

Eheyttävä kemian opetus nuorten kiinnostuksen tukena:  
esimerkkinä kiertotalous

Emmi Jeskanen

Pro gradu –tutkielma

2.4.2015

Kemian opettajankoulutusyksikkö

Kemian laitos

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

Ohjaajat: Maija Aksela ja Timo Repo

<b>Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty</b> Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		<b>Laitos/Institution– Department</b> Kemian laitos
<b>Tekijä/Författare – Author</b> Emmi Jeskanen		
<b>Työn nimi / Arbetets titel – Title</b> Ehdyttävä kemian opetus nuorten kiinnostuksen tukena: esimerkkinä kiertotalous		
<b>Oppiaine /Läroämne – Subject</b> Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto		
<b>Työn laji/Arbetets art – Level</b> Pro gradu -tutkielma	<b>Aika/Datum – Month and year</b> 2.4.2015	<b>Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages</b> 65+22
<b>Tiivistelmä/Referat – Abstract</b>		
<p>Ehdyttävässä eli integroivassa opetuksessa aiheita käsitellään oppilaan kokemusmaailman näkökulmasta. Se voi olla vertikaalista tai horisontaalista. Sisältöalueet valitaan niin, että ne ovat oppilaan kannalta merkittäviä, ajankohtaisia ja yhteiskunnallisia. Kiertotalous on hyvä aihe ehdyttävään opetukseen. Se on aiheena ajankohtainen ja sen avulla voidaan välittää oppilaille tietoa myös nykypäivän kemian tutkimuksesta ja sovelluksista. EU:ssa ja Suomessa on tehty kansallisia päätöksiä, joiden tarkoituksena on edistää kiertotalouden syntymistä ja biotalouden osaamisen kehittymistä. Aiheesta on tarpeellista saada tutkimuspohjaisesti kehitettyä opetusmateriaalia.</p> <p>Kestävä kehitys ja oppiaineiden välisen yhteistyön lisääminen on teemana uudessa valtakunnallisessa perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteissa. Lisäksi oppilaiden laaja-alaisen osaamisen kehittymistä tulee tukea jokaisessa oppiaineessa ja kehittää heidän elinikäisen oppimisen edellytyksiä. Yhtenä kemian opetuksen tavoitteena on, että oppilas oppii luomaan merkityksen kemian ilmiöiden ja sovellusten sekä ihmisen ja yhteiskunnan välille. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tukea ehdyttävän kontekstuaalisen opetuksen avulla oppilaiden kiinnostusta kemiaa kohtaan. Aikaisempien tutkimusten mukaan oppilaiden kiinnostus oppiainetta kohtaa parantaa heidän opiskelua ja syvällistä oppimista. Luonnontieteiden oppitunnilla käytetty kontekstipohjainen opetustapa myös motivoi oppilaita ja lisää useimmiten oppilaiden positiivista suhtautumista luonnontieteitä kohtaan.</p> <p>Tämä tutkimus on kehittämistutkimus, jonka tavoitteena on tuottaa opetuskokonaisuus yläkoulun kemian oppitunneille. Opetuskokonaisuuden kontekstina on kiertotalous puukemian näkökulmasta. Kehittämistutkimusta ohjaavat tutkimuskysymykset ovat: 1) Mikä on nykytilanne kemian opetuksessa kiertotalouden opetuksessa, erityisesti puukemian näkökulmasta? 2) Miten kiertotalous kontekstina voidaan toteuttaa kouluopetuksessa mielekkäästi? Vastauksia ensimmäiseen kysymykseen on etsitty yläkoulun kemian oppikirjojen tarveanalyysillä. Tarveanalyysi osoitti, että oppikirjoissa puun kemia esitetään kapeasta näkökulmasta ja kirjojen sisällöistä puuttuu kokonaan kiertotalous.</p> <p>Kehittämistuotos on tuotettu kirjallisuudesta ja tarveanalyysistä esiin tulleiden puutteiden ja tarpeiden perusteella. Kehittämistuotos on opetuskokonaisuus kiertotaloudesta, jossa hyödynnetään yhteisöllistä ja tutkivaa oppimista sekä kehitetään oppilaan tieto- ja viestintätekniillisiä taitoja. Opetuskokonaisuuden aikana oppilaat tekevät kiertotalouteen liittyvä tutkimuksen, jonka he julkaisevat valitulle internetalustalle. Kokonaisuuteen kuuluu myös ryhmän työn esittäminen, toisten töiden arvioiminen ja oman työskentelyn itsearviointi. Tässä tutkimuksessa tuotettua opetusmateriaalia voidaan käyttää opettajien työkaluna, sillä se vastaa uuden perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaisia sisältöjä ja se paikkaa oppimateriaaleissa ilmenneitä puutteita. Lisäksi oppimateriaalien kirjoittajat voivat hyödyntää tutkimustulosten ja tuotetun materiaalin ideoita uusien oppimateriaalien kirjoittamisessa.</p>		
<b>Avainsanat – Nyckelord – Keywords</b> Kemian opetus, kehittämistutkimus, ehdyttäminen, kontekstuaalisuus, kiinnostus, kiertotalous, puun kemia, yläkoulu		
<b>Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited</b> Helsingin yliopisto, Kemian laitos		
<b>Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information</b> Ohjaajat: Maija Aksela ja Timo Repo		

# Sisällys

1 Johdanto .....	1
2 Kiinnostus ja motivaatio kemian oppimisen perustana .....	4
2.1 Kiinnostus .....	5
2.2 Motivaatio .....	6
3 Kontekstuaalinen eheyttävä kemian opetus .....	7
3.1 Eheyttävä opetus .....	7
3.2 Kontekstit kemian opetuksessa .....	9
3.2.1 Kontekstipohjainen opetus ja oppiminen.....	9
3.2.2 Esimerkkinä Salters opetusohjelma .....	11
3.2.3 Kontekstipohjaisen opetuksen vaikutukset .....	12
3.3 Kontekstina kiertotalous.....	13
3.3.1 Kiertotalous puun näkökulmasta .....	16
3.3.2 Puun rakenne.....	17
3.3.3 Puun monipuolinen hyödyntäminen .....	19
3.3.3.1 Biopolttoaine.....	20
3.3.3.2 Lääke.....	22
3.3.3.3 Rakentaminen .....	23
3.3.3.4 Energialähde .....	25
3.3.3.5 Puukipsi .....	26
3.3.3.6 Biokomposiitti .....	27
3.3.3.7 Tekstiilikuitu.....	30
4 Kemian opetus ryhmissä.....	31
4.1 Yhteisöllinen kemian oppiminen .....	32
4.2 Tutkiva oppiminen .....	35
4.3 Palapelimalli.....	37
4.4 Tieto- ja viestintätekniikan hyödyntäminen opetuksessa.....	38

5 Kehittämistutkimus .....	40
5.1 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	41
5.2 Kehittämistutkimuksen toteutus .....	41
5.3 Tarveanalyysi .....	42
6 Tulokset .....	43
6.1 Tarveanalyysi .....	43
6.1.1 Puun esiintyminen yläkoulun oppikirjoissa .....	43
6.1.2 Kierrätyksen esiintyminen yläkoulun oppikirjoissa .....	44
6.1.3 Oppikirjoissa esiintyneen puun yhteys kemiaan.....	45
6.2 Kehittämistuotos .....	47
6.2.1 Oppimateriaalin sisältö .....	47
6.2.1.1 Yhteisöllinen ryhmätyöskentely .....	49
6.2.1.2 Ryhmän tuotoksen esittäminen .....	50
6.2.1.3 Arviointi.....	50
6.2.1.4 Tutkimusten muokkaaminen annetun palautteen perusteella .....	51
6.2.1.5 Kertaus .....	51
6.2.1.6 Itsearviointi .....	52
7 Johtopäätökset.....	52
LÄHTEET .....	55
LIITTEET .....	66

## Lyhenneluettelo

PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
ROSE	<i>the Relevance of Science Education</i>
OECD	<i>the Organization for Economic Cooperation and Development's</i>
GISEL	<i>Gender Issues, Science Education and Learning</i>
CTL	Kontekstipohjainen opetus ja oppiminen, ( <i>Contextual Teaching and Learning</i> )
CLT	<i>Cross Laminated Timber</i>
TVT	Tieto- ja viestintäteknikka

# 1 Johdanto

Vuoteen 2030 mennessä maailmassa tarvitaan 50 % enemmän ruokaa, 45 % enemmän energiaa ja 30 % enemmän vettä nykyiseen kulutukseen verrattuna johtuen muun muassa nopeasta väestön kasvusta, ilmastonmuutoksesta ja luonnonvarojen ehtymisestä (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2014). Vuosina 2000–2030 luonnonvarojen kulutuksen arvioidaan kaksinkertaistuvan ja esimerkiksi kriittisten mineraalien kysyntä kasvaa moninkertaiseksi seuraavan parin kymmenen vuoden aikana johtuen kehittyvän teknologian tarpeesta (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2013). Vuoteen 2050 mennessä maailmassa arvioidaan olevan 9 miljardia ihmistä (Puuinfo, 2014). Tämä globaali kehitys on väistämätöntä ja sen myötä tuleviin tarpeisiin voidaan vastata siirtymällä fossiilitaloudesta biotalouteen (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2014).

EU:n tavoitteen mukaan Suomen hiilidioksidipäästöt tulisi olla vuonna 2050 80 % pienemmät kuin vuonna 1990 (Puuinfo, 2014). Suomen hallitus hyväksyi toukokuussa 2014 periaatepäätöksen, joka linjaa Suomen uusiksi kärkialoiksi biotalouden ja cleantechin. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2014) Samalla julkaistiin Suomen biotalousstrategia, jossa määritellään päämääräksi luoda kilpailukykyinen toimintaympäristö biotaloudelle, tukea uutta biotaloudellista liiketoimintaa, turvata biomassojen kestävä käyttö sekä kehittää koulutusta ja tutkimustoimintaa edistämään biotalouden osaamista. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2014, 2014) Muutamaa kuukautta myöhemmin Euroopan komissio hyväksyi ehdotuksia, jotka edistävät kiertotalouden syntymistä Eurooppaan ja tiukentavat kierrätystavoitteita. Tavoitteena on luoda uusia työpaikkoja, vähentää jätteiden ympäristövaikutuksia ja kasvihuonepäästöjä sekä riippuvuutta niukoista resursseista. Resurssien tehokkaampaa käyttämistä parannetaan muun muassa innovatiivisella suunnittelulla, tekniikan kehittämisellä ja paremmilla tuotantoprosesseilla. (Euroopan komissio, 2014)

Sitra on arvioinut yhdessä konsulttiyhtiö McKinsey:n kanssa, että Suomessa kiertotalouden avulla voidaan saavuttaa 1,5–2,5 miljardin euron hyöty vuoteen 2030 mennessä (Sitra, 2014). Kiertotalous on jo osa nykyaikaa ja oppilaat kohtaavat siihen liittyviä uutisia yhä enemmän. Opetushallituksen hyväksymän uuden valtakunnallisen peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden mukaan on tärkeää välittää oppilaille tietoa nykyajan

kemian tutkimuksesta ja sovelluksista, joten kiertotalous on perusteltu aihe käsiteltäväksi yläkoulun kemian oppitunneilla. Uudessa peruskoulun opetussuunnitelmassa vuosiluokkien 7–9 yleisissä tavoitteissa kantavana teemana on kestävä kehitys: ”pohditaan oppilaiden kanssa kestävä kehityksen sosiaalisia, yhteiskunnallisia ja taloudellisia sekä kulttuurisia ja ekologisia edellytyksiä”. Opetussuunnitelman yläkoulun yleisten tavoitteiden mukaan oppilaiden laaja-alaisen osaamisen kehittymistä tulee tukea jokaisessa oppiaineessa ja oppiaineiden välistä yhteistyötä tulee lisätä. Lisäksi oppilaiden mielenkiinnon kohteita huomioidaan oppimisen motivaation kannalta esimerkiksi oppiainerajoja ylittävissä opetuksessa: ”oppiainerajat ylittävä, kokeileva, tutkiva ja toiminnallinen työskentely oppilaita kiinnostavien ilmiöiden tarkastelemiseksi on tärkeää”. (Opetushallitus, 2014).

Nykyään ulkoa opettelun sijaan korostuu oppilaan kyky hakea tietoa itsenäisesti, tarkastella tietoa kriittisesti ja ohjata omaa ajattelua tämän perusteella (Uusikylä & Atjonen, 2002, s. 167). E-learning Nordic -raportin (2006) mukaan oppilaiden motivaatiota, sitoutumista ja luovuutta voidaan parantaa ohjaamalla heitä tekemään enemmän itse ja tuottamaan tietoa yhteisöllisesti. Raportin mukaan tämä parantaa asioihin syventymistä ja sitä kautta oppimista (E-learning Nordic, 2006). Tässä kehittämistutkimuksessa tehdään sisällönanalyysin perusteella kehittämistuotos, joka vastaa yläkoulun kemian oppikirjojen analyysissä ilmenneeseen tarpeeseen. Kehittämistuotoksena laaditaan opetuskokonaisuus, jossa hyödynnetään yhteisöllistä oppimista sekä tieto- ja viestintäteknikkaa. Tutkivassa yhteisöllisessä oppimisessa oppilaat osallistuvat yhteiseen tutkimushankkeeseen sekä jakavat keskenään tietojaan ja taitojaan (Hakkarainen, Bollström-Huttunen, Pyysalo, & Lonka, 2005, s. 30). Aktiivinen tiedon käsittely ja välittäminen sekä uusien asioiden tuottaminen luovat pohjan oppimiselle, sillä näiden prosessien aikana ihminen oppii enemmän kuin passiivisesti vastaanottamalla tietoa (E-learning Nordic, 2006). Esimerkiksi opetushallituksen tieto- ja viestintäteknikan opetuskäyttöön liittyvässä tilannekatsauksessa nostetaan esille tutkimus, jonka mukaan tieto- ja viestintäteknikan käyttö kouluissa laajentaa oppimisympäristön käsitettä, lisää niin opettajien kuin oppilaiden motivaatiota, mahdollistaa itsenäisen työskentelyn ja helpottaa luokkatyöskentelyä. Tilannekatsauksessa todetaan tieto- ja viestintäteknikan myös tukevan oppilaan oppimisprosessia, sillä se tarjoaa oppilaille keinoja sosiaaliseen vuorovaikutukseen sekä mahdollisuuksia etsiä ja tuottaa tietoa. (Opetushallitus, 2011)

Motivaation ja kiinnostuksen lisääminen kemian opiskeluun on erityisen tärkeää, sillä oppilaat eivät ole kiinnostuneita luonnontieteistä, eivätkä hakeudu jatkokoulutukseen luonnontieteelliselle alalle (Lavonen, Juuti, Uitto, Meisalo, & Byman, 2005; Tähkä, 2012, s. 163). Suomalaisen perusopetuksen 9. luokkalaisten luonnontieteellisen osaamisen selvittämisen yhteydessä ilmeni, että oppilaat suhtautuvat usein negatiivisesti kemiaa kohtaan. Sukupuolten asenteiden välillä oli eroja, esimerkiksi tytöt kokivat kemian hyödyllisempänä kuin pojat, mutta he pitivät kemiasta oppiaineena vielä vähemmän kuin pojat. (Kärnä, Hakonen, & Kuusela, 2012, s. 74–75) On huomattu, että oppilaat opiskelevat paremmin ja oppivat syvällisemmin luonnontieteitä, jos he ovat kiinnostuneita niistä (Juuti, Lavonen, Uitto, Byman, & Meisalo, 2004; Krapp, 2002). Lisäksi oppilaita voidaan houkutella valitsemaan enemmän luonnontieteitä, jos oppiaineiden sisältöjen opetuksessa käytetään heitä kiinnostavia konteksteja. (Juuti et al., 2004) Oppilaiden innostaminen ja kiinnostuksen lisääminen luonnontieteitä kohtaan olikin nostettu edellisen opetussuunnitelman yhdeksi tärkeäksi tavoitteeksi (Opetushallitus, 2004; Uitto, Juuti, Lavonen, & Meisalo, 2004).



## 2 Kiinnostus ja motivaatio kemian oppimisen perustana

PISA-tutkimusten mukaan suomalaisten oppilaiden osaaminen on huippuluokkaa kansainvälisesti verrattuna ja Suomi on ollut usein kärkimaiden joukossa näissä tutkimuksissa (Kupiainen, Hautamäki, & Karjalainen, 2009; Lavonen et al., 2005). Kuitenkin suomalaiset oppilaat ovat häntäpäässä mitattaessa PISA-tutkimuksiin osallistuneiden maiden oppilaiden kiinnostusta ja motivoituneisuutta (Bybee & McCrae, 2011; Kupiainen et al., 2009). Vähäinen kiinnostus koulua kohtaan ja korkeat tulokset PISA-tutkimuksissa ovat ristiriitaisia keskenään, sillä riippuvuussuhdeanalyysin mukaan oppilaan suoriutuminen ja kiinnostus ovat toisistaan riippuvaisia (Kupiainen et al., 2009) Toisaalta Sjøberg ja Schreiner (2005) analysoivat ROSE-tutkimuksen tuloksia ja he raportoivat, että yleensä mitä kehittyneempi valtio, sitä vähemmän kiinnostuneita oppilaat ovat luonnontieteistä. Kuitenkin vuoden 2006 PISAan osallistuneesta 57 valtiosta 52:ssa havaittiin, että luonnontieteistä yleisesti kiinnostuneemmat oppilaat suoriutuivat paremmin luonnontieteiden tehtävissä (OECD, 2007, s. 134).

Hidi ja Harackiewicz (2000) tarkastelivat useita 1900-luvun loppupuoliskolla julkaistuja tutkimuksia, ja niiden mukaan oppilaiden kiinnostus koulua ja tiettyjä oppiaineita, kuten luonnontieteitä, kohtaan heikkenee oppilaiden iän karttuessa. Huolestuttavaa on myös oppilaiden vähäinen kiinnostus luonnontieteitä kohtaan ja, että erityisesti tytöt eivät valitse luonnontieteisiin tai teknologiaan liittyvää jatkokoulutuspaikkoja (Osborne, Simon, & Collins, 2003). Oppilaiden innostaminen ja kiinnostuksen lisääminen luonnontieteitä kohtaan olikin nostettu yhdeksi tärkeäksi tavoitteeksi edellisessä opetussuunnitelmassa (Opetushallitus, 2004; Uitto et al., 2004).

## 2.1 Kiinnostus

Suomalaisessa GISEL-hankkeessa on selvitetty oppilaiden, erityisesti tyttöjen, kiinnostusta ja motivoimista luonnontieteitä kohtaan. Tutkimuksen mukaan kolmestatoista eri luonnontieteen oppiaineesta tai niihin liittyvästä opinalasta oppilaat ovat eniten kiinnostuneita ihmisen terveyteen liittyvistä asioista ja epätieteellisistä ilmiöstä, kuten ufoista ja unien näkemisestä. Luonnontieteissä oppilaita kiinnosti eniten lääke- ja tähtitieteeseen liittyvät aiheet ja vähiten heitä kiinnosti fysiikkaan, kemiaan ja kasvitieteeseen liittyvät aiheet. Osa aiheista kiinnosti selkeästi enemmän tyttöjä kuin poikia, kuten esimerkiksi lääketiede, ihmisbiologia ja terveystieto. Toisaalta tyttöjä ei kiinnostanut fysiikkaan tai teknologiaan liittyvät asiat, jotka kiinnostivat poikia edes vähän. Luonnontieteen luonne, tähtitiede ja ympäristöön liittyvät asiat kiinnostivat poikia ja tyttöjä yhtä paljon. (Lavonen et al., 2005) Samankaltaisia tuloksia saatiin Opetushallituksen koulutuksen seurantaraportissa, jossa selvitettiin suomalaisen perusopetuksen 9. luokkalaisten luonnontieteellistä osaamista keväällä 2011. Raportin mukaan oppilaat suhtautuvat positiivisesti biologiaan ja maantietoon, mutta negatiivisesti fysiikkaan ja kemiaan. (Kärnä et al., 2012, s. 152)

Kärnä et al. (2012, s. 152) raportin mukaan oppilaiden asenteilla on yhteys luonnontieteiden osaamiseen ja arvosanaan. Tähän voi vaikuttaa se, että esimerkiksi tutkimusten mukaan oppilaat opiskelevat paremmin ja oppivat syvällisemmin luonnontieteitä, jos he ovat kiinnostuneita niistä (Juuti et al., 2004; Krapp, 2002). Ennustavia tekijöitä sille, että oppilas valitsee luonnontieteitä lukujärjestykseensä, ovat muun muassa oppilaan kiinnostus opetuksessa käytettyä kontekstia ja sisältöä (tieteen osa-alueita) kohtaan, merkittävyys tulevaisuuden kannalta (tulevaisuuden ammatti), käytetyt opetusmenetelmät sekä aiheen vaikeus ja arvostus (Juuti et al., 2004).

Kiinnostus jaetaan usein henkilökohtaiseen ja tilannekohtaiseen kiinnostukseen (Krapp, Hidi, & Renninger, 1992). Henkilökohtainen kiinnostus kehittyy hitaasti ajan myötä ja se vaikuttaa pitkän ajan henkilön tietoihin ja arvoihin (Hidi, 1990). Henkilökohtainen kiinnostus voidaan jakaa vielä tunne- ja arvopohjaiseen kiinnostukseen, ja se vaikuttaa esimerkiksi opiskelijan haluun opiskella syvällisesti (Juuti et al., 2004). Ympäristö herättää tilannekohtaisen kiinnostuksen ja sen vaikutus voi vaikuttaa vain lyhyen ajan verran.

Tilannekohtainen kiinnostuksen vaikutus tietämykseen tai arvoihin on vähäistä. Tilannekohtainen kiinnostus voi kuitenkin herättää henkilökohtaisen kiinnostuksen, jolloin sen vaikutus voi olla pysyvämpi. (Hidi, 1990; Krapp et al., 1992) Useiden tutkimusten mukaan henkilökohtainen kiinnostus vaikuttaa positiivisesti oppimiseen, tarkkaavaisuuteen ja motivaatioon (Juuti et al., 2004).

## 2.2 Motivaatio

Motivaatio on tekijä, joka saa ihmisen toimimaan. Epämotivoitunut ihminen ei koe tarvetta tehdä mitään, kun taas motivoitunut ihminen on halukas viemään asian päätökseen. Motivaatio voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen motivaatioon. Sisäisestä motivaatiosta puhutaan, kun ihminen tekee asioita niiden mielenkiintoisuuden tai nautinnollisuuden takia. (Ryan & Deci, 2000a) Esimerkiksi oppilas haluaa opiskella luonnontieteitä niiden mielenkiintoisuuden takia (Simpkins, Davis-Kean, & Eccles, 2006). Ulkoinen motivaatio puolestaan ohjaa ihmistä tekemään asioita, joiden tekemisestä seuraa hyödyllinen lopputulos (Ryan & Deci, 2000a). Esimerkiksi oppilas tekee annetut kotitehtävät, koska se auttaa häntä pääsemään opiskelemaan haaveammattiinsa (Ryan & Deci, 2000b).

Kiinnostuksen, oppimisen ja saavutuksen välistä yhteyttä eri oppiasteilla on tutkittu useissa tutkimuksissa (muun muassa Krapp, Hidi, & Renninger, 1992). Niiden mukaan oppilaan sisäinen motivaatio eli kiinnostus oppimista kohtaan vaikuttaa positiivisesti sekä oppilaan kykyyn ymmärtää ja jäsenellä annettua oppimistehtävää (minkälaista oppimisstrategiaa käyttää) että oppimistulosten määrään ja laatuun. (Hidi, Renninger, & Krapp, 2004) Sisäisesti motivoituneet oppilaat ovat halukkaita käyttämään aikaa ja energiaa opiskeluun, joten he ovat yleensä luovampia ja oppivat paremmin kuin ulkoisesti motivoituneet oppilaat (Niemi & Ryan, 2009). Tutkimusten mukaan valitsemalla opiskeluun motivoivia opetusmenetelmiä voidaan lisätä oppilaiden kiinnostusta ja sisäistä motivaatiota (Osborne et al., 2003). Kiinnittämällä huomiota opetusmenetelmän valintaan voidaan siis vaikuttaa oppilaiden kiinnostukseen (Lavonen et al., 2005).

## 3 Kontekstuaalinen eheyttävä kemian opetus

Uuden opetussuunnitelman tavoitteiden mukaisena päämääränä on, että oppilaita ohjataan hahmottamaan opetus kokonaisuutena, ja että he oppivat elinikäisen oppimisen edellytyksiä. Lisäksi oppilaiden laaja-alaista osaamista pyritään tukemaan oppiainerajoja ylittävän opetuksen avulla. (Opetushallitus, 2014) Tämän luvun tarkoituksena on tarkastella eheyttävää opetusta ja kontekstien käyttöä kemian opetuksessa. Luvussa 3.1 määritellään, mitä tarkoitetaan eheyttävällä opetuksella ja miten sitä voidaan toteuttaa kouluopetuksessa. Luvussa 3.2 käsitellään kontekstien käyttöä kemian opetuksessa. Kontekstipohjainen opetus ja oppiminen esitellään luvussa 3.2.1 ja luvussa 3.2.2 perehdytään yhteen kontekstipohjaiseen opetusohjelmaan. Luvussa 3.2.3 tarkastellaan kontekstipohjaisen opetuksen vaikutuksia oppimiseen. Luvussa 3.3 käsitellään kiertotaloutta, johon perehdytään erityisesti puun näkökulmasta. Puun hyödyntämistä biopolttoaineen, lääkkeen, rakentamisen, energialähteen, kipsin, biokomposiitin ja tekstiilikuidun raaka-aineena käsitellään luvussa 3.3.3.

### 3.1 Eheyttävä opetus

Eheyttämislle ei löydy yhtä ainoata määritelmää, vaan se eroaa laajuudessaan ja syvyydessään riippuen määrittelijästä. Laukkanen et al. (1990) esittää useamman määritelmän, joista yksi on: ”Eheyttäminen on tavoitteellista vuorovaikutustoimintaa, jossa opetuksen kohteena olevat sisällöt ja käsitteet saatetaan rakentamaan oppilaan minäkuvaan ja maailmankuvaa tavoitteena tiedon muotoutuminen soveltuvaksi teoriaksi”. Parhaimmillaan eheyttäminen tarkoittaa yhteistyötä, kohtaamista, kokemusten vaihtoa ja toimintojen koordinoitua niiden tahojen sekä henkilöiden välillä, jotka työskentelevät lasten ja nuorten hyväksi. (Eheyttämistyöryhmä, 1990, s. 190–193) Kouluyhteisössä eheyttäminen on koko opetusprosessia koskettava pyrkimys, jonka tavoitteena on edistää oppilaiden harmonista kokonaiskehitystä. Oppilaan kokonaiskehityksessä tulee huomioida sekä persoonallisuuden eheyttäminen että taitojen kehittyminen. (Eheyttämistyöryhmä, 1990, s. 181–182) Eheyttämisessä on tärkeää, että käsitellään tietoa oppilaan kokemusmaailman näkökulmasta ja sisältöalueet ovat yksilön kannalta merkittäviä, ajankohtaisia ja yhteiskunnallisia (Kangas, Kopisto, & Krokfors, 2015, s. 39).

Eheyttävä eli integroiva opetus voi olla vertikaalista tai horisontaalista. Vertikaalisessa eheyttämisessä keskitytään kyseessä olevalle tieteenalalle ominaiseen tapaan käsitellä ilmiöitä. Oppisisältöjä käsitellään tunnetusta tuntemattomaan ja konkreettisesta abstraktisempaan. Horisontaalinen eheyttäminen on laaja-alaisempaa ja opetus tapahtuu yli perinteisten oppiainerajojen. Tällöin eri oppiaineissa käsitellään samanaikaisesti toisiinsa liittyviä sisältöjä. Sisällöt käsitellään oppilaan ja yhteiskunnan näkökulmasta, jolloin muodostuu laajempi oppiainekokonaisuus. (Eheyttämistyöryhmä, 1990, s. 181–182)

Eheyttämistä voidaan toteuttaa monella eri tavalla, joten se on prosessina opettaja- ja koulukohtainen. Tärkeintä on nähdä eheyttäminen jatkuvana prosessina, jota tulee jatkuvasti analysoida ja kehittää aikaisempien kokemusten perusteella. (Eheyttämistyöryhmä, 1990, s. 190–193) Halisen ja Jääskeläisen (2015) mukaan eheyttämistä voidaan toteuttaa esimerkiksi:

1. Rinnastamalla samaan teemaan tai ilmiökokonaisuuteen liittyvä opetus tapahtumaan samanaikaisesti kahdessa tai useammassa eri oppiaineessa
2. Jaksottamalla ja järjestämällä samaan asiakokonaisuuteen tai teemaan liittyvät asiat peräkkäin opiskeltaviksi
3. Ryhmittelemällä oppiaineet oppiainekokonaisuuksiksi
4. Rakentamalla laajempia oppimiskokonaisuuksia. eri oppiaineiden välisen yhteistyöskentelyn avulla
5. Toteuttamalla teemapäiviä ja -viikkoja sekä erilaisia tapahtumia ja kampanjoita

Kouluyhteisön toiminnan tulisi rakentua oppilaan luontaiseen toiminnallisuuteen ja oppilaiden kiinnostus elämän erilaisten ilmiöiden tutkimiseen tulisi pyrkiä säilyttämään. (Eheyttämistyöryhmä, 1990, s. 190–193) Eheyttämisen tavoitteena on muun muassa oppilaan kiinnostuksen herättäminen, osallisuus ja oma-aloitteisuus, tiedon merkityksellisyys ja yhdessä tapahtuva tiedon rakentaminen sekä opitun reflektointi (Halinen & Jääskeläinen, 2015, s. 26). Eheyttävässä opetuksessa oppilas huomioidaan kokonaisuutena ja parhaimmillaan se parantaa oppilaan selviytymiskykyä elämässä tulevissa tilanteissa (Eheyttämistyöryhmä, 1990, s. 186).

## 3.2 Kontekstit kemian opetuksessa

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) mainitaan yläkoulun kemian opetuksen tehtäväksi laajentaa oppilaan tietämystä kemiasta ja ohjata oppilasta käyttämään opittuja tietoja tulevassa elämässään. Yksi päätavoitteista on, että oppilas oppii luomaan merkityksen kemian ilmiöiden ja sovellusten sekä ihmisen ja yhteiskunnan välille (Opetushallitus, 2014). Jotta oppilas voi oppia lisää uutta, tulee hänen jatkuvasti kehittää olemassa olevaa tietoa ja yhdistää siihen uutta informaatiota (Krapp, 2002). Tiedon soveltaminen arkielämän tilanteisiin vaatii myös eri tietojen yhdistämistä toisiinsa ja kyseiseen kontekstiin (Johnson, 2002). Kontekstilla tarkoitetaan tilannetta tai taustatietoa, johon opetuksessa käytetty sisältö liittyy (Juuti et al., 2004).

### 3.2.1 Kontekstipohjainen opetus ja oppiminen

Konteksti (eng. context) on johdettu latinan kielen sanoista ”contexere” (yhdistää) ja ”contextus” (yhtenäisyys ja yhteys), joten se kuvailee sellaisia olosuhteita, jotka antavat merkityksen sanoille, lausekkeille ja virkkeille (Gilbert, 2006). Kontekstipohjaista opetusta on käytetty eri puolilla maailman kouluissa lähinnä kemian opetuksessa 1980-luvulta lähtien. Näitä opetusohjelmia ovat esimerkiksi Yhdysvaltojen kemia yhteisössä (Chemistry in the Community, ChemCom), Saksan kemia kontekstissa (Chemie im Kontext, ChiK), Iso-Britannian Salters opetusohjelma (Salters Chemistry) ja Alankomaiden fysiikan opetussuunnitelman kehitysprojekti (the Dutch Physics Curriculum Development Project). (Bennett, Gräsel, Parchmann, & Waddington, 2005)

De Jong (2008) jakaa kontekstit neljään eri luokkaan: henkilökohtainen, sosiaalinen ja yhteiskunnallinen, ammatillinen sekä tieteellinen ja teknologinen (Taulukko 1). Hyödyntämällä opetuksessa eri kontekstiluokista otettuja esimerkkejä, koulu tukee oppilaan henkistä kasvua ja taitoa lukea tieteellistä tekstiä sekä valmentaa oppilasta kasvamaan vastuulliseksi kansalaiseksi ja työtä tekeväksi ammattilaiseksi. (De Jong, 2008)

Taulukko 1. Neljä alkuperäistä kontekstia De Jongin (2008) mukaan.

Kontekstiluoikka	Esimerkki kontekstista	Linkki opetukseen
Henkilökohtainen	Hyvinvointi ja kosteusvoiteet	Nesteiden kemialliset ominaisuudet ja kosteustuotteiden sisältämät ainesosat
Sosiaalinen ja yhteiskunnallinen	Happosateiden vaikutus ympäristöön	Happojen ja metallien väliset reaktiot ja neutraloitumisreaktiot
Ammatillinen	Kemian insinöörin työ	Teollisten prosessien pienimuotoinen suunnittelu ja kokeilu, esim. polymeerien tuotanto
Tieteellinen ja teknologinen	Tieteellinen tutkimus	Tutkimuksellinen kokeellinen työ

Kontekstipohjainen opetus ja oppiminen eli CTL (eng. Contextual Teaching and Learning) perustuu ajatukseen, että sisällön ja siihen liittyvän kontekstin välinen yhteys luo merkityksen asialle. Mitä laajempaan kontekstiin oppilas pystyy luomaan yhteyksiä, sitä merkittävämmäksi sisältö muuttuu oppilaalle itselle. (Johnson, 2002) Luomalla yhteyksiä koulussa opitun uuden tiedon, jo olemassa olevan tiedon ja oppilaan omien kokemusten välille kouluopetus saa merkityksen oppilaan silmissä, ja hänen oppiminen on todennäköisemmin tehokkaampaa (Bennett & Holman, 2002; Johnson, 2002). Tämä voi tapahtua, kun oppilas saa esimerkiksi koulutyössä työskennellä häntä kiinnostavan arkielämään liittyvän ongelman parissa, minkä ratkaiseminen vaatii ryhmätyöskentelyä, vastuun ottamista ja päätösten tekemistä. Oppilas saa työskentelylleen merkityksen, tarkoituksen ja tärkeyden. (Johnson, 2002)

Aivot pyrkivät jatkuvasti luomaan yhteyksiä eri tietojen välille, joten CTL hyödyntää ihmisten luontaista tapaa käyttäytyä: etsiä merkityksiä ja yhteyksiä asioiden välille. CTL käsittää kahdeksan eri osaa: yhteyksien tekeminen merkityksen luomiseksi, itse-ehtoinen oppiminen, merkityksellisen työn tekeminen, yhteistyö, kriittinen ja luova ajattelu, yksilön kasvatus, korkeiden tavoitteiden saavuttaminen sekä luotettava arviointi. (Johnson, 2002)

### 3.2.2 Esimerkkinä Salters opetusohjelma

Salters opetusohjelman (eng. Salters approach) kehitystyö alkoi Iso-Britanniassa vuonna 1983, jolloin haluttiin kehittää opiskeluun innostava ja oppilaiden oman elämän kannalta merkityksellinen lähestymistapa. Tavoitteena oli tieteellisen ymmärtämisen lisääminen, ja luotiin viisi eri kurssia sisältävä opetusohjelma, jossa käytetään opetuksen lähtökohtana konteksteja. Opetusohjelma on suunnattu peruskoulun yläkoulu- ja lukioikäisille (11–18 vuotiaille) oppilaille ja se kattaa kemian, fysiikan sekä biologian oppisisällöt. Saltersin opetusohjelma on levinnyt muihinkin maihin ja sitä käytetään esimerkiksi Hong Kongissa, Belgiassa ja Yhdysvalloissa. (Bennett & Lubben, 2006)

Saltersin opetusohjelma ei pohjautu mihinkään yksittäiseen pedagogiseen teoriaan, vaan se ammentaa ideoita eri teoreettisista suuntauksista. Opetusohjelmaan valittujen sisältöjen ja kontekstien tulee täyttää kaksi tärkeää päämäärää; niiden tarkoitus on lisätä oppilaiden ymmärrystä siitä, miten kemia vaikuttaa heidän tai muiden elämään kaikkialla maailmassa, ja miten kemia auttaa heitä ymmärtämään paremmin ympäröivää luontoa. (Bennett, Hogarth, & Lubben, 2005) Lisäksi opetusohjelman tarkoituksena on lisätä erilaisia opetus- ja oppimismenetelmiä sekä antaa monipuolisen kuva kemiasta niin, että se innostaa ja haastaa mahdollisimman useaa oppilasta. Saltersin opetusohjelmassa tieteellinen tieto esitetään ”tarvitsee tietää” -asiana. Tieteellistä tietoa käytetään auttamaan oppilasta ymmärtämään käsiteltävän kontekstin ominaisuuksia. Eli ymmärtääkseen opetuksessa käsiteltävää kontekstia, oppilaan tarvitsee tietää ja ymmärtää siihen liittyvä tieteellinen tieto (Bennett & Lubben, 2006).

Saltersin opetusohjelman jokainen kurssi on jaettu pienempiin osayksiköihin, jotka käsittelevät eri aiheita ja kemian sisältöjä. Kurssi rakentuu tarinalle, joka esittelee minkälaiseen asiayhteyteen erilaiset kemian ilmiöt ja käsiteltävät aiheet liittyvät. Taulukossa 2 on esimerkki Saltersin opetusohjelmaan kuuluvan kurssin osayksiköstä. (Bennett & Lubben, 2006)



Taulukko 2. Esimerkki Saltersin opetusohjelman kurssista ja sen kahden ensimmäisen osayksikön keskeisistä tarinoista ja käsiteltävistä aiheista. Mukailten (Bennett & Lubben, 2006).

Tarina	Kemian sisältö
Elämän alkuaineet ja niiden tutkiminen ihmiskehossa, aurinkokunnassa ja maailmankaikkeudessa	Ainemäärä Atomin rakenne Atomispektroskopia Jaksollinen järjestelmä: jaksollisuus ja 2. ryhmä Kemiallinen sitoutuminen Molekyylilien muoto Reagoivat ainemäärät ja moolitilavuus
Kemistit tutkivat polttoaineita, jotta he voivat osallistua parempien polttoaineiden kehittämiseen	Termokemia Homologiset ketjut Alkaanit Rakennesisomeria Katalyysi Entropia Ionit liuoksessa

### 3.2.3 Kontekstipohjaisen opetuksen vaikutukset

Kontekstipohjaisen opetuksen vaikutuksista oppilaiden oppimiseen on julkaistu vähän tutkimustietoa ja osan niiden perusteella kontekstipohjaisella opetuksella ei ole juuri mitään vaikutusta oppilaan ymmärtämiseen (Bennett & Holman, 2002; De Jong, 2008). Esimerkiksi Ramsden tutki vuonna 1997 britannialaisten yläkoululaisten ja lukiolaisten kemian peruskäsitteiden ymmärtämistä vertaamalla kontekstipohjaisen ja tavallisen kurssiopetuksen vaikutusta oppilaiden oppimiseen. Tutkimuksen mukaan oppilaiden välillä ei ollut merkittäviä eroja käsitteiden ymmärryksessä. (Ramsden, 1997) Toisaalta joissakin tutkimuksissa päädytään kuitenkin siihen tulokseen, että kontekstipohjaisella opetuksella on jonkin verran hyötyä oppilaiden oppimisessa verrattuna tavallisesti käytettyihin opetusmetodeihin (Bennett & Holman, 2002; De Jong, 2008).

Barkerin ja Millarin vuonna 2000 tekemän tutkimuksen mukaan kontekstipohjainen opetus ei vaikuta merkittävästi oppilaiden ymmärtämiseen verrattaessa tavanomaisempaan opetukseen. Tutkimuksen kontekstipohjaisessa opetuksessa oppilaille annettiin opetettavasta asiasta useita erilaisia esimerkkejä eri konteksteihin sidottuina kurssin aikana.

(Barker & Millar, 2000) Tutkimuksessa havaittiin, että nämä oppilaat muodostivat kuitenkin paremman käsityksen opetetuista asioista kuin tavanomaista opetusta saaneet kontrollioppilaat (Barker & Millar, 2000; Bennett & Holman, 2002). Gutwill-Wisen (2001) tutkimuksessa tutkittiin kontekstipohjaisen opetuksen vaikutusta ensimmäisen vuoden yliopisto-opiskelijoihin. Tutkimuksessa havaittiin, että kontekstipohjaista opetusta (ChemConnections –lähestymistapa) seuranneilla opiskelijoilla oli parempi käsitys ja ymmärrys kemiasta kuin vertailuryhmän opiskelijoilla. (Gutwill-Wise, 2001)

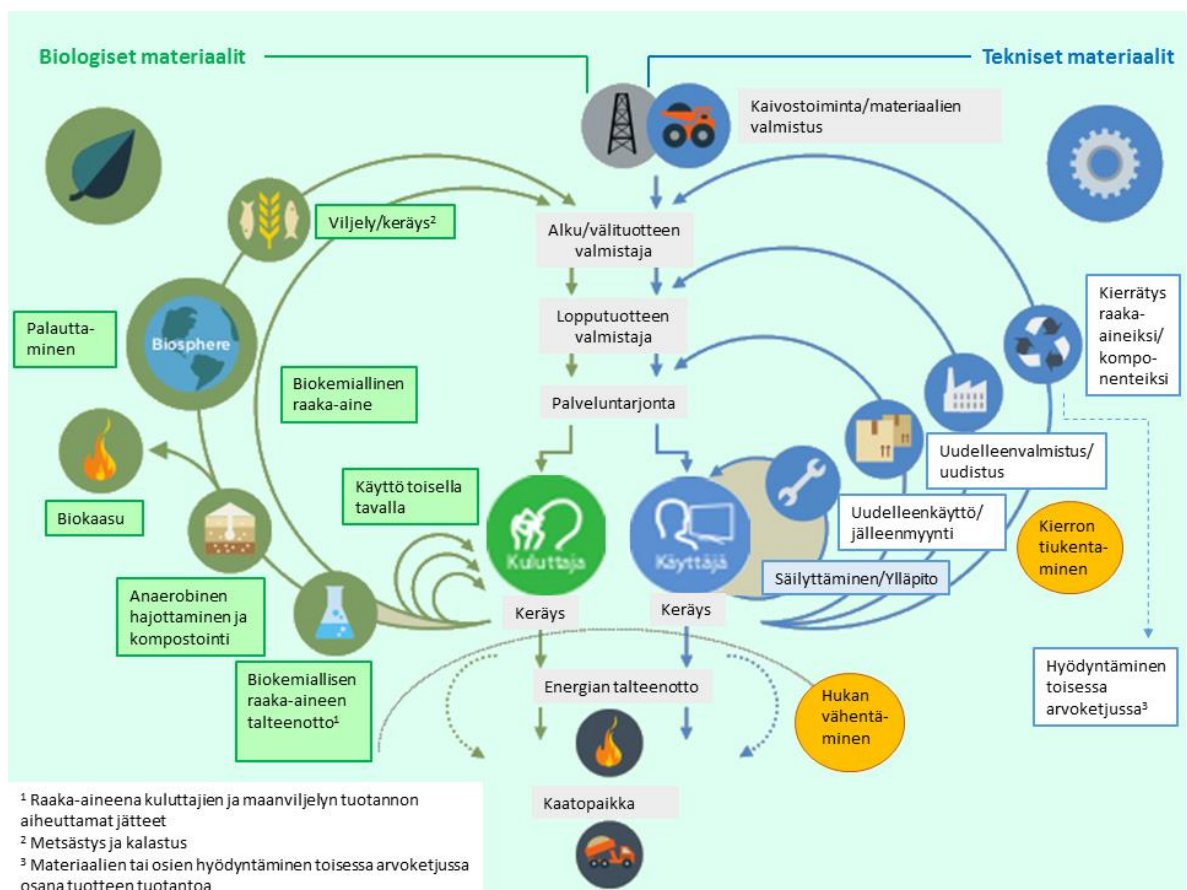
Bennett, Hogarth ja Lubben (2003) ovat koonneet yhteenvedon kontekstipohjaisesta opetuksesta tehdyistä tutkimuksista (n=66) meta-analyysin avulla. Tutkimustulosten mukaan on löydetty näyttöä tukemaan väitettä, että luonnontieteiden oppitunnilla käytetty kontekstipohjainen opetustapa motivoi oppilaita ja lisää useimmiten oppilaiden positiivista suhtautumista luonnontieteitä kohtaan. Lisäksi voidaan todeta, että kontekstipohjainen opetus ei vaikuta negatiivisesti oppilaiden kemiallisten käsityksien ymmärtämiseen. (Bennett, Hogarth, & Lubben 2003) Kontekstipohjainen opetus vaikuttaa siis positiivisesti asenteiden ja motivaation kehittymiseen, mutta ei kehitä oppilaiden kognitiivisia taitoja muita opetusmenetelmiä paremmin (De Jong, 2008).

### 3.3 Kontekstina kiertotalous

Väestönkasvu, elintason nouseminen ja kulutuksen lisääntyminen ovat suurimpia syitä globaaliin kestävyyskriisiin, jonka keskeisiä osia ovat ilmastokriisi ja luonnonvarojen ehtyminen (Sitra, 2014; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2013). Vuosina 2000–2030 luonnonvarojen kulutuksen arvioidaan kaksinkertaistuvan ja vuoteen 2050 mennessä arvioidaan maapallon väkiluvun kasvavan 9 miljardiin ihmiseen (Puuinfo, 2014; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2013). Luonnonvarojen väheneminen johtaa niiden heikkenevään saatavuuteen ja raaka-aineiden hintojen nousuun (Sitra, 2014). Vaikutus on uhkaava sekä taloudelle että ympäristölle, joten materiaalien käytön tehostaminen ja vaihtoehtoisten ratkaisujen keksiminen on välttämätöntä (Sitra, 2014; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2013). Yksi mahdollinen ratkaisu on ottaa käyttöön kiertotalouden periaatteet. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra on arvioinut yhdessä McKinsey:n kanssa, että kiertotalous

voi tuoda Suomen kansantaloudelle 1,5–2,5 miljardia euroa vuoteen 2030 mennessä. (Sitra, 2014)

Kiertotalouden lähtökohtana on, että resurssien käyttö suunnitellaan kestäväksi (Sitra, 2014). Kiertotalouteen kuuluu oleellisesti materiaalitehokkuus, joka tarkoittaa raaka-aineen, päästöjen ja jätteen määrän minimoimista, sivuvirtojen tehokasta hallintaa, tuotantoprosessien optimoimista ja materiaalin kierrätystä elinkaaren eri vaiheissa (Mickwitz, Seppälä, Kauppi, & Hildén, 2014; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2013). Kiertotaloudessa kierrätetään tehokkaasti uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat, mutta kierrätys tapahtuu tuotteen elinkaaren vaiheessa (Kuva 1), jossa muuta kierrätettävissä olevaa arvoa ei voida ottaa talteen taloudellisesti tehokkaasti (Mickwitz et al., 2014; Sitra, 2014).



Kuva 1. Teknologisten ja biologisten tuotteiden ja materiaalien kiertokulku kiertotaloudessa. Kiertotalouden toimintaperiaate Sitraa (2014) ja Macarthuria (2013) mukailten.

Idealisessa kiertotalouden toimintamallissa jätettä ei synny ollenkaan, vaan toisen ylijäämämateriaali toimii raaka-aineena seuraavalle toimijalle. Tämä vaatii sen, että tuotteiden suunnittelussa huomioidaan niiden uudelleenkäytettävyys ja kierrätettävyys, uusiutuvilla luonnonvaroilla korvataan nykyisin käytössä olevia uusiutumattomia, käytetään uusiutuvia energialähteitä ja palvelut korvaavat tuotteet. Käytännössä tämä voisi näkyä esimerkiksi materiaalien valmistuksessa niin, että materiaaliin valitaan aineita, jotka eivät estä niiden kierrättämistä tuotteen elinkaaren lopussa. Tai esimerkiksi tuotesuunnitteluvaiheessa valitaan materiaaleja, jotka saadaan tehokkaasti eroteltua toisistaan tuotteen elinkaaren lopussa. Kiertotalous ei pohjautu pelkästään raaka-aineiden kierrätykseen, vaan suuri arvopotentiaali löytyy laitteiden huoltamisesta, uudelleen käyttämisestä ja uudelleen valmistamisesta. Tärkeää on ajattelutavan ja kulutustottumusten muutos, sillä tulevaisuudessa palvelujen ja esineiden ostamisen sijaan ihmiset ja teollisuus jakavat ne. (Sitra, 2014)

Kiertotalouden oleellinen osa on biotalous (Mickwitz et al., 2014). Suomen hallitus hyväksyi toukokuussa 2014 periaatepäätöksen, joka linjaa Suomen uusiksi kärkialoiksi biotalouden ja cleantechin (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2014). Cleantechillä tarkoitetaan teknologiaratkaisuja, joilla voidaan lisätä resurssitehokkuutta, parantaa luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja vähentää tuotannon sekä kulutuksen haitallisia ympäristövaikutuksia. (Mickwitz et al., 2014) Biotalous kestävät toimintamallit ja niitä tukevat teknologiat ovat osa cleantechiä. Biotalous toiminta pohjautuu uusiutuviin luonnonvaroihin, joita käytetään ja kierrätetään tehokkaasti ilman, että niitä menee hukkaan. Biotalous käyttää kaiken tarvittavan; ravinnon, energian, tuotteiden ja palvelujen, tuottamiseen uusiutuvia luonnonvaroja ja samanaikaisesti pyritään vähentämään riippuvuutta fossiilisista luonnonvaroista. Biotalous tavoitteena on ehkäistä ekosysteemin köyhtymistä ja edistää kestäväen kehityksen periaatteiden mukaista talouskasvua. Suomessa on runsaasti uusiutuvia luonnonvaroja, joista tärkeimpiä biotalous kannalta ovat metsät, pellot, maaperä ja makea vesi. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2014)

Sitran selvityksen (2014) mukaan nykyinen talouden toimintamalli aiheuttaa kiertotalouden kannalta arvon hävikkiä kolmella keskeisellä tavalla:

- 1.) Tuotannon materiaalitehokkuuden puutteet
- 2.) Taloudellisesta toiminnasta syntyvän jätteen menetetty arvo
- 3.) Materiaalin kierrättäminen liian matala-arvoisen kierron kautta

Tuotannon materiaalitehokkuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa tuotannossa käytettyjen raaka-aineiden tehokasta hyödyntämistä ja tuotannossa niiden hukkaan menneiden määrien minimointia. Taloudellisessa toiminnassa pitäisi pyrkiä estämään jätteen muodostumista, sillä merkittävä osa materiasta päätyy jätteeksi kulutuksen ja käytön jälkeen, vaikka jäte sisältää vielä raaka-aineita ja käyttöarvoa. Kierrättäminen ei tarkoita pelkästään raaka-aineiden kierrättämistä, vaan kierrättämällä koko tuote säilytetään suurempi osa tuotteen arvosta. Tuote voidaan kierrättää esimerkiksi uusiokäyttöä tai uudelleen valmistamista varten. (Sitra, 2014)

Sitra (2014) listaa viisi eri tapaa edistää tuotteiden ja raaka-aineiden kiertoa:

1. Ylläpidä: Rakenna pitkäikäisempiä tuotteita ja tarjoa tuotteen ylläpitopalveluita, jotta niiden elinkaari samalla omistajalla pidentyisi.
2. Käytä uudestaan tai jakele: Tuote voidaan käyttää uudestaan samaan tarkoitukseen jälleen myymällä se eteenpäin.
3. Uudelleenvalmista tai uudista: Hyödynnä tuote useammassa elinkaarella niin, että myy tuote uudelleen perusteellisen korjauksen tai uudelleenvalmistuksen jälkeen.
4. Kierrätä: Suunnittele tuotteet niin, että käytetyt materiaalit on helppo lajitella. Kierrätä materiaalit uusiokäyttöön. Biologisten materiaalien mahdollisimman tehokas hyödyntäminen ja sen jälkeen tapahtuva turvallinen ja kestävä ravinteiden palautuminen takaisin osaksi ravintoketjua tulee miettiä etukäteen.
5. Hyödynnä toisessa arvoketjussa: Kun materiaalia ei pystytä enää hyödyntämään alkuperäisessä tarkoituksessa, hyödynnä se tai osia siitä toisen arvoketjun osana.

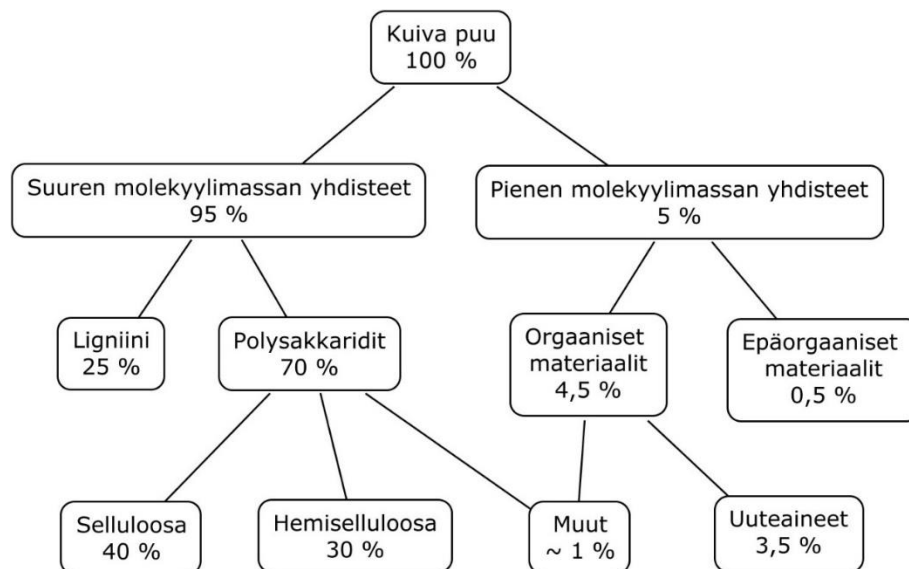
### 3.3.1 Kiertotalous puun näkökulmasta

Suomessa on metsää noin 22,8 miljoonaa hehtaaria, joka vastaa Suomen maa-alasta noin kolmea neljäsosaa (Biotalous, 2014d; Härkönen, 2014). Suomen metsien puuston kokonaismäärä on noin 2 300 miljoonaa m<sup>3</sup>, josta 50 % on mäntyä. Kuusta metsien kokonaismäärästä on 30 %, koivua 17 % ja muita lehtipuita 3 %. Puutuotannon käytössä olevan puuston vuotuinen kasvu on noin 101 miljoonaa m<sup>3</sup>, josta käytetään noin 70 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa. (Härkönen, 2014) Vuosittain Suomen puuvaranto lisääntyy noin 30 miljoonaa m<sup>3</sup>, joten esimerkiksi Metlan arvion (2015) mukaan metsistä voitaisi vuosittain

korjata kestävästi energiapuuta noin 21 miljoonaa m<sup>3</sup> enemmän (oksat ja lehdet 7,8, runkokuu 7,2 sekä kannot ja juuret 6 miljoonaa m<sup>3</sup>). Metsien puuvarantoja käyttöä voidaan lisätä kestävästi vastaamaan myös biotalouden kasvavaan tarpeeseen (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2014).

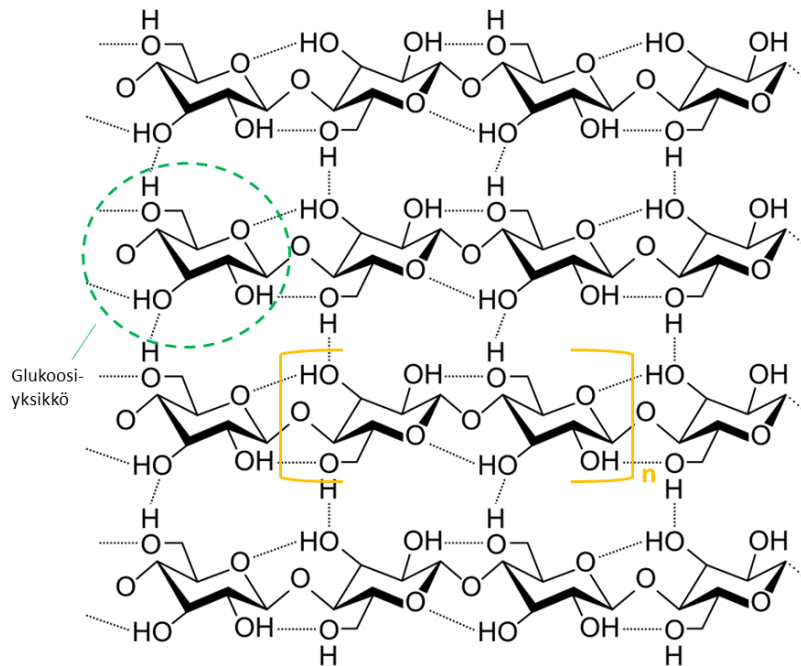
### 3.3.2 Puun rakenne

Puun rakenteen kolme tärkeintä rakenneainetta ovat selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini (Alakangas, 2000). Puun rakenneainekoostumus (Kuva 2) vaihtelee puulajien ja -tyyppien välillä (Alén, 2011, s. 30–31). Männyssä, kuusessa ja koivussa selluloosapitoisuus vaihtelee 40–45 prosentin välillä ja hemiselluloosapitoisuus 25–40 prosentin välillä kuiva-aineen painosta. Lehtipuiden ligniinipitoisuus on 16–25 %, kun taas männyn ja kuusen ligniinipitoisuus on hieman suurempi 24–33 %. (Alakangas, 2000) Selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini ovat jakautuneet epätasaisesti puuhun ja niiden konsentraatiot vaihtelevat puun eri osissa (Alén, 2011, s. 18–19). Puussa on lisäksi 5 % muita ainesosia, kuten uuteaineita (terpiinit, rasva-aineet ja fenolit) sekä orgaanisia- ja epäorgaanisia yhdisteitä (Alakangas, 2000; Alén, 2011, s. 18–19; Moshkelani, Marinova, Perrier, & Paris, 2013).



Kuva 2. Puun rakenneaineiden yleiskoostumus (Alén, 2011, s. 30–31).

Selluloosa on lineaarinen polysakkaridi (Kuva 3), joka muodostuu useista glukoosiyksiköistä (Cherubini & Jungmeier, 2009). Selluloosa on veteen liukenematon tärkeä osa kasvin tukirakennetta, eikä sen ketjurakenne hajoa helposti (Alén, 2011, s. 310–312; Liu, 2010). Tämä johtuu siitä, että selluloosan polymeeriketjut ovat orientoineet samansuuntaisesti päällekkäin. Näin muodostunut rakenne on stabiili ja ketjujen pyranoosirenkaiden väliset vuorovaikutukset minimoituvat. (Alén, 2011, s. 310–312)

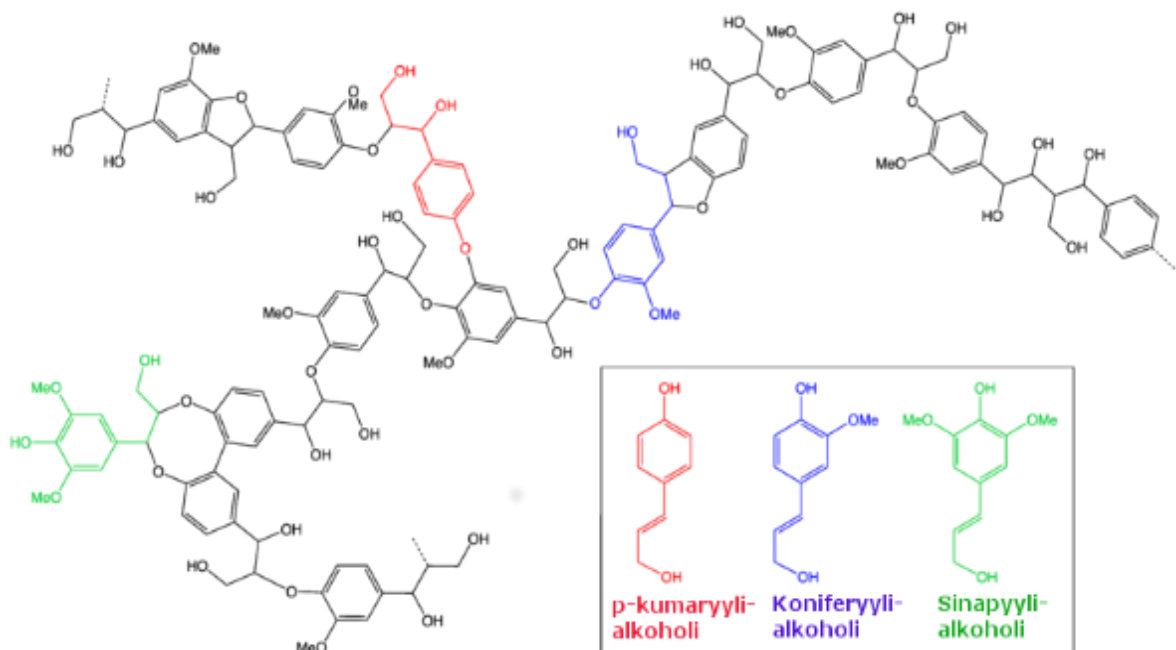


Kuva 3. Selluloosan polymeeriketjujen rakenne ja suuntautuminen toisiinsa nähden. Kuvaan on ympyröity polymeeriketjun muodostava glukoosiyksikkö ja hakasuluin on merkitty toistuva yksikkö.

Hemiselluloosa on amorfinen polysakkaridi, joka muodostuu useista erilaisista sokeriyksiköistä (Moshkelani et al., 2013). Hemiselluloosaketjun muodostavat sokeriyksiköt ovat heksooseja (D-glukoosi, D-mannoosi ja D-galaktoosi) sekä pentooseja (D-ksyloosi, L-arabinoosi ja D-arabinoosi) tai deoksiheksooseja (L-ramnoosi tai 6-deoksi-L-mannoosi ja harvinainen L-fukoosi tai 6-deoksi-L-galaktoosi) (Alén, 2011, s. 40–41). Lisäksi ketjussa on pieniä määriä uronihappoja, kuten 4-O-metyyli-D-glukuronihappoa (Alén, 2011, s. 40–41; Isotalo, 2004, s. 46). Hemiselluloosa on kiinnittynyt selluloosaan ja ligniinin vetysidoksin ja kovalenttisiin sidoksin. Hemiselluloosa on rakenteeltaan hyvin haaroittunutta, joten se liukenee helposti veteen. Vesiliukoisuus pienenee ketjun kohdissa,

joissa haaroittuminen on vähäisempää, koska tällöin hemiselluloosaketju sitoutuu tiukemmin selluloosaketjuun. (Tunc & van Heiningen, 2008)

Ligniini on amorfinen aine, joka muodostuu (Kuva 4) fenolisista polymeereistä (Alén, 2011, s. 40–45; Cherubini & Jungmeier, 2009). Ligniini sitoo puun soluja toisiinsa ja antaa puulle sen mekaanisen lujuuden (Alakangas, 2000; Alén, 2011, s. 40–45). Ligniini on puun solukossa liukenemattomassa muodossa, mutta se liukenee helposti esimerkiksi asetoniin ligniini ollessa eristettynä rakenteesta (Alén, 2011, s. 40–45).



Kuva 4. Osa ligniinin rakennetta.

### 3.3.3 Puun monipuolinen hyödyntäminen

Kierotaloudessa uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä korvataan uusiutuvilla, energiaa tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä ja jätteiden synty estetään hyödyntämällä ylijäämämateriaali raaka-aineena jossakin toisessa kierrossa (Sitra, 2014). Puu on monipuolinen raaka-aine, josta voidaan tehdä tuotteita, jotka voidaan kierrättää, käyttää uudelleen ja hyödyntää bioenergiana elinkaaren lopussa. Tällä hetkellä puuta käytetään huomattavasti vähemmän kuin metsävarannot vuosittain kasvavat, joten puu tarjoaa perustan biotalouden kasvuille. Puupohjaisilla tuotteilla ja materiaaleilla voidaan myös korvata



uusiutumattomien ja fossiilisten raaka-aineiden käyttöä ja niistä valmistettuja tuotteita. (Metsäteollisuus, 2012) Seuraavissa luvuissa (3.3.3.1–3.3.3.7) esitellään puun erilaisia innovatiivisia käyttökohteita, joiden avulla muun muassa vähennetään uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä ja ehkäistään kasvihuonepäästöjen syntymistä.

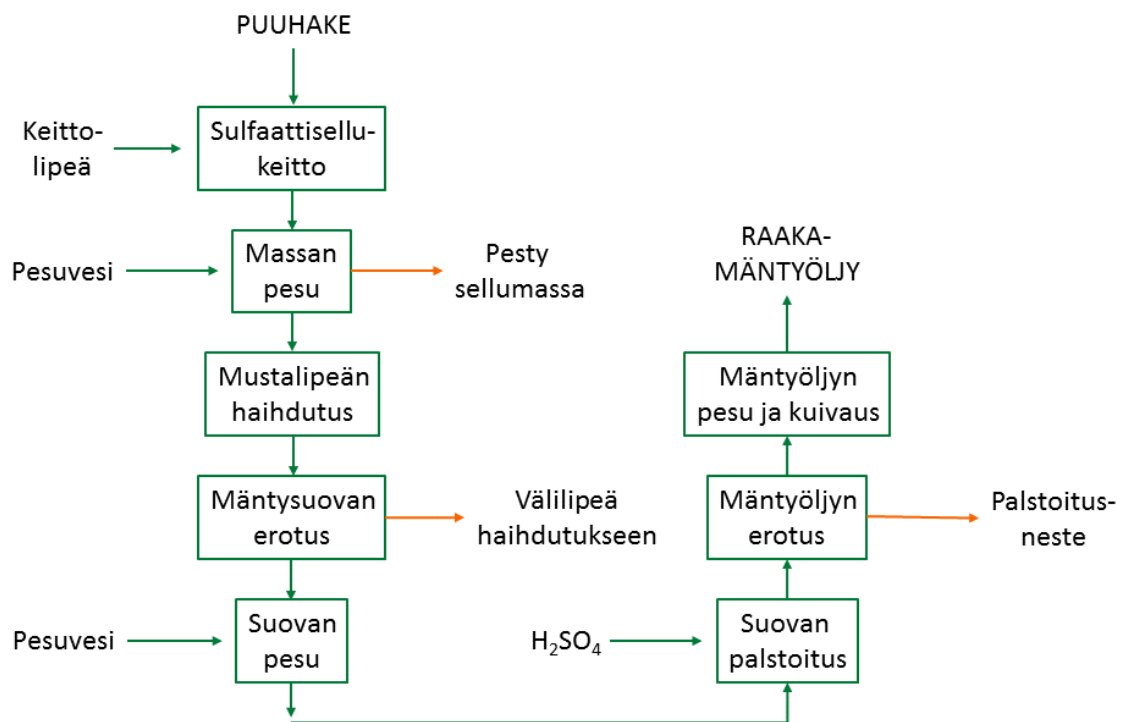
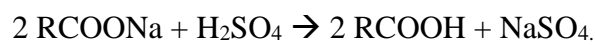
### 3.3.3.1 Biopolttoaine

UPM:n Lappeenrannan biojalostamossa valmistetaan raakamäntyöljystä toisen sukupolven BioVerno-biodieseliä liikennekäyttöön (Metsäteollisuus, 2013). Puupohjaisen biodieselin kasvihuonepäästöt ovat 80 % pienemmät verrattuna fossiilipohjaisen dieseliin. Yksi tähän vaikuttava tekijä on, että prosessissa käytetty raakamäntyöljy syntyy selluntuotannon sivutuotteena. (UPM, 2015)

Pääasiassa havupuista saatava raakamäntyöljy on puun luonnollinen uuteaine ja raaka-aineena uusiutuva (UPM, 2014). Raakamäntyöljyn koostumukseen vaikuttavat puulaji ja puun kasvupaikka. Pääainesosat ovat rasvahapot (35–70 %), hartsihapot (20–50 %) ja saippuoitumaton neutraali aineosa (5–30 %) Rasvahapoista pääosa on öljyhappoa (9-oktadekeenihappo) ja linolihappoa (9,12-oktadekadiieenihappo). Hartsihapoista tärkeimmät ovat abietiini-, dehydroabietiini-, palustriini-, neoabietiini-, primaari- ja levopimaarihappo. Mäntyöljyn neutraaliaineet koostuvat pääasiassa steroleista, diterpeenialkoholeista ja -aldehydeistä. Lisäksi raakamäntyöljyssä on vähän vettä, suoloja ja rikkiyhdisteitä. (Riistamaa, Laitinen, & Vuori, 2003, s. 135–138)

Mäntyöljyä saadaan, kun puun pihkan rasvat ja hartsihapot saippuoituvat alkalisessa sulfaattiselluloosan keitossa natriumsaippuoiksi. (Isotalo, 2004, s. 105–107) Keittoliukseen muodostuu kolloidinen emulsio, jota kutsutaan keiton loppuvaiheessa mustalipeäksi (Riistamaa et al., 2003, s. 135–138). Natriumsaippuat muodostavat saippuamisellejä, jotka yhtyvät toisiinsa mustalipeässä. Saippuamisellit nousevat raskaammasta mustalipeästä pinnalle raakasuovaksi, tosin osa suovasta jää lipeään liuenneeksi. (Isotalo, 2004, s. 105–107) Raakasuovan erotusta lipeästä voidaan tehostaa haihduttamalla, jolloin mustalipeä väkevöityy ja sen kuiva-ainepitoisuus (noin 25–27 %) on optimaalisempi suovan erotukseen (Isotalo, 2004, s. 105–107; Riistamaa et al., 2003, s. 135–138). Mäntysuopa nousee

haihdutetun niin sanotun välilipeän pintaan, josta se erotetaan ja pumpataan mäntyöljylaitokselle (Riistamaa et al., 2003, s. 135–138). Palstoitusprosessissa mäntysuovasta tehdään hapanta (pH tasolle 3–5) rikkihapon tai valkaisulaitoksen kloorioksidin valmistuksesta saatavan jätehapon avulla (Isotalo, 2004, s. 105–107; Riistamaa et al., 2003, s. 135–138). Palstoitus tapahtuu kahdessa vaiheessa, joista ensimmäisessä vaiheessa tehdään alkuhapotus hiilidioksidin avulla ja toisessa tehdään lopullinen pH:n alentaminen rikkihapolla. Kuvaan 5 on tiivistetty mäntyöljyn tuotannon eri vaiheet. Palstoitusprosessissa mäntysuovan sisältämät rasva- ja hartsihapot saadaan happomuotoon ja muodostuu raakamäntyöljyä (Riistamaa et al., 2003, s. 135–138),



Kuva 5. Mäntyöljyn tuotanto mukaillen Riistamaa et al. (2003).

BioVerno-dieseliä valmistetaan UPM:n kehittämällä vetykäsittelyprosessissa (UPM, 2015). Ennen vetykäsittelyä mäntyöljystä puhdistetaan kuumalla vesipesulla epäpuhtauksia, ligniiniä, kuituja, rikkiä ja rikkihappoa. Ylimääräinen vesi poistetaan erillisessä kuivausvaiheessa. (Isotalo, 2004, s. 105–107; UPM, 2014) Puhdistettu mäntyöljy syötetään reaktoriin, jossa sen kemiallista rakennetta muokataan vetykaasun avulla. Reaktiossa

syntyvä rikkivety ( $H_2S$ ) ja lauhtumattomat kaasut poistetaan ja jäljelle jäävä neste tislataan. Tislauksessa biodiesel (Kuva 6) erottuu muista aineista ja tuote on valmis käytettäväksi. (UPM, 2014) UPM:n biodiesel soveltuu käytettäväksi sellaisenaan dieseliä kuluttaviin autoihin, busseihin ja rekkoihin (UPM, 2015).

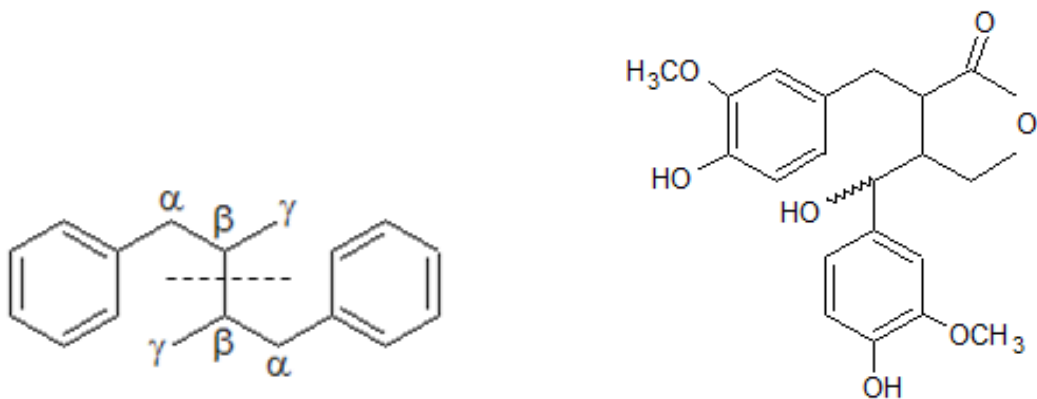


Kuva 6. Raakamäntyöljystä valmistettu UPM BioVerno-biodiesel (© UPM).

### 3.3.3.2 Lääke

HMR-lignaani (7-hydroksimatairesinoli) on erityisesti pohjoismaisen kuusen sisäoksasta, eli puun sisäpuolella olevan oksan osasta, saatava yhdiste (Biotalous, 2014c; Smeds & Unkila, 2007). Lignaanit ovat yleisiä kasveissa ja ne ovat aineenvaihdunnan sekundaarisia tuotteita. Lignaanit koostuvat yleensä kahdesta fenyylipropaaniyksiköstä (Kuva 7). Puissa lignaanit esiintyvät yleensä vapaana ja muissa kasveissa useimmiten sokeriosaan liittyneinä. Lignaaniin epäillään liittyvän kasvien kemialliseen puolustusjärjestelmään, sillä usealla lignaanilla on hyönteisiä ja sieniä torjuva vaikutus. Lisäksi lignaania esiintyy runsaasti puun rungon ja oksan liittymäkohdassa, josta ulkopuoliset taudinaiheuttajat pyrkivät tunkeutumaan puuhun. (Smeds & Unkila, 2007) Raffaellin, Hoikkalan, Leppälän, & Wähälän (2002) tutkimuksen mukaan useilla lignaaneilla on erilaisia terveyden kannalta positiivisia vaikutuksia, kuten esimerkiksi viruksia, sieniä, bakteereja ja/tai syöpää torjuva vaikutus, ja niitä on käytetty jo varhaisessa kiinalaisessa kansanlääketieteessä (Smeds & Unkila, 2007). Lignaaneja esiintyy myös ravinnossa, kuten muun muassa pähkinöissä, siemenissä, leivissä, kasviksissa ja hedelmissä. Kuusen HMR-lignaani on samankaltaista

kuin ravinnosta saatava lignaani ja sitä löytyy seesaminsiemeneistä sekä viljaleseistä. HMR-lignaani on vahva antioksidantti ja se kuuluu lignaaneihin, joilla on havaittu olevan syöpää ehkäisevä vaikutus. HMR-lignaani esimerkiksi vähentää tai estää eturauhassyöpätuumoreiden kasvua hiirillä ja kemiallisesti indusoitujen rinta- ja kohtusyöpätuumoreiden kasvua rotilla. HMR-lignaania saadaan selluntuotannon sivutuotteena, sillä puun sisäoksat täytyy poistaa, koska ne häiritsevät sellumassan valmistusta. (Smeds & Unkila, 2007) HMR-lignaani käyttö syöpälääkkeenä on suomalainen keksintö ja sen mahdollisuutta toimia HIV-lääkkeenä tutkitaan (Biotalous, 2014c).



Kuva 7. Lignaani perusrakenne ja HMR-lignaani rakenne (Smeds & Unkila, 2007).

### 3.3.3.3 Rakentaminen

Euroopassa rakentamisen osuus raaka-aineiden kulutuksesta on jopa 50 % painon mukaan mitattuna. Verrattuna muihin teollisuuden aloihin rakentaminen kuluttaa Euroopassa eniten raaka-aineita. Rakentamiseen tarvittavien tuotteiden valmistus vastaa noin 5 prosenttia energiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä. Tästä suurin osa aiheutuu sementin valmistuksesta, joka aiheuttaa maailman laajuisella tasolla noin 4–8 prosenttia kaikista hiilidioksidipäästöistä. Rakennusten käyttäminen aiheuttaa noin 40 prosenttia energiankulutuksesta ja 30 prosenttia hiilidioksidipäästöistä. Noin 40–50 prosenttia jätteistä syntyy rakentamisesta ja rakennusten purkamisesta. (Puuinfo, 2014)

Uusiutuvista luonnonvaroista puu on tällä hetkellä ainoa, jota voidaan käyttää kantavana rakenteena myös suurissa rakennelmissa (Biotalous, 2014g). Puurakentamisella säästetään

energiaa ja vähennetään hiilidioksidipäästöjä sekä uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä. Esimerkiksi teoreettisesti laskettuna Euroopassa luonnonvarojen kulutus laskisi 70 %, energiakulutus 40 % ja hiilidioksidipäästöt 60 %, jos Euroopan kaikki asunnot rakennettaisiin betonin sijaan puusta. Säästöt johtuvat siitä, että esimerkiksi tiilen, betonin ja teräksen valmistuksen aiheuttamat ympäristöhaitat, ilmastopäästöt ja energian kulutus ovat suuret verrattuna puutuotteiden valmistukseen. (Puuinfo, 2014) Puun sitoo kasvuvaiheensa aikana moninkertaisesti enemmän hiiltä ilmakehästä kuin päästöjä tuotetaan puurakennusmateriaalien valmistuksen aikana (Metsäteollisuus, 2012). Puurakenteet toimivat pitkäaikaisina hiilivarastoina, jotka voidaan kierrättää tai hyödyntää energiana elinkaarensa lopussa. Muutettaessa puutuotteet energiaksi ilmakehään vapautuva hiilimäärä on sama kuin puuhun on kasvun aikana varastoitunut. (Puuinfo, 2014)

Puusta valmistetun rakenteen paino on reilusti pienempi verrattuna vastaavaan betoniseen rakennelmaan. Tällöin betonista valmistetun rakenteen ympäristövaikutukset voivat olla jopa kymmenkertaisesti suuremmat. Lisäksi muiden rakennusmateriaalien korvaaminen puulla vähentäisi uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä rakentamisessa, jolloin niitä vapautuisi muihin käyttötarkoituksiin. (Puuinfo, 2014) Puun käyttö rakentamisessa on myös perusteltua sen ominaisuuksien perusteella, sillä verrattuna esimerkiksi kivirakenteisiin puu eristää lämpöä ja kylmyyttä merkittävästi paremmin (Metsäteollisuus, 2012). Rakennuspuutuotteiden valmistuksessa syntyy raaka-aineita myös muulle puuteollisuudelle. Esimerkiksi puurakentamiseen käytettävän tukkipuun sahauksessa ylijäävät pinnat haketetaan ja hyödynnetään sellun valmistuksessa. Sahauksessa syntyvä sahanpuru voidaan käyttää puulevyjen ja paperin valmistuksen raaka-aineena. (Metsäteollisuus, 2010)

Suomessa rakentamiseen liittyvä säätely ja määräykset ovat samoja kaikille materiaaleille, joten myös puutalojen paloturvallisuus ja hyvä sisäilman laatu on taattu (Puuinfo, 2014). Esimerkiksi Stora Enson kehittämä ristiinliimatuista lautakerroksista muodostuva massiivipuu, CLT, on paloturvallinen, luja ja jäykkä, mutta suhteessa ominaisuuksiinsa kevyt rakennusmateriaali (Biotalous, 2014g; Puuinfo, 2011). Lisäksi Suomen puukerrostalojen paloturvallisuutta lisää uudet palomääräykset, joiden mukaan jokaiseen huoneistoon tulee asentaa automaattinen vesisammutusjärjestelmä (Biotalous, 2014g).

### 3.3.3.4 Energialähde

Puupelletit valmistetaan puristamalla puuteollisuuden ylijäämätuotteet, kuten sahanpuru, puunkuori ja metsähake sylinterimäiseksi polttoainepuristeeksi (Kuva 8) (Alakangas, 2000). Esimerkiksi suomalaisen Versowoodin tuottamat pelletit valmistetaan kuivatusta kuusi- ja mäntyhakkeesta sekä kutterilastusta. Puunjalostuksen sivutuotteena syntyvät raaka-aineet hienonnetaan pieneksi puusilpuksi vasaramyllyssä, jonka jälkeen ne puristetaan pelleteiksi. Puristus tapahtuu korkeassa lämpötilassa ja puun sisältämä ligniini sitoo puumassan pelleteiksi. Jäähdytyksen ja seulonnan jälkeen tuote on valmis eteenpäin kuljetettavaksi. (Biotalous, 2014f)

Puupellettejä voidaan käyttää niin suurkiinteistöjen kuin pientalojen lämmitykseen, mutta niiden poltto vaatii pelleteille erikseen suunnitellun laitteen. Puupellettejä käytetään myös lämpö- ja voimalaitosten energianlähteenä. (Alakangas, 2000) Pellettien polttamisesta muodostuu hiilidioksidia saman verran kuin puu on sitonut ilmasta kasvaessaan. Luonnossa puun sitoma hiilidioksidi vapautuu puun lahotessa, joten puupellettien polttaminen ei lisää ilmakehään vapautuvan hiilidioksidin määrää. (Biotalous, 2014f)



Kuva 8. Sahanpuruja ja valmiita puupellettejä.

Puupelletit ovat pienikokoisia puristeita, joten niiden kuljettaminen on helppoa ja tehokasta (Biotalous, 2014f). Suomessa tuotettujen pellettien kosteuspitoisuus on noin 8-10 %, joten puupellettien tehollinen lämpöarvo on 4,6–4,9 kWh/kg. Esimerkiksi puun kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo on 5,1–5,6 kWh/kg. (Alakangas, 2000) Ilmaston kannalta puu on hyvä energianlähde, mutta sen lämpöarvo on pieni verrattuna muihin kiinteisiin polttoaineisiin,

kuten kivihiileen (kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo 7,2–7,9 kWh/kg) (Alakangas, 2000; Biotalous, 2014f).

### 3.3.3.5 Puukipsi

Nykyisin kipsauksessa käytettävä lasikuituinen kipsi on ongelmallinen, sillä kipsausaine sisältää myrkyllisiä tai haitallisia ainesosia, kuten syanaatteja. Suorassa ihokontaktissa syanaatit voivat aiheuttaa ihon kutiamista, punoitusta ja kuivumista. Lisäksi kipsin materiaali häiritsee röntgenkuvausta, eikä välttämättä saada tarkkaa kuvaa ilman kipsin poistoa. (Nc & Salo, 2012) Onbone Oy:n kehittämä Woodcast on myrkytön puukipsi (Kuva 9), joka valmistetaan puhtaasta puuhakkeesta ja biohajoavasta muovista (Biotalous, 2014e). Woodcast on rakenteeltaan erittäin luja, eikä se häiritse röntgenkuvausta (Nc & Salo, 2012). Tämä säästää hoitokustannuksia, sillä puukipsiä ei tarvitse poistaa röntgenkuvauksen ajaksi ja rakentaa uudelleen kuvauksen jälkeen, mikä säästää aikaa ja materiaalia (Biotalous, 2014e). Esimerkiksi perinteinen kalkkikipsaus on sotkuista, kipsin kuivumisaika on pitkä ja valmis kipsi on raskas sekä hauras (Nc & Salo, 2012).

Lämmittämällä (yli +62 °C) puukipsistä saadaan taipuisaa ja itseensä tarttuvaa, jolloin se voidaan asetella haluttuun kohtaan paljain käsin (Biotalous, 2014e; Nc & Salo, 2012). Tavanomaisessa lasikuitu- ja muovikipsauksessa puolestaan tarvitaan hengityssuojaimia, suojakäsineitä ja kohdeimuria materiaalien myrkyllisyyden vuoksi (Biotalous, 2014e). Puukipsin puusta peräisin olevien ominaisuuksien ansiosta kipsi ei tunnu kuumalta ihoa vasten, eikä se tartu ollenkaan ihoon. Lämmityksen jälkeen kipsi pysyy muokattavana 5–10 minuuttia ja viilentyessä rakenne jähmettyy. Viilentymisprosessi ei vaikuta kipsin muovailuun ja jähmettymistä voidaan nopeuttaa jääpakkauksella. Puukipsin ominaisuudet eivät muutu uudestaan lämmittäessä, muotoiltaessa ja taivuttaessa, joten teoriassa samaa materiaalia voidaan työstää uudestaan ja uudestaan. (Nc & Salo, 2012) Materiaalina Woodcast on biohajoavaa, joten elinkaaren lopussa se voidaan hävittää bio- tai energijätteenä (Biotalous, 2014e).



Kuva 9. Woodcast® puukipsi (© Onbone Oy).

### 3.3.3.6 Biokomposiitti

Nanoselluloosa tai selluloosananomateriaalit ovat selluloosasta tuotettua materiaalia, jonka ulkoisista mitoista vähintään yksi on nanoskaalalla eli 1-100 nm. Yksittäinen nanoselluloosakuitu on yleensä useamman mikrometrin pituinen. Materiaalina nanoselluloosa on ympäristöystävällistä ja sillä on ainutlaatuiset ominaisuudet, kuten lujuus, filmin muodostuskyky, reaktiivisuus, helppo kemiallinen muokattavuus, suuri ominaispinta-ala ja biohajoavuus. Selluloosananomateriaalit jaetaan valmistusmenetelmän, koon ja ominaisuuksien perusteella kolmeen pääluokkaan: selluloosananofibrillit (CNF, cellulose nanofibrils), selluloosananokiteet (CNC, cellulose nanocrystals) ja bakteeriselluloosa (BC, bacterial cellulose). Pääluokkien nanoselluloosat voidaan jakaa useampaa eri alaluokkaan käytettyjen raaka-aineiden ja valmistusolosuhteiden perusteella. (Kangas, 2014)

Selluloosananofibrillejä valmistetaan pääasiassa puusta ja sellumassasta, mutta raaka-aineeksi käyvät myös esimerkiksi yksivuotiset kasvit ja niiden jalostuksen sivutuotteet. Valmistuksessa puukuituja rasietaan mekaanisesti, jotta kasvin soluseinän muodostavat yksittäiset mikrofibrillit erottuisivat toisistaan. Käsittelyssä syntyvä materiaali on



koostumukseltaan vaihtelevaan, sillä se koostuu eri fibrillaatioasteella olevista kuiduista, nanokuitukimpuista, mikroskaalan kuiduista ynnä muusta. Mekaanisesti valmistettujen selluloosananofibrillien leveys on yleensä noin 20–40 nm ja pituus useita mikrometrejä ( $\mu\text{m}$ ). (Kangas, 2014) Selluloosananofibrillikuidut ovat haaroittuneita sekä taipuisia ja niiden pinnalla on vapaita hydroksyyliiryhmiä. Hydroksyyliiryhmät aiheuttavat selluloosananofibrilleille voimakkaan aggregoitumistaipumuksen eli yksittäiset kuidut liittyvät yhteen ja muodostavat suuremman kasauman. (Kangas, 2014; Klemm, Kramer, Moritz, Lindström, Ankerfors, Gray, & Dorris, 2011; Siró, & Plackett, 2010) Selluloosaan voidaan tuoda ominaisuuksia tai lisätä toiminnollisuutta ja samalla vähentää mekaanisen käsittelyn energiakulutusta käyttämällä prosessissa lisäksi erilaisia kemiallisia tai entsyymaattisia käsittelyjä (Kangas, 2014). Esimerkiksi karboksimeetyloinnissa hapetetaan selluloosafibrillien pinnalla olevat vapaat hydroksyyliiryhmät (OH) karboksyyliiryhmiksi (COOH). Tällöin fibrillien välisiä vetysidoksia ei pääse muodostumaan ja kuitujen välinen aggregoituminen vähenee. Näin valmistetut selluloosananofibrillikuidut on helppo hajottaa mekaanisesti, jolloin nanokuitujen leveys on pienempää kuin mekaanisesti valmistettujen, yksittäiset nanokuidut eivät ole haaroittuneita ja saatu materiaali on homogeenisempaa. (Wågberg, Decher, Norgren, Lindström, Ankerfors, & Axnäs, 2008; Kangas, 2014) Selluloosananofibrillejä voidaan käyttää esimerkiksi barrier ominaisuuksien lisääjinä pakkausmateriaaleissa ja lujuuden lisääjinä komposiiteissa, papereissa sekä kartongeissa. Muun muassa elektroniikkateollisuudessa voidaan hyödyntää nanoselluloosamateriaalia sisältäviä komposiitteja litium-akuissa lisäämään johtavan materiaalin mekaanista lujuutta ja materiaalina akkulevyjen erottimessa. (Kangas, 2014)

Selluloosakuituja voidaan käyttää esimerkiksi biokomposiittimateriaalin valmistuksessa (Biotalous, 2014a). Komposiitti tarkoittaa materiaalia, joka on kahden tai useamman aineen, kuten metallin, puun, muovin tai keraamin, yhdistelmä. Komposiitin muodostavat materiaalit eivät kuitenkaan ole lienneet tai sulautuneet toisiinsa. Komposiitin ideana on maksimoida käytettyjen materiaalien hyvät ominaisuudet ja minimoida niiden huonot niin, että saatu tulos on parempi kuin näiden yksittäisten materiaalien yhteenlasketut ominaisuudet olisivat. Komposiittimateriaaleissa haasteena on niiden kierrätettävyys, sillä usein niissä olevia materiaaleja ei voida erottaa toisistaan puhtaasti. (Kangas, 2014)

Biokomposiiteissa vähintään toinen ainesosa on biopohjainen. (Nilsson, 2013) Esimerkiksi UPM:n kehittämä UPM ForMi on biokomposiitti, jonka granulaatit koostuvat sellukuidusta

ja muovista (Biotalous, 2014a). Pellettimäisien granulaattien muoviosana käytetään yleensä polypropeenä (PP) ja uusiutuvan raaka-aineen eli sellukuidun osuus on 20–50 % (Nilsson, 2013). UPM ForMi:n käytöllä voidaan korvata uusitumattoman öljypohjaisen muovin käyttöä, jolloin vähennetään tuotteen hiilijalanjälkeä 20–60 prosenttia (Biotalous, 2014a; Nilsson, 2013). UPM ForMi:lla on suurempi jäykkyys verrattuna perinteisiin muoveihin, mikä mahdollistaa ohuemmat ja kevyemmät rakenteet sekä parantaa materiaalitehokkuutta. Pienempi tiheys vähentää raaka-aineen kulutusta ja tuotteen kuljetuksessa kuluu vähemmän polttoainetta, mikä vähentää päästöjä toimitettua tuotetta kohden. (Nilsson, 2013)

Granulaatit soveltuvat ruiskuvaluprosessissa käytettäviksi, minkä ansiosta UPM ForMi:sta voidaan suunnitella minkä tahansa muotoisia tuotteita (Biotalous, 2014a). Materiaali on helposti maalattavissa ja liimattavissa, joten erilaisia käyttömahdollisuuksia on paljon (Nilsson, 2013). UPM ForMi:sta on tähän mennessä valmistettu esimerkiksi kovaäänisiä, huonekaluja, keittiö- ja ruokailutarvikkeita sekä autosia. (Biotalous, 2014a; Nilsson, 2013) UPM:n Biofore konseptiautossa (Kuva 10) suurin osa perinteisesti muovista valmistetuista osista on korvattu biomateriaaleilla, joista yksi niistä on UPM ForMi-biokomposiitti. Auton sivuhelmat, keulan maski, kojetaulu, ovipaneelit ja sisustan paneelit on valmistettu UPM ForMi:sta. (Biotalous, 2014a)



Kuva 10. UPM:n Biofore konseptiauto (© UPM).

UPM ForMi voidaan kierrättää (muovit luokka 5. ja 7.) ja lopuksi se voidaan polttaa, jolloin sen energiasisältö hyödynnetään sähkön- tai lämmöntuotannossa. Koska biokomposiitin sisältämät sellukuidut palavat hyvin, polttoprosessi muodostuu erittäin vähän tuhkaa

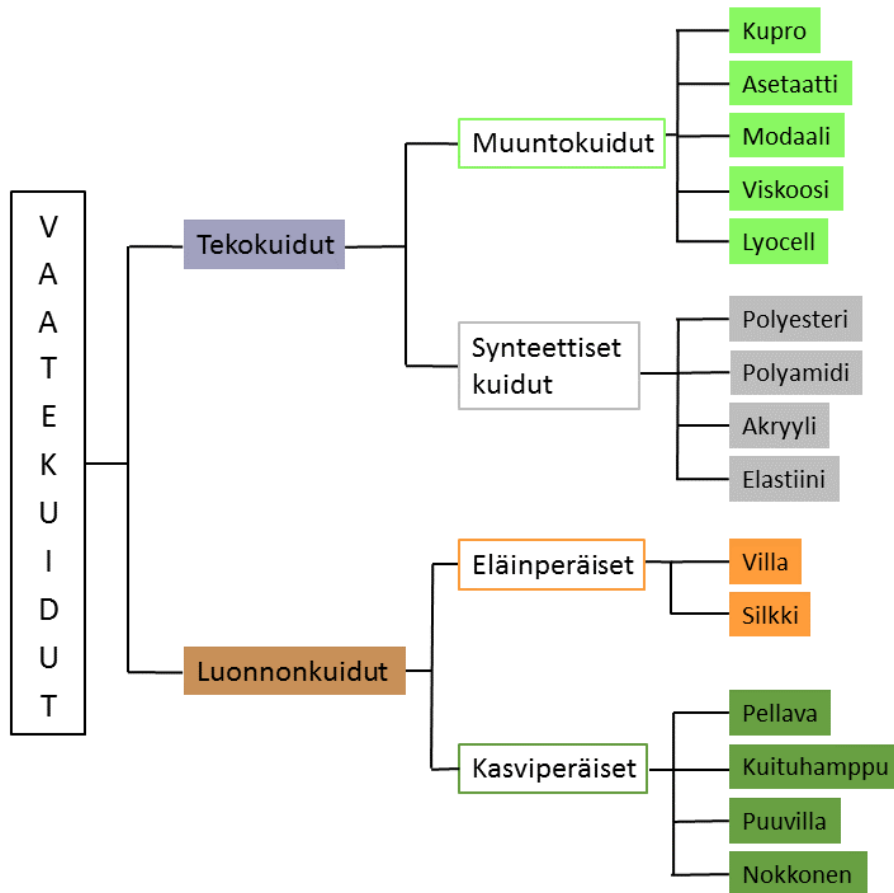
verrattuna esimerkiksi lasikuituvahvisteiseen muoviin, joka on keraamin ja muovin muodostama komposiitti. (Nilsson, 2013)

### 3.3.3.7 Tekstiilikuitu

Vuoteen 2030 mennessä ennustetaan tekstiilikuitujen kulutuksen melkein kaksinkertaistuvan (Uusipuu, 2014). Samanaikaisesti puuvillatuotannon lisäämistä rajoittaa veden ja sopivan viljelymaan puute sekä fossiilisten luonnonvarojen käyttöä halutaan vähentää, joten markkinat avautuvat puupohjaisille tekstiileille (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2014; Uusipuu, 2014). Puukuitua voidaan käyttää raaka-aineena tekstiilien, kuten viskoosin, raionin ja modaalin valmistuksessa (Kuva 11). Esimerkiksi viskoosikilon valmistukseen kuluu noin 450 litraa vettä, kun puolestaan puuvillakilon valmistamiseen tarvitaan yli 11 000 litraa vettä. Näiden puukuitutekstiilien esiaste liukosellu voidaan valmistaa mistä tahansa puulajista, Suomessa Stora Enso käyttää koivua ja muualla maailmassa on käytetty muun muassa eukalyptusta. Liukosellun raaka-aineena käytetään kuoritun puun haketta. Mekaanisesti hajotettua kuitua kutsutaan liukoselluksi. Mekaanisen vaiheen jälkeen liukosellu käsitellään kemiallisesti. Ensin liukosellusta liuotetaan puun sokerit eli hemiselluloosa, minkä jälkeen sitä keitetään kemikaaliliuoksessa. Keittämisen jälkeen liukosellu pestään, valkaistaan ja kuivataan, ja lopputuotteena saadaan kemialliselta rakenteelta puuvillaa vastaavaa puhdasta selluloosaa. Puhdas selluloosa liuotetaan siirappimaiseksi lipeän (NaOH) ja rikkihiilen (CS<sub>2</sub>) avulla. Liuotettu liukosellu laitetaan suuttimeen, josta se puristetaan kymmeniä tuhansia reikien läpi ohuiksi langoiksi, jotka jähmetetään laimean rikkihapon (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) avulla. Muodostetut langat neutraloidaan, pestään, valkaistaan ja kuivataan, jolloin saadaan pumpulimaista höytyvää, josta lopulta tehdään lankaa. (Biotalous, 2014b)

Ioncell-tekstiilikuitu on myös puuselluloosasta valmistettava kuitu, joka on hankaus- ja vetorasitusominaisuuksien perusteella puuvilla- ja viskoosikuituja vahvempi materiaali. Ioncell-tekstiilikuitu valmistetaan liuottamalla koivun selluloosaa ionisessa nesteessä ja puristamalla liuotettu selluloosa pientä reikien läpi. Selluloosasta muodostuneet kuitusäikeitä venytetään samalla kun ne hetken etenevät ilmassa. Vesialtaassa venytetyt kuitusäikeet pestään ionisesta liuottimesta ja samalla selluloosa kiteytyy ja muodostaa kuituja. Ennen

tekstiilikuiduksi päätymistä selluloosakuituja muokataan vielä katkomalla, erottelemalla, pesemällä, kuivaamalla, karstaamalla ja kehräämällä. (Uusipuu, 2014)



Kuva 11. Vaatetekstiileissä käytettäviä kuituja.

## 4 Kemian opetus ryhmissä

Tässä luvussa esitellään pedagogisia malleja, joiden ideoita hyödynnetään kehittämistuotoksessa. Ensimmäisiksi esitellään yhteistoiminnallinen sekä yhteisöllinen kemian oppiminen (luku 4.1) ja luvussa 4.2 tutkiva oppiminen. Luvussa 4.3 käsitellään yhtä tunnetuinta yhteistoiminnallisen oppimisen mallia, joka tunnetaan palapelimallina. Luvussa 4.4 tarkastellaan tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämistä kemian opetuksessa. Näistä malleista yhteisöllinen ja tutkiva kemian oppiminen sekä tieto- ja viestintätekniikan hyödyntäminen opetuksessa ovat keskeisimmässä asemassa tämän tutkimustyön kehittämistuotoksessa.

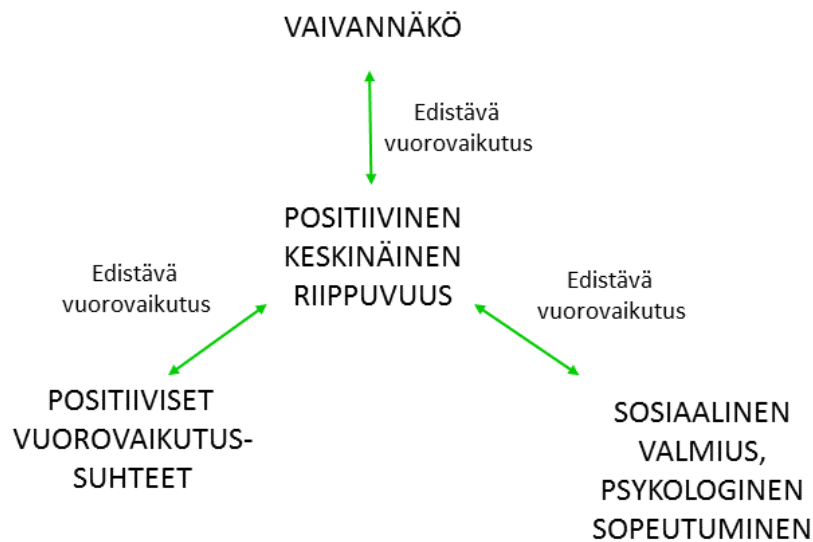
## 4.1 Yhteisöllinen kemian oppiminen

Vielä nykyäänkin opetus perustuu usein behavioristiseen oppimiskäsitykseen ja on pääasiassa opettajakeskeistä. Oppitunneilla opettaja pyrkii kertomaan kaiken oleellisen tiedon, ja oppilaan tehtäväksi jää ainoastaan tiedon passiivinen omaksuminen. Tuloksena oppilaiden koetulokset ja opettajan käsitys siitä, mitä oppilaiden tulisi opetuksen perusteella osata, ovat usein ristiriitaisia. Opettaja tulkitsee tämän johtuvan hänen selityksensä epäselvyydestä ja pyrkii selittämään opetettavat asiat vieläkin paremmin, jotta oppilaat oppisivat. Syvällinen ongelma on, että oppiminen on paljon monimutkaisempaa kuin pelkästään kuunteleminen, ulkoa oppiminen ja toistaminen. (Eilks, Prins, & Lazarowitz, 2013, s. 183–184) On todettu, että suurin osa lyhytaikaiseen muistiin tulevasta informaatiosta unohtuu 15 sekunnin kuluessa, jos sillä ei ole yhteyttä mihinkään itselle merkitykselliseen asiaan tai johonkin aiemmin opittuun (Peterson & Peterson, 1959).

Tällä hetkellä käsitys tehokkaasta kemian oppimisesta perustuu konstruktivismin mukaiseen oppimiskäsitykseen. Teorian mukaan kemian opetukseen pitäisi tuoda menetelmiä, jotka edistävät oppilaan aktiivisuutta ja tukevat oppilaan osallistumista tiedon rakentamiseen yhdessä muiden kanssa. Yhteistoiminnallinen oppiminen (cooperative learning) on ryhmätyöskentelyn kehittynyt muoto, jossa keskitytään vuorovaikutuksen, osallistumisen, keskustelun ja neuvottelun prosesseihin. (Eilks et al., 2013, s. 185–186) Yhteistoiminnallisessa oppimisessa oppilaat toimivat ryhmissä ja onnistuneeseen lopputulokseen tarvitaan kaikkien ryhmän jäsenten vuorovaikutusta. Ryhmässä yhden oppilaan menestys johtaa muidenkin menestykseen eli oppilaat ovat positiivisesti keskinäisesti riippuvaisia. Yhteistoiminnallisessa oppimisessa korostetaan ryhmän jokaisen jäsenen aktiivisuuden tärkeyttä, mutta jokaiselle oppilaalle jaetaan oma vastuualue ja heidät usein arvioidaan yksilöllisesti. (Hakkarainen et al., 2005, s. 287–288)

Yhteistoiminnallinen oppiminen vaatii oppilailta taitoja kommunikoida, rakentaa luottamusta, johtaa ja selvittää ristiriitoja (Johnson & Johnson, 1991, s. 146). Yhdessä työskentely kehittää oppilaiden sosiaalisia ja kognitiivisia taitoja. Ryhmässä oppilaat oppivat taitoja toisiltaan ja hahmottamaan ongelmia erilaisista näkökulmista. (Johnson & Johnson, 1991, s. 31–32) Myös heidän ihmissuhde- ja vuorovaikutustaidot kehittyvät, kun oppilaat jakavat oivalluksia ja ideoita keskenään ryhmissä (Bodner & Herron, 2002).

Yhteistoiminnallisessa oppimisessa oppilaat oppivat työskentelemään ryhmässä, jossa ryhmän jäsenet ovat keskinäisesti riippuvaisia (Kuva 12). Toimiminen keskinäisesti riippuvana ryhmän jäsenenä on tärkeä taito hallita, sillä maapallon tulevaisuus riippuu maiden välisen yhtenäisen riippuvuuden rakentumisesta (Johnson & Johnson, 1991, s. 46). Tutkimuksissa on huomattu, että yhteisöllisen oppimisen lisää oppilaiden sisäistä motivaatiota oppia ja oppilaat osallistuvat enemmän tunneperäisesti yhteisölliseen työskentelyyn kuin yksilöllisiin oppimismuotoihin (Johnson & Johnson, 1991, s. 39). Oppilaat esimerkiksi etsivät sinnikkäämmän ratkaisua ryhmässä kuin yksin työskennellessään (Bodner & Herron, 2002).



Kuva 12. Yhteistoiminnallisen toiminnan vaikutuksia mukaillen Johnsonia & Johnsonia (1991, s. 47).

Yhteisöllisessä oppimisessä (collaborative learning) oppilaat rakentavat tietoa yhdessä, eikä oppilaiden työnjakoa ole määritelty tiukasti. Tällöin on vaikea osoittaa yksittäisten ideoiden ja ajatusten alkuperää. (Hakkarainen et al., 2005, s. 287–288) Dillenbourgin (1999) mukaan yhteisöllinen oppiminen tarkoittaa laajasti määritellen tilannetta, jossa kaksi tai useampi ihminen oppivat tai yrittävät oppia jotakin yhdessä. Jonkin asian oppiminen voi tarkoittaa esimerkiksi työtapoja, kuten ongelmanratkaisua tai kurssimateriaalien opiskelua. Yhdessä oppiminen voi tapahtua muun muassa samanaikaisesti tai eriaikaisesti, kasvokkain tai tietokoneen välityksellä. (Dillenbourg, 1999) Yhteisöllisessä toiminnassa keskitytään siihen,

että jokainen panostaa yhteiseen asiaan ja sen valmiiksi saamiseen. Yhteisöllisessä oppimisessa tavoitteena on, että oppilaat pystyisivät ylittämään itsensä, kun he saavat apua, ideoita ja tukea toisiltaan. (Hakkarainen et al., 2005, s. 287–288)

Useimpien oppilaiden ongelmanratkaisutaitoja voidaan parantaa käyttämällä opetusmenetelmänä yhteisöllistä ryhmätyöskentelyä. Tutkijat eivät ole täysin selvittäneet, miksi yhteisöllisellä ryhmätyöskentelyllä on niin positiivinen vaikutus ongelmanratkaisutaitojen kehittymiseen ja miksi myöhemminkin oppilas pystyy hyödyntämään näitä taitoja yksin työskennellessään. Tutkijat uskovat sen johtuvan siitä, että yhteisöllisessä työskentelyssä oppilaista tulee tietoisempia omasta toiminnastaan. Esimerkiksi oppilaat joutuvat perustelemaan muille omaa mielipidettään työssä etenemisen suhteen ja arvioimaan, mikä on esitetyn toimintatavan lopputulos. Oppilaat myös keskustelevat yhdessä käytettävästä ongelmaratkaisutavasta sen sijaan, että arvaisivat tai kokeilisivat erilaisia vaihtoehtoja. Tällöin ryhmä yleensä tuottaa tehokkaampia ja harkitumpia toimintasuunnitelmia, mitä oppilas osaa hyödyntää myös työskennellessään myöhemmin itsenäisesti. (Cooper, Cox, Nammouz, Case, & Stevens, 2008)

Oppiminen yhteisöllisen työskentelyn aikana on arvioitu johtuvan jostakin seuraavasta:

1. Muille selittäminen
2. Yhteinen tuottaminen
3. Itselle selittäminen.

Muille selittämistä tapahtuu, kun ryhmän jäsen neuvoo toista jäsentä. Ryhmän jäsenet tuottavat yhdessä, kun he kommentoivat yksityiskohtaisesti tai arvioivat toistensa aikaansaannosta. Itselle selittäminen vaikuttaa oppimiseen, kun ryhmän jäsen kuuntelee toisen oppilaan omin sanoin muotoiltua selitystä. Itselle selittämisen on todettu parantavan oppilaan ongelmaratkaisutaitoja itsenäisessä työskentelyssä, mutta käsityksen mukaan kaikki kolme strategiaa parantavat oppimista oppilaiden työskennellessä ryhmissä. (Cooper et al., 2008)

Yhteisöllisessä ongelmanratkaisussa ryhmän tavoitteena on pyrkiä rakentamaan järjestelmällisesti yhteinen käsitys käsiteltävästä ongelmasta. Jokainen ryhmän jäsen on yhtä paljon vastuussa siitä, että ongelman saadaan ratkaistua. Yhteisöllinen työskentely vaatii onnistuakseen paljon yhtenäistä sitoutumista työhön, yhdessä tapahtuvaa päätöksen tekoa ja

ryhmän jäsenten välistä keskustelua. (Roschelle & Teasley, 1995) Yhteisöllistä ongelmaratkaisua tukevat:

- a) Yhteinen tavoite
- b) Tieto ongelmanasettelusta
- c) Tieto ongelman ratkaisemiseen johtavista menetelmistä
- d) Tavoitteella, ongelman taustalla ja tarvittavilla ongelmaratkaisukeinoilla on yhteys johonkin ennestään tuttuun asiaan (Roschelle & Teasley, 1995).

## 4.2 Tutkiva oppiminen

Projektioppimisessa tyypillisesti kiinnitetään huomioita yleensä vain toimintaan ja lopputulokseen, eikä keskitytä ollenkaan oppilaan ymmärryksen kehittymiseen. Lisäksi uusien oppimiskäsitysten pedagogiset kokeilut päätyvät helposti joukoksi rutiininomaisia toimintoja, jotka eivät tue oppimista ja opettamista. Tämä tapahtuu, jos:

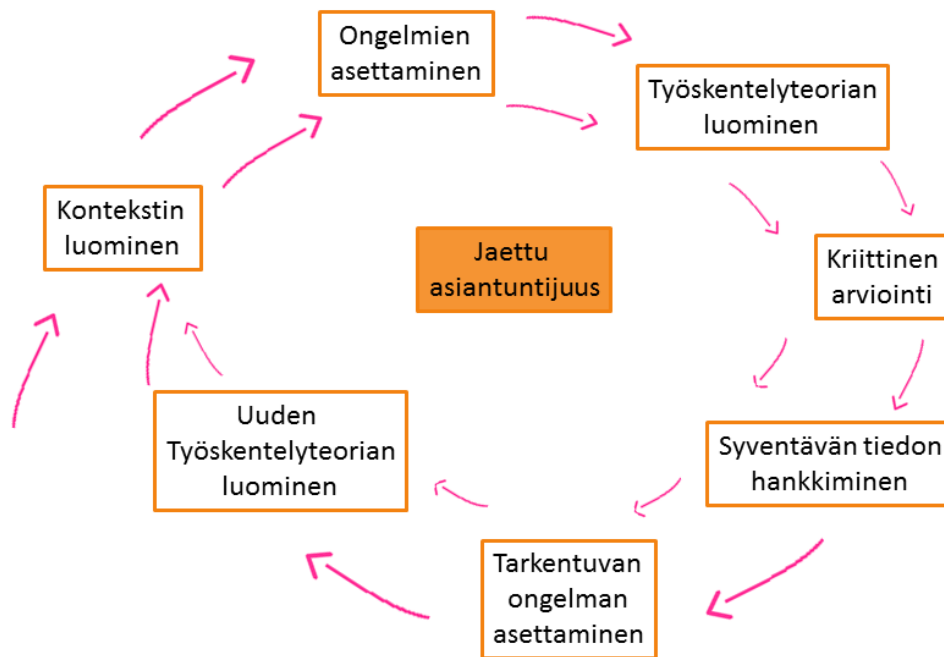
- a) monimutkaiset tavoitteet pelkistetään ja palautetaan läpikäytäviksi oppisisällöiksi
- b) oppimisen syrjäyttävät opettajakeskeiset konkreettiset toiminnot ja toimintaan liittyvien erilaisten tuotteiden valmistaminen
- c) toimintaan hallitsee oppilaiden kokemusten ja tuntemusten liiallinen käsittely. (Hakkarainen et al., 2005, s. 26)

Kouluissa usein uskotaan tekemällä oppimisen johtavan käsitteellisen ymmärryksen syventymiseen, mutta tosiasiaassa tekemällä oppiminen harvoin johtaa parempiin oppimistuloksiin tai oppilaiden ajattelun ja asiantuntijuuden kehittymiseen. Tutkiva oppiminen eroaa projektityöskentelystä toiminnan tavoitteiden, asetettujen tehtävien, käytettyjen menetelmien, aihepiirien valintojen ja oppilaiden välisen työnjaon perusteella. Esimerkiksi tutkivassa oppimisessa aihepiiri on runsassisältöinen ja käsitteellisesti haastava, kun projektioppimisessä aihepiiri on yksinkertainen ja pilkottu pieniin osiin. (Hakkarainen et al., 2005, s. 26–27)

Nykyajan tietoyhteiskunnassa on keskeistä tiedon kriittinen tarkastelu ja toisaalta tiedon etsimisen, jäsentämisen, välittämisen sekä luomisen taidot korostuvat. Tutkiva oppiminen tarjoaa työkaluja tiedon parissa työskentelyyn, mitä oppilas tarvitsee vaikuttaakseen ja



toimiakseen aktiivisesti sekä kriittisesti tulevaisuuden yhteiskunnassa. Tutkivan oppimisen yksi malli on Carl Bereiterin ja Marlene Scardamalian luoma tiedonrakentamisen teoria. Tämä lähestymistapa perustuu oppijan aktiivisuuteen ja yhteistyöhön. Oppijat vaikuttavat tutkimuksen tavoitteiden asetteluun, kyselemiseen, asioiden selittämiseen ja saavutetun tietämyksen itsearviointiin. Toinen tutkivan oppimisen malli on Jaakko Hintikan kyselymalli, jossa korostuu kysymysten luomisen ja seuraamisen merkitys tiedon luomisen kannalta. Tutkivan oppimisen malliin kuuluvat keskeiset osat on esitetty kuvassa 13. Yleisesti tutkiva oppiminen ohjaa oppilasta osallistumaan yhteiseen tutkimushankkeeseen sekä jakamaan tietoaan ja osaamistaan. Yhteisessä oppimisessa tutkimukset esitetään jossakin jaetussa tilassa, kuten liitutaululla tai yhteisessä tietokannassa. Tutkiva oppiminen vaikuttaa myös oppilaan henkilökohtaiseen kehitykseen ja sitä voidaan pitää itsensä ylittämisen strategiana. (Hakkarainen et al., 2005, s. 28–31)



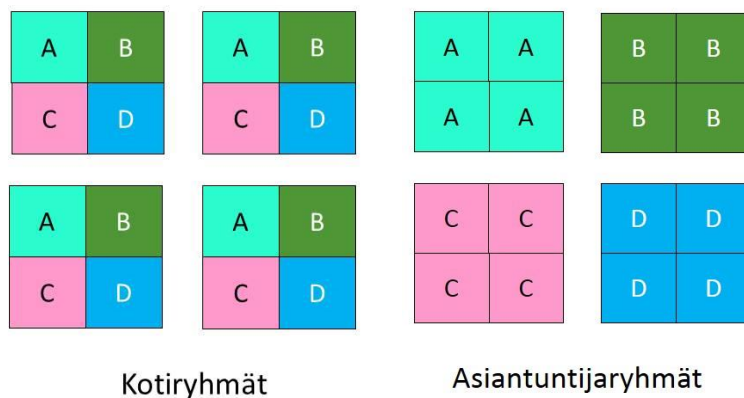
Kuva 13. Tutkiva oppimisen keskeiset osat (Hakkarainen et al., 2005, s. 30).

Kontekstin luominen eli merkityksellinen ja moniulotteinen aihepiiri on tutkivan oppimisen lähtökohtana. Aihepiirin valitsee opettaja, mutta oppilaat osallistuvat sen kehittelyyn. Oppilaat ohjaavat omaa oppimistaan muodostamalla aiheeseen liittyviä kysymyksiä ja luomalla kysymyksiä selittäviä työskentelyteorioita. Oppijat arvioivat yhdessä tähän mennessä tuotettuja ideoita ja alkavat etsiä uutta tietoa erilaisista lähteistä, kuten kirjoista, asiantuntijoilta ja kokeilemalla. Näiden perusteella muodostetaan uusia tutkimuskysymyksiä

ja työskentelyteorioita, jotka vastaavat uusiin tutkimuskysymyksiin. Jaettu asiantuntijuus tarkoittaa prosessin osien jakamista oppimisyhteisön jäsenten kesken, joten se on läsnä kaikissa työvaiheissa. (Hakkarainen et al., 2005, s. 29–30)

### 4.3 Palapelimalli

Aronsin, Stephanin, Sikesin, Blaney'n ja Snappin vuonna 1978 kehittämä palapelimalli on yksi tunnetuin yhteistoiminnallisen oppimisen malli. Palapelimallissa oppilaat jaetaan pieniin, 4-5 hengen kotiryhmiin (Kuva 14). Jokainen kotiryhmä käsittelee samaa aihepiiriä. Ryhmien sisällä jäsenille jaetaan oma vastuualue käsiteltävästä aiheesta. Vastuualueet ovat samantasoisia. Kun oppilaat ovat tutustuneet aiheeseensa, saman vastuualueen saaneet oppilaat laitetaan uusiin ryhmiin, eli niin kutsuttuihin asiantuntijaryhmiin. Asiantuntijaryhmät pohtivat yhdessä heille annettua tehtävää ja valmistautuvat opettamaan tehtävänratkaisun alkuperäisen kotiryhmänsä muille oppilaille. Lopuksi oppilaat palaavat kotiryhmiinsä, joissa he opettavat ja oppivat toisiltaan osia käsiteltävästä kokonaisuudesta. Harjoitteen päätteeksi jokaisen oppilaan tulisi hallita kokonaisuus, joka oli jaettu osavastuualueisiin kotiryhmien sisällä. (Eilks et al., 2013, s. 188–189)



Kuva 14. Palapelimallin koti - ja asiantuntijaryhmät.

#### 4.4 Tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntäminen opetuksessa

Oppilaille tulisi tarjota mahdollisuus hyödyntää uutta teknologiaa ja monipuolisia tietolähteitä, heille pitäisi tarjota mahdollisuuksia etsiä yhdessä vastauksia oppimistehtäviin ja selityksiä erilaisille ilmiöille sekä ongelmille. Nämä siksi, että tulevaisuuden tietoyhteiskunnan kannalta välttämättömiksi uskotut taidot kehittyvät juuri yhteistoiminnallisen tiedon käsittelyn ja ongelmien ratkaisemisen kautta. (Lakkala, Ilomäki, & Palonen, 2007) Toisaalta myös perusopetuksen opetussuunnitelma määrittelee opetuksen yhdeksi tehtäväksi opettaa oppilaille tietoja ja taitoja, joita he tarvitsevat tulevan elämän eri tilanteissa (Opetushallitus, 2014).

Euroopan parlamentti ja neuvosto hyväksyivät vuoden 2006 lopussa ohjelman, jonka tarkoituksena on edistää elinikäistä oppimista Euroopassa. Yhdeksi elinikäisen oppimisen avaintaidoksi nostettiin tieto- ja viestintätekniset taidot. Tieto- ja viestintätekniiikan (TVT) taitojen kehittymisen tueksi päätettiin tehostaa TVT:n integroimista osaksi yleissivistävän ja ammatillisen koulutuksen järjestelmiä Euroopassa. Elinikäistä oppimista edistetään tukemalla tieto- ja viestintätekniiikkaa perustuvien innovatiivisten sisältöjen, opetusmenetelmien ja toimintatapojen kehittämistä. (EU, 2006) Tieto- ja viestintätekniiikan opetuskäytön vahvistaminen on noussut keskeiseksi koulutuspoliittiseksi tavoitteeksi myös 2000-luvun Suomessa. Esimerkiksi vuonna 2010 opetus- ja kulttuuriministeriö julkaisi työryhmämuistion, jossa linjataan Suomen strategisia tavoitteita TVT:n käytöstä tulevassa opetuksessa. Opetusministeriön (2008) julkaisemassa vuosia 2008–2012 koskevassa koulutuksen kehittämissuunnitelmassa määritellään oppimisen perusedellytykseksi laadukkaat opetusmenetelmät ja oppimisympäristöt, jotka myös edistävät myönteisiä oppimistuloksia. (Opetushallitus, 2011) Oppimisympäristöillä tarkoitetaan sekä opetusoppimis-prosessia kehystävää oppimiseen erityisesti suunniteltua ja toteutettua kokonaisuutta että tietyn tyyppistä oppimisilmastoa (Uusikylä & Atjonen, 2002, s. 123–133). Opetusministeriön (2008) mukaan tietoyhteiskunnan kehittymisen myötä tulee uusia mahdollisuuksia verkostoitumiseen ja sosiaalisten kontaktien solmimiseen, tiedon jakamiseen, viranomaisasiointiin, yhteiskunnalliseen osallistumiseen sekä muihin elämänalueisiin. Tieto- ja viestintätekniiikan käyttö opetuksessa on osa tätä kehitystä. (Opetushallitus, 2011)

Tieto- ja viestintätekniiikan vaikutusta oppimistuloksiin on tutkittu jonkin verran, mutta juuri TVT:n vaikutusta on vaikea arvioida, koska oppimiseen vaikuttaa monet eri tekijät. Opetushallituksen tieto- ja viestintätekniiikan opetuskäyttöön liittyvässä tilannekatsauksessa todetaan, että TVT:llä voidaan sanoa olevan myönteisiä vaikutuksia oppimiseen. Samaan hengen vetoon todetaan, että tähän mennessä tehdyt tutkimukset tieto- ja viestintätekniiikan vaikutuksista oppimistuloksiin eivät ole vielä tarpeeksi kattavia, jotta niiden tuloksia voisi yleistää ja soveltaa suomalaisiin kouluihin. Opetushallitus mainitsee esimerkiksi Harrisonin (2002) tutkimuksen, jonka mukaan tieto- ja viestintätekniiikan käyttö 7–16 vuotiaana voi tuottaa suhteellista hyötyä muun muassa luonnontieteissä. (Opetushallitus, 2011) Lisäksi E-learning Nordic -raportissa (2006) todetaan, että tieto- ja viestintätekniiikan käytöllä on yleisesti positiivisia vaikutuksia opettamis- ja oppimistilanteissa. Raportin mukaan, mitä enemmän ja monipuolisemmin erilaisia pedagogisia menetelmiä käytetään, sitä paremmin TVT:n käyttö kehittää oppilaiden tietoja ja taitoja. Toisaalta TVT:n käytöstä hyötyvät eniten hyvin menestyvät oppilaat, mutta se myös auttaa heikompia oppilaita. (E-learning Nordic, 2006)

Balanskat, Blamire ja Kefala (2006) tuovat tutkimuksessaan esille, että Bectan mukaan TVT:n vaikutuksilla on neljä ulottuvuutta: panostus (input), tuotto (output), tulokset (outcomes) ja vaikutus (impact). Panostus tarkoittaa kouluun hankittuja välineitä, kuten kannettavia tietokoneita, ja niiden suhteellista määrää verrattuna oppilaiden määrään. Tuotto kertoo, mitä panostuksella on saavutettu, esimerkiksi parantunut tietokoneiden määrä suhteessa oppilaisiin tai laajakaistayhteyden omaavien koulujen prosenttiosuus. Panostamalla TVT:n käyttöön, kuten tieto- ja viestintätekniiikan osuuden lisäämiseen opetuskäytössä, saadaan tuloksia. Vaikutus on kaikkien näiden toimien summa ja sitä voidaan kuvata monella eri tavalla, kuten kansainvälisillä koetuloksilla tai oppilaiden parantuneilla tieto- ja viestintäteknisillä taidoilla. (Balanskat, Blamire, & Kefala, 2006)

## 5 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimus on syklinen prosessi, jonka tuloksena syntyy konkreettinen kehittämistuotos, kuten esimerkiksi oppimateriaali, ja lisäksi saadaan tietoa tuotoksen kehittämisprosessista sekä sen mahdollisuuksista (Aksela & Pernaa, 2013; Pernaa & Aksela, 2013). Käytännön työssä ilmi tulleet kehittämistarpeet toimivat usein pohjana kehittämistutkimukselle (Pernaa & Aksela, 2013). Kehittämistutkimus vakuuttavuus pohjautuu sen johdonmukaisuudelle ja sille, että tutkimuksessa huomioidaan kehittämisprosessin ja arvioinnin aikana esille nousseet seikat (Edelson, 2002).

Tämä kehittämistutkimus toteutetaan yhdessä kehittämissyklissä, joihin kuuluu Akselan ja Pernaan (2013) mukaan:

1. Teoreettinen ongelma-analyysi
2. Empiirinen ongelma-analyysi I
3. Kehittämisvaihe I
4. Raportointi

Teoreettinen ongelma-analyysi käsittää aiempaan tutkimuskirjallisuuteen perehtymisen ja lisätutkimusta vaativien aiheiden selvittämisen (Aksela & Pernaa, 2013). Tämä tutkimus on vastaus tarpeelle lisätä oppilaiden kiinnostusta kemian opiskelua kohtaan tutkimalla kontekstien käyttöä kiinnostuksen tukena (Johnson, 2002; Juuti et al., 2004; Lavonen et al., 2005; Opetushallitus, 2004; Osborne et al., 2003; Uitto et al., 2004). Empiirisessä ongelma-analyysissä eli tarveanalyysissä kartoitetaan lisää tutkimuskirjallisuudesta esiin tulleita tutkimustarpeita (Aksela & Pernaa, 2013). Tässä tutkimuksessa suoritetaan yläkoulun kemian oppikirjojen sisällönanalyysi. Kehittämisvaiheessa I hahmotellaan kehittämistutkimuksen tuotos. Raportointiosio käsittää opinnäytetyön valmiiksi kirjoittamisen. (Aksela & Pernaa, 2013) Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteet ja tutkimusta ohjanneet tutkimuskysymykset esitellään luvussa 5.1. Kehittämistutkimuksen toteutustapa selostetaan luvussa 5.2 ja luvussa 5.3 määritellään, mitä tarkoitetaan tarveanalyysillä.

## 5.1 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimuksen tavoitteena on kehittää käyttövalmis opetuskokonaisuus, joka käsittelee kemian sisältöjä kiertotalouden kontekstissa. Tutkimuksessa tarkastellaan yläkoulun kemiassa käytettyjen oppikirjojen sisältöjä. Kehittämistuotos kehitetään aikaisemman tutkimuskirjallisuuden ja tarveanalyysistä ilmenevän tarpeen perusteella. Tutkimuksen aineiston sisällönanalyyssissä etsitään vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mikä on nykytilanne kemian opetuksessa kiertotalouden opetuksessa, erityisesti puukemian näkökulmasta?
  - 1.1 Kuinka paljon puuaiheita esiintyy yläkoulun kemian oppikirjoissa?
  - 1.2 Missä yhteyksissä puu esiintyy yläkoulun kemian oppikirjoissa?
  - 1.3 Kuinka usein kierrätys mainitaan yläkoulun kemian oppikirjoissa?

Hypoteesina on, että kiertotalous on niin uusi talouden toimintamalli, ettei sitä löydy lainkaan oppikirjoista. Lisäksi oletuksena on, että puuteollisuudesta esitellään useimmiten vain paperi- ja selluteollisuus. Kehittämistutkimuksen kehittämisvaiheessa pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen:

2. Miten kiertotalous kontekstina voidaan toteuttaa kouluopetuksessa mielekkäästi?

## 5.2 Kehittämistutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutettiin useassa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kartoitettiin, mitä on aiemmin tutkittu oppilaiden kiinnostuksesta ja motivaatiosta kemiaa kohtaan sekä kontekstien käytöstä kemian opetuksessa. Tarveanalyysissä tutkittiin kemian yläkoulun oppikirjojen sisältöjä erityisesti kiertotalouden ja puuhun liittyvän kemian näkökulmasta. Kirjallisuudesta esiin tulleiden puutteiden ja tarpeiden perusteella tehdään kehittämistuotosta, joka on tässä tapauksessa yläkoulun kemiaan suunnattu opetuskokonaisuus kiertotaloudesta.

### 5.3 Tarveanalyysi

Tutkimusten mukaan opetus tukeutuu paljon oppitunnin aikana kirjalliseen materiaaliin, kuten työ- ja oppikirjoihin. Oppikirjojen arvioidaan olevan opetuksen tukena eniten käytössä oleva oppimateriaali. (Uusikylä & Atjonen, 2002, s. 143–145) Tämän takia sisällön analyysissä tutkittiin yläkoulun kemian oppikirjojen sisältöjä. Tarveanalyysi suoritettiin sisällönanalyysillä, joka tarkoittaa tekstin sisällön sanallista kuvaamista. Sisällönanalyysiä jatkettiin vielä sisällön erittelyllä eli aineiston kvantifioinnilla. (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 106–107)

Metsämuuronen (2004, s. 256) esittää teoksessaan sisällönanalyysiin kuuluvan seuraavat vaiheet: tutkijan perehtyminen aineistoon, aineiston sisäistäminen ja teoretisointi, aineiston karkea luokittelu, tutkimustehtävän täsmennys (käsitteiden täsmennys), ilmiöiden esiintymistiheyden toteaminen (poikkeusten toteaminen), ristiinvalidointi, johtopäätökset ja tulkinta. Tässä tutkimuksessa pyritään luomaan teoreettinen ymmärrys kiertotaloudesta ja puuhun liittyvästä kemiasta, eli sisällönanalyysi toteutetaan aineistolähtöisenä analyysinä (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 95–96). Karkeasti jaoteltuna aineistolähtöiseen analyysiprosessiin kuuluu kolme vaihetta: aineiston pelkistäminen ja ryhmittely sekä teoreettisten käsitteiden luominen. Pelkistämisvaiheessa aineistosta poistetaan tutkimuksen kannalta ylimääräiset sisällöt. Ryhmittelyssä etsitään samankaltaisuuksia ja yhdistetään ne ryhmiiksi ja luokiksi. Viimeinen vaihe on käsitteellistäminen, jolloin tutkimuksen kannalta merkityksellinen tieto erotellaan ja sen perusteella luodaan käsitteellinen näkemys tutkittavasta ilmiöstä. (Tuomi & Sarajärvi, 2009, s. 108–112)

Sisällönanalyysissä etsitään yläkoulun kemian oppikirjoista sanoja ”kiertotalous”, ”puu” ja ”kierrätys”. Elinkaarta ja elinkaariajattelua ei oteta mukaan tutkimukseen, sillä niitä on tutkittu jo aiemmin (Juntunen, 2011). Juntunen (2011) on työssään luokitellut sanat tasoihin: otsikkoteksti, kappaleteksti, kaavio (diagrammi, kuvaaja), kuva ja taulukko, joita käytetään soveltuvin osin myös tässä tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa sanat ryhmitellään esiintymisen perusteella seuraaviin luokkiin: otsikko- ja introteksti, leipäteksti, kuvateksti, kaavio (diagrammi, kuvaaja, taulukko), tehtäväteksti (esimerkkitehtävät, kotitehtävät), lisäteksti (ylimääräiset kappaletekstiin kuulumattomat lisätietotekstit) ja muu (tiivistelmä, kertaosion tehtäväteksti).

## 6 Tulokset

Tarveanalyysissä (luku 6.1) tutkittiin yläkoulun kemian oppikirjoja ja analyysistä saadut tulokset esitetään kolmessa seuraavassa luvussa. Luvussa 6.1.1 esitetään puun esiintymiseen liittyvät tulokset ja luvussa 6.1.2 kierrätyksen esiintymiseen liittyvät. Luvussa 6.1.3 tarkastellaan, missä kemian yhteyksissä puumainintoja esiintyy yläkoulun kemian oppikirjoissa. Luvussa 6.2 määritellään oppimateriaali ja luvussa 6.2.1 esitetään tarveanalyysin perusteella tuotettu yläkoulun kemiaan tarkoitettu oppimateriaali. Oppimateriaalin sisältöä esitellään tarkemmin luvuissa 6.2.1.1–6.2.1.6. Oppimateriaalin opettajan ja oppilaan ohjeet löytyvät liitteistä 3–6.

### 6.1 Tarveanalyysi

Tarveanalyysissä analysoitiin seitsemän yläkoulun kemian oppikirjaa. Kolme Avain-sarjan oppikirjaa käsiteltiin tuloksien tarkastelussa yhtenä kirjana, sillä muut analysoidut oppikirjat olivat tarkoitettu vuosiluokille 7–9, kun taas Avain-sarjassa ne oli jaettu kukin omaan kirjaansa. Analysoidut oppikirjasarjat A–E on koottu liitteeseen 1.

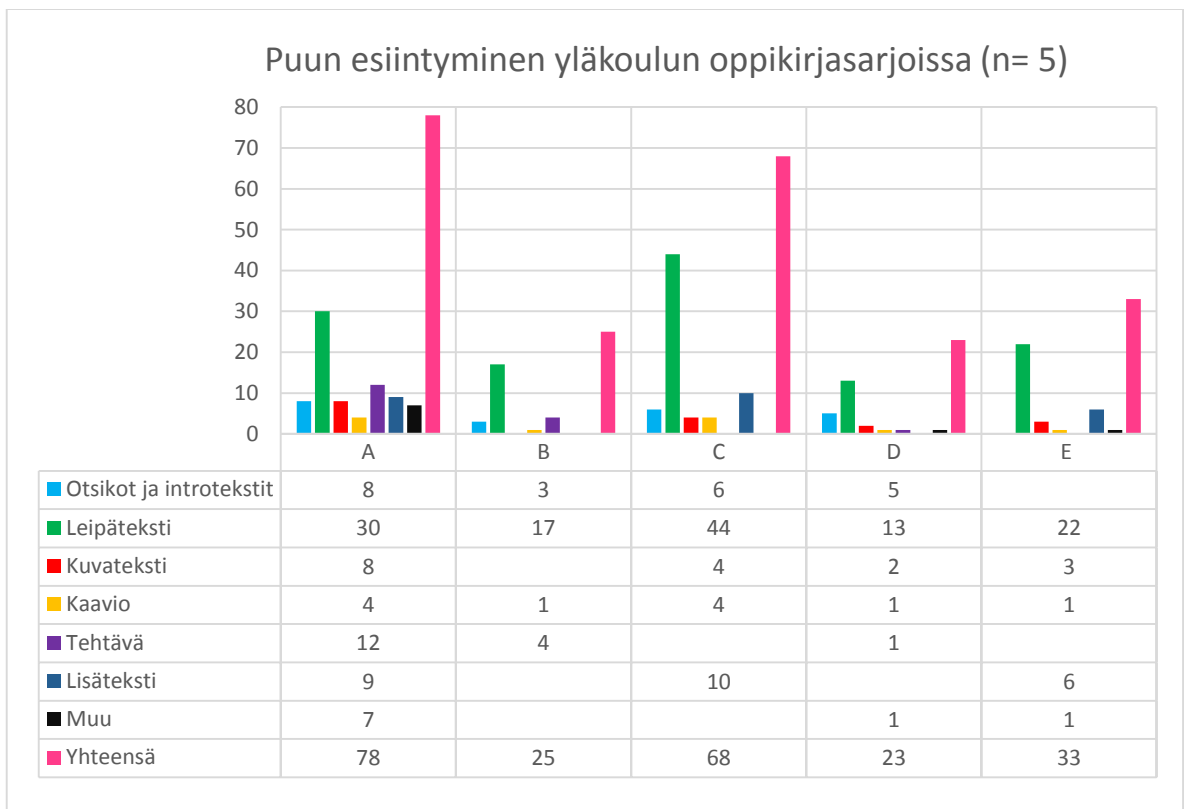
#### 6.1.1 Puun esiintyminen yläkoulun oppikirjoissa

Puun kemiaa esiintyi kaikissa tarveanalyysin oppikirjoissa (Taulukko 3), mutta kuten ennustettiin, kiertotalous ei esiintynyt yhdessäkään kirjassa. Oppikirjassa D kestävää kehitystä käsittelevän kappaleen alaotsikoksi oli nimetty ” Luonnonvarojen riittävyyden turvaaminen”. Tässä luvussa sivuttiin kiertotalouden periaatetta: ”Ekotehokkuus lisääntyy, kun otetaan käyttöön vähemmän luonnonvaroja kuin ennen mutta käytetään niitä tehokkaammin. -- Myös tuotteiden yhteiskäyttö, vuokraus ja lainaus lisäävät ekotehokkuutta. Jokainen voi vähentää luonnonvarojen käyttöä valitsemalla tuotteita, jotka ovat pitkäikäisiä, kestäviä, monikäyttöisiä ja korjauskelpoisia.” Yllättävää oli, että kiertotalouden mainintaa lähellä olevin oppikirja oli analysoitujen kirjojen vanhempien joukossa (D 2009, vanhin 2008), kun analyysin uusin kirjapainos oli vuodelta 2013.



Eniten puuhun liittyviä mainintoja löytyi oppikirjoista A (yhteensä 78 mainintaa) ja C (yhteensä 68 mainintaa) ja vähiten oppikirjasta D (yhteensä 23 mainintaa). Kaikilla oppikirjasarjoilla oli erikseen työ- tai tehtäväkirja, joita ei huomioitu sisällönanalyysissä. Tämän takia kirjasarjojen B ja E kokeellisen töiden yhteydessä mainittuja puusanoja (B: n=2 ja E: n=8) ei huomioitu tässä tutkimuksessa. Ainoastaan A kirjasarjassa oli mainintoja puusta kaikissa analyysin luokissa. Eniten mainintoja löytyi otsikoista, intro- sekä leipätekstistä ja vähiten kohdasta muu, johon kuuluvat tiivistelmät ja kertaustehtävät.

Taulukko 3. Oppikirjoissa esiintyneiden puusanojen lukumäärät luokittain.

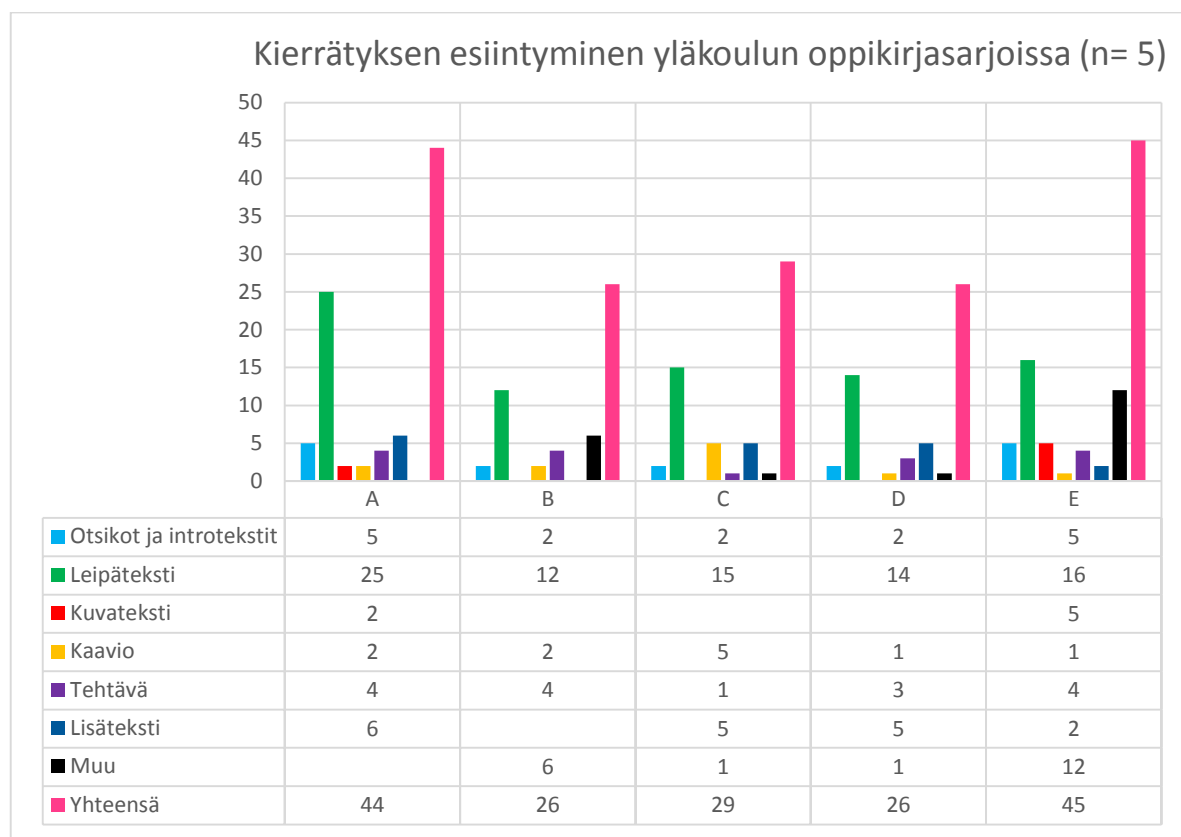


### 6.1.2 Kierrätyksen esiintyminen yläkoulun oppikirjoissa

Kierrätystä käsiteltiin kaikissa tarkastelluissa kirjasarjoissa (Taulukko 4). Kierrätyksen osalta eniten mainintoja löytyi oppikirjoista E (yhteensä 46 mainintaa) ja A (yhteensä 44 mainintaa) ja vähiten oppikirjoista B ja D (yhteensä 26 mainintaa kirjaa kohden). Eniten kierrätyksen viitattiin leipätekstissä ja kohdassa muu, eli tiivistelmissä ja kertaustehtävissä. Vähiten mainintoja oli kuvatekstissä. Jos suhtautetaan kirjassa esiintyneiden sanojen summa

kappaletekstin sivumäärään, niin huomataan, että A kirjassa kierrätysviittauksia on 16 % ja E kirjassa 15 %. B ja D kirjoissa oli kierrätykseen viittavia mainintoja melkein puolet vähemmän kuin kirjoissa A ja E, mutta vastaavat lukusuhdanteet ovat B 8 % ja D 12 %. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi D kirjassa on kappalemäärällisesti selkeästi vähemmän mainintoja kierrätyksestä, mutta suhtauttaessa maininnat kirjan kappaletekstin sivumäärään saadaan melkein sama prosenttiosuus kuin kirjoissa A ja E. Myös Puulle laskettiin sanojen esiintymistiheyden suhde kappaletekstin sivumäärään ja ne on esitetty yhdessä kierrätyksen osalta laskettujen lukujen kanssa liitteessä 2.

Taulukko 4. Oppikirjoissa esiintyneiden kierrätys sanojen lukumäärät luokittain.



### 6.1.3 Oppikirjoissa esiintyneen puun yhteys kemiaan

Taulukkoon 5 on eritelty kemian yhteyden mukaan sisällönanalyyseissä esiin tulleet puumaininnat. Joitakin kategorioita on yhdistelty, jottei taulukkoon tulisi paljon yksittäisiä merkintöjä. Esimerkiksi kohtaan ilmiö on sisälletty kapillaari-ilmiö, puun kasvaminen biologisesta näkökulmasta ja härmistymisestä johtuvat kuurankukat. Muut osioon kuuluvat

kaikki, jotka eivät sopineet mihinkään toiseen kohtaan taulukossa. Muut osion kemia liittyy muun muassa puun kuivatuslaukseen, rikkihapon reagointiin vetyä ja happea sisältävien yhdisteiden kanssa sekä muuntokuitujen valmistukseen.

Useinten puu esiintyi jonkin sen hyödyntämistavan, kuten puurakentamisen yhteydessä. Useimmiten hyödyntämistavoista mainittiin paperin valmistus ja siihen liittyvä sellun keitto, mikä oli etukäteen oletettuakin. Kirjoissa A, C ja D oli kokonainen luku, joka käsitteli paperin valmistamista puusta. Lisäksi kirjassa E oli sivun mittainen lisätietoteksti otsikolla ”Paperia valmistetaan paperikoneilla”. Seuraavaksi eniten puu mainittiin oppikirjoissa palamisreaktion ja puun koostumuksen kuvauksen yhteydessä. Yleisesti voi sanoa oppikirjojen puuaiheiden käsittelyn olleen vain pinnallista, sillä sisällöissä ei käsitelty esimerkiksi puun käytön ekologisuutta, puun kestäväää käyttöä tai puuvarantojen riittävyyttä.

Taulukko 5. Kemian yhteys, johon puu yhdistettiin oppikirjoissa.

Kemian yhteys	Oppikirjat					Yhteensä
	A	B	C	D	E	
Palamisreaktio	9	6	11	1	13	40
Aineiden koostuminen atomeista ja seokset	2	1		1		4
Reaktionopeus	1	2	4		3	10
Aineiden fysikaaliset ominaisuudet	6	1	3	1	3	14
Puun koostumus	11	4	9	9	6	39
Reaktioyhtälö ja eksotermisen reaktio		2				2
Korroosio		1	2			3
Hiilen eri esiintymismuodot		1	1			2
Aineiden kiertokulku	1	1				2
Puun hyödyntäminen	37	1	27	8	4	77
Puu uusiutuvana luonnonvarana	2					2
Kierrätys	1			1		2
Puu energialähteenä	3	2		1		6
Hapan laskeuma			4		1	5
Ilmiö		1	3	1		5
Muut	5	2	4		3	14
Yhteensä	78	25	68	23	33	227

## 6.2 Kehittämistuotos

Atjosen ja Uusikylän (2002) mukaan oppimateriaali on oppiainesta sisältävä tietolähde, kuten opettajan opas, moniste tai www-sivu. Yhden määritelmän mukaan, ”oppimateriaalilla tarkoitetaan johonkin aineeseen, materiaan kytkettyä oppiainesta, jonka tulee välittyä oppilaille ja aikaansaada heissä sellaisia elämyksiä ja oppimiskokemuksia, joiden seurauksena syntyy tavoitteiden mukaisia, pysyväisluonteisia tietojen ja taitojen muutoksia ja affektiivisiä vaikutuksia.” Oppimateriaalit voidaan ryhmitellä kuuteen eri ryhmään: kirjallinen (oppikirja), visuaalinen (valokuva), auditiivinen (levy), audiovisuaalinen (videonauha), digitaalinen (tietokoneavusteinen opetusohjelma) ja muu (oppimispeli) oppimateriaali. (Uusikylä & Atjonen, 2002, s. 140–141) Tässä kehittämistutkimuksessa luotiin opetuksen tueksi oppimateriaali, joka sisältää yhden opetuskokonaisuuden tuntisuunnitelmat sekä opettajan ja oppilaan ohjeen.

Tarveanalyysin mukaan yläkoulun kemian oppikirjoissa puuaiheita käsitellään yksipuoleisesti ja kiertotaloutta ei ollenkaan, joten kehittämistuotoksessa yhdistetään näitä kahta. Kiertotaloutta olisi voinut käsitellä myös toisesta näkökulmasta, kuten yksittäisen tuotteen kiertämisestä kiertotaloudessa. Käsittelemällä kiertotaloutta puun näkökulmasta voidaan kuitenkin laajentaa tarveanalyysissä esiin tullutta oppikirjojen yksipuolista käsittelyä puusta. Sisällöstä pyrittiin tekemään mahdollisimman monipuolinen, sillä kiertotalous on käsitteenä uusi ja oppilaille luultavasti ennestään tuntematon. Oppimateriaali on tarkoitettu yläkoulun 8.–9. luokkalaisille. Opetuskokonaisuudessa hyödynnetään yhteisöllistä ja tutkivaa oppimista sekä kehitetään oppilaan TVT-taitoja.

### 6.2.1 Oppimateriaalin sisältö

Tämä opetuskokonaisuus käsittää viisi 75 minuutin kestoista oppituntia, jotka on koottu taulukkoon 6. Näiden oppituntien aikana oppilaat hankkivat itse tietoa liittyen kiertotalouteen. Tietoa haetaan internetistä, kirjoista, lehdistä ja muista mahdollisista materiaaleista. Työskentely tapahtuu ryhmissä yhteisöllisen oppimisen mukaisesti. Oppilaat työskentelevät yhdessä ja laittavat valmiin tutkimustyönsä internetin oppimisalustalle. Tähän yhteisölliseen tutkimustyöhön soveltuvia ilmaisia verkko-oppimisympäristöjä ovat

esimerkiksi Wordpress, Peda.net ja Blokker. Jos luokan kesken ei haluta tehdä omaa blogisivua, niin valmiiden töiden julkaisuun voidaan käyttää muilta suljettuja tiedonjakosivuja, kuten esimerkiksi Moodle tai Google Drive. Lisäksi esimerkiksi Dropbox:in kautta tietoa voi jakaa suoraan tietokoneella olevan kansion kautta. Opintokokonaisuuteen kuuluu myös valmiiden töiden esittäminen muille, toisten töiden arvioiminen, töiden parantaminen annetun palautteen perusteella, opittujen asioiden kertaaminen ja itsearvioiminen.

Taulukko 6. Suunnitellun opintokokonaisuuden sisällöt ja tavoitteet.

<b>Oppitunti</b>	<b>Kemian sisältö</b>	<b>Tavoitteet</b>	<b>Tunnin aikana</b>
1. Orientoituminen kiertotalouteen ja tutkimukseen	Kiertotalous ja jokin seuraavista: valkuaisaineet, hiilihydraatit, polymeerit, rasvat tai uusiutuvat sekä uusiutumattomat luonnonvarat.	Oppilas ymmärtää kiertotalouden pääperiaatteet, oppilaat opiskelevat ja sisäistävät yhdessä uuden asian (valkuaisaineet, hiilihydraatit, polymeerit, rasvat tai uusiutuvat sekä uusiutumattomat luonnonvarat).	Oppilaat opiskelevat ryhmissä uuden asian. Oppilaat aloittavat yhteistoiminnallisen ryhmätyöskentelyn ja hahmottelevat tutkimusongelmat.
2. Tutkimuskysymykset ja niihin vastaaminen	Kullakin ryhmällä on oma tutkimusaiheensa ja siihen liittyvä kemian sisältö.	Oppilaat osallistuvat aktiivisesti yhteisen tutkimuksen tekemiseen ja jakavat tietoa sekä osaamistaan keskenään. Oppilaat oppivat tutkivan oppimisen piirteitä. Lisäksi oppilaiden tiedon etsimisen, arvioinnin ja luomisen taidot kehittyvät.	Oppilaat työskentelevät työn parissa käyttäen kirjoja, lehtiä ja internetiä apunaan.
3. Tutkimuskysymykset ja niihin vastaaminen	Kullakin ryhmällä on oma tutkimusaiheensa ja siihen liittyvä kemian sisältö.	Oppilaat osallistuvat aktiivisesti yhteisen tutkimuksen tekemiseen ja jakavat tietoa sekä osaamistaan keskenään. Oppilaat oppivat tutkivan oppimisen piirteitä. Lisäksi oppilaiden tiedon etsimisen, arvioinnin ja luomisen taidot ke-	Oppilaat työskentelevät työn parissa käyttäen kirjoja, lehtiä ja internetiä apunaan.

		hittyvät. Oppilaat saavat työnsä valmiiksi ja laittavat sen verkko-oppimisalustalle.	
4. Tutkimusten esittäminen	Kiertotalous ja siihen liittyvät erilaiset puun hyödyntämistavat.	Oppilaiden esiintymistaidot ja tapa esittää tieteellistä tietoa kehittyvät. He oppivat arvioimaan toistensa työtä ja ottamaan vastaan palautetta.	Ryhmät esittävät tutkimuksensa ja muut oppilaat antavat palautetta tutkimuksesta.
5. Alkuperäiset ryhmät ja kertaus	Valkuaisaineet, hiilihydraatit, polymeerit, rasvat ja uusiutuvat sekä uusiutumattomat luonnonvarat	Oppilaat esittelevät oppimansa asian ryhmäläisilleen ja samalla he yhdistävät tutkimuksessa oppimaansa tietoa aiemmin opittuun.	Ryhmät kertaavat oppimansa alkuperäisissä ryhmissä. Kertauksessa hyödynnetään asiantuntijaverkoston ja leikkimielistä kertausbingoa. Lopuksi oppilaat täyttävät itsearviointilomakkeen.

#### 6.2.1.1 Yhteisöllinen ryhmätyöskentely

Opetuskokonaisuuden aikana oppilaat työskentelevät yhteisöllisesti kahdessa eri ryhmässä. Ryhmiä muodostetaan viisi viiden tai kuusi kuuden hengen ryhmää. Ensimmäisessä ryhmässä oppilaat opiskelevat yhdessä uuden asian, joka on kussakin ryhmässä eri aiheeseen liittyvä. Ryhmien aiheena on jokin seuraavista: valkuaisaineet, hiilihydraatit, polymeerit, rasvat tai uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat. Jos ryhmiä on kuusi, niin uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat jaetaan kahdeksi omaksi aiheekseen. Kun ryhmät ovat opiskelleet uuden asian, jaetaan uudet ryhmät niin, että yksi oppilas kustakin alkuperäistä ryhmästä tulee uuteen ryhmään. Uuden ryhmän tarkoituksena on etsiä tietoa jostakin kiertotalouteen liittyvästä innovaatiosta ja tehdä siitä tutkimustyö. Ryhmien tulee huomioida tutkimuksessaan kunkin ryhmäläisen alkuperäisen ryhmän aiheen näkökanta tutkimuksessa. Valmiit työt kootaan yhteiselle verkko-oppimisalustalle. Tavoitteena on, että oppilaat osallistuvat aktiivisesti yhteisen tutkimuksen tekemiseen ja jakavat tietoa sekä osaamistaan keskenään. Oppilaat oppivat tutkivan oppimisen piirteitä. Lisäksi oppilaiden tiedon etsimisen, arvioinnin ja luomisen taidot kehittyvät.

### 6.2.1.2 Ryhmän tuotoksen esittäminen

Ryhmät tekevät tutkimuksestaan pienen esitelmän muille, jonka he myös esittelevät luokan edessä. Esityksessä kiinnitetään huomiota tapaan esittää tieteellistä tietoa. Tavoitteena on, että oppilaiden esiintymistaidot ja tapa esittää tieteellistä tietoa kehittyvät. Esityksen aikana oppilaat prosessoivat tietoa, sillä he yhdistävät tutkimuksessa oppimaansa tietoa aiemmin opittuun ja kertovat sen omin sanoin muille oppilaille.

### 6.2.1.3 Arviointi

Osana tutkimustyötä oppilaat antavat palautetta toistensa töistä. Palautetta voidaan antaa kahdella eri tavalla, joka päätetään etukäteen. Vaihtoehtoisesti oppilaat joko käyvät kommentoimassa tutkimustöitä suoraan internetiin tai kullekin ryhmälle valitaan opponenttiryhmä, jonka vastuulla on antaa palautetta suullisen esityksen jälkeen. Ensimmäisessä vaihtoehdossa jokaisen oppilaan pitää lukea muiden ryhmien tuotokset verkko-oppimisalustalta ja jättää tuotoksen yhteyteen vähintään yksi kommentti. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa kunkin ryhmän jäsenet käyvät tutustumassa vain opponentoitavan ryhmänsä tutkimukseen ja laativat siitä kysymyksiä sekä palautetta. Etukäteen laaditut kysymykset ja palautteet esitetään kyseisen ryhmän suullisen esityksen jälkeen. Ensimmäinen vaihtoehto takaa sen, että jokainen oppilas käy etukäteen tutustumassa muiden ryhmien töihin ja antaa siitä palautteen. Opettajan on helppo seurata, kuka käy antamassa palautetta ja minkälaista se on sisällöltään. Lisäksi ryhmän on helppo käydä lukemassa palauteet ja muokata työtään sen perusteella. Toisessa vaihtoehdossa oppilas keskittyy vain yhden ryhmän tuotokseen, jolloin hän voi syventyä paremmin kyseisen ryhmän työhön. Tällöin palautteen laatiminen on luultavasti helpompaa ja kehitysideat rakentavampia. Esityksen jälkeen esitetyt kysymykset ja kommentit avaavat keskustelun, johon muiden oppilaiden on helpompi osallistua. Keskustelun ja kommentoinnin harjoittelu luokkatilanteessa voi rohkaista oppilaita avoimempaa keskusteluun myös tulevilla oppitunneilla, mikä on tämän vaihtoehdon suurimpia etuja.

#### 6.2.1.4 Tutkimusten muokkaaminen annetun palautteen perusteella

Oppilaat tekevät kotona korjauksia muiden oppilaiden antaman palautteen perusteella. Voidaan sopia, että esimerkiksi jokainen ryhmän jäsen tekee ainakin yhden korjauksen tutkimukseen. Tämä auttaa oppilaita ottamaan vastaan palautetta, kehittämään omaa toimintatapaansa ja näkemystään sekä syventämään oppimisprosessiaan.

#### 6.2.1.5 Kertaus

Oppilaat palaavat alkuperäisiin ryhmiinsä ja esittelevät toisilleen, miten alkuperäisen ryhmän aihe (esimerkiksi hiilihydraatit) näkyi tehdyssä tutkimuksessa ja mitä uutta he oppivat aiheesta. Opettaja voi testata oppilaiden osaamista leikkimielisen kertausingon avulla. Tulevilla oppitunneilla jatketaan ryhmien aiheiden (rasvat ynnä muut) käsittelyä, joten kertausingo toimii opettajalle samalla oppituntien suunnittelun apuvälineenä. Kertauksessa voidaan myös hyödyntää asiantuntijaverkoston (<http://www.opetin.fi/asiantuntijaverkosto/>), jonka kautta kutsutaan alan asiantuntija kertomaan työhönsä kuuluvista asioista verkon välityksellä. Asiantuntijaksi valitaan jonkin kiertotalouteen liittyvän osa-alueen edustaja, jonka valinta voidaan tehdä yhdessä luokan kesken. Jos asiantuntijaverkoston ei hyödynnetä oppitunnilla, niin opettaja aloittaa ryhmien aiheiden (valkuaisaineet ynnä muut) läpikäynnin.

Asiantuntijaverkoston voisi hyödyntää jo opintokokonaisuuden ensimmäisellä oppitunnilla, jolloin vasta tutustutaan kiertotalouteen. Opintokokonaisuuden lopussa oppilaat saavat kuitenkin enemmän irti asiantuntijan osaamisesta ja pystyvät esittämään syvällisempiin asioihin meneviä kysymyksiä, koska he ovat jo tutustuneet aiheeseen. Oppilaiden kiinnostusta asiantuntijan edustamaan alaan kohtaan voidaan lisätä antamalla oppilaiden vaikuttaa asiantuntijan valintaan. Kertauksessa on tärkeätä, että oppilaat pääsevät itse omin sanoin kertomaan, mitä he ovat oppineet. Samalla he kuulevat toisesta näkökulmasta opittuja asioita. Kertausingon kysymykset liittyvät opintokokonaisuuden aikana käytyihin asioihin, joten oppilas näkee, kuinka hyvin hän on kuunnellut ja perehtynyt muiden tutkimuksiin. Toisaalta oppilaat voivat pohtia, kuinka hyvin he ovat sisäistäneet ryhmässä opitut tiedot.



Kertauksen tavoitteena on päättää opintokokonaisuus niin, että oppilaille ei jää epäselvyyksiä kiertotalouteen liittyen.

#### 6.2.1.6 Itsearviointi

Kun yhteisöllinen tutkimustyö on saatu päätökseen, oppilaat täyttävät itsearviointilomakkeen (Liite 7). Itsearvioinnissa oppilaat pohtivat omaa sekä ryhmänsä toimintaa ja lisäksi miettivät, mitä ovat tutkimuksen aikana oppineet ja ovatko he tyytyväisiä työnsä tulokseen. Tarkoituksena on tukea ymmärtämisen syvenemisen arvioimista ja kehittää oppilaan metakognitiivisia taitoja.

## 7 Johtopäätökset

Kehittämistutkimuksen tulokset antoivat uutta tietoa oppikirjojen kiertotalouteen ja puuhun liittyvistä sisällöistä. Tutkimuksessa selvitettiin, mikä on nykytilanne kemian opetuksessa kiertotalouden opetuksessa. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti puukemian näkökulmaan ja selvitettiin, kuinka paljon ja missä yhteydessä puuaiheita esiintyy yläkoulun kemian oppikirjoissa. Lisäksi selvitettiin, kuinka usein kierrätys mainitaan yläkoulun kemian oppikirjoissa. Tarveanalyysin perusteella todettiin, ettei kiertotalous esiinny tutkituissa oppikirjoissa, mikä oli odotettuakin. Tämä johtunee siitä, että kiertotalous on käsitteenä uusi ja oppikirjat noudattavat edellisen perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaisia sisältöjä sekä tavoitteita. Tutkimuksen kehittämisvaiheessa pyrittiin vastaamaan mahdollisimman kattavasti toiseen päätutkimuskysymykseen, jossa haettiin vastausta siihen, miten kiertotalous kontekstina voidaan toteuttaa kouluopetuksessa mielekkäästi.

Tarveanalyysissä selvitettiin kiertotalouden, puun ja kierrätyksen esiintymistä yläkoulun kemian oppikirjoissa. Tarveanalyysin perusteella puun kemia liitetään yleensä palamiseen ja puun hyödyntämistavoista esitetään sellu- ja paperiteollisuus. Joissakin oppikirjoissa kierrätysmainintojen lukumäärä suhteessa kirjojen kappaletekstiin oli suurempi kuin puumainintojen. Yhteenlaskettujen mainintojen perusteella puuta käsiteltiin kaiken

kaikkiaan hieman enemmän kuin kierrätystä. Tarveanalyysi osoitti, että tällä hetkellä opetuksessa käytettävissä oppikirjoissa esitetään puun kemiaa kapeasta näkökulmasta ja kiertotalous puuttuu kirjojen sisällöistä. Lisäksi vuonna 2014 julkaistu perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet tuo osaltaan päivitystarpeen nykyisiin oppimateriaaleihin. Tässä tutkimuksessa tehty tarveanalyysi ja tuotettu materiaali voisi tuoda ideoita ja vinkkejä oppimateriaalien kirjoittajille. Esimerkiksi oppimateriaalien kirjoittajien ja yritysten välinen yhteistyö takaisi ajantasaisen tiedon ja suomalaisen kemian osaamisen välittämisen oppilaille.

Tässä tutkimuksessa ei toteutettu kehittämistutkimuksen toista sykliä, jossa kehittämistuotos olisi testattu esimerkiksi luokkatilanteessa tai opettajat olisivat tutustuneet materiaaliin, joka olisi luotu internetsivustolle. Aika ei riittänyt luokkatilanteessa toteutettavaksi, eivätkä kirjoittajan tekniset taidot olleet riittävät materiaalin internetiin viemiseksi, joten kehittämistutkimus toteutettiin vain yhdessä syklissä. Tutkimuksessa jäi täten vastaamatta kysymyksiin, onko kiertotalouden opetus puun näkökulmasta mielekäs ja sopiiko yhteisöllinen tutkiva oppiminen kiertotalousteeman oppimiseen. Tämä aihe vaatisi lisätutkimusta, jotta voitaisiin selvittää tässä tutkimuksessa tuotetun oppimateriaalin käyttöarvo ja parantaa sitä entisestään. Lisäksi tutkimuksen aikana ilmeni uusia kysymyksiä, kuten esimerkiksi mitä opettajat tietävät kiertotaloudesta entuudestaan, ja mitä puun kemiaan liittyvää materiaalia opettajat haluaisivat enemmän. Aiheisiin liittyvä yksi tai useampi kokeellinen työ olisi myös hyvä lisä kokonaisuuteen. Tämäkin vaatisi lisätutkimusta.

Kehittämistutkimuksen ja sen aiheen valintaan vaikuttivat monet seikat. Tärkein syy oli suomalaisten oppilaiden vähäinen kiinnostus ja arvostus kemian osaamista kohtaan (Kärnä et al., 2012; Lavonen et al., 2005). Henkilökohtaisen kiinnostuksen on todettu vaikuttavan positiivisesti oppimiseen, tarkkaavaisuuteen ja motivaatioon (Juuti et al., 2004). Tutkimuksen avulla haluttiin löytää keinoja tukea oppilaan kiinnostusta. Juutin et al. (2004) tekemän tutkimuksen mukaan opetuksessa käytetyt kontekstit ja sisällöt, jotka kiinnostavat oppilaita, lisäävät oppilaiden kiinnostusta valita luonnontieteitä. Täten kehittämistutkimus päätettiin toteuttaa kontekstiopetusta hyödyntäen. Kontekstipohjaista opetusta on käytetty paljon maailmalla, joten siihen liittyvää tutkimustietoa on paljon saatavilla (esimerkiksi Bennett, Gräsel, et al., 2005). Kiertotalous valittiin tutkimuskontekstiksi, koska se on kaikkia oppilaita koskettava, hyvin ajankohtainen aihe. Lisäksi kiertotalouden esiin tuominen

yhdistettynä puuhun lisää oppilaiden tietoa nykypäivän teknologian mahdollisuuksista, suomalaisesta osaamisesta ja uusiutuvista luonnonvaroista Suomessa.

Perusopetuksen opetussuunnitelman mukaan kemian opetuksen tulee auttaa oppilasta ymmärtämään kemiaa ja sen sovellusten merkitystä muun muassa jokapäiväisessä elämässä sekä yhteiskunnassa. Tutkimusten tekeminen kuuluu oleellisesti kemian opetukseen kehittäen oppilaiden kriittistä ajattelua ja yhteistyötaitoja sekä innostaen kemian opiskeluun. Kemian opetuksen tehtävänä on välittää tietoa kemian merkityksestä kestävän tulevaisuuden luomisesta ja antaa oppilaille valmiuksia tehdä valintoja erityisesti ympäristö huomioon ottaen. (Opetushallitus, 2014) Uusi perusopetuksen opetussuunnitelma on huomioitu tässä kehittämistutkimuksessa ja perusteiden mukaisia tavoitteita on pyritty täyttämään mahdollisimman hyvin. Tutkimuksessa kehitetyn oppimateriaalin työskentelytavaksi valittiin tutkimuksen tekeminen, jonka tärkeimpiä tavoitteita ovat oppilaiden yhteistyötaitoja lisääminen ja heidän luonnontieteiden luonteelle ominaisen ajattelutavan kehittäminen. Lisäksi haluttiin lisätä oppilaiden kiinnostusta kemiaa kohtaan, mihin pyrittiin valitsemalla konteksti, joka puuttuu nykyään käytössä olevista oppikirjoista, koskettaa kaikkia oppilaita sekä lisää tietoa kemian merkityksestä työelämän ja teknologian kehittymisen kannalta.

## LÄHTEET

- Aksela, M., & Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus pro gradu –tutkielman tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (Toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Alakangas, E. (2000). Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Noudettu 16.1.2015, osoitteesta <http://www2.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>
- Alén, R. (2011). *Papermaking science and technology, Book 20, Biorefining of Forest Resources*. Porvoo: Finnish Paper Engineers' Association.
- Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J. & Hongisto, J. (2008). *Aine ja energia – Kemian tietokirja*. Helsinki:WSOY.
- Balanskat, A., Blamire, R., & Kefala, S. (2006). The ICT Impact Report. Noudettu 6.2.2015, osoitteesta [http://www.aef-europe.be/documents/RAPP\\_doc254\\_en.pdf](http://www.aef-europe.be/documents/RAPP_doc254_en.pdf)
- Barker, V., & Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 22(11), s.1171–1200.  
DOI:10.1080/09500690050166742
- Bennett, J., Gräsel, C., Parchmann, I., & Waddington, D. (2005). Context-based and Conventional Approaches to Teaching Chemistry: Comparing teachers' views. *International Journal of Science Education*, 27(13), s.1521–1547.  
DOI:10.1080/09500690500153808
- Bennett, J., Hogarth, S., & Lubben, F. (2005). *Review summary: A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society ( STS ) approaches in the teaching of secondary science*. York: The Department of Educational Studies University of York. Noudettu 31.10.2014, osoitteesta <https://www.york.ac.uk/media/educationalstudies/documents/research/SciTTA1a.pdf>

- Bennett, J., & Holman, J. (2002). Context-based approaches to the teaching of chemistry: What are they and what are their effects. Teoksessa J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Toim.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), s.999–1015.  
DOI:10.1080/09500690600702496
- Biotalous. (2014a). Biokomposiitti sellukuidusta ja muovista. Noudettu 27.1.2015, osoitteesta <http://www.biotalous.fi/komposiitti-upm-formi/>
- Biotalous. (2014b). Liukosellu, kangas. Noudettu 27.1.2015, osoitteesta <http://www.biotalous.fi/liukosellu-kangas/>
- Biotalous. (2014c). Lääkkeitä puusta. Noudettu 16.1.2015, osoitteesta <http://www.biotalous.fi/laakkeita-puusta/>
- Biotalous. (2014d). Metsä. Noudettu 16.1.2015, osoitteesta <http://www.biotalous.fi/metsa/>
- Biotalous. (2014e). Puukipsi. Noudettu 23.1.2015, osoitteesta <http://www.biotalous.fi/puukipsi/>
- Biotalous. (2014f). Puupelletti. Noudettu 16.1.2015, osoitteesta <http://www.biotalous.fi/puupelletit/>
- Biotalous. (2014g). Puurakentaminen. Noudettu 20.1.2015, osoitteesta <http://www.biotalous.fi/puurakentaminen/>
- Bodner, G. M., & Herron, J. D. (2002). Problem-Solving in Chemistry. Teoksessa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Toim.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Bybee, R., & McCrae, B. (2011). Scientific Literacy and Student Attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33(1), s.7–26.  
DOI:10.1080/09500693.2010.518644

- Cherubini, F., & Jungmeier, G. (2009). Energy and Material Recovery from Biomass: the Biorefinery Approach. Concept Overview and Environmental Evaluation. Teoksessa E. DuBois & A. Mercier (Toim.), *Energy Recovery*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Cooper, M. M., Cox, C. T., Nammouz, M., Case, E., & Stevens, R. (2008). An Assessment of the Effect of Collaborative Groups on Students' Problem-Solving Strategies and Abilities. *Journal of Chemical Education*, 85(6), s.866–872. DOI:10.1021/ed085p866
- De Jong, O. (2008). Context-Based Chemical Education: How to Improve It? *Chemical Education International*, 8(1), s.1–7.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by "collaborative learning"? Teoksessa P. Dillenbourg (Toim.), *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. Amsterdam: Pergamon, Elsevier Science.
- Edelson, D. C. (2002). Journal of the Learning Design Research : What We Learn When We Engage in Design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), s.37–41. DOI:10.1207/S15327809JLS1101\_4
- Ehettämistyöryhmä. (1990). Kouluhallituksen ehettämistyöryhmän muistio. Teoksessa R. Laukkanen, E. Piippo, & A. Salonen (Toim.), *Ehetti elävä koulu*. Helsinki: VAPK-kustannus.
- Eilks, I., Prins, G. T., & Lazarowitz, R. (2013). How to Organise the Chemistry Classroom in a Student-Active Mode. Teoksessa I. Eilks & A. Hofstein (Toim.), *Teaching Chemistry – A Studybook: A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers* (s. 183–212). Rotterdam: Sense Publishers.
- E-learning Nordic (2006): E-learning Nordic 2006. Impact of ICT on Education. Ramböll Management: Copenhagen (Denmark). Noudettu 5.2.2015, osoitteesta [http://www.oph.fi/download/47637\\_eLearning\\_Nordic\\_English.pdf](http://www.oph.fi/download/47637_eLearning_Nordic_English.pdf).
- EU. (2006). Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös 2006/1720/EY. Noudettu 19.2.2015, osoitteesta <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:327:0045:0068:FI:PDF>

- Euroopan komissio. (2014). Ympäristö: Tiukemmat kierrätystavoitteet edistävät siirtymistä kiertotalouteen ja luovat uusia työpaikkoja ja kestäväää kasvua. Noudettu 18.2.2015, osoitteesta [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-14-763\\_fi.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-763_fi.htm)
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), s.957–976. DOI:10.1080/09500690600702470
- Gutwill-Wise, J. P. (2001). The Impact of Active and Context-Based Learning in Introductory Chemistry Courses: An Early Evaluation of the Modular Approach. *Journal of Chemical Education*, 78(5), s.684. DOI:10.1021/ed078p684
- Hakkarainen, K., Bollström-Huttunen, M., Pyysalo, R., & Lonka, K. (2005). *Tutkiva oppiminen käytännössä - Matkaopas opettajille*. Helsinki: WSOY.
- Halinen, I., & Jääskeläinen, L. (2015). Opetussuunnitelmanuudistus 2016. Teoksessa H. Cantell (Toim.), *Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Harrison, C., Comber, C., Fisher, T., Haw, K., Lewin, C., Lunzer, E., McFarlane, A., Mavers, D., Scrimshaw, P., Somekh, B., & Watling, Rob (2002): *ImpaCT2: The Impact of Information and Communication Technologies on Pupils Learning and Attainment*. ICT in Schools Research and Evaluation Series No.7., DfES/Becta
- Havonen, T., Karpin, T., Keinonen, T. & Muurinen, M. (2009). *Hehku – kemia 7–9*. Keuruu: Otava.
- Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K. & Saarinen, H. (2012). *Avain – Kemia 1*. Helsinki: Otava.
- Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K. & Saarinen, H. (2012). *Avain – Kemia 2*. Helsinki: Otava.
- Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K. & Saarinen, H. (2013). *Avain – Kemia 3*. Helsinki: Otava.

- Hidi, S. (1990). Interest and its Contribution as a Mental Resource for Learning. *Review of Educational Research*, 60(4), s.549–571.
- Hidi, S., Renninger, K. A., & Krapp, A. (2004). Interest, a Motivational Variable That Combines Affective and Cognitive Functioning. Teoksessa D. Yun Dai & R. J. Sternberg (Toim.), *Motivation, Emotion, and Cognition - Integrative Perspectives on Intellectual Functioning and Development*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Härkönen, K. (2014). Metsätalous. Teoksessa J. Viitanen & A. Mutanen (Toim.), *Metsäsektorin suhdannekatsaus 2014-2015*. Joensuu: Metsäntutkimuslaitos. Noudettu osoitteesta <http://www.metla.fi/julkaisut/isbn/978-951-40-2491-7/suhdannekatsaus-2014-2015.pdf>
- Ikonen, M., Tuomisto, M., Termonen, M. & Perkkalainen, P. (2012). *Ilmiö: Kemian oppikirja 7–9*. Helsinki: Sanoma Pro.
- Isotalo, K. (2004). *Puu- ja sellukemia*. Kemi: Opetushallitus.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1991). *Learning together and alone: Cooperative, competitive and individualistic learning*. Boston: Ally and Bacon.
- Johnson, E. (2002). *Contextual teaching and learning : what it is and why it's here to stay*. California: Corwin Press.
- Juntunen, M. (2011). Kehittämistutkimus: Elinkaariajattelu ja tutkimuksellinen opiskelu kemian opetuksessa. Pro Gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto. Noudettu 16.1.2015, osoitteesta <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/juntunen-m-2011.pdf>
- Juuti, K., Lavonen, J., Uitto, A., Byman, R., & Meisalo, V. (2004). Gender Issues Boys ” and Girls ” Interests in Physics in Different Contexts : A Finnish Survey. Teoksessa A. Laine, J. Lavonen, & V. Meisalo (Toim.), *Current research on mathematics and science education: Proceedings of the XXI Annual Symposium of the Finnish Association of Mathematics and Science Education Research*. Helsinki: Helsingin yliopisto. Noudettu osoitteesta <http://www.edu.helsinki.fi/malu/tutkimus/tutkimusseura/proceedings2004.pdf>



- Kangas, H. (2014). *Opas selluloosa- nanomateriaaleihin*. Noudettu 16.1.2015, osoitteesta <http://www2.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T199.pdf>
- Kangas, M., Kopisto, K., & Krokfors, L. (2015). Eheyttäminen ja laajentuvat oppimisympäristöt. Teoksessa H. Cantell (Toim.), *Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Kangaskorte, A., Lavonen, J., Penttilä, A., Pikkarainen, O., Saari, H., Sirviö, J., Vakkilainen, K-M. & Viiri, J. (2010). *FyKe 7–9 Kemia*. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Klemm, D., Kramer, F., Moritz, S., Lindström, T., Ankerfors, M., Gray, D., & Dorris, A. (2011). Nanocelluloses: A new family of Nature-based Materials. *Angewandte Chemie (International Edition)*, 50(24), s. 5438–5466.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), s.383–409. DOI:10.1016/S0959-4752(01)00011-1
- Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. A. (1992). Interest, Learning and Development. Teoksessa K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Toim.), *The Role of Interest in Learning and Development*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Kupiainen, S., Hautamäki, J., & Karjalainen, T. (2009). *The Finnish Education System and PISA*. Helsinki: Ministry of Education Publications.
- Kärnä, P., Hakonen, R., & Kuusela, J. (2012). *Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011*. Tampere: Opetushallitus.
- Lakkala, M., Ilomäki, L., & Palonen, T. (2007). Implementing virtual collaborative inquiry practises in a middle-school context. *Behaviour & Information Technology*, 26(1), s.37–53. DOI:10.1080/01449290600811529
- Lavonen, J., Juuti, K., Uitto, A., Meisalo, V., & Byman, R. (2005). Attractiveness of Science Education in the Finnish Comprehensive School. Teoksessa A. Manninen, K. Miettinen, & K. Kiviniemi (Toim.), *Research Findings on Young People's Perceptions of Technology and Science Education: Mirror Results and Good*

- Practises*. Helsinki: Technology Industries of Finland. Noudettu osoitteesta <http://roseproject.no/network/countries/finland/fin-lavonen-2005.pdf>
- Liu, S. (2010). Woody biomass: Niche position as a source of sustainable renewable chemicals and energy and kinetics of hot-water extraction/hydrolysis. *Biotechnology Advances*, 28(5), s.563–82. DOI:10.1016/j.biotechadv.2010.05.006
- Metsäteollisuus. (2010). Puurakentaminen on ratkaisu. Noudettu 20.1.2015, osoitteesta <http://www.metsateollisuus.fi/mediabank/477.pdf>
- Metsäteollisuus. (2012). Biotalousella vähähiiliseen tulevaisuuteen - Eurooppalainen metsäteollisuus vuonna 2050. Noudettu 15.1.2015, osoitteesta <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/419.pdf>
- Metsäteollisuus. (2013). Metsäteollisuus tuottaa uusia biotalouden innovaatioita. Noudettu 15.1.2015, osoitteesta <http://www.metsateollisuus.fi/painopisteet/biotalous/mita-on-biotalous/Metsateollisuus-tuottaa-uus-ia-biotalous-ennovaatioita--205.html>
- Mickwitz, P., Seppälä, J., Kauppi, L., & Hildén, M. (2014). Kohti hiilineutraalia kiertotaloutta – tutkimus vauhdittamaan muutosta. Noudettu 10.1.2015, osoitteesta [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135242/SYKE\\_Policy\\_Brief\\_13062014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135242/SYKE_Policy_Brief_13062014.pdf?sequence=1)
- Moshkelani, M., Marinova, M., Perrier, M., & Paris, J. (2013). The forest biorefinery and its implementation in the pulp and paper industry: Energy overview. *Applied Thermal Engineering*, 50(2), s.1427–1436. DOI:10.1016/j.applthermaleng.2011.12.038
- Nc, L., & Salo, J. (2012). A Novel Nontoxic Wood-Plastic Composite Cast. *The Open Medical Devices Journal*, 4, s.1–5. Noudettu osoitteesta <http://www.woodcast.fi/files/download/Lindforsetal2012.pdf>
- Niemiec, C. P., & Ryan, R. M. (2009). Autonomy, competence, and relatedness in the classroom: Applying self-determination theory to educational practice. *Theory and Research in Education*, 7(2), s.133–144. DOI:10.1177/1477878509104318

- Nilsson, P. (2013). Biokomposiittien monet mahdollisuudet – esimerkkinä UPM ForMi. Noudettu 15.1.2015, osoitteesta [http://frantic.s3.amazonaws.com/smy/2014/10/PMA35\\_Stefan-Fors\\_teksti.pdf](http://frantic.s3.amazonaws.com/smy/2014/10/PMA35_Stefan-Fors_teksti.pdf)
- OECD. (2007). PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1: Analysis. DOI:10.1787/9789264040014-en
- Opetushallitus. (2004). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Noudettu 4.12.2015, osoitteesta [http://www.oph.fi/download/139848\\_pops\\_web.pdf](http://www.oph.fi/download/139848_pops_web.pdf)
- Opetushallitus. (2011). Tieto- ja viestintätekniikka opetuskäytössä - Välineet, vaikuttavuus ja hyödyt. Noudettu 5.2.2015, osoitteesta [http://www.oph.fi/download/132877\\_Tieto-ja\\_viestintatekniikka\\_opetuskaytossa.pdf](http://www.oph.fi/download/132877_Tieto-ja_viestintatekniikka_opetuskaytossa.pdf)
- Opetushallitus. (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Noudettu 5.1.2015, osoitteesta [http://www.oph.fi/saadokset\\_ja\\_ohjeet/opetussuunnitelmien\\_ja\\_tutkintojen\\_perusteet/perusopetus](http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/opetussuunnitelmien_ja_tutkintojen_perusteet/perusopetus)
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), s.1049–1079. DOI:10.1080/0950069032000032199
- Pernaa, J., & Aksela, M. (2013). Kehittämistutkimuksen mahdollisuudet opetuksellisten innovaatioiden kehittämismenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (Toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Peterson, L. R., & Peterson, M. J. (1959). Short-Term Retention of Individual Verbal Items. *Journal of Experimental Psychology*, 58(3), s.193–198.
- Puuinfo. (2011). CTL Ristiinliimattu massiivipuu (cross laminated timber). Noudettu 20.1.2015, osoitteesta <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/clt-ristiinliimattu-massiivipuu-cross-laminated-timber>
- Puuinfo. (2014). Kestävä rakentaminen luo hyvinvointia. Noudettu 20.1.2015, osoitteesta <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/478.pdf>

- Raffaelli B., Hoikkala A., Leppälä E., & Wähälä K. (2002). Enterolignans. *Journal of Chromatography B*. 777(1–2), s. 29–43.
- Ramsden, J. M. (1997). How does a context based approach influence understanding of key chemical ideas at 16+? *International Journal of Science Education*, 19(6), s.697–710. DOI:10.1080/0950069970190606
- Riistamaa, K., Laitinen, J., & Vuori, M. (Toim.). (2003). *Suomen kemianteollisuus*. Tampere: Chemas Oy.
- Rochelle, J. & Teasley, S. D. (1995). The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. In O'Malley, C. (Toim.), *Computer Supported Collaborative Learning* (69-97), NATO ASI Series, Vol 128.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000a). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), s.54–67. DOI:10.1006/ceps.1999.1020
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000b). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), s.68–78. DOI:10.1037//0003-066X.55.1.68
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2005). Science Education and Young People's Identity Construction - Two Mutually Incompatible Projects? Noudettu 7.1.2015, osoitteesta <http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-schreiner-values2006.pdf>
- Simpkins, S. D., Davis-Kean, P. E., & Eccles, J. S. (2006). Math and science motivation: A longitudinal examination of the links between choices and beliefs. *Developmental Psychology*, 42(1), s.70–83. DOI:10.1037/0012-1649.42.1.70
- Siró, I., & Plackett, D. (2010). Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review. *Cellulose* 17(3), s. 459–494.
- Sitra. (2014). *Sitran selvityksiä 84 - Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle*. Helsinki: Libris. Noudettu 10.1.2015, osoitteesta <http://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksia84.pdf>

- Smeds, A., & Unkila, M. (2007). Lignaanit - Mahdolliset funktionaalisten elintarvikkeiden ainesosat. *Dosis*, 23(2), s.93–101.
- Tunc, M. S., & van Heiningen, A. R. P. (2008). Hemicellulose Extraction of Mixed Southern Hardwood with Water at 150 °C: Effect of Time. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(18), s.7031–7037. DOI:10.1021/ie8007105
- Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* (5. p.). Jyväskylä: Tammi.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2014). Strategia: Biotalous on talouden seuraava aalto. Noudettu 18.2.2015, osoitteesta [https://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/strategiset\\_ohjelmat\\_ja\\_karkihankkeet/metsa\\_alan\\_strateginen\\_ohjelma/ajankohtaista\\_mso\\_sta/strategia\\_biotalous\\_on\\_talouden\\_seuraava\\_aalto.115068.news](https://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/strategiset_ohjelmat_ja_karkihankkeet/metsa_alan_strateginen_ohjelma/ajankohtaista_mso_sta/strategia_biotalous_on_talouden_seuraava_aalto.115068.news)
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2013). *Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella: Työryhmän esitys Kansalliseksi materiaalitehokkuusohjelmaksi*. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Noudettu 11.1.2015, osoitteesta [https://www.tem.fi/files/38426/TEMjul\\_33\\_2013\\_web.pdf](https://www.tem.fi/files/38426/TEMjul_33_2013_web.pdf)
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2014). Kestävää kasvua biotaloudesta - Suomen biotalousstrategia. Noudettu 10.1.2015, osoitteesta [https://www.tem.fi/files/39784/Suomen\\_biotalousstrategia.pdf](https://www.tem.fi/files/39784/Suomen_biotalousstrategia.pdf)
- Tähkä, T. (2012). Asennetta kemian opiskeluun. Teoksessa P. Kärnä, L. Houtsonen, & T. Tähkä (Toim.), *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012*. Helsinki: Opetushallitus.
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J., & Meisalo, V. (2004). Who is responsible for sustainable development? Attitudes to environmental challenges : A survey of Finnish 9 th grade comprehensive school students. Teoksessa A. Laine, J. Lavonen, & V. Meisalo (Toim.), *Current research on mathematics and science education: Proceedings of the XXI Annual Symposium of the Finnish Association of Mathematics and Science Education Research*. Helsinki: Helsingin yliopisto. Noudettu osoitteesta <http://www.edu.helsinki.fi/malu/tutkimus/tutkimusseura/proceedings2004.pdf>

- UPM. (2014). Kehittyneen biopolttoaineen valmistus. Noudettu 15.1.2015, osoitteesta <http://www.upmbiopolttoaineet.fi/biopolttoaineen-valmistus/prosessit-uusiutuvaabiopolttoainetta-tahteista/Pages/Default.aspx>
- UPM. (2015). UPM:n Lappeenrannan biojalostamo on kaupallisessa tuotannossa. Noudettu 13.1.2015, osoitteesta <https://www.metsamaailma.fi/fi/News/Sivut/uusiutuvaadieselia-valmistava-biojalostamo.aspx>
- Uusikylä, K., & Atjonen, P. (2002). *Didaktiikan perusteet*. Helsinki: WSOY.
- Uusipuu. (2014). Koivukuidusta valmiiksi vaatteeksi. Noudettu 28.1.2015, osoitteesta <http://www.uusipuu.fi/ratkaisu/koivukuidusta-valmiiksi-vaatteeksi>
- Wågberg, L., Decher, G., Norgren, M., Lindström, T., Ankerfors, M., & Axnäs, K. (2008). The build-up of polyelectrolyte multilayers of microfibrillated cellulose and cationic polyelectrolytes. *Langmuir* 24(3), s. 784–795.

## Kuvat

- Kuva 3. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cellulose\\_strand.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cellulose_strand.svg), haettu 19.1.2015.
- Kuva 4. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lignin.png>, haettu 28.1.2015.
- Kuva 6. <http://pet.upm.com/?cart=7495-diealiejhl&l=EN>, haettu 27.1.2015
- Kuva 8. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pellets\\_hand.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pellets_hand.jpg), haettu 23.1.2015.
- Kuva 8. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saw\\_dust\\_\(Zaagsel\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saw_dust_(Zaagsel).jpg), haettu 23.1.2015
- Kuva 9. <http://www.woodcast.fi/fi/indikaatiot/ylaraajojenlastatjatuet/scaphoideumpeukalo>, haettu 27.1.2015
- Kuva 10. <http://www.upm.com/FI/MEDIA/Uutiset/Pages/UPM-ja-Metropolia-ylpe%C3%A4n%C3%A4-esittelev%C3%A4t-Biofore-konseptiauto-demonstroibiomateria-001-Tue-04-Mar-2014-09-31.aspx>, haettu 27.1.2015

## LIITTEET

**Liite 1.** Sisällönanalyysissä käytetyt oppikirjat.

**Liite 2.** Oppikirjoista laskettujen puu- ja kierrätysmainintojen lukumäärät suhteessa oppikirjojen kappaletekstiin.

**Liite 3.** Kehittämistuotoksena opetusmalli yläkoulun kemiaan: Kiertotalous puun näkökulmasta, opettajan ohje.

**Liite 4.** Oppilaan ohje, alkuperäisryhmät.

**Liite 5.** Oppilaan ohje, tutkimustyö.

**Liite 6.** Oppilaan ohje, kertaus alkuperäisryhmissä.

**Liite 7.** Oppilaan itsearviointilomake.

**Liite 8.** Kertausbingo

**Liite 9.** Monialainen oppimiskokonaisuus

Liite 1. Sisällönanalyysissä käytetyt oppikirjat.

- A: Kangaskorte, A., Lavonen, J., Penttilä, A., Pikkarainen, O., Saari, H., Sirviö, J., Vakkilainen, K-M. & Viiri, J. (2010). FyKe 7–9 Kemia. Helsinki: WSOYpro Oy.
- B: Ikonen, M., Tuomisto, M., Termonen, M. & Perkkalainen, P. (2012). Ilmiö: Kemian oppikirja 7–9. Helsinki: Sanoma Pro.
- C: Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., Viiri, J. & Hongisto, J. (2008). Aine ja energia – Kemian tietokirja. Helsinki: WSOY.
- D: Havonen, T., Karpin, T., Keinonen, T. & Muurinen, M. (2009). Hehku – kemia 7–9. Keuruu: Otava.
- E: Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K. & Saarinen, H. (2012). Avain – Kemia 1. Helsinki: Otava.  
Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K. & Saarinen, H. (2012). Avain – Kemia 2. Helsinki: Otava.  
Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K. & Saarinen, H. (2013). Avain – Kemia 3. Helsinki: Otava.



Liite 2. Oppikirjoista laskettujen puu- ja kierrätysmainintojen lukumäärät suhteessa oppikirjojen kappaletekstin sivumäärään.

Puu:

	A	B	C	D	E	Yht.
Sanojen lkm/kappaletekstin sivumäärä	78/276	25/326	68/281	23/222	33/300	227/1405
Prosenttiosuus	28 %	8 %	24 %	10 %	11 %	16 %

Kierrätys:

	A	B	C	D	E	Yht.
Sanojen lkm/kappaletekstin sivumäärä	44/276	26/326	29/281	26/222	45/300	170/1405
Prosenttiosuus	16 %	8 %	10 %	12 %	15 %	12 %

Kappaletekstillä tarkoitetaan tässä yhteydessä kirjan kokonaissivumäärää, josta on vähennetty mahdolliset esipuheet, liitteet ja hakemistot. Kappaletekstiin on huomioitu mahdolliset kertaussosiot ja tiivistelmät, sillä joissakin kirjasarjoissa kunkin kappaleen jälkeen on sijoitettu kertaava osio. Näiden osioiden pituuden laskeminen ja vähentäminen varsinaisesta kappaletekstin sivulukumäärästä olisi ollut liian työlästä, joten ne on huomioitu kappaletekstiin. Lisäksi nämä kertaussosioiden ja tiivistelmien tekstit on huomioitu sisällön analyysissä, joten niiden sisällyttäminen kappaletekstien sivulukumäärää on perusteltua.

Liite 3. Kehittämistuotoksena opetusmalli yläkoulun kemiaan: Kiertotalous puun näkökulmasta, opettajan ohje.

Tämä opetuskokonaisuus käsittää 5 x 75 minuutin oppituntia. Näiden oppituntien aikana oppilaiden tulisi saada valmiiksi projektityönsä internetin oppimisalustalle ja esitellä työnsä. Tähän yhteisölliseen tutkimustyöhön soveltuvia ilmaisia verkko-oppimisympäristöjä ovat esimerkiksi Wordpress, Peda.net ja Blokker. Jos ei halua tehdä luokan kesken omaa blogisivua, niin voi käyttää muilta suljettuja tiedonjakosivuja, kuten esimerkiksi Moodle tai Google Drive. Lisäksi esimerkiksi Dropbox:in kautta tietoa voi jakaa suoraan tietokoneella olevan kansion kautta.

Opetuskokonaisuudessa hyödynnetään palapelimallia, yhteisöllistä ja tutkivaa oppimista sekä tieto- ja viestintäteknikkaa. Tässä opetuskokonaisuudessa palapelimallia sovelletaan ja muokataan toimivaksi tähän kokonaisuuteen, joten se ei sisällöllisesti täysin vastaa palapelimallin mukaista toimintaa. Palapelimallista poiketen, alkuperäisryhmät (palapelimallissa kotiryhmät) saavat eri aiheet käsiteltäviksi, eikä aihetta ja sen vastuualueita pilkota oppilaille valmiiksi. Ryhmän kaikki jäsenet ovat vastuussa itsensä ja toistensa oppimisesta, jolloin heidän tulee opettaa toisiaan varmistuakseen, että kaikki oppivat saman asian. Tutkimusryhmät (palapelimallissa asiantuntijaryhmät) muodostetaan oppilaiden mielenkiinnon mukaan niin, että kustakin kotiryhmästä on yksi edustaja. Kukin oppilas on vastuussa siitä, että oman kotiryhmänsä aihe huomioidaan jollakin tavalla asiantuntijaryhmän aiheen käsittelyssä. Tutkimusryhmissä oppilaat työskentelevät ja tutkivat yhdessä toisiaan auttaen. He hyödyntävät tieto- ja viestintäteknikkaa tutkimuksensa teossa, tiedon etsinnässä ja valmiin tuotoksen julkaisemisessa. Tämänkin poikkeaa täysin palapelimallista, jossa asiantuntijaryhmä koostuu samaan aiheeseen perehtyneistä oppilaista. Lopuksi alkuperäisryhmät kokoontuvat ja kertaavat toisilleen, mitä uutta he oppivat yhteisöllisen oppimisen aikana.

Opetuskokonaisuuden aikana tavoitteena on, että oppilaiden taidot tehdä yhteistyötä, arvioida tiedon luotettavuutta, tehdä tutkimusta ja esittää tieteellistä tietoa kehittyvät. Tarkoituksena on, että oppilas saa syvemmän ymmärryksen ryhmänsä käsittelemästä aiheesta ja oppii tutkivan lähestymistavan taitoja, joita hän voi hyödyntää omassa elämässään. Opetuskokonaisuus vastaa erityisesti uuden opetussuunnitelman mukaisia sisältöjä 3 ja 4. Sisältö 3 (S3) on ”kemia yhteiskunnassa” ja siihen kuuluu muun muassa

teknologian näkökulmasta esitetyt kemian ilmiöt ja sovellukset. Tarkastelun pääpainona on luonnonvarojen kestävä käyttö, joten kiertotalous sopii näihin määritelmiin erittäin hyvin. Lisäksi S3:n kuuluu tutustuminen kemian osaamista vaativiin ammatteihin, joita tulee esiin asiantuntijaryhmien tutkimustöiden edetessä. Sisältö 4 (S4) käsittelee kemiaa maailmankuvan rakentajana ja siinä yhtenä keskeisenä teemana on asioiden käsittely niin, että kemian luonne tieteenä tulee esiin. S4:ään kuuluu myös tutustuminen kemian tieteelle ajankohtaisiin asioihin, kuten uutisiin, sovelluksiin ja nykypäivän tutkimuksiin. Lisäksi opetussuunnitelmaan on kirjattu erikseen oppimisympäristöihin ja käytettyihin työtapoihin liittyvät tavoitteet. Näissä korostuu tutkimuksellinen lähestymistapa ja monipuoliset työtavat. Lisäksi korostetaan oppilaiden osallisuutta ja vuorovaikutusta tutkimusten suunnittelussa ja toteuttamisessa. Opetuskokonaisuus noudattaa näitä opetussuunnitelman mukaisia sisältöjä ja tavoitteita, joten se soveltuu yläkoulun kemian oppitunneille.

## 1. Oppitunti: Orientoituminen kiertotalouteen ja tutkimukseen

**Kesto:** 75 min

**Tavoitteet:** Oppilas ymmärtää kiertotalouden pääperiaatteet, oppilaat opiskelevat ja sisäistävät yhdessä uuden asian (valkuaisaineet, hiilihydraatit, polymeerit, rasvat tai uusiutuvat sekä uusiutumattomat luonnonvarat) ja oppilaat aloittavat yhteistoiminnallisen tutkimustyön.

**Tunnin rakenne:**

- |        |  |
|--------|--|
| 5 min  | Tunnin aloittaminen  |
| 15 min | Tutustuminen kiertotalouteen (opettajajohtoinen)                           |
| 5 min  | Jakautuminen ryhmiin   |
| 30 min | Yhteistoiminnallinen (oppilaat tekevät ryhmissä, opettaja tukee)           |
| 5 min  | Jakautuminen uusiin ryhmiin  |
| 15 min | Tutkimusta ohjaavat kysymykset (oppilaat tekevät ryhmissä, opettaja tukee) |

## Sisältö

### Tutustuminen kiertotalouteen, 15 min

Oppitunti aloitetaan ajatuksia herättävillä kysymyksillä, joita voisi olla esimerkiksi:

Mitä erilaisia puun käyttötapoja keksit?

Milloin olet viimeksi kierrättänyt? Millä tavalla?

Miksi kierrätetään?

Mistä kymmenestä omistamastasi tavarastasi et voisi luopua? Miksi tarvitset niitä?

Riippuen ryhmän aktiivisuudesta keskustelu voidaan käydä suoraan koko luokan kesken tai ensin pareittain ja sitten yhdessä opettajan johdolla. Kysymysten ja keskustelun tarkoituksena olisi herätellä oppilaat pohtimaan luonnonvarojen riittävyyttä ja niiden kulutusta sekä omia kulutustottumuksia. Lyhyen keskustelun jälkeen tutustutaan opettajan johdolla käsitteisiin kierto- ja biotalous. Apuna voi käyttää esimerkiksi videoita:

<https://www.youtube.com/watch?v=kzwqo0bsPg8> (suomenkielinen)

<http://www.youtube.com/watch?v=zCRKvDyyHmI> (englanninkielinen)

<https://www.youtube.com/watch?v=2xvXkOMRTs4> (englanninkielinen)

<https://www.youtube.com/watch?v=6OrSOWXkPGM> (englanninkielinen)

<https://www.youtube.com/watch?v=AayNb89jKLA> (25 min video, englanninkielinen)

### Yhteistoiminnallinen, 30 min (+ ryhmiin jakautumiset yhteensä 10 min)

Oppilaat jaetaan ryhmiin, esimerkiksi viiteen viiden tai kuuteen kuuden hengen ryhmään (=kotiryhmät). Jos ryhmiä tulee kuusi, niin viimeinen aihe jaetaan kahtia, jolloin toisen ryhmän aihe on uusiutuvat luonnonvarat ja toisen uusiutumattomat. Oppilaat voivat itse muodostaa ryhmät tai opettaja voi määrätä ne ryhmien toimivuuden takia. Kukin kotiryhmä saa jonkin seuraavista aiheista (kuitenkin niin, että jokaiselle ryhmälle tulee eri aihe):

1. Polymeerit
2. Sokerit
3. Rasvat
4. Valkuaisaineet
5. Uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat

Oppikirjojen (ja mahdollisesti opettajan antaman lisämateriaalin) avulla oppilaat tutustuvat ryhmänsä aiheeseen. Oppilaat kirjoittavat yhdessä muistiinpanoja kukin omaan viikoonsa. Tarkoituksena on tutustua uuteen asiaan ryhmässä sekä opettaa ja oppia asioita toisilta ryhmän jäseniltä. Kun ryhmät ovat valmiita, oppilaat jakautuvat uusiin tutkimusryhmiin niin, että kustakin alkuperäisryhmästä tulee yksi edustaja kuhunkin tutkimusryhmään. Tässä vaiheessa olisi hyvä antaa oppilaille mahdollisuus valita aihe oman mielenkiintonsa mukaan. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi antamalla kullekin alkuperäisryhmälle lista valittavista aiheista ja oppilaat saavat itse valita oman aiheensa (yksi oppilas kutakin aihetta kohden). Kun kaikki oppilaat ovat valinneet aiheensa, yhdistetään saman aiheen valinneet oppilaat uusiksi tutkimusryhmiksi.

### **Tutkimusta ohjaavat kysymykset, 15 min**

Oppilasryhmien työskentelyä helpottamaan annetaan seuraavat tutkimusta ohjaavat kysymykset:

1. Minkälaista kemian osaamista tutkimanne innovaatio vaatii?
2. Miten innovaationne liittyy kiertotalouteen?
3. Mitä mieltä ryhmä on tutkimastaan innovaatiosta?

Tutkimusta ohjaavien annettujen kysymysten lisäksi ryhmien tulisi keksiä itse lisää kysymyksiä. Ryhmille, jotka tarvitsevat enemmän tukea ja neuvoa työn etenemisessä, voi antaa lisätutkimuskysymyksiä avuksi:

4. Minkälaiseen innovaatioon/tuotteeseen tutustuitte?
5. Miksi valitsitte juuri tämän tuotteen/aiheen?
6. Mitä materiaalia tuotteenne on ja mihin sitä käytetään?
7. Miten tuote eroaa vastaavasta ei-puupohjaisesta tuotteesta?

8. Kuinka paljon tutkimanne tuotteen avulla säästetään kasvihuonepäästöissä tai toisessa materiaalissa, kuten uusiutumattomassa luonnonvarassa, kun verrataan tavallisesti käytettyyn ei-puupohjaiseen tuotteeseen?
9. Miten raaka-aineet tuotteenne valmistamiseen tuotetaan tai saadaan?

## 2. Oppitunti: Tutkimuskysymykset ja niihin vastaaminen

**Kesto:** 75 min

**Tavoitteet:** Oppilaat osallistuvat aktiivisesti yhteisen tutkimuksen tekemiseen ja jakavat tietoa sekä osaamistaan keskenään. Oppilaat oppivat tutkivan oppimisen piirteitä. Lisäksi oppilaiden tiedon etsimisen, arvioinnin ja luomisen taidot kehittyvät.

**Tunnin rakenne:** Oppilaat työskentelevät työn parissa koko oppitunnin.

### Sisältö

Opettajan tehtävänä on toimia oppilaiden tukena koko tutkimusprosessin ajan. Oppilaat etsivät tietoa kirjoista, lehdistä ja internetistä.

## 3. Oppitunti: Tutkimuskysymykset ja niihin vastaaminen

**Kesto:** 75 min

**Tavoitteet:** Oppilaat osallistuvat aktiivisesti yhteisen tutkimuksen tekemiseen ja jakavat tietoa sekä osaamistaan keskenään. Oppilaat oppivat tutkivan oppimisen piirteitä. Lisäksi oppilaiden tiedon etsimisen, arvioinnin ja luomisen taidot kehittyvät. Oppilaat saavat työnsä valmiiksi ja laittavat sen verkko-oppimisalustalle.

**Tunnin rakenne:** Oppilaat työskentelevät työn parissa koko oppitunnin.

**Kotitehtävä:** Oppilaat lukevat luokan oppimisalustalta muiden ryhmien työt / Opponentit laativat kysymyksiä ja kommentteja opponoitavan ryhmänsä tutkimuksesta

### Sisältö

Oppilaat jatkavat, mihin viimeksi jäivät, ja viimeistelevät työnsä. Valmiit työt laitetaan verkko-oppimisalustalle, josta luokan muutkin oppilaat voivat sen lukea. Oppilaat valmistautuvat esittämään työnsä ensi kerralla muille ryhmille. Kotitehtävänä jokaisen

oppilaan tulee käydä lukemassa muiden ryhmien valmiit tuotokset. Jos verkko-oppimisolusta mahdollistaa kommenttien jätön ryhmien tuotoksen yhteyteen, niin vaatimalla jokaiselta oppilaalta vähintään yhden kommentin muiden ryhmien työhön voi opettaja seurata kotitehtävän toteutumista. Kotitehtävä voidaan supistaa niin, että kullekin ryhmälle määrätään opponenttiryhmä, jonka oppilaiden tulee tutustua kotona ryhmän tutkimukseen ja laatia siitä kysymyksiä ja kommentteja. Kysymykset ja kommentit esitetään seuraavalla oppitunnilla kyseisen ryhmän esityksen jälkeen.

#### 4. Oppitunti: Tutkimusten esittäminen

**Kesto:** 75 min

**Tavoitteet:** Oppilaiden esiintymistaidot ja tapa esittää tieteellistä tietoa kehittyvät. He oppivat arvioimaan toisten työtä ja ottamaan vastaan palautetta.

**Tunnin rakenne:** Koko oppitunti on varattu ryhmien esityksiä varten.

**Kotitehtävä:** Ryhmät tekevät korjauksia saamansa palautteen perusteella.

##### **Sisältö**

Aikaa tutkimusten esittämiselle on hyvä varata 10 minuuttia ryhmää kohden. Lisäksi muiden oppilaiden tulee antaa suullista palautetta esittävän ryhmän työstä tai ainakin opponentit ovat vastuussa palautteen annosta. Jos aika ei riitä, niin tutkimusten esittämistä voidaan jatkaa seuraavalla oppitunnilla. Kotitehtävänä ryhmien tulee tehdä korjauksia tutkimukseensa muilta oppilailta saamansa palautteen perusteella. Voitte sopia oppilaiden kanssa, kuinka monta korjausta heidän tulee vähintään tehdä. Aikaa korjausten teolle voi antaa yhden viikon.

## 5. Oppitunti: Alkuperäiset ryhmät ja kertaus

**Kesto:** 75 min

**Tavoitteet:** Oppilaat esittelevät oppimansa asian alkuperäisille ryhmäläisilleen ja samalla he yhdistävät tutkimuksessa oppimaansa tietoa aiemmin opittuun.

### **Tunnin rakenne:**

5 min	Tunnin aloittaminen
25 min	Opittujen asioiden esittely alkuperäisissä ryhmissä
15 min	Kertausbingo
10 min	Itsearviointilomakkeen täyttäminen
20 min	Opettajajohtoinen asioiden läpikäynti
tai	
5 min	Tunnin aloittaminen
15 min	Opittujen asioiden esittely alkuperäisissä ryhmissä
30 min	Asiantuntijaverkkovierailu
15 min	Kertausbingo
10 min	Itsearviointilomakkeen täyttäminen

### **Sisältö**

Oppilaat palaavat alkuperäisiin ryhmiin ja esittelevät toisilleen, miten tämän ryhmän aihe (esimerkiksi hiilihydraatit) näkyi tehdyssä tutkimuksessa ja mitä uutta he oppivat aiheesta. Kertausbingon avulla opettaja näkee oppilaiden osaamista, jonka perusteella hän voi suunnitella tulevia oppitunteja. Oppilaan on hyvä laittaa ylös kertausbingossa oikein vastattujen kysymysten määrä. Ryhmien aiheista (rasvat ynnä muut) jatketaan vielä tulevilla oppitunneilla, jotta kaikki oppilaat saisivat kattavan käsityksen näistä aiheista. Samalla voidaan täydentää yhdessä nettiin luotua materiaalia ja linkittää lisää yhteyksiä oppilaiden tekemiin tutkimuksiin. Kun opettaja on käynyt ryhmien aiheet läpi, sama kertausbingo toistetaan. Oppilaat voivat verrata kertausbingossa saamaansa tulosta edelliseen ja pohtia omaan oppimista ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Opettaja voi kerätä oppilaiden pohdinnat kirjallisena itsearviointina. Opettaja voi myös käyttää kertauksena kotiryhmien aiemmin laatimia kysymyksiä tai jättää ne kokeeseen kertaamista varten.

Kertauksessa voidaan myös hyödyntää asiantuntijaverkostoja (<http://www.opetin.fi/asiantuntijaverkosto/>), jonka kautta kutsutaan alan asiantuntija kertomaan verkon välityksellä työhönsä kuuluvista asioista. Koska oppilaat ovat jo



tutustuneet aiheeseen, saavat he näin enemmän irti asiantuntijan osaamisesta ja pystyvät esittämään syvällisempiin aiheisiin meneviä kysymyksiä. Jos asiantuntijaverkosta ei hyödynnetä oppitunnilla, niin oppilaiden täytettyä itsearviointilomakkeet opettaja aloittaa ryhmien aiheiden (valkuaisaineet ynnä muut) läpikäynnin.

#### Liite 4. Oppilaan ohje, alkuperäisryhmät.

Ryhmän tehtävänä on opiskella uusi asia yhdessä toisia auttaen ja tukien. Käyttäkää oppikirjaa ja opettajan mahdollisesti antamia muita lisämateriaaleja tiedon lähteinä.

#### **Tehtävänanto:**

1. Lukekaa huolella oppikirjan kappale, joka käsittelee ryhmänne aihetta. Lukekaa myös opettajan teille antamat lisämateriaalit, jos sellaisia on.
2. Kirjoittakaa yhdessä teidän mielestänne tärkeimmät pääasiat kukin omaan vihkoonsa. Tärkeimpiä kohtia tulee olla vähintään **kymmenen**.
3. Keksikää aiheeseen liittyviä kysymyksiä muulle luokalle ja kirjoittakaa ne omiin vihkoihinne. Kirjoittakaa myös vastaus kuhunkin kysymykseen. Kysymyksiä tulee olla vähintään **kolme**.

Liite 5. Oppilaan ohje, tutkimustyö.

Työn tavoitteena on, että tutustutaan ja opiskellaan uutta asiaa yhdessä ryhmänä. Jokaisen tulisi tietää, mitä kiertotalous tarkoittaa ja mitä eri toimintoja siihen kuuluu. Lisäksi tutustutte ja opitte samalla kunkin alkuperäisryhmän aiheesta (valkuaisaineet, hiilihydraatit, rasvat, polymeerit sekä uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat). Pitäkää huolta, että:

- Kaikki ovat aktiivisia ja osallistuvat tasapuolisesti
- Kaikkien ryhmäläisten mielipidettä kysytään ja kuunnellaan
- Jokainen oppii saman asian
- Erimielisyydet ratkotaan yhdessä niin, että jokainen on tyytyväinen lopputulokseen

Tuotetaan:

- Tutkimus, joka laitetaan nettiin
- Esitys muille (esim. PowerPoint, dokumenttikamera, liitutaulu)
- Tiivistelmä, jossa muutama ydinasia

### **Tutkimuksen kirjoittaminen**

Miettikää, mitä valitsemastanne aiheesta voisi tutkia ja mitä haluatte tietää siitä. Asettakaa pohdintojenne perusteella tutkimusongelmia. Tutkimusongelmat tulisi olla muotoa miksi- tai miten-kysymyksiä, joihin ei voi vastata pelkästään kyllä tai ei, vaan vastauksessa tulee esittää selitys. Kirjoittakaa ylös vähintään viisi teidän mielestä oleellisinta tutkimuskysymystä. Tutkimuskysymyksiä laatiessa miettikään, että tutkimuksestanne ilmenee ainakin:

1. Minkälaista kemian osaamista tutkimanne innovaatio vaatii?
2. Miten innovaationne liittyy kiertotalouteen?
3. Mitä mieltä ryhmä on tutkimastaan innovaatiosta?

Muistakaa, että tutkimuksessanne käsittelette aihetta **valkuaisaineiden, hiilihydraattien, rasvojen, polymeerien sekä uusiutuvien ja uusiutumattomien luonnonvarojen** näkökulmasta. Tutkimukseenne on hyvä liittää havainnollistavia kuvia ja mahdollisesti videolinkkejä, jos niitä löytyy.

## **Valmiin työn esittäminen**

Kun olette saaneet työnne valmiiksi, valmistautukaa esittämään se muulle luokalle. Kootkaa esitykseenne tutkimustanne ohjanneet tutkimuskysymykset ja mielestänne tärkeimmät asiat. Voitte käyttää esityksenne tukena esimerkiksi PowerPointia, dokumenttikameraa, liitutaulua tai luokkanne verkko-oppimisympäristöä. Sopikaa etukäteen, kenen vastuulla on mikäkin osa esityksestä.

## **Palaute**

Muiden ryhmien tutkimusten kommentointi kuuluu osana työskentelyprosessia. Palautteesi voi olla esimerkiksi kysymys, kehitysehdotus tai linkkivinkki. Huolehdi, että palautteesi on rakentavaa, eikä sävyiltään loukkaavaa. Palautetta kirjoittaessa on hyvä miettiä, minkälaista palautetta itse haluaisit kuulla. Voit esimerkiksi kertoa, mitkä kohdat tutkimuksessa ovat erityisen onnistuneet tai ovat mielestäsi kiinnostavia. Miten parantaisit tutkimuksen epäselvempiä osia tai mitä lisäisit siihen? Voit myös kysyä tarkennusta sinulle epäselväksi jääneeseen kohtaan tai kertoa, minkälaisen kokonaiskuvan tutkimus mielestäsi antaa.

**Muistakaa, että teillä on opettaja ja muut ryhmäläiset tukemassa teitä koko työn ajan!**

Liite 6. Oppilaan ohje, kertaus alkuperäisryhmissä.

Palatkaa takaisin siihen ryhmään, jossa aloititte tutkimustyöskentelyn. Kertokaa toisillenne esimerkiksi, mitä uutta opitte tämän tutkimustyön aikana, mitä mieltä olette tutkimuksen tekemisestä ja miten teidän ryhmän aihe (esimerkiksi rasvat) näkyi tutkimuksessanne.

Voitte käyttää seuraavia kysymyksiä keskustelun tukena:

- Mitä uutta opit alkuperäisryhmäsi aiheesta? Entä tutkimusryhmäsi aiheesta?
- Mitä opit/huomasit itsestäsi tutkimustyön aikana? (esim. tiedonhakutaitoni..)
- Mitä mieltä olet tutkimusryhmäsi aiheesta ja sen merkityksestä tavallisessa elämässä?
- Mitä mieltä olet tutkimustyön tekemisestä ryhmässä?
- Mikä oli mielenkiintoisinta koko projektin aikana?
- Mitä tekisit toisin?

Liite 7. Oppilaan itsearviointilomake.

Oppilaan nimi \_\_\_\_\_

Ympyröi se numero, joka kuvaa lähinten mielipidettäsi (1=Eri mieltä, 2=Vähän eri mieltä, 3=Vähän samaa mieltä ja 4=Samaa mieltä). Kohdissa 2 ja 6 laita rasti ruutuun ”kyllä”, ”ei” tai ”en tarvinnut apua”.

1. Sovimme yhdessä ryhmän kanssa tavoitteet ennen työskentelyn alkua

1                      2                      3                      4

2. Jaoin työn vastuualueisiin ryhmäläisten kanssa                      kyllä                       ei

3. Jos vastasit KYLLÄ äskeiseen kysymykseen, niin vastaa seuraavaan kysymykseen:

Pidin huolen, että sain hoidettua minulle sovitun vastualueen

1                      2                      3                      4

4. Teimme työtä yhdessä toisia auttaen.

1                      2                      3                      4

5. Oli hyvä, että kaikilla oli erikseen oma vastuualue alkuperäisestä ryhmästä

1                      2                      3                      4

6. Autoin muita ryhmän jäseniä

1                      2                      3                      4

7. Pyysin apua muilta ryhmän jäseniltä                      kyllä                       ei                       en tarvinnut apua

8. Ryhmätyön aihe oli mielenkiintoinen

1                      2                      3                      4

9. Opin paljon uutta tietoa tutkimuksen aiheeseen liittyen

1                      2                      3                      4

10. Ryhmän avulla opin asiat paremmin kuin olisin oppinut yksin opiskellessani

1                      2                      3                      4

11. Ryhmä onnistui mielestäni hyvin tavoitteissaan

1                      2                      3                      4

12. Työn tekeminen oli kiinnostavaa, koska sain itse päättää, mitä kirjoitan työhömmö

1                      2                      3                      4

13. Haluan, että tulevaisuudessakin opiskelemme ryhmissä

1                      2                      3                      4

14. Mitä taitoja opin tai mitkä taitoni kehittyivät?

15. Mihin en ollut työskentelyssäni/ryhmäni työskentelyssä tyytyväinen, mitä voisin tehdä toisin? (mainitse vähintään 2 asiaa)

16. Mikä oli ryhmätyössä erityisen onnistunutta? (mainitse vähintään 1 asia)

17. Tekivätkö kaikki ryhmän jäsenet aktiivisesti töitä? Oliko joku, joka mielestäsi olisi voinut olla ahkerampi? Perustele vastauksesi.

18. Mielestäni ansaitseen tästä ryhmätyöstä arvosanan: \_\_\_\_\_

Perustelut antamalleni arvosanalle:

## Liite 8. Kertausbingo

Ennen aloittamista oppilaat piirtävät vihkoon tai paperille 3 x 3 ruudukon. Ruutujen ei tarvitse olla isoja, sillä kuhunkin ruutuun tulee yksi numero väliltä 1-27. Opettaja näyttää kysymykset esimerkiksi dokumenttikameran avulla yksitellen ja lukee kysymyksen sekä vastausvaihtoehdot ääneen. Oppilaat sijoittavat ruudukkoonsa yhden mielestään oikeata vastausta kuvaavan numeron. Näin edetään läpi kaikki kysymykset. Kun kaikki ruudut on täytetty, käydään vastaukset läpi sattumanvaraisessa järjestyksessä. Vastaukset käydään läpi niin, että opettaja kysyy kysymyksen uudelleen ja oppilaat saavat viittaamalla vastata siihen. Samalla voidaan keskustella oppilaita askarruttavista tai epäselvistä kohdista. Bingo muodostuu kolmesta sivuttaisesta, pysty-, tai vaakarivisestä peräkkäisestä oikeasta vastauksesta. Sattumanvarainen tarkistusjärjestys takaa sen, että bingoa ei voi saada tietämällä vastauksen vain kolmeen ensimmäiseen kysymykseen.

### A. Kiertotalouden toimintaperiaatteisiin kuuluu

1. omistettavien tuotteiden määrän lisääminen
2. raaka-aineiden kierrätys tuotteiden sijaan
3. uusiutumattomien raaka-aineiden käytön vähentäminen ja tehostaminen

### B. Selluloosa on

4. monomeeri
5. hiilihydraatti
6. öljypohjainen tuote

### C. Biopolttoainetta

7. käytettäessä ei tuoteta hiilidioksidipäästöjä
8. ei voi aina luokitella uusiutuvaksi luonnonvaraksi
9. voidaan valmistaa eläin- tai kasviperäisestä biomassasta

### D. Muovit

10. ovat polymeroituneita molekyyliä
11. voidaan aina käyttää uudelleen
12. viedään kierrätyksen lopussa kaatopaikalle, jossa ne maatuva nopeasti

### E. Valkuaisaineet

13. sisältävät aina happoryhmän
14. ovat rakenteeltaan yksinkertaisia suoria ketjuja
15. kestävät hyvin kuumuutta



F. Rasvat

16. koostuvat rasvahapoista, jotka sisältävät aina kaksoissidoksen
17. ovat estereitä
18. ovat nestemäisiä, jos ne koostuvat tyydyttyneistä rasvahapoista

G. Hiilihydraatit

19. sisältävät kaksi molekyyliä
20. tuottavat happea palaessaan
21. koostuvat hiilestä, vedystä ja hapesta

H. Aineellisen uusiutuvan luonnonvaran

22. varantoja on tietty rajallinen määrä
23. virtoihin kuuluu auringonsäteily
24. varannot voi loppua

I. Biokomposiitissa

25. yhdistyvät käytettyjen materiaalien ominaisuudet
26. käytetyt materiaalit liotetaan toisiinsa
27. ei voi käyttää muovia toisena ainesosana

**Oikeat vastaukset:**

A. Kiertotalouden toimintaperiaatteisiin kuuluu

1. omistettavien tuotteiden määrän lisääminen
2. raaka-aineiden kierrätys tuotteiden sijaan
3. **uusiutumattomien raaka-aineiden käytön vähentäminen ja tehostaminen**

B. Selluloosa on

4. monomeeri
5. **hiilihydraatti**
6. öljypohjainen tuote

C. Biopolttoainetta

7. käytettäessä ei tuoteta hiilidioksidipäästöjä
8. ei voi aina luokitella uusiutuvaksi luonnonvaraksi
9. **voidaan valmistaa eläin- tai kasvipöeräisestä biomassasta**

D. Muovit

**10. ovat polymeroituneita molekyyliä**

11. voidaan aina käyttää uudelleen

12. viedään kierrätyksen lopussa kaatopaikalle, jossa ne maatuvat nopeasti

E. Valkuaisaineet

**13. sisältävät aina happoryhmän**

14. ovat rakenteeltaan yksinkertaisia suoria ketjuja

15. kestävät hyvin kuumuutta

F. Rasvat

16. koostuvat rasvahapoista, jotka sisältävät aina kaksoissidoksen

**17. ovat estereitä**

18. ovat nestemäisiä, jos ne koostuvat tyydyttyneistä rasvahapoista

G. Hiilihydraatit

19. sisältävät kaksi molekyyliä

20. tuottavat happea palaessaan

**21. koostuvat hiilestä, vedystä ja hapesta**

H. Aineellisen uusiutuvan luonnonvaran

25. varantoja on tietty rajallinen määrä

26. virtoihin kuuluu auringonsäteily

**22. varannot voi loppua**

I. Biokomposiitissa

**25. yhdistyvät käytettyjen materiaalien ominaisuudet**

26. käytetyt materiaalit liotetaan toisiinsa

27. ei voi käyttää muovia toisena ainesosana

## Liite 9. Monialainen oppimiskokonaisuus

Uudessa persusopetuksen opetussuunnitelmassa nostetaan esille opetuksen eheyttäminen ja laaja-alainen osaaminen, jolla tarkoitetaan ”tietojen, taitojen, arvojen, asenteiden ja tahdon muodostamaa kokonaisuutta”. Laaja-alaisella osaamisella pyritään tiedon- ja taidonalojen ylittävään ja yhdistävään osaamiseen, joka on tärkeä muun muassa ihmisenä kasvamista, opiskelua ja kansalaisena toimista nykypäivänä sekä tulevaisuudessa. (Opetushallitus, 2014) Monialaisessa oppimiskokonaisuudessa ohjataan oppilasta hyödyntämään ja yhdistämään eri oppiaineiden lähestymistapoja, menetelmiä ja sisältöjä. Tarkoituksena on, että oppilaat oppivat hahmottamaan tarkasteltavan asian kokonaisuutena. (Halinen & Jääskeläinen, 2015, s. 33)

Tässä kehittämistutkimuksessa tuotetun opetuskokonaisuuden voisi liittää osaksi monialaista oppimiskokonaisuutta. Samanaikaisesti muissa oppiaineissa voisi käsitellä metsää tai ravintoa kukin omasta näkökulmastaan. Tällöin oppilailla muodostuisi laajempi kokonaisuus aiheesta ja koulussa kokeiltaisiin uuden opetussuunnitelman mukaista oppiaineiden välistä yhteistyöskentelyä. Esimerkkejä samanaikaisesti käsiteltävistä aiheista:

**Biologia:** Kasvin rakenne, metsän eri kehitysvaiheet, metsäekosysteemi, metsien talouskäyttö, kasvien puolustusmekanismit, jokamiehenoikeudet, vierailu metsään

- Aktiviteetti metsävierailulle voisi olla pareittain tai pienissä ryhmissä suoritettava metsäbongarit -tehtävä. Oppilaiden tehtävänä on ottaa kuva esimerkiksi tabletilla yhdestä ekosysteemistä ja viisi kuvaa eliöstä, tuottajasta, hajottajasta sekä ekosysteemin elottomista osista. Oppilaita voi motivoida kuvaamaan kysymällä, saatteko otettua yhtään kuvaa kuluttajasta. Luokassa oppilaat piirtävät vuorovaikutuskaavion aineiden kiertokulutusta kuvaamassaan ekosysteemissä. Piirroksessa on tarkoitus käyttää mahdollisimman monta itse otettujen kuvien eliötä, tuottajaa, hajottajaa ja ekosysteemin elotonta osaa.

**Kotitalous:** Villiyrtilt (esim. kuusenkerkkä, joka sisältää antioksidantteja sekä A- ja C-vitamiineja → teoriaosuudessa voitaisiin käsitellä vitamiinit, antioksidantit ja hivenaineet), vierailu metsään, jolloin kerätään villiyrtiltejä (voidaan myös yhdistää biologian oppitunnilla tapahtuvaan vierailuun), jokamiehenoikeudet, rasvat, sokerit ja proteiinit ruokavaliassa, ravitsemussuositukset

**Terveystieto:** Metsät hyvinvoinnin tukena, vitamiinit, antioksidantit, hivenaineet, rasvat, sokerit ja proteiinit ruokavalion, allergioiden sekä kansantautien ja riskitekijöiden näkökulmasta.

**Historia/Yhteiskuntaoppi:** Puun merkitys Suomen talouden ja kulttuurin historiassa, metsien talouskäyttö, uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat sekä uusiutuvat energialähteet talouden kannalta, länsimaisen kulutusyhteiskunnan vaikutukset ympäristöön, kansalaisen mahdollisuus vaikuttaa päätöksentekoon, globaalitalous.

**Kuvataide:** Toteutetaan yksi oppitunti ulkona, esimerkiksi metsässä, jolloin oppilaat voivat havainnoida luontoa ja aloittaa luontoaiheisen työ tekemisen.

**Fysiikka:** Lämpöoppi, aineen lämpösisältöön liittyvät laskutoimitukset, eri energialähteiden lämpösisältöjen laskeminen ja vertailu.

**Maantieto:** Kasvillisuusvyöhykkeet, metsätyypit, luonnon ja ihmisen välinen vuorovaikutus, metsät luonnonvarana, metsän talouskäyttö

**Tekninen käsityö:** Eri puulajien väliset erot ja käyttö puutuotteiden valmistuksessa.

**Tekstiilityö:** Teko- ja luonnonkuitujen erilaiset ominaisuudet, käyttö eri tuotteiden valmistukseen ja niistä valmistettujen vaatteiden hoito-ohjeet.