



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Niko-Patrik Sottinen

# Uusiomateriaalit kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömailla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

2.11.2020

Tekijä Otsikko	Niko-Patrik Sottinen Uusiomateriaalit kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömailla
Sivumäärä Aika	37 sivua 2.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	energiantuotantomenetelmät
Ohjaajat	verkkopäällikkö Lauri Utriainen yliopettaja Kari Salmi
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Helen Oy:lle, joka on asettanut tavoitteekseen nostaa jätevirtojen uusiokäyttöasteen valtakunnallisen jätesuunnitelman mukaisesti 70 painoprosenttiin vuoteen 2023 mennessä.</p> <p>Työn tavoitteena oli kartoittaa Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömailta syntyvien jätevirtojen nykytilaa, selvittää näiden jättemateriaalien uusiokäyttömahdollisuuksia ja luoda toimintamalliehdotuksia, joiden avulla Helen Oy voi alkaa kehittämään nykyisiä toimintamallejaan.</p> <p>Työssä kerättiin yhteen oleelliset tiedot, ohjeistukset ja vaatimukset uusiomateriaalien hyödyntämisestä. Näiden tietojen perusteella laadittiin uusia toimintamalliehdotuksia jättemateriaalikohtaisesti. Tämän lisäksi esitettiin ajankohtaisten ohjeistusten ja laatuvaatimusten mukainen ehdotus kaukolämpökaivannon rakennekerroksien ja täyttömateriaalien mahdollisiin muutoksiin.</p>	
Avainsanat	kaukolämpöverkko, uusiomateriaalit, hyötykäyttö

Author Title Number of Pages Date	Niko-Patrik Sottinen Recycled Materials at District Heating and Cooling network Construction Sites 37 pages 2 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Technology
Professional Major	Energy Production Technologies
Instructors	Lauri Utriainen, Network Manager DHC Kari Salmi, Principal lecturer
<p>This Bachelor's thesis was conducted for Helen Oy that has set the goal of raising the re-use rate of waste streams to 70% by weight by 2023 in accordance with the national waste plan.</p> <p>The purpose of this thesis was to outline the current state of waste streams from Helen Oy's district heating and cooling network construction sites, to study the possibilities of re-using these waste materials and to create operating model proposals that will enable Helen Oy to start developing its current operating models.</p> <p>The most relevant information, instructions and requirements for the utilization of recycled materials were compiled and based on this information, new policy proposals were developed for each waste material. In addition, a proposal for possible changes in the structural layers and backfill materials of the district heating well was submitted in accordance with the current guidelines and quality requirements.</p>	
Keywords	district heating network, recycled materials, utilization

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kiertotalous maarakentamisessa	2
3	Tarkasteltavat uusiomateriaalit	3
3.1	Asfalttimurske ja -rouhe (17 02 02)	3
3.2	Betonimurske (17 01 01)	5
3.3	Maamassat (17 05)	7
3.4	Pohja- ja lentotuhka (10 01 01, 10 01 02)	7
3.5	Leijupetihiekka (10 01 24)	8
4	Lainsäädännön mukaiset rajoitukset	8
4.1	Ympäristölupa	8
4.2	MARA-asetus	10
4.3	Meluilmoituksen vaatimukset Helsingissä	13
5	Ohjeistukset ja standardit	14
5.1	InfraRYL	14
5.2	Standardit ja ohjeistukset	15
5.3	Helen Oy:n laatuvaatimukset ja kaivuohjeet	16
6	Helen Oy:n nykyiset toimintamallit jätevirtojen käsittelyyn	17
6.1	Asfalttijäte	17
6.2	Betonijäte	18
6.3	Maamassat	19
6.4	Pohja- ja lentotuhka	20
7	Ehdotetut toimintamallit	21
7.1	Asfalttirouhe	23
7.1.1	Uusioasfaltin käytön edellyttäminen	23

7.1.2	Asfalttirouheen osto täyttötöihin	23
7.2	Betonimurske	24
7.2.1	Murskaustyö rakennuskohteessa	25
7.2.2	Murskaustyö urakoitsijan tontilla.	26
7.2.3	Kolmannen osapuolen murskaamojen käyttö	27
7.3	Maamassat	28
7.4	Pohja- ja lentotuhka	28
7.4.1	Pohjatuhkan hyödyntäminen	28
7.4.2	Lentotuhkan hyödyntäminen	29
7.5	Leijupetihiekan hyödyntäminen maarakennustöissä	30
8	Esimerkki kohteet	30
8.1	Perusparannustyömaa syrjäisemmällä alueella	33
8.2	Perusparannustyömaa keskusta-alueella	34
9	Yhteenveto	35
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Katuluokat	

## Lyhenteet

0/45mm	Tapa ilmaista materiaalin rakeisuutta, esim. 0/45mm-materiaalin raekoko on välillä 0 - 45 mm, (standardien mukaiset vaihtelut ja poikkeavaisuudet sallitaan)
BeM	Betonimurske
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus
KJ	Kaukojäähdytys
KL	Kaukolämpö
MARA	Maarakennus
RC50	Asfalttimassan tyyppitestausraportissa ilmoitettava yksikkö, joka kertoo massan valmistukseen hyödynnetyn asfalttirouheen enimmäismäärän, esim. RC50-merkinnällä varustetussa massassa on käytetty raaka-ainena 50 % uusiomateriaaliksi laskettavaa asfalttirouhetta
UUMA	Uusiomateriaali
VNa	Valtioneuvoston asetus
YKT-hanke	Yhteinen kunnallistekninen työmaa -hanke

## 1 Johdanto

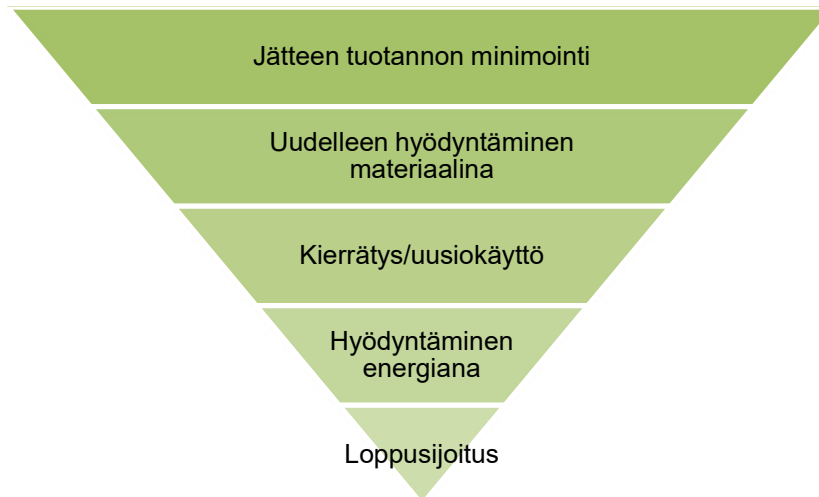
Muutoksen alla oleva jätelaki ajaa kiertotalouden ja materiaalitehokkuuden kehittämistä velvoittamalla yrityksiä jättemateriaalien uusio- ja hyötykäyttöön. Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömailta syntyvien jättemateriaalien uusiokäyttöaste on nykytilanteessa arviolta 25 painoprosenttia. Helen Oy:n tavoite on nostaa tämä 70 painoprosenttiin vuoteen 2023 mennessä. Tämän saavuttaakseen Helen Oy:n on tehtävä merkittäviä muutoksia nykyisiin toimintamalleihin yrityksen kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömailta.

Tässä insinööriyössä kartoitetaan Helen Oy:n kaukolämpö- jäähdytysverkkotyömaiden jätevirtojen nykytilannetta ja tarkastellaan mahdollisia uusia käytännön toimintamalleja työmailta syntyvien jätteiden uusiokäyttöasteen nostamiselle. Tarkasteltaviksi jättemateriaaleiksi otetaan asfaltti- ja betonijätteet sekä kaivutöistä syntyvät maamassat. Lisäksi tavoitteena on selvittää Helen Oy:n Salmisaaren ja Hanasaaren voimalaitoksilla syntyvän lento- ja pohjatuhkan uusiokäytön kustannustehokkaita ratkaisuja. Tarkastelluista toimenpiteistä laaditaan karkeat toimintamallit ja kustannusarviot, joiden perusteella voidaan jatkaa realistisimpien ehdotusten jatkojalostusta käytännön tasolle.

Insinööriyössä käsitellään Helen Oy:n toiminnan näkökulmasta oleellisia jäte- ja uusiomateriaaleja. Luvussa 2 avataan uusiomateriaalien hyödyntämisen kehittämistä ajavia voimia ja käydään läpi lainsäädännöstä tulevat tavoitteet. Luvussa 3 listataan insinööriyössä käsiteltävät uusiomateriaalit ja avataan näiden ominaisuuksia lyhyesti yleisellä tasolla. Luvussa 4 käydään läpi uusiomateriaalien hyötykäyttöön liittyvät lainsäädännön rajoitukset. Luvussa 5 esitetään kaukolämpö- ja jäähdytyskaivantojen osalta maarakennuksen rakennustekniset määräykset ja rajoitukset sekä käydään läpi Helen Oy:n omat rakennusohjeet ja rajoitukset kyseisille kaivannoille. Luvussa 6 perehdytään Helen Oy:n nykytilanteeseen kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömaiden jätevirtojen osalta sekä avataan nykyiset toimintamallit jätevirtojen käsittelyyn. Luvussa 7 esitetään uudet toimintamalliehdotukset, joilla kyseisten jättemateriaalien hyötykäyttöastetta voidaan nostaa. Luvussa 8 tarkastellaan mitkä esitellyistä toimintamalleista sopisivat mihinkin ympäristöön työmaakohtaiset rajoitukset huomioiden. Luvussa 9 esitetään toimintamallien jatkokehittämiseen ehdotuksia ja huomioitavia asioita.

## 2 Kiertotalous maarakentamisessa

Uusitumattomien luonnonvarojen kestävä ja resurssitehokas hyödyntäminen on viime vuosina ollut tapetilla ja kasvattanut merkitystään rakentamisessa suuresti. Käytännön tasolla luonnonvarojen kestävää käyttöä pyritään edistämään siirtymällä kertakäyttökulutuksesta kiertotalouden mukaiseen toimintaan. Kiertotaloudella tarkoitetaan taloutta, jossa tavaroiden, materiaalien, resurssien ja luonnonvarojen elinikä pyritään maksimoimaan ja uusiokäyttöön soveltumattomien jätteiden syntymistä minimoimaan. Ympäristöministeriön tavoitteena on tehdä kiertotaloudesta uusi talouden perusta ja ajaa sitä noudattavien toimintamallien käyttöönottoa. Jätehuollon perustana on niin sanottu ensisijaisuusjärjestys (kuva 1).



Kuva 1. Jätehierarkia, jätehuollon ensisijaisuusjärjestys [1.]

Lähtökohtaisesti on pyrittävä välttämään jätteen syntyminen ja jos jätettä syntyy, niin se on valmistettava uudelleen materiaalina hyödynnettäväksi. Mikäli uusiokäyttö materiaalina ei ole mahdollista, jäte tulee toimittaa kierrätettäväksi tai toissijaisesti pyrkiä hyödyntämään energiana. Kaatopaikalle loppusijoitukseen jäte tulee toimittaa vain, jos syntyneen jätteen hyödyntäminen ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista.

Suomessa käynnissä oleva nykyisen jätelain 646/2011 uudistus lisää lain tarkoitukseen kiertotalouden edistämisen ja antaa aiempaa selkeämmät tavoitteet rakennus- ja purkujätteiden uusiokäytölle ja kierrättämiselle. Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on



määritelty, että rakennus- ja purkujätteiden uusiokäyttö, tai muunlainen hyödyntäminen, on lisättävä vähintään 70 painoprosenttiin viimeistään vuonna 2023 [2, s. 15]. On huomioitava, että kyseinen tavoite ei kuitenkaan pidä sisällään maamassoja, eikä velvoita yksittäisiä työmaita suoraan, vaan on koko valtiontasolle määritetty tavoite.

Maarakentamisella on suuri vaikutus luonnonvarojen kestäväan käyttöön. Suomessa käytetään vuosittain lähes 100 miljoonaa tonnia kiviainesta [3, s. 11]. Näiden resurssien hyödyntämisen suurimmat päästöt ja kustannukset syntyvät materiaalien kuljetuksista. Työ- ja elinkeinoministeriön mukaan arviolta puolet kiviaineksen hinnasta syntyy kuljetuskustannuksista [4, s. 24]. Vaikka neitseellistä kiviainesta ei koskaan pystytä täysin korvaamaan uusiomateriaaleilla, uusiomateriaaleilla tulisi pyrkiä korvaamaan mahdollisimmat paljon tästä. Rakennuksiin ja muihin purkukohteisiin on sitoutunut valtava määrä edelleen hyödynnettävissä olevia resursseja, kuten asfaltti- ja betonijätettä, joiden jatkokäsittelyllä ja uusiokäytöllä voidaan parantaa materiaalitehokkuutta ja edistää kiertotalousmallin toteutumista.

Uusiomateriaalien hyödyntämisestä on vielä niukasti käytännön kokemuksia. Haasteita uusiomateriaalien laajemmalle hyödyntämiselle aiheuttaa juuri puutteelliset tiedot niiden ominaisuuksista ja käytön kustannuksista sekä vaadittavista lupaprosesseista. Arvioiden mukaan jätemateriaalien uusio- ja hyötykäyttö on Suomessa vielä alhaisella tasolla verrattaessa muihin Euroopan maihin. [5.]

### 3 Tarkasteltavat uusiomateriaalit

Tässä insinööriyössä on valittu tarkempaan käsittelyyn seuraavat uusiomateriaalit. Alaluvuissa avataan lyhyesti materiaalien ominaisuuksia yleisellä tasolla. Materiaalin jätenimike on ilmoitettu alaotsikoissa sulkeissa.

#### 3.1 Asfalttimurske ja -rouhe (17 02 02)

Asfalttimurskeella- ja rouheella tarkoitetaan materiaalia, joka valmistetaan käytöstä poistetusta asfalttipäälysteestä (kuva 2) murskaamalla tai rouhimalla. Käytännössä 100 prosenttia Suomessa syntyvästä asfalttijätteestä päätyy uusiokäyttöön. Suurin osa

käytetään uuden asfaltin valmistamisessa raaka-aineena ja pieni osa hyödynnetään tie- ja pohjarakentamisessa täyttötöissä jakavissa kerroksissa. Ympäristön kannalta hyödyntäminen uuden asfalttimassan raaka-aineena on parempi vaihtoehto, sillä tällöin asfalttijätteen arvokkain komponentti, bitumi, saadaan tehokkaasti hyödynnettyä. [6.]



Kuva 2. Asfaltin purkutöistä syntyvä asfalttijäte

Asfalttirouheesta ja -murskeesta valmistettua asfalttia koskevat samat määräykset kuin uudesta materiaalista tehtyä asfalttia, minkä vuoksi uusioasfaltti on yhtä korkealuokkaista ja kestävää kuin neitseellisistä materiaaleista valmistettu asfaltti. [6.]

Asfalttijätteestä valmistetun asfalttirouheen tulee olla standardin SFS-EN 13108-8 mukaista ja sen epäpuhtausluokan tulee olla standardin SFS-EN 12697-42 F1. Epäpuhtausluokan F1 mukaisessa asfalttirouheessa saa olla enintään 1% epäpuhtauksia kuten betonia, tiiltä tai metallia ja enintään 0,1% muunlaisia epäpuhtauksia kuten esimerkiksi muovia tai puuta. Murskeen ja rouheen laatu riippuu suuresti poistetun tiepäällysteen ominaisuuksista ja kunnosta. Rouheen tai murskeen raaka-aineena käytettävä asfalttijäte ei saa olla peräisin alueelta, jolla varastoidaan tai käsitellään vaarallisia aineita [7].

Asfalttimassan tyyppitestausraportissa tulee ilmoittaa massan valmistuksessa käytetyn rouheen määrä, kulutuskerroksissa rouhetta saa hyödyntää korkeintaan 50 % ja sidotuissa rakennekerroksissa korkeintaan 70 % [8].

### 3.2 Betonimurske (17 01 01)

Betonimurskeella (myöhemmin myös BeM) tarkoitetaan materiaalia, joka syntyy betonteollisuuden sivuvirtoina ja puretuista betoni- sekä kevytbetonirakenteista murskaamalla. BeM on yksi Suomen yleisimmistä uusiomateriaaleista. Suomessa BeM:ta syntyy vuosittain lähes 1 000 000 tonnia, josta hyötykäyttöön päätyy noin 70 % [9, s. 4]. Betonimurskeella voidaan kustannustehokkaasti korvata luonnonkiviainesta maarakennustöissä.

Betonimurskeet luokitellaan materiaaliominaisuuksiensa ja valmistukseen käytetyn raaka-aineensa mukaan eri luokkiin alla olevan taulukon (taulukko 1) mukaisesti. Betonimurskeen tulee täyttää käyttökohteen mukaan InfraRYL:n asettama rakeisuusvaatimus, kuitenkin tavanomaisissa olosuhteissa maksimissaan 0/90mm. [10, s. 26.]

Taulukko 1. Betonimurskelaadut

BeM I	Puhdas betonijäte, peräisin esim. betonteollisuudesta
BeM II	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte
BeM III	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, uudelleen lujittuminen epävarmaa
BeM IV	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, uudelleen lujittuminen epävarmaa

BeM on ominaisuuksiltaan lujittuva materiaali, sillä se sisältää vielä reagoimatonta sementtiä. Tämän vuoksi se soveltuu täyttötöihin jopa luonnonkiviainesta paremmin. Lujittuminen vaatii kuitenkin huolellisen tiivistämistyön, optimin vesipitoisuuden ja luokan BeM I tai II käyttämisen. Lujittumisprosessi on nopeinta ensimmäisten vuosien aikana ja hidastuu muutaman vuoden jälkeen. Hyvin lujittuessaan BeM muodostaa ominaisuuksiltaan jäätynyttä kiviainesta muistuttavan laatan. Muodostunut laatta on tutkimuksissa todettu saavuttavan 13–15 vuoden jälkeen noin 15–25 prosenttia suuremman kantavuuden verrattaessa tavanomaisiin täyttömateriaaleihin [11]. Suuremman kantavuuden vuoksi betonimursketta käytettäessä voidaan rakenteiden paksuuksia vähentää, jolloin

saavutetaan lisähyötyjä kustannuksissa ja ympäristön näkökulmasta [11]. Uudelleen kaivettaessa muodostuneen laatan kaivuvastus on suurempi kuin luonnon kiviaineksen, mutta silti tehtävissä normaalilla kalustolla [12].

Betonimurskeella on poikkeuksellinen taipumus sitoa ilmassa olevaa hiilidioksidia karbonatisaatioreaktiossa. Tämä sitominen kiihtyy merkittävästi, kun betonia murskatessa siitä vapautuu enemmän pinta-alaa reaktiota varten. Betonimurskeeksi käsitelty betoni-jäte kykenee sitomaan parhaimmillaan jopa puolet sementin valmistuksessa syntyneistä hiilidioksidipäästöistä [13]. MARA-asetuksen mukaisesti betonimurske voidaan varastoida vapaasti läjitetyissä kasoissa, mutta sekoittuminen muihin materiaaleihin tulee estää. Varastointi voidaan aloittaa suojaamattomana 4 viikkoa ja jos betonimurske suojataan, 12 kk ennen hyödyntämistä.



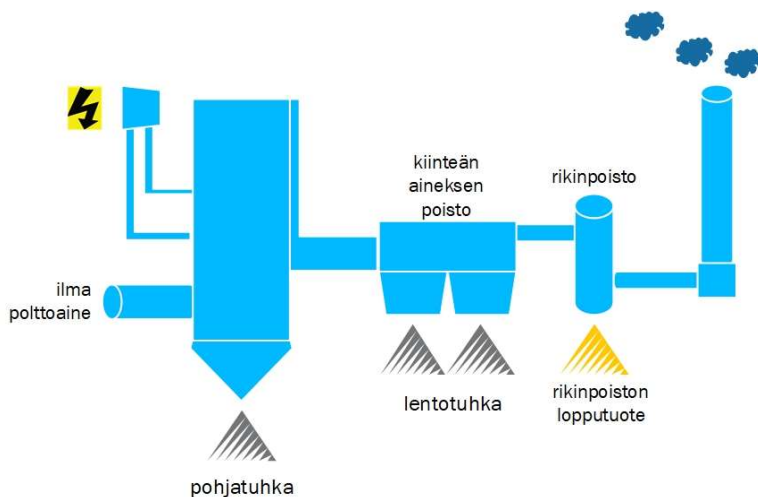
Kuva 3. Rudus Oy:n valmistamaa, BeM II -luokan betonimurskettä [14].

### 3.3 Maamassat (17 05)

Kaivutöistä syntyvät maa- ja kiviainekset sekä ruoppausmassat ovat lainsäädännön mukaan lähtökohtaisesti jätteitä ja niiden käsittelyyn sovelletaan jätelainsäädäntöä, mutta VNa (214/2007) liitteessä asetettujen kynnyksarvojen alittuessa pidetään maamassoja pilaantumattomina. Pilaantumattomien maamassojen hyötykäyttö ei edellytä ympäristösuojelulain mukaisia lupamenettelyjä, sillä ympäristösuojeluasetuksen 169/2000 4 §:n mukaan maarakennustöissä syntyvän pilaantumattoman maa- ja kiviainesjätteen käsittelyssä ja hyödyntämisessä ei vaadita ympäristölupaa, mikäli tämä tapahtuu maarakennuskohteessa.

### 3.4 Pohja- ja lentotuhka (10 01 01, 10 01 02)

Kivihillen polypoltossa syntyy polttokattilan pohjalle pohjatuhkaa ja savukaasuista erottavaa lentotuhkaa (kuva 4). Pohjatuhka on rakeisuudeltaan hiekan kaltaista ja käytättyy rakennusmateriaalina kuten perinteiset kiviainekset. Lentotuhka on puolestaan hienompaa, rakeisuudeltaan siltin kaltaista ja on rakennusaineena lujittuva.



Kuva 4. Pohja- ja lentotuhkan muodostumispaikat polttoprosessissa (Helen Oy)

Kivihillen polttamisessa syntyvää pohjatuhkaa voidaan hyödyntää MARA-asetuksen mukaisesti toimittaessa väylärakenteiden täyttötöissä. Pohjatuhka on hyvin tiivistyvä.

### 3.5 Leijupetihiekka (10 01 24)

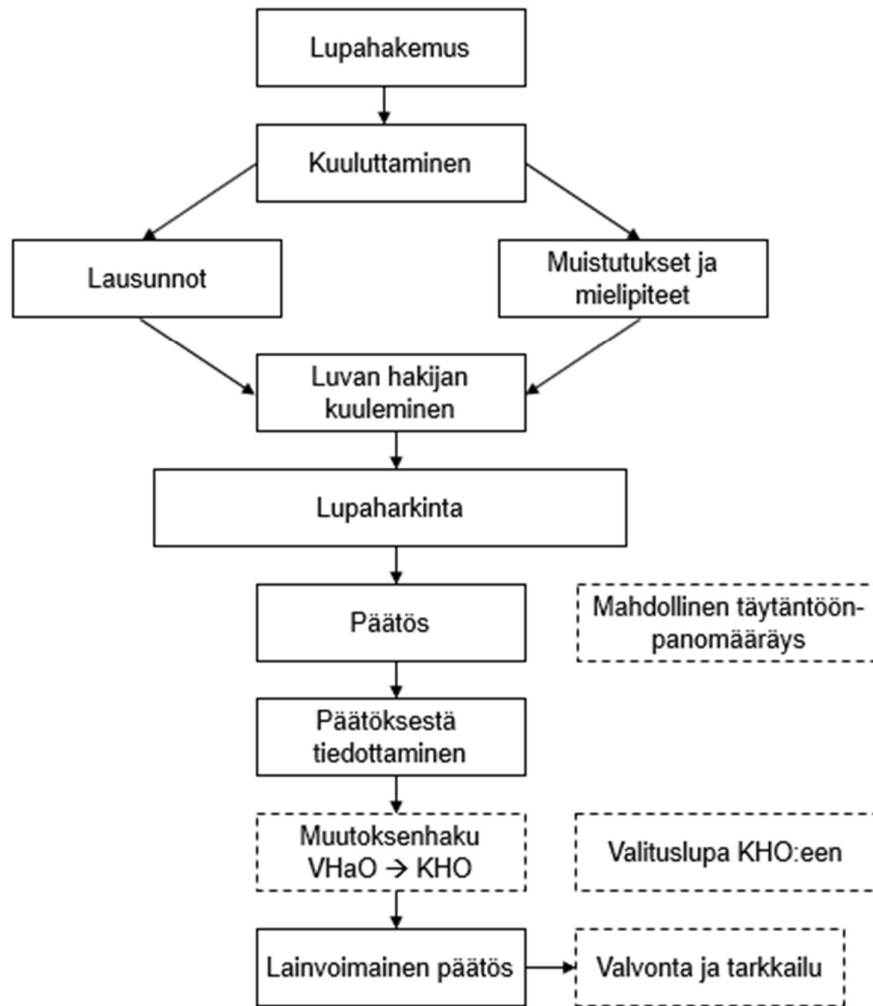
Leijupetipoltossa syntyvää pohjatuhkaa kutsutaan leijupetihiekaksi tai pohjahiekaksi, sillä se sisältää leijupetikattilan poltossa tukiaineena käytettävää hiekkaa. Tämän lisäksi kattilassa käytetyn polttoaineen mukaan leijupetihiekka voi sisältää muita polttoaineen mukana tulevia epäpuhtauksia. Leijupetihiekan ominaisuuksista ei ole saatavilla paljon tietoa, mutta se vastaa koostumukseltaan ja rakeisuudeltaan hiekkaa ja sitä voidaan hyödyntää maarakentamisessa MARA-asetuksen mukaisesti toimittaessa, mikäli leijupetihiekalle määritellyt laatuvaatimukset täyttyvät.

## 4 Lainsäädännön mukaiset rajoitukset

Jättemateriaalien uusiokäyttöä koskevat oleelliset lait ja asetukset.

### 4.1 Ympäristölupa

Jätteiden hyödyntäminen ammattimaisesti vaatii ympäristönsuojelulainsäädännön mukaisesti ympäristöluvan. Ympäristöluvassa annetaan määräyksiä ja vaatimuksia, joiden mukaisesti hyödyntäminen voidaan toteuttaa. Näitä määräyksiä ja vaatimuksia voidaan antaa esimerkiksi hyödynnettävän materiaalin ominaisuuksiin, välivarastointiin, rakenteisiin tai ympäristöhaittojen ehkäisyyn liittyen. Ympäristölupaa haetaan joko kunnan ympäristöviranomaiselta tai aluehallintovirastolta, riippuen hyödynnettävän jätteen määrästä.



Kuva 5. Ympäristöluvan hakemisprosessi [15]

Ympäristöluvan hakeminen ei ole mieleinen vaihtoehto kaukolämpöverkkotyömaille luvan myöntämiselle vaadittavan prosessin keston vuoksi. Lupaprosessi (kuva 5) voi kestää kokonaisuudessaan reilusti yli 12 kk, ja sen lopputulos on epävarma. Helen Oy:n verkkotyömaat ovat luonteeltaan huomattavasti lyhytkestoisempia.

## 4.2 MARA-asetus

Ympäristöluvan vaatimuksesta jätteiden hyödyntämisessä voidaan poiketa, kun toimitaan MARA-asetuksen alla. Valtioneuvoksen uudistettu asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa VNa 843/2017 ns. MARA-asetus astui voimaan 1. tammikuuta 2018. Asetuksen tarkoituksena on edistää jätteiden uusiokäyttöä ja hyödyntämistä maarakentamisessa luonnonkiviaineksen sijasta määrittelemällä edellytykset, joiden täytyessä ei ympäristösuojelulain VNa 527/2014 mukaista ympäristölupaa tarvita. Asetuksesta on laadittu soveltamisohje selkeyttämään käytännön tulkintaa.

Asetuksessa on määritelty raja-arvot hyödynnettävien jätteiden sisältämille haitta-aineiden pitoisuuksille ja liukoisuuksille hyödyntämiskohteittain. Päälystetyille rakenteille on asetettu lisäksi omat raja-arvot. Asetuksessa määritellään myös menetelmät, kuinka jätteiden ympäristökelpoisuus ja niiden haitta-aineiden pitoisuudet tulee selvittää.

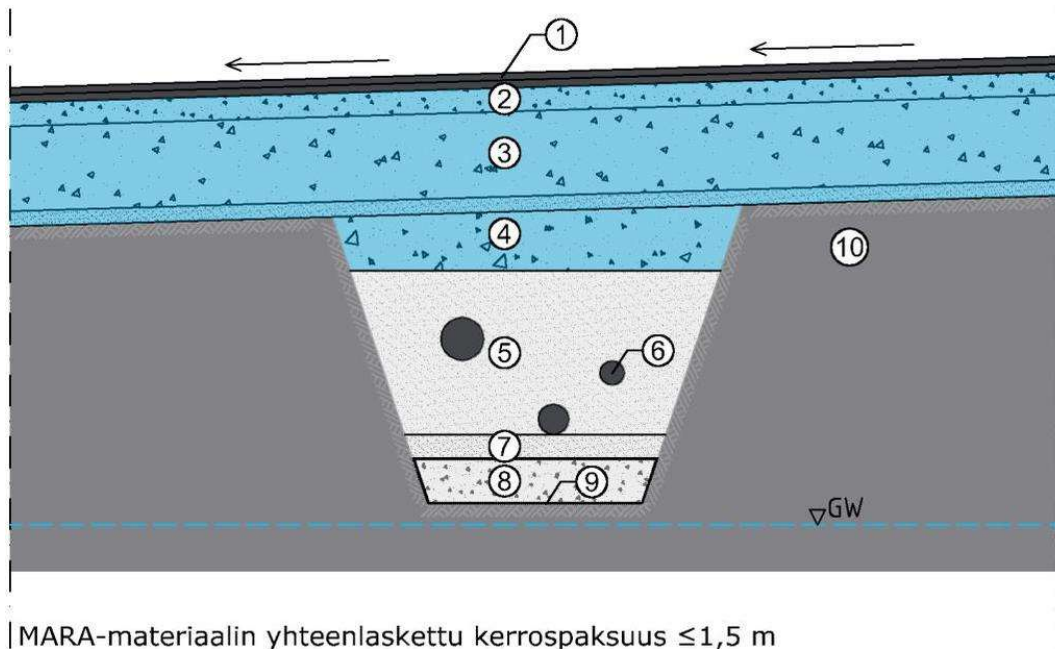
MARA-asetusta voidaan soveltaa vain kohteissa, joissa jätteen hyödyntäminen on suunnitelmallista eli maarakentamiskohteissa, jotka toteutettaisiin, vaikka hyödyntämiseen soveltuvaa jätemateriaalia ei olisi tarjolla. Asetusta ei sovelleta kohteissa, joissa ensisijainen tarkoitus on jätemateriaalien loppusijoitus, eikä 1- tai 2-luokan pohjavesialueilla.

MARA-asetuksen piiriin kuuluvia uusiomateriaaleja ovat

- asfalttimurske ja -rouhe
- betonimurske sekä kevytbetoni- ja kevytsorajätteet
- kalkit
- kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen lento- ja pohjatuhkat ja leijupetihiekka
- kokonaiset renkaat ja rengasrouhe
- käsitelty jätteenpolton kuona
- tiilimurske ja valimohiekat

Tässä insinööriyössä käsitellään näistä materiaaleista vain Helen Oy:lle ja kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömaille oleellisia jätemateriaaleja. MARA-asetuksen mukaisessa jätteiden hyödyntämisessä toimitaan ympäristölupaa kevyemmällä ilmoitusmenettelyllä. Tämä ilmoitus hyödyntämisestä on tehtävä ELY-keskukselle.





- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| ① 21400 Päälyste ja pintarakenne | ⑥ 31000 Vesihuollon järjestelmät |
| ② 21300 Kantava kerros           | ⑦ 18310 Asennusalusta            |
| ③ 21210 Jakava kerros            | ⑧ 13300 Arinarakenne             |
| ④ 18330 Lopputäyttö              | ⑨ 21120 Suodatinkangas           |
| ⑤ 18320 Alkutäyttö               | ⑩ Pohjamaa                       |

Kuva 6. Johtokaivanto katualueella [16, s.43].

Kuvassa 6 on esitetty tavanomaisen johtokaivannon poikkileikkaus, rakennekerrokset ja pohjaveden pinta. Uusiomateriaalien ensisijaiset hyödyntämispaikat rakenteessa on merkitty sinisellä. Tästä voidaan poiketa esimerkiksi alkutäyttöjen osalta, jos hyödynnettävä uusiomateriaali täyttää kaikki tarvittavat laatu- ja rakennevaatimukset. Putkien, johdotien ja kaapeleiden omistajat voivat antaa lisämääräyksiä tai ohjeita täyttömateriaalien osalta. Lisäksi MARA-asetuksen mukaisesti pohjaveden enimmäiskorkeuden ja uusiomateriaalia sisältävän rakennekerroksen alapinnan välinen etäisyys tulee olla vähintään metri, kuvassa 6 pohjaveden ylätasoa on osoitettu lyhenteellä GW. Pohjaveden ja uusiomateriaalirakenteen välisen riittävän etäisyyden osoittamiseksi ei tarvitse määrittää pohjaveden korkeutta alueella, vaan osoittaa tämän vaatimuksen täyttyminen esim. kaivamalla koekuoppia, jotka ulottuvat vähintään 2 metriä kohteen alapuolelle. Jos näihin koekuoppiin ei kerry vettä, eikä alueella katsota vallitsevan poikkeuksellista kuivuutta, varoetäisyyden voidaan katsoa täyttyvän. [16, s. 8–9.]

## MARA-ilmoitus

Jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa on tehtävä ilmoitus valtioneuvoston asetuksen 843/2017 mukaisesti. Hyödyntämispaikan haltijan tulee täyttää Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen laatima lomake sähköisesti aluehallinnon asiointipalvelussa tai täyttämällä tulostettava lomake.

Jätteiden hyödyntäminen voidaan aloittaa, kun ilmoitus on rekisteröity ympäristösuojelun tietojärjestelmään. ELY-keskus käsittelee ilmoituksen viivytyksettä ja ilmoittaa merkitsemisestä ilmoituksen jättäjälle ja kunnan ympäristösuojeluviranomaiselle. Jos toimituksessa MARA-ilmoituksessa on kaikki vaaditut tiedot asianmukaisesti täytettynä, vie sen käsittely käytännössä alle viikon. Ilmoituksen käsittelystä peritään käsittelymaksu. Myönnetty lupa on voimassa toistaiseksi.

MARA-ilmoituksessa tulee kertoa

- hyödyntämispaikan ja väliaikaiseen varastointiin tarkoitetun paikan haltijan nimi ja yhteystiedot sekä laskutusosoite
- tiedot hyödyntämispaikan sijainnista koordinaatteineen merkittynä asemapiirroksen tai karttaan, johon rakenne on rajattu
- selvitys hyödyntämispaikan läheisyydessä sijaitsevista pohjavesialueista ja niiden luokista sekä vedenottoaikoista ja vesistöistä
- hyödyntämispaikan haltijan (omistajan) suostumus betonimurskeen hyödyntämiseen, mikäli ilmoituksen tekijä on eri kuin hyödyntämispaikan haltija (liitteenä)
- tiedot maarakentamista koskevasta maankäyttö- ja rakennuslain, yleisistä teistä annetun lain tai maantielain mukaisesta suunnitelmasta, ilmoituksesta tai luvasta
- jätteen luovuttajan nimi ja yhteystiedot
- jätteen nimike ja selvitys siitä, että MARA-asetuksessa säädetyt raja-arvot alittuvat
- hyödynnettävän jätteen määrä
- tiedot jätteen luovuttajan MARA-asetuksen liitteen 3 mukaisesta laadunvarmistusjärjestelmästä
- selvitys jätettä sisältävästä rakenteesta periaatepoikkileikkauksineen, jätteen teknisestä kelpoisuudesta kohteessa, peittämiseen tai päällystämiseen käytettävästä materiaalista, varastoinnista ja muusta toiminnasta hyödyntämispaikalla sekä näihin liittyvistä tarpeellisista ympäristönsuojelutoimista
- ajankohta, jolloin hyödyntäminen maarakentamisen aikana alkaa ja päättyy

Näiden lisäksi rekisteri-ilmoituksessa tulee mainita, mikäli jätemateriaalien väliaikainen varastointi tapahtuu muualla kuin kohteen välittömässä läheisyydessä. Hyödyntämispaikan haltijan tulee maarakentamisen päätyttyä laadittava loppuraportti siitä, miten ilmoituksen mukainen jätteiden hyödyntäminen toteutui. [16, s.12.]

#### 4.3 Meluilmoituksen vaatimukset Helsingissä

E erityisen häiritsevää melua tai tärinää aiheuttavasta tilapäisestä toiminnasta, kuten betonin murskaamisesta on tehtävä ilmoitus kaupungin ympäristöpalvelujen ympäristösuojeluyksikköön. Meluilmoituksen käyttöä voidaan hyödyntää murskaustyössä, kun työn kesto on enintään 49 vuorokautta. Tätä pidempikestoinen murskaustyö vaatii ympäristöluvan.

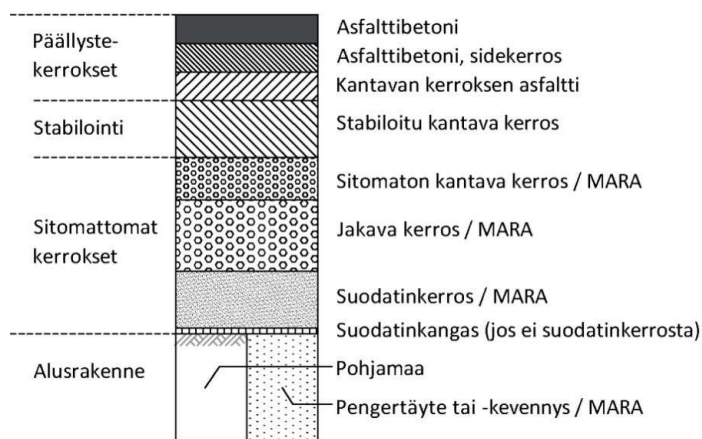
Meluilmoitus tulee tehdä 30 vuorokautta ennen toiminnan aloittamista. Ilmoituksen käsittelyaika on 2 - 4 viikkoa, jonka jälkeen päätös lähetetään ilmoituksen laatijalle ja siitä peritään voimassa olevan hinnaston mukainen maksu. Luvan myöntämiselle esimerkiksi betonin murskaamistyötä varten edellytetään seuraavien kriteerien täyttymistä [17]:

- Jos työmaa sijaitsee alle 500 metrin päässä melulle ja pölylle herkistä kohteista on murskaussyksiköt varustettava kuljettimien päälle asetettavilla tiiviillä pölykatteilla sekä kastelujärjestelmällä, jossa veden sumutuspisteitä on ainakin murskaimen ylä- ja alapuolella ja jokaisessa kuljettimen purkukohdassa. Murskaustyötä saa tehdä vain arkisin maanantaista perjantaihin klo 7 - 18.
- Kun työmaa sijaitsee alle 200 metrin päässä häiriintyvistä kohteista tulee murskaamo edellisten vaatimusten lisäksi sijoittaa kokonaisuudessaan tiiviin suojarakennelman sisään.
- Kun etäisyys on alle 100 metriä asuntoihin, murskata saa vain sitä louhetta, joka on peräisin murskauspaikalta ja vain sen määrän, joka hyödynnetään murskeena samalla paikalla.
- Kun etäisyys on alle 100 metriä erityisen herkkiin kohteisiin (esim. sairaalat, hoito- ja oppilaitokset), murskaustyö ei ole sallittua.

## 5 Ohjeistukset ja standardit

### 5.1 InfraRYL

InfraRYL:n osassa Päällyys- ja pintarakenteet (2017) on määritelty tekniset vaatimukset kantavalle, jakavalle ja suodatinkerrokselle sekä esitetty periaatteita uusiomateriaalien käytölle näissä rakenteissa. Kaikkia kuvassa 7 esitettyjä kerroksia ja päällysteitä ei ole samassa rakenteessa. Putkikaivannoissa on lisäksi olennaista, että käytetty täyttömateriaali ei sisällä aineita, jotka voivat vahingoittaa putkimateriaaleja.



Kuva 7. Väylärakenteen rakennekerrokset [16, s. 38].

Kuvassa 7 esitettyjen rakennekerrosten tehtävät ja tarkoitukset voidaan jakaa lyhyesti taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Rakennekerrosten tehtävä

Päällystekerros	Ottaa vastaan liikenteen rasitteen. Estää veden pääsyn alempiin kerroksiin.
Kantava kerros	Luo tierakenteelle jäykkyyttä ja jakaa rasitukset laajemmalle alalle jakavaan kerrokseen
Jakava kerros	Jakaa rakenteisiin kohdistuneen kuormituksen pohjamaalle
Suodatinkerros	Katkaisee veden kapillaarisen nousun rakenteisiin. Suodatinkangas estää rakennekerrosten ja pohjamaan sekoittumisen.

## 5.2 Standardit ja ohjeistukset

### Yleiset suunnitteluohjeet

- *InfraRYL, päällyys- ja pintarakenteet*
  - Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset pinta- ja päällysrakenteille
- *Uusiomateriaalit kaupunkien infrarakentamisessa -käsikirja*
  - UUMA-hankkeen käsikirjassa avataan uusiomateriaalien hyödyntämistä infrarakentamisessa

### Standardit ja laatuvaatimukset

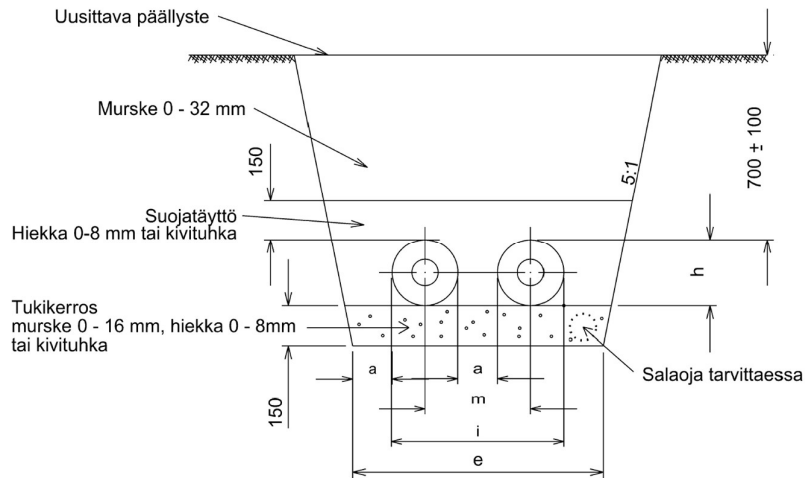
- *Asfalttinormit 2017, Päällystealan Neuvottelukunta (PANK OY)*
  - Asfalttipäällysteiden, -massojen ja raaka-aineiden laatuvaatimukset
- *SFS 5884, Betonimurskeen maanrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä*
  - Betonimurskeen murskausprosessin laadunvalvonta suoritettava standardin mukaisesti
- *SFS-EN 933-1*
  - Betonimurskeen rakeisuus selvitetään standardin mukaisella seulontamenetelmällä

### Ohjeet ja ohjekortit

- *Betonimurske, käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon, HSY 2014*
  - HSY:n laatima ohje betonimurskeen käytölle
- *Betoroc-murskeohje, Rudus Oy 2017*
  - Rudus Oy:n valmistaman betonimurskeen käyttöohje
- *Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa, Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupunki 2019*
  - Ohjeistus BeM:n hyödyntämiselle kaupunkien maarakentamisessa
- *VNa (843/2017) Soveltamisohje 2018*
  - Soveltamisohje MARA-asetuksen mukaiseen toimintaan

### 5.3 Helen Oy:n laatuvaatimukset ja kaivuohjeet

Kuvassa 8 on esitetty Helen Oy:n kaukolämpökaivantojen nykyinen kaivu- ja täyttöohje, jossa näkyy rakennekerrokseen nykyisin hyväksytyt materiaalit.



Kuva 8. Helen Oy:n KL-kaivannon kaivuohje

Taulukossa 3 on avattu kuvan 8 muuttujien arvot millimetreinä eri putkikoille. Näiden avulla voidaan laskea täyttöihin menevien materiaalien määrät.

Taulukko 3. KL-kaivannon kaivuohjeen mitoitus

DN	Elementit		Putket		Kanavat				Kaivu m <sup>3</sup> /m	Pinta m <sup>2</sup> /m
	rakenne	m <sup>3</sup> /m	Du	m	h	e	i	a		
25	2M2	0,025	33,7	275	125	700	400	150	0,87	1,09
40	2M4	0,031	48,3	290	140	730	430	150	0,92	1,13
50	2M5	0,040	60,3	310	160	770	470	150	0,98	1,17
65	2M6	0,051	76,1	330	180	810	510	150	1,05	1,22
80	2M8	0,063	88,9	350	200	850	550	150	1,11	1,27
100	2M10	0,098	114,3	400	250	950	650	150	1,29	1,39
125	2M12	0,123	139,7	430	280	1010	710	150	1,40	1,46
150	2M15	0,156	168,3	465	315	1080	780	150	1,53	1,55
200	2M20	0,251	219,1	600	400	1400	1000	200	2,06	1,90
250	2M25	0,318	273,0	650	450	1500	1100	200	2,28	2,02
300	2M30	0,393	329,9	700	500	1600	1200	200	2,52	2,14
400	2M40	0,623	406,4	830	630	1860	1460	200	3,20	2,45
500	2M50	0,791	508,0	960	710	2170	1670	250	3,87	2,79
600	2M60	1,005	609,6	1050	800	2350	1850	250	4,17	3,01
700	2M70	1,570	711,2	1300	1000	2900	2300	300	6,05	3,64

## 6 Helen Oy:n nykyiset toimintamallit jätevirtojen käsittelyyn

Helen Oy:n seuraa lämpö- ja jäähdytysverkkotyömaiden rakennustöistä syntyvien jättemateriaalien määriä työmaakohtaisesti. Vuotuiset jätevirrat ovat tarkasti dokumentoitu ja näiden perusteella voidaan laskea uusiokäyttöön sopivien jättemateriaalien määrät.

Alle on taulukoitu vuoden 2019 aikana Helenin kaukolämpö- ja jäähdytysverkon rakennustöistä syntyneet uusiokäyttöön soveltuvat jättemateriaalit sekä Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitoksilta syntyneet pohjatuhkat.

Taulukko 4. Verkkotyömailta vuotuisasti syntyvät jätevirrat ja voimalaitoksilta syntyvä pohjatuhka

Asfalttijäte:	40 111	t	$\rho = 2500\text{kg/m}^3$
Betonijäte:	14 600	t	$\rho = 2500\text{kg/m}^3$
Maamassat:	153 802	t	$\rho = 2000\text{kg/m}^3$
Pohjatuhka:	12 361	t	$\rho = 1000\text{-}1500\text{kg/m}^3$

Nykyään Helen Oy ja Helen Oy:n urakoitsijat uusiokäyttävät syntyneistä jättemateriaaleista (taulukko 4) arviolta noin 25 prosenttia. Loput jätteet toimitetaan muualle jatkokäsittelyyn. Potentiaalia tämän hyötykäyttöasteen nostamiselle löytyy, mutta tämä vaatii muutoksia nykyisissä toimintamalleissa.

### 6.1 Asfalttijäte

Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytyskaivantojen maarakennustöissä syntyy asfalttijätettä noin 40 000 tonnia vuodessa. Nykyisessä toimintamallissa maarakennusurakoitsija toimittaa tiepäällysteen purku- ja jyrshintäöissä syntyvät asfalttijätteet kolmannelle osapuolella jatkokäsittelyyn.

Toimituksista laaditaan siirtoasiakirjat, joiden avulla Helen Oy seuraa jätteiden päätymistä asianmukaiseen käyttöön. Murskauksessa syntyvät asfalttijätteet jatkokäsitellään rouheeksi, joka hyödynnetään jyrinnästä syntyvän asfalttirouheen kanssa 100 prosenttisesti raaka-aineena uuden asfalttimassan valmistuksessa.

Näin toimittaessa lasketaan Helenin verkkotyömailta lähtevät asfalttijätteet Helen Oy:n jätteiksi, vaikka todellisuudessa 100 prosenttia jätemateriaalista päätyy lopulta uusiokäyttöön.

## 6.2 Betonijäte

Helen Oy:n kaukolämpöverkkotyömailta syntyy betonijätettä, kun perusparannustöissä puretaan vanhaa betonielementtiikanavarakennetta. Vuositasolla vanhaa betonielementtiikanavaa perusparannetaan noin 3 km. Purkutöiden lisäksi betonijätettä syntyy pieniä määriä pienemmissä korjauskohteissa. Kokonaisuudessa betonijätettä syntyy noin 16 000 tonnia, josta uusiokäyttöön tässä työssä tarkastelluilla menetelmillä soveltumaton kevytbetonia on noin 1 600 tonnia.

Nykytilanteessa maarakennusurakoitsijat toimittavat purkutöissä syntyvän betonijätteen kolmannen osapuolen murskaamoille käsittelyyn. Näin toimittaessa kaikki betonijäte kirjataan Helen Oy:n jätteeksi, vaikka käytännössä betonijäte käsitellään, tuotteistetaan, myydään ja hyödynnetään toisaalla betonimurskeena. Maarakennusurakoitsijat eivät nykyisin hyödynnä tai uusiokäytä Helen Oy:n verkkotyömailta syntyvää betonijätettä lainkaan.

Insinööriyössä haastateltiin Helen Oy:n maarakennustöiden valvoja ja maarakennusurakoitsijoita. Heidän kokemusten mukaan betonimurske sopisi ominaisuuksiltaan hyvin kaukolämpö- ja jäähdytyskaivantojen täyttötöihin. Betonimurskeen ominaisuus oikein kostutettuna muodostaa kaukolämpö- ja jäähdytysputkia suojaava laatta suojatäytön päälle herättää kuitenkin kysymyksiä betonimurskeen soveltuvuudesta kaukolämpö ja -jäähdytyskaivantojen täyttömateriaalina. Kaivantojen uudelleen avaus hankaloituu, mutta aiempien kokemusten perusteella pitäisi olla tehtävissä normaalilla kalustolla [12]. Lisäksi laatan muodostuminen saattaa vaikuttaa kaukolämpöverkon putkirikkotilanteissa vuotovesien kulkeutumisen etäämmälle vuotokohdasta, hankaloittaen vuodon havaitsemista ja paikallistamista.



Betonimursketta on aiemmin hyödynnetty kaukolämpökaivantojen täyttötöissä. Alkuperäistä syytä käytön lopettamiselle ei haastatteluissa selvinnyt, mutta HSY:n vuonna 2012 julkaisemassa *HSY:n vesihuolto, verkostosuunnittelukäytännöt* -oppaassa betonimurskeen käyttö putkikaivannoissa kiellettiin epäsuorasti. Tämä ohjeistus kuitenkin kumottiin HSY:n vuonna 2014 julkaisemassa *BETONIMURSKE: Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon* -oppaassa.

### 6.3 Maamassat

Kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömaiden kaivutöistä syntyy vuositasolla keskimäärin 153 000 tonnia maamassoja. Metropolian opiskelijoiden teettämässä Innovaatioprojektissa selvitettiin, että maarakennusurakoitsijat uusiokäyttävät tästä karkeasti noin 30%.

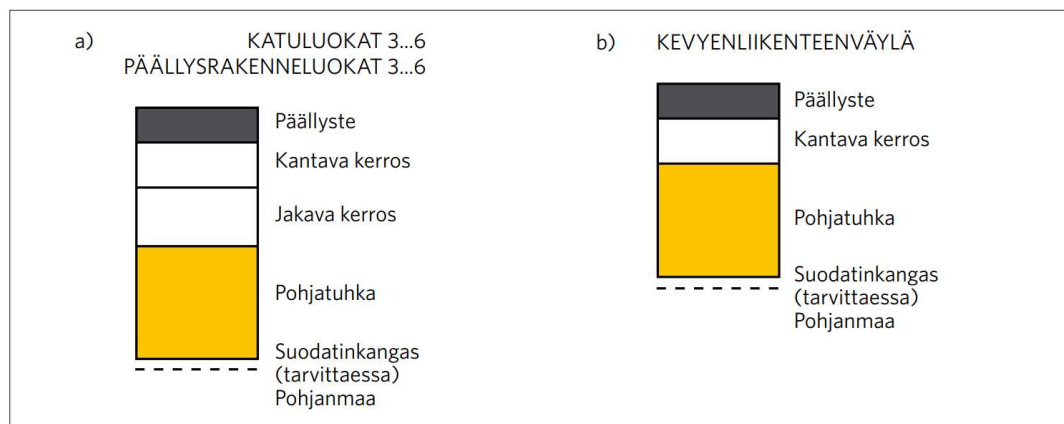
Kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömaiden yhteydessä syntyviä maamassoja voidaan hyödyntää kaivantojen täyttötöissä ilman MARA-ilmoitusta. Hyödynnettävien maamassojen tulee kuitenkin täyttää infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset ja noudattaa Liikenneviraston ohjeistuksia. Kaivutyöt toteutetaan lajittelevasti siten, että hyödyntämiskelpoisista maamassoista erotellaan muut mahdolliset jätteaineet.

Nykyisin Helen Oy:n maarakennusurakoitsijat käsittelevät ja välppäävät eli seulovat maamassat edellä mainitun lajittelevan kaivuun lisäksi, jotta maa-ainesten puhtaus, rae-ko- ja tekniset ominaisuudet varmistetaan. Puhdistetut maamassat hyödynnetään myöhemmin saman kaivannon täyttötöissä jakavassa kerroksessa. [18.]

## 6.4 Pohja- ja lentotuhka

Nykytilanteessa Helen Oy:n Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitoksilla syntyvä pohjatuhka hyödynnetään kokonaisuudessaan maarakentamisessa. Pohjatuhka täyttää MARA-asetuksen laatuvaatimukset ja sitä voidaan hyödyntää ympäristölupaa kevyemmällä ilmoitusmenettelyllä MARA-asetuksen mukaisesti.

Esimerkikohteita aiemmasta pohjatuhkan hyödyntämisestä on Vuosaaren satama-alueen kenttärakenteet ja Tapiola Golf Oy:n viheriöt. Pohjatuhkan hyötykäyttö ei ole aiheuttanut normaalia poikkeavia toimenpiteitä maarakennustöissä käytännön tasolla. [19.]

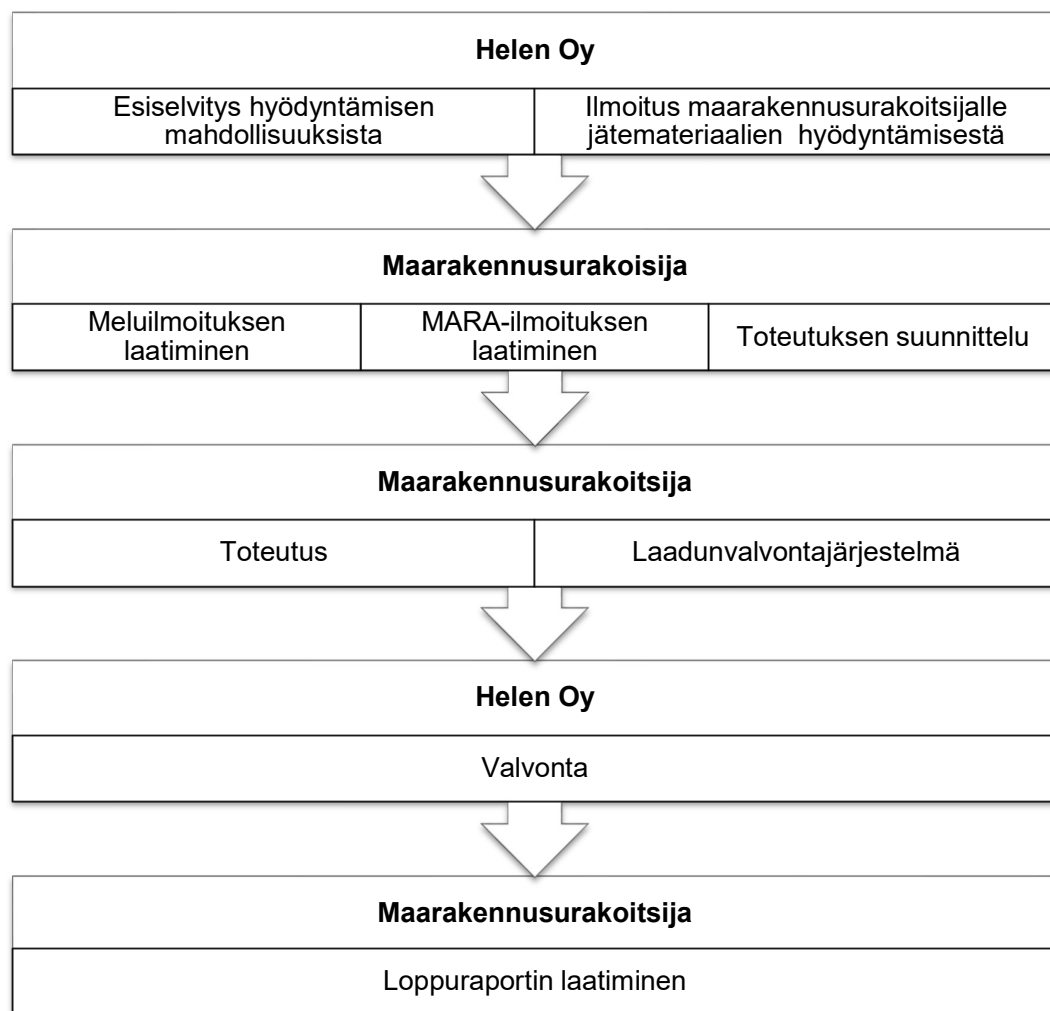


Kuva 9. Pohjatuhkaohje 1/2008, Rudus Oy

Hanasaaren ja Salmisaaren kivihiiivoimalaitoksilta syntyvä lentotuhka ei täytä MARA-asetuksen laatuvaatimuksia, joten sen hyötykäyttö maarakentamisessa vaatii ympäristöluvan eikä täten ole mahdollista tässä työssä tarkasteltavissa kohteissa. Nykytilanteessa Helenin voimalaitoksilta syntyvä lentotuhka uusiokäytetään sementin valmistuksessa, jossa se toimii alumiinin ja piin lähteenä. [19.]

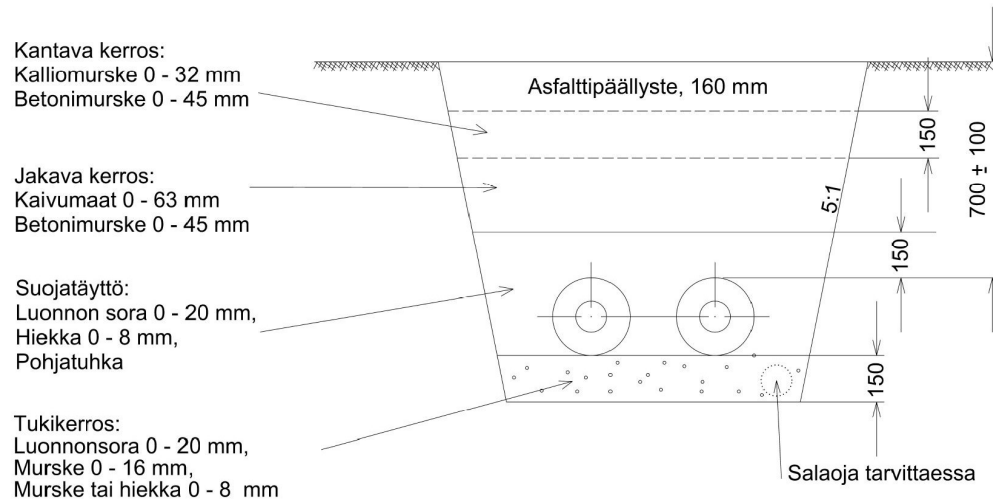
## 7 Ehdotetut toimintamallit

Tarkastelussa olevien uusiomateriaalien hyödyntämiseen ryhdyttäessä on varmistettava materiaalien sopivuus verkkotyömaiden täyttöihin sekä ympäristö- että teknisiltä ominaisuuksiltaan. Ominaisuuksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon myös kohteen mahdollinen uudelleenavaus ja purkaminen. Suunnittelun aikana tulee selvittää, saadaanko kyseisessä kohteessa hyödynnettyä uusiomateriaaleja ympäristönäkölmat ja lainsäädännön rajoitukset huomioiden kustannustehokkaasti ja että saavutetaanko hyödyntämisellä riittäviä etuja. Toisin sanoen, uusiomateriaalien hyödyntämisen potentiaalin tarkastelu on toteutettava suunnittelijan toimesta työmaakohtaisesti ja ennakoiden.



Kuva 10. Ehdotus vastuiden ja työtehtävien jakamiselle

Uusiomateriaalien hyödyntämisen mahdollistamiseksi tulisi Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytyskaivannon poikkileikkauskuvaa ja siinä määriteltyjä sallittuja täyttömateriaaleja tarkastella. Kuvassa 11 on esitetty nämä tarvittavat muutokset kaivantojen täyttötöissä sallittaviin materiaaleihin. Poikkileikkauskuva on katuluokka 3:n alueella (liite 1.), eikä siinä ei ole huomioitu mahdollisia työmaakohtaisia rajoitteita.



Kuva 11. Kaivannon rakenne-ehdotus

Kantavassa kerroksessa voidaan kalliomurske korvata kokonaan betonimurskeella, mikäli kaivannossa ei ole muuta kunnallistekniikkaa. Jakavassa kerroksessa voidaan sallia nykyistä suuremmat raekoot, mutta raekokoa suurentaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota suojatäytön huolelliseen toteutukseen. Mikäli suurempia raekokoja päädytään käyttämään, lisäturvaa voidaan tuoda asentamalla suodatinkangas suojatäytön päälle estämään suurempia kiviä vajoamasta putkien läheisyyteen. Jakavaan kerrokseen tulisi ensisijaisesti pyrkiä käyttämään kaivutöistä syntyviä maamassoja.

Suojatäytössä voidaan hyväksyä luonnonsora raekoolla 0/20mm, mikäli sitä on saatavilla ja pohjatuhka, mikäli sen käyttö on kohteessa mielekästä. Tukikerroksessa voidaan myös hyväksyä luonnon soran 0/20 mm:n käyttö, mikäli työmaan keliolosuhteet sen sallivat.

## 7.1 Asfalttirouhe

Hyödynnettävän asfalttirouheen ja -murskeen määrä maarakentamisessa on rajoitettu 1000 tonniin per hyödyntämiskohde. Huomioitavaa on, että syntyvä asfalttijäte tulisi pyrkiä hyödyntämään ensisijaisesti uusioasfaltin valmistuksen raaka-aineena sen sisältämän olevan bitumin vuoksi. Tämän takia purkutöissä syntyvän asfalttijätteen hyödyntäminen käsittelyn jälkeen saman maarakennuskohteen kaivannon täyttötöissä ei ole mieleisa vaihtoehto. Tästä huolimatta uusien toimintamallien tarkasteluun otetaan myös asfalttirouheen käyttö täyttömateriaalina, sillä joissakin kohteissa se saattaa olla ainoa realistinen tapa asfalttijätteen hyödyntämiselle.

Lisäksi toimintamalleja suunniteltaessa tulee huomioida suurempien asfalttiasemien valmiudet ja tehokkuus materiaalien käsittelyssä. Ympäristön näkökulmasta on edullisempaa hyödyntää jo valmiiksi perustettujen ja ympäristöluvitettujen asfalttiasemien kykyä käsitellä jätteet keskitetysti, kuin pyrkiä itse toteuttamaan syntyneiden jätteiden käsittelyä suoraan rakennuskohteessa.

### 7.1.1 Uusioasfaltin käytön edellyttäminen

Asfalttijätteiden uusiokäyttöä Hela Oy:n verkkotyömaillo voidaan välillisesti kasvattaa käyttämällä uusien asfalttipintojen tekemisessä uusioasfalttia. *Asfalttinormit 2017* -oppaan mukaisesti pintakerroksissa voidaan hyödyntää RC50 -merkinnällä olevaa massaa ja pohjakerroksissa RC70 -merkinnällä massaa. Tulevissa vuosiurakkasopimuksissa voidaan näiden materiaalien käyttöä edellyttää maarakennusurakoitsijalta.

### 7.1.2 Asfalttirouheen osto täyttötöihin

Hela Oy:n verkkotyömaillo syntyvää asfalttijätettä on mahdollista käsittelyn jälkeen käyttää kaivantojen täyttötöissä MARA-ilmoituksella. Yhdellä ilmoituksella voidaan hyödyntää 1 000 tonnia per hyödyntämiskohde. Täyttömateriaalina asfalttirouhetta voitaisiin hyödyntää jakavassa kerroksessa. Rouheen taipumus jälkitiivistykselle aiheuttaa haasteita sen käytölle kantavassa kerroksessa. Jakavassakin kerroksessa tiivistys on tehtävä huolellisesti, jotta jälkitiivistyminen minimoidaan.

Toimintamallissa verkkotyömailta syntyvät asfalttijätteet toimitettaisiin kolmannen osapuolen asfalttilaitoksille käsittelyyn kuten nykyisinkin, mutta samalla ostettaisiin sama määrä jo käsiteltyä asfalttirouhetta täyttötöihin.

Näin toimittaessa vähennettäisiin verkkotyömailta syntyviä jätteen nettomääriä, mutta laskennallisesti Helen Oy:n jätevirtojen määrä pysyisi ennallaan. Jotta syntyviä jätevirtoja voitaisiin tällä menettelyllä pienentää, tulisi Helen Oy:n maarakennusurakoitsijan tehdä sopimus asfalttijätteen käsittelemisestä aliurakoitsijan kanssa. Tämän kaltaista sopimusta ei ole nykyisin olemassa ja toimintamallia jatkojalostaessa voitaisiin sen mahdollisuuksia selvittää. Käytännön tasolla tämän kaltainen menettely ei muuta toimintaa merkittävästi ja ratkaistavat haasteet ovat hallinnollisia.

Haastatteluissa selvisi, että vaikka hyödyntäminen täyttötöissä on mahdollista, on ympäristön ja kiertotalouden periaatteiden toteutumisen kannalta mieluisampaa on hyödyntää asfalttijäte uuden asfalttimassan valmistuksessa raaka-aineena, sen sisältämän bitumin vuoksi. [21.]

## 7.2 Betonimurske

InfraRyl:ssä on määritelty betonimurskeen maksimi raekooksi 0/90 mm, mutta Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytyskanavien täyttöohjeessa on rajoitettu kuvan 8 mukaisesti jakavan kerroksen maksimiraekooksi 0/32 mm. Tätä rajoitusta voitaisiin tarkastella ja mahdollisesti kasvattaa jatkossa kokoon 0/45 mm tai suuremmaksi. Näin mahdollistettaisiin useampien jo tuotteistettujen betonimursketyyppien käyttö.

Betonimurskeen rakeisuus selvitetään standardin SFS-EN 933-1 mukaisesti seulontamenetelmällä riittävän tiheästi, jotta voidaan varmistua murskeen täyttävän laatuvaatimukset. Standardin mukaan laatu tulee tarkastaa kerran viikossa, 5 000 tonnin välein ja aina kun murskeen raaka-aineen laatu vaihtuu olennaisesti. Helen Oy:n purkutöistä syntyvä betonijäte on kuitenkin hyvin tasalaatuista ja purkutyömaat lyhytkestoisia, joten laadun tarkastus tulisi käytännössä toteuttaa vain kerran.

Materiaalin CE-merkintää ei vaadita, kun betonimurskeen omistava taho suorittaa tai teettää sekä murskeen valmistamisen että sen asentamisen rakenteeseen. Tästä riippumatta tulee prosessin laadunvalvonta suoritettava standardin SFS 5884 mukaisesti ja lopputuotteen tulee täyttää InfraRYL:ssä määritetyt rakennelaatuvaatimukset.

Lisäksi vaikka normaalisti jätteiden ammattimaiseen käsittelyyn vaaditaan ympäristölupa, on betonin murskaustyölle käytännössä tulkinta se, että purkutyömailla voidaan betonin murskaus toteuttaa meluilmoituksella, jos kunnan ympäristöviranomaisen hyväksyy sen [17]. Tämä kuitenkin vaihtelee kaupungeittain, mutta Helsingissä voidaan murskaustyö toteuttaa meluilmoituksella luvun 4.3 mukaisesti.

Helen Oy:n toiminnassa betonimurskaa syntyy lähes pelkästään perusparannustyömailla. Useimmiten nämä perusparannustyöt ovat tiedossa hyvissä ajoin, minkä vuoksi betonijätteen uusiokäytön suunnittelu voidaan aloittaa paljon ennen kohteen toteutusta. On hyvä huomioida, että rakenteesta poistettu betonimurske voidaan hyödyntää uudelleen samalla tavalla MARA-ilmoituksella, kuten ensimmäisellä hyödyntämiskerralla.

Vastuualueet ja lisätyövaiheet, joita betonijätteen hyödyntäminen uusiomateriaalina aiheuttaa tulee jakaa tulevissa vuosiurakkasopimuksissa. Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytysverkon suunnittelijalla on tiedossa tulevat kohteet perusparannuskohteet ennen maarakennusurakoitsijoita, minkä vuoksi esisuunnittelu/uusiomateriaalien käytön mahdollisuuksien esiselvitys tulisi Helen Oy:n vastuulle.

### 7.2.1 Murskaustyö rakennuskohteessa

Murskaustyön voidaan toteuttaa suoraan rakennus/hyödyntämiskohteessa meluilmoituksella. Meluilmoituksella toimittaessa tulee kuitenkin huomioida luvan saamiseen liittyvät vaatimukset.

Erityisesti ahtaalla keskusta-alueella näiden vaatimusten täytyminen on haastavaa. Suurimpina ongelmina voidaan mainita etäisyydet herkästi häiriintyviin kohteisiin ja Helen Oy:n kaukolämpöverkkotyömaiden koot. Tiloja tarvittaville murskauskalusteille, kastelujärjestelmälle ja valmistetun murskan välivarastoinnille ei välttämättä pystytä helposti järjestämään. Harvempaan asutetuilla alueilla murskaustyön toteuttaminen

meluilmoituksella on mahdollista. Samat vaatimukset meluilmoituksen alla toimimiseen pätevät, mutta niiden täyttäminen on huomattavasti helpompaa, kun etäisyydet kiinteistöihin ovat suurempia. Myös aluevuokrat/kaivuluvat ovat edullisempia, joten myös materiaalien välivarastoinnin toteuttaminen on mieleisempää.

Murskaustyö perusparannuskohteessa voitaisiin toteuttaa esimerkiksi kaivinkoneen kauhamurskaimella, sillä murskattavat määrät pieniä ja työmaat lyhytkestoisia. Kauhamurskaimen siirtäminen kohteesta toiseen on myös helpompaa kuin muiden vastaavien murskauslaitteistojen.

Urakoitsijalle koituvat kustannukset toimintamallin toteuttamisessa koostuvat murskauskaluston hankinnasta, MARA-ilmoituksen täyttämiseen kuluvista henkilötyötunneista ja sen käsittelymaksusta ja mahdollisesti suuremmista aluevuokramaksuista työmaa-alueen kasvaessa hieman.

Kustannussäästöjä menetelmä puolestaan tuo syntyvien betonijätteen jätemaksuissa ja niiden kuljetuskustannuksista sekä BeM:n korvatessa osan tavallisesti käytetystä kalliimmasta kallio- tai soramurskeesta. Purkutöissä syntyvän betonijätteen käsittely suoraan rakennustyömaalla betonimurskeeksi auttaa myös vähentämään materiaalikuljetuksia huomattavasti. Tämä nähdään myös etuna rakennus- ja purkutöistä syntyvien päästöjen välillisessä vähentämisessä.

#### 7.2.2 Murskaustyö urakoitsijan tontilla.

Murskaustyön toteuttaminen urakoitsijan omalla tontilla edellyttää ympäristölupaa eikä tämän vuoksi ole mieluisa vaihtoehto nykyisellään. Tulevissa vuosiurakkasopimuksissa on kuitenkin mahdollista velvoittaa vuosiurakoitsijaa hankkimaan vaaditut ympäristöluvut jätteen käsittelyyn varastointialueillaan.

Kun syntyvä betonijäte käsitellään maarakennusurakoitsijan omalla tontilla, etuihin kuuluu jäte- ja uusiomateriaalien helppo varastointi. Tämä varastointimahdollisuus tuo mukanaan myös erinomaisen tilaisuuden optimoida materiaalien hyödyntäminen useissa eri kohteissa. Rakennuskohteista, joissa betonijätteen käsittely suoraan kohteessa ei ole mahdollista/mieluisaa, syntyvät betonijätteet voidaan kerätä keskitetysti yhteen



varastoon. Varastoidut betonijätteet voidaan myöhemmin käsitellä keskitetysti ja hyödyntäminen toteuttaa suunnitelmallisesti tulevissa suuremmissa täyttötöissä.

Urakoitsijalle koituvat kustannukset toimintamallin toteuttamisessa koostuvat murskauskaluston hankinnasta, ympäristölupaprosessin läpiviemisen henkilötyötunneista ja muista hallinnollisista kustannuksista.

Kustannusetuja menetelmä puolestaan tuo syntyvien betonijätteiden jätemaksuissa ja BeM:n korvauksissa osan tavallisesti käytetystä kalliimmasta kallio- tai sora murskeesta. Tämän menetelmän mukaan toimittaessa ei kuitenkaan saavuteta merkittäviä logistisia etuja kuljetusten suhteen, kuten suoraan kohteessa murskaamisella.

### 7.2.3 Kolmannen osapuolen murskaamojen käyttö

Nykyisellään betonijätteiden murskaus- ja käsittelytöet teetetään kolmannen osapuolen murskaamoilla. Tämän toimintamallin kehittäminen siten, että maarakennusurakoitsija, Helen Oy ja betonijätteiden käsittelystä vastaava kolmas osapuoli tekisivät yhteistyösopimuksen murskaustyön toteuttamiselle, on yksi tarkasteltavista vaihtoehtoista.

Käytännössä tämänkaltainen järjestely ei aiheuta muutoksia nykyiseen toimintaan verkkotyömaiden purkutöissä. Syntyvät betonijätteet kuljetettaisiin normaaliin tapaan ulkopuoliselle murskaamolle. Ero nykyiseen toimintamalliin tulee tuotteistetun betonimurskeen hyödyntämisestä täyttötöissä. Helen Oy:n verkkotyömaiden täyttötöissä käytettäisiin massaltaan saman verran betonimursketta, kun mitä on aiemmin purkutöiden aikana toimitettu käsittelyyn.

Jätteiden ja materiaalien kuljetukset eivät vähene tällä toimintamallilla. Maarakennusurakoitsija hyötyy taloudellisesti betonimursketta hyödynnettäessä suoraan, sillä tuotteistettu betonimurske on huomattavasti edullisempaa kuin nykyisin käytetty kallio- ja sora murske.

Haasteet toimintamallin toteutumiselle ovat hallinnollisia. Toimintamallia jatkojalostessa tulisi selvittää mahdollisuudet aiemmin mainitun yhteistyösopimuksen solmimisesta.

### 7.3 Maamassat

Kaivutöistä syntyvien maamassojen uusiokäyttöä voidaan nostaa sallimalla suurempien raekokojen käyttäminen jakavassa kerroksessa. Vaikka maamassoja voidaan hyödyntää samassa kaivannossa ilman MARA-ilmoitustakin, kaivannon täyttöä koskevat rajoitukset ja ohjeistukset estävät maamassojen hyödyntämisen muissa rakennekerroksissa.

Huomiota voidaan kiinnittää myös maamassojen välppäykseen. Pienempään raekokoon seulominen mahdollistaisi maamassojen käytön tukikerroksissa ja suojatäytöissä.

### 7.4 Pohja- ja lentotuhka

Insinööriyön aikana haastateltiin Helen Oy:n vanhempaa ympäristöasiantuntijaa Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitosten pohja- ja lentotuhkien hyötykäytöstä verkkotyömaiden täyttötöissä. Haastattelussa selvisi, että pohjatuhkan hyötykäyttö on nykyisellään hyvällä pohjalla ja uusia hyötykäyttöön sopivia maarakennuskohteita on tiedossa riittävästi. Haastateltava kuitenkin painotti, että uusille hyötykäyttökohteille on aina tarve ja että toimintatapoja kehitettäessä on hyvä pitää mielessä pohjatuhkan loppuminen ensin Hanasaaren ja myöhemmin Salmisaaren voimalaitoksen lopettaessa toimintansa seuraavan yhdeksän vuoden aikana.

#### 7.4.1 Pohjatuhkan hyödyntäminen

Helen Oy:n voimalaitoksilta syntyvää pohjatuhkaa voidaan hyödyntää verkkotyömailla kaukolämpö- ja jäähdytyskanavien suojatäytöissä. Parhaiten soveltuvat hyödyntämis-kohteet ovat suuremmat kohteet, joissa voidaan hyödyntää kustannustehokkaasti kerralla suurempi määrä pohjatuhkaa.

Hyödyntämisen esisuunnittelu voidaan aloittaa hyvissä ajoin Helenin suunnittelijan toimesta. Hyötykäyttöön soveltuvan kohteen tullessa vastaan tulisi ensin selvittää, mikä on Vuosaarissa sijaitsevan pohjatuhkavaraston tilanne suunnitelulla hyödyntämishetkellä ja onko pohjatuhkaa saatavilla täyttöön vaadittava määrä. Työtilauksen yhteydessä

Helenin suunnittelija ilmoittaa maarakennusurakoitsijalle vaatimuksen pohjatuhkan hyödyntämisestä. Toteutuksessa pohjatuhkaa haettaisiin maarakennusurakoitsijan toimesta Vuosaaren varastointialueelta tai vaihtoehtoisesti suoraan voimalaitoksilta. Pohjatuhkan hyötykäytön kustannukset koostuvat pääasiassa MARA-ilmoituksen käsittelymaksusta. Maarakennusurakoitsijalta ei vaadita uusia investointeja tai laitteistoja pohjatuhkan hyödyntämisessä. Lisäksi näin toimittaessa säästää maarakennusurakoitsija suoja-äyttömateriaalin hankkimisen kustannuksilta.



Kuva 12. Vuosaaren pohjatuhkavarasto kuvassa vasemmalla (Helen Oy)

#### 7.4.2 Lentotuhkan hyödyntäminen

Helen Oy:n Hanasaaren ja Salmisaaren kivihiilivoimalaitoksilta syntyvä lentotuhka ei täytä MARA-asetuksen laatuvaatimuksia, minkä vuoksi sitä ei voida hyödyntää maarakentamisessa ilman ympäristölupaa. Haastatteluissa selvisi, että lentotuhkan hyödyntäminen nykyisillä menetelmillä on riittävä Hanasaaren ja Salmisaaren lopettaessa toimintansa lähivuosina. [19.]

## 7.5 Leijupetihiekan hyödyntäminen maarakennustöissä

Helen Oy:n uuden biolämpölaitoksen on määrä aloittaa tuotanto lämmityskaudella 2022-2023. Lämpölaitoksen tuotannon sivuvirtana syntyy leijupetihiekkaa, jota voidaan mahdollisesti uusiokäyttää MARA-asetuksen mukaisesti toimittaessa. Leijupetihiekan laatu, ominaisuudet ja soveltuvuus kaukolämpö- ja jäähdytyskaivantoihin tulee kuitenkin selvittää huolellisesti, koska lämpölaitoksen polttoaineena toimii hake, joka saattaa sisältää vaihtelevin määrin epäpuhtauksia. Leijupetihiekan MARA-kelpoisuus on haastattelujen mukaan todennäköistä, mutta varmistuu vasta tuotannon alkaessa, kun hakkeen koostumusta päästään analysoimaan. [19.]

Jos leijupetihiekka täyttää tarvittavat laatu- ja rakennevaatimukset, sitä voitaisiin hyödyntää maarakennusurakoitsijan toimesta verkkotyömaiden suojaustyöissä, samaan tapaan kuin pohjatuhkaa. Biolämpölaitokselta tulee syntymään sivuvirtana leijupetihiekkaa arviolta 5 000 tonnia vuodessa. Hiekan hyödyntämispaikka on selvityksen alla ja kaukolämpö- ja jäähdytyskaivannot ovat yksi harkittavista vaihtoehdoista. [20.]

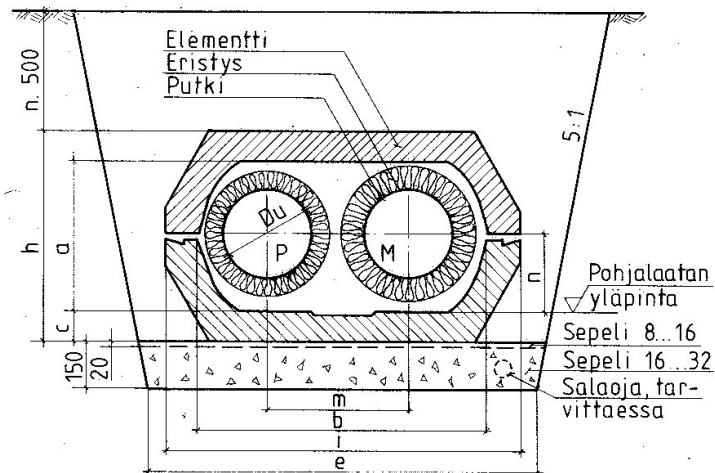
## 8 Esimerkkikohteet

Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömaat ovat jakautuneet ympäri Helsinkiä ja niiden ympäristöt vaihtelevat työmaakohtaisesti hyvinkin paljon. Tämän vuoksi ehdotuksia uusille toimintamalleille tarkastellaan kahden esimerkkikohteen avulla.

Ehdotetuissa toimintatavoissa pyritään minimoimaan materiaalien kuljetukset sekä otetaan huomioon täyttömateriaalien realistinen hyödyntäminen siten, että kaivannon täytössä käytetään maksimissaan kahta eri uusiomateriaalia. Näin minimoidaan logistisia haasteita ja ongelmia kaivantojen mahdollisissa uudelleenaukaisuissa.

Ensimmäisessä esimerkissä tarkastellaan jätemateriaalien uusiokäytön mahdollisuuksia harvempaan asutetulla perusparannuskohteella ja toisessa esimerkissä tarkastellaan tilannetta tiiviissä ydinkeskustan perusparannuskohteessa. Molemmissa esimerkkikohteissa on perusparannettavana vanhaa betonielementtikanavaa (kuva 13) noin 100

metriä johtokoon ollessa DN200. Molemmissa kohteissa perusparannettava kaukolämpölinja on asfalttipäällysteisen väylän (katuluokka 3.) alla, noin 700 mm:n peittösyvyydellä.



DN	E	E-kanava LLY:n suositus n:o 4						Putket		
		a	b	c	i	h	e	Du	n	m
700	80	1040	2000	185	2320	1410	2450	711,2	540	1000
600	70	940	1800	160	2120	1260	2250	609,6	485	890
500	60	860	1560	130	1820	1120	1950	508,0	430	770
400	50	730	1370	120	1630	970	1800	406,4	380	680
300	40	600	1100	105	1330	810	1500	323,9	310	545
250	30	500	935	95	1140	690	1350	273,0	250	465
200	25	420	785	85	995	590	1200	219,0	220	390
150	20	370	675	80	865	530	1100	168,3	195	335
125	15	300	555	80	742	460	1000	139,7	160	275
100	10	250	470	80	650	410	900	114,3	140	220

E	Elementti		Sepeli m <sup>3</sup> /m	Käivu m <sup>3</sup> /m	Pinta m <sup>2</sup> /m
	kN/m	m <sup>3</sup> /m			
80	11	2,986	0,372	5,90	3,27
70	10	2,436	0,342	5,02	3,01
60	8	1,873	0,297	4,08	2,66
50	6	1,426	0,275	3,44	2,45
40	4	0,977	0,230	2,62	2,08
30	3	0,725	0,207	2,17	1,89
25	3	0,529	0,185	1,80	1,70
20	2	0,418	0,170	1,58	1,57
15	2	0,316	0,155	1,36	1,44
10	1,5	0,267	0,140	1,18	1,32

Kuva 13. Betonielementtikanavarakenne (Helen Oy)

### Asfalttijäte:

Purkutöissä syntyvän asfalttijätteen määrä voi vaihdella työmaakohtaisesti suuresti, sillä varmuutta vanhojen väylärakenteiden paksuudesta ei ole. Jossain tapauksissa uusi

päällyste on levitetty vanhaa purkamatta, jolloin rakenteen kerrospaksuus jää normaalia suuremmaksi. Tästä huolimatta purkutöissä syntyvän asfalttijätteen massa voidaan kuitenkin arvioida suhteellisen tarkasti. Katuluokka 3:n alueella asfalttipinnan paksuus on 16 cm ja väylän leveys noin 3,5 metriä.

Kaukolämpökaivantoon vaaditaan noin 2 metrin leveydeltä asfaltin purkua. Tämä tarkoittaa, että viimeistelytöissä väylää tulee jyrsiä noin 1,5 metrin leveydeltä, jotta uusi pinta peittää koko kaistan leveyden. Pintaa jyrsitään 4 cm:n syvyydeltä. Syntyvä asfalttijäte voidaan siis jakaa seuraavanlaisesti purkamisesta syntyvään asfalttimurskeeseen ja jyrinnästä syntyvään asfalttirouheeseen:

*Asfalttimurske:*

$$V = 2m \times 0,16m \times 100m = 32m^3$$

$$m = 32m^3 \times 2,5 t/m^3 = 80t$$

*Asfalttirouhe:*

$$V = 1,5m \times 0,04m \times 100m = 6m^3$$

$$m = 6m^3 \times 2,5 t/m^3 = 15t$$

**Betonijäte:**

Syntyvä betonijäte voidaan arvioida erittäin tarkasti perusparannettavan kaukolämpölinjan rakennekuvasta. Kuvasta 13 voidaan laskea rakenteen sisältävän betonia  $0,26m^3/jm$ . Purkutöissä syntyvän betonijätteen massa on siis

$$V = 0,26m^3 \times 100 m = 26m^3$$

$$m = 26m^3 \times 2,5 t/m^3 = 65 t$$

## Maamassat:

Esimerkkikohteen kaltaisesta betonielementtikananavan kaivutöistä tulee maamassoja rakenteen kuvan 13 mukaan  $1,8\text{m}^3/\text{jm}$ . Yhteensä käsiteltäviä maamassoja syntyy karkeasti siis

$$V = 1,80\text{m}^3 \times 100\text{m} = 180\text{m}^3$$

$$m = 180\text{m}^3 \times 2\text{ t/m}^3 = 360\text{ t}$$

### 8.1 Perusparannustyömaa syrjäisemmällä alueella

Perusparannustyömaan sijaitessa keskusta-aluetta rauhallisemmalla paikalla tulee uusiomateriaalien hyödyntämisestä huomattavasti helpompaa, sekä rajoitteiden puolesta että käytännön toteutuksen näkökulmasta. Tässä esimerkkikohteessa pohjavesi on riittävän alhaalla, eikä kaivannossa ei ole muuta kunnallistekniikkaa, joten uusiomateriaalien hyödyntäminen on mahdollista kaivannon kaikissa rakennekerroksissa.

- Suojatäyttömateriaalina voidaan hyödyntää pohjatuhkaa Vuosaaren pohjatuhkavarastosta. KL-kaivannon poikkileikkauksuvasta (kuva 11) voidaan laskea, että pohjatuhkaa saataisiin hyödynnettyä suojatäytössä noin 70 tonnia.
- Jakavaan kerrokseen käytetään nykyiseen tapaan kaivannosta tulevia käsiteltyjä maamassoja. Tarpeen vaatiessa voidaan sallia suurempien raekokojen käyttäminen. Tavoitteena se, että neitseellistä kiviainesta ei käytettäisi ollenkaan.
- Vanhan kanavan purkutöistä syntyy betonijätettä noin 65 tonnia. Tämä voidaan murskaustyön ja käsittelyn jälkeen hyödyntää kokonaisuudessaan kaivannon kantavassa kerroksessa kalliomurskeen sijasta MARA-ilmoituksella. Murskaustyö voidaan toteuttaa Helen Oy:n maarakennusurakoitsijan toimesta suoraan kohteessa meluilmoituksella. Lisäksi käsiteltävä materiaali voidaan välivarastoida kohteessa, jolloin saadaan myös vähennettyä materiaalien kuljetuksia.

- Syntyvä asfalttijäte tulee nykyisen menettelytavan mukaisesti toimittaa ulkoiselle asfalttiasemalle uusioasfaltin raaka-aineeksi. Maarakennusurakoitsija tulee kuitenkin velvoittaa käyttämään uuden asfaltin pohjamassoissa RC70-massaa ja pintamassoissa RC50-massaa.

## 8.2 Perusparannustyömaa keskusta-alueella

Keskusta-alueella sijaitsevalla perusparannustyömaalla jätemateriaalien hyötykäyttö on huomattavasti haastavampaa. Asiantuntijahaastatteluissa selvisi, että erityisesti pohjaveden korkeus on aiheuttanut aikaisemmin rajoitteita uusiomateriaalien hyödyntämiselle alueella. Lisäksi haasteita materiaalien käsittelylle ja hyödyntämiselle keskusta-alueella aiheuttaa meluilmoituksen vaatimusten täytyminen. Näistä huolimatta joitain muutoksia nykyisiin toimintamalleihin voidaan silti tehdä.

- Purkutöistä syntyvät betonijätteet voidaan toimittaa kolmannen osapuolen murskaamolle käsittelyyn, minkä jälkeen ne voidaan hyödyntää MARA-ilmoituksella kaivannon kantavassa kerroksessa, mikäli kaivannossa ei ole muuta kunnallistekniikkaa.
- Asfalttijätteet tulee toimittaa asfalttiasemille käsittelyyn. Maarakennusurakoitsija tulee velvoittaa käyttämään uuden asfaltin tekemisessä RC50- ja RC70-merkityjä massoja *Asfalttinormit 2017* -oppaan mukaisesti.
- Maamassojen uusiokäyttöastetta voidaan parantaa sallimalla suuremmat rae-koot jakavassa kerroksessa.



## 9 Yhteenveto

Helen Oy:llä on kaukolämpö ja -jäähdytysverkon työmaita vuosittain noin 600 kappaletta. Rakennuskohteet poikkeavat luonteeltaan hyvinkin paljon toisistaan ja vaihtelevat pienistä vuotokohteista suuriin YKT-hankkeisiin. Tämän vuoksi jätemateriaalien hyödyntämiselle on haastavaa löytää yhtä kustannustehokasta ja realistisesti toteutettavissa olevaa toimintamallia. Jätemateriaalien uusiokäyttöastetavoitteeseen pääsyyn vaaditaan useampia uusia toimintatapoja ja erityisesti joustavuutta niiden omaksumiseen kaikilta osapuolilta.

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää toimintamalliehdotuksia Helen Oy:n kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömaiden sekä Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitosten pohjatuhkien uusiokäyttöasteen nostamiselle verkkotyömailla. Työssä avattiin ohjeistukset ja määräykset näiden jätemateriaalien hyödyntämiselle ja selvitettiin Helen Oy:n nykyiset toimintamallit. Näiden tietojen pohjalta työssä laadittiin rakennekuvaehdotus, jossa esitetään muutokset, joilla näiden jätemateriaalien uusiokäyttöastetta voidaan nostaa sekä toimintamalliehdotuksia syntyvien jätevirtojen käsittelyyn ja hyödyntämiseen.

Työn laajuudesta jouduttiin rajaamaan pois näiden toimintamallien jatkokehittäminen ja -jalostus. Tähän jatkokehitykseen sisällytettäväksi ehdotan ensisijaisesti selvitystä yhteistyösopimusten laatimisesta koskien asfaltti- ja betonijätteiden käsittelyä. Lisäksi ehdotan, että kaukolämpö- ja jäähdytysverkkotyömaiden kaivutyöohjetta päivitetään insinööriyössä esitettyä ehdotusta kohti.

Aiheen jatkokehityksessä voidaan lisäksi ottaa käsittelyyn:

- 1) selvitykset Vuosaaren tulevan biolämpölaitoksen leijupetihiekan laadusta ja siitä, että sopiiko materiaali verkkotyömaiden kaivantojen täyttötöihin.
- 2) tässä työssä käsiteltyjen uusiomateriaalien ominaisuuksia testaaminen rakennuskohteissa, jotka tullaan avaamaan varmuudella lähitulevaisuudessa. Näin saataisiin omakohtaisia kokemuksia materiaalien toimivuudesta kokonaisuudessa.

## Lähteet

- 1 Jätelaki. 2011. 646/2011.
- 2 Kierrätyksestä kiertotalouteen. 2018. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. Helsinki: Ympäristöministeriö
- 3 Kiviaines- ja luonnonkiviteollisuuden kehitysnäkymät. 2015. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Verkkojulkaisu. Kustantaja Lönnberg Print & Promo. <<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75045>>. Luettu 15.08.2020
- 4 Huhtinen, Timo; Palolahti, Anton; Räisänen, Mika & Torppa Akseli. 2018. Kiviaineshuollon kehittäminen. Ympäristöministeriön raportti. <[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160707/YMra\\_13\\_2018\\_Kiviaineshuollon\\_kehittaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160707/YMra_13_2018_Kiviaineshuollon_kehittaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Luettu 29.7.2020
- 5 Jätelain uudistus tuo kovat haasteet rakentajille. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2020/04/jatelain-uudistus-tuo-kovat-haasteet-rakentajille/>>. Luettu 7.7.2020.
- 6 Pohjoismaiden tie- ja liikennefoorumi. 2012. Uusio-asfaltti. Esite. Saatavilla <<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/tietoa-jatilastoja/uusioasfalttiesite.pdf>>. Luettu 30.8.2020.
- 7 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017. Verkkoaineisto. Saatavilla <<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>>.
- 8 Asfalttinormit 2017. 2017. Vantaa. Päällystealan neuvottelukunta PANK ry.
- 9 Nieminen Anna-Maria. 2016. Uutta betonia vanhaa hyödyntäen. Betoni 4/2016, 73–83. Saatavilla <[https://betoni.com/wp-content/uploads/2016/12/BET1604\\_78-83.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2016/12/BET1604_78-83.pdf)>. Luettu 12.08.2020.
- 10 InfraRYL 2017. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset; Päällys- ja pintarakenteet. 2017. Helsinki. Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy.
- 11 Betoroc-murske luonnonkiveäkin parempi. Verkkoaineisto. Rudus Oy. <<https://www.rudus.fi/tuotteet/kierratys/betoroc-murske-luonnonkiveäkin-parempi>>. Luettu 10.07.2020.
- 12 Ramboll. 2014. Betonimurskeen kenttä- ja laboratorio tutkimukset. Betonimurskerakenteiden aukikaivu sekä kaapelihakulaitteiden ja miinaharavan toimivuus betonimurskerakenteessa. Raportti. 24.10.2014.

- 13 Rudus Oy 2017. Betoroc-murskeohje. Verkkoaineisto. Saatavilla <<https://www.rudus.fi/Download/24032/Betoroc-murske%20ohje.pdf>>. Luettu 23.07.2020.
- 14 Rudus Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.rudus.fi/ajankohtaista/2015/09/30/betoroc-murske-korvaa-luonnonkiven>>.
- 15 Lupakäsittelyn vaiheet. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Verkkoaineisto. <[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/Ymparistolupa](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa)>. Päivitetty 22.10.2020
- 16 Valtioneuvoston asetuksen 843/2017 soveltamisohje. 2018. Saatavilla <[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/YSLn\\_kertaluonteisen\\_toiminnan\\_ilmoitusmenettely/Jatteiden\\_hyodyntaminen\\_maarakentamisessa](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/YSLn_kertaluonteisen_toiminnan_ilmoitusmenettely/Jatteiden_hyodyntaminen_maarakentamisessa)>
- 17 Suominen Mikko. Massakoordinaattori, Helsingin kaupunki. Puhelinhaastattelu 11.6.2020.
- 18 Työnjohtaja, Maarakennusurakoitsija. Helsinki. Haastattelu 14.9.2020.
- 19 Väättäjä Sari. 2020. Vanhempi ympäristöasiantuntija, Helen Oy. Helsinki. Puhelinhaastattelu 02.09.2020.
- 20 Kuitunen Timo. 2020. Projektipäällikkö, Helen Oy. Helsinki. Keskustelu 14.10.2020.
- 21 Työnjohtaja, Asfalttiurakoitsija. Helsinki. Puhelinhaastattelu 30.09.2020, 8.10.2020.

## Katuluokat

### 2.8 Kaivutöiden päällysteohje, InfraRYL2010 T2 katuluokat

Päällystyskerrokset ovat vähintään samat kuin muuallakin kadussa. Vähimmäispäällystevahvuudet ja -laadut ovat kuitenkin seuraavat (katuluokka on annettu kaivuluovassa):

KATULUOKKA	RAKENNEKERROS	Asfaltin kerros- paksuus, 1 cm = 25kg/m <sup>2</sup>
<b>1. Erittäin vilkkaasti liikennöidyt kadut</b>	3 x ABK 32/150 (18 cm) + KBVA 16 (n. 90 kg/m <sup>2</sup> ) (4 cm) + karkeutus tai SMA 16/100 (4 cm)	22 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 mm	60 cm
<b>2. Vilkkaasti liikennöidyt kadut</b>	ABK32/225(9cm) + ABK32/150(6cm) + KBVA16(4cm)(n. 90kg/m <sup>2</sup> ) + karkeutus tai SMA16/100(4cm)	19 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 mm	60 cm
<b>3. Pääliikenne- ja kokoojakadut</b>	2 x ABK 32/150 (12 cm) + KBVA 11 (4 cm) (n. 90 kg/ m <sup>2</sup> ) + karkeutus tai SMA 16/100 (4 cm)	16 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 mm	60 cm
<b>4-5. Asuntokadut</b>	ABK 32/125 (5 cm) + KBVA 11 (4 cm) (n. 90 kg/ m <sup>2</sup> ) + karkeutus tai lupatarkastajan luvalla ilman pohja- massaa AB 16/125 (5 cm)	9 cm, 5 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 mm	60 cm
<b>6. Jalankulku- ja pyöräväylät</b>	AB 11/100 (4 cm)	4 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0- 32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 mm	60 cm
<b>6. Jalkakäytävät</b>	AB 8/90 (4 cm) tai alueella jossa on rakenne ABK + KBVA, ABK 22/100 (4 cm)+ KBVA 6 (2,5 cm)(n. 50 k/m <sup>2</sup> )	4 cm / 6,5 cm
Kantava kerros	Kalliomurske 0-32 mm	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka 0-63 mm	60 cm
<b>Erikoispäällysteet, SMA, (mm. kiveykset, punaruskea asfaltti, "pleksipave" tai VA, yms.</b>	Luvan myöntäjän määräysten mukaan	
Istutukset	Kasvualusta	50 cm
Ruohokentät	Kasvualusta	20 cm