

Lentotuhkan hyötykäytön tehostaminen UPM:n Jokilaakson tehtailla

Pekka Rantala

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2020
Tekniikan ja liikenteen ala
Teknologiaosaamisen johtaminen

Tekijä(t) Rantala Pekka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä 18.03.2020
	Sivumäärä 59	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Lentotuhkan hyötykäytön edistäminen UPM:n Jokilaakson tehtailla		
Tutkinto-ohjelma Teknologiaosaamisen johtaminen		
Työn ohjaaja(t) Jouni Jurvelin, Päivi Korpivaara		
Toimeksiantaja(t) UPM Kymmene Oyj, Jokilaakson tehtaot		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää keinoja UPM Jokilaakson tehtaiden voimalaitoksilla syntyvän lentotuhkan hyötykäytön parantamiseksi. UPM:n yksi ympäristötavoitteista on ollut vuodesta 2016 alkaen olla yhtiö, joka ei loppusijoita mitään prosessijätettä pysyvästi kaatopaikalle. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on löytää keinoja asetetun tavoitteen täyttymiseksi myös tulevaisuudessa.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin noudattaen liiketoimintasuunnitelman laatimiseen kehitettyä systemaattista mallia. Opinnäytetyössä perehdyttiin lentotuhkien potentiaalisiksi todettujen hyödyntämistapojen mahdollisiin parantamiskeinoihin suorittamalla työmaakäyntejä, tutustumalla lukuisiin selvityksiin ja haastattelemalla alan asiantuntijoita.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin kehitysehdotuksia lentotuhkien hyödyntämisen varmistamiseen, muun muassa laatuvaihtelujen minimoimiseksi sekä saatavuuden varmistamiseksi. Opinnäytetyön keskeisempänä johtopäätöksenä voidaan todeta, että hyötykäyttöön toimitettavan tuhkan laatua pitää voida mitata jo voimalaitoksella. Mittausmenetelmän tulisi soveltua päivittäiseen käyttöön ja sen olisi oltava riittävän luotettava.</p> <p>Opinnäytetyön raportissa on tarkasteltu esiin tulleita keskeisiä tuhkan hyödyntämiseen liittyviä vahvuuksia, mahdollisuuksia, uhkia sekä heikkouksia SWOT-analyysin avulla. Raportissa on esitetty myös keinoja tuhkan laadun parantamiseen eri käyttötarkoituksiin.</p> <p>Voimalaitoksilla käytettävät polttoaineet, poltto-olosuhteet sekä vallitseva lainsäädäntö ovat määräävässä asemassa tuhkien hyödyntämisen kehityksessä. Yhteiskunnan asettamat ilmastotavoitteet ja kiertotalouden kehittäminen tukevat lentotuhkien hyötykäytön lisääntymistä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Lentotuhka, hyötykäyttö, kierotalous, ilmastomuutos		
Muut tiedot		

Author(s) Rantala, Pekka	Type of publication Master's thesis	Date 18.03.2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 59	Permission for web publication: x
Title of publication Promoting fly ash recovery at UPM Jämsä river mills		
Degree programme Master's degree Programme in Technological Competence Management		
Supervisor(s) Jurvelin, Jouni, Korpikoski, Päivi		
Assigned by UPM Kymmene Oyj, Communication Papers Oy Jämsä River Mills		
Abstract <p>The objective of the thesis was to find ways to improve the utilization of fly ash generated at the UPM Jämsä River Mills power plants. One of UPM's environmental goals since 2016 has been to be a company that does not dispose of any process waste in a landfill. The purpose of the thesis was to find ways to achieve this goal in the future.</p> <p>The thesis was conducted in accordance with the systematic model developed for the preparation of the business plan. The thesis explored possible ways to improve the potential for fly ash recovery by conducting site visits, reviewing numerous studies, and interviewing industry experts.</p> <p>As a result of the thesis, development proposals were made to ensure the utilization of fly ash, including minimizing quality variations and ensuring availability. The main conclusion of the thesis is that the quality of the ash delivered for recovery must already be measurable at the power plant. The measurement method should be suitable for daily use and should be sufficiently reliable.</p> <p>The report presents the main strengths, opportunities, threats and weaknesses related to ash utilization through a SWOT analysis. The report also outlines ways to improve the quality of ash for various uses.</p> <p>Fuels used in power plants, combustion conditions and prevailing legislation play a decisive role in the development of ash recovery. Society's climate targets and the development of a circular economy support the increased use of fly ash.</p>		
Keywords/tags (subjects) Fly ash, recovery, circular economy, climate change		
Miscellaneous		

Sisältö

1	JOHDANTO.....	5
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	6
	2.1 Kaipola	7
	2.2 Jämsänkoski	9
3	YMPÄRISTÖLIIKETOIMINTA	10
	3.1 Käsitteitä.....	12
	3.1.1 Kierrätys.....	12
	3.1.2 Hiilijalanjälki.....	12
	3.1.3 Ympäristötuoteseloste (EPD).....	13
	3.1.4 Elinkaariarviointi (LCA).....	13
	3.2 Ympäristöliiketoiminnan toimintaympäristö	15
	3.2.1 Ilmansuojelu	16
	3.2.2 Vesien suojelu.....	16
	3.2.3 Maaperän käsittely ja suojelu.....	17
	3.2.4 Energia	17
	3.2.5 Raaka-aineet ja materiaalin käyttö.....	18
	3.2.6 Jätehuolto ja kierrätys	19
4	LIIKETOIMINTASUUNNITTELUN TEORIAA	19
	4.1 Kilpailukyky	19
	4.1.1 Kilpailukyvyn arviointi ja kehittäminen	20
	4.1.2 Reaalinen kilpailukyky	20
	4.1.3 Hintakilpailukyky.....	21
	4.2 Liikeidea.....	21
5	VOIMALAITOSTUHKIEN HYÖTYKÄYTÖN MAHDOLLISUUDET	22
	5.1 Ohjaava lainsäädäntö	22
	5.1.1 Lannoitevalmistelaki ja –asetus.....	22
	5.1.2 Maanrakennusasetus	24

		2
6	MARKKINA – JA KILPAILUTILANNE YLEISESTI	25
7	TOIMINTAYMPÄRISTÖN JA TOIMIALAN YLEISET KEHITYSENNUSTEET	27
	7.1 Jätevero	27
	7.2 Sivutuote	27
8	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	29
	8.1 Käytetyt menetelmät	29
	8.2 Laitosvierailut, työmaakäynnit sekä haastattelut	29
9	CASE UPM KYMMENE OYJ JOKILAAKSON TEHTAAT	30
	9.1 Toimintaympäristö maanrakennustuhkan osalta	32
	9.2 Toimintaympäristö tuhkan maa- ja metsätalouskäytön kannalta	34
10	LIIKETOIMINTAVAIHTOEHDOT	36
	10.1 Potentiaaliset asiakkaat.....	37
	10.1.1 Maa- ja metsätalouskäyttö.....	37
	10.1.2 Maanrakennus.....	38
11	KILPAILIJA - ANALYYSI.....	39
	11.1 Maanparannus	39
	11.2 Maanrakennus.....	41
12	MARKKINAPOTENTIAALI	42
	12.1 Maanparannus	42
	12.2 Maanrakennus.....	43
13	MAHDOLLISET KEHITTÄMISTOIMENPITEET	45
	13.1 Yritysmuoto ja omistus.....	45
	13.2 Henkilöstö.....	45
	13.3 Tarvittavat toimitilat.....	45
	13.4 Tarvittavat pääoma, koneet ja laitteet.....	46
	13.4.1 Laitteinvestointien kustannusesimerkkejä	46
	13.4.2 Lentotuhkan jaottelu eri jakeisiin	47
14	SWOT-ANALYYSI	48

14.1 UPM Jokilaakson tehtaiden voimalaitoksien lentotuhkan hyödyntämisen SWOT analyysi	50
14.2 Pohdintaa SWOT- Analyysin perusteella.....	51
14.2.1 Vahvuudet.....	51
14.2.2 Heikkoudet.....	51
14.2.3 Mahdollisuudet.....	53
14.2.4 Uhat	54
15 JOHTOPÄÄTÖKSET	55
Lähteet.....	59

Kuviot

Kuvio 1 Kaipolan tehdasalueen toiminnot. (UPM arkisto, 2018).....	8
Kuvio 2 Jämsänkosken paperiehtaan toiminnot. (UPM arkisto, 2018).....	9
Kuvio 3 Ympäristöliiketoiminnan liikevaihto Suomessa vuosina 2017 – 2018 (Tilastokeskus, 2018)	11
Kuvio 4 Eräälle työmaalle toimitettavan sideaineen hiilijalanjäljen laskelmaan sisällytetään tuotteen elinkaaren tuotevaihe (A1-A3) ja sideaineen kuljetus työmaalle.....	15
Kuvio 5. Periaatekuva Aalto yliopiston ja TAPION metsäautotien perusparannushankkeen toteutuksesta. (Tapio, 2014)	32
Kuvio 6 Maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärä vuosina 2013 – 2018. (Suomen luonnonvarakeskus, 2019)	35
Kuvio 7 Syvästabilointimäärät Suomessa 1985 – 2018 miljoonaa kuutiometriä.....	44
Kuvio 8 Kuvaus SWOT-analyysin nelikentästä.....	49
Kuvio 9 UPM Jokilaakson tehtaiden voimalaitoksien lentotuhkien hyödyntämisen SWOT analyysi. (Rantala, 2020)	51

Taulukot

Taulukko 1 . Lannoiteasetuksen liitteessä IV on määrätty lannoitevalmisteiden haitallisista aineista. ((Vna 24/11, 2018).....	Error! Bookmark not defined.
Taulukko 2 Maanrakennusasetuksessa määritettyjen rakenteiden kerrospaksuudet. (Valtioneuvoston asetus 843/2017, 2018).....	25

1 JOHDANTO

UPM Kymmene Oyj on ilmoittanut tavoitteekseen olla toimittamatta mitään sen tuotantoprosesseissa syntyvää jätettä loppusijoitukseen kaatopaikalle (UPM Vuosikertomus 2018). Kiertotalouden edistäminen on syy tähän tavoitteeseen. Toisen jäte voi olla toiselle arvokas raaka-aine. Kiristyneet kaatopaikkojen rakennevaatimukset, hyväksyttävien kaatopaikka-alueiden löytäminen sekä jäteverovelvoite on ohjannut teollisuuden jätehuollonjärjestämistä voimakkaasti siihen suuntaan, että jätteet ovat taloudellisempaa ohjata hyötykäyttöön kaatopaikkaläjityksen sijaan. Opinnäytetyön toimeksiantaja, UPM-Kymmene Oyj Jokilaakson tehtaat, Jämsänkoski ja Kaipola on asettanut omaksi ympäristötavoitteekseen saada voimalaitoksella syntyvä kiinteän polttoaineen lentotuhka hyötykäyttöön. Voimalaitostuhkaa, jatkossa lentotuhkaa, syntyy vuosittain useita kymmeniä tuhansia tonneja. Energiantuotannossa syntyy myös pohjatuhkaa, mutta sen määrä ei ole merkittävä, vain noin tuhat tonnia vuodessa.

UPM-Kymmene Oyj Jokilaakson paperitehtaiden energiantuotannon pääasialliset polttoaineet ovat turve sekä metsätähteet ja muut puuperäiset polttoaineet, kuten kuori, puru sekä prosessissa syntyvät kuitulietteet. Raskas polttoöljy on pääasiassa tukipolttoaine, jonka käyttö on hyvin vähäistä.

Kyseisten polttoaineiden poltossa syntyvät tuhkat ovat hyödynnettävissä maanparannusaineena peltoviljelyyn, lannoiteteollisuuden raaka-aineena sekä monipuolisesti maan rakennuksessa. Hyödyntämismahdollisuuksia on selvitetty esimerkiksi betonin- sekä sementinvalmistuksen lisäaineena. Tuhkan on todettu kelpaavan myös asfaltin tuotannon lisäaineeksi.

Tässä opinnäytetyössä pyritään löytämään ratkaisumalleja lentotuhkien hyötykäyttöön kustannustehokkaalla ja kiertotaloutta edistävällä tavalla. Loppusijoitus kaatopaikalle ei ole vaihtoehto hyödyntämiskelpoiselle tuhkalta.

Käytännössä kaikki syntyvä tuhka on ohjattu hyötykäyttöön vuodesta 2010 alkaen. Laajasta yhteistyöverkosta huolimatta pysyvää ja taloudellisesti kannattavaa liiketoimintamallia ei ole onnistuttu rakentamaan.

Tavoitteena tässä opinnäytetyössä on selvittää millä toimenpiteillä lentotuhkan hyötykäyttöön ohjausta voidaan parantaa ja millaisiin käyttötarkoituksiin tuhkia kannattaa ohjata. Työssä keskitytään lannoite- sekä maanrakennusliiketoiminnan, ja sideainvalmisteiden valmistuksen tarjoamiin mahdollisuuksiin. Tavoitteena on saada lentotuhkat pysyväksi osaksi näissä prosesseissa käytettäviä materiaaliveirtoja. Tarkoitus on perehtyä valittujen ympäristöliiketoiminta-alueiden toimintaympäristöön liiketoimintasuunnitelman rakennetta ja systematiikkaa hyväksi käyttäen.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

UPM-Kymmene Oyj

UPM-Kymmene Oyj on yksi maailman johtavista metsäteollisuuskonserneista. Tuotantolaitoksia on 54 kappaletta 12 eri maassa. Liiketoimintaa on kuudella liiketoiminta-alueella: UPM Biorefining, UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Specialty Papers, UPM Communication Papers ja UPM Plywood. Yhtiössä työskentelee noin 19 000 henkilöä ja vuosittainen liikevaihto on noin 10,5 miljardia euroa. UPM:n osakkeet on listattu Nasdaq Helsinki Oy:ssä.

Metsäteollisuustuotteiden arvoketjussa UPM on mukana luomassa kiertotalouden ratkaisuja. UPM:n sellu- ja paperitehdasintegraattien sivuvirtojen tutkimushankkeissa selvitetään, kuinka sivuvirrat, kuten liete, tuhka ja soodasakka voidaan hyödyntää entistä tehokkaammin (UPM vuosikertomus 2018).

Jokilaakson tehtaat, Jämsänkoski ja Kaipola

Opinnäytetyön toimeksiantaja, UPM:n Jokilaakson tehtaat, Jämsänkoski ja Kaipola, koostuu kahdesta erillisestä yhtiöstä. UPM Specialty Papers Oy ja UPM Communication Papers Oy. Yhdessä nämä muodostavat kokonaisuuden, jossa toimii yhteensä kuusi paperikonetta. Communication Papers Oy Jämsänkoskella valmistetaan päälly-

tämätöntä aikakauslehtipaperia sekä UPM Specialty Papers Oy Jämsänkoskella valmistaa tarra- ja pakkauspapereita. UPM Communication Papers Oy valmistaa Kaipolassa päällystettyä aikakauslehtipaperia sekä luettelo- ja sanomalehtipaperia. Molempiin tehdasyksiköihin kuuluvat lisäksi kuorimo, kuumahiertämö, vesilaitos, biologinen jätevedenpuhdistamo sekä voimalaitos. Kaipolassa toimii lisäksi keräyspaperin siistauslaitos. Tehtaiden yhteenlaskettu vuosikapasiteetti on 1 345 000 tonnia. Joki-laakson tehtaiden palveluksessa työskentelee noin 870 henkilöä. Paperintuotannosta noin 95 % menee vientiin.

UPM Specialty Papers Oy hallinnoi Jämsänkosken voimalaitosta ja UPM Communication Papers Oy hallinnoi Kaipolan voimalaitosta. Laitoksilla on käytössä yksi yhteinen kaatopaikka, Vierelä, joka sijaitsee Jämsänkoskella noin 5 km päässä Jämsänkosken tehtaasta ja 20 km päässä Kaipolan tehtaasta. Kaatopaikalle saa ympäristöluvan mukaisesti loppusijoittaa lento- ja pohjatuhkaa enintään 70 000 tonnia vuodessa.

2.1 Kaipola

Tuotanto ja raaka-aineet

Kaipolan tuotantolaitos käsittää kolme paperikonetta, kaksilinjaisen kuorimon, kaksi kuumahiertämöä (TMP), siistaamon, vesilaitoksen ja biologisen jätevedenpuhdistamon. Sanomalehti- ja luettelopaperin pääraaka-aineet ovat kuusipuusta valmistettu kuumahierre, keräyspaperista valmistettu siistattu uusiomassa ja täyteaineet. Päällystetyn aikakauslehtipaperin pääraaka-aineet ovat kuumahierre, ostosellu sekä täyte- ja päällystysaineet. Tehdasalueella sijaitsee voimalaitos, joka tuottaa prosessihöyryä ja sähköä paperitehtaan tarpeisiin sekä kaukolämpöä (kuvio 1).



Kuvio 1 Kaipolan tehdasalueen toiminnot. (UPM arkisto, 2018)

Tehtaan tuotantokapasiteetti on noin 780 000 tonnia paperia vuodessa.

Paperitehtaan tärkein raaka-aine on kuusipuu, jota käytetään noin vuosittain noin 800 000 m³. Tästä määrästä sahoilta tulevan hakkeen osuus on noin 40 %, loppu on pyöreää puuta, joka kuoritaan tehtaan kuorimolla ja syntyvä kuori ohjataan polttoon omalle voimalaitokselle. Keräyspaperista valmistettavan siistatun uusiomassan tuotantokapasiteetti on 250 000 tonnia. Sellua sekä mineraalisia täyte- ja päällysteaineita käytetään vuosittain noin 100 000 tonnia.

Kaipolan Voimalaitoksella toiminnassa ovat kiinteän polttoaineen pääkattila K5 (1991, uusittu 2006) sekä öljykäyttöiset vara- ja huippukattilat K4 (1986) ja K6 (2000). Kiinteän polttoaineen kattilassa syntyy lentotuhkaa vuosittain noin 30 000 tonnia ja pohjatuhkaa (leijupetihiekkaa) syntyy noin 500 tonnia. Lisäksi höyryä tuotetaan kuumahierteen valmistusprosessissa syntyvän lämmön talteenotoissa.

2.2 Jämsänkoski

Tuotanto ja raaka-aineet

UPM Kymmene Oyj:n Jämsänkosken tuotantolaitos käsittää kolme paperikonetta, yksilinjaisen kuorimon, kaksi kuumahiertämöä, vesilaitoksen ja biologisen jätevedenpuhdistamon. Tehdasalueella sijaitsee voimalaitos, joka tuottaa prosessihöyryä ja sähköä UPM:n paperitehtaan tarpeisiin (kuvio 2).



Kuvio 2 Jämsänkosken paperitehtaan toiminnot. (UPM arkisto, 2018)

Tehtaan tuotantokapasiteetti on noin 680 000 tonnia vuodessa, josta erikoispapereita (tarra- ja pakkauspaperit) noin kolmasosa ja SC-aikakauslehtipapereita kaksi kolmasosaa. SC-paperin pääraaka-aineet ovat hierre, ostosellu ja täyteaineet. Erikoispapereiden pääraaka-aineet ovat ostosellu, täyteaineet sekä päällystyspigmentit- ja lateksit.

Kuusipuu, jota käytetään vuosittain noin 700 000 m³, kuoritaan omassa kuorimossa ja kuori ohjataan voimalaitokselle polttoon. Kuoritusta puusta valmistettua kuumahierrettä tuotetaan paperikone 6 tarpeisiin enimmillään 250 000 tonnia vuodessa.

Jämsänkosken voimalaitoksella toiminnassa ovat kiinteään polttoaineen pääkattila K5 sekä öljykäyttöiset vara- ja huippukattilat K3 ja K4. Kiinteään polttoaineen kattilassa syntyy lentotuhkaa noin 15 000 tonnia ja pohjatuhkaa noin 500 tonnia vuodessa.

Lisäksi höyryä tuotetaan kuumahierteen valmistusprosessissa syntyvän lämmön talteenotoissa.

3 YMPÄRISTÖLIIKETOIMINTA

Tilastokeskus määrittelee ympäristöliiketoiminnan seuraavasti: ”Ympäristöliiketoiminnalla tarkoitetaan toimintaa, joka liittyy ympäristön pilaantumista estävään tai luonnonvaroja säästävään tuotantoon. Ympäristöteknologia on osa ympäristöliiketoimintaa. Ympäristöliiketoiminta voi olla tietyn yrityksen pää- tai sivuliiketoimintaa. Ympäristöliiketoiminta ei ole oma toimialansa, vaan tuotanto on hajautunut useaan eri toimialaluokkaan.” (Tilastokeskus 2020)

Suomen Elinkeinoelämän Keskusliiton arvion mukaan suomalaisia ympäristöalan yrityksiä on noin kaksi tuhatta. Ympäristöliiketoiminta ei muodosta erillistä toimialaa. Elinkeinoelämän keskusliiton mukaan kyse on ympäristönäkökulmat huomioivista liiketoimintamalleista, jotka voi syntyä kaikilla talouden osa-alueilla. Ympäristöliiketoimintaa kuvataan erilaisilla termeillä. Puhutaan energia- ja ympäristöliiketoiminnasta, cleantechistä tai vihreästä taloudesta. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2019)

”Ympäristöliiketoiminnan yritykset Suomessa kytkeytyvät usein ns. perinteisiin toimialoihin kuten metsäteollisuuteen, energiantuotantoon tai konepajateollisuuteen. Kysynnän laajentuminen ja uusien innovatiivisten kasvuyritysten mukaantulo on myös monipuolistanut yritys kenttää.” (Elinkeinoelämän keskusliitto 2019)

Esimerkkejä suomalaisesta cleantech-osaamisesta:

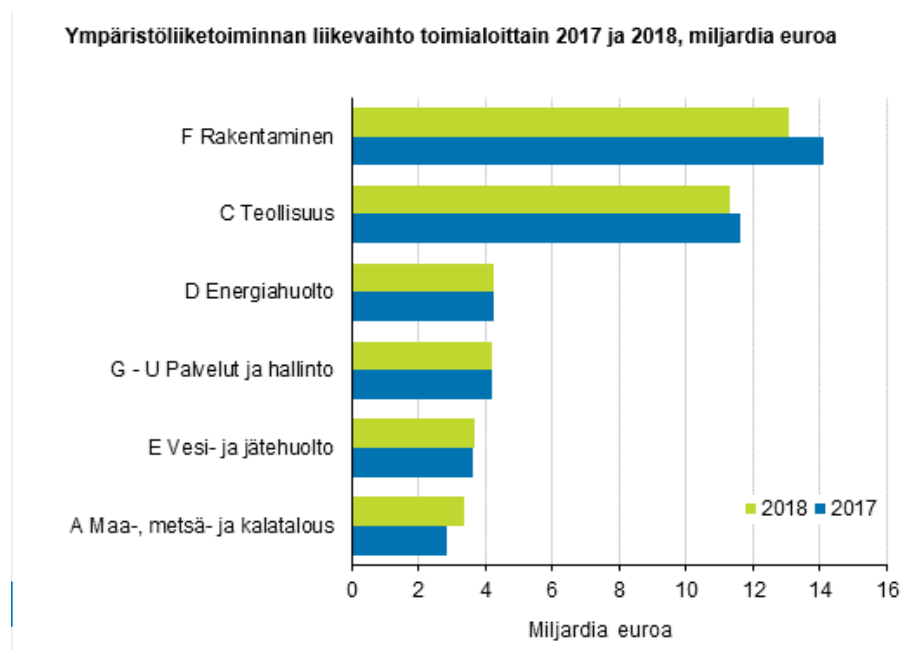
- uusiutuva energia
- biotalous
- vesiosaaminen
- energiatehokkaat prosessit, koneet ja laitteet
- jätehuolto ja kierrätys

- kestävä kaupunkirakentaminen
- luontomatkailu.

(Lähde; Elinkeinoelämän keskusliitto)

Julkinen valta pyrkii toimillaan edistämään taloudellisten ja inhimillisten tarpeiden yhteensovittamista. Ohjaava lainsäädäntö ja julkisen vallan toteuttama yritystoiminnan sääntely pakottavat yrityksiä ja yhteisöjä sisällyttämään luontoa rasittavan toiminnan tuotantokustannuksiinsa. Ympäristöpolitiikan avulla julkinen valta on tehnyt mahdolliseksi ympäristöliiketoiminnan toimivuuden markkinoilla. Muun muassa näiden toimen avulla ympäristöliiketoiminnan tuotteille ja palveluille onkin kehittynyt kysyntää liiketoiminnan piirissä. Useat yritykset harjoittavat ympäristöliiketoimintaa, eli tarjoaa eri tyyppisiä tuotteita, laitteita, palveluja tai toimintamalleja, joilla voidaan vähentää, tai jopa poistaa ympäristövaikutuksia.

Ympäristöliiketoiminnan liikevaihto suomessa vuosina 2017 - 2018



Kuvio 3 Ympäristöliiketoiminnan liikevaihto Suomessa vuosina 2017 – 2018. (Tilastokeskus, 2018)

Tilastokeskuksen mukaan suomen ympäristöliiketoiminnan liikevaihto oli 40 miljardia vuonna 2018 (kuvio 3). Suurimmat toimialat ovat rakentaminen ja teollisuus.

Kuten kuvio 3 osoittaa, ympäristöliiketoiminta ei rajoitu vain tiettyihin toimialoihin, vaan ympäristölle suotuisia ja ekotehokkaita tuotteita ja ratkaisuja kehitetään kaikilla toimialoilla. Ympäristöliiketoiminnan parissa tehtiin 160 000 henkilötyövuotta vuonna 2018, josta pelkästään rakentamisen osuus oli 59 000 henkilötyövuotta. Toimialalla on merkittävä rooli suomalaisessa yhteiskunnassa, se tarjoaa työtä ja säästää luonnonvaroja. (Tilastokeskus 2018)

Luonnonvarojen kysyntä ja jatkuvasti kasvavat ympäristöongelmat ovat synnyttäneet maailmanlaajuisesti tarpeen ottaa käyttöön teknologioita ja toimintatapoja, joiden avulla saadaan vähennettyä ympäristön kuormitusta ja pystytään edistämään ekotehokkuutta. Tämä näkyy maailmanlaajuisesti ympäristöliiketoiminnan voimakkaana kasvuna.

Ympäristöteknologian maailmanmarkkinoiden arvioidaan olevan nyt reilun 2 000 miljardin euron suuruiset ja niiden arvioidaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2025 mennessä. (Cleantechin maailmanmarkkinat, Kaisa Hedberg 2015)

3.1 Käsitteitä

3.1.1 Kierrätys

Kierrätys tarkoittaa materiaalin, esineen tai muun kulttuurillisen asian käyttämistä hyödyksi uudessa yhteydessä. Kierrätyksellä voidaan tarkoittaa jätteen hyötykäyttöä tuotteiden valmistuksessa. Kierrätyksellä voidaan korvata neitseellisten raaka-ainesten kulutusta, minkä vuoksi se on ympäristöä säästävä ratkaisu. (Ramboll Finland Oy, Magda Horvat, Juha Forsman, 2020)

3.1.2 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälkilaskenta on muodostunut viime vuosina keskeiseksi työkaluksi kehittää vastuullista liiketoimintaa. Se on mittausmenetelmä, jolla voidaan määrittää organisaation, toiminnan tai tuotteen kasvihuonekaasupäästöt. Kasvihuonekaasupäästöt

voivat aiheutua esimerkiksi kuljetuksista, energiankulutuksesta, käytetyistä materiaaleista ja syntyneistä jätteistä.

Laskennan tulokset kertovat kriittisimmät ilmastovaikutusten aiheuttajat, jolloin päästöjä pienentävät toimet voidaan kohdistaa oikein. Ilmastovaikutusten vähentäminen tuo mukanaan taloudellisia säästöjä, kun esimerkiksi energian käyttö tai logistiikka tehostuu. Hiilijalanjälki toimii mittarina arvoketjun ja toiminnan tehokkuuden kehittämisessä.

Laskennan tuloksia voidaan hyödyntää suunnittelussa, hankinnoissa, markkinoinnissa ja myynnissä, henkilöstöjohtamisessa, ympäristöraportoinnissa sekä ympäristömyönteisen yrityskuvan rakentamisessa. (Lähde: Ramboll Finland Oy, Magda Horvat, Juha Forsman, 2020)

3.1.3 Ympäristötuoteseloste (EPD)

Ympäristötuoteseloste on standardoitu tapa esittää olennaiset tiedot valmistetun tuotteen tai tuoteryhmän ympäristövaikutuksista. Tiedot ovat verrannollisia ja ne voidaan varmentaa kolmannen osapuolen toimesta. Tuoteselosteen tiedot ovat kysytyjä erityisesti rakennusalalla ja sitä voi hyödyntää sellaisenaan B-to-B myynnissä. (Ramboll Finland Oy, Magda Horvat, Juha Forsman, 2020)

3.1.4 Elinkaariarviointi (LCA)

Elinkaariajattelussa kerätään tietoa tuotteen elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista riskien välttämiseksi ja parannusten aikaansaamiseksi. Elinkaariarvioinnit kehitettiin selvittämään tuotteiden ympäristövaikutuksia. Näiden arviointien perusteella voidaan vertailla tuotteiden välisiä ympäristövaikutuksia, kun ne on analysoitu vertailukelpoisesti.

Tuotteille myönnetyt ympäristömerkit perustuvat tuotteiden ympäristövaikutusten elinkaaritarkasteluun. Elinkaariarviointia käytetään myös vertailtaessa vaihtoehtoja

hankinnoissa, teollisuuden prosessien ja palvelujen kehittämisessä. Elinkaariarviointien avulla tarkastellaan Investointien pitkäaikaisia ympäristövaikutuksia.

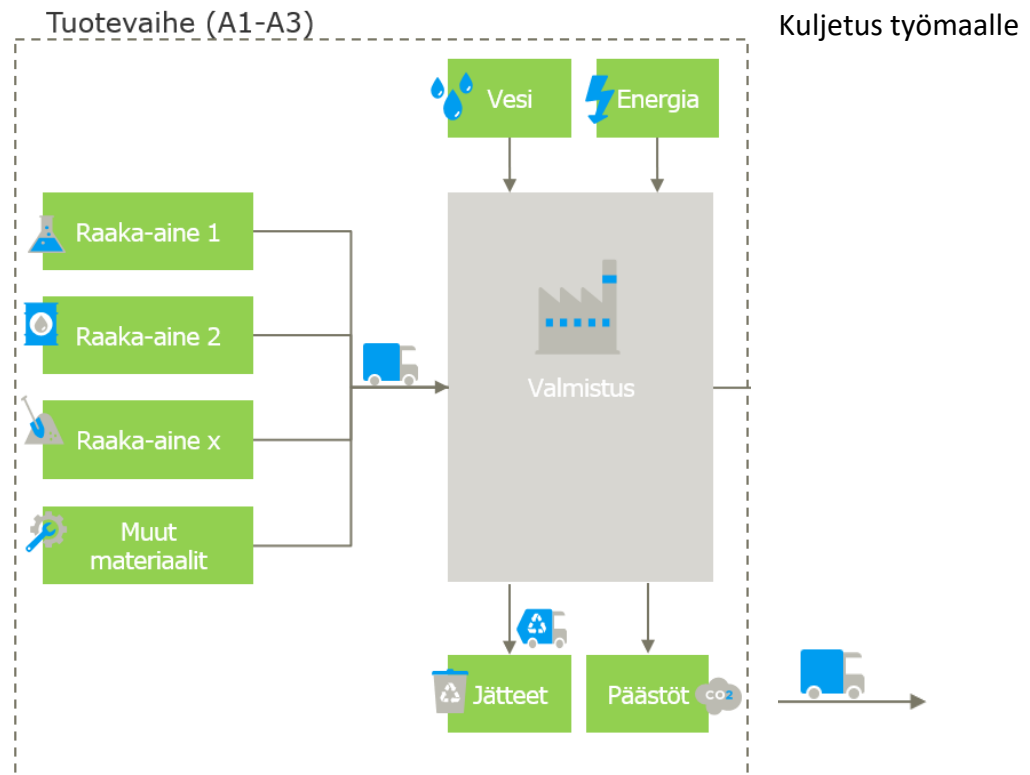
Elinkaariarviointien tuloksia voidaan hyödyntää myös tiedottamisessa ja markkinoinnissa. (www.ymparisto.fi, 2020)

Elinkaariarviointi eli LCA (Life Cycle Assessment) on standardoitu menetelmä tuotteen koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten selvittämiseksi. Elinkaariarviointilaskelmaan sisällytetään tuotteen elinkaaren vaiheet ”kehdosta hautaan” periaatteella seuraavan järjestelmärajauksen mukaisesti:

- tuotevaihe (A1-A3),
- rakentamisvaihe (A4-A5),
- käyttövaihe (B1-B7),
- purkuvaihe (C1-C4)
- elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D).

Elinkaariarvioinnin tulokset voidaan dokumentoida ympäristötuoteselosteeseen (Environmental Product Declaration, EPD). (Ramboll Finland Oy, Magda Horvat, Juha Forsman, 2020)

Alla olevassa kuviossa (kuvio 4), on havainnollistettu erään sideaineen valmistuksen hiilijalanjäljen laskennassa huomioon otavat osaprosessit.



Kuvio 4 Eräälle työmaalle toimitettavan sideaineen hiilijalanjäljen laskelmaan sisällytetään tuotteen elinkaaren tuotevaihe (A1-A3) ja sideaineen kuljetus työmaalle.

(Ramboll Finland Oy, Magda Horvat, Juha Forsman, 2020)

3.2 Ympäristöliiketoiminnan toimintaympäristö

Suomen ympäristökeskuksen mukaan ympäristöliiketoiminta ja -teknologia voidaan jakaa seuraaviin osa-alueisiin. Lisäksi on joukko muitakin alueita, esimerkiksi ympäristömelu, hajuhaitat jne.

- Ilmansuojelu
- vesien suojelu
- energia
- raaka-aineet ja materiaalin käyttö
- jätehuolto ja kierrätys

(www.ymparisto.fi, 2020)

3.2.1 Ilmansuojelu

Ilmansuojelun tavoitteena on ehkäistä ilman pilaantumista, suojella luontoa ja ihmisten terveyttä sekä hyvinvointia. Ilmansuojelua ohjaavina keinoina ovat ympäristönsuojelulainsäädäntö ja valtioneuvoston hyväksymä kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030.

Suurimpia ilmansaasteiden päästölähteitä ovat liikenne, energiantuotanto ja teollisuus. Ilmansaasteita kulkeutuu myös kaukokulkeumana. Katupöly ja liikenteen pakokaasut ovat kaupunkien ilmanlaatuun erityisesti vaikuttavat tekijät. Paikallisesti myös asunnoissa tapahtuva pienpuun poltto vaikuttaa ilmanlaatuun.

Päästöjä on kyetty vähentämään uusilla puhdistintekniikoilla, polttoaineen käytön rajoituksilla sekä niiden laatuvaatimuksilla. Esimerkiksi typen oksidien päästöjä kyetään vähentämään muutoksilla laitosprosesseissa. Katupölyn torjuntaa voidaan vähentää käyttämällä esimerkiksi liukkaudentorjunnassa hiekan sijaan kemikaaleja. Energiankäyttö ja liikennemäärät ovat kuitenkin jatkuvassa kasvussa, mikä hidastaa suotuisaa kehitystä. (www.ymparisto.fi, 2020)

3.2.2 Vesien suojelu

Pintavesien kuormitus on alentunut Suomessa jätevesien käsittelyn ja puhdistusprosessien ansiosta. Myös haitallisten kemiallisten yhdisteiden käyttöä on rajoitettu mm. vesipuidedirektiiviin avulla. Vesien tilassa on edelleen parantamisen varaa. Hajakuormitus osaltaan rehevöittää vesistöjä.

Ympäristöministeriö käynnisti vuonna 2019 vesiensuojelun tehostamisohjelman. Sen tavoitteena on tehdä Suomesta maailman parhaan vesiensuojelijan. Eduskunta on myöntänyt hankkeelle rahoitukseksi 69 miljoonaa euroa vuosiksi 2019 – 2023.

Vesienhoidon järjestämistä varten on muodostettu vesienhoitoalueet. Kullakin vesienhoitoalueella laaditaan oma vesienhoitosuunnitelma ja toimenpideohjelma tavoitetilan saavuttamiseksi.

Pohjavesien suojelun tavoitteena on turvata hyvälaatuisen talousveden saanti. Luonnonilaiset pohjavedet halutaan säilyttää ja huonontuneen pohjaveden laatua parannetaan. (www.ymparisto.fi, 2020)

3.2.3 Maaperän käsittely ja suojelu

Maaperä koostuu mineraalipartikkeleista, orgaaninen aineksesta, ilmasta, vedestä ja eliöistä. Mineraalipartikkelit muodostuvat kallioperästä (ja sedimenteistä) kemiallisen rapautumisen ja biokemiallisten reaktioiden seurauksena. Orgaaninen aines syntyy kuolleiden kasvinosien tai eliöiden hajoamisesta. Maaperän on monimutkainen, vaihteleva ja elävä ympäristö.

Maaperänsuojelun tavoitteena on turvata maaperän ravinnon- ja puuntuotannon kannalta olennaisen viljavuuden säilyminen. Tavoitteena on myös arvokkaiden maisema-alueiden sekä geologisesti, kulttuurihistoriallisesti tai arkeologisesti tärkeiden kohteiden säilyminen.

Maaperänsuojelun tarkoituksena on ehkäistä ennalta maaperän vaurioitumista, ylläpitää maaperän arvoja elinympäristönä, luonnonvarana ja kulttuuriperinnön säilyttäjänä, sekä kunnostaa jo vaurioituneita alueita ja estää haittojen leviäminen.

(www.ymparisto.fi, 2020)

Maaperänsuojelussa käytettäviä ohjauskeinoja ovat lainsäädäntö, kaavoitus, YVA-lain mukainen ympäristövaikutusten arviointi, lupakäsittely ja valvonta sekä eräät maksut ja verot. Kansallisesti yleiset tavoitteet maaperänsuojelulle on määritelty Maaperänsuojelun tavoitteet –mietinnössä. (www.ymparisto.fi)

3.2.4 Energia

Energiankulutus kasvaa vastakkaisesta tavoitteesta huolimatta. Tavoitteena on vähentää kulutusta. Energiantuotantoa ja -kulutusta on tehostettu ja säästötoimia to-

teutettu. Energiatehokkuuden parantaminen, eli tuotteen valmistaminen entistä pienemmällä energiamäärällä, on taloudellisesti järkevää ja samalla päästöt ympäristöön vähenevät.

Energiatehokkuus on otettava huomioon osana yritysten ympäristölupaa. Ympäristönsuojelulain mukaan energiatehokkuuden kehitystä on tarkasteltava yhdessä muiden ympäristövaikutusten kanssa. (www.ymparisto.fi, 2020)

3.2.5 Raaka-aineet ja materiaalin käyttö

Luonnonvarojen riittävyys sekä niiden käytön aiheuttamat ympäristöongelmat ovat tehneet materiaalitehokkuuden huomioimisen tärkeäksi tekijäksi sekä yrityksissä että julkisella sektorilla. Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan sitä, että vähemmästä tuotetaan enemmän. Tavoitteena on käyttää mahdollisimman vähän materiaaleja, raaka-aineita ja energiaa. Pyrkimys on vähentää tuotteen tai palvelun haitallisia ympäristövaikutuksia koko sen elinkaaren aikana.

Mitä paremmalla materiaalitehokkuudella tuote tai palvelu pystytään tuottamaan, sitä tuottavammin luonnonvaroja käytetään. Tämä tuo yleensä myös säästöjä kustannuksiin ja edistetään yrityksen kilpailukykyä. (www.ymparisto.fi, 2020)

Yritys voi parantaa tuotteensa materiaalitehokkuutta muun muassa:

- käyttämällä raaka-aineita sekä energia- ja kuljetusmuotoja, joiden elinkaaren aikainen energian ja materiaalikulutus on mahdollisimman vähäinen.
- tehostamalla tuotantoprosessien raaka-aineen ja energian käyttöä.
- minimoimalla ja tehostamalla kuljetuksia ja pakkaamista.
- kehittämällä tuotteen palvelevuutta (pitkäikäisyyttä, monikäyttöisyyttä, huolletavuutta).
- kehittämällä mahdollisuuksia valmistamansa tuotteen ja sen osien uudelleenkäyttöön.

3.2.6 Jätehuolto ja kierrätys

Jätelainsäädännön keskeinen tavoite on ehkäistä jätteen syntymistä, edistää jätteen hyödyntämistä ja vähentää jätehuollosta aiheutuvia haittoja. Jätelain mukaan jäte on ensisijaisesti pyrittävä hyödyntämään aineena ja toissijaisesti energiana. Kaatopaikoille jäte voidaan sijoittaa vain, jos sen hyödyntäminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista. Jätteestä aiheutuvat vaarat ja haitat ympäristölle ja terveydelle on estettävä, ja jo aiheutetut haitat poistettava tai korjattava.

Valtioneuvosto on hyväksynyt valtakunnallisen jättesuunnitelman vuoteen 2023. Jättesuunnitelmassa esitetään jätehuollon ja jätteen synnyn ehkäisyn tavoitetila vuonna 2030 sekä yksityiskohtaiset tavoitteet vuoteen 2023 sekä toimenpiteet, joihin on ryhdyttävä näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. (www.ymparisto.fi, 2020)

4 LIKETOIMINTASUUNNITTELUN TEORIAA

4.1 Kilpailukyky

Liiketoiminnan menestyminen nojaa viimekädessä yrityksen kilpailukykyyn. Kilpailukyvyyn perustana on tuote ja ihmisten osaaminen. Pelkistetymmillään kilpailukyky on tuotteen hinta-laatusuhde; asiakas ratkaisee, onko se kunnossa vai ei. (Lehtonen; 2010).

Täydellisillä markkinoilla yrityksen kilpailukyky kulminoituu sen kykyyn tarjota kyseistä tuotetta tai palvelua vallitsevaan markkinahintaan. Täydelliset markkinat on mielikuva, joka ei esiinny käytännössä mutta esimerkiksi eräät raaka-ainemarkkinat ovat kuitenkin suhteellisen lähellä tätä "ihannetta". Tällaisilla markkinoilla toimivien yhtä tuotetta tai palvelua tarjoavan yksitoimipaikkaisen yrityksen tapauksessa voidaan suhteellisen yksikäsitteisesti puhua kustannus- tai hintakilpailukykyä.

Käytännössä markkinoilla kilpailuun liittyy muitakin ulottuvuuksia. Yritykset käyttävät hyväkseen todellisia (esim. kestävyys) ja kuviteltuja (esim. imago) tuoteominaisuuksia kilpaillessaan "haluttavuudesta" potentiaalisten asiakkaiden silmissä. Lisäksi ne eivät kilpaile ainoastaan vakiintuneilla markkinoilla, vaan myös

kokonaan uusien markkinoiden luomisessa. Tässä tapauksessa voidaan puhua esimerkiksi innovatiivisesta kilpailukyvyistä. Kolmesta vaihtoehdosta tämän mittaaminen lienee vaikeinta, mutta ei mahdotonta. (Valtiovarainministeriö 2002, 123 s.)

4.1.1 Kilpailukyvyn arviointi ja kehittäminen

Kilpailuun, kilpailukykyyn ja kilpailukykytekijöihin on otettu kirjallisuudessa kantaa monella eri tasolla. Yrityksen menestymiselle kilpailussa on etsitty monia selittäviä tekijöitä. Mäkelin ja Vepsäläinen (1995, s. 4) toteavat, että menneinä vuosikymmeninä sellaisia ovat olleet markkinaosuus, laatu ja asiakastyytyväisyys. Otalan (2002, s. 24, 31) mukaan nykypäivän kilpailustrategioita ovat asiakaskeskeisyys, keskittyminen ydinasioihin, tehokas verkostoituminen, nopeus, oikea ajoitus ja nopea oppiminen.

Sitran (1998, s. 8) mukaan yrityksen kilpailukyvyn kannalta ratkaisevaa ovat tiedon ja osaamisen hallinta, teknologian soveltamisen ja innovaatiotoiminnan nopeus, strateginen johtaminen, organisaation ja toimintamallien joustavuus sekä verkostoituminen koko arvoketjun osalta niin tuotekehityksessä, tuotannossa kuin markkinoinnissakin. Verkottuminen yhdistää parhaan mahdollisen tiedon ja osaamisen.

Menestyksellinen kilpailu edellyttää, että ensin tunnistetaan keskeisimmät kilpailukykyyn vaikuttavat tekijät, jonka jälkeen niihin liittyviä aktiviteetteja kehitetään tehokkaasti ja tuottavasti. (Haataja; 2005).

4.1.2 Reaalinen kilpailukyky

Pitkällä aikavälillä menestyksekkään yritystoiminnan varmistamisessa korostuu reaalinen kilpailukyky. Reaalista kilpailukykyä kehitettäessä panostetaan tyypillisesti mm. seuraaviin avainalueisiin:

- henkilökunnan ja johdon osaamiseen sekä ammattitaitoon
- koneisiin ja laitteisiin
- tutkimus ja kehitystoimintaan
- toiminnan järkipäätämiseen
- laatuun ja toimituskykyyn.

- markkinointiin

Ammattitaitoisen henkilöstön puute on yrityksen kilpailukyvyyn pahimpia uhkatekijöitä. Kiristynvä kilpailu synnyttää uusia mahdollisuuksia harjoittaa liiketoimintaa, mutta tekee samalla asiakaskunnasta entistä kriittisempää. Sitoutuminen perinteisiin vähenee ja luo samalla uusiutumislle ja uudelle teknologialle edellytyksiä. Kysynnän ennakoiminen on monessa tapauksessa entistä vaikeampaa. Mitä tehokkaammin ja asiakas-kohtaisemmin pystytään toimimaan, sitä paremmat mahdollisuudet on menestyä. (Lehtonen; 2010)

4.1.3 Hintakilpailukyky

Hintakilpailukyky on kiinteässä yhteydessä reaaliseseen kilpailukykyyn ja hintakehitykseen. Hinta- ja kustannustekijät painottuvat lyhyellä aikavälillä. Tärkeimpiä hintakilpailukykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat mm:

- raaka-ainekustannukset
- kone- ja laitekustannukset, kapasiteetin käyttöaste
- energia- ja työvoimakustannukset.

Raaka-aineiden kustannuskehitys ja raaka-aineiden tehokas käyttö sekä raaka-aineita säästävien tuotantomenetelmien kehittäminen ovat hintakilpailukykyyn kannalta ratkaisevan tärkeitä tekijöitä. Koneet ja laitteet on pidettävä mahdollisimman täysimääräisesti käytössä ja työvoimakustannukset on pyrittävä pitämään kurissa. (Lehtonen; 2010)

4.2 Liikeidea

Liikeidealla tarkoitetaan kokonaisuutta, johon kuuluvat markkinat, yrityksen niille tarjoamat tuotteet sekä yrityksen osaaminen. Liikeidean osatekijät ovat toisiinsa sidoksissa. Liikeidea ilmaisee yrityksen tavan ansaita. Liikeidean taustalla on kysymyksen asettelu:

- kenelle tuotetaan (markkinat ja asiakkaat)

- mitä tuotetaan (tuotteet ja palvelut)
- millä tavoin tuotetaan (tapa toimia).

Yrityksen kannalta on tärkeää, että se saa aikaan sellaisen liikeidean, joka on ainakin jossain suhteessa kilpailijoihin nähden ylivoimainen. (Lehtonen; 2010)

Liikeideaa voi lähestyä myös seuraavien näkökulmien kautta:

- asiakkaan tarve; uusi mahdollisuus, joka avaa tai luo uusia markkinoita
- asiakkaan saama konkreettinen hyöty.

5 VOIMALAITOSTUHKIEN HYÖTYKÄYTÖN MAHDOLLISUUDET

5.1 Ohjaava lainsäädäntö

Vallitseva lainsäädäntö asettaa hyötykäytettävälle jättemateriaalille vaatimuksia sekä rajoituksia. Lainsäädännön tarkoituksena on varmistaa, ettei hyödynnettävä jättemateriaali aiheuta vaaraa terveydelle eikä ympäristölle. Lainsäädännössä annetaan määräyksiä koskien myös hyötykäytettävien materiaalien käyttöä ja käyttökohteita. Lainsäädäntö asettaa raja-arvoja ja enimmäispitoisuuksia erityisesti haitallisille aineille. Raja-arvot riippuvat käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi maanrakennuksessa on erilaiset raja-arvot ja kriteerit kuin lannoitekäytössä.

Merkittävimpiä hyötykäyttöä ohjaavia lakeja ja säädöksiä ovat ympäristönsuojelulaki, jätelaki ja –asetus, lannoitevalmistelaki ja –asetus sekä asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa. Tässä yhteydessä käydään läpi erityisesti lannoitekäyttöä sekä maanrakennuskäyttöä koskevaa lainsäädäntöä.

5.1.1 Lannoitevalmistelaki ja –asetus

Lannoitevalmistelain tarkoituksena on edistää hyvänlaatuisten lannoitevalmisteiden tarjontaa, sekä taata lannoitteiden turvallisuus. Tavoitteena on myös edistää soveltuvien sivutuotteiden käyttöä lannoitteena sekä varmistaa riittävä informaatio lannoitteiden käyttäjille. Lannoitevalmiste ei saa sisältää haitallisia aineita siinä määrin että

käyttöohjeiden mukaisesta käytöstä aiheutuisi vaaraa ihmisille, eläimille, kasveille tai ympäristölle. (Lannoitevalmistelaki 539/2006)

Erityisvaatimukset lannoitevalmisteiden suhteen esitetään Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa (Vna 24/11). Tässä asetuksessa säädetään lannoitevalmisteiden tyypeistä, tyyppinimiryhmistä ja tyyppinimikohtaisista vaatimuksista, lannoitevalmisteiden laatu-, merkintä-, pakkaus-, kuljetus-, varastointi-, käyttö-, ja muista vaatimuksista sekä lannoitevalmisteiden raaka-aineista.

Asetus ei koske kaatopaikkojen ja muiden suljettujen alueiden maisemoinnissa käytettäviä lannoitevalmisteita. Asetuksessa on määrätty erityisesti kadmiumin ja arseenin osalta enimmäismäärät, mitä tietyssä aikajaksossa saa käytön seurauksena maaperään kertyä. Kadmium keskimääräinen enimmäiskuormitus ei saa ylittää 1,5 g/ha vuodessa. Lannoitevalmisteiden käytöstä aiheutuva enimmäiskuormitus käytettynä erinä ja käyttöjaksoina saa olla:

1. maa- ja puutarhataloudessa enintään 7,5 g/ha viiden vuoden ajanjaksona annettuna.
2. maisemoinnissa ja viherrakentamisessa enintään 15 g/ha 10 vuoden ajanjaksona annettuna
3. metsätaloudessa käytettävissä tyyppinimiryhmän 1A7 tuhkalannoitteet lannoitevalmisteissa enintään 100 g/ha 60 vuoden ajanjaksona annettuna.

Tuhkalannoitteiden tyyppinimityhmä on 1A7. Tuhkalannoitteina voidaan käyttää mm. turpeen ja puun tuhkaa, jolla tarkoitetaan sivutuotetta, joka on erotettu turpeen, puuhakkeen, kuorijätteen, ensiömassan tuotannon tai massasta valmistettavan paperin yhteydessä syntyvän kuituainetta sisältävän kasvisperäisen jätteen poltossa syntyvistä savukaasuista erotettua tuhkaa. Metsässä käytettävän tuhkalannoitteen ravinnepitoisuuksien on oltava vähintään seuraavat:

Kalium (K) + Fosfori (P): 2% painoprosenttia kuiva-aineesta

Kalsium (Ca): 6% painoprosenttia kuiva-aineesta.

Muualla kuin metsässä käytettävän tuhkan neutraloivakyky (Ca) on oltava vähintään 10 %. Arsenia saa olla enintään 25 mg kilogrammassa kuiva-ainetta. Poikkeuksena

on metsässä käytettävä ryhmän 1A7 tuhkalannoite, jonka arseenin enimmäispitoisuus saa olla 40 mg/kg. Metsässä käytettävän tuhkalannoitteen arseenipitoisuus ei saa ylittää 2,65 g/ha/vuosi. Lisäksi on määrätty, että metsässä käytettävän ryhmän 1A7 tuhkalannoitteen arseenipitoisuus ei saa ylittää 160 g/ha/60 vuotta. Lannoiteasetuksen liitteessä IV on määrätty lannoitevalmisteiden haitallisista aineista, eliöistä ja epäpuhtauksista. (Taulukko 1).

Taulukko 1 . Lannoiteasetuksen liitteessä IV on määrätty lannoitevalmisteiden haitallisista aineista. ((Vna 24/11, 2018)

Alkuaine enimmäispitoisuus mg/kg/ka. Metsätuhkalannoite mg/kg/ka.

Arseeni (As)	25	40
Elohopea (Hg)	1,0	1,0
Kadmium (Cd)	1,5 (peltotuhka 2,5)	25
Kromi (Cr)	300	300
Kupari (Cu)	600	700
Lyijy (Pb)	100	150
Nikkeli (Ni)	100	150
Sinkki(Zn)	1500	4500

5.1.2 Maanrakennusasetus

Valtioneuvoston asetus 843/2017, eli asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa säätelee tuhkan käyttöä maanrakentamisessa. Asetuksen keskeinen sisältö on siinä, että jos asetuksessa mainittu jäte täyttää asetuksessa sille asetetut vaatimukset, voidaan kyseistä jätettä asetuksen mukaiseen käyttötarkoitukseen käyttää ilman ympäristölupamenettelyä. Käyttö on mahdollista alueelliseen ELY-Keskukseen tehtävällä ilmoitusmenettelyllä. Asetusta ei voida soveltaa tärkeillä tai muilla vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla. Asetuksessa määritetyille maanrakennuskohteille on asetettu määräykset suurimmasta jätteen kerrospaksuudesta ja eritelty peitetty ja päällystetty rakenne. Asetuksessa määritettyjen jätteiden on täytettävä kohteen rakennustekniset laatuvaatimukset.

Jätteen luovuttajalla on oltava laadunvarmistusjärjestelmä, jonka avulla voidaan varmistua siitä, että jäte kuuluu soveltamisalaan. Asetuksessa on annettu määräykset

jätteistä tehtävistä määräyksistä sekä kokoomanäytteen suurimmasta massamäärästä, joka voidaan kohteessa kerralla hyödyntää.

Kun jätettä käytetään rakenteessa, tulee valmiin rakenteen olla aina peitetty tai päällystetty. Peitetty rakenne tarkoittaa, että jäterakenteen päällä täytyy olla vähintään 10 cm paksu luonnonkiviaines. Päällystetty rakenne tarkoittaa, että jätekerroksen päälle rakennetaan tiivis kerros, jonka tyhjätila saa olla enintään viisi prosenttia. Käytännössä tämä tarkoittaa asfalttia tai muuta rakennetta, jolla vaadittava vedenläpäisemättömyys saavutetaan. Asetuksessa määritetyt maanrakennuskohteet on jaoteltu taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2 Maanrakennusasetuksessa määritettyjen rakenteiden kerrospaksuudet. (Valtioneuvoston asetus 843/2017, 2018)

Rakenne	max. kerrospaksuus
Väylä, peitetty	1,5 m jos 0,5 m, Raja-arvo muutokset
Väylä, päällystetty	1,5 m jos 0,5 m, Raja-arvo muutokset
Kenttä, päällystetty	1,5 m jos 0,5 m, Raja-arvo muutokset
Kenttä, peitetty	1,5 m jos 0,5 m, Raja-arvo muutos
Valli, peitetty	5,0 m
Rakennuksen pohja, päällystetty	1,5 m
Tuhkamursketie, max 30 % tuhka	0,2 m Huom. Peitetty

Taulukko 3 Maanrakennusasetuksessa määritettyjen rakenteiden kerrospaksuudet. (Valtioneuvoston asetus 843/2017, 2018)

Asetuksen soveltamisalaan kuuluvat jätejakeet ovat tiilimurske, asfalttimurske ja rouhe, käsitelty jätteenpolton kuona, valimohiekka, kalkit, renkaat ja rengasrouhe betonimurske sekä kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton pohja- ja lentotuhkat. Asetusta voidaan soveltaa vain, jos asetuksessa määrättyjen haitta-aineiden raja-arvot alitetaan. Päällystetylle ja peitettylle rakenteelle on määrätty erilaiset raja-arvot.

6 MARKKINA – JA KILPAILUTILANNE YLEISESTI

Tuhkan hyötykäyttömahdollisuudet markkinoilla voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen; hyödyntää sitä jätteenä tai tuotteena. Käyttö jätteenä maanrakennuskohteissa

tai raaka-aineena tarkoittaa käytännössä tuhkan hyödyntämistä tie- ja kenttärakenteissa tai joissain erityisissä kohteissa, kuten täytöt ja maamassojen stabiloinnit. Käytettäessä raaka-aineena esimerkiksi sementin tai muun sideaineen valmistuksessa, on tuotteen valmistajalla oltava tuhkan käytön salliva ympäristölupa. Käyttö maanrakennuskohteissa edellyttää aina ympäristölupaa tai ilmoitusmenettelyä.

Tällä hetkellä ainoa tapa hyödyntää Kaipolan ja Jämsänkosken tuhkaa tuotteena on lannoite- ja maanparannuskäyttö. Puu- ja turvetuhkan käyttö on yleensä helpommin mahdollista metsälannoitteena, mutta myös peltolannoitekäyttö on mahdollista. Peltotuhkalle asetetut raja-arvot ovat tiukemmat, josta seuraa, että metsätuhkaa syntyy huomattavasti enemmän kuin peltotuhkaksi kelpaavaa tuhkaa. Lannoitteena käytettävä tuhka voidaan rakeistaa teollisesti, jolloin levitys on tarkempaa, ja tuhkaan voidaan lisätä ravinteita ja hivenaineita. Tuhkalannoite voidaan levittää ilmasta helikopterilla tai maalevityksenä. Ilmalevitys on huomattavasti kalliimpi kuin maasta tehty levitys. Peltotuhka levitetään aina maalevityksenä.

Tuhkan käyttö tien- ja kentän rakennusmateriaalina on antanut lupaavia tuloksia. Tuhkalla voidaan korvata luonnon materiaaleja, soraa ja mursketta, ja siten säästää ympäristöä.

Hyödyntämällä tuhkaa maa-ainesten sijaan saadaan hankkeelle säästöä myös kuljetus ja käsittelykustannusten kautta koska tuhka on joka tapauksessa kuljetettava loppusijoitukseen, samoin maa-ainekset rakennuskohteelle. Materiaalikustannuksissa saavutetaan säästöä, koska luonnon materiaalit ovat yleensä arvokkaampia hankkia kuin tuhka.

Ilmastomuutoksen myötä on hiilijalanjälki, lähinnä hiilidioksidipäästö, saanut lisää painoarvoa myös maarakennushankkeissa. Korvaamalla tuhkalla sementtiä stabilointihankkeissa, saadaan kohteen hiilijalanjälkeä pienennettyä. Esimerkiksi Helsingin kaupunki huomioi erittäin suurella painoarvolla käyttämänsä materiaalien hiilijalanjäljen. Tällöin tuhkalla korvattavissa oleva sementti korvataan niin suurelta osin kuin se on teknisesti mahdollista. (Mikko Suominen, Helsingin kaupunki)

7 TOIMINTAYMPÄRISTÖN JA TOIMIALAN YLEISET KEHITYSENNUSTEET

Toimintaympäristön ja toimialan kehityksen tarkastelu suoritetaan sekä lannoite- ja maanparannustuhkan ja maanrakennustuhkan osalta erikseen. Toimintaympäristöä tulee tarkastella myös tuhkan ominaisuuksiin vaikuttavien tekijöiden osalta. Tuhkan laatuun ja käyttökelpoisuuteen vaikuttaa polttoaineiden lisäksi muutokset voimalaitoksien polttotekniikassa. Myös lainsäädännön tuomat mahdollisuudet sekä uhkatekijät pitää huomioida mahdollisuuksien mukaan.

Tuhkan käytettävyyteen voidaan vaikuttaa vakiinnuttamalla haluttuja komponentteja. Lisäämällä esimerkiksi kalkkia syötettävän polttoaineen joukkoon, saadaan lisättyä ominaisuuksia, joita esimerkiksi sementtiteollisuus ja tuhkan rakeistajat toivovat. Kalkki lisää haluttavuutta myös maanparannukseen.

7.1 Jätevero

Vuoden 2011 alusta voimaan tullut jäteverolaki (1126/2010) edesauttaa yhteistyön syventämistä tuhkan tuottajien ja tuhkan potentiaalisten hyödyntäjien välillä.

Kaatopaikalle sijoitettavalle hyödyntämiskelpoiselle jätteelle määrätty jätevero, joka on tällä hetkellä (2020) 70 € / tonni lisäsi tuhkan tuottajien kiinnostusta saada tuhkalle veroton loppusijoitus. Ainoa näköpiirissä oleva mahdollisuus on tuhkan hyödyntäminen lainsäädännön sallimalla tavalla.

7.2 Sivutuote

Jäteluokituksesta poistumisesta on säädetty jätelaissa. Jätelain 646/2011 5 §:n mukaan aine ei ole jätettä vaan sivutuote, jos se syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole tämän aineen valmistaminen ja:

- 1) aineen jatkokäytöstä on varmuus,
- 2) ainetta voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti,
- 3) aine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana ja

4) aine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

UPM Jokilaakson voimalaitosten ensisijainen tarkoitus on energian tuotanto, jonka sivutuotteena muodostuu lentotuhkaa. Kaikki lentotuhka on hyötykäytetty jo vuosia joko pelto-/metsälannoitteena tai maarakentamisessa eli aineella on osoitettu jatkokäyttö. Lentotuhkaa voidaan käyttää suoraan sellaisenaan stabilointiin ja varastoinnin/vanhennuksen jälkeen muuhun maarakentamiseen eli materiaalia käsitellään enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti.

Lentotuhka muodostuu tuotantoprosessin olennaisena osana. Lentotuhkan ympäristöominaisuuksia on selvitetty ja seurattu vuosien ajan. Lentotuhkan haitta-ainepitoisuudet ovat varsin alhaiset, minkä vuoksi materiaali kelpaa myös peltolannoitteeksi ja MARA-asetuksen 843/2017 mukaisiin rakennuskohteisiin

Tuhka voidaan siis viranomaisen toimesta vapauttaa jäteluokituksesta tiettyihin käyttötarkoituksiin luokittelemalla tuhka sivutuotteeksi. Jokilaakson tuhkien sivutuotehakemukset on jätetty Keski-Suomen ELY-Keskukselle käsiteltäväksi. Hakemuksessa on haettu vapautusta jäteluokituksesta tiettyjen maanrakennuskäyttötarkoitusten osalta. Päätöstä ei ole toistaiseksi tehty. (UPM Specialty Papers Oy; Sivutuotehakemus Jämsänkosken tehtaan voimalaitos tuhka. 2018)

Lannoitetuhkan osalta luokittelu luomulannoitteeksi saattaisi edesauttaa tuhkien käytön lisääntymistä sekä alentaa hyötykäyttöön ohjattavan tuhkan hintaa. Yleisesti ottaen nykyinen kehitys puoltaa toimintaa, jolla voidaan osoittaa olevan hiilijalanjälkeä pienentävä vaikutus verrattuna perinteisiin toimintatapoihin. Tuhkapohjaisten tuotteiden tai materiaalien voidaan olettaa olevan tulevaisuudessa entistä halutumpia.

8 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

8.1 Käytetyt menetelmät

Opinnäytetyön toteutus tapahtui pääosin tutustumalla käytännön toimintamalleihin ja haastatteleamalla olemassa olevia sekä potentiaalisiksi yhteistyökumppaneiksi arvioituja alan toimijoita. Kirjallisuusosiossa tarkasteltiin liiketoimintasuunnitelman rakennetta sekä perehdyttiin ympäristöliiketoiminnan perusasioihin ja käsitteistöön.

Kaipolan ja Jämsänkosken lentotuhkien soveltuvuus tietyn tyyppisiin hyötykäyttökohteisiin on opinnäytetyön suorittajalla kokemuseräisesti tiedossa. Tämän vuoksi aineistona on käytetty runsaasti erilaisia UPM:n sisäiseen käyttöön tarkoitettuja hyötykäyttöhankkeisiin liittyviä selvityksiä ja tutkimuksia. Hankkeita on toteutettu useiden eri tahojen kanssa ja niistä julkaistut aineistot ovat siinä määrin salaisia, että niitä ei ole tarkoitus avata tässä työssä.

Noudattamalla liiketoimintasuunnitelman systemaattista lähestymistapaa, pyrittiin löytämään keinoja parantaa tuhkien hyötykäytön haluttavuutta kiertotalousmarkkinoilla. Tavoitteena on löytää kumppanuuksia ja verkostoja, joiden avulla tuhkien hyötykäyttövirta on ohjattavissa stabiilisti ja suunnitelmallisesti nykyisiä ratkaisuja pysyvämmin.

8.2 Laitosvierailut, työmaakäynnit sekä haastattelut

Olennaiseksi opinnäytetyön toteuttamisen menetelmäksi valikoitui laitosvierailut ja työmaakäynnit ja näiden yhteydessä suoritettut henkilöiden haastattelut.

Työmaakäyntejä suoritettiin kohteisiin, joissa tuhkaa käytettiin sellaisenaan tai sekoitettuna esimerkiksi sementtiin tai muiden voimalaitosten lentotuhkaan.

Työmaakäynnit suoritettiin seuraaviin kohteisiin:

- UPM- Kymmene Oyj Sampaanalan varastokenttä, Rauma (2018)
haastattelu työmaapäällikkö UPM (Rami Heikola)
haastattelu Lemminkäinen Oy työntekijät
- Himos, Jämsän kaupungin katurakenne, Jämsä (2019)

haastattelu Jämsän kaupungin tekninen johtaja Katja Rissanen

haastattelu Jämsän Metalli ja Kuljetus Oy työmaapäällikkö Hannu Kantola

- UPM-Kymmene metsäautotien perusparannus, Juupajoki (2019)
- haastattelu urakoitsija Heikki Tenkanen Oy

Laitoskäynnit suoritettiin seuraaviin kohteisiin:

- Ecolan Oy, tuhkan rakeistuslaitos, Viitasaari (2018)
- Ecolan Oy, tuhkan rakeistuslaitos, Nokia (2018)
- Nordkalk Oy, kalkkikiven jalostuslaitos, Parainen, (2018)
- Finnsementti Oy, sementtitehdas, Lappeenranta, (2019)
- Harjun Betoni Oy, betonituotetehdas, Jyväskylä (2019)

Lisäksi suoritettiin tutustumiskäynti Ramboll Finland Oy tutkimuslaboratorion toimintaan vuonna 2018. Tutustumiskäynti liittyi lentotuhkan ominaisuuksien parantamiseen liittyvään selvitykseen, joka liittyi massastabiloinnin reseptiikan kehitykseen. Käynnin yhteydessä haastateltiin DI Harri Jyrävää sideainetuhkan laadunparantamismahdollisuuksista projektipäällikkö, Di Juha Forsmania käytännön toteutuksesta.

9 CASE UPM KYMMENE OYJ JOKILAAKSON TEHTAAT

Jokilaakson tehtaiden voimalaitoksien lentotuhkan loppusijoittaminen kaatopaikalle lopetettiin käytännössä vuonna 2008, jolloin kaatopaikkojen rakennevaatimukset säädettiin silloisella asetuksella sellaisiksi, että UPM:llä ei ollut vaatimukset täyttävää kaatopaikkaa Jämsän jokilaakson alueella. Tuolloin aloitettiin ensimmäiset hankkeet mm. metsäautoteiden perusparannuksiin sekä selvitettiin, että tuhkat täyttävät lannoiteasetuksessa asetetut vaatimukset.

Hyötykäyttöhankkeet ovat olleet yksittäisiä projekteja, joiden kustannukset on jouduttu maksamaan lähes täysmääräisesti UPM:n toimesta, mutta hankkeella saavutetun hyödyn saa loppukäyttäjä. Suurimpana lentotuhkan hyötykäytön yksittäisenä projektina voidaan pitää 2000- ja 2010 luvulla hiihtokeskus Himosvuoreen tehtyjä

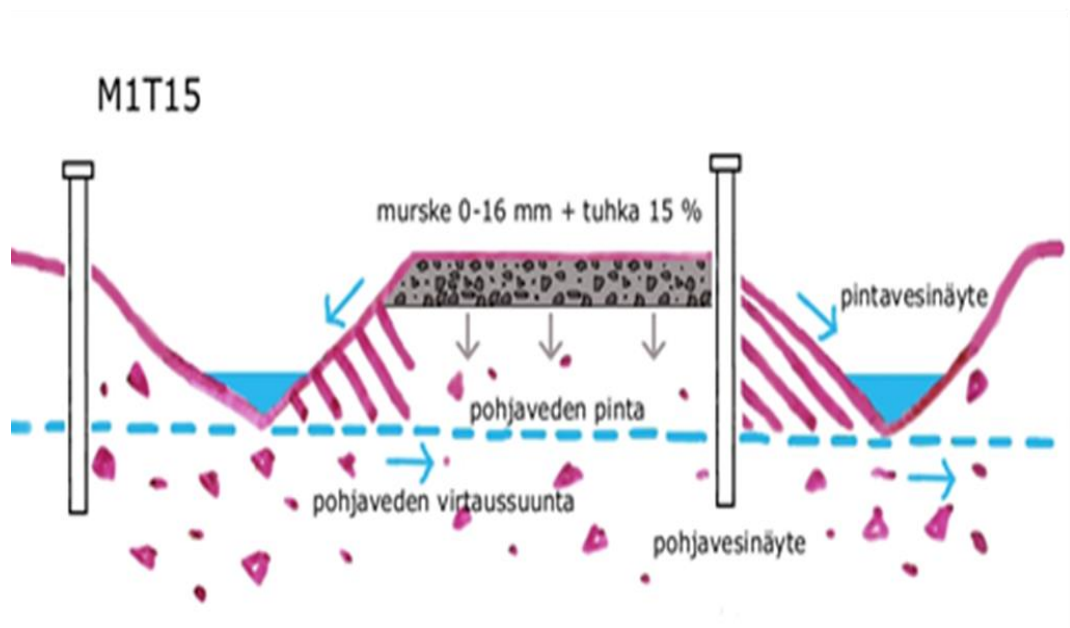
rinnealueiden korotuksia. (Ympäristölupa, Länsi- ja Sisä-Suomi; Dnro LSSAVI/115/04.08.2010)

Keski-Suomen UUMA, Jämsän rakentamiskohteet vuonna 2010, loppuraportin mukaan UPM Kaipolan lentotuhkaa käytettiin massiivirakenteessa sekä massastabiloinnissa hyvin tuloksi kahdessa eri tienrakennuskohteessa. Tien kantavuutta saatiin parannettua merkittävästi hyödyntämällä tuhkan lujittumis- ja routakestävyysominaisuuksia. (Loppuraportti; Keski-Suomen UUMA, Jämsän rakentamiskohteet 2010, 30/11/2010, Olli Kiviniemi)

Lentotuhkia on toimitettu stabilointeihin kaatopaikkojen pohjarakenteisiin. UPM osallistui, ja osallistuu edelleenkin useisiin kehityshankkeisiin, joilla tavoitellaan pitkäaikaisia, ja taloudellisesti edullisempia ratkaisuja tuhkan hyötykäytölle.

Jämsänkosken lentotuhka oli mukana Aalto yliopiston ja TAPIO:n Karstulassa vuonna 2012 – 2015 suorittamassa koehankkeessa, jossa tuhkan toimivuutta metsäautoteiden perusparannuksessa selvitettiin laajasti. Selvityksen mukaan tuhkan käyttö metsäautoteiden perusparannuksessa ei lisää pinta- eikä pohjavesien raskasmetallipitoisuuksia ja sen avulla saadaan lisättyä metsäautoteiden kantavuutta. (Tuhkatiehanke 2012-2014, Aalto yliopisto ja TAPIO, Hanna Vanhanen, Samuli Joensuu)

Kuviossa 5 on kuvattu koejärjestelyä.



Kuvio 5. Periaatekuva Aalto yliopiston ja TAPION metsäautotien perusparannushankkeen toteutuksesta. (Tapio, 2014)

Tämän seurauksena UPM kehitti menetelmän käyttää lentotuhkaa metsäautoteiden kantavuuden parantamiseen niiden perusparannuksen yhteydessä. Lentotuhkaa hyödynnetään nykyisin laajasti UPM:n omien metsäautotieverkostojen perusparannukseen. ”Tuhkalla on erinomaisen hyvä ja nopea tehdä kantavaa ja rouaeristystä parantavaa tienrunkoa, mutta tien kuivatuksen on oltava kunnossa” (Tenkanen, 2012)

Varastoimalla lentotuhkaa (vanhentamalla sitä) tapahtuu kemiallisia reaktioita, joissa mm. liukoinen Barium reagoi sulfaatti ionien kanssa muodostaen erittäin niukka-liukoisen Bariumsulfaatti-yhdisteen. (KVVY, Testausseloste 2.10.2017; Paper ENA Oy lentotuhkanäyte)

9.1 Toimintaympäristö maanrakennustuhkan osalta

Kaipolan ja Jämsänkosken lentotuhkat alittavat maanrakennusasetuksessa asetetut päällystetyn rakenteen haitta-ainepitoisuusraja-arvot. Maanrakennusasetuksessa määritettyjen peitetyn rakenteen haitta-ainepitoisuuden raja-arvoa ei muutaman aineen osalta varmuudella aina aliteta. Pääpiirteittäin tämä tarkoittaa, että asfaltoitavissa (päällystetyissä) rakenteissa tuhkaa voidaan käyttää MARA-asetuksen mukaisella ilmoituksella alueen Elinkeino, Liikenne ja Ympäristökeskukselle (ELY-keskus)

tehtävällä ilmoitusmenettelyllä. Peitetyssä rakenteessa tarvitaan aluehallintoviraston tai kunnan myöntämä ympäristölupa. Kunta voi myöntää ympäristöluvan 20 000 tonnin käyttömäärälle saakka. Siitä suuremmat määrät luvittaa Aluehallintovirasto (AVI)

Ilmoitusmenettelyn käsittelyaika on muutamia päiviä, kun taas ympäristölupamenettelyn mukainen luvitusprosessi kestää useita kuukausia. Lisäksi ympäristöluvan kustannukset ovat merkittävästi korkeammat kuin ilmoitusmenettelyn. Tuhkan on todettu soveltuvan maanrakennusaineeksi monella eri tavalla käytettynä. Esimerkiksi valtakunnalliset UUMA – hankkeet, joissa UPM on osallistujana, ovat tuottaneet lukuisia tutkimustuloksia sekä ohjeita lentotuhkien käytöstä mm. urheilukenttien ja eriateisten teiden ja katujen rakenteissa. (Jyrävä 2020). Viime aikoina on alettu kehittää myös maastabilointireseptejä, joissa tuhkapitoisilla sideaineilla on korvattu perinteisesti käytettyä sementtiä. (Jyrävä 2011)

Uusiomaarakentamisessa hyödynnetään maantieteellisesti eri alueilla muodostuvat teollisuuden sivutuotteet, vanhat maarakennemateriaalit ja muita maa- tai kiviainesten sivuvirtoja. Uumarakentamista edistetään Ympäristöministeriön vetämän valtakunnallisen UUMA-ohjelman avulla, jotta luonnonvarjoa voidaan säästää hyödyntämällä muuten kaatopaikoille joutuvia arvokkaita materiaaleja. Uuma-rakentamisella vähennetään myös kasvihuonekaasupäästöjä sekä energiankulutusta teiden rakentamisessa ja kunnostamisessa. (Forsman 2020)

UUMA-hanke käynnistyi vuonna 2005 ympäristöministeriön toimeksiannosta teetetyllä UUMA-esiselvityksellä ja -kehitysohjelmalla. UUMA-hankkeiden kautta on saatu suurimmat kaupungit kiinnostumaan uusiomateriaalien käytöstä omissa maanrakennushankkeissaan, tämä edistää omalta osaltaan menetelmäkehitystä myös lentotuhkien hyödyntämiseen liittyen. Tällä hetkellä on käynnissä UUMA3- Materiaalit ja palvelut, ohjelmakausi 2018 – 2020.

Maanrakennuskäytön osalta toimintaympäristö on kehittymässä hyötykäyttöä edistävään suuntaan. Onnistuneet hankkeet ja saatu tutkimustieto ovat lisänneet tietoisuutta ja sitä kautta myös yhteiskunnallista mielenkiintoa tuhkan hyötykäyttöä kohtaan. (Forsman 2020)

9.2 Toimintaympäristö tuhkan maa- ja metsätalouskäytön kannalta

Maa- ja metsätaloudessa hyödynnettävien lentotuhkien tulee täyttää lannoitevalmistelaisissa (29.6.2006/539) asetetut vaatimukset. Tämän lisäksi Maa- ja metsätalousministeriön asetuksella (24/11) säädetään lannoitevalmisteiden tyyppinimiryhmistä ja tyyppi nimiryhmäkohtaisista vaatimuksista.

Täällä hetkellä UPM Kaipolan ja Jämsänkosken voimalaitosten lentotuhkat täyttävät Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista (asetus 24/11) annetut metsä- ja peltotuhkan laatuvaatimukset. Ruokavirasto (EVIRA) valvoo vaatimusten täyttymistä. Tuhkan hyödyntäminen perinteisen maanviljelymaan eli pellon kasvuominaisuuksien parannukseen perustuu suureksi osaksi tuhkan hyvään kalkitusvaikutukseen. Tuhkien ravinnepitoisuudet ovat alhaiset, tyypeä ei juurikaan ole ja fosfori on niukkaliukoisessa muodossa.

Kun tuhka täyttää lannoitekäyttöön kelpaavan tuotteen vaatimukset, se lakkaa olemasta tässä käyttötarkoituksessa jätettä. Tällöin valvontavastuu siirtyy maa- ja metsätalousministeriölle. Tuotteen laadunvalvonta perustuu oma- ja EVIRA:n tekemiin tarkastuksiin.

Kaipolan ja Jämsänkosken lentotuhkan kohtalaisen korkea kalkkipitoisuus syntyy siitä, kun paperin valmistuksessa syntyvää kuitulietettä ohjataan kuivauksen kautta voimalaitokselle polttoon, kuituliete sisältää paperin valmistuksessa käytettäviä kalsiumpitoisia täyte- ja päällysteaineita.

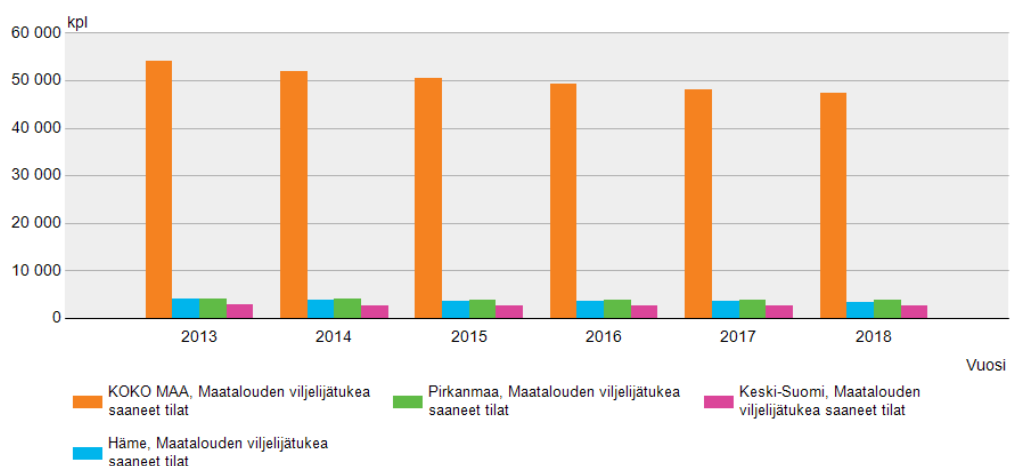
Kaipolan lentotuhkan kalkkipitoisuutta nostaa laitoksella sijaitseva uusiomassan valmistuslaitos, siistaamo. Siistaamossa käsitellään kotikeräyspaperi takaisin paperinvalmistuksessa hyödynnettäväksi kuiduksi. Tässä prosessissa keräyspaperin sisältämää kalsiumpitoista täyte- ja päällystysainetta poistetaan, ja tämä poistettu hylkyjäte kuivataan ja ohjataan poltettavaksi. Tämän johdosta Kaipolan lentotuhkan kalsiumpitoisuus on noin 30 %, kun Jämsänkosken lentotuhkalla se on 15 – 20 %. (Kokemäenjoen

vesiensuojeluyhdistyksen tutkimusraportti, UPM Communication Papres Oy Kaipolan lentotuhkan (talvi) hyötykäyttö ja kaatopaikkakelpoisuuden tutkimus 2019, nro 19-4220, Marika Kaasalainen)

Tuhkakäsittelyllä tavoitellaan peltomaan pH - tason nostoa ja sen säilyttämistä hyvällä tasolla. Kalkitseva käsittely uusitaan käytännössä noin viiden vuoden välein. Tuhkalla kalkittujen peltomaiden käsittelyn uusintaa ohjaa joissain tapauksissa tuhkan sisältämien raskasmetallien määrä, joiden vuotuinen kertymä laskettuna viiden vuoden aikajaksolle ei saa ylittää tiettyä pitoisuutta. Tuhkan levitysmäärä riippuu tuhkan kalkitusvaikutuksen lisäksi peltomaan pH-tason noston tarpeesta. Hehtaarille levitetty määrä on käytännössä ollut 3000 – 6000 kg. Maatalousmaan kalkitukseen soveltuvaa tuhkaa tulee kyetä kuljettamaan sekä levittämään kustannustehokkaasti aina vain kauempana tuhkan syntypaikalta, koska lähiympäristön pellot tulevat nopeasti "kylläisiksi".

Kuten kuvion 6 Suomen luonnonvarakeskuksen laatimista tilastoista nähdään, niin Suomen maatalouden peltoviljelykseen käytetty pinta-ala ei ole laskenut vaikkakin maatilojen lukumäärä on 2000 luvun alusta vuoteen 2018 vähentynyt merkittävästi. Maatalous on vahvasti keskittynyt Pohjanmaalle sekä Varsinais-Suomeen. (Luonnonvarakeskus 2019)

Maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärä muuttujina ELY-keskus, Muuttuja ja Vuosi



Lähde: SVT: Luonnonvarakeskus, Maatalous- ja puutarhayritysten rakenne

Kuvio 6 Maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärä vuosina 2013 – 2018. (Suomen luonnonvarakeskus, 2019)

UPM:n Jokilaakson tehtaiden tuottamaa tuhkaa voidaan hyödyntää myös esimerkiksi kompostimullan tukiaineena sekä puutarhamullan valmistuksessa korvaamaan luonnon kalkkia. Synteettisten lannoitteiden kustannusten nousu edesauttaa vaihtoehtoisten lannoitteiden ja maanparannusaineiden kehittämistä ja markkinoille saattamista. Vaihtoehtoisten tuotteiden tulee olla ominaisuuksiltaan vastaavia, mielellään vähän parempia sekä kustannustehokkaampia kuin ne, joita niillä korvataan. Lentotuhkalla on oikein käsiteltynä hyvät edellytykset täyttää nämä vaatimukset.

Tuhkan laatu, ja sitä kautta sen käytettävyys, määräytyy käytännössä voimalaitoksen käyttämien polttoaineiden mukaan. Siksi esimerkiksi valtion verotus- tai tukipolitiikka saattaa muuttaa kiinteiden polttoaineiden kustannuksia ja saatavuutta siten että puuperäisiä polttoaineita on korvattava turpeella tai päinvastoin. Viranomaisten voimalaitoksille antamalla määräyksillä, esimerkkeinä poltossa syntyvien ilmapäästöjen raja-arvot tai määräykset koskien polttoaineiden käyttöä (esim. rajoitukset paperinvalmistuksessa syntyvien kuitulietteiden energian hyödyntämiseen), saattavat muuttaa poltossa syntyvien tuhkien hyödyntämistä.

Kaiken kaikkiaan lähitulevaisuuden toimintaympäristön kehitys hyötykäyttöön kelpaavan tuhkan tuottamisen sekä lainsäädännön suomien puitteiden osalta näyttää positiiviselta

10 LIIKETOIMINTAVAIHTOEHDOT

Paperitehtaiden voimalaitokset tuottavat energiaa ympäri vuoden, joten tuhkaakin syntyy käytännössä tasainen määrä joka vuorokausi. Taloudellisesti paras vaihtoehto olisi, jos tuhka saataisiin syntytahtiin tasaisena virtana ohjattua lopulliseen hyötykäyttökohteeseen suoraan voimalaitoksesta. Tällaista teollista toimintaa olisi esimerkiksi sementin, tai sementinkaltaisten tuotteiden valmistus, tuhkalannoitteiden valmistus tai betonituotteiden valmistus.

Tuhkan käyttö materiaalina on mahdollista ympärivuotisesti. Esimerkiksi huonokuntoisten ja kosteassa maastossa sijaitsevien metsäautoteiden rakentaminen tai kunnostus onnistuu yleensä parhaiten silloin kun maa on jäässä. Lannoite- ja maanparannuskäyttö on mahdollista vuodenajasta riippumatta. Tosin satokausi rajoittaa osaltaan peltovivytystä kesäaikaan. Massastabiloinnit tehdään yleensä sulan maan aikaan samoin kaikki muu kostean materiaalin jalostaminen tai muokkaus. Lentotuhkan käyttö sellaisenaan maanrakennuskäyttöön ja lannoitekäyttöön edellyttää lähes aina välivarastoinnin joko sellaisenaan tai sääolosuhteilta suojattuna.

Maanrakennus tai lannoitekäyttö eivät poissulje toinen toistaan liiketoimintaa suunniteltaessa. Kummallakin liiketoiminnalla on omat erityispiirteet, jotka asettavat lentotuhkien ominaisuuksille omat laatuvaatimukset.

10.1 Potentiaaliset asiakkaat

10.1.1 Maa- ja metsätalouskäyttö

Suomen maa- ja metsätalous on kokenut suuren muutoksen viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana. Maatilojen lukumäärä on laskenut mutta tilakohtaiset viljelyalat ovat nousseet. Tämän kehityksen seurauksena asiakkaiden lukumäärä on vähentynyt ja asiakaskohtainen volyyymi on kasvanut. Näin ollen maatalouskäyttöön markkinoitavan peltotuhkan myyntiponnisteluja voidaan keskittää sellaisille suuremmille tiloille, joilla on potentiaalia käyttää peltotuhkaa maan parannukseen suunnitelmallisesti esimerkiksi erillisen vuosisuunnitelman mukaisesti. (Kolkka 2010)

Sellaiset asiakkaat, joiden tuhkan tarve ei ole volyymiltaan suurta tai tarve on satunnainen, voidaan palvella alueellisista välivarastoista (Kolkka 2010). Tuhkan markkinointi ja toimitusketju voidaan ulkoistaa, mutta tuottajan on vastattava toimitettavan tuhkan laadusta. Metsätalouteen ohjautuva lannoitetuhkamäärä jäänee jatkossakin melko vähäiseksi UPM Jokilaakson tehtaiden tuhkan kohtalaisen alhaisen ravinnepitoisuuden vuoksi. (Tukiainen 2010)

Teollisesti valmistettavan rakeistetun metsätuhkan kokonaiskustannukset ovat toiseksi moninkertaisesti suuremmat kuin peltotuhkan vastaavat. Tämä tarkoittaa, että metsätuhkan valmistukseen kannattaa ohjata vain ravinteikkaimmat tuhkat. UPM:n Jokilaakson tuhkat sopivat metsämaan kalkitseamiseen, mutta yleensä metsän omistaja haluaa myös lannoitusvaikutuksen. Tutkimuksissa on todettu, että onnistuneen tuhkalannoituksen metsän kasvua lisäävä vaikutus voi kestää jopa 30 vuotta. Kalkkipitoista lentotuhkaa voidaan käyttää raaka-aineena tuhkapohjaisten lannoitteiden valmistuksessa. (Kokkonen 2020)

10.1.2 Maanrakennus

Lentotuhkan soveltuvuus maanrakennus käyttöön on osoitettu useilla käytännön hankkeilla. Tuhkaa voidaan käyttää sellaisenaan korvaamaan luonnon kiviaineksia, kuten soraa, esimerkiksi tie- ja kenttärakenteissa, erilaisissa valleissa ja muotoiluissa.

Tuhkalla voidaan korvata sementtiä suoritettaessa erilaisia massastabilointeja (UPM Rauma). Tuhka voi korvata sementin jopa kokonaan esimerkiksi tierakenteissa käytettävässä massastabiloinnissa (K-S UUMA 2010). Kalkitseamalla hapanta turvemaata tuhkalla saadaan turpeen ja hiekan seoksesta kasvualustaa esimerkiksi golfkentille (Himos - golf 2011).

Tuhkaa voidaan hyödyntää useilla tavoilla maanrakennuksen eri aloilla. Maanrakennuksen parissa toimii laaja-alainen asiakaskunta. Tuhkan saaminen luonnolliseksi vaihtoehdoksi erityyppisiin rakennushankkeisiin edellyttää sen ominaisuuksien tunnetuksi tekemistä sekä laadun ja saatavuuden varmistamista. (Jyrävä 2012)

Tuhkan käyttösovellusten esiintuominen ja vaihtoehtoisien ratkaisumallien tarjoaminen olisi luonnollisinta järjestää yhteistyössä alalla toimivien suunnittelu- ja konsultti-toimistojen kanssa. Nämä toimistot saavat toimeksiantoja ja tietoja suunnitteilla olevista hankkeista riittävän ajoissa, jotta tuhkamateriaalit voidaan huomioida alusta asti hankkeessa. Näin saataisiin varmistettua mahdollisimman laaja-alainen tiedon-

siirto ja asiakaskunta ja ehkä edistettyä uusien sovellusten kehittämistä. Kunnat, valtio ja yritykset ovat tärkeimmät rakennuttajat ajatellen lentotuhkaratkaisujen toteuttamista maanrakennushankkeissa (Forsman 2020).

11 KILPAILIJA - ANALYYSI

Maanrakennusprojektit, joissa tuhkapohjaisia tuotteita voidaan hyödyntää, ovat usein volyymiltaan niin suuria, ettei yhden tai kahdenkaan voimalaitoksen tuottamat tuhkat riitä kattamaan tarvetta. (Juha Forsman, Ramboll Oy)

Yhteistyön kautta saattaa löytyä mahdollisuuksia, joiden kautta eri jakeet saadaan yhdessä käytettynä hyötykäyttöön tai jalostetuksi tuotteeksi. Varsinaisesti eri tuotantolaitosten sivutuotteet eivät kilpaile keskenään vaan päinvastoin tukevat toinen toisiaan niiden kilpaillessa perinteisesti käytettyjen luonnon materiaalien kanssa.

Yleisesti ottaen kaikkien eri tyyppistenkin teollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen eri käyttötarkoituksissa ja sovelluksissa lisää niin viranomaisten kuin rakentajienkin tietoisuutta ja avaa tätä kautta mahdollisuuksia löytää uusia sovelluksia.

11.1 Maanparannus

Kalkkitaulukon 2018 (julkaisija Käytännön Maamies) mukaan Suomen markkinoille toimitetaan maanparannuskalkkia 61 eri tuotenimellä. Näistä vain viisi on puhdasta voimalaitoksilla syntyvää peltotuhkaa, ja niitä tuotetaan Äänekoskea lukuun ottamatta itäsuomessa. Tämä antaa osaltaan alueellisen kilpailuedun jokilaakson tehtaiden sijainnin myötä eteläisessä Keski-Suomessa.

Kalkkitaulukon 2018 mukaan kuljetuskustannukset on luokkaa 10 € tonni / 100 km. Tuhkatuotteiden levitysmäärä on noin 5 tn / ha ja levityshinta keskimäärin 6 € / tonni. Kilpailijoiden hinta syntypaikalla on 15 – 25 € / tonni.

Maatalousmaan pH tasapainon ylläpitoon on perinteisesti käytetty luonnosta louhitua ja jauhettua kalkkikiveä. Kalkkikivirouhetta louhitaan Suomessa useilla eri paikka-

kunnilla ja lisäksi sitä tuodaan maahan Virosta. Kalkkikiveä markkinoi useat eri yritykset ja useilla eri kauppanimillä. Luonnosta louhitun kalkkikiven neutraloiva kyky on tavallisesti hieman parempi kuin voimalaitostuhkien. Lisäksi ne sisältävät ravinteita ja haitallisiksi määriteltyjä raskasmetalleja vähemmän kuin puun ja turpeen poltossa syntyvät tuhkat. Näin ollen niiden käyttö maatalousmaan pH:n säätelyyn on ”turvallisempaa” kuin lentotuhkien.

Toisaalta tuhka lisää maaperässä luonnostaan esiintyvien kasvien tarvitsemien hivenaineiden määrää ja lisää myös mm fosforia ja kaliumia perinteistä kalkkia enemmän viljelysmaahan. Luonnosta louhittava kalkki on kalliimpaa käyttää, vaikkakin sen levitystarve on yleensä tuhkaa alhaisempi sen paremman neutralointikykyänsä ansiosta.

Luonnonkiviainesperäisten kalkitustuotteiden kustannukset ovat samalla tasolla kuin tuhkatuotteidenkin, joten selkeää kilpailuetua on vaikea löytää. Lentotuhka käyttö peltotuhkan tavoin kasvualustojen valmistamiseen esimerkiksi turvepitoisista maista on sallittua samoilla kriteereillä kuin viljelymaallekin. Sellaisten viheralueiden, joissa ei ole tarkoitus viljellä eläinten rehua tai ihmisravintoa, sallitaan tuhkan käyttämiseen tiettyjä helpotuksia mm tuhkan sisältämien ravinnepitoisuuksien suhteen. Tällaisia alueita tai niillä käytettäviä maa-aineksia ovat esimerkiksi Golf-kentän tai piha-alueiden viheralueet ja rakenteet. Näissä käyttökohteissa lentotuhkan käyttö luonnon kalkkikiven sijaan on kustannustehokkaampaa ja saavutetaan sama lopputulos laadun suhteen koska tavoitteena on maa-aineksen pH-tason saavuttaminen kasvualustan laadun varmistamiseksi.

Eräissä biojätteen kompostointilaitoksissa hyödynnetään peltotuhkaksi luokiteltua lentotuhkaa biojätteen kompostoinnin tukiaineena. Luonnon kalkilla (CaCO_3) on kyky nostaa prosessin pH nopeasti ylös mutta se myös laskee nopeasti prosessissa syntyvien happojen vaikutuksesta. Tuhkan on todettu nostavan kompostointiprosessin pH:n riittävän nopeasti ja puskuroivan kalkkia paremmin happojen vaikutusta. Merkittävin ero on siinä, että tuhkalla on kyky säilyttää korkeampi pH taso pidempään kuin kalkilla, jolloin biohajoamisprosessi lyhenee. (Gareis, Christoph, Projektipäällikkö, HSY 2010)

11.2 Maanrakennus

Lentotuhkat soveltuvat maanrakennukseen sellaisenaan erilaisiin täyttöihin ja muotoiluihin sekä runkorakenteisiin. Tällöin ne korvaavat muita mineraalisia maanrakennusaineita. Masuunikuonat ja voimalaitoksien pohjatuhkat soveltuvat myös vastaavaan tarkoitukseen. Tällaiset ns. massiivirakenteet ovat suhteellisen yksinkertaisia ja kustannustehokkaita hyödyntämiskohteita. Valmiiden rakenteiden lujuudet ja käyttäytyminen on helppo todentaa ennakoiden laboratorikokeiden avulla ja mahdolliset valmiin rakenteen korjaustoimet voidaan tehdä helposti. (Forsman ja Jyrävä 2020)

Purkubetoni, jota syntyy etenkin suuremmissa kasvukeskuksissa suuria määriä, on eräänlainen kilpailija tuhkarakenteille maanrakennusalalla. Puhdas purkubetoni täyttää lähes aina MARA-asetuksessa asetetut vaatimukset, ja on täten helppo ja ”halpa” materiaali rakentajalle. (Forsman 2020)

Suomessa hyödynnettävissä olevat luonnon kiviainesvarat vaihtelevat maantieteellisesti suuresti. Tämän vuoksi voi kuljetuskustannukset rajoittaa lentotuhkien käyttöä alueellisesti. Esimerkiksi Kesi-Suomessa on kiviaineksia tuottavia yrityksiä runsaasti ja usein lähellä rakennuskohteita. Vaikka lentotuhkarakenne voitaisiin kohteessa toteuttaa, on perinteiset menetelmät usein ”vahvemmillä”, milloin mistäkin syystä. Esimerkiksi kuljetuskustannus voi muodostua esteeksi, jolloin tuhkan todetaan olevan kalliimpaa, kuin perinteisten kiviainesten (Kantola 2020). Ei huomioida sitä, että tuhkan tuottajan on kuljetettava tuhka joka tapauksessa johonkin.

Pääkaupunkiseudulla kiviainesvarat ovat usein kaukana rakennuskohteista ja hinnaltaan arvokkaita. Pääkaupunkiseudulla maanrakennukseen käytettävä kiviaines tehdään yleensä lähialueella louhitusta kalliomurskeesta. Kalliolouhe syntyy rakennushankkeiden sivutuotteena, jolloin sen hyödyntäminen murskattuna on yleensä suhteellisen edullista. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja halu säästää luonnonvaroja on tärkeässä roolissa. Tämä on lisännyt kiinnostusta selvittää teollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisen hiilijalanjälkeä laskennallisesti ja suorittaa vertailu. (Suominen, 2020).

Tuhkaa voidaan hyödyntää korvaamaan sementtiä maa-ainesten stabiloinnissa. Eräissä tapauksissa sementti on voitu korvata kokonaan tuhalla. (mm Kujalan kaato- paikan pohjarakenteet Lahdessa, Tarastejärven kaatopaikalla stabiloidut saastuneet maat ja eräät tiehankkeet).

Sellaiset käyttökohteet, joissa tuhkaa käytetään stabiloinnissa lujittamaan kosteita tai muutoin heikosti lujittuvia maa-aineita joko yksinään tai yhdessä sementin kanssa käytettynä, edellyttävät etukäteistyötä ja usein myös erillisjärjestelyjä. Tuhkan etuna sementtiin on sen huomattavasti pienempi hiilijalanjälki, ja lisäksi sementin katso- taan olevan ”liian arvokas” materiaali maa-ainesten syvästabilointiin. (Forsman 2020)

Tuhkien varastointi, laatu ja käytön reunaehdot on aina varmistettava ns. eräkohtai- sesti. Mahdolliset muutokset maa-ainesmateriaaleissa ja tuhkan laadussa tuovat epä- varmuustekijöitä lopullisen rakenteen laadun suhteen. Tällöin vaarana voi olla mer- kittävä lisäkustannus, koska joudutaan tekemään enemmän suunnittelua ja projektiin tulee lisää eri työvaihetta. Myös laadun varmistamiseksi saatetaan joutua lisäämään näytteenottoa ja analysointia. Pieni sementtilisäys massastabiloinnissa käytettävään lentotuhkaan vähentää epäonnistumisen riskiä, mutta alentaa merkittävästi kustan- nuksia verrattuna pelkkään sementin käyttöön (Jyrävä 2010).

12 MARKKINAPOTENTIAALI

12.1 Maanparannus

Tilakohtaiset viljelyalat ovat viimeisten vuosien aikana kasvaneet ja maatalouden harjoittajien lukumäärä on alentunut (ELY-keskus 2019). Tilakokojen kasvu mahdollis- taa sen, että maatalouskäyttöön markkinoitavan peltotuhkan markkinointi voidaan keskittää sellaisille viljelytiloille, joilla on mahdollisuus käyttää peltotuhkaa maan pa- rannukseen suunnitelmallisesti esimerkiksi usealle vuodelle laaditun vuosisuunnitel- man mukaisesti.

Kun tiedetään alueellinen tarve niin saadaan merkittävästi parannettua suunnitelmallisuutta myös logistiikkaan sekä välivarastointi alueiden hankintaan. Peltotuhkan välivarastoalueet suunnitellaan maantieteellisesti siten, että toimitukset saadaan hoidettua alueellisesti tehokkaasti ja ajallaan. Välivarastoja täydennetään suunnitelmalla kuljetukset ympäri vuoden siten että kun auto tuo tullessaan niin se vie mennessään.

12.2 Maanrakennus

Tiettyihin kohteisiin ja rakenneratkaisuihin tuhkat sopivat hyvin tai erinomaisesti ja tiettyihin eivät ollenkaan. On tarpeen rajata jo alussa pois ne kohteet joihin tuhkaa ei voida käyttää ja keskittyä niihin, joissa on potentiaalia.

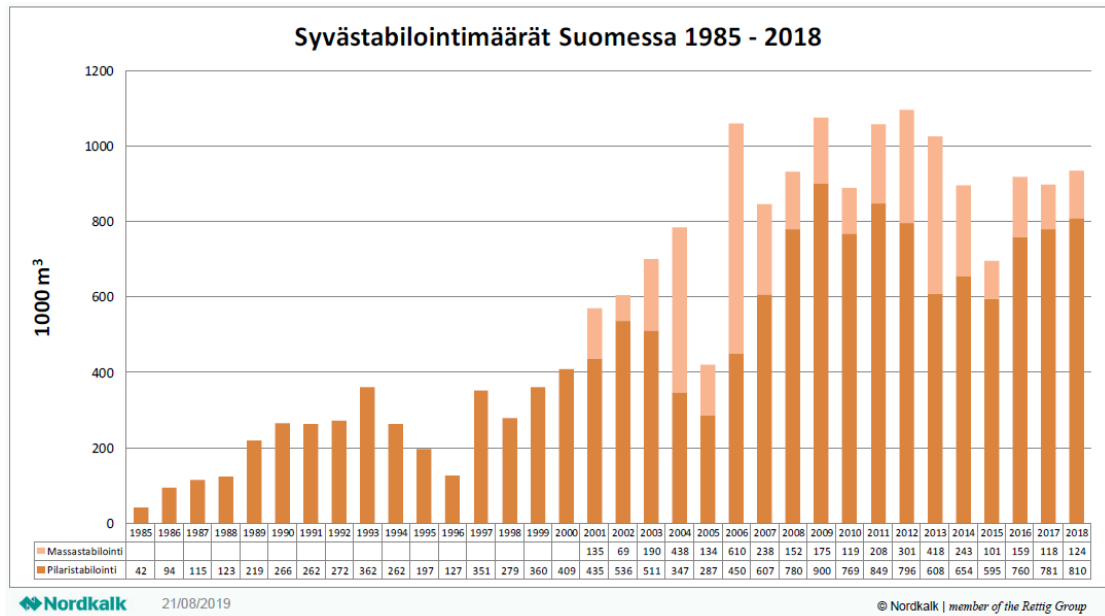
Julkiset maanrakennustarpeet ovat yleensä tiedossa jo useita vuosia ennen varsinaista toteutusta. Tuhkan hyötykäytön mahdollisuudet tulee selvittää ja varmistaa jo hankkeiden esisuunnitteluvaiheessa. Näissä hankkeissa on tärkeää, että eri toimijat aloittavat yhteistyön heti kun hankkeen suunnittelu aloitetaan. Tällä tavoin saadaan onnistumisen edellytykset varmistettua ja vältetään yllätyksiltä hankkeen edetessä.

Nykyään julkinen rakennuttaja joutuu ottamaan ympäristönäkökohdat erityisen hyvin huomioon suunnitellessaan rakennushankkeita. (Jämsän kaupungin vs. tekninen johtaja Katja Rissanen).

Lentotuhkaa käytettäessä jää hiilijalanjälki huomattavan alhaiseksi koska tuhkaa ei valmisteta maanrakennusta varten. Tuhkan "tuotannossa" syntyneet kasvihuonepäästöt huomioutu energiantuotannon päästölaskelmissa.

Ramboll Finland Oy Juha Forsmanin mukaan hyvä rakennusmaa vähenee kaupungeissa sitä mukaan, kun rakennustarve niissä kasvaa. Siksi hieman heikommin kantavia maa-alueita on alettu kunnostaa stabiloimalla rakennusmaaksi sopivaksi. Lentotuhkan on todettu soveltuvan joko sellaisenaan tai seostettuna stabilointiin sopivaksi sementin tai kalkkipohjaisten materiaalien rinnalla. Lentotuhkan etu on myös huomattavasti pienemmät valmistusvaiheen hiilidioksidipäästöt.

Kuten kuviosta 7 voidaan havaita, on maa-aineksen stabilointi kasvanut 2000-luvun alusta alkaen, asettuen 2010 luvulla 800 0000 miljoonaa m³ vuosittain.



Kuvio 7. Syvästabilointimäärät Suomessa 1985 – 2018 miljoonaa kuutiometriä.

(Suomen geoteknillinen yhdistys r.y. 22.8.2019, Stabilointimäärät, Kari Kuusipuro, Nordkalk Oy Ab)

Maa-aineksen stabiloinnissa on olemassa lentotuhkan tuottajalle todellinen markkinapotentiaali, koska tuhkalla voidaan korvata markkinahinnaltaan huomattavan arvokasta sementtiä sekä samalla saada rakennuskohteen ilmastopäästöä merkittävästi pienennettyä.

Yksityiset hankkeet, kuten piha- ja kenttärakentaminen, maa-ainestäytöt ja tierakenteet ovat haasteellisempi kohderyhmä tavoittaa. Yhtenä esteenä on myös lentotuhkan luvanvarainen käyttö. Ympäristöluvan hakeminen koetaan usein liian ”vaativaksi” ja kalliiksi menettelyksi. Tosin MARA-asetus on tuonut jonkin verran helpotusta tähän asiaan.

Keskustelua kuntien ja ELY-Keskuksien viranomaisten kanssa tulee käydä aktiivisesti, jotta molemmin puolinen tietämys tuhkien ominaisuuksista ja käyttäytymisestä erilaissa kohteissa lisääntyy.

13 MAHDOLLISET KEHITTÄMISTOIMENPITEET

13.1 Yritysmuoto ja omistus

UPM-Kymmene Oyj omistaa sekä Kaipolan että Jämsänkosken voimalaitokset. Yhtiöllä on taloudellinen päätäntävalta voimalaitoksien käyttämiin polttoaineisiin ja tätä kautta poltossa syntyvään tuhkaan. Yhtiö on myös juridisesti vastuussa tuhkan asianmukaisesta loppusijoituksesta. Koska tuhka on lähtökohtaisesti jätettä, koskee yhtiötä jätelainsäädännössä annetut määräykset. Käytännössä tuhka voidaan luovuttaa vain asianmukaisen tuhkanvastaanottoon ja hyödyntämiseen ympäristöluvan saaneelle toimijalle. Tuhkan markkinointiin ja hyötykäyttöön on mahdollista perustaa oma yhtiö, jossa UPM voi olla omistaja joko koko osuudella tai osittain. On myös mahdollista etsiä yhteistyökumppani jolle tuhkan hyötykäyttöön ohjaaminen vastuu-tetaan. Toiminnan alkuvaiheessa kustannustehokkain ja riskittömin vaihtoehto on aloittaa toiminta yhteistyökumppanin tai –kumppaneiden kanssa.

13.2 Henkilöstö

Henkilöstön tarve määräytyy paljolti valittavasta yritysmuodosta. Jos päädytään siihen, että erillistä yritystä ei perusteta, niin toiminta voidaan aloittaa nykyisillä henkilöstöresursseilla. Jos päädytään perustamaan erillinen yhtiön tuhkien markkinointiin niin silloin tarvitaan vähintään yksi ammattitaitoinen henkilö käynnistämään toiminta.

13.3 Tarvittavat toimitilat

Toimitiloja ei erikseen tarvitse hankkia koska UPM:n jokilaakson tehtailla on tarjota tarvittavat toimitilat toiminnan ylläpitoon ja kehittämiseen. Tehdasalueella ja sen välittömässä läheisyydessä on tarvittaessa maa-alueita käytettävissä toiminnan niin edellyttäessä.

13.4 Tarvittavat pääoma, koneet ja laitteet

Jos tuhkaa ei aiota jatkojalostaa ennen hyötykäyttöä niin nykyiset jo hankitut ja kuoletetut laitteet; kuten tuhkasiilot ja purkaimet, palvelevat aluksi riittävän hyvin toiminnan aloittamiseksi. Tällöin ei pääomaa tarvita.

Jos toimintaa aiotaan laajentaa esimerkiksi lisäämällä tuhkan varastointikapasiteettia joko siilossa tai aumoissa, niin tarvitaan investointirahaa.

Jos tuhkan laatua halutaan parantaa lisäämällä esimerkiksi kalkkia (Ca) kattilaan syötettävään polttoaineeseen, tarvitaan kalkille oma varastosiiilo ja syöttöjärjestelmä.

Tuhkan jalostusasteen nostaminen edellyttää myös investointeja. Jos päädytään esimerkiksi lajittelemaan tuhkaa karkeaan ja hienompaan jakeeseen niin silloin tarvitaan lajitteluun soveltuvat laitteet sekä varastointikapasiteetin lisäys.

13.4.1 Laiteinvestointien kustannusesimerkkejä

Tuhkan varastosiiilo Jämsänkosken lentotuhkalle

Oheisessa laskelmassa on karkea erittely 300 tonnin (m) kokoisen erillisen tuhkan varastosiiilon rakennuskustannuksista. Laskelmat perustuvat laitetoimittajan tarjoukseen. Tiedot UPM jokilaakson voimalaitosten energiapäällikkö Arto Heinjoki.

Tuhkasiilo purkulaitteineen asennettuna	600 000 €
Tarvittavat putkistomuutokset	20 000 €
Perustukset	30 000 €
Suunnittelu	7 000 €
Automaatioasennukset	12 000 €
Suunnittelu	6 000 €
Laitteet	9 000 €
Varaus	102 000 €
Yhteensä	786 600 €

13.4.2 Lentotuhkan jaottelu eri jakeisiin

Leijupetikattilan ominaisuuksiin kuuluu, että savukaasujen mukaan lähtevä lentotuhka sisältää raekooltaan erikokoisia partikkeleita. Karkeammat ja suuremmat partikkelit ovat hiekkamaisia, vähemmän ravinteita sisältäviä, kun taas pienet partikkelit sisältävät runsaammin ravinteita ja maanparannuskäyttöön soveltuvia aineita.

Maanparannuskäyttöön halutaan siis ”rikastettua” tuhkaa jo pelkästään kustannussyistä;

Asiakas laskee kuljetus ja levityskustannukset samaansa hyötyyn tonnia kohden. Jos tuote sisältää runsaasti ei toivottua ainesta, muodostuu logistiikkakustannus yksikköä kohden suureksi. Jos saadaan ravinneköyhä osuus tuhkasta erilleen ja voidaan hyödyntää vain parhaat jakeet. Näin ollen voitaisiin alentaa merkittävästi pinta-alaa kohden levitettävää tuhkan määrää.

Maan stabiloinnissa käytettävien tuhkien reaktiivisuuden on todettu paranevan, jos niitä hienonnetaan jauhamalla optimaaliseen partikkelikokoon. (Jyrävä 2020)

Luokittelu voidaan käytännössä tehdä ilmaluokittimen avulla. Seulonnalla ei ole saatu riittävän hyvin hienoa ainesta eroon, joten ilmaluokitus jää toteutuskelpoiseksi vaihtoehdoksi.

Markkinoilla on luokittimia eri sovelluksiin, kapasiteetiltaan muutamista kymmenistä kiloista useita tonneja tunnissa tekeviin. Tärkeitä laitteessa on hyvä kulumissuojaus sekä hyvä erottelukyky eli saanto.

Esimerkiksi kuulamylytekniikkaan perustuva jauhatus yhdistettynä luokittimeen, voisi tulla kysymykseen silloin kun halutaan koko tuhkamäärä tasajakeisena partikkelina hyötykäyttöön. Ns. siirrettävä, ”konttiin” rakennettu laitos on käytössä mm. Riihimäellä. (Heikkinen 2020)

Kiertoilmaluokitin on edullisin vaihtoehto kokonaiskustannuksiltaan, sillä se ei tarvitse erillistä puhallinta tuottamaan luokitusilmaa ja suodatinta erottelemaan ilma ja

tuote. Muissa laitetyypeissä alla tarvitaan erillinen luokitusilmapuhallin, se kasvattaa alkuinvestointia hieman ja käyttökustannuksia samoin.

Tarjousta varten tulee tyypillisesti selvittää seuraavanlaisia asioita.

- laitteen valintaan vaikuttaa mm. paikka prosessissa? (hienoaines menee suoraan suodattimelle ja siitä siiloon tms.)
- tapahtuuko syöttö elevaattorilla + jokin syöttölaite vai pneumaattisesti.
- laitteen valintaan vaikuttava tärkeä tekijä on haluttu lopputuotteen hienous, esimerkiksi 97 % alle 100 µm tms.
- laitteen kokoon vaikuttaa luokittimelle tuleva syöttömäärä (tn/h).
- hienoaineksen osuus (esim. 30 % syöttöön tulevasta on alle 100 µm) syötöstä on oltava tiedossa, jotta voidaan arvioida saantoa.
- luokiteltava materiaali, koko (0-500 µm tms.) ja sen ominaisuudet (onko seassa kvartsihiekkaa tms. kuluttavaa), lämpötila ja muut tekijät, jotka vaikuttavat mm. kulumissuojauksiin ja materiaalivalintoihin.
- haluttu toimituslaajuus. mylly, myllyn moottori, puhallin, suodatin, ohjauskaappi, mahdolliset venttiilit, sulkusyöttimet, kuljettimet ja apulaitteet.

Luokittimien budjettihinta on välillä 80.000 – 140.000 € sisältäen luokittimen, moottorit ja sulkusyöttimen. Lisäksi tarvitaan rakennus, automaatio, syöttöruuvi, teräsra-kenteet ja varastosiilot.

14 SWOT-ANALYYSI

SWOT tulee sanoista Strengths (vahvuudet), Weaknesses (heikkoudet), Opportunities (mahdollisuudet) sekä Threats (uhat). Kyseessä tapa arvioida perustettavaa yritystä, yhtä liiketoiminnan osa-aluetta tai yksittäisen hankkeen toimintaedellytyksiä.

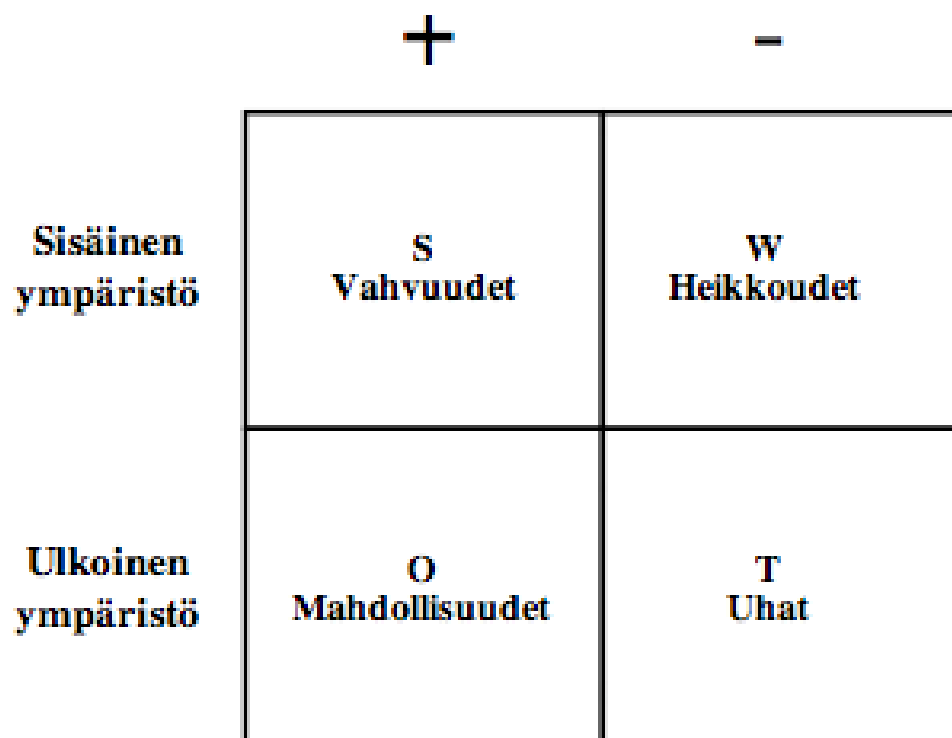
SWOT-analyysi tehdään useasti aloitettaessa uutta liiketoimintaa. Arvioinnista on hyötyä säännöllisesti tehtynä myös olemassa olevalle liiketoiminnalle. Ennusteita voidaan tarvittaessa korjata, liiketoiminnan strategiaa säätää tai muuttaa.

SWOT on alun perin kehitetty keskisuurien ja suurien yritysten työkaluksi.

SWOT-analyysia voidaan soveltaa hyvin monipuolisesti eri käyttötarkoituksiin. Sen suosio perustuu menetelmän muokkautuvuuteen. Arviointimenetelmää voi käyttää yhtä hyvin yrityksen liiketoimintasuunnitelman arviointiin kuin yksittäisen hankkeen onnistumisen ennustamiseenkin.

Kun analyysi on onnistuneesti tehty, tiedetään mitä osataan tehdä, missä ovat toiminnalliset vahvuudet sekä sen, mitä voitaisiin tehdä paremmin. Samalla selvitetään ja tunnistetaan heikkoudet, sekä uhat, joihin tulee varautua.

(<https://www.holvi.com/fi/holvipedia/yrittaejyys/swot/> . 2020)



Kuvio 8 Kuvaus SWOT-analyysin nelikentästä.

14.1 UPM Jokilaakson tehtaiden voimalaitoksien lentotuhkan hyödyntämisen SWOT analyysi

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - Talous on kunnossa - Toimintaolosuhteet - Luottamus perusosaamiseen - Sisäiset yhteistyökumppanit - Ulkoiset yhteistyökumppanit - Varastointikapasiteettia ulkona - Nykyiset käyttökokemukset - Yhtiön asetetut tavoitteet - Tietoa potentiaalista on 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laadunhallinta ei ole kunnossa - "Annettu, ei myyty" - Ei riittävästi kuivavarastointikapasiteettia - Ei laitoksella tapahtuvaa jalostus mahdollisuutta - Ei markkinointiosaamista - Tuotteen laadun epätasaisuus - Asiakkaiden epäluuloisuus - Tuotteen jätestatus - Laitosten maantieteellinen sijainti
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laadun mittaaminen - Tasalaatuisen tuotteen tuottaminen - Tuotteen ohjaaminen markkinaan, mistä tulee tuottoa - Markkinoinnin tehostaminen - Uusien yhteistyökumppanien löytyminen - Verkostoitumisen lisääminen - Kiertotalousajattelu - Ilmastokysymykset 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lainsäädännön muutokset - Muuttuvat polttoaineet - Kilpailijoiden markkinaponnistelut - Kustannusten hallitsemattomuus - Oman osaamisen katoaminen

Kuvio 9 UPM Jokilaakson tehtaiden voimalaitoksien lentotuhkien hyödyntämisen SWOT analyysi. (Rantala, 2020)

14.2 Pohdintaa SWOT- Analyysin perusteella

14.2.1 Vahvuudet

UPM on yhtiönä taloudellisesti vakaalla pohjalla, ja tarvittaessa resurssien kehittämiseen on taloudelliset mahdollisuudet. UPM on yhtiönä sitoutunut toimintamalliin, jossa syntyneitä jätteitä ei loppusijoiteta kaatopaikalle. Toimintaolosuhteet ovat kunnossa, tekniikka toimii ja prosessit sekä henkilökunta hallitsee olemassa olevat menettelytavat.

Yhteistyö yhtiön sisäisen ja myös ulkoisen verkoston kanssa on luotu. Verkostot toimivat myös ristiin, jolloin asiantuntijuutta osataan hyödyntää. Esimerkiksi UPM-Metsän metsäautoteiden perusparannushankkeet toteutetaan hyvin toimivan mallin avulla. Voimalaitos ilmoittaa tarjolla olevan tuhkan määrän, ja UPM - metsän yhteyshenkilö kartoittaa ja luvittaa kunnostettavat kohteet. Kouliintunut tieurakoitsija rakentaa tiet ja koordinoi työmaan kuljetuslogistiikkaa. Välivarastointikapasiteettia on riittävästi.

Erilaisten projektien kautta on saatu runsaasti tietoa lentotuhkien ominaisuuksista ja hyödyntämisen mahdollisuuksista, joten perusymmärrys on hyvällä tasolla. Kiertotalous, hiilijalanjälki ja tämän tyyppiset, isomman arvon, saaneet asiat voidaan katsoa olevan tuhkapohjaisten käyttösovellusten ”puolella”.

14.2.2 Heikkoudet

Tuhkan laatua seurataan käytännössä kaksi kertaa vuodessa otettavalla viikon mittaisella keräilynäytteellä. Näytteet analysoidaan lannoiteasetuksen sekä MARA-asetuksen edellyttämällä tavalla. Tämä järjestely yhdessä omavalvontasuunnitelman kanssa on riittävä EVIRA:n määrittämässä laadunhallintaprosessissa toimitettaessa tuhkaa maanparannuskäyttöön.

Edellä kuvattu laadunvalvontaprosessi ei ole riittävä määritystiheys toimitettaessa tuhkaa esimerkiksi suuriin maanrakennuskohteisiin, kuten stabilointeihin. Tuhkaa raaka-aineena omissa valmistusprosesseissa käyttävien laitosten, kuten Finnsementin, Nordkalkin sekä Ecolan Oy:n mukaan heidän tuotantoprosessinsa hallinta vaikeutuu merkittävästi, jos he eivät tiedä prosessiin syötettävien raaka-aineiden pitoisuuksia. Harjun Betonilla ajatun koe-ajon perusteella tuhkan laatu ei jostain syystä ollut riittävää ympäristökivien raaka-aineeksi, yhdeksi syyksi epäiltiin tuhkan laatuvaihtelua.

Lannoite- tai sideaineteollisuus edellyttää tiedon tuhkan kalsiumpitoisuudesta heille toimitettavassa tuhkassa. Nykyisin ei ole mahdollista todeta kalsiumpitoisuuden tasoa, koska ei ole käytössä riittävän nopeaa määrittämenetelmää.

Yksi merkittävä heikkous on siinä, että tuhkan lisäaineistus ei ole mahdollista. Esimerkiksi kalsiumtason vakiinnuttaminen tiettyyn tasoon toisi markkina arvoa runsaasti lisää. Tämä ominaisuus on tärkeää maastabiloinnin lisäksi myös sementin ja sideaineen valmistuksessa, koska kalkkipitoisuus on se tekijä mikä tekee tuhkasta reaktiivisen.

Tuhkan varastointi kuivana on edellytys moneen käyttötarkoitukseen. Nykyisillä siilokapasiteeteilla tuhkan varastointi ”kuivana” ei ole mahdollista. Potentiaaliset asiakkaat edellyttävät toimitusvarmuutta. Sitä saadaan vain, jos on mahdollista varmistaa riittävän hyvälaatuisen tuhkan toimitusvarmuus myös tehtaan tai voimalaitoksen huoltoseisokkien aikana.

Jättestatus koetaan rasitteena hyvin monissa hankkeissa. Jokilaakson tuhkillla on pitkä ja monipuolinen hyötykäyttöhistoria. ”Peltotuhka” on lannoiteasetuksessa määritetty tuote, joka on tehnyt sen hyödyntämisestä kaupallisesti mahdollista. Monipuolisempaa maanrakennuskäyttöä saataisiin aikaiseksi, jos lentotuhkalle saataisiin viranomaishyväksyntä sivutuotteeksi tiettyihin käyttötarkoituksiin. Tällöin sitä voitaisiin alkaa käyttää luonnon kiviainesten tavoin teknisesti soveltuviin kohteisiin. Esimerkiksi Helsingin kaupungin maanrakennushankkeet tullaan toteuttamaan sellaisilla materiaaleilla, jotka voidaan hyödyntää ilman ympäristölupamenettelyä. (Forsman 2020)

Maantieteellinen sijainti asettaa haasteita. Rakentaminen on keskittynyt alueellisiin kasvukeskuksiin, ja Jämsän jokilaakso ei ole sellainen. Kasvukeskusten päättäjät voivat olla tietämättömiä mahdollisuuksista hyödyntää lentotuhkia rakennushankkeissaan. Kuljetuskustannukset kohteeseen saattaa koitua esteeksi hyödyntämiselle. Mutta koska tuhka on kuljetettava joka tapauksessa aina jonnekin, on kuljetuskustannuksiin suhtauduttava sen mukaisesti. Hämeen Kuljetus Oy:n mukaan Kuljetuskustannukset tuhkamateriaaleille ovat luokkaa 10 – 12 €/ tonni / 100 km. Lisäksi tulee lastaus ja muut mahdolliset käsittelykulut.

Ramboll Oy:n mukaan olisi tärkeää olla aktiivisesti yhteydessä kasvukeskusten päättäjiin ja osata markkinoida ajoissa ja oikealle kohderyhmälle. Suunnittelutoimistojen kanssa tehtävä yhteistyö on myös tärkeää, jotta he osaisivat ottaa huomioon tuhkan käytön mahdollisuuden.

14.2.3 Mahdollisuudet

Parantamalla tuhkan laadunvalvontaa, voidaan olla varmoja siitä, mitä laatua milloinkin toimitetaan. Kalkkipitoisuuden säännöllinen, riittävän tarkka määrittäminen on tärkeää. Tämä on mahdollista kustannustehokkaasti kehittämällä analyysimenetelmä, joka soveltuisi jo tehtaalla käytössä olevalla testauslaitteistolla toteutettavaksi. UPM tutkimuslaboratoriossa on alustavasti selvitetty kyseisen määrityksen mahdollisuuksia toteuttaa analyysi Jämsänkosken tehtaan laboratoriossa.

Laadunvalvonnan avulla saatetaan pystyä ohjaamaan polttoainesyöttöä ainakin jossain määrin, kokemuksen karttuessa saadaan laatu paremmin hallintaan.

Tasalaatuisen tuotteen tuottaminen antaa mahdollisuuden hinnoitella tuote tuotetun laadun mukaan. Asiaa parantaa, jos olisi edullinen polttoprosessiin soveltuva kalsiumin lähde käytettävissä. Lisäämällä tätä materiaalia kiinteän polttoaineen joukkoon, saisimme stabiloitua syntyvän tuhkan kalkkipitoisuuden ainakin tiettyyn minimipitoisuuteen.

Lisäaineannostelun mahdollistavan järjestelyn avulla olisi mahdollista tehdä muuta-kin tuotekehitystä. Käsittelemällä tuhkaa esimerkiksi jauhimella, saadaan siitä aktiivisempaa ja tasajakeisempaa. Tässäkin prosessissa on tärkeää tietää sen kemiallinen koostumus nykyistä tarkemmin. Rauman Sampaanalanlahden stabilointikohteen kokemuksista saatujen selvitysten mukaan jauhamisen olisi tapahduttava mahdolliseman lähellä toimittamista hyötykäyttöön, ettei saavutettu aktiivisuuden parannus häviä, eikä tuhka ala varastoitaessa kovettumaan.

Tärkeä askel hyötykäytön edistämiseksi olisi saada tuhkalle sivutuotestatus maanrakennus- ja raaka-ainekäyttöihin. Tällöin tuntuisi olevan helpompaa löytää yhteistyökumppani tuhkien markkinoille saattamiseen. Esimerkiksi Finnsementin olisi helpompaa käyttää valmistuksessa sellaisia materiaaleja, jotka ovat vapautettu jätestatuksesta. Tällaisen sivutuotehakemuksen tekeminen on työläs ja aikaa vaativa työ. Ramboll Oy on arvioinut kustannukseksi noin 25 000 € / tuhka. Mutta Rambollin käsityksen mukaan jo olemassa olevilla markkinoilla ja UPM Jämsänkosken ja Kaipolan lentotuhkien käyttökokemuksilla sivutuotestatuksen saamisen pitäisi onnistua.

14.2.4 Uhat

Muutokset vallitsevassa lainsäädännössä ovat merkittävä muuttuja. Lainsäädännön muutokset tulee pystyä ennakoimaan. Lainsäädännön muutokset voivat vaikuttaa hyötykäyttöä ohjaaviin säännöksiin.

Tuhkan laatu määräytyy käytännössä käytettävistä polttoaineista. Energian hinta määräytyy polttoainetaloudesta. Polttoaineen hinnan lisäksi erilaiset määräykset ja rajoitukset ohjaavat omalta osaltaan voimalaitoksessa poltettavien polttoaineiden käyttöä. Muutokset tehtaiden raaka-aineiden käytössä vaikuttaa tuhkien laatuun.

Jos esimerkiksi Kaipolan siistauslaitoksen tuotanto vähenee oleellisesti, saattaa se tarkoittaa nykylaatuisen, korkean kalkkipitoisuuden omaavan tuhkan tuotannon loppumista. Pitäisi pystyä ennakoimaan, mitkä ovat realistiset vaihtoehdot varmistaa kustannustehokas hyötykäyttö tilanteissa, joissa kalkkipitoisuus laskee ”tavanomai-

sen” puun ja turpeenpolton tuhkan tasolle. Tällöin on hyvin todennäköistä, että peltotuhkaa ei synny, eikä maanrakennustuhkakaan ole ominaisuuksiltaan enää niin reaktiivista. Kalkkipitoisuuden alenemisen myötä tuhka menettää ominaisuuksia, joita esimerkiksi lannoite- ja sideainetuotanto tarvitsee.

Kuljetuskustannusten nousu voi olla nykyisen ilmastomuutoksen torjunnan myötä niin suuri, että kuljettaminen kauemmaksi hyötykäyttöön käy mahdottomaksi. Myös hiilijalanjäljen laskentamalli saattaa vaikeuttaa kuljettamista hyödynnettäväksi tietyn kilometrimäärän yli.

15 JOHTOPÄÄTÖKSET

UPM Jokilaakson tehtaiden voimalaitosten lentotuhkien hyötykäytön monipuolinen toteuttaminen näyttää olevan lähitulevaisuudessa mahdollista. Hyötykäytön toteutumisen varmistamiseksi on tehtävä muutoksia nykyiseen toimintamalliin. Asiakas-kunta on olemassa, mutta tuhkan laatuvaihtelut asettavat nykylaatuisen biopolttoaineilla tuotetun lentotuhkan heikkoon asemaan verrattuna esimerkiksi kivihiilen poltossa syntyvään tuhkaan. Kivihiilen poltossa syntyvä tuhka on tasalaatuista, johtuen minimaalisesta polttoaineen laatuvaihtelusta. Usein on myös niin, että kivihiilellä toimivien lämpölaitosten tuhkan laatuun ei vaikuta kulloinkin tarvittava energiamäärä, tuhkan laatu pysyy vakiona lämpötehosta huolimatta.

UPM Jokilaakson tehtaiden voimalaitosten synnyttämän kulloinkin tarvittavan energian määrään voidaan vaikuttaa, ja usein vaikutetaankin polttoainesuhteilla; puu / kuitulietteet / turve. Tästä johtuvaa laatuvaihtelua tulee pystyä mittaamaan tarkemmin, jotta asiakkaalle toimitettavan tuhkan laatu tiedetään.

Tiedossa olevien potentiaalisten asiakkaiden kiinnostus uusiomateriaalien käyttöön on lisääntynyt. Tämä kasvava kiinnostus näyttää myös muodostuneen aidoksi kysynnäksi. Tähän kysyntään tulee pystyä vastaamaan nykyistä paremmin lähtemällä mukaan kehityshankkeisiin, joissa tavoitteena on löytää lentotuhkien aito kaupallinen

hyödyntämiskeino käsittelemällä tuhkaa, käyttämällä sitä korvaamaan nykyisin käytössä olevia perinteisiä sideaineita tai pyrkimällä toimittamaan tuhkaa perinteisten sideainevalmistajien raaka-aineeksi. Yllä mainitut keinot eivät ole toisiaan poissulkevia.

Merkittävä tekijä massiivisimmissa maanrakennushankkeissa on verkostoitua yhteistyön merkeissä muiden lentotuhkien ja / tai muiden soveltuvien sivuvirtojen tuottajien kanssa. Usein on niin, että esimerkiksi isot väylähankkeet tarvitsevat rakennusmateriaaleja niin paljon, että yhden tai kahden voimalaitoksen tuottamien tuhkien merkitys on niin vähäinen, että sillä ei saavuteta merkittävää säästöä eikä ympäristökuormituksen vähenemää. Mutta jos hankkeeseen voidaan tarjota jokin suurempi kokonaisuus toteutettavaksi esimerkiksi tuhkarakenteena, tilanne muuttuu tuhkien käytön kannalta edullisemmaksi. Tällaiset hankkeet vaativat hyvää ennakkovalmistamista kaikilta hankkeeseen valituilta osapuolilta.

Logistiikka muodostaa merkittävän kustannustekijän lentotuhkien hyödyntämisen toimitusketjussa. Koska kaatopaikalle ei tuhkia ole tarkoitus missään tapauksessa loppusijoittaa, merkitsee se usein hyvinkin vaihtelevia kuljetusetäisyyksiä eri hyötykäyttökohteiden välillä. Tämä vaihtelu estää esimerkiksi tuhkien käsittelyyn varattavan tarkan budjetin laadinnan. Jos omataan vakio asiakaskunta, jolle voidaan toimittaa tuotetta ympärivuotisesti, poistuisi budjetointi ongelma nykyisessä muodossa.

Logistiikassa yhden lisähaasteen tuo myös rajalliset varastointi tilat. UPM Jokilaakson tehtaiden olemassa oleville välivarastointialueille voidaan varastoida enintään yhden vuoden tuhkantuotanto. Välivarastotilat sijaitsevat taivasalla, jolloin tuhkan korkeamman asteen jalostus ei onnistu, koska yleensä korkeammalle jalostettavan lentotuhkan oltava kuivaa ja tuoretta. Tarvittaisiin siis säältä suojaavaa välivarastokapasiteettia. Tämän varastokapasiteetin olisi hyvä sijaita lähellä loppukäyttäjää, oli loppukäyttö sitten minkä tyyppistä hyvänsä.

Haasteet ilmastomuutoksen torjunnassa tulevat tuomaan vahvistusta kaikkien ilmastomuutosta vähentävien ratkaisujen kehittämiseen. Tähän työhön tulee osallistu-

maan myös yhteiskunnan rakentajat, kukin omalla panoksellaan. Lentotuhkien mahdollisuudet kasvihuonekaasujen vähentämiseksi on maanrakennuksessa käytettävien sideaineiden ja massiivirakenteiden ratkaisujen sisällä.

LÄHTEET

843/2017 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa. Valtion säädöstietopankki. Viitattu 3.1.2020. <http://www.finlex.net/fi/laki/>

Asetus 24/11 Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. Valtion säädöstietopankki. Viitattu 3.1.2020. <http://www.finlex.net/fi/laki/>

Elinkeinoelämän keskusliitto. Viitattu 28.11 2019. <https://ek.fi/mita-teemme/energia-liikenne-ja-ymparisto/cleantech-suomessa/>

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. Viitattu 21.1.2020. <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/2012/09/dp1019.pdf>

Esitysmateriaali Clentechin maailmanmarkkinat, Kaisa Hedberg 2015. Viitattu 7.1.2020. <https://www.slideshare.net/kaisamirjam/cleantechin-maailmanmarkkinat-ja-suomen-mahdollisuudet>

Forsman Juha, Projektipäällikkö, Ramboll Finland Oy. Haastattelu 4.2.2020.

Gareis, Christoph, Projektipäällikkö, HSY. Haastattelu 27.4.2010.

Heikkinen Aino, Toimitusjohtaja. Fatec Oy. Haastattelu 13.1.2020.

Heikola Rami, Projektipäällikkö, UPM Kymmene Rauma. Haastattelu 6.6.2019.

Holvi. Viitattu 12.1.2020. <https://www.holvi.com/fi/holvipedia/yrittajyys/swot/>

Jyrävä Harri, Tutkimuspäällikkö, Ramboll Finland Oy. Haastattelu 10.11.2011.”

Jätelaki 646/2011. Viitattu 3.1.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

[kup/2011/20110646](https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646)

Jäteverolaki 17.12.2010/1126. Viitattu 12.1.2011. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101126>

[tasa/2010/20101126](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101126)

Kalkkitaulukko 2018 – Käytännön Maamies. Viitattu 22.1.2020. <https://kaytannon-maamies.fi/kalkkitaulukko-2018/>

[maamies.fi/kalkkitaulukko-2018/](https://kaytannon-maamies.fi/kalkkitaulukko-2018/)

Kantola Hannu, Työpäällikkö, Jämsän Metallin ja Kuljetus Oy, Haastattelu 11.1.2020.

Kasper Kokkonen, Toimitusjohtaja. BioA Oy, haastattelu 12.1.2020

Kiviniemi Olli. Loppuraportti. Keski-Suomen UUMA, Jämsän rakentamiskohteet 2010, 30/11/2010, Olli Kiviniemi

Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen tutkimusraportti, Marika Kaasalainen

Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen tutkimusraportti, UPM Communication Papers Oy Kaipolan lentotuhkan (talvi) hyötykäyttö ja kaatopaikkakelpoisuuden tutkimus 2019, nro 19-4220, Marika Kaasalainen

Kolkka Seppo. Tekninen johtaja. Hämeen Kuljetus Oy. Haastattelu 17.6.2010.

KVVY, Testausseloste 2.10.2017; Paper ENA Oy lentotuhkanäyte

Lannoitevalmistelaki 539/2006. Viitattu 12.10. 2011. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>

Luonnonvarakeskus (LUKE). Viitattu 2.2.2020. <https://www.luke.fi/>

Marjo Haataja: Kilpailukyymallien arviointitietointensiivisten palveluyritysten näkökulmasta – kirjallisuusselvitys ja käsiteanalyttinentutkimus. e-Business Research Reports 17, Tampere 2005.

Mäkelin ja Vepsäläinen; Kilpailu kyvykkyydellä: teknologia-, tuotanto ja markkinointistrategiat 1995, s.4

Otala Leenamajja. 2002. Oppimisen etu – kilpailukykyä muutoksessa. 4. painos. WSOY: Porvoo.

Ramboll Finland Oy, Magda Horvath ja Juha Forsman. Esimerkkikuvaus sideaineen hiilijalanjäljen laskennasta. 2020.

Reino Lehtonen; Taloustiedolla tulosta ISBN 951 -599-093-9)

Rissanen Katja, Tekninen johtaja vs. Jämsän kaupunki. Haastattelu 11.1.2020.

Sitra. 2002. Elämänlaatu, osaaminen ja kilpailukyky. ISBN 951-563-563-2 Viitattu 24.1.2020. <http://www.sitra.fi>

Suomen geoteknillinen yhdistys r.y. 22.8.2019, Stabilointimäärät, Kari Kuusipuro,
Nordkalk Oy Ab

Suomen kilpailukyky ja sen kehittämistarve s. 123.

Suomen ympäristökeskus. Viitattu 20.1.2020. https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Kiertotalous

Suominen Mikko, Helsingin kaupungin massakoordinaattori. Haastattelu 4.2.2020.

Tenkanen Heikki, Toimitusjohtaja, Maanrakennus Tenkanen Oy. Haastattelu
12.9.2012.

Tilastokeskus. Viitattu 2.1.2020. <http://www.stat.fi/til/ytl/index.html>

Tukiainen Hannu, Toimitusjohtaja. Ecolan Oy. Haastattelu 11.10.2010.

UPM Specialty Papers Oy; Sivutuotehakemus Jämsänkosken tehtaan voimalaitos-
tuhka.

UPM Vuosikertomus 2018.

UUMA 3 ohjelma. Viitattu 15.1.2020. <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/>

Valtiovarainministeriö raportti; julkaisuajankohta: tammikuu 2002.

Vanhanen Hanna, Joensuu Samuli: Loppuraportti. Tuhkatiehanke 2012 -2014, Aalto
yliopisto ja TAPIO. 2015.

Ympäristölupa, Länsi- ja Sisä-Suomi; Dnro LSSAVI/115/04.08.2010)

