



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

JÄTTEENPOLTON POHJAKUONAT JA NIIDEN HYÖDYNTÄMINEN INFRARAKENTA- MISESSA

Inkeri Räsänen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

RÄSÄNEN, INKERI:

Jätteenpolton pohjakuonat ja niiden hyödyntäminen infrarakentamisessa

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä tietoa jätteenpolton pohjakuonasta tehdyistä tutkimuksista ja koekohteista sekä ohjeista ja lainsäädännöstä helposti saatavaksi kokonaisuudeksi. Lisäksi tarkoituksena oli pohtia kuonarakentamisen tulevaisuutta ja mahdollisia tulevaisuuden hyödyntämiskohteita. Opinnäytetyö toteutettiin tutustumalla kirjallisuuteen ja tekemällä asiantuntijahaastatteluja.

Jätteenpolton pohjakuona on yhdyskuntajätettä arinakattiloissa poltettaessa syntyvää palamattomien aineiden muodostamaa lopputuotetta. Lasia, metalleja ja keramiikkaa sisältävä raakakuona käsitellään ennen jatkokäyttöä, jolloin siitä poistetaan magneettiset ja muut metallit sekä mineraaliainekset seulotaan määrättyihin jakeisiin. Mineraalijakeita voidaan hyödyntää niin maarakentamisessa kuin betoniteollisuudessaakin.

Tähän mennessä jätteenpolton pohjakuonan mineraalijakeita on hyödynnetty suhteellisen harvoissa kohteissa, mutta niissä rakenteet ovat toimineet odotusten mukaisesti. Suurimmat huomioitavat seikat jätteenpolton pohjakuonien käyttöä arvioitaessa ovat käyttökohteen sijainti suhteessa pohjavesialueisiin, rakenteen altistuminen ulkopuoliselle vedelle sekä rakenteelle asetetut lujuusvaatimukset. Lähtökohtaisesti jätteenpolton pohjakuonista rakentaminen ei eroa neitseellisen kiviaineksen kanssa työskentelystä. Pohjakuonan mineraalijakeet eivät sovellu kantavan kerroksen materiaaliksi sen hienontumistaipumuksen vuoksi, mutta sitä voidaan käyttää jakavassa ja suodatinkerroksessa.

Annika Sormusen väitöskirjassaan tutkimien kuonien liukoisuusominaisuudet täyttävät Mara-asetuksen liukoisuusvaatimukset kenttä- ja väylärakenteiden osalta. Materiaalin saatavuus ja mahdolliset haittavaikutukset ympäristölle ja kunnallistekniikan laitteille hylkivät materiaalin käytön yleistymistä. Tämän lisäksi materiaali ei ole vielä kovinkaan laajasti tunnettua. Haasteena hyödyntämiselle on myös pohjakuonista saatavilla olevan tiedon rajallisuus ja tutkimustulosten vertailun haastavuus materiaalin ominaisuuksien, koostumuksen ja siihen liittyvän termistön vaihtelevuuden vuoksi. Materiaali on kuitenkin kehitys- ja käyttökelpoista, mikäli edellä mainitut puutteet korjataan.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Civil Engineering

RÄSÄNEN INKERI

Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash in Infrastructure Building

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 0 pages
April 2018

Municipal solid waste incineration bottom ash (MSWI BA) is material formed in municipal waste incineration plants. It consists of all the unburnt material municipal waste contains, typically ferrous and non-ferrous metals, ceramics, glass and unburnt organic materials, as well as some compounds and elements classified as harmful. In order to reuse the material, the metals are separated and different mineral fractions are generated.

Mineral fractions can be reclaimed in earth construction as well as in concrete products. Until now the usage of MSWI BA has been relatively rare and small-scale. However, the structures and products built with MSWI BA have functioned as expected. The biggest questions to consider when planning MSWI BA structures are the implications of exposure to excess water and the structural requirements considering structures in question. Building with MSWI BA does not differ from building with natural aggregates. The mineral fractions of MSWI BA are not suitable for base layers or pavement, but they can be used in lower structural layers (filtration and sub-base layers).

As a result the usage of MSWI BA presents the same challenges as those faced from the usage of other recovered materials. In this case, those are the materials availability, possible harm for the environment and municipal equipment. However, confidence in the material is likely to improve when more structures have been constructed and the knowledge is furthered. Another challenges posed are the diversity of study results and general heterogeneity of the material from batch to batch.

The study methods used for this thesis are interviewing and literature research. The thesis has been written in co-operation with Suomen Erityisjäte ltd and Tampere University of Applied Science.

Key words: municipal waste incineration bottom ash, recovered material

SISÄLLYS

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 5 |
| 2 | TUHKAT..... | 7 |
| 3 | JÄTTEENPOLTON POHJAKUONA | 9 |
| 3.1 | Käsittely | 10 |
| 3.2 | Ominaisuudet | 13 |
| 3.3 | Rakentaminen | 15 |
| 4 | LAINSÄÄDÄNTÖ JA OHJEISTUS | 16 |
| 4.1 | Ympäristönsuojelulaki | 16 |
| 4.2 | Jätelaki | 17 |
| 4.3 | Mara 2017 | 17 |
| 5 | TOTEUTETUT RAKENTEET..... | 21 |
| 5.1 | Väylärakenteet | 21 |
| 5.2 | Betonituotteet..... | 23 |
| 5.3 | Kenttärakenteet | 25 |
| 6 | TULEVAISUUS | 27 |
| 6.1 | Mahdollisia hyödyntämiskohteita..... | 27 |
| 6.2 | Rakennuttajanäkökulma..... | 28 |
| 6.3 | Taloudellinen käyttöetäisyys | 29 |
| 6.4 | Kehitysehdotukset..... | 31 |
| 7 | JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA | 33 |
| | LÄHTEET..... | 35 |

1 JOHDANTO

Yleisesti vallitsevan ajattelutavan mukaisesti myös rakennusallalla pyritään tehostamaan uusiutuvien luonnonvarojen ja kierrätettyjen materiaalien käyttöä. Kiertotalouden periaatteiden mukaisesti uusiomateriaaleille pyritään löytämään tehokkaampia ja tarkoituksenmukaisempia käyttökohteita penger- ja kaatopaikkarakenteiden rinnalle. (Kaartinen ym. 2010, 3.) Kiertotalouden ajankohtaisuus näkyy paitsi rakennusalan sisäisissä julkaisuissa, myös laajemmin valtion tasolla. Esimerkiksi pääministeri Juha Sipilän hallitusohjelman yhdeksi tavoitteeksi on asetettu Suomen nousu bio- ja kiertotalouden edelläkävijäksi (Valtioneuvoston kanslia 2015). Samat teemat toistuvat myös EU:n tavoitteissa (Euroopan komissio 2015).

Yhdyskuntajätteen poltolla pystytään hyödyntämään jätteen sisältämää energiaa lämmön- tuotannossa, minkä lisäksi myös jätteen loppusijoituksen tilantarve vähenee. Suomessa energiantuotantoon käytetään vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia yhdyskuntajätettä (SVT 2018). Suomessa yleisin polttotekniikka on arinapoltto, jossa syntyy vuosittain noin 240 000 tonnia pohjakuonaa (Suomen Erityisjäte 2017, 7). Tämä opinnäytetyö keskittyy kyseisiin arinapolton pohjakuoniin. Lentotuhkaa ja savukaasujen puhdistusjätteitä syntyy noin puolet tästä määrästä (Rikinen ym. 2011, 3, Takaisen 2013, 6 mukaan). Poltettavan jätteen ja syntyvän pohjakuonan määrä kasvaa lähivuosien aikana (Jylhä 2018), minkä vuoksi hyödyntämiskelpoiselle materiaalille tulee kehittää uusia käyttökohteita.

Vuoden 2018 alussa jätteenpolton pohjakuonan hyötykäyttö on hyvin vähäistä materiaalin tuntemattomuuden ja hyödyntämiseen liittyvien haasteiden vuoksi. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena onkin kerätä tietoa tehdyistä tutkimuksista ja koekohteista, ohjeista ja lainsäädännöstä helposti saatavaksi kokonaisuudeksi. Lisäksi tarkoituksena on pohtia kuonarakentamisen tulevaisuutta ja mahdollisia tulevaisuuden hyödyntämiskohteita. Työn aineistona käytetään kirjallista materiaalia ja asiantuntijahaastatteluja.

Jätteenpolton pohjakuonista on saatavilla verrattain vähän tutkimustuloksia, eivätkä ne poltto- ja tutkimusmenetelmien eroista johtuen ole useinkaan suoraan vertailukelpoisia. Tästä johtuen tässä työssä esitettävät arvot ja ominaisuudet pohjautuvat suurimmaksi osaa Suomen Erityisjäte Oy:n käsittelemiin ja Laura Annika Sormusen väitöskirjassaan tutki-
miin ja analysoimiin kuoniin.

2 TUHKAT

Tuhkilla tarkoitetaan erinäisissä polttokäsittelyissä syntyneitä lopputuotteita, jotka koostuvat palamattomista materiaaleista. Näitä polttoprosesseja ja niistä saatavia tuhkia on esitetty taulukossa 1. Tuhkat ovat lähtökohtaisesti jätettä, joten niiden uusiokäyttöä säätelee ympäristönsuojelulaki (527/2014) ja jätelaki (646/2011) asetuksineen sekä maarakentamisen osalta Mara-asetus (843/2017). Kiertotalouden periaatteiden mukaisesti tuhkillekin pyritään löytämään uusia tarkoituksenmukaisia käyttökohteita, joissa niiden ominaisuuksissa saadaan mahdollisimman suuri hyöty. (Kiviniemi ym. 2012, 8.)

TAULUKKO 1. Polttoprosesseja ja niistä saatavia tuhkia (Kiviniemi ym. 2012, 8 mukaillen Räsänen 2018)

| Polttotapahtuna | Syntyvä materiaali |
|------------------------|----------------------------------|
| Yhdyskuntajätteenpolto | Lentotuhka |
| | Savukaasujen puhdistusjäte |
| | Pohjakuona/-tuhka |
| Kivihiilen poltto | Lentotuhka |
| | Pohjatuhka |
| Muut | Paperilietteenpolton tuhka |
| | Vedenkäsittelyjätteenpoltontuhka |
| | Biomassatuhka |

Tuhkalaatujen luokitteluun on useita menetelmiä jotka perustuvat poltettuun materiaaliin ja sen koostumukseen tai tuhkan keräyspaikkaan. Kivituhkat syntyvät kivihiilen poltosta ja jätteenpolton pohjatuhkat nimensä mukaisesti yhdyskuntajätteen poltosta. Pohjatuhkat ovat polttoastian pohjalta kerättyjä tuhkakakeita ja ovat hiukkaskooltaan suurempia kuin lentotuhkat, jotka erotetaan poltossa vapautuvista savukaasuista. (Kiviniemi ym 2012,8.) Arinapoltossa syntyvästä ja kattilan pohjalta kerättävästä polttojätteestä puhuttaessa käytetään usein nimitystä pohjakuona. Rakeisuuksiltaan pohjatuhkat vastaavat karkeasti ottaen hiekkaa ja lentotuhkat silttiä.

Lento- ja pohjatuhkien ominaisuudet ja käyttökohteet eroavat toisistaan merkittävästi, jo niiden raekokojen eron vuoksi. Lisäksi lentotuhkilla on havaittu olevan huomattavasti suuremmat lujittumisominaisuudet kuin pohjatuhkilla (Kiviniemi ym. 2012, 16). Kivihiilen polton lentotuhkia voidaan käyttää asfaltin täyteaineena, väylien rakennekerroksissa

(eriste- ja jakavat kerrokset) sekä maaperän ja betonin sideaineena. Kivihien polton pohjatuhkia puolestaan voidaan hyödyntää esimerkiksi väylien suodatinkerroksissa ja kevyiden kuormien väylillä myös jakavissa kerroksissa sekä putkikaivannoissa. (Finn Ash-Power Oy LTD.) Biomassa- ja puutuhkia käytetään jossain määrin lannoitteiden ja kasvu-alustojen materiaalina.

Tuhkien jäteluokitus aiheuttaa tiettyjä rajoitteita ja vaatimuksia niiden hyödyntämiselle. Käytännössä tämä tarkoittaa, että mikäli tuhka ei ole tuotteistettua, sen hyödyntäminen vaatii aina ympäristökelpoisuuden osoittamista esimerkiksi liukoisuuskokein (Kiviniemi ym. 2012, 10). Lisäksi tuhkaa sisältävien rakenteiden kokonaispaksuuden, sijainnin ja muiden ominaisuuksien tulee olla linjassa Mara-asetuksessa esitettyjen kanssa tai hankkeen ympäristöluvassa esitettyjen mukaisia.

3 JÄTTEENPOLTON POHJAKUONA

Jätteenpolton pohjakuona on yhdyskuntajätettä arinakattiloissa poltettaessa syntyvää raskasta tuhkaa. Kuonaa syntyy Suomessa tällä hetkellä noin 240 000 tonnia vuodessa, josta Tampereen Tarastenjärven polttolaitoksen osuus on noin 30 000 tonnia vuodessa. Jätteenpolttolaitoksissa syntyy myös lentotuhkia ja savukaasujen puhdistusjätteitä, mutta niiden hyödyntäminen maarakentamisessa ei ole tällä hetkellä mahdollista niiden korkeiden haitta-ainepitoisuuksien vuoksi, eikä niitä siksi käsitellä tässä työssä. Polttolaitoksista saatava raakakuona sisältää kaikkia yhdyskuntajätteen sisältämiä palamattomia aineksia, muukaan lukien monia metalleja, jotka poistetaan kuonasta mekaanisesti ja erityisellä käsittelyllä. Kuvassa 1 näkyy tällaista käsittelemätöntä pohjakuonaa. (Kaartinen, Laine-Ylijoki & Wahlström 2007, 20; Suomen Erityisjäte Oy 2017, 7–8.) Pohjakuonan heterogeenisyyden vuoksi sen hyödyntäminen on haasteellisempaa kuin esimerkiksi kivituhkan hyödyntäminen.



KUVA 1. Käsittelemätöntä jätteenpolton pohjakuonaa (Räsänen 2018)

3.1 Käsittely

Raakakuonan käsittelyllä pyritään parantamaan aineksen käytettävyyttä ja rakennetekniisiä ominaisuuksia. Lisäksi kuonan sisältämiä raaka-aineina arvokkaita metalleja poistetaan käsittelyissä ja myydään jätteenkäsittelylaitoksen ulkopuolelle jatkojalostukseen. Käsittelyn aikana kuonan sisältämät mineraalikappaleet seulotaan haluttujen raekokojen mukaisiin lajikkeisiin. (Jylhä 2018, Suomen Erityisjäte Oy 2017.) Käsitelty pohjakuona muistuttaa ulkoisesti luonnonkiviaineksia kuten kuvasta 2 nähdään.



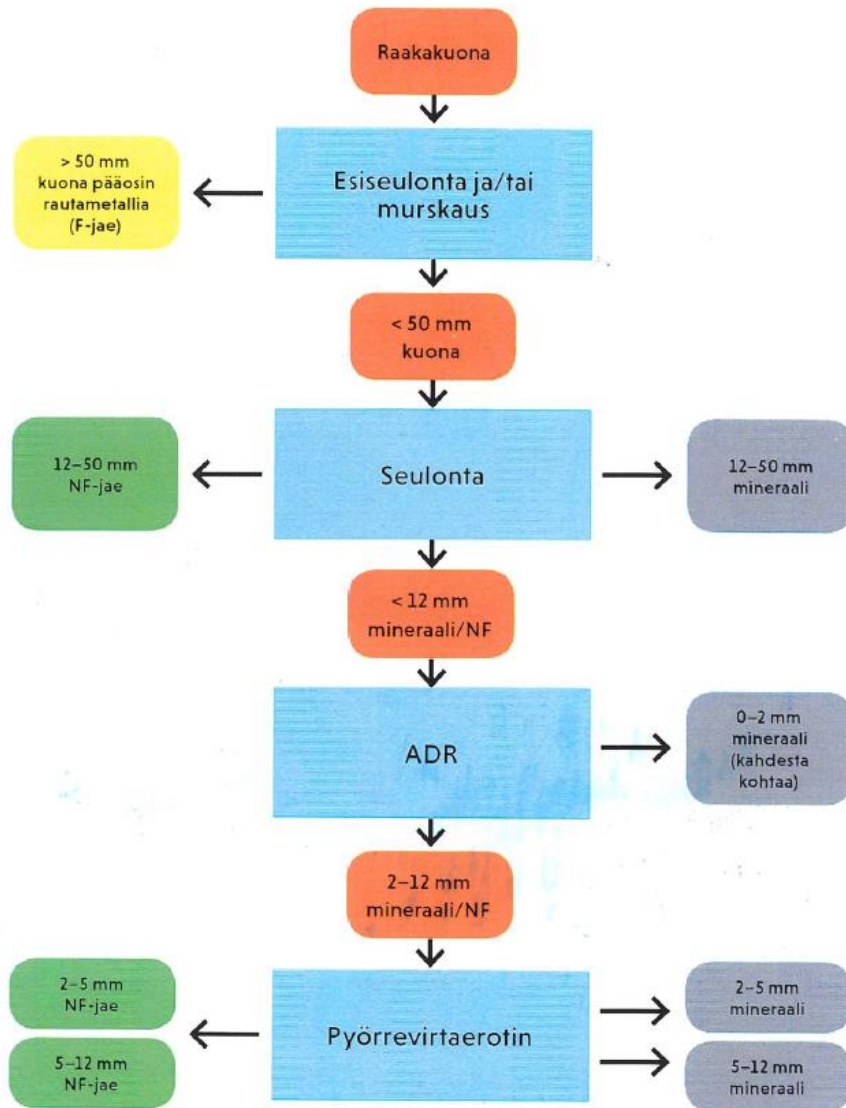
KUVA 2. Käsitellyn jätteenpolton mineraalijakeet (Mirkku Merimaa 2017)

Kuonan käsittelyyn on monia tekniikoita, joista yleisimmässä käytössä Euroopassa on mekaaninen kuivaerottelu, jossa kuona-aines seulotaan ja metallit sekä hienoaines poistetaan (Sormunen 2017, 22). Erottelussa poistetaan yhteensä noin 20 % raakakuonan massasta (Jylhä 2018). Mekaaninen erottelu voidaan suorittaa myös veden avulla, jolloin kuonapartikkelit pestään tai kuoritaan, jolloin kuonasta saadaan poistettua liukoisia ja orgaanisia aineita (Kaartinen ym. 2010, 26-29).

Mekaanisen erottelun täydentäminen ikäännyttämisellä on yleinen pysyvämmän mineraalikoostumuksen saavuttamiseen käytetty menetelmä. Käytännössä tämä hillitsee alumiinin ja kalsiumhydroksidin reagoinnissa vapautuvan vetykaasun aiheuttamia haittoja

valmiissa rakenteessa kyseisen reaktion tapahtuttua jo läjityksen aikana. (Kaartinen ym. 2010, 26–29.) Lisäksi on olemassa kemiallisia ja lämpöön perustuvia käsittelyjä (Sormunen 2017, 22–23). Pohjakuonan käsittelyn kustannukset ovat hyvin lähellä nollatasoa, sillä raakakuonasta erotettavat metallit on mahdollista myydä hyötykäyttöön jätteenkäsittelylaitoksen ulkopuolelle (Jylhä 2018).

Suomessa jätteenpolton pohjakuonien edistyksellisestä käsittelystä vastaa tällä hetkellä pääasiassa Suomen Erityisjäte Oy. Heillä on käytössään kuivaerotustekniikoihin kuuluva ballistinen hienoainesten erotustekniikka (ADR, Advanced Dry Recovery), jonka avulla ei-rautametallien erottelua kuonasta on mahdollista tehostaa verrattuna perinteiseen kuivaerotustekniikkaan. Suomen Erityisjäte Oy on tuotteistanut käsittelemänsä kuonan Scanwas -nimen alle ja sitä on saatavilla eri lajikkeita käyttötarkoituksesta riippuen. Heillä on käytössään liikuteltava kuonankäsittelylaitos, jonka kapasiteetti on noin 100 000 ton/v. Kyseinen laitteisto on ollut käytössä Tampereen Tarastenjärvellä, Lakeuden Etapissa Ilmajoella, HSY:llä Ämmäsuolla sekä Bodens Energillä Ruotsissa (Suomen Erityisjäte Oy 2017, 8). Kuviossa 1 on esitetty Suomen Erityisjätteen ADR-käsittelyn prosessikaavio.



KUVIO 1. ADR-käsittelyn prosessikaavio (Suomen Erityisjäte Oy 2017, 9, Annika Sor-munen)

Ennen varsinaista käsittelyä raakakuonasta poistetaan kaikki suuret palamattomat kappa-leet, joita näkyy myös sivun 10 kuvassa 1 kuonan etualalla (Jylhä 2018). ADR-käsittelyn avulla kuonan partikkelit jaetaan mineraali- ja metallijakeisin, joista ensimmäisiä on mah-dollista hyödyntää rakentamisessa. Mineraalijakeita erottuu noin 80-85 % kuonan mas-sasta, rautametallijakeita noin 10-12 % ja ei-rautametallijakeita noin puolet tästä mää-rästä. (Suomen Erityisjäte Oy, 2017, 8-10). Käytännössä siis Tampereen Tarastenjärvellä vuosittain syntyvästä kuonasta (30 000 tonnia) erotetaan 24 000-25 500 tonnia mineraa-lijakeita, 3 000-3 600 tonnia rautametallijakeita ja 1 500-1800 tonnia ei-rautametallija-keita.

3.2 Ominaisuudet

Koska jätteenpolton pohjakuona sisältää kaikkia niitä palamattomia aineksia kuin jätteenkin, se sisältää myös ympäristölle haitallisia yhdisteitä kuten klorideja ja raskasmetalleja. Näiden materiaalien liukoisuuden ja pitoisuuksien määrittäminen on olennaista kuonan käyttökohteita arvioitaessa. Tämä kuonan sisältämien aineiden moninaisuus on erottava tekijä verrattaessa jätteenpolton pohjakuonia muihin tuhkalajeihin. Kyseisiä aineita ovat esimerkiksi antimoni, erilaiset kloridit, orgaaniset hiiliyhdisteet sekä sulfaattit. (Sormunen 2017, 57.) Kuonasta liukenevia kemikaaleja ja niiden pitoisuuksia käsitellään tarkemmin tämän työn osassa 4.3 (Vna 843/2017).

Pohjakuonan tekniset ominaisuudet ovat riippuvaisia tarkasteltavan mineraalijakeen rakekoosta kuten luonnonkiviainestenkin. Maarakentamisen kannalta olennaisimpia ominaisuuksia ovat tilavuuspaino, optimivesipitoisuus, vedenläpäisevyys ja lämmönjohtavuus. Näitä ominaisuuksia on esitetty taulukossa 2. Lisäksi joissain tapauksissa veden kapillaarisen nousukorkeuden määrittäminen voi olla tarpeen, mutta jätteenpolton pohjakuonien osalta sille ei ole vielä esitetty luotettavaa arvoa tutkimustulosten laajan vaihteluvälin vuoksi (Suomen Erityisjäte 2018).

TAULUKKO 2. Käsitellyn pohjakuonan mineraalijakeiden teknisiä ominaisuuksia (Suomen Erityisjäte Oy 2017, 11)

| KUONAN MINERAALIJAKEET | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|------|
| | 0–2 mm | | 2–5 mm | | 5–12 mm | | 12–50 mm | |
| | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 |
| Maksimikuiva tilavuuspaino (kN/m ³) | 13,6 | 13,7 | 15,5 | 15,1 | 16,2 | 16,1 | 16,1 | 16,6 |
| Optimivesipitoisuus (%) | 25 | 28 | 17,5 | 18 | 10 | 15 | 9,9 | 11 |
| Vedenläpäisevyys k (m/s) ^a | 1,7·10 ⁻⁶ | 2,3·10 ⁻⁶ | 1,3·10 ⁻⁵ | 3,6·10 ⁻⁶ | 1,3·10 ⁻⁵ | 1,4·10 ⁻⁵ | -* | -* |
| Lämmön- johtavuus λ (W/mK) ^b | (T= +10°C) 0,5 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,3 | 0,9 | -* | -* |
| | (T= -10°C) 1,0 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 0,3 | 0,9 | -* | -* |

Kuten taulukosta huomataan, on jätteenpolton pohjakuonan maksimikuivatilavuuspaino hieman alhaisempi kuin luonnosta saatavalla hiekalla (20 kN/m³) (RTS 2010). Yllä esitetyt lämmönjohtavuudet 0,1...1,3 W/Km ovat keskimäärin huomattavasti korkeampia,

kuin Teknologian Tutkimuskeskuksen 2009-2010 toteuttamassa tutkimuksessa, jossa lämmönjohtavuuden arvoiksi 4-16 mm kuonalle saatiin +20°C lämpötilassa 0,14 W/Km ja -10°C lämpötilassa 0,17 W/Km (Kaartinen ym. 2010, 83). Nämä erot voiva johtua käsittely- ja testausmenetelmien tai kuonien koostumusten eroista. Kuitenkin vertailukelpoisten ja luotettavampien tulosten vuoksi on tarkoituksenmukaista suorittaa tutkimuksia uudestaan. Tämänkaltaisen tutkimustulosten vaihtelevuus on leimallista eri lähteiden tutkimustuloksille jätteenpolton pohjakuonista, minkä vuoksi kunkin polttolaitoksen pohjakuonien analysointi on tärkeää käyttökohteita ja vakioita arvioitaessa.

Odemarkin menetelmällä rakenteita suunniteltaessa käytettäville E-moduuleille on ehdotettu suodatinkerroksen materiaalille arvoa 100 MPa ja jakavan kerroksen materiaalille arvoa 150 MPa (Suomen Erityisjäte 2017, 18). Kyseisten arvojen voidaan olettaa koskevan ainoastaan Suomen Erityisjätteen laitteistolla käsiteltyä pohjakuonaa, sillä kirjallisuudessa esiintyy myös muita arvoja, joiden välillä on suurtakin hajontaa (Lätti 2016, 115-116). Tämän vuoksi vielä ei ole tarkoituksenmukaista asettaa pohjakuonalle yhtä yleispätevää ja yleisesti käytettyä E-moduuliarvoa.

Tutkimuksissa on todettu jätteenpolton pohjakuonien rakeiden olevan alttiita murskaantumiselle, mikä rajoittaa kuonan käyttöä väylien päällimmäisissä rakennekerroksissa. Esimerkiksi asfalttimateriaalien testaukseen käytetyllä kuulamylykokeella ei ole mahdollista testata kuonan kestävyyttä. (Sormunen 2017, 78.) Toisaalta kuonan hienoainepitoisuuden on havaittu pienenevän ajan kuluessa, kun pienet hiukkaset sitoutuvat toisiinsa mahdollisesti erilaisten kemiallisten reaktioiden vaikutuksesta (Sormunen & Koli-soja 2017, 113)

Käytännön työskentelyssä on havaittu kuonan sitovan tavallista kiviainesta enemmän vettä, mikä vaikuttaa esimerkiksi betoniteollisuudessa reseptiikkaan (Korpi 2018). Tämän ominaisuuden voidaan todeta liittyvän kuonan tavallista kiviainesta korkeampaan optimivesipitoisuuteen ja huokoisuuteen. Toisaalta liiallinen vesi aiheuttaa kuonan pehmenemistä ja näin heikentää valmiin rakenteen lujuusominaisuuksia (Sormunen 2017, 65).

3.3 Rakentaminen

Jätteenpolton pohjakuonasta jalostetuista mineraalijakeista muodostetaan matemaattisesti suhteuttamalla kohteeseen sopiva lajike (Sormunen, Kalliainen, Kolisoja & Rantsi, 2016). Valmiiksi suhteutettu materiaali toimitetaan käyttökohteeseen peitettynä kuormana, jotta estettäisiin kuona-aineksen tahaton leviäminen kuljetusmatkalle (Immonen 2018). Lisäksi kuorman peitolla ehkäistään materiaalin kuljetuksenaikaista kastumista.

Rakentaminen ei merkittävästi eroa neutseellisen kiviaineksen kanssa työskentelystä ja kuonien käsittelyyn voidaan käyttää samoja koneita ja työskentelytapoja. Vesipitoisuuden tarkkailuun tulee kiinnittää hieman tavallista enemmän huomiota, sillä kastuessaan materiaali ei tiivisty suunnitellusti. Tämän vuoksi töitä ei voida suorittaa rankkasateella ja valmiin rakenteen tulee sijaita pohja- ja pintavesien ulottumattomissa. (Immonen 2018, Jylhä 2018.) Kuonan levitys- ja tiivistystyön yhteydessä tulee pyrkiä estämään materiaalin leviäminen ympäristöön esimerkiksi reunatukien avulla (Uma2, 2017).

Materiaalin käytön ollessa vielä tutkimus- ja pilotointitasolla rakennettuihin kohteisiin liittyy usein lisätutkimussuunnitelmia. Pohjakuonien kohdalla tällaisia voivat olla esimerkiksi liukoisuusmääritykset, joita varten rakenteeseen asennetaan näytekaivoja (Immonen 2018). Tällaisten mahdollisten lisävarusteiden asentaminen lisää hieman tarvittua työaikaa, mutta ei merkittävästi.

Rakentamisen yhteydessä suoritettava laadunvalvonta ja dokumentointi ovat jätteenpolton pohjakuonien kanssa työskenneltäessä vielä suuremmassa roolissa, kuin perinteisistä kiviaineksista rakennettaessa, sillä työskentelyn jälkeenkin on tärkeä tietää missä keino- kiviainesta on tarkalleen käytetty (Alakerttula 2018), mistä johtuen toteutuneiden rakenteiden dokumentointi, mallintaminen ja merkitseminen paikkatietoaineistoihin on olennaista.

4 LAINSÄÄDÄNTÖ JA OHJEISTUS

Koska jätteenpolton pohjakuonilla on jäteluokitus, niitä koskee jätelaki soveltuvilta osin sekä uusiokäytön osalta Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Lisäksi kuten yleensäkin maarakentamisessa, ympäristönsuojelulaki asettaa monia rajoja ja velvoitteita rakennushankkeelle. Näiden lakien ja asetuksen rinnalla ovat myös ammatilliset ohjeistukset ja vaatimukset rakenteille, joihin valmiiden rakenteiden ominaisuuksien suunnittelu perustuu ja joita sovelletaan myös uusiomateriaaleja sisältäviin rakenteisiin soveltuvilta ja hankekohtaisissa suunnitelmissa määrittämättömiltä osin.

4.1 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulaki (527/2012) on tärkein yksittäinen ympäristöä ja siihen kohdistuvaa toimintaa koskeva laki. Lain tarkoituksena on ehkäistä ja vähentää ympäristön pilaantumista ja siitä aiheutuvaa vaaraa ja tehostaa luonnon monimuotoisuuden säilymiseen tähtäävää toimintaa ja valvontaa. Sitä sovelletaan sellaiseen toimintaan, johon liittyy mahdollisuus jätteiden synnystä, käsittelystä tai ympäristön pilaantumisesta. Muut tässä työssä esitetyt lait ovat alisteisia ympäristönsuojelulaille.

Ympäristönsuojelulaki velvoittaa hakemaan ympäristölupaa kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta tai aluehallintovirastolta, mikäli toimintaan liittyy riski ympäristön pilaantumisesta. Tämä lupaprosessi on usein melko pitkä ja kallis, mikä osaltaan on heikentänyt uusiomateriaalien käytön houkuttelevuutta suurten hankkeiden ulkopuolella. Lupaprosessien keventämiseksi on säädetty niin sanottu Mara-asetus (843/2017), joka mahdollistaa tiettyjen reunaehtojen puitteissa uusiomateriaalien hyödyntämisen pelkällä ilmoitusmenettelyllä.

4.2 Jätelaki

Jätelaissa (646/2011) jätteellä tarkoitetaan sellaista ainetta, joka on poistettu, aiotaan poistaa tai on velvoitettu poistettavaksi käytöstä. Laki pyrkii paitsi ehkäisemään jätehuollosta koituvaa haittaa ja vaaraa ympäristölle ja ihmisille, se myös velvoittaa jätteen haltijan hyödyntämään jätettä uudelleenkäytössä tai kierrätyksessä. Tämä asettaa pohjan jätteenpolton pohjakuonien ja muiden uusiomateriaalien hyödyntämisen kehittämiseksi. Lisäksi laissa velvoitetaan julkiset toimijat hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan kierrätystyistä raaka-aineista valmistettuja tuotteita, mikä tuo painetta kunnille ja kaupungeille hyödyntää kierrätysmateriaaleja väylähankkeissaan.

Mikäli jätteenpolton pohjakuonien mineraalijae on tuotteistettu, ei se enää ole jätelain vaikutuspiirissä. Tämä keventää ilmoitus- ja lupamenettelyä tuotteen hyödyntäjän kannalta, sillä tuotteen tutkimusvelvollisuus on tällöin tuotteen myyjällä, ja hyödyntäjää koskee ainoastaan selvilläolovelvollisuus. Tuotetta voi kuitenkin koskea REACH-asetus, mikä täytyy kohdekohtaisesti selvittää (Sormunen 2018).

4.3 Mara 2017

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisesta (843/2017, tunnetaan myös Mara-asetuksena) uudistettiin vuosina 2015-2017, minkä tavoitteena oli jättemateriaalien käytön tehostaminen maarakentamisessa. Käytännössä uudella asetuksella kevennetään tiettyjen materiaalien viranomaiskäsitelyä ympäristöluvan tarpeen poistamisella ja korvaamisella rekisteröinti-ilmoituksella ympäristönsuojeluviranomaiselle. Vuoden 2006 asetukseen nähden uuden Maran sovellusalaan kuuluvien materiaalien lukumäärä on moninkertainen ja niihin lisättiin muun muassa käsitelty jätteenpolton kuona, tiili- ja asfalttimurske sekä rengasrouhe. (Huppunen 2017.)

Asetuksen soveltamisala rajautuu paitsi materiaaleihin, myös niiden kemiallisiin ja fyysikaalisiin ominaisuuksiin, hyödyntämiskohteen sijaintiin suhteessa pinta- ja pohjavesiin, rakennetyyppiin ja -paksuuteen sekä muuhun ympäristölainsäädäntöön. Lisäksi materi-

aalien tulee täyttää rakenteelle asetetut yleiset laatuvaatimukset rakenteen laadun varmistamiseksi. Mikäli Mara-asetuksessa annetut rajaehdot eivät toteudu, tulee materiaalin hyödyntämiseen hakea ympäristölupaa. (Vna 843/2017.)

Käsitellyn jätteenpolton pohjakuonan osalta asetuksessa ja sen liitteissä säädetään seuraavaa:

- jätteenpolton pohjakuona on käsiteltyä, kun siitä on poistettu rauta- ja muut metallit
- suurin sallittu raekoko on 50 mm
- materiaalin käyttö on sallittua väylä- ja kenttärakenteiden ohella varasto- ja teollisuusrakennusten pohjarakenteissa
- suurin yhdellä kokoomanäytteellä tutkittava massa on 5 000 tonnia, yhdestä kokoomanäytteestä tulee ottaa vähintään 50 osanäytettä
- aineet, joiden liukoisuus tulee määrittää ovat antimoni (Sb), arseeni, barium, kadmium, kromi, kupari, elohopea, lyijy, molybdeeni, nikkeli, vanadiini, sinkki, seleeni, fluoridi, sulfaatti, kloridi sekä liuennut orgaaninen hiili (DOC). (Vna 843/2017.)

Asetuksen hyödyntämisen kannalta olennaisia ovat eri haitta-aineiden hyväksyttävät liukoisuusrajat valmiissa rakenteessa. Raja-arvot ovat hieman erilaisia eri rakennetyypeissä. Taulukossa 3 verrataan Sormusen ym. 2016 tutkimustulosten mukaisia jätteenpolton pohjakuonien mineraalijakeita sisältävien lajikkeiden liukoisuuksia Mara-asetuksen liukoisuusrajoihin peitettyssä väylärakenteessa, jonka kuonaa sisältävän rakennekerroksen kerrospaksuus on korkeintaan 1,5 metriä.

TAULUKKO 3. Rakennekerrosten materiaalien keskimääräiset liukoisuudet (Sormunen ym. 2016) ja valmiille rakenteelle asetetut haitta-aineiden liukoisuuden raja-arvot (Vna 843/2017, liite 2) (Räsänen 2018).

| Haitta-aine | Liukoisuus (mg/kg LS= 10 l/kg) | | | Raja-arvo peitetty väylärakenne | Raja-arvo päällystetty kenttärakenne |
|--------------|--------------------------------|--------|---------|---------------------------------------|--|
| | Suodatin | Jakava | Kantava | | |
| As | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 1 | 2 |
| Ba | 1,1 | 0,33 | 0,3 | 40 | 100 |
| Cd | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,04 | 0,06 |
| Cr | 6,5 | 0,87 | 1,4 | 2 | 10 |
| Cu | 2,9 | 0,79 | 1,2 | 10 | 10 |
| Mo | 1,7 | 0,77 | 0,94 | 1,5 | 6,0 |
| Ni | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 2 | 2 |
| Pb | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,5 | 2,0 |
| Sb | 0,14 | <0,1 | 0,14 | 0,7 | 0,7 |
| Se | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 1 | 1 |
| V | 0,25 | 0,13 | 0,16 | 2 | 3 |
| Zn | 0,19 | 0,06 | 0,08 | 15 | 15 |
| F- | 8,4 | <1,0 | <1,0 | 50 | 150 |
| Cl- | 4800 | 2300 | 2900 | 3200 | 11 000 |
| SO42- | 3300 | 2600 | 3000 | 5900 | 18 000 |
| Hg | <0,0002 | 0,002 | 0,004 | 0,03 | 0,03 |
| DOC | 220 | 84 | 110 | 500 | 500 |

Kuten taulukosta 3 havaitaan, ovat rakennekerrosten materiaalit suurimmaksi osaa sallituissa rajoissa. Ainoastaan pohjakuonan hienoimpia jakeita sisältävän suodatinkerroksen jakeen haitta-aineliukoisuudet ylittävät Mara-asetuksessa säädettyt raja-arvot peitetyille väylärakenteille kromin, molybdeenin ja kloridien osalta. Rakennekerrosten materiaalien liukoisuuksia arvioitaessa tulee kuitenkin huomioida, etteivät arvot ole absoluuttisia, vaan voivat vaihdella kuonaerästä ja ympäristön olosuhteista riippuen. Tämän vuoksi materiaalien laadunvarmistuksen tulee olla huolellista ja kohteittain arvioitua.

Asetusta ei sovelleta ensimmäisen ja toisen luokan pohjavesialueilla eikä asumiseen, lasten leikkipaikaksi, luonnonsuojelualueeksi tai ravintokasvien viljelyyn osoitetuilla alu-

eilla. Lisäksi sisämaan tulvavaara-alueet eivät ole Mara-asetuksen vaikutuspiirissä. Pohjakuonien hyödyntäminen edellä luetetuilla alueilla vaatii aina hankekohtaisen ympäristölupamenettelyn. (Vna 843/2017.)

Mara-asetuksen kattamien materiaalien lisäys on myönteistä kehitystä ja rohkaisee osaltansa uusiomateriaalin käyttöön laajemmassa mittakaavassa kuin tähän asti on ollut järkevää. Lisäksi hyödyntämisen vaatima viranomaisilmoitus on niin yksinkertainen, ettei se juurikaan lisää työmäärää (Kuivanen 2018).

Asetus ohjaa paitsi suunnittelua ja lupamenettelyä, myös velvoittaa valmistuneen rakenteen raportointiin. Rakenteen valmistumisen jälkeen rakennuttajan tai tämän käyttämän konsultin tulee ilmoittaa lupaviranomaiselle toteutuneen rakenteen paksuus, nurkkakoordinaatit ja hyödynnetyn uusiomateriaalin kokonaismenekki. Ramboll on valmistellut virallisen soveltamisohjeen Mara-asetuksen hyödyntämisen helpottamiseksi ja viranomaiskäytäntöjen yhtenäistämiseksi, jossa käsitellään kyseinen asetus kattavasti ja tätä työtä tarkemmin. (Huppunen 2018.)

5 TOTEUTETUT RAKENTEET

Koska jätteen polttokäsittely on vielä suhteellisen uusi jätteenkäsittelytapa Suomessa, ei sen pohjakuoniakaan ole käytetty vielä monissa kohteissa. Pilottikohteista saadut kokemukset ja tutkimustulokset ovat kuitenkin avainasemassa kuonan hyödyntämismahdollisuuksia arvioitaessa. Tässä työssä esiteltyjen kohteiden ohella jätteenpolton pohjakuona soveltuu myös erilaisiin väylien pengerrakenteisiin sekä kaatopaikkojen pinta- ja pohjarakenteisiin (Uuma2 2017).

5.1 Väylärakenteet

Vuoden 2018 kevääseen mennessä jätteenpolton pohjakuonia ei ole juurikaan hyödynnetty väyläkohteissa. Valtatie 19:n parannushankkeen yhteydessä toteutettiin koekohteenä kaksi valtion kävely- ja pyörätien osuutta Seinäjoen lentoaseman läheisyydessä. Pohjakuonien mineraaliainesseoksia hyödynnettiin väylien jakavan ja suodatinkerroksen materiaalina yhteensä noin 2 000 tonnia. (Rantsi 2016, 2018.)

Kävely- ja pyörätien suodatin- ja jakavat kerrokset toteutettiin kokonaisuudessaan jätteenpolton pohjakuonien mineraalijakeista suhteutetuilla materiaaleilla (kuvassa 3). Väylien kantaviin kerrokseen käytettiin kalliomurskaa kuonan hienontumistaipumuksen vuoksi. Lisäksi väyliin asennettiin normaalit salaojaputket sekä kaivoja, joihin kerääntyneestä vedestä voidaan tehdä haitta-aineiden liukoisuusmäärittäyksiä. Tällainen kaivo näkyy kuvassa 3. (Immonen 2018.)

Rakentamisen aikana kohdattiin ongelmia rakenteen tiivistymisen ja siten kantavuuksien osalta. Tämän epäillään johtuneen rakenteeseen matalasta laskuojasta päässeestä liiallisesta vedestä. Kuitenkin parin kuukauden jälkeen kantavuudet olivat saavuttaneet vaaditun tason rakenteen kuivuttua. Tässä ajassa rakenteen yläpuolinen kantavuus oli noin kaksinkertaistunut. Kantavuuksien vajavaisuus aiheutti hieman lisätöitä tiivistyksen osalta ja täten rakentamiseen kului suunniteltua enemmän aikaa. (Immonen 2018.) Hankkeen ko-

konaislaajuuden ja lukuisten yhtäaikaisten työvaiheiden ansiosta kuonan tiivistymisongelmat eivät aiheuttaneet aikatauluongelmia ja kuonilla saavutetut materiaalisäästöt kompensoivat lisääntyneitä työkustannuksia.



KUVA 3. Vesinäytekaivo ja jakavan kerroksen rakentamista VT 19 kävely- ja pyörätiellä. (Ari Seppänen 2015)

Hankkeen valmistumisen jälkeisissä tutkimuksissa on havaittu rakennekerroksista liuenneiden haitta-aineiden noudattaneen pitkälti laboratoriotutkimuksissa saatuja arvoja. Väylällä ei ole havaittu ensimmäisten kahden talven jälkeen mainittavia routavaurioita. Kuitenkin vuoden 2016 lokakuun ja seuraavan maaliskuun aikana suoritetuissa mittauksissa havaittiin kuonaa sisältäneen rakenteen nousseen noin kolme senttimetriä, kun muiden rakenteiden muutokset pysyivät yhden senttimetrin marginaalissa. Tähän saattaa olla syynä mahdollinen mittalaitteiden kalibrointivirhe, tai mahdollisesti rakenteen routanousu, josta ei kuitenkaan sulamisen jälkeen ollut havaittavissa vaurioita. (Immonen 2018.)

5.2 Betonituotteet

Rudus Oy on vuodesta 2016 lähtien tehnyt testieriä betonikivistä, joissa osa neitseellisestä kiviaineksesta on korvattu jätteenpolton pohjakuonan mineraalijakeilla. Kivet on valettu Tampereen Myllypuron betonituotetehtaalla perinteisten betonikivien tapaan kahdesta erillisestä betonimassasta. Näistä massoista sisemmästä pohjamassasta noin 20 % 6/12 mm raekoon sepelistä on korvattu 5/12 mm jakeen kuonalla. (Korpi 2018.)

Jätteenpoltonpohjakuonaa sisältävä betonimassa käyttäytyy suurimmaksi osaa samoin kuin perinteisistä kiviaineksista tehty massa. Pohjakuonan mineraalijakeet sitovat kuitenkin kiviaineksia enemmän vettä, joten kuonaa sisältävään massaan tarvitaan enemmän vettä ja siten myös enemmän sementtiä. Sementin lisäystarpeen on havaittu olevan noin 5-10 % normaaliin massaan nähden. Sideaineen lisäys aiheuttaa jonkin verran kustannusten nousua, mutta tämä kompensoituu kiviaineskuluissa saatavilla säästöillä. Betonikivien valamiseen käytetyn laitteiston toimintaan kuonan käyttö ei vaikuta. (Korpi 2018.)

Laadunvalvonnassa ja asennuksen yhteydessä on havaittu, että kuonaan jääneet ohuet metallilangat voivat nousta pintavalun läpi betonikiven pintaan, myös pakkauksen ja mahdollisesti asennuksenkin jälkeen, esimerkiksi talven aikaisten lämpötilavaihteluiden ja liikenteen aiheuttaman rasituksen vuoksi. Lisäksi pohjamassana käytetyn betonin tavallista suurempi vesipitoisuus saattaa altistaa kivet pakkasrapaumalle. Näistä piirteistä saadaan uusia käyttökokemuksia keväällä 2018, kun ensimmäiset Tarastenjärven jätteenkäsittelylaitoksen pihamaalle asennetut kivet ovat olleet asennettuina talven yli (kuvassa 4). Näiden käyttökokemusten mukaan määräytyy myös pitkälti, mihin suuntaan tuotekehitystä lähdetään viemään. (Korpi 2018.)



Kuva 4. Jätteenpolton pohjakuonia sisältäviä betonikiviä Tarastenjärven jätteenkäsittelylaitoksella (Räsänen 2018)

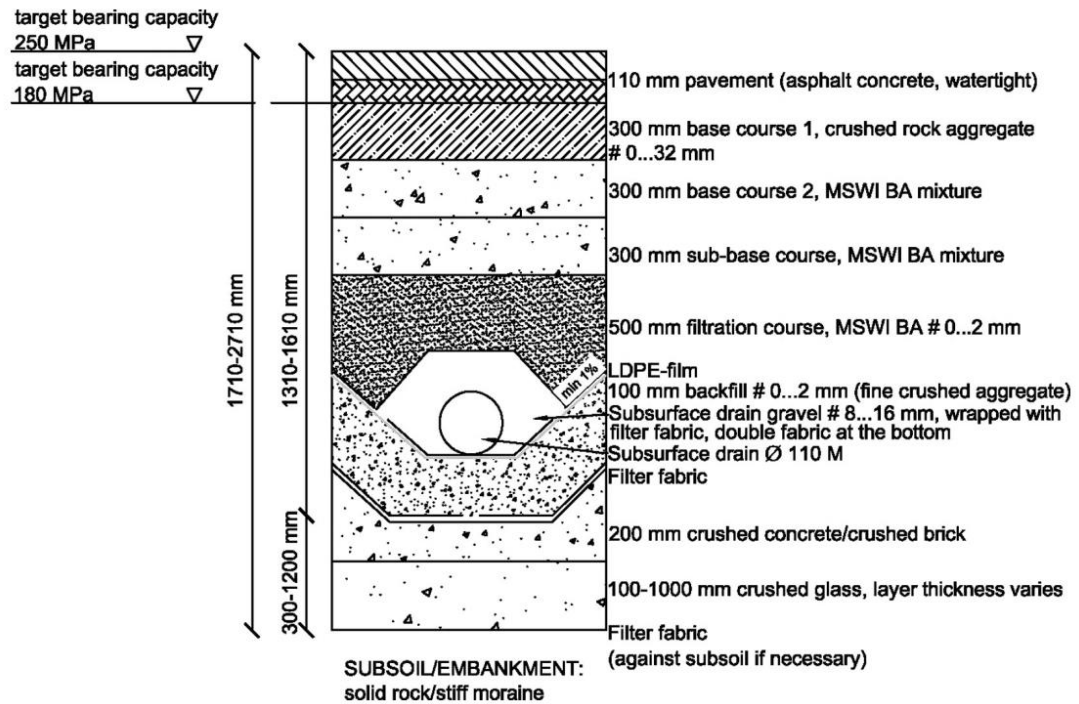
Kuonaa on hyödynnetty myös Lujabetonin Luja-moduuleissa Loimaan betonitehtaalla. Näissä moduuleissa jopa puolet kiviaineksesta on korvattu pohjakuonan mineraalijakeilla. Tuotteen kestävyys ja toimivuus ei ole havaittu kärsivän kiviaineksen korvaamisesta pohjakuonan mineraalijakeella. (Saarinen 2018.) Moduuleista voidaan rakentaa erilaisia seinä- ja tukirakenteita, kuten kuvassa 5 näkyviä varastointialueiden välisiä seiniä.



KUVA 5. Lujamoduuleista rakennettuja varastointialueiden välisiä seiniä (Suomen Eri-tyisjäte Oy 2017)

5.3 Kenttärakenteet

Jätteenpolton pohjakuonia on aiemmin käytetty käsittelemättömänä Tarastenjärvellä vaarallisen jätteen kaatopaikan pohjarakenteissa (Jylhä 2018) ja käsiteltyinä Ilmajoella La-keuden Etapin varastointialueella. Kuvassa 6 on esitetty kyseisen kentän rakennepoikki-leikkaus (Sormunen & Kolisoja 2017, 109). Kyseisestä rakenteesta poiketen jätteenpolton pohjakuonaa (kuvassa MSWI BA) ei yleisesti suositella käytettäväksi kantavassa kerroksessa (base course). Kyseinen rakenne on muutenkin hieman tavallisesta poikkeava sen alimmassa kerroksessa hyödynnetyn lasimurskan ansiosta. Rakennekerrokset tiivistettiin täryjyrällä yhdessä kerroksessa. Ylityksiä tehtiin jakavalle kerrokselle ja suodatinkerrokselle kuusi ja kantavalle kerrokselle 12.



KUVA 6. Kenttärakenteen rakenneleikkaus (Lakeuden Etappi Oy, Sormunen & Kolisoja 2017, 109)

Laajoihin kenttärakenteisiin on mahdollista käyttää suuriakin määriä jätteenpolton pohjakuonaa. Lisäksi kuten taulukosta 3 huomattiin, mahdollistavat Mara-asetuksessa annetut liukoisuuksien raja-arvot Annika Sormusen väitöskirjassaan tutkimien kuonien hyödyntämisen ilmoitusmenettelyllä haitta-aineiden liukoisuuksien puolesta. Lisäksi kenttärakenteiden laajuus mahdollistaa tehokkaamman materiaalin käytön ja työstön.

6 TULEVAISUUS

Jätteenpolton pohjakuonan käytön voidaan olettaa yleistyvän tulevaisuudessa. Ennen tätä tulee kuitenkin selvittää mahdollisia hyödyntämiskohteita sekä tarpeen että materiaalin ominaisuuksien soveltuvuuden kannalta. Myös rakennuttajien ja päättäjien suhtautuminen materiaaliin vaikuttaa suuresti sen tulevaisuuteen samoin kuin taloudelliset näkökannat.

6.1 Mahdollisia hyödyntämiskohteita

Pirkanmaan Jätehuolto oy:n on tarkoitus hyödyntää tuottamiaan ja Suomen Erityisjätteen käsittelemiä kuonia omissa kenttärakenteissaan tämän vuoden aikana. Tarkoituksena on käyttää kuonan mineraalijakeita osana kentän jakavan kerroksen materiaaleja. (Jylhä 2018.) Tämän lisäksi Tampereen lähikunnissa on käynnissä lukuisia aluehankkeita. Esimerkiksi Lempäälässä rakennetaan Real Parkin tekniseen liiketoimintaan keskittyvää aluetta, Pirkkalan Jasperintien ja Linnakallion alueille sekä Nokian, Ylöjärven ja Tampereen raja-alueella sijaitsevan Kolmenkulmaan rakennetaan tai suunnitellaan laajoja teollisuus- ja liiketoiminta-alueita. Toisaalta monessa edellä mainituista kohteista myös syntyy runsaasti louhetta, jolloin ulkopuolisen materiaalin tarve on vähäisempää.

Tampereen kaupunkialueella on tällä hetkellä käynnissä Hiedanrannan alueen kehittämissanke, jossa suuria materiaalmääriä tarvitaan järven pengertäyksiin. Tällaisiin märkätäyttöihin jätteenpolton pohjakuona ei sovellu, sillä sen lujuusominaisuudet kärsivät liiallisesta vedestä. (Suomen Erityisjäte Oy 2017, 24.) Kuitenkin tähän ja muihinkin alueellisiin kehityshankkeisiin liittyy myös runsaasti pohjakuonien käyttöön soveltuvia rakennusaloja, ja esimerkiksi Hiedanrantaan on suunnitteilla koekohteenakin toimiva katuosuus, jonka rakennekerroksissa hyödynnetään kyseistä materiaalia.

6.2 Rakennuttajanäkökulma

Yleinen mielipide vaikuttaa olevan hyvin avoin uusiomateriaaleja kohtaan. Jätteenpolton pohjakuonan osalta haasteita tuovat erityisesti sen heikko tunnettavuus ja toisaalta tähänastisen käytön vähäisyys. Kuonasta liukenevien aineiden mahdolliset vaikutukset kunnallistekniikan laitteisiin ja varusteisiin nousivat Pirkkalan kunnan maanrakennusmestari Mika Kuivasen kanssa käydyssä keskustelussa esiin (Kuivanen 2018). Tätä ei vielä ole tutkittu, eikä kuonaa ensisijaisesti käytetä runsaasti putkia tai johtoja sisältävissä rakenteissa (Rantsi 2018). Lisäksi katualueilla usein tarpeelliset korjaustyöt asettavat haasteita: mitä kertaalleen rakennettu ja sittemmin rakenteesta poistettu materiaali on, jätettä vai rakennuskelpoista ainesta? Julkisten hankkijoiden on tärkeä ajatella myös pidemmän aikavälin seurauksia ja ratkaisuja rakenteissa, minkä vuoksi kokeellisia rakenteita tulee harkita hyvin huolellisesti. (Saranpää 2018.)

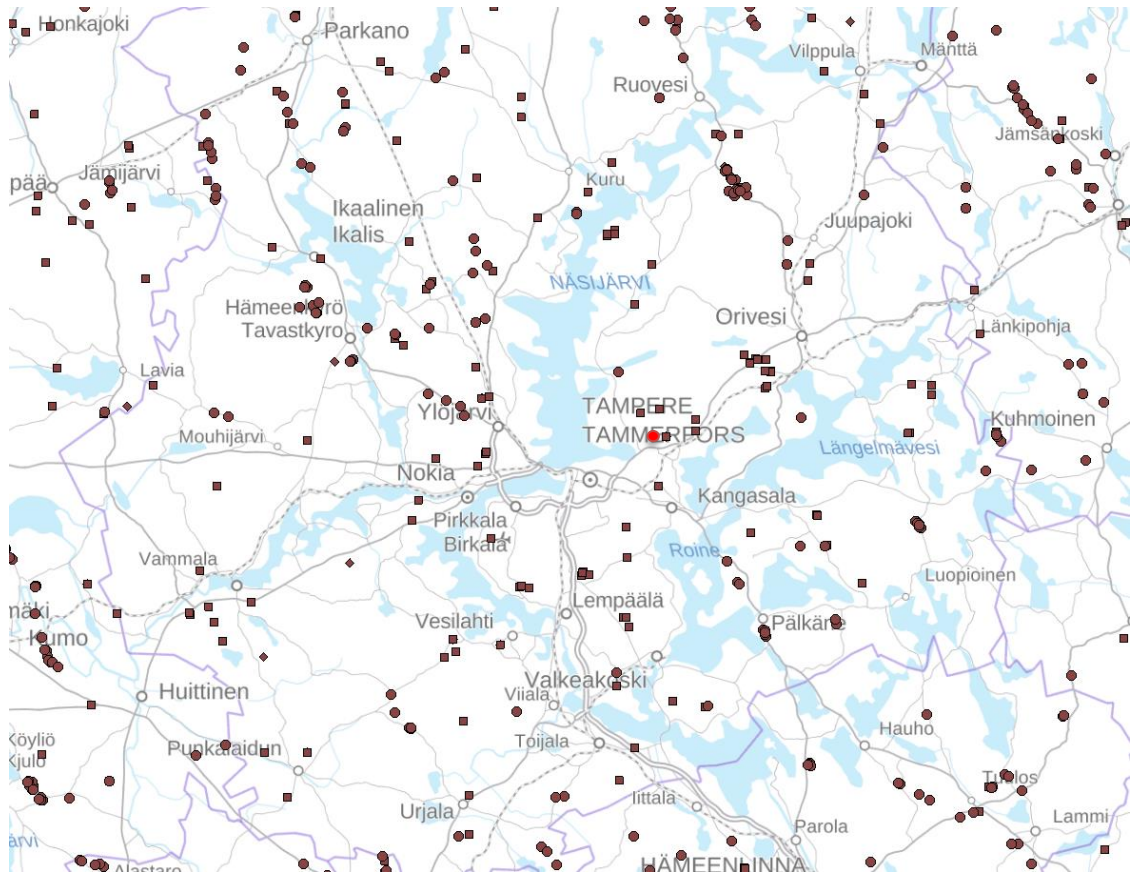
Yleisesti ottaen Tampereella vallitsee hyvin myönteinen suhtautuminen ja tahtotila uusiomateriaalien käyttämiseen (Alakerttula 2018). Esimerkiksi jo aiemmin mainitun Hiedanrannan alueen yhtenä tavoitteena on erilaisten uusiomateriaalien pilottikohteiden toteuttaminen, mukaan lukien jätteenpolton pohjakuonia sisältävä jalankulku- ja pyörätie. Kuitenkin monissa tapauksissa toimijoiden velvollisuus ympäristönsuojeluun vaikeuttaa jätteenpolton pohjakuonien hyödyntämistä pohjavesien vuoksi. Esimerkiksi Tampereella on kehitetty karttapalvelu Oskariin erillistä karttatasoa, jolta on mahdollista nähdä tietyn alueen soveltuvuus uusiomateriaalin käyttöön ja toisaalta jo toteutuneiden kohteiden sijainnit ja tiedot.

Uusiomateriaalien hyödyntämisen kannalta olennaisena kysymyksenä on myös materiaalin saatavuus: missä, milloin ja kuinka paljon materiaaleja on saatavilla? Jätteenpolton pohjakuonien hyödyntämistä vaikeuttaa osaltaan niiden rajallinen saatavuus: ensinnäkin syntyvän raakakuonan määrä, sen käsittelykapasiteetti ja näin ollen käyttökelpoisten mineraalijakeiden saatavuus. Tähän ratkaisuna on esitetty kiertotalousalueen perustamista Tarastenjärvelle, jonka suunnittelu on jo käynnissä. (Saranpää 2018, Huppunen 2018.)

6.3 Taloudellinen käyttöetäisyys

Tällä hetkellä jätteenpolton pohjakuonien kaikki kustannukset kuljetusta myöten jäävät jätteenkäsittelystä vastaavalle taholle, Tampereen alueella Pirkanmaan Jätehuolto Oy:lle (Jylhä 2018). Kuonan vastaanottaja kuitenkin säästää kuonaa käytettäessä materiaalikustannuksissa, kun ostettavan neitseellisen kiviaineksen määrä vähenee. Kuonan mineraalijakeiden käytön yleistyessä onkin tärkeää arvioida myös mahdollisten kulujen jakautumista tuottajan ja käyttäjän kesken sekä sitä, kuinka kauas tuotantolaitoksesta kuonaa on tarkoituksenmukaista kuljettaa.

Kuvassa 7 on esitetty Tampereen ympärysalueella voimassaolevien maa-aineslupien sijainnit ja Tarastenjärven jätteenkäsittelylaitoksen sijainti (punainen piste). Kartasta huomataan, että Pirkanmaalla on suhteellisen runsaasti erinäisiä maanottoalueita. Lisäksi tulee huomioida käynnissä olevien rakennushankkeiden mahdolliset vaikutukset kiviainesten saatavuuteen. Tällainen suuri lähitulevaisuuden louhintahanke on esimerkiksi Sulkaavuoren jätevedenpuhdistamon rakentaminen, josta saadaan runsaasti kiviainesta esimerkiksi Hiedanrannan alueen rakentamiseen. Kiviaineksen runsas saatavuus heikentää osaltaan pohjakuonan hyödyntämisen houkuttelevuutta palveluntuottajan näkökulmasta.



KUVA 7. Voimassaolevat ja päättyneet maa-ainesluvut (SYKE 2018)

Jätteenpolton pohjakuonan hyödyntämisen suurimmat kustannustekijät ovat kuljetuskustannukset. Kuonien hyödyntämiseen liittyy kuitenkin riskejä, joita ei kiviaineksen hyödyntämiseen liity. Näitä ovat esimerkiksi materiaalin kastumisesta johtuvat kantavuus- ja tiivistysongelmat. Lisäksi tavallisesta poikkeavan materiaalin kanssa työskentelyyn kuuluu asioiden selvittämiseen, tutkimiseen ja tarkkailuun liittyvää lisätyötä. Kuitenkin nämä ovat hyvin vaikeasti arvioitavia kustannuksia, joten niihin ei tässä työssä oteta kantaa.

Jätteenpolton pohjakuonien taloudellista käyttöetäisyyttä arvioitaessa tulee huomioida alueella saatavilla olevan kiviaineksen hinta ja sijainti. Tätä tarkasteltaessa voidaan olettaa, että kummankin materiaalin kuljetuskustannukset ovat samalla tasolla. Kuten kartasta (kuva 7) havaitaan, on kaikkialla Tampereen ympärysalueella runsaasti kiviaineksen ottotoimintaa, eikä kuonaa olekaan taloudellisesti järkevää kuljettaa pitkiä matkoja sen syn-
tupaikalta.

Taulukossa 4 on esitetty jätteenpolton pohjakuonan toimituskustannuksia. Laskenta perustuu 40:n tonnin kuorma-auton kustannuksiin ja 1€/t lastauskustannuksiin. Kiviaineksen hinta toimitettuna työmaalle on Pirkanmaan alueella tyypillisesti noin 7,5–8,5 €/t. Mikäli materiaalin valinta perustuu pelkkään hintaan, on jätteenpolton pohjakuona kiviainesta edullisempi ratkaisu noin 50:den kilometrin päähän toimitettunakin. Tätä pidemmälle kuljetettaessa voi tulla edullisemmaksi tilata kiviaines kohteen läheisyydessä olevalta kiviaineksen toimittajalta.

TAULUKKO 4. Jätteenpolton pohjakuonan kuljetuskustannukset (Räsänen 2018)

| Matka km | Hinta/t | | |
|----------|---------|--------------|---------|
| 5 | 1,56 € | nopeus ka | 40 km/h |
| 10 | 2,13 € | kuljetus €/h | 90,00 € |
| 15 | 2,69 € | | |
| 20 | 3,25 € | | |
| 30 | 4,38 € | | |
| 40 | 5,50 € | | |

Mikäli kuonan suunniteltu käyttökohde sijaitsee hyvin lähellä tuotantolaitosta, on sen myyminen teoriassa mahdollista. Jätteenpolton pohjakuonan hinnan tulisi kuitenkin olla huomattavasti kiviainesta halvempaa, mahdollisesti noin 1-2 €/t. Lisäksi velvoitteen uusiomateriaalin käyttöön tulisi löytyä jo tilaajan tarjouspyynnöstä, sillä monilla maarakennusyrityksillä on käytössään myös omia kivivarantojaan joita he ensisijaisesti haluavat urakoissaan hyödyntää (Huppunen 2018).

6.4 Kehitysehdotukset

Erityisesti jätteenpolton pohjakuoniin liittyy materiaalin heterogeenisyys. Käytännössä materiaalin hyödyntämisen yleistämiseksi sen ominaisuuksien tasalaatuisuutta tulisi parantaa, jotta materiaalia sisältävän rakenteen ominaisuudet olisivat helpommin arvioitavia jo suunnittelun aikana. Tällöin myös itse suunnitteluprosessi olisi yksinkertaisempi.

Materiaalin ollessa vielä suhteellisen uutta, siitä saatavilla olevat tutkimustulokset ovat hyvin hajanaisia ja toisaalta monin paikoin myös vaillinaisia. Jätteenpolton pohjakuonien osalta tulisi tutkia ainakin seuraavia ominaisuuksia:

- routakäyttäytyminen
- veden kapillaarinen nousukorkeus
- mahdolliset vaikutukset katurakenteissa oleviin laitteisiin ja varusteisiin
- yleisesti saatujen tutkimustulosten vaihtelevuus ja materiaalin mahdollinen epätasalaatuisuus.

Jätteenpolton pohja kuonan yleistymistä voi tiedon puutteen ohella rajoittaa myös saatavilla olevan tiedon hajanaisuus ja epävarmuus käytössä olevan termistön vakiintumattomuuden vuoksi. Monin paikoin pohjakuonaa ja -tuhkaa käytetään toistensa synonyymeina, mikä vaikeuttaa tutkimustulosten vertailua ja arviointia. Tähän voisi olla ratkaisuna tässä työssä käytetty jako: jätteenpolton pohjakuonaa syntyy arinakattilapoltossa ja pohjatuhkaa muissa polttotapahtumissa. Näiden rinnalla voidaan tarpeen mukaan puhua muista polttotapahtumien sivutuotteista.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Jätteenpolton pohjakuona on rakennusmateriaalina monin paikoin yhtä toimiva kuin muutkin materiaalit. Erityisesti se soveltuu päällystetyille alueille, joiden rakenteissa ei ole kunnallistekniikan putkia tai johtoja. Tähän mennessä materiaalia on hyödynnetty suhteellisen kevyiden kuormien rakenteissa varastointikentillä ja kevyen liikenteen-
väylillä. Näihin rakenteisiin materiaali soveltuukin hyvin ja uusia koekohteita on jo suunnitteilla.

On hyvä, että materiaalille on löydetty hyödyntämiskohteita betoniteollisuudesta, mutta siellä kulutettavat mineraalijakeiden määrät ovat niin pieniä, että myös maarakentamisen piiristä tarvitaan potentiaalisia käyttökohteita. Näissä ongelmaksi voi kuitenkin muodostua saatavilla olevan materiaalin määrän riittämättömyys, sillä infrakohteissa tyypillisesti tarvitaan suuria maa-ainesmääriä. Asiantuntijahaastatteluissa ja muissa työn aikana käydyissä keskusteluissa nousi esiin pohjakuonan tuntemattomuus materiaalina. Jotta materiaalin käyttö yleistyisi, tulee sen tunnettavuudenkin yleistyä. Nämä kaksi täydentävät monin paikoin toisiaan, mutta myös alan julkaisuilla ja yksittäisillä toimijoilla on suuri vaikutus materiaalin tulevaisuuteen.

Jätteenpolton pohjakuonan kuten muidenkin uusien materiaalien käytön yleistymisen ja vakiintumisen taustalla ovat kokemukset ja tieto. Nämä on saatu niin tutkimuksista kuin käytännön työskentelystäkin. Tämän vuoksi erityisesti uusien pilottikohteiden ja rakenteiden toteuttaminen maarakentamisessa on olennaista, jotta jätteenpolton pohjakuonan hyödyntämisestä tulisi helpommin lähestyttävä ja tunnetumpi mahdollisuus.

Jätteenpolton pohjakuonan hyödyntäminen tarjoaa monia mahdollisuuksia, mutta samanaikaisesti monia haasteita. Kuonan hyödyntäminen mahdollistaa uusiutumattomien luonnonvarojen hyödyntämisen aiempaa suuremmissa määrin. Kuitenkin siihen liittyy palveluntuottajan kannalta olennaisia riskejä erityisesti rakenteen toimivuuden ja mahdollisten ympäristöhaittojen kannalta. Infrarakennushankkeisiin yleisesti liittyvät pitkät takuuajat hillitsevät monin paikoin rakennusliikkeiden kiinnostusta käyttää kehitysasteella olevia materiaaleja.

Rakentamisen aikana pohjakuonilla on mahdollista saavuttaa suuriakin säästöjä materiaalikustannuksissa. Kuitenkin ennen luotettavia suunnitteluparametreja suunnittelu- ja valmistelutyöt vaativat suuremman työpanoksen, eivätkä hankkeen kokonaiskustannukset näin ollen välttämättä laske kuonan hyödyntämisestä huolimatta. Yksittäisen hankkeen arvoa kannattaa kuitenkin arvioida myös laajemmassa skaalassa. Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen on taloudellisten kysymysten rinnalla myös imagokysymys sekä yrityksen ja yhteisön arvomaailmaan perustuva valinta.

LÄHTEET

Alakerttula, J. Projektipäällikkö. 2018. Skype-haastattelu 16.3.2018. Haastattelija Räsänen, I.

Euroopan komissio. 2018. Kohti kiertotaloutta. Www-sivusto. Tulostettu 23.4.2018. https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_fi

Finn Ash Power. 2017. Tietoa lentotuhkasta. Luettu 11.4.2018. <https://www.ashpower.fi/>

Huppunen, J. 2017. Jätteen hyötykäyttö resurssiviisauden perusta – Lain tuomat velvollisuudet ja mahdollisuudet. Luento. Ympäristölait ja -lupajärjestelmät 7.11.2017. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.

Huppunen, J. Avainasiakaspäällikkö. 2018. Haastattelu 6.4.2018. Haastattelija Räsänen, I. Tampere.

Immonen, S. Projektipäällikkö. 2018. Haastattelu 13.3.2018. Haastattelija Räsänen, I. Tampere.

Jylhä, J. Käsittelypäällikkö. 2018. Haastattelu 22.2.2018. Haastattelija Räsänen, I. Tampere.

Jätelaki 17.7.2011/646

Kaartinen, T., Laine-Ylijoki, J., Koivuluhta, A., Korhonen, T., Luukkanen, S., Mörsky, P., Neitola, R., Punkkinen, H. & Wahlström, M. 2010. Pohjakuonan jalostus uusiomateriaaliksi. VTT tiedotteita 2567. Kuopio: Korpiljyvä Oy. Tulostettu 13.2.2018. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2567.pdf>

Kaartinen T., Laine-Ylijoki J., Wahlström M., 2007. Jätteen termisen käsittelyn tuhkien ja kuonien käsittely- ja sijoitusmahdollisuudet. VTT tiedotteita 2411. Helsinki: Edita Prima Oy. Tulostettu 12.3.2018. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2411.pdf>

Kiviniemi, O., Sikiö, J., Jyrävä, H., Ollila, S., Autiola, M., Ronkainen, M., Lindroos, N., Lahtinen, P., Forsman, J. 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja. Verkkojulkaisu. Tulostettu 13.2.2018. https://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf

Korpi, K. Tehdaspäällikkö. 2018. Haastattelu 22.2.2018. Haastattelija Räsänen, I. Tampere.

Kuivanen M. Maanrakennusmestari. Haastattelu 22.3.2018. Haastattelija Räsänen, I. Pirkkala.

Lätti, J. 2016. Vaihtoehtoisten maarakennusmateriaalien mekaaniset ominaisuudet. Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö- osasto. Helsinki 2016.

Rakennustietosäätiö (RTS). 2010. InfraRYL. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto Oy. Helsinki.

Rantsi, R. 2016. Jätteenpolton pohjakuonat – uusi mahdollisuus. Diaesitys. Tulostettu 25.1.2018. http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/J%C3%A4tteenpolton%20pohjakuonat_uusi%20mahdollisuus_Riina%20Rantsi_15042016_0.pdf

Rantsi, R. 2018. Liiketoimintajohtaja. Opinnäytetyöni tilannetta. Sähköpostiviesti. riina.rantsi@erityisjate.fi. tulostettu 11.4.2018.

Saarinen, S. 2018. Jätteenpolton pohjakuona korvaa kiviainesta. Betoni 88 (1), 72-77.

Salminen, K. 2015. Tuhka tuli teille. Infra-lehti 4/2015. Saatavilla: https://is-suu.com/infra-lehti/docs/2015_4

Saranpää, J. Yhdyskuntatekniikan päällikkö. 2018. Haastattelu 6.4.2018. Haastattelija Räsänen, I. Nokia.

Sormunen, L.A. 2017. Recovered Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash: Aggregate-Like Products for Civil Engineering Structures. Tampereen teknillinen yliopisto. Talouden ja rakentamisen tiedekunta. Väitöskirja. Tulostettu 25.1.2018. https://tutcris.tut.fi/portal/files/12989408/sormunen_1503.pdf

Sormunen, L.A., Kalliainen, A., Kolisoja, P. & Rantsi, R. 2016. Combining mineral fractions of recovered MSWI bottom ash: Improvement for utilization in civil engineering structures. Waste and Biomass Valorization 8, 1467 – 1478. Tulostettu 25.1.2018. https://tutcris.tut.fi/portal/files/12989408/sormunen_1503.pdf

Sormunen, L. A., Kolisoja P. 2017. Construction of an interim storage field using recovered municipal solid waste incineration bottom ash: Field performance study. Waste Management 64, 107-116. Tulostettu 25.1.2018. https://tutcris.tut.fi/portal/files/12989408/sormunen_1503.pdf

Sormunen, L. A. 2018. Tutkimus- ja kehityspäällikkö. Opinnäytetyöni tilannetta. Sähköpostiviesti. Välitetty. Riina.rantsi@erityisjate.fi

Suomen Erityisjäte Oy. 2017. Jätteenpolton pohjakuona. Ohje materiaalin hyödyntämiseen maarakentamisessa. Saatavilla: www.erityisjate.fi

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2018. Jätetilasto 2016. Helsinki: Tilastokeskus. Luettu 22.3.2018. <http://www.stat.fi/til/jate/tup.html>

Suomen ympäristökeskus. 2018. Karttapalvelu Karpalo. Tulostettu 23.3.2018. <https://wwwp2.ymparisto.fi/Karpalo/SilverlightViewer.aspx>

Uuma2. 2017. Uuma-käsikirjasto. Tulostettu 4.4.2018. <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/rakentaminen>

Valtioneuvoston kanslia. 2015. Ratkaisujen Suomi. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Edita Prima. Tulostettu 7.2.2018. http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa
7.12.2017/843.

Ympäristönsuojelulaki 27.7.2014/527