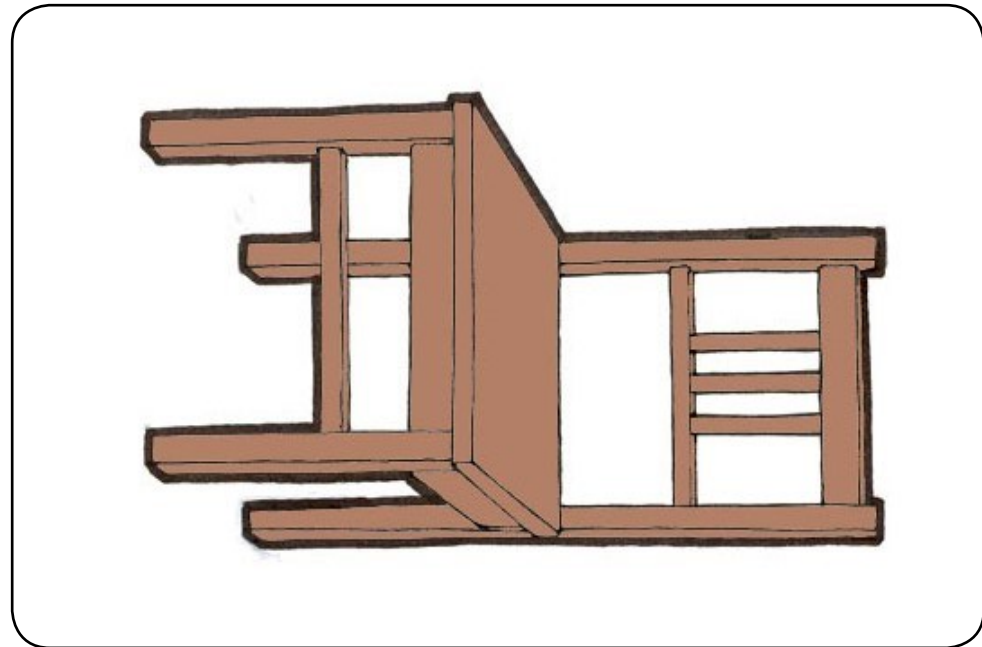
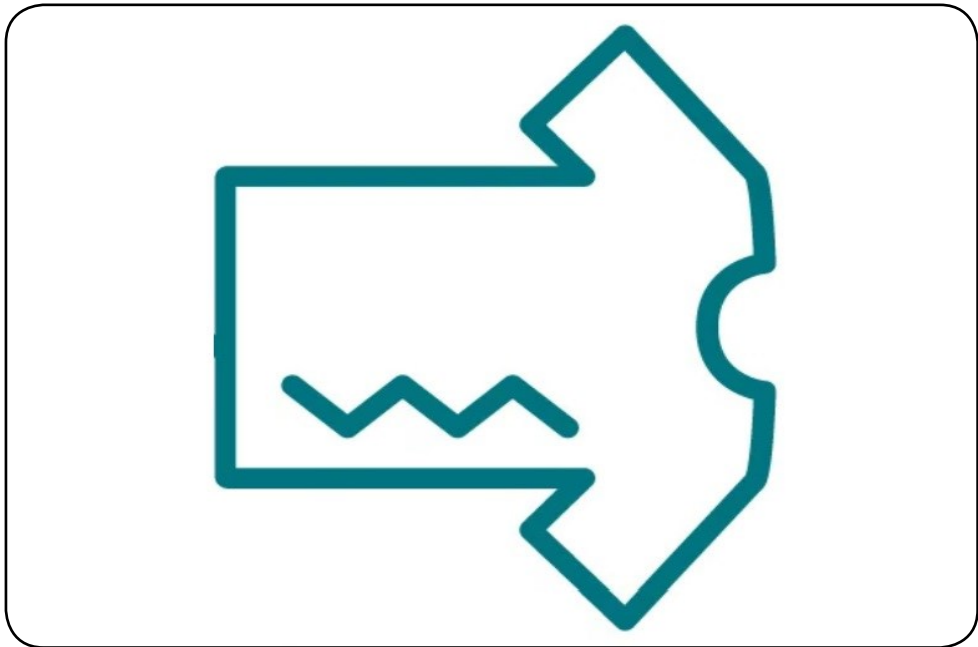
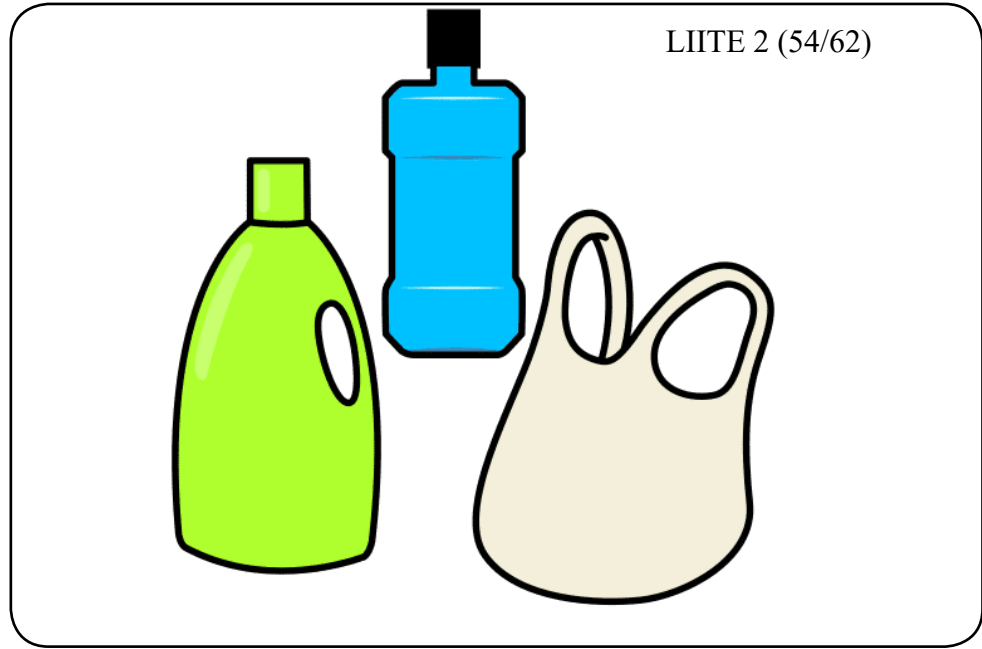
Puuvilla: <https://www.istockphoto.com/fi/vektori/puuvillakasvi-ja-kukka-k%C3%A4sin-piirretty-mustavalkoinen-setti-vektorikuva-gm1318450969-405578161>

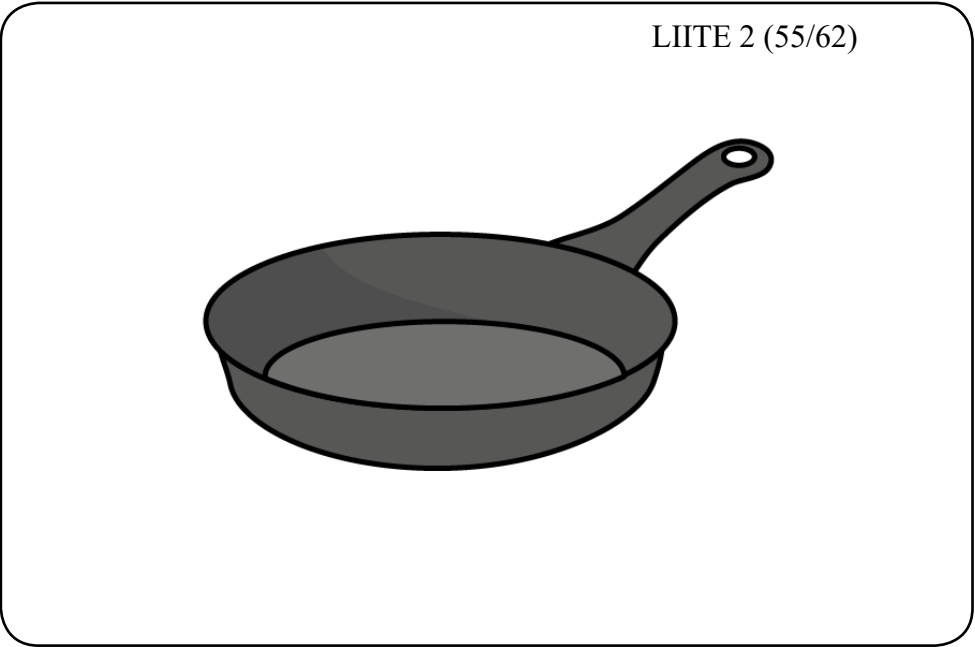
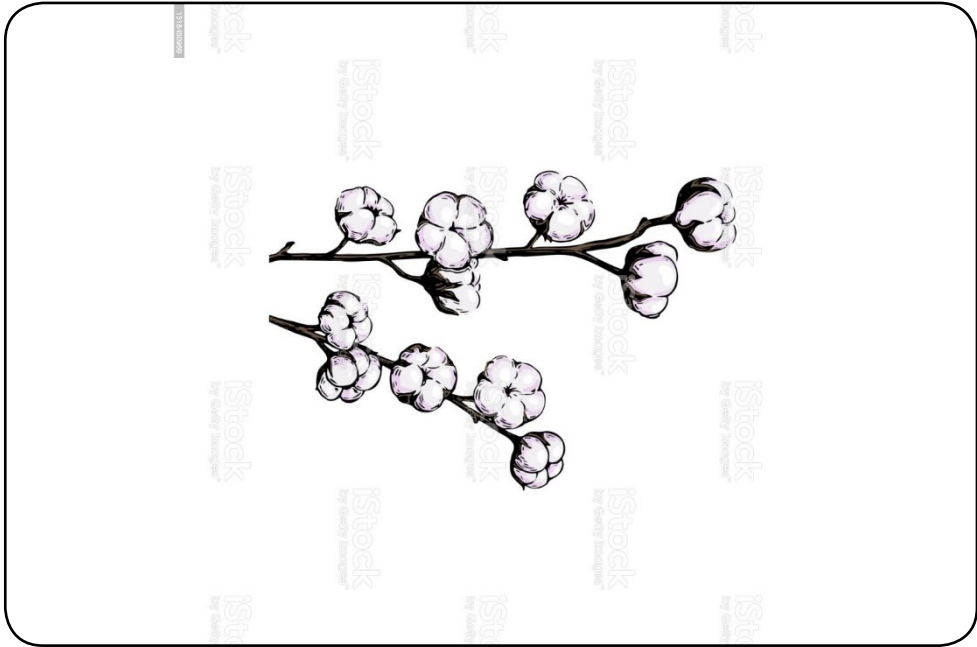
Vehnä: <https://www.mtvuutiset.fi/makuja/artikkeli/tiesitko-saatat-valtella-viljojen-syomista-turhaan/3399682>

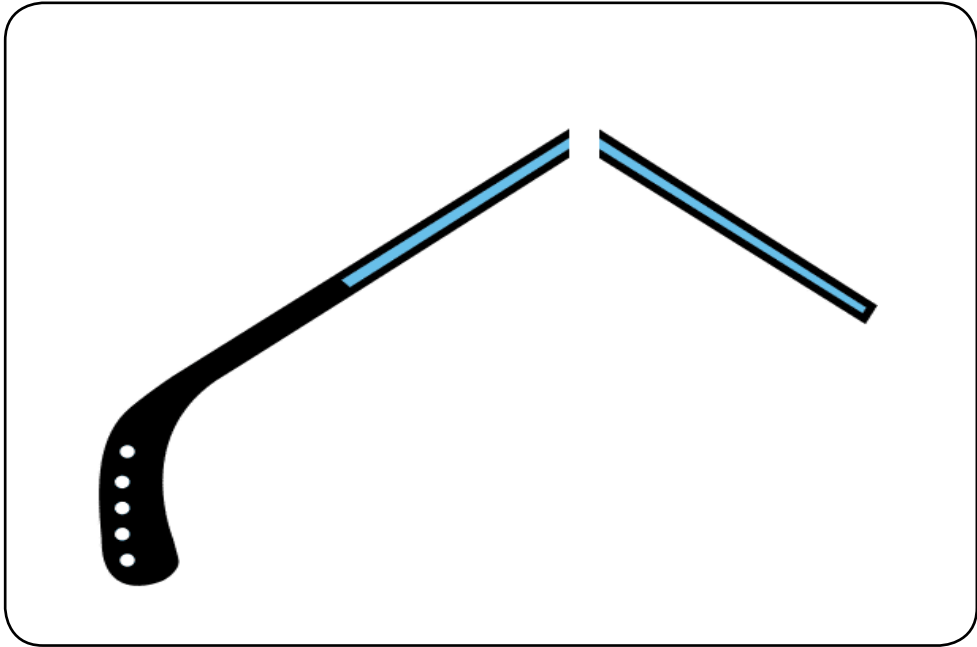
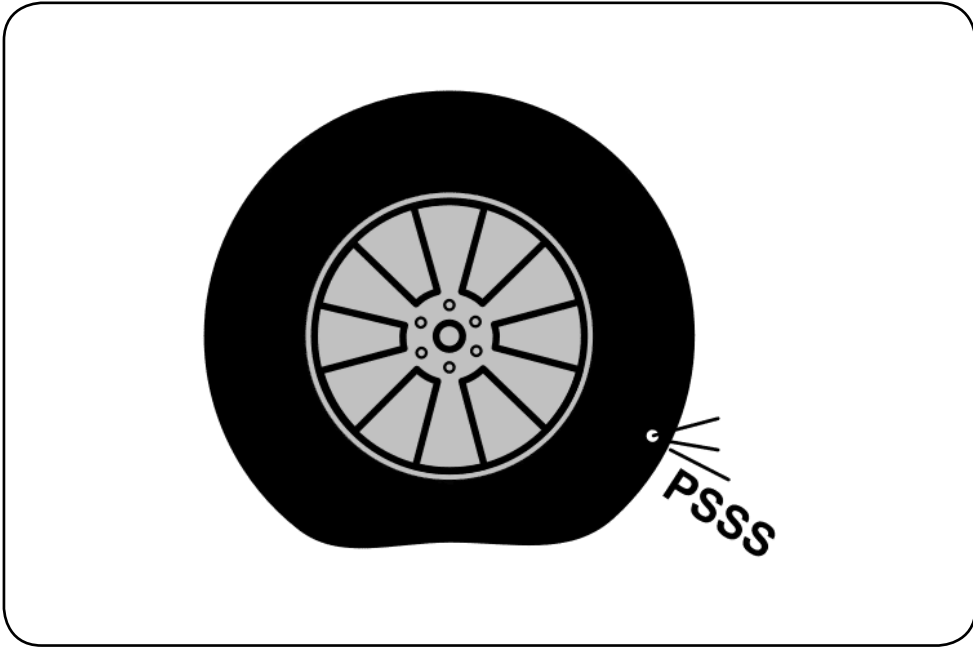
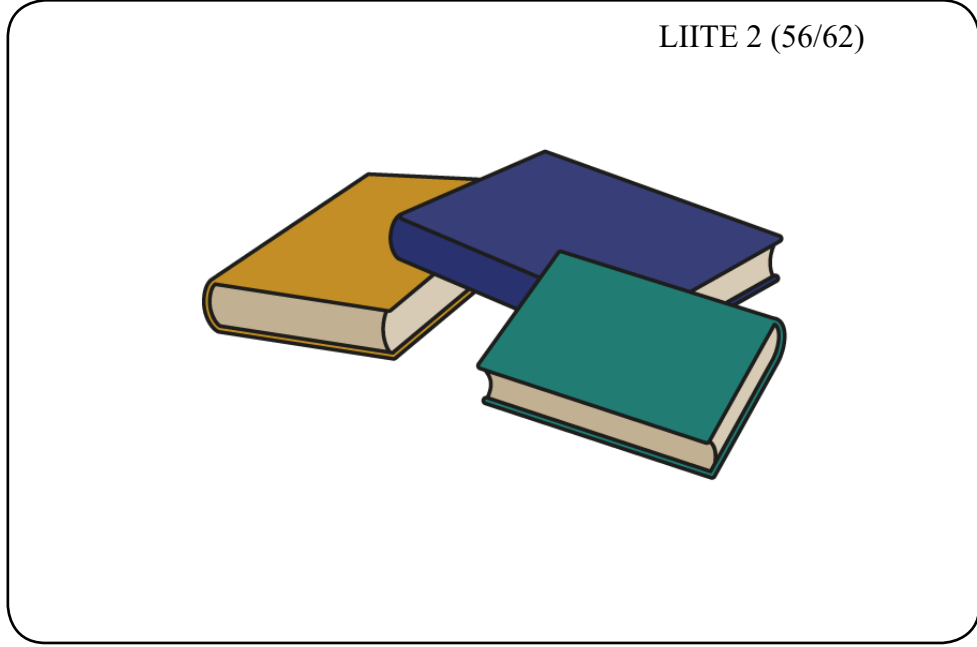
Malmi: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Rautamalmi>

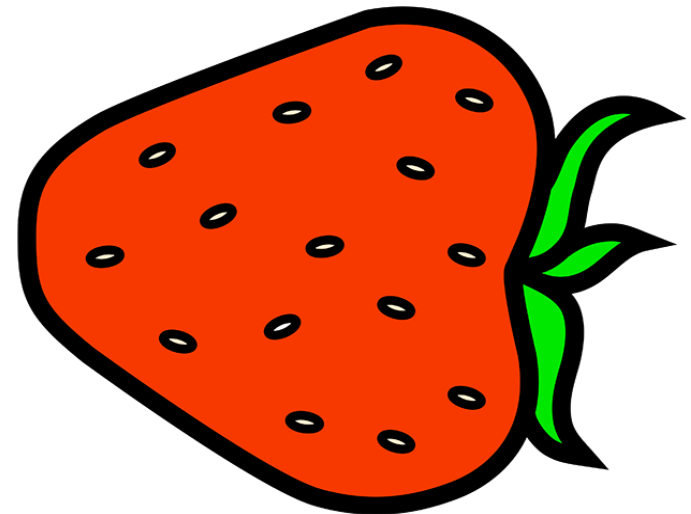
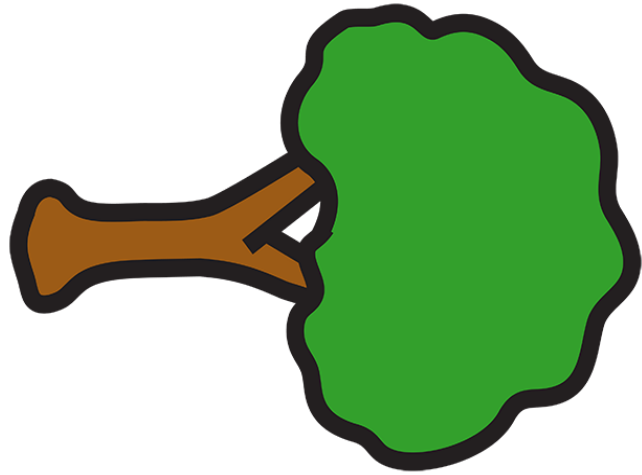
Paristo: <https://www.spreadshirt.fi/shop/design/paristo+tyhjae+tarra-D5f7d4e935fd3e459467ae7be?sellable=XyzrpgLDb1S17d1vY8Nk-1459-215>

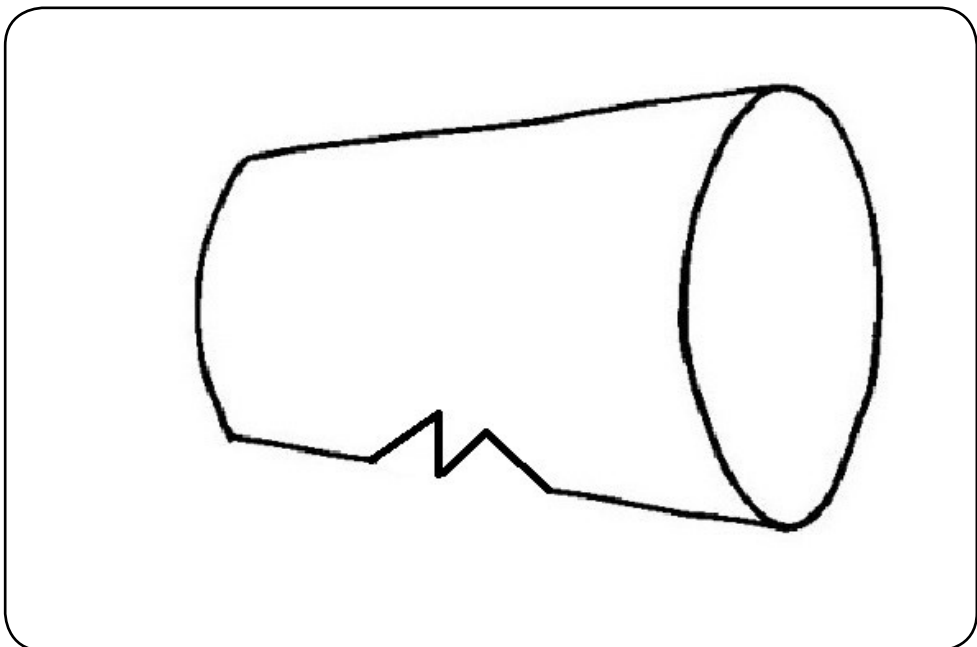
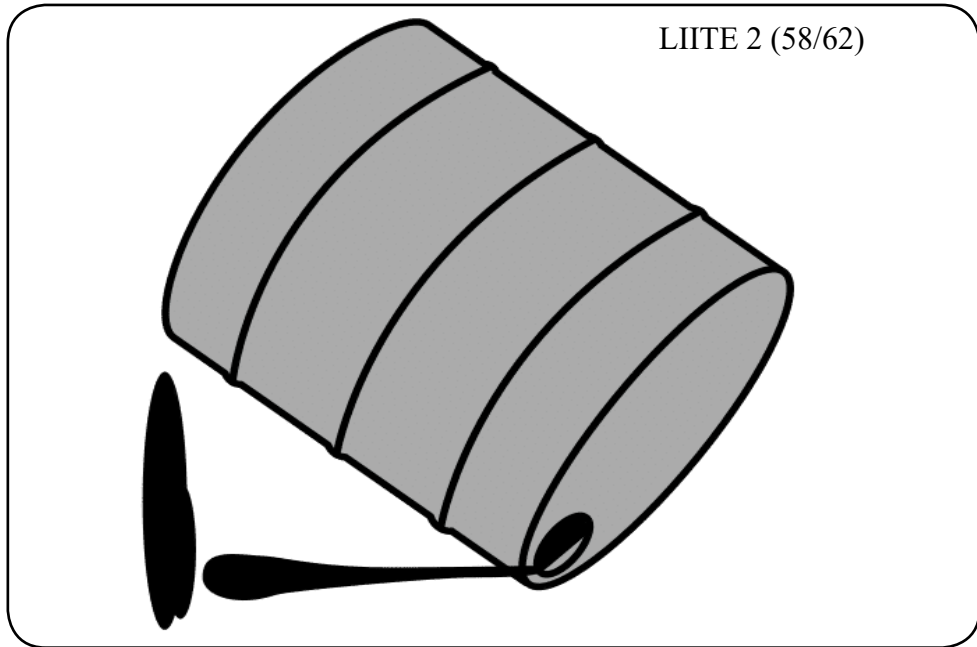
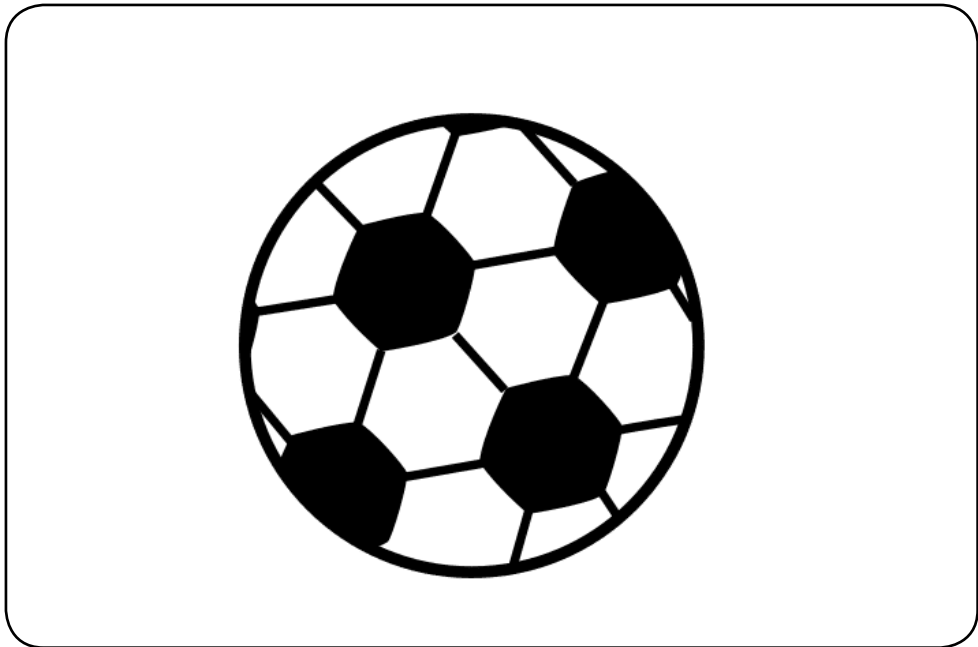
Loput kuvat: Papunetin kuvapankki, <https://papunet.net/en>,

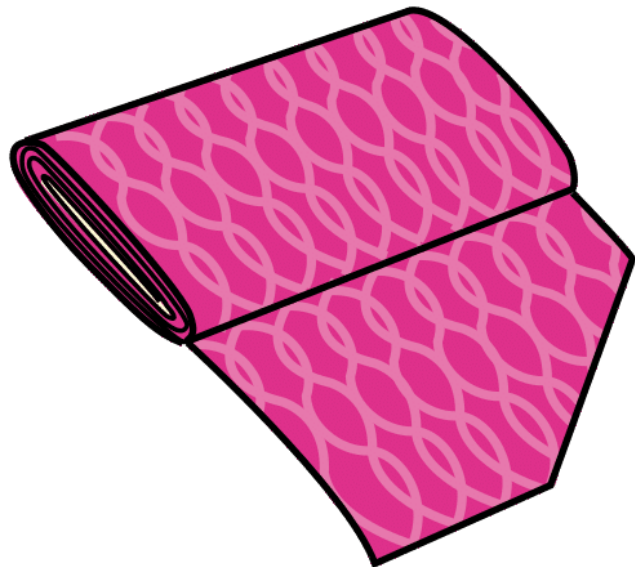
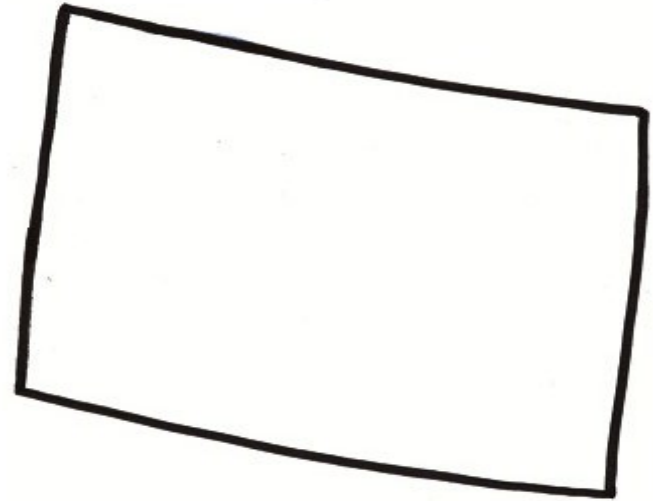
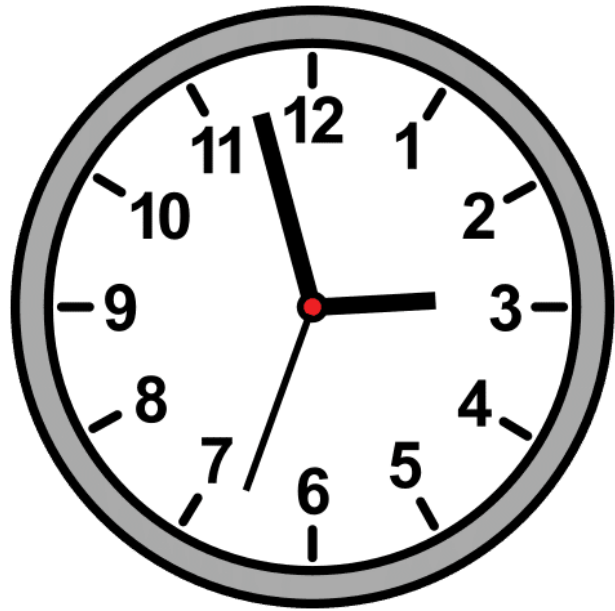












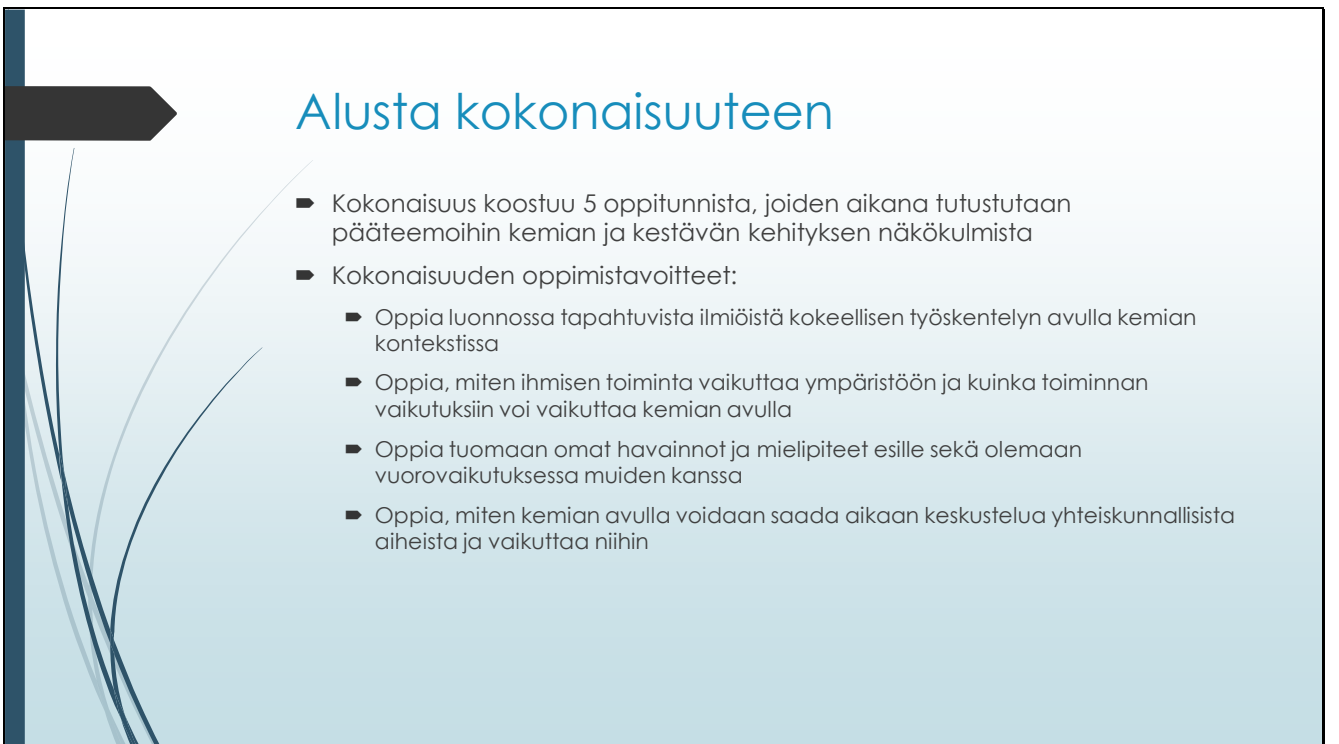
RAAKA-AINE

TUOTE

KIERRÄTYS



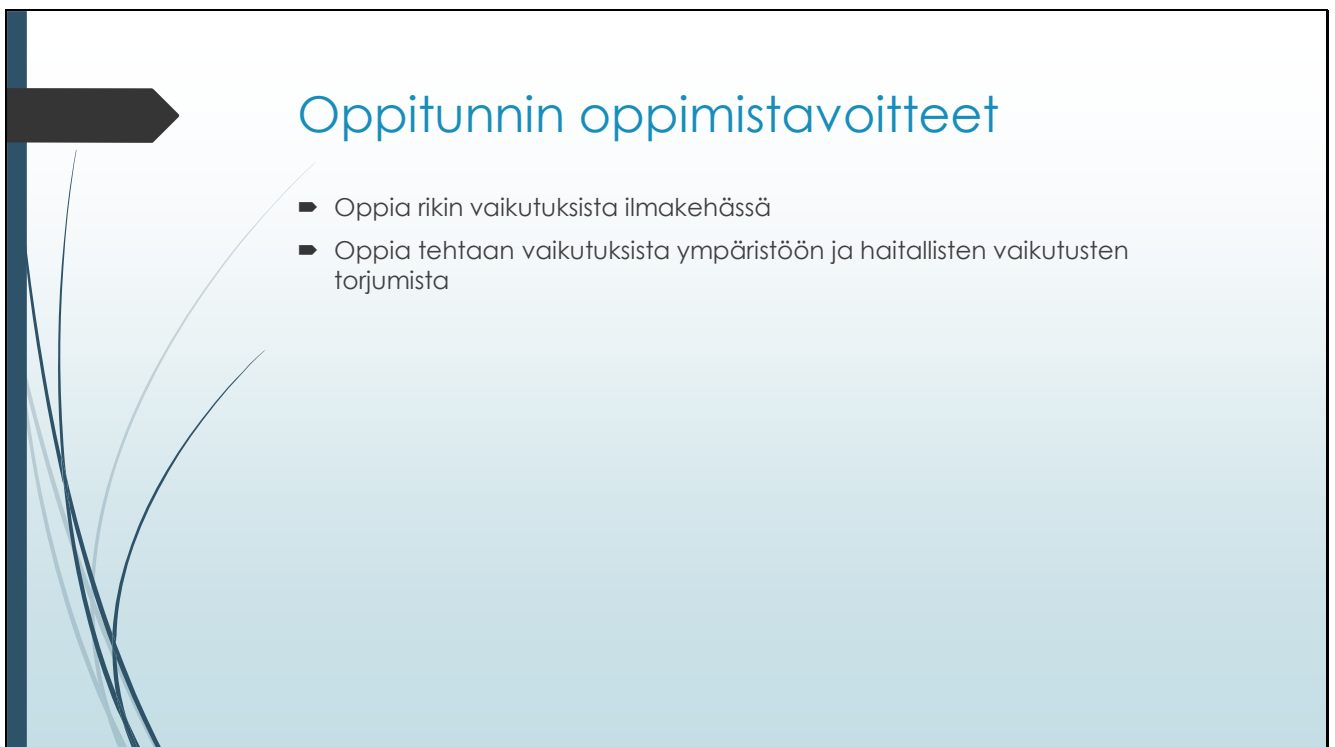
1



2



3



4

Työ: Savusumu

- Lue työ ohje huolella ennen aloittamista
 - Muista suojavarusteet
 - Muista myös turvallisuus tulitikkuja käytettäessä

5

Työ: Savusumu - Purku

- Mitä dekanterilasissa tapahtuu, kun pudotit paperin sinne?
 - Miten voisit selittää havainnon?
- Missä muualla tämän saman ilmiön voisi havaita?
- Onko termi Smog tuttu?
 - Smog eli savusumu on ongelma etenkin Aasian suurissa kaupungeissa
 - Savusumu syntyy kun poltetaan paljon mm. kivihiiltä.
 - Pienhiukkaset (kuten tässä työssä tuhka) sekoittuvat ilmassa olevan vesihöyryn kanssa

6

Demo: Rikin poltto

- ▶ Mitä on palaminen?
- ▶ Mitä keittopullossa havaitaan?
 - ▶ Mitä muodostunut kaasu on?
- ▶ Havainnoin indikaattoripisaraa, kun se lähestyy astian pohjaa?
 - ▶ Mitä havaitset?
 - ▶ Miksi?
 - ▶ Mistä happamuus johtuu?
- ▶ Missä demonstraation ilmiö voidaan havaita oikeassa elämässä?
- ▶ Miten voitaisiin ehkäistä ilmiön tapahtuminen?

7

Työ: Tehtaan vaikutukset

- ▶ Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - ▶ Muista suojavarusteet
 - ▶ Yksi ryhmästä voi tehtaan toiminnan aikana löyhyttää paperilla ilmavirtoja oikeaan suuntaa, jotta tulokset on helpompi havaita
 - ▶ Olkaa varovaisia happoa käsitellessä

8

Työ: Tehtaan vaikutukset - Purku

- ▶ Osa 1
 - ▶ Minkä väristä indikaattori oli aloitettaessa?
 - ▶ Miksi?
 - ▶ Mitä tapahtuu, kun natriumsulfaatin päälle tiputetaan suolahappoa?
 - ▶ Mitä muodostuva kaasu voisi olla?
 - ▶ Mitä vedelle oli tapahtunut 5 minuutin jälkeen?
 - ▶ Miksi?
- ▶ Osa 2:
 - ▶ Miten osan 1 ja osa 2 havainnot eroavat toisistaan?
 - ▶ Mistä tämä johtuu?
- ▶ Osa 3:
 - ▶ Miten osan 2 ja osan 3 havainnot eroavat?
 - ▶ Mistä ero johtuu?
 - ▶ Miten koe havainnollistaa oikean tehtaan toimintaa?
 - ▶ Voisiko oikeissa tehtaissa hyödyntää vastaavanlaista menetelmää?
 - ▶ Miten?

9

Vesistö

2x75 min

10



Tunti 1

11



Oppitunnin oppimistavoitteet:

- Oppia vesivarojen jakautumisesta luonnossa
- Oppia ihmisen vaikutuksista luonnon vesistöihin
- Oppia, miten ihminen voisi vaikuttaa vesistöjen puhtauteen ja juomakelpoisen veden riittävyyteen

12

Havainnollistus makean veden määrästä

- ▶ Mitä pöydällä olevat astiat kuvaavat?
 - ▶ Onko kuvaus realistinen?
- ▶ Miksi tähän asiaan on syytä kiinnittää huomioita?
 - ▶ Onko maapallon ihmiset eriarvoisessa asemassa veden riittävyyden kannalta?
 - ▶ Miten asiaa voisi korjata?
 - ▶ Käyttääkö ihminen vettä niin paljon, että luonto kärsisi siitä?
 - ▶ Miten asiaa voisi korjata?
- ▶ Voimmeko me jotenkin vaikuttaa siihen, miten vesi riittää maapallolla?
- ▶ Voidaanko kemian avulla vaikuttaa veden riittävyyteen?

13

Työ: Aurinkotislaus – Osa 1

- ▶ Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - ▶ Muista suojavarusteet
 - ▶ Mittaa tislaamoon laittamasi veden määrä tarkasti mittalasilla

14

Työ: Aurinkotislaus – Purku 1

- Miltä tislauksen rakentaminen tuntui? ' 1
- Miksi tislaukseen veteen laitettiin suolaa ja elintarvikeväriä?
 - Mitä ne mallintavat?
 - Mikä on niiden tarkoitus?
- Palataan tislauksen tarkasteluun vielä tunnin lopuksi:
 - Onko tapahtunut muutosta?
 - Jos on, niin millaista?
 - Mitä tislauksessa näkyy?

15

Työ: Hiilidioksidi ja vesistö

- Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - Muista suojavarusteet
 - Varo, ettet ime vettä suuhusi pillillä!
 - Tarkoitus on vain puhallaa

16

Työ: Hiilidioksidi ja vesistö - Purku

- ▶ Minkä väristä vesi oli, kun pudotit sinne indikaattorin?
 - ▶ Miksi?
- ▶ Mitä vedelle tapahtui, kun puhalsit siihen?
 - ▶ Miksi?
 - ▶ Mitä uloshengitysilmassa on?
 - ▶ Mikä aiheuttaa happamuuden?
 - ▶ Miten sama ilmiö voidaan havaita luonnossa?
 - ▶ Mikä aiheuttaa kasviuoneilmiön?
 - ▶ Jos ilmakehässä on enemmän hiilidioksidia, voiko se siirtyä sieltä johonkin?
 - ▶ Vesistöihin?

17

Demo: Öljyonnettomuus

- ▶ Mitä linnulle tapahtuu, jos se osuu öljyyn?
- ▶ Mitä öljylle tapahtuu?
 - ▶ Entä jos siihen puhalttaa?
- ▶ Miten öljyn saisi pois?
 - ▶ Voidaanko rajata?
 - ▶ Voiko vain lusikoida?
 - ▶ Muita keinoja?
 - ▶ Imeytetään johonkin
 - ▶ Miten lusikointi onnistuu nyt?

18

Demo: Öljyonnettomuus

- ▶ Voidaanko tehdä jotain muuta?
 - ▶ Öljyn upottaminen kemikaalin avulla
 - ▶ Helpompi kerätä pohjasta?
 - ▶ Hajotetaan öljylautta pienempiin osiin?
 - ▶ Miten vaikuttaa?
 - ▶ Voidaanko kerätä helpommin?
- ▶ Oliko öljyn poistaminen vedestä helppoa vai vaikeaa?
- ▶ Isossa öljytankkerissa on yli 64 miljoona litraa öljyä.
 - ▶ Kauanko sen poistamiseen kuluisi aikaa, jos määrää verrataan kokeen määrään ja aikaan?
- ▶ Alussa oleva höyhen mallintaa lintua. Miten linnulle olisi käynyt?
 - ▶ Vaikuttaisiko öljy muihinkin eläimiin?
- ▶ Miten voisimme estää vastaavanlaiset onnettomuudet oikeassa elämässä?

19

Seuraavaa tuntia varten:

- ▶ Ensi tunnille voit tuoda mukana jonkin vesinäytteen:
 - ▶ Kaivovettä
 - ▶ Ojan pohjavettä

20



Extra: Vesijalanjälki - Mittari

- Mene osoitteeseen:
<https://www.vesi.fi/vesijalanjalkilaskuri/>
- Toimi ohjeiden mukaan ja pohdi sen jälkeen seuraavia kysymyksiä:
 - Onko kotonasi jo nyt pyritty vähentämään vedenkulutusta jollakin tavalla? Jos on, niin millä?
 - Mistä syntyy suurin vedenkulutus kodissasi?
 - Miten voit itse vaikuttaa vedenkulutukseesi?

21



Tunti 2

22



Oppitunnin oppimistavoitteet:

- ▀ Oppia veden laadullisten kriteerien tutkiminen
- ▀ Oppia veden puhdistukseen liittyviä kemiallisia toimenpiteitä

23



Työ: Aurinkotislaus – Osa 2

- ▀ Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - ▀ Muista suojavarusteet
 - ▀ Ohjeet Aurinkotislaus ohjeiden lopussa
 - ▀ Ole varovainen, kun purat tislamon, ettei vettä roisku

24

Työ: Aurinkotislaus – Purku 2

- Miltä tislaamosta pois otettu dekanterilasi näytti?
 - Erosiko alkuperäisestä vedestä?
- Mihin tislaamon toiminta perustuu?
 - Mikä osa poistuu?
 - Miten?
 - Mitä jää astiaan?
- Miksi tislaamosta saatua vettä kutsutaan puhdistetuksi?
- Miten ja missä tislaamoa voisi hyödyntää käytännössä?
 - Olisiko se kannattavaa?
 - Voiko tislaamon toimintaa parantaa jotenkin?

25

Työ: Veden laadun tutkiminen

- Vaihtoehto 1:
 - Muista suojavarusteet
 - Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - Kirjaa jokaisesta testistä havaintosi
 - Laske lopuksi taulukon avulla vedellesi pisteet
- Vaihtoehto 2:
 - Suunnittele miten saisit tutkittua taulukossa esitetyt kriteerit vedelle
 - Kirjoita suunnitelmasi ylös
 - Toteuta tutkimukset suunnitelmasi mukaan
 - Muista suojavarusteet
 - Laske taulukon perusteella pisteet vedellesi

26

Työ: Veden laadun tutkiminen - Purku

- Minkä arvosanan sait vedellesi?
 - Oliko vetesi juomakelpoista?
- Miten veden saamaa arvosanaa voisi parantaa?
 - Saisiko vedestä juomakelpoista?
- Miksi on tärkeää tutkia veden laatua?
 - Voisiko vedelle tehdä muitakin kokeita?
 - Millaisia välineitä nämä kokeet tarvitsisivat?

27

Työ: Veden puhdistus

- Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - Muista suojavarusteet
 - Jokainen ryhmä hakee oman jätevesinäytteensä
 - Ottakaa pieni määrä alkuperäistä jätevettä talteen, jotta voitte verrata lopputulosta siihen
 - Kun liuoksen tulee antaa seistä 15 minuuttia, voit sillä välin rakentaa hiekkasuodattimen

28

Työ: Veden puhdistus - Purku

- ▶ Mitä olivat veden puhdistuksen vaiheet?
 - ▶ Mihin kemialliseen tai fysikaaliseen ominaisuuteen vaiheet perustuivat?
- ▶ Miltä vesi näytti eri vaiheiden jälkeen?
 - ▶ Siivöinnin jälkeen?
 - ▶ Kemiallisen puhdistuksen jälkeen?
 - ▶ Hiekkasuodatuksen jälkeen?
- ▶ Pohdi, oliko vesi huomakelpoista prosessin jälkeen?
- ▶ Voisiko samankaltaista menettelyä hyödyntää oikeassa elämässä?
 - ▶ Mitä muuta olisi huomioitava?

29

Extra: Vesijalanjälki - Mittari

- ▶ Mene osoitteeseen:
 - <https://www.vesi.fi/vesijalanjalkilaskuri/>
- ▶ Toimi ohjeiden mukaan ja pohdi sen jälkeen seuraavia kysymyksiä:
 - ▶ Onko kotonasi jo nyt pyritty vähentämään vedenkulutusta jollakin tavalla? Jos on, niin millä?
 - ▶ Mistä syntyy suurin vedenkulutus kodissasi?
 - ▶ Miten voit itse vaikuttaa vedenkulutukseesi?

30



Muovien valmistus

75 min

31



Oppitunnin oppimistavoitteet:

- ▀ Oppia, miten erilaisista materiaaleista voi valmistaa muovia
- ▀ Herättää ajatuksia omaan kierrätyskäyttäytymiseen

32

Työ: Muovin valmistus maidosta

- Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - Muista suojavarusteet

33

Työ: Muovin valmistus maidosta - Purku

- Miltä valmistunut muovi näytti?
 - Jos vertaat sitä lähtöaineisiin, mitä eroa havaitset?

34

Työ: Muovin valmistus perunajauhosta

- Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - Muista suojavarusteet
 - Olkaa varovaisia glyserolin kanssa

35

Työ: Muovin valmistus perunajauhosta - Purku

- Miltä valmistunut muovi näytti?
 - Jos vertaat sitä lähtöaineisiin, mitä eroa havaitset?

36

Kahden pullon tarina

Pullo A

- Pullo päätyy kuormalavalla paikalliseen kauppaan. Pullo tuodaan kaupan takahuoneesta esille kylmäkaappiin. Turisti toiselta mantereelta ostaa vesipullon. Turistille tulee jano ja juo pullon melkein tyhjäksi. Turisti kulkee koko päivän nähtävyyksiä katsellen ja huomaa lopun veden kuumenneen ja pullo haisee muovilta – hän heittää pullon maastoon.
- Tuuli kuljettaa lähes tyhjän pullon läheiseen jokeen. Joki vie puoliksi uponneen vesipullon Itämereen. Pulloon takertuu vanhaan kalaverkkoon. Hiljalleen pullo jauhautuu muovimuruksi. Osa muovista päätyy kalan ruuaksi aiheuttaen kalan sairastumisen. Osa muovimuruista kertyy suuren roskalautan osaksi keskelle valtamerä. Sairas kala päätyy lautasellesi. Pienimpiä muovihippusia ei edes huomaa, joten ne päätyvät mahaasi

Lähde: Marianne Juntunen; *Kestävä kehitys kemian opetuksessa: pedagogiikkaa ja oppilaiden omia tutkimuksia*, 2015

Pullo B

- Kuljetetaan suuressa teräskontissa valtameren yli toiselle mantereelle. Satamassa kontit puretaan odottamaan jatkokuljetusta. Kontti pakataan pienempään laivaan kohti Suomea. Laiva saapuu Helsingin satamaan. Kontti kuljetetaan keskusliikkeen varastoon, jossa laatikot hyllytetään.
- Laatikollinen vesipulloja tilataan Pelkosenniemen kauppaan. Lavallinen laatikoita lähetetään rekalla Ouluun välivarastoitavaksi. Oulusta pullolaatikko pakataan kuorma-autoon, joka vie sen Rovaniemelle varastoon.
- Rovaniemeltä pullo viedään Pelkosenniemelle, josta vaeltaja ostaa sen mukaansa. Vaeltaja juo Kessin kairalla pullollisen purossa jäähdyttämäänsä vettä janoonsa. Vaeltaja on heittämässä pulloa nuotioon, kun hän tajuaa käyttävä pullon vesipullona, koska purovesi on juomakelpoista.
- Vaelluksen jälkeen vaeltaja palauttaa pullon kierrätykseen.

37

Kahden pullon tarina - Purku

- Mitä ajatuksia tarinat herättää?
- Miten kierrättäminen vaikuttaa ympäristöön?
 - Voiko itse vaikuttaa tähän?
- Näkykö tarinoissa kulttuurisia eroja?
 - Voisiko näihin eroihin vaikuttaa?
- Miten kansainvälisesti voisi vaikuttaa siihen, ettei luonto kärisisi ihmisen toiminnasta?

38



Kotitehtävä

- ▶ Tutki, miten teillä kierrätetään kotona
 - ▶ Miksi jotkin asiat kierrätetään?
 - ▶ Miksi joitakin asioita ei kierrätetä?
 - ▶ Mitä voisi muuttaa?
 - ▶ Voitko itse vaikuttaa jotenkin?
 - ▶ Miten yhteiskunnan tulisi muuttua, jotta teillä kierrätettäisiin enemmän?

39



Kierrätys ja uudelleenkäyttö

75 min

40

Oppitunnin oppimistavoitteet:

- ▶ Oppia erilaisten muovien käyttäytymistä ja kierrätystä
- ▶ Oppia oikeanlaista lajittelua ja kierrätystä
- ▶ Oppia tuotteiden valmistukseen liittyviä vaiheita

41

Keskustelu: Kotitehtävä ja omien muovien valmistus

- ▶ Kotitehtävä:
 - ▶ Tutki, miten teillä kierrätetään kotona
 - ▶ Miksi jotkin asiat kierrätetään ja toisia ei?
 - ▶ Mitä voisi muuttaa?
 - ▶ Keksitkö tapoja, joilla voisit itse vaikuttaa?
 - ▶ Miksi on tärkeää, että jokainen kotitalous kierrättää?
 - ▶ Voisiko yhteiskunta vaikuttaa ihmisten kierrättämiseen jotenkin?
 - ▶ Voitko sinä vaikuttaa?
- ▶ Omien muovien valmistus:
 - ▶ Mitä muistat muovien valmistuksesta?
 - ▶ Oliko lähtöaineissa eroja?
 - ▶ Oliko valmistustavassa eroa?

42

Työ: Muovien vertailu ja tiheyden tutkiminen

- Lue ohjeet huolella ennen aloittamista
 - Muista suojavarusteet
 - Käsittele valmistamiasi muoveja varovasti

43

Työ: Muovien vertailu ja tiheyden tutkiminen - Purku

- Oliko valmistamissasi muoveissa jotain yhteistä?
 - Entä oliko niissä jotain eroja?
- Pohdi muovien lähtöaineita (maito, perunajauho) ja vertaa niitä keskenään.
 - Vertaa myös valmistamiasi muoveja.
 - Olisitko kuvitellut muovien olevan erilaisia lähtötilanteeseen verrattuna?
- Muoveja voidaan siis valmistaa erilaisista raaka-aineista ja ne voivat olla rakenteeltaan hyvinkin erilaisia
 - Miten tätä tietoa voisi hyödyntää käytännössä?

44

Työ: Muovien vertailu ja tiheyden tutkiminen - Purku

- Pystyitkö jo ennen tekemiäsi kokeita päättämään, mikä muovinäyte oli mitään muovia?
- Mihin tekemäsi kokeet perustuvat?
 - Miksi osassa nesteistä jokin toinen muovi kellui, mutta toinen ei?
 - Miksi tämän ymmärtäminen on tärkeää?
 - Voiko sillä olla vaikutusta luonnossa tapahtuviin asioihin?
 - Jos muovi jää kellumaan/leijumaan veden sisälle, voiko siitä olla haittaa luonnossa?
 - Miten luonnossa aiheutuvia haittoja voisi ehkäistä?

45

Kierrätysrata

- Jakaudutaan 5 ryhmään
- Lukekaa jokaisella pisteellä ohjeet ennen aloittamista
 - Vastatkaa kysymyksiin rauhassa, kun olette suorittaneet tehtävän
 - Opettaja antaa merkin pisteiden vaihdosta

46

Kierrätysrata - Purku

- ▶ Miltä pisteiden tehtävät tuntuivat?
 - ▶ Oliko helppoa vai vaikeaa?
 - ▶ Oliko jotain uutta, mitä opit?
- ▶ Miksi pisteillä käytävät asiat ovat tärkeitä?
 - ▶ Olisitko halunnut jonkin muun pisteen jo olemassa olevien lisäksi?
- ▶ Voitko kuluttajana vaikuttaa siihen, miten yhteiskunta toimii esimerkiksi kierrätyksen osalta?

47

Ota askel, jos...

- ▶ Oppimiskokonaisuus oli sinusta kiinnostava
- ▶ Opit jotakin uutta
- ▶ Olisit mieluummin oppinut samat asiat jollain muulla tavalla
 - ▶ Mikä se tapa olisi?
- ▶ Tiedät, miten kemia näkyy ympäristössä
- ▶ Osaat yhdistää kemian teorioita luonnonilmiöihin
- ▶ Osaat perustella yhteiskunnallisia asioita
 - ▶ Myös kemian näkökulmasta
- ▶ Ymmärrät kemian vaikutuksen yhteiskunnallisiin kysymyksiin
- ▶ Osaat keskustella oppimiskokonaisuuden aiheista eri näkökulmista
- ▶ Vuorovaikutustaitosi kehittyivät
- ▶ Ryhmätyötaitosi kehittyivät

Idea: Oikeusministeriön yhdenvertaisuus.fi -sivustolta

48



Ota askel, jos...

- Käsiteltävät aiheet olivat mielestäsi tärkeitä
- Kaikkien tulisi pohtia kyseisiä aiheita oman elämänsä kannalta
- Haluaisit vastaavanlaisen kokonaisuuden jostain toisesta aiheesta
- Aiot miettiä omaa kierrättämistä kokonaisuuden jälkeen
- Kokonaisuus sai sinut ajattelemaan omaa toimintaasi yhteiskunnassa

Idea: Oikeusministeriön yhdenvertaisuus.fi -sivustolta