

Hyötykäyttömateriaalien käytön tehostaminen kenttärakenteissa

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2021

Jussi Kemppinen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Kemppinen, Jussi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2021
	Sivumäärä 41	
Työn nimi Hyötykäyttömateriaalien käytön tehostaminen kenttärakenteissa		
Tutkinto Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio Eija Hauska-Mertanen, Lehtori, LAB teknologia		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Hannu Valtonen, työpäällikkö, Fortum Waste Solutions Oy		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Fortum Waste Solutions Oy:lle hyötykäyttömateriaalien tiedon- ja määränhallintaa helpottava systeemi. Tarkoitus oli, että systeemi huomioisi myös näillä materiaaleilla rakentamiseen liittyvät erityispiirteet ja haasteet. Kehitystyön lähtökohtana ovat kenttärakenteiden tarpeet ja vaatimukset.</p> <p>Työssä käydään läpi hyötykäyttömateriaalit, niiden tärkeimmät ominaisuudet, ympäristökelpoisuuden määrittäminen ja laadunvalvonta. Erityinen painotus materiaalien osalta on teollisuuden sivuvirroissa, kuten lentotuhkissa. Lisäksi käsitellään hyötykäyttömateriaalien käytössä huomioitava lainsäädäntö ja niiden hyödyntäminen kenttärakenteissa. Teoreettisen osuuden lopussa käsitellään hyötykäyttömateriaaleilla rakentamisen sujuvuuteen vaikuttavia tekijöitä. Lähdemateriaalina on käytetty aihepiiriin liittyviä ohjeita ja lainsäädäntöä.</p> <p>Käytännön osuudessa on esitelty työn tuloksena syntynyt reaaliaikaisesti päivittyvä Excel-pohjainen järjestelmä, jossa huomioidaan kohteiden tarvitsemat ja tarjolla olevat määrät sekä muun muassa sopimus- ja lupatilanteet.</p>		
Asiasanat Hyötykäyttömateriaalit, kenttärakenteet, määrälaskenta, tiedonhallinta		

Abstract

Author(s) Kemppinen, Jussi	Type of Publication Thesis, UAS Number of Pages 41	Published 2021
Title of Publication Intensification of the use of recycling materials in field structures		
Name of Degree Engineer (UAS), Civil and Construction Engineering		
Name, title and organization of the supervising teacher Eija Hauska-Mertanen, Lecturer, LAB technology		
Name, title and organization of the client Hannu Valtonen, Senior Site Manager, Fortum Waste Solutions Oy		
Abstract <p>The target of this thesis was to develop a system for Fortum Waste Solutions Oy to intensify the control of quantity and specifications of the recycling materials. The purpose was that the system takes also into account special characteristics and challenges faced when using these materials. The starting point of the development are the needs of structural fills.</p> <p>This thesis includes the description of the recycle materials, their most important characteristics, suitability for environment and quality control. Special emphasis is in the industrial secondary flows, for example fly ashes. The Finnish legislation considering the utilization of these materials, and field structures which consist of ash, are included. In the last part of the theoretical part deals with the factors which effects on the fluency of construction when recycling materials are used. Sources which are used consist mainly the handbooks and legislation around this subject.</p> <p>In the practical part the developed updating Excel-file is demonstrated. The file notifies the needed amounts of the materials in construction projects, as well as the amounts which are available in the company, and also the contractual and permission situations of these materials.</p>		
Keywords Recycle materials, structural fills, quantity survey, data management		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Hyötykäyttömateriaalit.....	3
2.1	Hyötykäyttömateriaalien käyttö	3
2.2	Materiaalien luokittelu	3
2.3	Materiaalien ominaisuudet ja mitoitusparametrit	5
2.4	Materiaalien laadunvalvonta	7
2.5	Ympäristökelpoisuus.....	8
2.6	Seosmateriaalit.....	9
3	Hyötykäyttömateriaaleihin liittyvä lainsäädäntö	10
3.1	Rakentamisen kannalta keskeiset lait	10
3.2	Jätelaki ja jäteasetus	10
3.3	MARA-asetus	11
3.4	Ympäristönsuojelulaki ja ympäristönsuojeluasetus	12
3.5	REACH- ja CLP-asetukset.....	13
4	Tuhat kenttärakenteissa	14
5	Hyötykäyttömateriaaleilla rakentamisen sujuvuuteen vaikuttavat tekijät.....	16
5.1	Lupaprosessi	16
5.2	Materiaalin hankinta.....	16
5.3	Kuljetukset ja varastointi	17
5.4	Toiminta työmaalla.....	19
6	Tiedonhallinta hyötymateriaaleja käytettäessä	23
7	Taulukon rakenne ja toiminta	24
7.1	Taulukon yleisperiaatteet	24
7.2	Kohteet-välilehti	24
7.3	Materiaalit-välilehti	27
7.4	Kelpoisuus ja sopimukset-välilehti	29
7.5	Hyväksynät-välilehti	31
7.6	Koonti-välilehti	32
7.7	Piilotetut välilehdet.....	34
7.7.1	Kerrokset-välilehti	35
7.7.2	Materiaalin tarve yhteensä-välilehti.....	35
7.7.3	Materiaalin tarjonta yhteensä-välilehti.....	36
8	Yhteenveto	38
	Lähteet	40

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään erityisesti teollisuusperäisiä hyötykäyttömateriaaleja ja niiden käytön sekä käytön suunnittelun tehostamista, kun rakennetaan erilaisia kenttä-rakenteita esimerkiksi varastokentiksi teollisuuden tarpeisiin. Työssä käydään läpi erilaisia materiaaleja sekä myös niiden käyttöön liittyviä lainsäädännöllisiä ja muita seikkoja, jotka vaikuttavat materiaalien käyttökelpoisuuteen tietyissä kohteissa. Erityinen painotus materiaaleissa on teollisuuden sivuvirroissa, kuten lento- ja pohjatuhkissa.

Viime vuosina on pyritty vähentämään materiaalien päätymistä loppusijoitukseen ja nosta-maan kierrätyskäyttöä muun muassa maarakentamisessa. Hyötykäyttömateriaalien käyttö vähentää osaltaan kiviaineksen käyttöä maarakenteissa ja on siksi ympäristön kannalta monesti tarkoituksenmukainen ratkaisu. Materiaalien käyttö vaatii kuitenkin käyttökohde-kohtaisen ympäristöluvan tai MARA-asetuksen mukaisen ilmoituksen, eli materiaalit on hyväksyttävä rakenteeseen. Tämä edellyttää materiaalikohtaisia tutkimuksia.

Hyötykäyttömateriaalien käyttö eri rakenneratkaisuissa vaatii myös tietämystä materiaalien käyttäytymisestä kulloisissakin olosuhteissa ja osaamista eri materiaalivaihtoehtojen välillä valintaan. Lisäksi kuljetusmatkat tulisi optimoida mahdollisimman pieniksi kustannus- ja ympäristösyistä. Nykyisin tieto hyötykäyttömateriaalien sopimustilanteista asiakkaiden kanssa, materiaalitutkimuksista, kohteiden ympäristöluvista ja hyväksytyistä materiaaleista sekä kohteessa tarvittavista materiaaleista ja määristä on usein hajallaan organisaatiossa. Tä-män vuoksi kokonaisuuden hallinta vaatii yleensä puheluita moneen suuntaan, jotta kaikki palaset saadaan kohdalleen.

Tässä työssä on tavoitteena kehittää mahdollisimman käyttäjäystävällinen järjestelmä, jo-hon saadaan reaaliaikaisesti koottua tietoa materiaaleista ja niiden saatavuudesta. Lisäksi sen tulisi huomioida, missä materiaaleille olisi tarvetta ja mikä on niiden sopimus- ja lupati-lanne. Työssä hyödynnetään lähteenä niin aiheesta julkaistua lainsäädäntöä ja rakentami-sen ohjeistuksia, kuin Fortum Waste Solutions Oy:n henkilökunnan tietämystä hyötykäyttö-materiaalien käytöstä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Fortum Waste Solutions Oy. Fortum Oyj osti vuonna 2016 Ekokem Oy:n, joka sulautettiin Fortumin konserniin 2017 omaksi Recycle and Waste Solutions liiketoimintayksikökseen (Fortum Oyj 2017). Nykyisellään Fortum Waste Soluti-ons Oy tarjoaa niin jätehuoltopalveluita kuin kierrätysmateriaaleja ja -palveluita (Fortum Oyj a).

Fortumin Waste Solutions Oy:n ympäristörakentamisen palvelut tarjoavat ratkaisuja raken-tamis- ja purkupalveluihin, sekä pilaantuneiden maiden kunnostukseen ja jätteiden

kierrätykseen. Yhtenä keskeisenä strategiana on hyödyntää jättemateriaalit ja teollisuuden sivuvirrat. (Fortum Oyj b.) Ympäristörakentamisen kohteita ovat muun muassa kenttä-, al-
las- ja meluvallirakenteet, suljettavien kaatopaikkojen pintarakenteet, kaatopaikkojen poh-
jarakenteet, sekä stabilointi- ja ruoppaustyöt (Fortum Oyj c).

2 Hyötykäyttömateriaalit

2.1 Hyötykäyttömateriaalien käyttö

Hyötykäyttömateriaalit, joita kutsutaan myös uusiomateriaaleiksi, ovat kierrätysmateriaaleja, joilla pyritään korvaamaan uusiutumattomien luonnon kiviainesten käyttöä maarakenteissa. Lähteitä tällaisille materiaaleille on esimerkiksi teollisuuden sivuvirrat ja jätteet, purkujätteet, ylijäämämaat, lievästi pilaantuneet maat sekä vanhojen maarakenteiden materiaalit. Luonnon materiaalien korvaamisen lisäksi hyötykäyttömateriaalien käytöllä pyritään vähentämään näiden materiaalien loppusijoitusta kaatopaikoille. (Uma-käsikirjasto 2017a; Kiviniemi ym. 2012, 6.)

Teollisuuden sivuvirtatuotteiksi kutsutaan pääasiallisen tuotteen yhteydessä syntyviä sivutuotteita, joita tulisi hyödyntää (Sitra). Kun esimerkiksi metsäteollisuuden energiantuotannossa syntyy energian ohessa tuhkaa, on tuhka tällöin sivuvirtatuote. Näiden tuhkamateriaalien käyttö on sikäli monipuolista, että niitä voidaan käyttää sellaisenaan tai sekoittaa niitä muiden sivuvirtatuotteiden, esimerkiksi kuitusaven kanssa. Lisäksi tuhkat soveltuvat stabiointiin muiden sivutuotteiden, kuten kipsin, kanssa. Tällöin niillä voidaan korvata sementtiä ja muita kaupallisia sideaineita. (Kiviniemi ym. 2012, 6.)

2.2 Materiaalien luokittelu

Materiaaleja voidaan luokitella esimerkiksi raaka-ainelähteen tai käyttökohteen perusteella. Raaka-ainelähteitä ovat esimerkiksi rakennus- ja purkujätteen kierrätystoiminta, jätteenpoltoteollisuus, hiilivoimateollisuus, rauta- ja terästeollisuus, valimoteollisuus, kaivosteollisuus, kunnossapitoruoppaus sekä muut mahdolliset lähteet. Näistä lähteistä syntyviä materiaaleja ovat esimerkiksi asfalttijäte, betoni- ja tiilimurskeet, jätteenpolton pohjakuona, eri lähteistä syntyvät tuhkat ja rikinpoiston lopputuote, masuunikuonat, sivukivet ja ruoppausmassat. (Uma-käsikirjasto 2017a.) Tuhkien osalta tarkempi raaka-aineperusteinen luokittelu on esitetty taulukossa 1.

Lähde	Tunnus	Määritelmä
B Yhdyskuntajätteen- poltto	B1	Yhdyskuntajätteenpolton pohjatuhka
	B2	Yhdyskuntajätteenpolton lentotuhka
C Kivihiilen poltto	C1	Kivihiilen pölypolton lentotuhka
	C2	Kivihiilen leijupetipolton lentotuhka (750–900 °C)
	C3	Kivihiilen kattilakuona (1500–1700 °C)
	C4	Kivihiilen arinapolton pohjatuhka
	C5	Kivihiilen leijupetipolton lentotuhka (800–900 °C)
I Muut	I1	Paperilietteenpolton tuhka
	I2	Vedenkäsittelyjätteenpolton tuhka
	I3	Biomassatuhka

Taulukko 1. Tuhkien luokittelu toissijaisen kiviainesten standardin mukaan (Kiviniemi ym. 2012, 8)

Kuten taulukossa 1 on esitetty, raaka-ainelähteen mukaan luokitelluissa tuhkissa on kolme pääluokkaa ja useita alaluokkia riippuen raaka-aineesta. Käyttökohteen mukaisessa lajittelussa puolestaan materiaaleja jaotellaan sen mukaisesti, mihin rakennusosaan ne sopivat. Näitä lajitteluja on useita käyttökohteesta riippuen. Esimerkiksi väylärakenteissa materiaalit voidaan luokitella muun muassa stabiloituihin kantaviin kerroksiin, kantaviin kerroksiin, jakaviin kerroksiin, suodatinkerroksiin ja vastapenkereisiin sopiviin materiaaleihin. Vastaa- vasti esimerkiksi kaatopaikan pohja- ja pintarakenteiden kerroksiin soveltuvat materiaalit voidaan luokitella rakennekerroskohtaisesti. (Uuma-käsikirjasto 2017a.)

Tuhkamateriaali voidaan luokitella edelleen eri käyttöluokkiin, joista ilmenee niiden käyttökelpoisuus tiettyyn rakenteeseen. Käyttöluokkia on 4 lentotuhkille (LT1- LT4) ja pohjatuhkille 2 (PT1 ja PT2). (Kiviniemi ym. 2012, 16.) Lisäksi rakennustuotesäätöön infrakortiston ohje (Infra 2018, 7) mainitsee myös käyttöluokat leijupetihiekoille (LpHK 1 ja 2). Tietyn käyttöluokan tuhkan tulee saavuttaa käyttöluokalle asetetut tekniset vaatimukset. Käyttöluokkaa voidaan tarvittaessa korottaa sideainetta käyttämällä.

Luokituksen avulla voidaan helpottaa käytettävän tuhkan valintaa ja saatavuuden kartoitusta. Luokitus perustuu lentotuhkilla lujuuden alenemaan jäätymsulamiskokeen jälkeen, routivuuteen ja yksiaksiaaliseen puristuskokeeseen. Muilla tuhilla luokitus perustuu rakeisuuteen. (Infra 2018,7.) Tuhkien käyttöluokkia ja käyttöluokalle soveltuvia käyttökohteita on esitetty taulukossa 2.

Käyttöluokka	Käyttökohde	Huomioitavaa
LT1	kantavan kerroksen alaosa, jakava kerros	päällysteen alle murskekerros
LT2	jakava kerros, suodatinkerros	
LT3	suodatinkerros, pengerr	Routivuus huomioitava käyttökohteen valinnassa
LT4	pengerr, täytöt, putkikaivantojen arinat ja täytöt	Tuhkien korroosio-ominaisuudet huomioitava
PT1	suodatinkerros	
PT2	pengerr, täytöt	

Taulukko 2. Tuhkien käyttöluokat ja soveltuvat käyttökohdet (Kiviniemi ym. 2012, 17)

Taulukosta 2 nähdään nopeasti, minkä tyyppistä tuhkaa voidaan ajatella käytettävän, jos tehdään esimerkiksi tie- tai kenttärakenteen jakavaa kerrosta. Tällöin pohjatuhkat ja luokkien LT3 ja LT4 lentotuhkat eivät tule kyseeseen, vaan tulee etsiä luokan LT1 tai LT2 lentotuhkaa.

2.3 Materiaalien ominaisuudet ja mitoitusparametrit

Hyötykäyttömateriaalien syntymekanismit ja ominaisuudet vaihtelevat paljon. Osa materiaaleista vastaa hyvin ominaisuuksiltaan luonnonkiviaineksia, mutta osa on puolestaan hyvin vaativia materiaaleja, joiden käyttäminen vaatii paljon erityisosaamista (Uuma-käsikirjasto 2017a). Etenkin lentotuhkissa on materiaaliominaisuuksia, jonka vuoksi ne poikkeavat tavanomaisista kiviaineksista. Näitä ovat etenkin materiaalin lujittuminen ja huokoisuus. (Kiviniemi ym. 2012, 6.)

Mitoitusparametrien lähtökohdana on käyttökohteen vaatimukset eli niiden on sovelluttava rakennettavaan kerrokseen (Infra 2018,3). Mitoitusparametrien tilanteessa on suurta vaihtelua riippuen käytettävästä materiaalista. Osasta materiaaleista on kertynyt paljon käyttökokemusta sekä tutkimustietoa ja toisista materiaaleista kokemusta on vähemmän, jolloin niille ei ole käytettävissä mitään vakiintuneita parametrejä. Esimerkiksi monet metsäteollisuuden jättejakeet ovat tällaisia. Siksi ne vaativat enemmän koe- ja tutkimustoimintaa materiaali- ja kohdekohteisesti. Joitain yleisiä oppaita metsäteollisuuden tuhista on kuitenkin tehty. (Uuma- käsikirjasto 2017a.) Tyypillisiä parametrejä hyötykäyttömateriaaleille on esitetty taulukossa 3.

Materiaali	E-moduuli [MPa]	Puristus- lujuus [MPa]	Tilavuus- paino [kN/m ³]	Lämmön- johtavuus [W/mK]	Vedenlä- päisevyys [m/s]	Huom!
Betonimurske, BeM I	700 ⁽¹⁾	≥1,2	19±0,5	≈1,5 *	-	sitoutuvaa
Betonimurske, BeM II	500 ⁽¹⁾	≥0,8	19±1	≈1,5 *	10 ⁻⁵	sitoutuvaa
Betonimurske, BeM III	280 ⁽¹⁾	-	19±1,5	≈1,5 *	-	rakeinen
Tiilimurske	70-100 ⁽²⁾	-	12-14	0,7-1,25	-	rakeinen
Jätteenpolton pohjakuona (käsitelty)	100-150 ⁽³⁾	-	13,6-16,6	0,3-1,1	1,3×10 ⁻⁵ - 3,6×10 ⁻⁷	sitoutuvaa
Lentotuhka, LT I	500 ⁽⁴⁾	3-8	-	0,4-0,6	-	sitoutuvaa
Lentotuhka, LT II	150 ⁽⁴⁾	1-8	-	0,4-0,6	-	sitoutuvaa
Lentotuhka, LT IV	50 ⁽⁴⁾	-	-	0,4-0,6	-	"rakeinen"
Pohjatuhka, PT	50-100 ^(4,9)	-	10-15	0,7-1,0	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵	rakeinen
Leijupetihiekka, LpHK	8	-	-	-	-	rakeinen
Masuunihiekka, MaHk	600 ^(1,7)	-	10,0-11,5	0,3-0,75	0,9-1,5×10 ⁻⁴	sitoutuvaa
Masuunikuonamurske, MaKu	430 ^(1,9)	-	16-19	0,7-0,9	xx	sitoutuvaa
Kappalekuona, KapKu	350 ⁽¹⁾	-	xx	xx	xx	sitoutuvaa
Teräskuona	- ⁽⁸⁾	-	xx	xx	xx	sitoutuvaa
Ferrokromikuona (OKTO eriste/murske)	- ^(5,6)	-	xx	0,5-0,7/ 1,14	10 ⁻³ -10 ⁻⁴ / 10 ^{-0,5} -10 ⁻⁴	sitoutuvaa (murske)
Valimohiekka	- ⁽⁸⁾	-	xx	xx	xx	rakeinen
Kalkkikivimurske (Nordkalk)	- ⁽⁸⁾	-	-	-	-	rakeinen
Rikastushiekka, kalsiitin erottamisesta	- ⁽¹¹⁾	-	17,6	1,1-1,5	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁴	rakeinen
Vahtolasimurske	55-70 ⁽⁸⁾	-	3,5	0,11-0,20	-	-
Rengasrouhe	0,5-3 ^(9,10)	-	3,7-4,2	0,1-0,25	10 ⁻³ -10 ⁻¹	joustavaa
Kokonaiset renkaat	- ^(9,10)	-	1,3	0,1-0,25	10 ⁻³ -10 ⁻¹	joustavaa

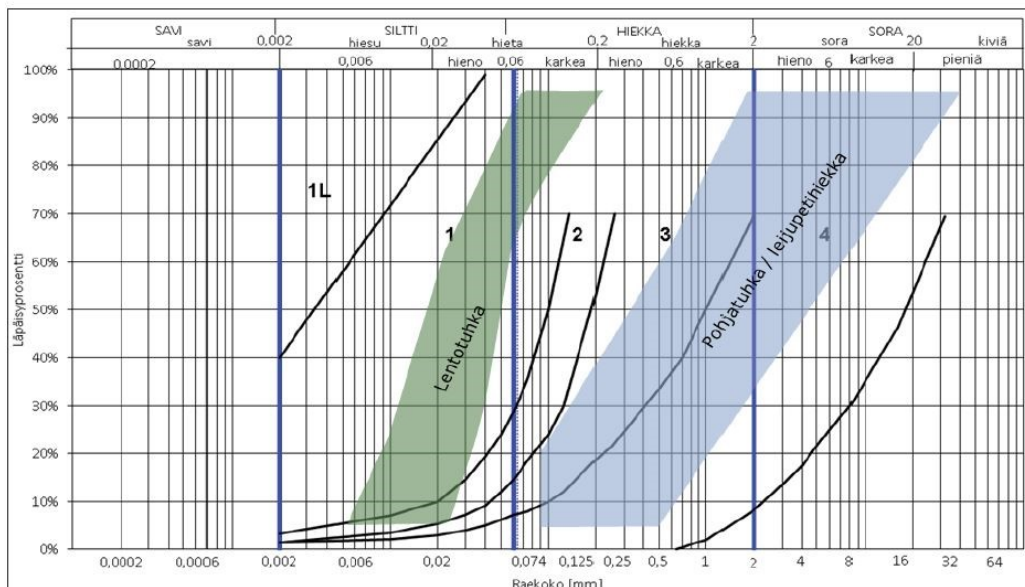
* lämmönjohtavuus kuten murskeella ko. olosuhteissa

- 1) Tiehallinto, 2005
- 2) Mäkelä & Höynälä, 2000
- 3) Suomen erityisjäte, 2017
- 4) Tuhkaohjekortti luonnos, 2017
- 5) Morenia OKTO-murske
- 6) Morenia OKTO-eriste
- 7) Tielaitos, 1997
- 8) Foamit vahtolasimurskeen suunnittelu- ja rakennusohje, 2012
- 9) Liikennevirasto, 2011
- 10) InfraRYL, 2017 Taulukko 18144:T1
- 11) Kiviniemi *et al.*, 2012

Taulukko 3. Tyypillisiä parametrejä hyötykäyttömateriaaleille (Uma-käsikirjasto 2017a)

Taulukosta 3 nähdään, että esimerkiksi väylä- ja kenttärakenteissa tärkeänä mitoitusparametrinä oleva E-moduuliarvo on parhaimmillaan parhaiden luonnonkiviainesten tasolla. Kun käytettävissä olevien materiaalien E-moduulit ovat tiedossa, voidaan niiden käyttö eri kerroksissa toteuttaa suunnitelmallisesti. Näin toimimalla lopullinen rakenne kestää siihen kohdistuvan kuormituksen.

Tuhkien käytölle maarakentamisessa keskeisiä teknisiä ominaisuuksia ovat rakeisuus (pohjatuhkat ja leijupetihiekat), optimivesipitoisuus, maksimikuivairtoiheys, lujittumispotentiaali, jäätymis-sulamisrasituskestävyys, routivuus ja lämmönjohtavuus (lentotuhkat). Luonnonkiviaineeksiin vertailtaessa pohjatuhkan rakeisuus (0,002–16 mm) vastaa lähinnä hiekkaa. Lentotuhkan rakeisuus (0,002–0,1 mm) puolestaan vastaa silttiä tai hiekkaista silttiä. (Kiviniemi ym. 2012,12; Infra 2018,4.) Tuhkien tyypillistä raekokojakaumaa on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Lentotuhkien, leijupetihiekkojen ja pohjatuhkien tyypillisiä rakeisuusalueita ja ohjeelliset routivuusalueet (Infra 2018, 5)

Kuvassa 1 nähdään, että raekokonsa puolesta lentotuhkat asettuisivat routivalle alueelle (alue 1). Hyvin lujittuessaan ne eivät kuitenkaan yleensä ole routivia. Pohjatuhkat asettuvat puolestaan raekokonsa vuoksi usein routimattomalle alueelle. (Kiviniemi ym. 2012,15; Infra 2018, 4.)

Eräs keskeinen vaikutus laitokselta tulevan tuhkan laatuun ja ominaisuuksiin on polttotekniikassa. Leijukerros-poltossa lentotuhkan osuus on huomattavasti suurempi, noin 80...100 prosenttia, kun arinapoltossa lentotuhkan osuus jää 5...40 prosenttiin. Lisäksi leijukerros-poltossa pohjatuhkan seassa on arinahiekkaa. Arinapoltossa pohjatuhkan partikkelikoko-kauma on laajempi kuin leijukerros-poltossa ja seassa on myös hienompia partikkeleita. (Kiviniemi ym. 2012, 9.)

2.4 Materiaalien laadunvalvonta

Materiaalien tuottajien ja toimittajien on huolehdittava riittävän kattavasta laadunvalvontajärjestelmästä. Näin materiaalin teknisistä ominaisuuksista ja esimerkiksi ympäristökelpoisuudesta voidaan varmistua. Materiaaleissa voi esiintyä laadunvaihtelua muun muassa raakamateriaalin (esimerkiksi kiinteän polttoaineen) laadunvaihteluiden, tuotannon prosessimuutoksien tai käsittelyn ja varastoinnin muutosten vuoksi. (Uma-käsikirjasto 2017a.) Tuhkilla tällaisia käsittelystä johtuvia laadunvaihteluita voi aiheutua myös tuhkanerotustekniikan vuoksi (Kiviniemi ym. 2012, 8; Infra 2018, 2).

Jokaiselle materiaalille tulee laatia laadunhallintaohjelma käyttökohdekohtaisesti. Hyötykäyttömateriaalin hyödyntämisketjussa on useita vaiheita talteenoton, varastoinnin ja kuljetuksen kautta varsinaiseen rakentamiseen. Jokaisessa vaiheessa tulisi suorittaa laadunvarmistustoimenpiteitä, jotta voidaan varmistua, ettei käytettävä materiaali menetä ominaisuuksiaan liiaksi. (Uma käsikirjasto-2017a.)

2.5 Ympäristökelpoisuus

Hyötykäyttömateriaalien ympäristökelpoisuus tulee osoittaa, jos niitä on tarkoitus käyttää maarakentamisessa. Tämä toteutetaan haitta-aineiden kokonaispitoisuuksia ja liukoisuuksia tutkimalla. Näitä tuloksia verrataan käyttökohteeseen asetettuihin vaatimuksiin (Infra 2018, 8).

Ympäristölainsäädännön edellyttämät kokonaispitoisuus- ja liukoisuusarvot tulee selvittää materiaalin tuottajan toimesta säännöllisin väliajoin tai aina silloin, kun prosessiin tulee merkittäviä muutoksia. Näillä tutkimuksilla osoitetaan hyötykäyttömateriaalin tärkeimpien ominaisuuksien pysyminen viitearvojen sisällä. Laadunvalvontamittausten tiheys ja laajuus määräytyy muun muassa laadunvaihtelun sekä sen mukaan, kuinka lähellä kelpoisuus- ja tavoiterajoja haitta-ainepitoisuudet ovat olleet. Lisäksi mitta- ja testauslaitteiden kalibroinnin ja huollon on oltava kunnossa. (Uma-käsikirjasto 2017a.)

Tuhkamateriaalilla voidaan vaikuttaa materiaalien liukoisuuteen erilaisilla käsittelymenetelmillä, jos ne näyttävät sinällään olevan liian suuria. Näitä ovat vanhentaminen, lentotuhkan stabiloiminen ja seostaminen, sekä lentotuhkan tiivistäminen. (Kiviniemi ym. 2012, 10.)

Vanhentamisessa tuhkaa varastoidaan kostutettuna, jolloin tuhka mineralisoituu. Mineralisoitumisen seurauksena osa haitta-aineista sitoutuu suurempiin partikkeleihin vähemmän liukoiseen muotoon. Stabiloimisessa ja seostamisessa puolestaan lentotuhkaan seostetaan sellaisia aineita, joilla haitta-aineiden liukoisuus alenee. Tiivistämisessä rakenteeseen tiivistämisen ja lujittumisen vähentää lentotuhkan haitta-aineiden liukoisuutta. (Kiviniemi ym. 2012, 10.)

Koska tiettyjen käsittelyjen vaikutus liukoisuuteen on varsin haitta-ainekohtaista, tulisi yleensä keskittyä sellaisiin menetelmiin, jolla saadaan kriittiset pitoisuudet riittävän alas. Tämä edellyttää yleensä tapauskohtaista tutkimusta. Sopivin käsittelymenetelmä on siten etsittävä jokaiselle lentotuhkalle erikseen. (Kiviniemi ym. 2012,10.)

2.6 Seosmateriaalit

Tuhkien lisäksi teollisuudesta saadaan paljon muita sivutuotteita, joita voidaan käyttää maa-rakentamisessa joko yksinään tai tuhkan kanssa seosmateriaaleina. Tällöin ne parantavat rakenteessa tuhkan ominaisuuksia. Tällaisia seokseen kelpavia sivutuotteita ovat esimerkiksi kipsi, rikinpoistotuotteet, kuonat, rikastushiekka ja kuitusavi. (Kiviniemi ym. 2012, 18.)

Metsäteollisuudessa syntyy yllä esitetyistä seosmateriaaleista erityisesti kuitusavea. Kuitusavi on primäärilietettä, joka muodostuu paperitehtaiden jäteveden käsittelyssä. Se sisältää kuituja sekä päällystys- ja täytepigmenttien seosta. Myös uusiopaperin teossa syntyvä siis-tausjäte on eräs kuitusaven lähde. (Kiviniemi ym. 2012, 19.)

Lentotuhkan ja kuitusaven seoksesta saadaan kuitutuhkaa, jolla on lukuisia hyviä ominai-suuksia. Se on kevyttä ja muodonmuutosta kestävä materiaalia, joka on myös suhteellisen routaeristävää. Tätä seosta on käytetty muun muassa tierakenteissa jakavan kerroksen te-koon. Seossuhteita säätämällä kuitutuhkan ominaisuuksia voidaan säätää käyttökohtee-seen sopivaksi. Kuitusavesta liukenee jonkin verran orgaanista hiiltä, joka tulee huomioida materiaalia hyödynnettäessä. (Kiviniemi ym. 2012, 19.)

3 Hyötykäyttömateriaaleihin liittyvä lainsäädäntö

3.1 Rakentamisen kannalta keskeiset lait

Hyötykäyttömateriaalin käytön kannalta keskeistä säätelevää lainsäädäntöä ovat jätelaki (646/2011) ja jättesetus (179/2012), ympäristösuojelulaki (527/2014) ja ympäristönsuojeluasetus (713/2014), rakennustuoteasetus (EU:n asetus N:o 305/2011), sekä REACH- ja CLP-asetukset. Näistä ympäristönsuojelulaki ja -asetus liittyvät etenkin ympäristölupiin, rakennustuoteasetus tuotteen laatuvaatimuksiin ja REACH- ja CLP-asetukset ohjaavat kansallista lainsäädäntöä kemiallisiin yhdisteisiin ja niiden merkitsemiseen liittyen. Hyötykäyttömateriaalien käyttöä ohjaa keskeisesti valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) eli niin sanottu MARA-asetus. (Uma-käsikirjasto 2017b.)

Rakentamista ohjataan yleisesti maankäyttö- ja rakennuslain kautta. Rakennustuotelainsäädännön (muun muassa EU:n rakennustuoteasetus) tarkoituksena on varmistaa, että rakennustuotteista saatava tieto on luotettavaa ja vertailukelpoista. Asetuksessa määritellään muun muassa edellytykset tuotteistamiselle ja CE-merkinnälle. Jos materiaalilla ei ole CE-merkintää, sitä voidaan kuitenkin hyödyntää kansallisen hyväksymismenettelyn kautta. Tällöin vaaditaan materiaali- ja kohdekohtaisia ennakkokokeita. (Infra 2018, 4.)

3.2 Jätelaki ja jättesetus

Jätelaki (646/2011) liittyy EU:n jätedirektiivin toimeenpanoon. Direktiivillä on pyritty yhtenäistämään jätehuollon ja jätteen synnyn ehkäisyn käytäntöjä jäsenmaissa. Jätelakiin on sisällytetty direktiivin viisiportainen jätehierarkia, joka on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2. EU:n jätedirektiivin mukainen jätehierarkia (Lakeuden etappi)

Kuvan 2 mukaisella jätehierarkialla pyritään jätteen määrän ja haitallisuuden vähentämiseen, kierrätykseen, sekä kaatopaikalle läjitettävän jätteen minimoimiseen (Uuma-käsikirjasto 2017b). Ajatus on siis se, että jos materiaalille ei löydy uudelleenkäyttöä, se tulee ensisijaisesti kierrättää ja uusiokäyttää esimerkiksi maarakentamisessa ennen energiakäyttöä ja kaatopaikalle läjitystä.

Valtioneuvoston asetuksessa jätteistä on tarkennettu osaltaan jätelakia. Asetuksessa on esimerkiksi otettu kantaa vaarallisen jätteen pakkaamiseen ja merkitsemiseen jäljempänä esiteltävään CLP-asetukseen perustuen. Hyötykäyttömateriaalien kannalta asetuksen keskeistä sisältöä on rakennus- ja purkujätteen lajitteluluoite, joka helpottaa jatkokäsittelyä ja hyödyntämistä, sekä ainakin orgaanisen hiilen ja hehikutushäviön rajojen asettaminen hyödynnettäväksi aiotulle materiaalille. Lisäksi asetuksessa määrätään jätteen kuljetuksesta. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, 11 §, 15–16 §.)

Jäteasetuksessa on myös määritelty siirtoasiakirjojen sisällöstä. Siirtoasiakirjoilla on keskeinen merkitys jätteenkäsittelyn dokumentoinnissa, kuten siinä, kuinka paljon tiettyä jätettä on hyödynnetty rakenteissa. Jäteasetuksen liitteissä on lisäksi jätteen hyödyntämistoimien luokitus, loppukäsittelytoimet sekä yleisimpien jätteiden ja vaarallisten jätteiden luettelo. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, 20–24 §, Liitteet 1–4.)

3.3 MARA-asetus

MARA-asetus (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017) tuli voimaan vuoden 2018 alussa korvaten aiemman samannimisen asetuksen. Uudistuksessa käyttökohteita ja materiaaleja lisättiin entiseen nähden. Jo aiemmin asetukseen sisältyi betonimurske sekä eri lähteistä tulevat lento- ja pohjatuhkat. Uudistuksessa asetuksessa mukaan tulivat myös kevytbetoni- ja kevytsorajätteet, leijupetihiekka, tiilimurske, asfalttimurske ja -rouhe, käsitelty jätteenpolton kuona, valimohiekat, kalkit, sekä kokonaiset renkaat ja rengasrouhe. Asetuksen mukaisia maanrakennuskohteita ovat väylät, kentät, vallit, teollisuus- ja varastorakenteiden pohjarakenteet, sekä tuhkamursketiet. (Uuma-käsikirjasto 2017b.)

MARA-asetuksen tarkoituksena on määrittää edellytykset, joilla edellä mainittuja materiaaleja voidaan käyttää maarakentamisessa hyödyksi ilman, että rakentamista varten tarvitsee hakea ympäristölain mukaista ympäristölupaa. Ympäristöluvan sijaan voidaan käyttää ilmoitusmenettelyä. Asetuksessa myös määritellään tarkasti sen soveltamisala, joka on siis jätteiden käyttö ja välivarastointi maarakentamiseen liittyen. Asetuksen soveltaminen on kielletty asutuilla alueilla, pohjavesialueilla, lasten leikkipaikoilla, luonnonsuojelualueilla,

ravintokasvien viljelyalueilla tai sisämaan tulvavaara-alueilla. (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017, 2–5 §.)

Liukoisuuden raja-arvot on määritelty asetuksen liite-osiossa jokaiselle asetuksen mukaiselle rakenteelle haitta-ainekohtaisesti. Raja-arvot on esitetty rakenteittain päällystetyille ja peitetyille rakenteelle erikseen. Peitetyn rakenteen rajat ovat tiukemmat. Päällystetyillä rakenteella tarkoitetaan asfaltointia tai muuta päällystämistä siten, että enintään 5 % sata-neesta vedestä imeytyy rakenteeseen. Peittämisellä tarkoitetaan rakenteen peittämistä vähintään 100 mm kerroksella pilaantumattomaa luonnon maa- tai kiviainesta väylä- ja kenttä-rakenteiden tapauksessa. Jätteen enimmäispaksuus kenttärakenteissa on 1,5 metriä. (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017, Liite 2.) Hyödynnettävän materiaalin määrää sinänsä ei ole kuitenkaan rajoitettu (Infra 2018, 3).

MARA-asetuksen mukaisen ilmoitusmenettelyn voi hoitaa kokonaan sähköisesti. MARA-ilmoitukset käsittelee paikallinen ELY-keskus. (Uuma-käsikirjasto 2017b; Kiviniemi ym. 2012, 40.)

3.4 Ympäristönsuojelulaki ja ympäristönsuojeluasetus

Ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa on haettava, kun edellisessä luvussa kuvatut MARA-asetuksen edellytykset eivät täyty. Ympäristölupaa on haettava esimerkiksi, jos materiaali tai käyttökohde ei kuulu asetuksen piiriin, uusiomateriaaleja ei ole tutkittu asetuksen mukaisesti tai haitta-aineiden liukoisuudet ylittyvät. Kuitenkin koelun-toista lyhytaikaista hyödyntämistä maarakentamisessa voi suorittaa ilman ympäristölupaa. (Uuma- käsikirjasto 2017 b.)

Valtioneuvoston asetuksen ympäristönsuojelusta (713/2014) 1. ja 2. pykälän mukaisesti ympäristölupia käsittelevät aluehallintovirastot, kun hyödynnettävän materiaalin määrä ylittää 20 000 tonnia vuodessa ja kuntien ympäristöviranomaiset silloin kun hyödynnettävä määrä jää tämän rajan alle (Infra 2018, 3). Samojen pykälien mukaan betoni-, tiili-, ja asfalttijätteelle sekä pilaantumattomalle maa-ainekselle raja on 50 000 tonnia vuodessa.

Ympäristönsuojelulakia sovelletaan teolliseen tai muuhun toimintaan, josta voi olla ympäristön pilaantumisen vaaraa. Lakia sovelletaan myös toimintaan, josta syntyy jätettä tai jätettä käsitellään. Ympäristönsuojelulaissa on säädetty muun muassa luvan tarpeesta, lupamenettelystä ja lupaharkinnasta. Lain nojalla lupa voidaan myöntää, jos toiminnasta ei aiheudu esimerkiksi terveyshaittaa tai luonnonolosuhteiden huonontumista. (Ympäristönsuojelulaki 527/2011, 2 §, 27 §, 39 §, 48–49 §.)

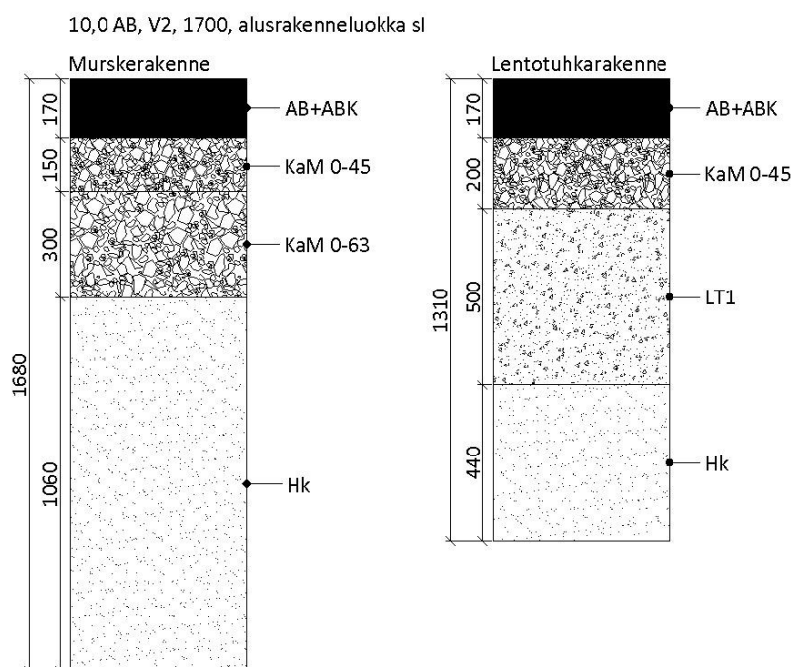
3.5 REACH- ja CLP-asetukset

REACH on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1907/2006, joka käsittelee kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyjä ja rajoituksia. REACH-asetusta ei sovelleta jätedirektiivin mukaisiin jätteisiin, mutta jos materiaali on määritelty ympäristöluvassa sivutuotteeksi tai jäte on hyväksytty tuotteeksi (End of waste-menettely), tulee tuote rekisteröidä REACH-asetuksen mukaisesti. Tällöin sitä voidaan markkinoida EU:n alueella. (Uma-käsikirjasto 2017b.)

CLP-asetus koskee kemikaalien luokittelemista, merkitsemistä ja pakkaamista. Kemikaalit luokitellaan vertaamalla niiden ominaisuuksia sovittuihin kriteereihin. Jos kemikaali luokitellaan vaaralliseksi, se tulee merkitä ja pakata lainsäädännössä vaaditulla tavalla. Luokitusvelvollisuus koskee kaikkia aineita, myös niitä, joita ei saateta markkinoille ja jotka on rekisteröitävä. Luokituksesta vastaavat valmistajat, maahantuojat ja jatkokäyttäjät. Merkinnöistä ja pakkaamisesta vastaavat toimittajat. (Uma-käsikirjasto 2017b.)

4 Tuhkat kenttärakenteissa

Massiivisilla lentotuhkarakenteilla tarkoitetaan rakenteita, joissa käytetään joko pelkästään lentotuhkaa tai sideaineella stabiloitua lentotuhkaa. Kenttärakenteissa tuhkia voi käyttää suhteellisen paljon pengerrakenteista aina kantavan kerroksen alaosiin, kunhan se luokitukseltaan ja siten teknisiltä ominaisuuksiltaan täyttää rakenneosan kriteerit. Edut tavanomaiseen rakenteeseen nähden ovat hyvä lämmöneristävyys, kantavuus, keveys ja luonnonvarojen säästö. Näiden ominaisuuksien johdosta on lentotuhkista mahdollisuus rakentaa tavanomaiseen kiviainesrakenteeseen verrattuna ohuemmalla kokonaispaksuudella, erityisesti routivilla maapohjalla, kuten on esitetty esimerkkitapauksessa kuvassa 3. (Kiviniemi ym. 2012, 22.)



Kuva 3. Esimerkkivertailu perinteisen rakenteen ja massiivisen lentotuhkarakenteen välillä vastaavilla vaatimuksilla (Kiviniemi ym. 2012, 23)

Kuvan 3 tapauksessa lentotuhkarakenteella on saavutettu perinteistä rakennetta vastaavat ominaisuudet vähemmällä maaleikkauksella ja huomattavasti pienemmällä määrällä luonnon kiviainesta (Kiviniemi ym. 2012, 22).

Jos rakenteen yläosaan halutaan käyttää lentotuhkaa, on se yleensä stabiloitava tarvittavan laatutason, kantavuuden ja kestävyuden saavuttamiseksi. Stabilointi on etenkin tarpeen, jos tuhkamateriaali on routivaa. Jakavissa kerroksissa ja suodatinkerroksissa tuhkaa voidaan käyttää sinällään. Kosteilla pohjamailla tulee kapillaarinen vedennousu katkaista ennen tuhkakerroksen rakentamista. (Kiviniemi ym. 2012, 23.)

Työmenetelmiltään lentotuhkarakentaminen kenttärakenteita tehtäessä ei juurikaan eroa perinteisestä kiviainesrakentamisesta. Jos tuhka vaatii sideainetta, ne täytyy sekoittaa keskenään työmaalla. Sekoitus tehdään yleensä joko auma-, asema- tai jyrsinsekoittimella. Myös pölyämisen estoon on kiinnitettävä huomiota. (Kiviniemi ym. 2012,23.)

Kun pohjatuhkat tai leijupetihiekat täyttävät muun muassa rakeisuus- ja liukoisuusvaatimukset, niitä voidaan käyttää hiekan tavoin esimerkiksi suodatinkerroksissa ja penkereissä (Kiviniemi ym. 2012,23; Infra 2018, 9).

Seosmateriaaleja käytettäessä pyritään yhdistämään eri materiaalien hyvät ominaisuudet, kuten esimerkiksi tuhkan lujuus- ja kuormituskestävyysominaisuuksia ja kuitusaven joustavuutta ja muodonmuutoskykyä. Seossuhteiden säädöllä voidaan ominaisuudet säätää jokaiseen rakenteeseen mahdollisimman sopivaksi tapauskohtaisesti. Seosmateriaaleja voi käyttää laajasti niin täyttö- ja pengerrakenteisiin kuin varsinaisiin rakennekerrokseen kantavaan kerrokseen asti. (Kiviniemi ym. 2012, 24–25.)

Työmenetelmien kannalta seosmateriaaleissa ei ole juuri muuten eroa lentotuhkaan, mutta sekoittamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Näin varmistetaan, että seos on varmasti tasalaatuinen. (Kiviniemi ym. 2012, 24.)

Jos kenttärakennetta joudutaan tekemään pehmeälle maapohjalle, voi lentotuhkaa hyödyntää maapohjan massa- tai syvästabiloinnissa. Lentotuhkaa käyttämällä voidaan säästää varsinaisten sideaineiden määrässä ja saavutetaan parempi pitkän ajan lujuuskehitys rakenteessa. Stabiloinnilla voidaan myös välttää järeämpiä pohjanvahvistusmenetelmiä, kuten massanvaihtoa tai paalutusta. Näin voidaan tuottaa edullisempia kokonaisratkaisuja. (Kiviniemi ym. 2012, 25–26.)

Kerrosstabiloinnissa lentotuhkaa voidaan käyttää sideaineena, jolloin kiviaineksen kanssa jyrsinsekoittamalla saadaan hyvin jäätymis-sulatusrasitusta kestävä ja kantava pintarakenne. Erityisen hyödyllinen tämä on raskaasti liikennöidyillä kentillä. Koska kerrosstabiloitu päällysrakenne on erityisen kantava, voi kerrospaksuutta vähentää ja saavuttaa säästöjä päällystyskustannuksissa. (Kiviniemi ym. 2012, 27.)

5 Hyötykäyttömateriaaleilla rakentamisen sujuvuuteen vaikuttavat tekijät

5.1 Lupaprosessi

Kun pohditaan hyötykäyttömateriaalien käytön optimointia ja tehostamista kenttärakenteita tehtäessä, on hyvä tunnistaa sellaisia seikkoja, jotka tulisi huomioida, jotta toteutus olisi mahdollisimman sujuva.

Jos tilaaja on hankkeessa vasta alkuvaiheessa, on selvitettävä lupaprosessin tilanne. Tällöin aikataulun kannalta keskeistä on se, voidaanko kohteessa hyödyntää MARA-asetusta, vai tarvitaanko ympäristölupaa. Käsittelyajat ovat riippuvaisia muun muassa luparuuhkista ja lupien kuulutusajoista. Tuhkarakentamisen käsikirjassa (Kiviniemi ym. 2012, 41) on annettu suuntaa antavasti MARA-ilmoituksen käsittelyajaksi alle kuukausi, mutta ympäristöluvalla käsittelyaikaa saa varata neljästä kymmeneen kuukautta. Ympäristöluvan tapauksessa aika riippuu paljolti siitä, käsitteleeö hakemuksen kunnan ympäristöviranomaiset vai aluehallintovirasto. Käsittelyn aikataululla on keskeinen merkitys suunniteltaessa vastaanoton ajankohtaa ja mahdollista varastointia.

Tilaaja on voinut huomioida tulevat hyötymateriaalientien tarpeensa myös ennakolta, jolloin se on mahdollisesti saanut luvan kenttärakenteiden tekoon hakiessaan toiminnalleen ympäristölupaa. Tällöin riittää, että käytettävät materiaalit hyväksytetään valvovalla viranomaisella, eli ELY-keskuksella. Kelpoisuusvaatimukset on annettu myönnetyssä luvassa.

Hyväksyntä ja kelpoisuus kulkevat pitkälle käsi kädessä siten, että jos materiaali on sitä kelpoisuusluokkaa kuin lupaehdot edellyttävät, on se todennäköisesti mahdollista saada hyväksytettyä. Hyväksyntää kannattaa hakea usealle materiaalille kerrallaan. Tämän vuoksi olisi hyvä olla selvillä soveliaista materiaaleista jo hyvissä ajoin, jotta voitaisiin hakea hyväksynät riittävälle määrälle materiaaleja ennen aiottua rakentamisajankohtaa.

5.2 Materiaalin hankinta

Hyötykäyttömateriaalit hankitaan saatavilla olevien materiaalien joukosta periaatteessa samoin kuin perinteisiäkin materiaaleja hankittaessa (Infra 2018, 1). Erona esimerkiksi perinteiseen kiviainesrakentamiseen voisi kuitenkin nähdä sen, että jätteen vastaanottosopimuksissa sovitaan yhden kohteen vaatimien määrien sijaan tietyn kokoisista eristä tai jopa useampivuotisista sopimuksista. Tällöin sopimuksen voimassaoloaikana asiakkaan jätemateriaali toimitetaan pois asiakkaalta.

Tämän vuoksi jätemateriaalin vastaanotossa sopimuksia neuvoteltaessa yksi keskeisimmistä asioista on varmistua, onko materiaalille olemassa tai mahdollisesti tulossa järkeviä

hyötykäyttökohteita. Tällöin on myös tärkeää tietää, onko tarvittavia, materiaalikohtaisia tutkimuksia jo tehtynä. Näin tiedossa olisi muun muassa materiaalin kelpoisuus ja kyettäisiin ennustamaan paremmin, missä kohteissa sitä voisi hyödyntää.

Jos taas ollaan etsimässä uudelle kohteelle materiaaleja ja hankintasopimus materiaaliin on jo valmiiksi olemassa (esimerkiksi monivuotiset jätehuoltosopimukset), materiaalin kelpoisuudet ovat yleensä hyvin tiedossa. Tämä tieto on hyödyllistä, kun kohteelta vaadittava kelpoisuus on tiedossa. Jos tällaisessa pitkäaikaisen sopimuksen materiaalissa kelpoisuus vastaa kohteen vaatimukseen, voidaan hakea kohdekohtaista hyväksyntää. Edellytyksenä tämän prosessin mielekkyydelle on luonnollisesti tietää, millaisia määriä mitäkin materiaalia on vapaana käytettäväksi.

Näin ollen tulisi yksiselitteisesti hallita, kuinka paljon mitäkin materiaalia on saatavilla, mikä sen kelpoisuus on ja onko sille myös muita käyttökohteita. Näissä tapauksissa tulee miettiä, miten materiaali jakautuu eri kohteiden kesken, mihin se soveltuu ensisijaisesti ominaisuuksiensa puolesta ja missä sen käyttö on taloudellisesti mielekkäintä. Myös sopimuksen pituudella on merkitystä, jos aiemmin kyseistä materiaalia hyödyntänyt kohde tulee valmiiksi ennen vastaanottosopimuksen loppua. Tässä tilanteessa materiaalia voidaan suunnitella käytettäväksi tulevina vuosina muualla.

Materiaalia on hyvä myös päästä vaihtamaan kesken rakentamisen, jos se esimerkiksi käytäytyy odottamattomalla tavalla ja vaatii siksi lisäselvityksiä tai jos saatavuudessa on suuria ongelmia. Tämä on yksi syy, miksi hyväksyntöjä tavallisesti on useille materiaaleille jokaiseen kohteeseen. Näin materiaalivirtojen ohjailuissa on riittävästi joustavuutta.

5.3 Kuljetukset ja varastointi

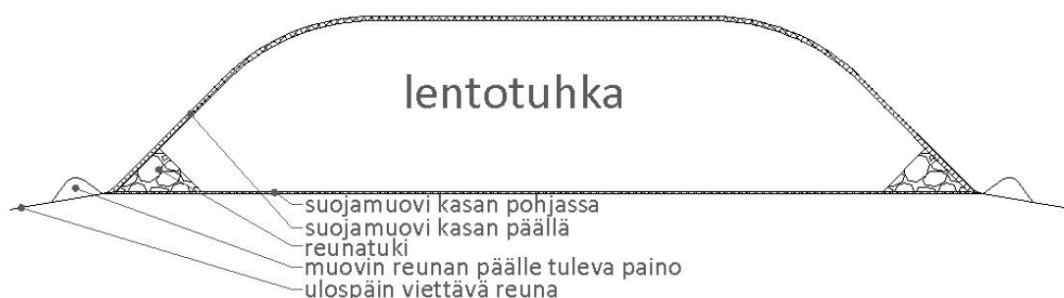
Lentotuhkan kuljetusmuoto riippuu siitä, onko tuhka kuivaa, kostutettua vai sideaineella jalostettua. Kuivan lentotuhkan kuljetus tapahtuu joko säiliöautolla tai tiiviskontissa ja siirrot tehdään paineilman avulla. Kostutettua lentotuhkaa voidaan siirtää hiekan tavoin lavalla, mutta etenkin lämpimällä säällä tulee varmistaa, että tuhka ei pääse kuivumaan. Kuorma tulee myös peittää tiiviisti. (Kiviniemi ym. 2012, 46–47.)

Tuhkien kuljetuskustannuksiin vaikuttaa ainakin tuhkien tiheys, kosteus ja siirtomatkat. Kostutus lisää tuhkan painoa ja tämän vuoksi on arvioitava, voiko kostutuksen optimivesipitoisuuden tehdä materiaalin lähtöpäässä vai tulisiko kostutus tehdä vasta rakennuskohteessa. Nyrkkisääntönä tähän on, että lyhyillä siirroilla tuhka voi olla täysin kostutettu, mutta kuljetusmatkan kasvaessa kuivan tuhkan kuljetus on taloudellisesti järkevämpää. Näiden välille asettuvana ratkaisuna kuljetus tapahtuu kuljetuskosteuteen kostutettuna ja tuhka kostutetaan optimivesipitoisuuden rakennuskohteessa. (Kiviniemi ym. 2012, 47.)

Tuhkarakentamisessa muodostuu yleensä tarve jonkinlaiselle välivarastoinnille, koska tuhkaa syntyy eniten kylmänä talviaikana, mutta maarakenteet on ihanteellisinta tehdä sulan maan aikana. Poikkeuksen muodostavat teollisuuden polttolaitokset, jotka käyvät suhteellisen tasaisesti ympäri vuoden, jolloin niistä voi olla saatavilla melko tuoretta tuhkaa myös kesäaikaan. (Kiviniemi ym. 2012, 48.)

Rakentamisen kannalta on oleellista, että materiaalia on saatavilla käytössä olevaan työ- ja konevoimaan nähden riittävästi (Kiviniemi ym. 2012, 48). Joko kuljetuskalustoa pitää olla niin paljon, ettei rakentaminen keskeydy materiaalinpuutteeseen, tai sitten materiaalia tulee olla työmaan läheisyyteen varastoituna. Ensimmäisen vaihtoehdon edellytyksenä luonnollisesti on, että lähtöpäässä materiaalia on riittävästi ja sen lastaus sujuu ongelmitta.

Jos varastointitarvetta on työmaan yhteydessä, on huomioitava, onko varastopaikkaa valmiiksi kohteessa, vai vaatiiko se rakennustoimenpiteitä. Tälläkin voi olla olennainen vaikutus työmaan kustannuksiin. Varastoinnissa on otettava huomioon useita seikkoja. Ensinnäkin varastointiaika saattaa vaikuttaa tuhkan ominaisuuksiin joko positiivisesti (kuten luvussa 2 on mainittu) tai negatiivisesti. Lisäksi lainsäädäntö asettaa rajoituksia varastointiaikoihin. MARA-asetuksen (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017) neljännen pykälän mukaan MARA-kohteissa varastoinnin saa aloittaa aikaisintaan neljä viikkoa ennen hyödyntämistä, paitsi jos hyötykäyttömateriaali suojataan. Tällöin varastoinnin saa aloittaa jo 12 kuukautta ennen hyödyntämistä. Periaate suojatulle varastoinnille on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Lentotuhkan varastointi suojattuna (Kiviniemi ym. 2012, 50)

Jätettä saa säilyttää erillään muista jätteistä enintään kolme vuotta ennen hyödyntämistä ilman, että siitä täytyy maksaa jäteverolain (1126/2010) 5. pykälän mukainen jätevero, joka tällä hetkellä on 70 euroa tonnilta. Tämän vuoksi materiaalia ei ole järkevää varastoida loputtomiin optimaalista kohdetta etsiessä vaan hyödyntää mahdollisuuksien mukaan. Varastointiin vaikuttaa myös se, varastoidaanko tuhka kuivana vai kostutettuna. Kuivana varastoitu tuhka tulee säilyttää suljetuissa varastohalleissa tai siloissa, joka on suhteellisen kallista. Kostutettuna säilytys puolestaan heikentää yleensä lentotuhkan ominaisuuksia, mutta

on etenkin suurilla määrillä taloudellisesti järkevämpää. Pohjatuhkien laatuun kostutuksella ei ole vaikutusta. (Kiviniemi ym. 2012, 48–51; Infra 2018, 7.)

Kostutetut tuhkat voidaan varastoida pääsääntöisesti joko suurissa kasoissa läjitettynä tai varastoauomoissa. Auma voi olla suojattu kuvassa 4 esitetyllä tavalla tai suojaamaton. Läjitys sopii silloin kun lentotuhka käytetään sellaisenaan ja halutaan säästää tilaa. Varastoauomat sopivat paremmin tapauksiin, jossa tuhkia täytyy käsitellä ennen loppukäyttöä. Myös näiden kahden yhdistelmä on täysin mahdollinen. Varastoon tiivistäminen ei kannata, sillä tiivistetty tuhka alkaa lujittua. (Kiviniemi ym. 2012, 49–50.)

Varastointi edellyttää myös huolellista työmaasuunnittelua, jotta kuljetukset alueelle ja työmaa-alueen sisällä pystytään järjestämään tehokkaasti. Myös tuhkan purku asettaa mahdollisia haasteita esimerkiksi pölyämisen muodossa (Infra 2018, 11).

5.4 Toiminta työmaalla

Kuten jo aiemmin mainittiin varastoinnin yhteydessä, työmaan kannalta on oleellista saada yhteensovittua työmaan kalusto, työmaan eri toiminnot ja materiaalin riittävä saatavuus. Työmaalla on myös kiinnitettävä riittävästi huomiota laadunvalvontaan, jotta voidaan havaita mahdolliset laatumuutokset materiaaleissa riittävän ajoissa ja reagoida niihin.

Työtavoilla on merkittävä vaikutus hyötymateriaaleilla rakennettaessa lopullisen rakenteen laatuun. Tämän vuoksi olisi syytä laatia työohjeistus jo suunnitteluvaiheessa. Tässä ohjeituksessa selvitetään periaatteet millaisella kalustolla mitäkin työvaihetta tulisi tehdä, millainen on rakentamisjärjestys, sekä missä vaiheessa vaaditaan laadunvarmistustoimenpiteitä ja millaisia nämä toimenpiteet ovat. Ohjeet riippuvat sekä käytettävästä materiaalista että rakennetyypistä. (Uma-käsikirjasto 2017c.)

Hyötykäyttömateriaaleja käytettäessä työmaalle voi kohdistua sellaisia vaatimuksia, jotka poikkeavat perinteisessä infrarakentamisessa olevista vaatimuksista. Vaatimukset liittyvät jo aiemmin mainitun laadunvalvonnan tarpeen lisäksi muun muassa ympäristön- ja työsuojeluun, hyötykäyttömateriaalien käsittelyyn työmaalla, sääolosuhteisiin, sekä kuljetus- ja rakennuskaluston erityisvaatimuksiin. (Uma-käsikirjasto 2017c.)

Tuhkamateriaalin pölyäminen on esimerkki eräästä materiaalin erityisominaisuudesta, jota pitää välttää sekä ympäristön kannalta että työsuojelullisista näkökohdista (Infra 2018, 11). Ensisijaisesti pölyäminen vältetään huolehtimalla riittävästä kosteudesta sekä käsiteltäessä materiaalia että valmiissa kerroksessa ennen tuhkeroksen peittämistä. Toissijaisena keinona työsuojelun näkökulmasta on käyttää asianmukaisia suojaimia tuhkaa käyttävillä

työmailla. Ympäristöön leviävään tuhkaan tällä työsuojelullisella toimenpiteellä ei ole kuitenkaan vaikutusta.

Ennen tuhkarakentamisen aloitusta on huolehdittava tietyistä valmistelevista töistä. Rakennuspohjan on oltava ehdottomasti kuiva, ennen kuin tuhkamateriaaleilla voidaan rakentaa. Siksi rakennuspohjan kuivaus on aloitettava riittävän ajoissa ennen varsinaista rakentamista ja kuivauksen toimivuudesta on huolehdittava myös rakentamisen aikana, ettei töitä tarvitse sen vuoksi keskeyttää. Pehmeillä pohjilla pitää myös varautua tukikerroksen tekkoon. (Kiviniemi ym. 2012, 55.)

Massiiviset tuhkarakenteet vaativat reunoilleen sivutukipenkereet, jotka ulottuvat vähintään suunnitellun kerroksen tasolle. Materiaalina voi olla esimerkiksi kiviainekset tai kaivumaat. Reunatuen on läpäistävä vettä, jotta vesi pääsee tuhkarakenteesta pois. (Uma-käsikirjasto 2017 c; Kiviniemi ym. 2012, 55.) Myös näiden rakenteiden tulee olla tehtynä ennen kuin tuhalla päästään varsinaisesti rakentamaan.

Sääolosuhteet vaikuttavat melko paljon töiden organisoimiseen työmaalla. Rakentamisajankohdan rajaaminen kesäkaudelle on erityisesti tuhkamateriaaleilla tärkeää lujittumisen vuoksi. Vuorokauden alin lämpötila ei saisi alittaa +5 °C, jotta lujituksen kehitys ei häiriintyisi. Runsaat sateet puolestaan aiheuttavat hyötykäyttömateriaaleille selvän liettymisriskin, joten liian sateisella säällä työt täytyy keskeyttää. (Uma-käsikirjasto 2017 c; Kiviniemi ym. 2012, 55.) Liian pitkät poutajaksot taas kuivattavat helposti rakenteen pintaa liiaksi, jolloin kastelun järjestelyä on pohdittava. Sääolosuhteiden vaikutusta työmaahan on näytetty taulukossa 4.

Sääolosuhde		Vaikutus	Toimenpide
Sade	Rankka	Materiaalin liettyminen	Töiden keskeytys ja keskeneräisten rakenteiden suojaus
	Kevyt	Ei vaikutusta	-
Tuuli	Voimakas	Materiaalin kuivaaminen ja mahdolliset pölyhaitat	Pinnan kastelu
Lämpötila	Kuuma (>20 °C), aurinkoista	Materiaalin kuivaaminen ja mahdolliset pölyhaitat	Lisäkostutus
	Kylmä (<5 °C)	Lujittumisen hidastuminen	Töiden teko ei ole suositeltavaa

Taulukko 4. Sääolosuhteiden vaikutus työmaan toimintaan (Kiviniemi ym. 2012, 55)

Taulukosta 4 nähdään, että sääolosuhteet voivat aiheuttaa työn hidastumista tai keskeytymistä useilla eri tavoilla ja näin aiheuttaa haittoja materiaalimenekkiin, jolloin joustot ketjussa ovat hyödyksi.

Hyötykäyttömateriaalikerrokset on usein peitettävä tai päällystettävä. Jos päällystäminen ei onnistu ennen talvea, on rakenne suojattava luonnonkiviaineiksilla. Suojakerroksen paksuus on 100 mm tai enemmän. Suojakerroksella pyritään estämään sekä liettymistä, että edistämään lujuuden kehitystä. Tämän vuoksi päällystäminen olisi syytä saada tehtyä riittävän ajoissa, ja huolehtia siitä, että asfaltti tarttuu riittävän hyvin alustaansa. (Uma-käsikirjasto 2017c.)

Hyötykäyttömateriaalien levityksessä on huomioitava kerralla tiivistettävän kerroksen paksuus, kalusto, sekä levitys- ja liikennejärjestelyt siten, ettei tiivistämättömän kerroksen päällä liikuttaisi. Suositeltu kerralla tiivistettävä kerros lentotuhkille on 200 millimetriä. Kalustona voidaan käyttää melko pitkälle perinteistä maanrakennuskalustoa. Lentotuhkilla ja muilla lujittuvilla materiaaleilla on kuitenkin syytä välttää ennen aikaista ja epätasaista tiivistymistä. Lentotuhka on niin kokoonpuristuvaa, että levityspaksuus on jopa 1,5 kertaa suunniteltua kerrospaksuutta suurempi. (Uma-käsikirjasto 2017c; Kiviniemi ym. 2012, 56.) Täälläkin on oma merkityksensä työmaamenekkejä arvioitaessa.

Tiivistämisessä käytettävän jyrän tyyppi on melko riippuvainen tiivistettävästä materiaalista ja tiivistystyö pitää sitoutuvilla materiaaleilla tehdä levityspäivänä, jottei tiivistyksessä rikota jo muodostuneita sidoksia. Ensimmäinen tiivistys tulisi tehdä ilman täryä. (Uma-käsikirjasto 2017c; Kiviniemi ym. 2012, 57.)

Laadunvalvonnallisia toimenpiteitä hyötykäyttömateriaaleilla on selvittää ainakin optimi vesipitoisuus ja kuivairtoteiheys. Myös koetiivistysrakenne on yleensä syytä tehdä, jotta saadaan tutkittua tiivistyminen työmaolosuhteissa käytettäväksi aiotulla tiivistyskalustolla ja ylityskerroilla. Kuivairtoteiheyden mittausta voidaan tehdä joko volymetrillä tai Troxler-laitteella. (Uma-käsikirjasto 2017c.)

Rakentamisen laadunvalvontaa tehdään kohteen työselostuksen edellyttämällä tavalla ja keinot ovat pitkälti samanlaisia kuin kiviainesrakentamisessakin (Uma-käsikirjasto 2017c). Riittävä määrä laadunvarmistustoimenpiteitä oikea-aikaisesti on tärkeää töiden sujuvuuden kannalta, jotta kerroksia voidaan peittää sitä mukaa kun ne valmistuvat ja laatuominaisuudet todetaan vaatimusten mukaiseksi. Kentälle levitettävän materiaalin kosteuspitoisuutta on seurattava, jotta se olisi riittävän lähellä optimivesipitoisuutta ja tiivistyisi mahdollisimman hyvin. (Kiviniemi ym. 2012, 61.) Kenttäkohteissa on myös tärkeää varmistaa kerroksen kantavuuden suunnitelman mukaisuus joko Loadman-painopudotuslaitteella tai levykuormituskokeella.

Jos käytettävä materiaali luokitellaan jätteeksi, koskee sitä perinteisiä materiaaleja laajempi dokumentointivelvoite. Valmiissa rakenteessa hyödynnettyjen jätteiden määrät pitää dokumentoida ja toimittaa sekä tilaajalle että viranomaisille. Myös hyötymateriaalin toimittajalle on ilmoitettava hyödynnetyt jätemäärät, jotta se voi ilmoittaa ne jäteverotusta varten. (Uuma-käsikirjasto 2017c; Infra 2018, 11.) Dokumentoinnissa tärkeässä osassa ovat lainsäädännössä edellytetyt siirtoasiakirjat.

6 Tiedonhallinta hyötymateriaaleja käytettäessä

Kun lähdettiin pohtimaan sopivaa tapaa koostaa hyötymateriaalien määriin ja laatuun liittyvää tietoa, otettiin huomioon sekä luvuissa 2–5 esitetyt asiat että organisaation käytännön tarpeet. Tavoite oli, että tieto on yksiselitteistä ja saatavilla yhtäaikaaisesti.

Eryteisesti materiaalien analyysitilanne, ympäristö/kaatopaikkakelpoisuus, sopimustilanne ja mitkä materiaalit on hyväksytty mihinkin kohteeseen nousivat esille organisaation sisällä asioina, joissa olisi tilausta tietojen tehokkaammalle yhteensovittamiselle. Myös kokonaisu-määrien hallinta tietyille jakeille olisi syytä olla aina ajan tasalla, jotta tiedetään, olisiko jotain materiaalia vapaana uusiin kohteisiin tai vastaavasti, jos ilmenee tarvetta tietäntyyppiselle materiaalille.

Kun mietitään sopivaa ohjelmaa, on huomioitava, että on varmasti olemassa useita kaupallisia materiaalin- ja varastonhallintaohjelmia. Niiden haittapuolina voidaan nähdä, että ne ovat suunnattu enemmän tavallisille, tasalaatuisille tuotteille, joissa tietyillä nimikkeillä on tietty tasainen laatu. Lisäksi isossa konsernissa tulisi mahdollisesti hankkia lisenssi uuteen ohjelmaan ja kouluttaa henkilöt käyttämään tätä ohjelmaa.

Microsoftin Excel-ohjelmassa pystyy tietyin varauksin yhdistämään yksinkertaista tietosisältöä ja taulukkolaskentaa. Se on myös useimmille käyttäjille ainakin perusteiltaan tuttu, jolloin sen toimintalogiikka ei vaadi erikseen käyttökoulutusta. Lisäksi se on valmiiksi organisaatiossa käytössä. Excel-tiedostoon voi yhdistää eri tietosisältöjä ja tiedontarkastamista eri välilehtien avulla. Tiedosto voidaan myös tallentaa Teams-ryhmään siten, että jokainen ryhmän jäsen voi käydä lisäämässä tai muokkaamassa tietoja sitä mukaa, kun uutta tietoa tulee esille. Esimerkiksi jos yksi henkilö saa tietyn erän kelpoisuuslausunnon, riittää tiedon päivittäminen Excelliin, jonka jälkeen se on kaikkien luettavissa.

Excelissä tulisi olla työmaiden tilanne (tarve/kysyntä kohde- ja kerroskohtaisesti), materiaalien sopimustilanne (tarjolla olevat määrät erittäin) ja kelpoisuus, sekä tieto siitä, mille työmaille mikäkin materiaali on hyväksytty. Siinä tulisi saada aikaan materiaalikohtainen koonti, joka laskisi vuosittain tarjolla olevat määrät yhteen ja vähentäisi niistä kysynnän yhteismäärän. Tällöin nähtäisiin, onko tiettyä materiaalia vapaana käyttöön, onko sitä tarpeisiin nähden liian vähän, jolloin tulee etsiä korvaavia materiaaleja, vai onko kysyntä ja tarjonta tasapainossa. Lisäksi sinne voidaan liittää muutakin tietoa, esimerkiksi kuljetustavasta ja kustannuksista. Periaatteessa myös teknisiä yksityiskohtia, kuten käyttöluokkia, voisi taulukkoon lisätä sikäli, kun tieto on saatavilla esimerkiksi vaatimuksien osalta suunnitelmista ja toisaalta materiaalien osalta tutkimustuloksista.

7 Taulukon rakenne ja toiminta

7.1 Taulukon yleisperiaatteet

Taulukkoa on rakennettu edellä esitetyn tiedon ja vaatimusten perusteella siten, että sitä olisi mahdollisimman yksinkertainen ja yksiselitteinen käyttää. Pääasiassa tämä onnistuu käyttämällä paljon yksiselitteisiä termejä ja valikkoja, jolloin erinäiset ristiintarkistukset toimivat. Sellaisia taulukon osia, joiden on tarkoitus toimia itsenäisesti, on pyritty suojaamaan tahattomilta muutoksilta. Osa toiminnoista on piilotetuilla välilehdillä, jotta ne eivät häiritse jokapäiväistä käyttöä.

Seuraavaksi on esitelty taulukon eri osat ja niiden toimintaperiaate.

7.2 Kohteet-välilehti

Tämä välilehti on tarkoitettu erityisesti työmaapäälliköiden käyttöön, joilla on ajankohtaisin tieto kohteisiin soveltuvista materiaaleista ja tarvittavista määristä. Näkymä tästä välilehdestä on esitetty kuvassa 5.

6			
7			
8	Muokattu	28.1.2021	
9	Muokkaaja	JKe	
10	Kohde/projektinumero	Kerros	Valittu materia
11	Asiakas 1 kenttärakenne vaihe 1	Jakava kerros	imittaja 1 m:
12		Täyttö	imittaja 5 m:
13		Jakava kerros	imittaja 3 m:
14		Tukikerros	imittaja 3 m:
15		Pintakerros	imittaja 2 m:
16		Kantava kerros	imittaja 5 m:
17	Asiakas 2 kenttärakenne	Tiivistyskerros	imittaja 1 m:
18		Kantava kerros	Toimittaja 2 m:
19		Pintakerros	Yleinen tavano
20			Toimittaja 1 m:
21			

←
→
Kohteet
Materiaalit
Kelpoisuus
Hyväksynät
Koonti

Kuva 5. Kohteet-välilehti ja kerroksen valinta

Kuvassa 5 olevassa näkymässä kohteen ja projektinumeron voi syöttää vapaasti kirjoittamalla. Kerros, johon materiaalia haetaan, voidaan valita valikosta. Jos jokin kerros puuttuu listalta, voidaan se lisätä piilotetulla kerrokset-välilehdellä ja päivittämällä valikon lähde "tietojen kelpoisuuden tarkistaminen" -työkalulla. Yhdelle kerrokselle voi valita tarvittavan

määrän eri materiaaleja. Jos tulee tarve lisätä myöhemmin uusia materiaaleja, voi tarvittaessa lisätä tyhjiä rivejä väliin ja syöttää uuden materiaalin tiedot siihen. Asiakas/kohdekohtaiset kerrokset ja materiaalit ovat allekkain niin pitkälle, kuin seuraavan asiakkaan ensimmäinen rivi alkaa. Materiaalivalinta kerrokseen näkyy tarkemmin kuvassa 6.

Muokattu	28.1.2021		
Muokkaaja	JKe		
Kohde/projektinumero	Kerros	Valittu materiaali	H
Asiakas 1 kenttärakenne vaihe 1	Jakava kerros	Toimittaja 1 materiaali 1	
	Jakava kerros	Toimittaja 1 materiaali 1	
	Kantava kerros	Toimittaja 2 materiaali 1	
	Kantava kerros	Toimittaja 2 materiaali 2	
	Kantava kerros	Toimittaja 2 materiaali 3	
	Pintakerros	Toimittaja 2 materiaali 4	
	Pintakerros	Toimittaja 2 materiaali 5	
	Pintakerros	Toimittaja 2 materiaali 6	
Asiakas 2 kenttärakenne	Jakava kerros	Toimittaja 2 materiaali 7	
	Kantava kerros	Toimittaja 2 materiaali 1	
	Pintakerros	Yleinen tavanomainen jäte	
		Toimittaja 1 materiaali 1	

Kuva 6. Kohteen materiaalit valitaan valikosta yksiselitteisyyden takaamiseksi

Kuvassa 6 näkyvät materiaalit tulevat valikkoon koonti-välilehdeltä, koska siellä jokainen materiaali esiintyy vain kerran ja valikko pysyy yksinkertaisena. Koonti-välilehteä on myös tarkoitus järjestellä aika ajoin luvun 7.6 mukaisesti, jolloin valikonkin pitäisi pysyä järkevässä järjestyksessä. Samassa luvussa myös esitetään, kuinka toimitaan jonkun tietyn materiaalin puuttuessa valikosta.

Jos materiaalivalintaa ei haluta täysin lyödä lukkoon vaan ilmaista määrätarpeita, voi materiaaliksi valita myös yleinen tavanomainen jäte tai yleinen MARA-kelpoinen materiaali. Tällöin sekä tässä välilehdellä kohdekohtaisesti, että koonti-välilehdellä yhteenlaskettuna nähdään, että tietyn tyyppiselle materiaalille olisi menekkiä, ja mahdollisia tiedossa olevia hyviä vaihtoehtoja osattaisiin tarjota työmaille aktiivisesti.

Kohteeseen tarvittavat määrät syötetään manuaalisesti vuositason kuvan 7 mukaisesti.

Valittu materiaali	Tarve, tn					
	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Toimittaja 1 materiaali 1	2000	3000	0	0	0	0
Toimittaja 5 materiaali 2	500	500	0	0	0	0
Toimittaja 3 materiaali 3	1000	2000	0	0	0	0
Toimittaja 3 materiaali 2	3000	3500	0	0	0	0
Toimittaja 2 materiaali 3	500	1000	1000	0	0	0
Toimittaja 5 materiaali 4	0	0	1000	0	0	0
Toimittaja 1 materiaali 1	10000	10000	20000	10000	105	106
Toimittaja 2 materiaali 1	4000	4000	4000	4000		
Yleinen tavanomainen jäte	1000	2000	2000	2000		

Kuva 7. Määrät syötetään materiaaleittain kerroskohtaisesti jokaiselle vuodelle työmaan arvioidun tarpeen mukaan

Kuvan 7 mukaista tietojen syöttöä voi käyttää vapaasti siten, että syötetään määrät niille materiaaleille, joita haluttaisiin ensisijaisesti käyttää. Tämän jälkeen käydään tarkistamassa koonti-välilehdellä, ettei tarve ylitä saatavilla olevan materiaalin määrää. Jos näin kuitenkin on, voisi ensimmäisenä vaihtoehtona selvittää, onko materiaalia tulossa lisää tarjolle. Tällöin siitä voisi kirjata lisäeriä tarjonnan puolelle seuraavan luvun mukaisesti. Toinen vaihtoehto on korvata osa aiotusta materiaalista jollain muulla kelvollisella vaihtoehdolla. Määriä säätelemällä voidaan myös hakea työmaan kannalta edullisinta kokonaisratkaisua, kun hinnat ovat tiedossa.

Määrien syötön jälkeen kohteet-välilehdellä on tarkistava osuus, joka on esitetty kuvassa 8.

Soveltuva materiaali	Soveltuvuuden tarkistus	Hyväksyntä kerrokseen
Tavanomainen	OK	Ei hyväksytty kerrokseen
MARA	Tarkasta materiaali	Hyväksytty kerrokseen
Pysyvä	Tarkasta materiaali	Hyväksytty kerrokseen
Tavanomainen	Tarkasta materiaali	Hyväksytty kerrokseen
Vaarallinen	Tarkasta materiaali	Hyväksytty kerrokseen
MARA	OK	Hyväksytty kerrokseen
Tavanomainen	Tarkasta materiaali	Ei hyväksytty kerrokseen
Tavanomainen	OK	Ei hyväksytty kerrokseen
Tavanomainen	Tarkasta materiaali	Ei hyväksytty kerrokseen
	OK	Hyväksytty kerrokseen
	Tarkasta materiaali	Ei hyväksytty kerrokseen
	#LEVITTYMINEN!	Hyväksytty kerrokseen

Kuva 8. Materiaalin soveltuvuuden ja hyväksynnän tarkastus. Kerrokseen soveltuva materiaali valitaan valikosta

Kuvan 8 soveltuvuuden tarkastus toimii siten, että lupaehtojen tai muun vastaavan syyn perusteella valitaan kerrokseen soveltuva materiaali valikosta. Kelpoisuus tarkastetaan kelpoisuus ja sopimukset-välilehden kautta, jonne syötetään jokaisen yksittäisen materiaalin kelpoisuus luvussa 7.4 esitetyllä tavalla. Koska kelpoisuus on materiaali-kohtainen ja joka rivillä on oma materiaalinsa, toimii tämä tarkastus automaattisesti koko taulukon alueella. Sen sijaan hyväksyminen kerrokseen on kohdekohtaista, ja siinä kaava toimii yhden kohteen alueella, mutta vaatii kaavan muokkausta aina kohteen vaihtuessa. Viranomais hyväksynnät syötetään hyväksynnät-välilehdelle luvussa 7.5 esitetyllä tavalla.

Tarkastuksen on tarkoitus ilmaista, että materiaalia voi turvallisesti käyttää kyseisessä kohteessa ja kerroksessa. Tässä tarkastetaan siis, että materiaalin liukoisuus ja muut vastaavat ominaisuudet ovat sillä tasolla, että sitä voidaan käyttää ja ympäristöluvan mukainen viranomais hyväksyntä materiaalille on haettu ja saatu. Jos soveltuvuus näyttää vihreää, mutta hyväksyntä punaista, tulisi tämän herättää tarkistamaan onko hyväksyntää haettu. Jos hyväksyntä on haettu ja saatu, tulisi seuraavaksi mennä täyttämään puuttuva hyväksyntä omalle välilehdelle. Jos hyväksyntää ei ole haettu, voi prosessin laittaa tässä kohtaa vireille.

Toisinpäin (soveltuvuus punaisella ja hyväksyntä vihreällä) tilanne olisi käytännössä nurinkurinen. Silloin voi tarkastaa, onko hyväksytyihin lipsahtanut materiaali, joka ei sinne kuulu, tai tarkastaa kelpoisuus. Materiaalin kelpoisuus-valinta voi olla virheellinen, tai sitten lievemälle luokituksella (esimerkiksi MARA), kuin kohde edellyttäisi (esimerkiksi tavanomainen). Tällöin se olisi periaatteessa hyväksyttävissä kerrokseen ja kelpoisuusluokitusta voidaan tarvittaessa lieventää kohteen vaatimuksissa kuvan 8 tavalla. Tämän jälkeen myös kelpoisuus muuttuu vihreäksi. Yksi mahdollisuus on, että kelpoisuusluokitus on muuttunut huonommaksi, jolloin vanha hyväksyntä ei päde. Myös kesken oleva analyysiprosessi voi aiheuttaa tässä kohtaa ”tarkasta materiaali” -varoituksen.

7.3 Materiaalit-välilehti

Materiaalit-välilehdelle on tarkoitus syöttää tarjolla olevia hyötykäyttömateriaalien määriä erä-kohtaisesti, kun ne ovat tiedossa. Erä voi olla esimerkiksi joka kuukaudelle yksi tai koko vuosi voidaan ajatella yhtenä eränä. Tämä riippuu esimerkiksi siitä, kuinka paljon tiettyä materiaalia syntyy vuodessa ja vaihtelee syntyvän jätteen määrä paljon eri vuodenaikoina. Tällaisia ovat tyypillisesti voimalaitostuhkat, joita syntyy paljon talvella, mutta ei juurikaan kesäisin, kuten luvussa 5 kerrottiin.

Erä on vapaasti numeroitavissa tai nimettävissä, jolloin niihin voi liittää pientä lisäinformaatiota. Jos materiaali on esimerkiksi MARA-betoni, voi siitä lisätä tiedon purkukohteesta,

jolloin päästään paremmin käsitykseen kuljetusmatkoista. Kiinteillä jätemateriaalintuottajilla tätä ongelmaa ei ole, sillä etäisyyden pitäisi käydä ilmi jakeen nimestä, ja numerointi on parempi tapa hallita asiaa. Materiaalit lisätään kuvan 9 mukaisesti.

Nimike	Erä/vuosi
Toimittaja 1 materiaali 1	1.
Toimittaja 1 materiaali 1	▼
Toimittaja 1 materiaali 1	▲
Toimittaja 2 materiaali 1	
Toimittaja 2 materiaali 2	
Toimittaja 2 materiaali 3	
Toimittaja 2 materiaali 4	
Toimittaja 2 materiaali 5	
Toimittaja 2 materiaali 6	
Toimittaja 2 materiaali 7	
Toimittaja 2 materiaali 7	1.
Toimittaja 2 materiaali 8	1.
Toimittaja 3 materiaali 1	1.
Toimittaja 3 materiaali 2	1.
Toimittaja 3 materiaali 3	1.
Toimittaja 4 materiaali 1	1.
Toimittaja 4 materiaali 2	1.

Kuva 9. Materiaalin lisäys laskentaa varten. Erä-sarakkeeseen voi kirjoittaa eränumeron tai vapaasti kuvauksen esimerkiksi erän sijainnista

Materiaaliluettelon lähde on jälleen koonti-välilehdellä, jonne voi mennä lisäämään mahdollisen puuttuvan materiaalin. Jos valinta-alue menee yli, eli lisäyksen jälkeen materiaali ei ilmesty luetteloon, voi valinta-aluetta tässäkin tapauksessa säätää ”tietojen kelpoisuuden tarkistaminen” -työkalulla.

Määrien syöttäminen tehdään kirjoittamalla erän koko tonneissa, kuten kohteidenkin tapauksessa. Myös materiaalit-välilehdessä on tarkistuksia, joiden tietoja haetaan kelpoisuus- ja sopimukset välilehden kautta. Periaatteessa sopimusten tilat ja kestot voisi valita tai kirjoittaa myös tässä välilehdessä. Sama nimike voi kuitenkin esiintyä tässä osiossa useita kertoja. Syöttämällä sopimusten tilat ja kestot erikseen ei saman materiaalin tietoja tarvitse lisätä kuin kerran. Näin myös virheiden mahdollisuus vähenee. Tarkistukset tässä välilehdessä on esitetty kuvassa 10.

Määritellään kelpoisuus ja sopimukset välilehdellä!		
2026	Sopimustilanne	Sopimus voimassa asti
	Sopimus tehty	2023
	Sopimus tehty	2023
	Mahdollinen/Hyväksynnässä	2022
	Sopimusta ei tehty	ei sopimusta
	Mahdollinen/Hyväksynnässä	0
	0	0
	0	0
	0	0
	0	0
	0	0

Kuva 10. Materiaalit välilehden tarkistustoiminnot, eli sopimustilanne ja voimassaoloaika

Kuvan 10 mukaisten tarkastustoimintojen tarkoitus on tuoda esille materiaaliakohtaisesti sopimustilanne ja voimassaoloaika. Näin tietoja lisätessä ei tule erehdyksessä lisättyä määriä sellaisista materiaaleista, joista ei ole sopimusta tai sopimus katkeaa aiemmin, kuin määriä on tarkoitus syöttää. Merkintä "0" tarkoittaa kummassakin sarakkeessa sitä, että kyseisen materiaalin sopimus- ja/tai voimassaolotietoja ei ole määritetty kelpoisuus ja sopimukset välilehdellä.

7.4 Kelpoisuus ja sopimukset-välilehti

Kuten luvuissa 7.2 ja 7.3 on viitattu, tälle välilehdelle syötetään materiaalien sopimustilanteet, sopimusten kestot ja materiaalin kelpoisuus. Kuvassa 11 nähdään tämän välilehden näkymä.

Materiaali	Sopimustilanne	Sopimus voimassa
Toimittaja 1 materiaali 1	Sopimus tehty	2023
Toimittaja 2 materiaali 1	Mahdollinen/Hyväksynnässä	2022
Toimittaja 2 materiaali 2	Sopimusta ei tehty	ei sopimusta
Toimittaja 2 materiaali 3	Mahdollinen/Hyväksynnässä	
Toimittaja 2 materiaali 4		
Toimittaja 2 materiaali 5		
Toimittaja 2 materiaali 6		
Toimittaja 2 materiaali 6		
Toimittaja 2 materiaali 7		
Toimittaja 2 materiaali 8		
Toimittaja 3 materiaali 1		
Toimittaja 3 materiaali 2		
Toimittaja 3 materiaali 3		
Toimittaja 4 materiaali 1		
Toimittaja 4 materiaali 2		
Toimittaja 4 materiaali 2		
Toimittaja 4 materiaali 3		
Toimittaja 4 materiaali 4		
Toimittaja 4 materiaali 5		
Toimittaja 4 materiaali 6	Sopimus tehty	

Kohteet | Materiaalit | **Kelpoisuus ja sopimukset** | Hyväksynät | Koonti

Kuva 11. Kelpoisuus ja sopimukset-välilehti. Materiaalit lisätään listalle kerran, jonka jälkeen täytetään loput sarakkeet siltä osin kun ne ovat tiedossa

Materiaalit valitaan valikosta vastaavasti kuin edellisilläkin välilehdillä. Sopimustilanteita on valittavissa kolme. Ensimmäinen näistä on ”sopimus tehty”, joka voidaan valita, jos esimerkiksi tuhkan vastaanotosta on tehty sopimus. Toinen vaihtoehto on ”mahdollinen/hyväksynnässä”. Tämä tarkoittaa tilannetta, jossa neuvottelut kyseisestä materiaalista ovat käynnissä, mutta esimerkiksi jos analyysit ovat kesken, ei sopimusta ole vielä tehty. Tämä vaihtoehto voi auttaa kartoittamaan rakennuskohteelle mahdollisia materiaaleja, ja sopimuksen synnyttyä voidaan tilanne päivittää. ”Sopimusta ei tehty” tarkoittaa, että neuvottelut eivät johtaneet sopimukseen. Kun tällaiselle materiaalille ei luonnollisesti syötetä tarjolla olevia määriä, voidaan kohteessa reagoida vaihtamalla kyseessä oleva nimike johonkin toiseen, jos sitä oli ajateltu alun perin käytettävän kohteessa.

Sopimus voimassa -sarakeeseen voidaan kirjoittaa tietoa sopimuksen voimassaolosta esimerkiksi vuosi- tai kuukausitasolla. Tällöin tieto päivittyy materiaalit-välilehdelle.

Kelpoisuus-sarakeeseen valitaan materiaalin kaatopaikka/ympäristökelpoisuus analyysien pohjalta tehtyjen kelpoisuuslausuntojen perusteella. Vaihtoehtoja on kaikkiaan kahdeksan ja ne näkyvät kuvassa 12.

Materiaali	Sopimustilanne	Sopimus voimassa	Kelpoisuus
Toimittaja 1 materiaali 1	Sopimus tehty	2023	Tavanomainen
Toimittaja 2 materiaali 1	Mahdollinen/Hyväksynnässä	2022	Tavanomainen
Toimittaja 2 materiaali 2	Sopimusta ei tehty	ei sopimusta	Vaarallinen
Toimittaja 2 materiaali 3	Mahdollinen/Hyväksynnässä		Tavanomainen
Toimittaja 2 materiaali 4			Pysyvä
Toimittaja 2 materiaali 5			Analysoimatta
Toimittaja 2 materiaali 6			MARA
Toimittaja 2 materiaali 7			
Toimittaja 2 materiaali 8			Pysyvä
Toimittaja 3 materiaali 1			Tavanomainen
Toimittaja 3 materiaali 2			Vaarallinen
Toimittaja 3 materiaali 3			MARA
Toimittaja 3 materiaali 3			Analyysit kesken
Toimittaja 4 materiaali 1			Analysoimatta
Toimittaja 4 materiaali 2			Vaatii vastaavuustestauksen
Toimittaja 4 materiaali 2			Vastaavuustestaus kesken
Toimittaja 4 materiaali 3			
Toimittaja 4 materiaali 4			
Toimittaja 4 materiaali 5			
Toimittaja 4 materiaali 6	Sopimus tehty		
Toimittaja 5 materiaali 2			MARA

Kuva 12. Materiaalin kelpoisuuden valinta

Kuvassa 12 näkyvistä vaihtoehtoista pysyvä valitaan, kun materiaali on todistettu soveltuvaksi vain pysyvän jätteen kaatopaikalle. Tavanomainen valitaan vastaavasti tavanomaisen jätteen kaatopaikalle soveltuville materiaaleille ja vaarallinen vastaavasti vaarallisen jätteen kaatopaikalle soveltuville materiaaleille. MARA-vaihtoehto on taas mara-luokituksen saaneille materiaaleille. Loput vaihtoehdot kuvaavat tilannetta, jossa voimassa olevaa luokitusta ei syystä tai toisesta ole. Analyysit tekemättä- vaihtoehto kuvaa, ettei analyysiprosessia ole käynnissä ja analyysit kesken vastaavasti, että prosessi on käynnissä, mutta tulokset eivät ole vielä valmiina. Vastaavuustestaus vaaditaan- vaihtoehto valitaan materiaaleille, joilla on aiemmin ollut luokitus, mutta se vaatii ns. vastaavuustestauksen luokituksen säilymiseksi edelleen. Vastaavuustestaus kesken- vaihtoehto antaa ymmärtää, että vastaavuustestaus on prosessissa ja tuloksia odotellaan.

Tätä välilehteä on syytä pitää ajan tasalla, koska tästä päivittyvät tiedot niille välilehdille, joille määrätietoja syötetään. Tällöin osataan paremmin valmistautua ja reagoida muutoksiin esimerkiksi sopimuksen kestossa tai kelpoisuusluokituksissa.

7.5 Hyväksynät-välilehti

Tälle välilehdelle päivitetään kohteittain hyväksytyt materiaalit aina sitä mukaa, kun viranomaishyväksyntä materiaalille tietyssä kohteessa tulee. Välilehti näkyy kuvassa 13.

Materiaali	2021			2022		
	Saatavuus, tn	Tarve, tn	Erotus	Saatavuus, tn	Tarve, tn	Erotus
Toimittaja 1 materiaali 1	4000	12000	-8000	0	13000	-13000
Toimittaja 2 materiaali 1	0	4000	-4000	0	4000	-4000
Toimittaja 2 materiaali 2	0	0	0	0	0	0
Toimittaja 2 materiaali 3	0	500	-500	0	1000	-1000
Toimittaja 2 materiaali 4	0	0	0	0	0	0
Toimittaja 2 materiaali 5	0	0	0	0	0	0
Toimittaja 2 materiaali 6	0	0	0	0	0	0
Toimittaja 2 materiaali 7	0	0	0	0	0	0
Toimittaja 2 materiaali 8	0	0	0	0	0	0
Toimittaja 3 materiaali 1	3000	1000	2000	2000	2000	0
Toimittaja 3 materiaali 2	0	3000	-3000	0	3500	-3500
Toimittaja 3 materiaali 3	0	0	0	0	0	0
Toimittaja 4 materiaali 1	0	0	0	0	0	0
Toimittaja 4 materiaali 2	0	0	0	0	0	0

Kuva 14. Koonti-välilehden näkymä vuoden 2021 ja 2022 osalta

Tässä yhteenvetomaisessa osiossa on tarkoitus nähdä nopealla vilkaisulla, mikä on kunkin materiaalin ajankohtainen tilanne. Esimerkiksi kuvan 14 mukaisesta tilanteesta nähdään, että toimittajan 1 materiaali 1:n osalta vuonna 2021 erotus on 8000 tonnia miinuksella. Tällöin tulisi joko tarkistaa, onko kaikki erät vuodelle 2021 merkitty materiaalit välilehdelle, selvittää onko mahdollisesti tulossa vielä lisää eriä, tai pienentää kysyntää kohteissa korvaamalla nimikettä jollain vastaavalla materiaalilla.

Toimittaja 3 materiaali 1:n kohdalla taas nähdään, että erotus vuonna 2021 on 2000 tonnia positiivinen, joten tälle 2000 tonnille voisi etsiä käyttöä jossain kohteessa, johon se soveltuu. Vuoden 2022 osalta sama nimike näyttäisi olevan tasapainossa.

Tällä välilehdellä määrä-solut on lukittu, jotta niihin ei yritettäisi vahingossa syöttää tietoa, jonka seurauksena taulukko menisi sekaisin. Saatavuus- ja tarvetiedot tulevat piilossa olevilta välilehdiltä, jossa määrät lajitellaan nimikkeiden mukaan suodatusfunktion avulla ja lasketaan jokaisen nimikkeen määrät yhteen. Tämä laskentaperiaate esitetään lyhyesti seuraavassa luvussa. Nämä yhteen lasketut tonnimäärät syötetään sen jälkeen oikeille riveille ja vuosille ja lasketaan erotukset. Erotuksen laskevat solut on muotoiltu siten, että tarpeen ylittäessä saatavuuden, on solu vaaleanpunaisella, jos saatavuus on tarvetta suurempi, on solu vaaleanvihreällä ja tasapainotilanne on neutraali. Jos tilanne olisi yrityksessä sekä materiaalien että työmaamenekkien suhteen täydellisen tasapainoinen, olisi taulukko silloin täysin väritön.

Vaaleanvihreällä pohjalla oleviin materiaalisoluihin voi lisätä vapaasti puuttuvia nimikkeitä, kuten aiemmissa kappaleissa on viitattu. Ajatus on siinä, että ylläpitäjä on tehnyt jonkin verran tyhjiä nimikkeitä, joihin kaikki käyttäjät voivat lisätä puuttuvia/uusia materiaaleja ja laskenta pysyy heti mukana kuvan 15 taivoin. Nimikkeitä voi myös vapaasti muokata, jos

näyttää, etteivät ne kuvaa riittävästi sen hetkistä toimittajaa tai materiaalia. Tällöin tiedot päivittyvät muiden välilehtien valikkoihin.

Materiaali	2021			2022		
	Saatavuus, tn	Tarve, tn	Erotus	Saatavuus, tn	Tarve, tn	Erotus
Yleinen MARA-kelpoinen materiaali	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Kohteet | Materiaalit | Kelpoisuus ja sopimukset | Hyväksynnät | **Koonti** +

Kuva 15. Tyhjät materiaali-solut puuttuvien nimikkeiden lisäämiseksi

Kuvan 15 mukaisessa tilanteessa on siis mahdollista lisätä (ilman luvussa 7.7 esitettyjä muokkauksia) 11 materiaalia niin, että laskenta seuraa vielä mukana. Valkoisella pohjalla oleviin materiaalisoluihin nimiä voi tuki lisätä, mutta silloin vaaditaan ylläpidolta päivitystä piilotetuilla välilehdillä olevaan laskentaan ja tämän välilehden määräsoluihin. Vasta sen jälkeen näiden uusien lisättyjen materiaalien määrätiedot alkaisivat päivittyä tähän taulukoon.

Ylläpidollinen toimenpide on myös nimikkeiden järjestäminen esimerkiksi aakkosjärjestykseen sitä mukaa, kun niitä on lisätty. Tämä onnistuu, ilman että laskenta sekoaa, lisäämällä haluttuun paikkaan tyhjä rivi. Tämän jälkeen leikataan siirrettävän materiaalin koko rivi ja liitetään se tyhjälle riville. Näin laskenta seuraa mukana ja taulukko pysyy helpommin seurattavana, kun kaikki tiedot eivät ole satunnaisessa järjestyksessä.

7.7 Piilotetut välilehdet

Piilotetut välilehdet ovat sellaisia, josta joko haetaan tai lajitellaan tietoa ja lasketaan tonnimääriä yhteen. Nämä on piilotettu lähinnä sen vuoksi, etteivät ne häiritse taulukon jokapäiväistä käyttöä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että halutut näkyvillä olevat välilehdet löytyvät alapalkista helpommin. Lisäksi piilotetuilla välilehdillä ei ole aktiivista tietojen lisäystarvetta ja ne pysyvät paremmin suojassa tahattomilta muutoksilta.

Piilotetut välilehdet saa näkyville valitsemalla alapalkissa hiiren oikean näppäimen ja edelleen valitsemalla avautuvasta valikosta ”näytä”, jonka jälkeen voi valita minkä piilotetuista välilehdistä haluaa näkyville. Välilehden uudelleen piilottaminen tapahtuu vastaavasti ”piilota”-komennolla.

7.7.1 Kerrokset-välilehti

Kerrokset-välilehdelle on lisätty erilaisia luetteloja näkyvillä olevien välilehtien valikkoja varten. Näitä ovat esimerkiksi rakennekerrokset, kelpoisuus ja sopimustilanteet. Jos jatkossa tulee tarvetta lisävalikoille, voi niiden edellyttämät luettelot lisätä tälle välilehdelle.

7.7.2 Materiaalin tarve yhteensä-välilehti

Tämä välilehti suodattaa kohteet-välilehdeltä jokaisen tarvittavan nimikkeen erikseen kaikista kohteista ja kerroksista. Lisäksi näiltä riveiltä suodattuvat nimikkeiden määrät vuositasolla ja tällä välilehdellä lasketaan jokaisen materiaalin tarvittavat määrät kaikkien kohteiden osalta yhteen. Esimerkkinäkymä tästä välilehdestä on nähtävillä kuvassa 16.

		2020	2021	2022	2023	2024	2025
Toimittaja 1 materiaali 1		2000	2000	3000	0	0	0
Toimittaja 1 materiaali 1		0	10000	10000	20000	10000	105
Toimittaja 1 materiaali 1		0	0	0	0	0	0
Yhteensä		2000	12000	13000	20000	10000	105
	hinta €/t	2020	2021	2022	2023	2024	2025
>	Kohteet	Materiaalit	Kelpoisuus ja sopimukset	Hyväksynyt	Koonti	Materiaalin tarve yhteensä	

Kuva 16. Materiaalin tarve yhteensä-välilehti Toimittaja 1 materiaali1:n osalta. Hinta-sarake mustattuna

Kuvan 16 tapauksessa on haettu suodatus-komennolla kohteet-välilehdeltä kaikki ”Toimittaja 1 materiaali 1” tarpeet eri kohteista ja kerroksista. Tätä kirjoitettaessa ei ole vielä muodostunut käsitystä, kuinka monessa eri kohteessa/kerroksessa yhtä materiaalia tulee käytettyä, mutta jos tila uhkaa loppua kesken, voi tähän näkymään lisätä rivejä laskennan kärsimättä.

Kaikki tarpeet lasketaan tässä yhteen ja koonti-välilehdellä vuosittaiset tarpeet haetaan siis materiaaleittain tämän välilehden yhteenlasketuista määristä. Materiaalien nimet on linkitetty koonti-välilehteen. Siellä tehdyt rivien siirrot päivittyvät tähän välilehteen, eivätkä siten vaikuta laskentaan.

Jos jollekin materiaalille ei ole yhtään kysyntää, jää sen kuvaa 16 vastaava taulukko tyhjäksi virheilmoituksen kera ja kokonaissumma nolnaan. Heti kun materiaali valitaan johonkin kohteeseen ja sille syötetään tonnimääräinen tarve, poistuu tämä virheilmoitus ja laskenta alkaa toimia. Ennen sitä koonti-välilehti näyttää kuitenkin aivan oikean määrän, eli nolla tonnia.

7.7.3 Materiaalin tarjonta yhteensä-välilehti

Materiaalin tarjonta yhteensä-välilehti toimii pitkälti samalla periaatteella, kuin edellisenkin luvun tarve-välilehti. Sinne suodatetaan materiaalit välilehdiltä kaikki saman nimikkeen määrät erittäin ja kaikki erät lasketaan vuositasolla yhteen. Esimerkki-näkymä on nähtävillä kuvassa 17.

	Erä	2020	2021	2022	2023	2024
Toimittaja 1 materiaali 1	1.	2000	2000	0	0	0
Toimittaja 1 materiaali 1	2.	0	2000	0	0	0
Yhteensä		2000	4000	0	0	0
	Erä	2020	2021	2022	2023	2024

Kuva 17. Materiaalin tarjonta yhteensä-välilehti Toimittaja 1 materiaali 1:n osalta

Kuvan 17 tilanteessa materiaalit-välilehdessä on ilmoitettu vuonna 2020 yksi 2000 tonnin erä ja vuodella 2021 kaksi 2000 tonnin erää. Lopussa on laskettu vuosittainen summa, joka päivittyy koonti-välilehdelle. Sieltä on myöskin materiaalin nimiviitteet, jotka päivittyvät myös tällä välilehdellä, vaikka koonnissa tehtäisiin järjestelyjä.

Materiaalin tarjontaan tehtiin tähän laskentaan hieman enemmän rivejä kuin tarvepuolelle, sillä oletuksella, että yhdellä nimikkeellä saattaa olla paljonkin tarvittavia eriä vuotta kohden. Koska rivejä on 15, mahtuu jokaisen materiaalin alle helposti erät joka kuukaudelle tai erilaisia noutokohteita vaikka MARA-betonille. Tarvittaessa rivejä voi myös tähän osioon lisätä, jos tähän käytön edistyessä nähdään tarvetta.

Kuten myös tarve-osiossa, tällekin välilehdelle tiedot alkavat kertyä vasta, kun niiden määrä syötetään materiaaleihin. Soluviittaukset mahdollistavat luvussa 7.6 mainitun ennakkoinnin, jolloin vielä nimeämättömille materiaaleille voidaan luoda suodatusta ja laskentaa, jotka alkavat toimia sitä mukaa kun materiaaleja nimetään ja niille osoitetaan tarjottavia määriä. Vastaava ennakointi voidaan tehdä luonnollisesti myös materiaalin tarpeille.

8 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli kehittää Fortum Waste Solutions Oy:n käyttöön järjestelmää, joka tehostaisi tiedonkulkua organisaation sisällä ja näin tehostaisi hyötymateriaalien käyttöä lähtökohtaisesti kenttärakenteissa. Työn teoreettisessa osassa kuvailtiin, mitä hyötymateriaalit ovat ja erityisesti keskityttiin teollisuuden sivuvirtatuotteisiin, kuten lentotuhkiin. Lisäksi kerrottiin, millaisilla tavoilla tuhkia voi hyödyntää kenttärakenteissa ja kuvattiin, mitä kaikkea tulee huomioida, jotta materiaaleja voidaan tehokkaasti hyödyntää työmaalla haluttuna ajankohtana.

Käytännön osuudessa esiteltiin kehitetty Excel-tiedosto, jota organisaatiossa voidaan käyttää sekä määrä- että laatu-tiedon kokoamiseen. Tiedoston toiminta esiteltiin osa osalta, jotta sitä voi myöhemmin hyödyntää käytön opastuksessa ja systeemin ylläpidossa. Tavoitteena oli, että systeemi olisi mahdollisimman selkeä ja käyttäjäystävällinen. Kuten luvusta 7 käy ilmi tässä onnistuttiin määrä- ja laatu-tietojen syötön suhteen varsin hyvin. Määrät voi syöttää sekä työmaille että tarjontaan vapaasti tonneittain. Materiaalit ja laatu-tiedot valitaan pääasiassa yksiselitteisistä valikoista, jolloin erilaiset ristiin tarkastukset esimerkiksi vaatimusten ja materiaalien todellisten ominaisuuksien välillä toimii sujuvasti.

Kaikesta kehittelystä huolimatta taulukoihin jää myös asioita, jotka vaativat ylläpidollisia toimenpiteitä. Nämä on kuitenkin saatu rajattua siten, että näitä muutoksia ei tarvitse tehdä jatkuvasti. Lisäksi nämä kohdat on pyritty tuomaan esiin luvussa 7. Näin käyttäjä saattaa havaita ohjelmaa käyttäessään tarpeen näille toimenpiteille ja osaa vinkata päivittämisen tarpeesta ylläpitäjälle.

Taulukko toimii tällä hetkellä hyvin vuositasoisen määränhallinnan tarkkailussa ja on omiaan auttamaan tiedon yhteen kokoamisessa yrityksen sisällä, jolloin turhaa ja aikaa vievää puhelinliikennettä ympäri Suomen vähennetään. Sitä käyttäessä tulee edelleen hallita työmaan määrätarpeiden laskenta ja varastointi ynnä muut sellaiset työmaan toteutukseen liittyvät asiat sekä laadunhallinta. Taulukon ensisijainen tarkoitus onkin löytää erilaisia mahdollisuuksia parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseen. Edelleen viestintää organisaation sisällä tarvitaan, että materiaalien optimaalinen käyttö eri kohteissa voidaan varmistaa ja kuljetusjärjestelyt ynnä muut sellaiset asiat hoitaa. Kuitenkin taulukko, kun se vain otetaan riittävän aktiivisesti käyttöön, mahdollistaa paremman kokonaisuuksien hallinnan.

Alun perin taulukon kehitys lähti kenttärakennekohteiden tarpeiden ja tarjonnan yhteensovittamisesta erityisesti teollisuuden sivuvirtatuotteita käytettäessä. Työtä tehdessä on käynyt selväksi, että se on suhteellisen helppo laajentaa myös muun tyyppiin ympäristörakentamisen kohteisiin, koska samat kelpoisuusvaatimukset ja hyväksynnät ovat niissäkin

olemassa. Myös sivuvirtatuotteista laajentaminen esimerkiksi purkubetoneihin on toteutettavissa suhteellisin pienin säädöin, sillä niilläkin on käytännössä samat testausvelvoitteet ja soveltuvuuden hallinta.

Puhtaasti laadunvalvontaan liittyviä asioita (kelpoisuuksia lukuun ottamatta) taulukossa ei käsitellä. Kuten luvussa 5.4 käy ilmi, laadunvalvonta ja muu työmaan ohjaukseen liittyvä toiminta on aika monitahoista ja niiden mukaan ottaminen saattaisi tehdä taulukon liian laajaksi ja kankeaksi. Tällöin kiinnostus käyttää taulukkoa saattaisi vähentyä. Yleisesti materiaalit tutkitaan teknisiltä ominaisuuksiltaan aina laboratoriossa, koska niissä esiintyy kaikesta huolimatta paljon vaihtelua ominaisuuksien suhteen. Kantavuuden mittausta ja kosteuspitoisuus- sekä tiiveysmittauksia on helpompi seurata työmailla erikseen työmaan laadunvarmistussuunnitelmien mukaisesti. Taulukon hyöty laadunvarmistuksen kannalta on ennen kaikkea siinä, että osataan ottaa tutkittavaksi oikeat ja soveltuvat materiaalit suuresta vaihtoehtojen joukosta. Jos laboratoriotutkimukset osoittavat, ettei materiaali ole teknisesti sopivaa, korjataan tieto sitä mukaa taulukkoon ja materiaalit vapautuvat sopivampaan käyttöön.

Myös joidenkin lisätarkastusten ja kustannuslaskentaominaisuuksien lisääminen on varmasti tulevaisuudessa mahdollista sitä mukaa, kun käyttäjäkokemukset ja saatu palaute karttavat. Kaiken kaikkiaan alkuperäisen tavoitteen voi sanoa täyttyneen, sillä määrälaskennat ja kelpoisuuksien tarkastus toimivat ja kokonaisuudessaan valtavan ja monimutkaisen tietomäärän käsittely varmasti helpottuu organisaation sisällä.

Opinnäytetyön tekeminen sujui melko sujuvasti sen jälkeen, kun sai kiinni siitä, mitä asioita tuli eritellä omiksi kokonaisuusiksi omille välilehdilleen. Lopullinen jaottelu alkoi hahmottua tekstiosaa tehdessä, jolloin aiheesta muodostui parempi kokonaiskäsite. Tietoa aiheesta oli hyvin saatavilla. Haasteena oli pyrkimys mahdollisimman suureen automatisointiin erilaisten tarkastusten osalta, jolloin oikeiden kaavojen löytäminen vei jonkun verran aikaa. Työn aikana käyty keskustelut antoivat kuitenkin varmuutta siitä, että taulukon kanssa oli menty oikeaan suuntaan ja sen toiminta oli tuleville käyttäjille selkeää ja yksiselitteistä.

Lähteet

Fortum Oyj 2017. Ekokem on nyt Fortum. Viitattu 8.1.2021 Saatavissa <https://www.fortum.fi/media/2017/04/ekokem-nyt-fortum>

Fortum Oyj a. Kierrätys ja jätepalvelut. Viitattu 8.1.2021. Saatavissa <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/kierratys-ja-jatepalvelut/fortum-recyclingwaste>

Fortum Oyj b. Kestävää ympäristön rakentamista. Viitattu 8.1.2021. Saatavissa <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/kierratys-ja-jatepalvelut/hyvin-suunniteltu-puoliksi-lajiteltu/kestavaa-ympariston-rakentamista>

Fortum Oyj c. Rakennettu ympäristö. Viitattu 8.1.2021. Saatavissa <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisoille/kierratys-ja-jatepalvelut/hyvin-suunniteltu-puoliksi-lajiteltu/kestavaa-ympariston-rakentamista/rakennettu-ymparisto-vaatii-yllapitoa-ja-kestavaa-kehitysta>

Infra 062-710191 2018. Tuhkien käyttö maarakentamisessa. Metsä- ja energiateollisuuden tuhkamateriaalit. Infrakortisto: ohjeet. Rakennustuotesäätiö.

Jätelaki 646/2011

Jäteverolaki 1126/2010

Kiviniemi O., Sikiö J., Jyrävä H., Ollila S., Autiola M., Ronkainen M., Lindroos N., Lahtinen P., Forsman J. 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja. Verkkojulkaisu. Viitattu 22.2.2021. Saatavissa https://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf

Lakeuden etappi. Jätehierarkia on kiertotalouden toimintamalli. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://www.etappi.com/jateneuvonta/jatehierarkia-ohjaa-toimintaa/>

Sitra. Tulevaisuussanasto. Sivuvirta. Viitattu 1.3.2021. Saatavissa <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/sivuvirta/>

Uuma-käsikirjasto 2017 a. Materiaalit ja niiden jalostaminen. Viitattu 11.1.2021. Saatavissa <https://www.uusiomaarakentaminen.fi/materiaalit-ja-niiden-jalostaminen>

Uuma-käsikirjasto 2017 b. Ympäristö- ja lupaprosessi. Viitattu 22.2.2021. Saatavissa <https://www.uusiomaarakentaminen.fi/ymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-lupaprosessi-0>

Uuma-käsikirjasto 2017 c. Rakentaminen. Viitattu 22.2.2021. Saatavissa <https://www.uusiomaarakentaminen.fi/rakentaminen>

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa
843/2017

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014

Ympäristönsuojelulaki 527/2014