



Katja Järvenpää

Purkujätteet ja mahdollinen hyödyntäminen infrarakentamisessa Keravan kaupungin alueella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

23.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Katja Järvenpää
Otsikko:	Purkujätteet ja mahdollinen hyödyntäminen infrarakentamisessa Keravan kaupungin alueella
Sivumäärä:	42 sivua
Aika:	23.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t):	Lehtori Anu Ilander, suunnittelupäällikkö Mariika Lehto

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Keravan kaupungin kaupunkitekniikan toimialan infopalveluiden kanssa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää teoriatietoa uusio- ja purkumateriaalien käytöstä sekä tarkastella, missä kohteissa Keravalla on aiemmin hyödynnetty uusio- ja purkumateriaaleja infrarakentamisessa.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin yleisesti purkujätteitä, niiden käyttöä määrävää jätehierarkiaa sekä luokittelua. Työssä selvitettiin aihetta käsittelevää lainsäädäntöä sekä erityisesti ns. MARA-asetusta (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa) sekä muutama vuosi sitten voimaan astunutta EEJ-asetusta ("Ei enää jätettä"), joka edesauttoi purkubetonin hyödyntämistä poistaen tietyin reunaehdoin sen jätestatuksen.

Työssä esiteltiin yleisimpiä infrarakentamisessa hyödynnettäviä uusiomateriaaleja. Erityisesti työssä keskityttiin betonimurskeeseen ja esiteltiin sen valmistamista, luokitelua, ominaisuuksia, käyttökohteita ja muita käyttöön vaikuttavia tekijöitä.

Työn loppuosassa selvitettiin Keravalla aiemmin käytettyjä purku- ja uusiomateriaaleja sekä kohteita, joissa niitä on hyödynnetty. Työssä pohdittiin näistä kohteista ja kokemuksista saatuja oppeja, joiden avulla purku- ja uusiomateriaalien käyttöä voitaisiin jatkossa tehostaa Keravalla.

Avainsanat: rakennusjäte, purkujäte, purkumateriaali

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Katja Järvenpää
Title: Demolition Waste and Its Possible Utilization in Infrastructure Construction in City of Kerava
Number of Pages: 42 pages
Date: 23. May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Specialisation option: Infraconstruction Engineering
Instructor(s): Anu Ilander, Senior Lecturer
Mariika Lehto, Chief of Planning

This engineering thesis was conducted in collaboration with the City of Kerava and its infrastructure department. The aim of this thesis was to find out information about the use of renovation and demolition materials and also to examine which infrastructure sites in Kerava have been the subject of previous usage of these materials.

The theoretical part of the thesis dealt with demolition waste in general, the waste hierarchy that determines their use and also classification. The legislation dealing with the subject was also discussed, especially the so-called MARA-regulation (Government Decree on the Recovery of Certain Wastes in Earth Construction) as well as the EoW-regulation (End of Waste) that entered into force a couple of years ago and has helped the utilization of demolition concrete.

In this thesis the most common recycled materials that are used in infrastructure construction are covered. The study concentrates in particular on crushed concrete and its production, classification, properties, possible uses and other factors that affect its use.

In the final part of this thesis, the demolition and recycling materials that have been used in Kerava in the past and also the sites where they have been used are discussed. The lessons learned from these sites and past experiences have been dealt with trying to increase the usage of demolition and recycling materials in Kerava in the future.

Keywords: construction waste, demolition waste, demolition material

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Purkujätteet	3
2.1	Yleistä	3
2.2	Jätteiden luokittelu ja jätehierarkia	4
2.3	Lainsäädäntö ja käytön edellytykset	6
2.3.1	Suomen lainsäädäntö	6
2.3.2	EU-lainsäädäntö	8
2.3.3	MARA-asetus	8
2.3.4	Purkujätteen hyödyntäminen pienimuotoisesti tai ilmoitusmenettelyllä	10
2.3.5	EEJ-asetus ja mitä se muutti	10
3	Uusiomateriaalit ja sivutuotteet	13
3.1	Vaahtolasimurske	13
3.2	Rengastuotteet	14
3.3	Asfalttimurske ja -rouhe	16
3.4	Tuhkat	16
3.5	Muut uusiomateriaalit	17
4	Betoni ja betonimurske	18
4.1	Betonimurskeen käsittely ja murskaaminen	19
4.2	Betonimurskeen luokittelu	22
4.3	Betonimurskeen ympäristökelpoisuus ja haitta-aineet	23
4.4	Betonimurskeen ominaisuudet	24
4.5	Käyttötarkoitukset ja -kohteet	25
4.6	Ennakkotutkimukset	27
5	Uusiomateriaalien käyttö suunnittelun kannalta	29
6	Purkujätteen käyttö Keravalla	31
6.1	Aiemmat käyttökohteet	31
6.2	Pohjois-Ahjon risteysilta	32
6.3	Uusiomateriaalien käytön haasteita ja mietteitä	34
7	Pohdintaa	36

1 Johdanto

Rakennusala on kaivannaisteollisuuden ohella yksi eniten jätettä tuottavista toimialoista Suomessa. Vuonna 2021 rakentamisjätettä syntyi reilu 13 miljoonaa tonnia. Rakennus- ja purkujätteen hyödyntämiseen on haluttu puuttua ja jo vuonna 2019 Suomessa asetettiin tavoitteeksi päästä 70 prosentin materiaalina hyödyntämistasteeseen vuoteen 2020 mennessä. Näin ei kuitenkaan tapahtunut, sillä vielä vuonna 2021 hyödyntämistaste oli yhä alle 60 prosenttia. (Tilastokeskus 2023, Yle 2023.)

Rakennus- ja purkujätteen hyödyntämistä on yritetty helpottaa myös lainsäädännöllä. Yksi merkittävimmistä jätteen määrää vähentävistä ja uusiokäyttöä edesauttavista toimista on vuoden 2022 syyskuussa voimaan astunut ”Ei enää jätettä”-asetus (EEJ). Tämän asetuksen perusteella betonimursketta ei enää jatkossa käsitellä jätteenä. Asetuksen voimaantulo on helpottanut betonimurskeen hyödyntämistä sillä betonimurskeen ei, tietyin reunaehdoin, tarvitse enää käydä läpi MARA-asetuksen mukaista ilmoitusmenettelyä ennen kuin sitä voidaan hyödyntää maarakentamisessa, myöskään käyttöä ei EEJ-betonimurskeen kohdalla rajoiteta MARA-asetuksen kaltaisesti. (Kunnas 2023.)

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyönä Keravan kaupungin kaupunkitekniikan toimialan kanssa. Keravan kaupunki on reilun 38 000 asukkaan ja noin 30 km² kokoinen kaupunki, joka sijaitsee Keski-Uudellamaalla. Keravan kaupunkia halkovat sekä päärata että Lahdenväylä ja se sijaitsee liikenteellisesti erinomaisessa kohdassa. Kerava on myös yksi Suomen tiheimmin asutuista kaupungeista. Keravalla on käytetty jonkin verran uusio- ja purkumateriaaleja, mutta käyttö on ollut toistaiseksi melko vähäistä. Kaupungilla on kuitenkin kiinnostusta lisätä niiden käyttöä ja myös purettavista rakenteista saatavien purkumateriaalien hyödyntämistä uusissa rakennuskohteissa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kerätä tietoa infrarakentamisessa hyödynnettävistä purku- ja uusiomateriaaleista sekä niiden käyttöön vaikuttavista laista,

asetuksista ja säädöksistä. Lisäksi tavoitteena on etsiä kirjallisuudesta tietoa erityisesti betonimurskeen osalta sen teknisistä ominaisuuksista ja luokittelusta sekä mahdollisuudesta hyödyntää infrarakentamisessa. Tavoitteena on myös selvittää Keravalla aiemmin purku- ja uusiomateriaalia hyödyntäneitä kohteita haastattelemalla kaupungin rakentamisyksikön päällikköä ja pohtia niistä opittuja asioita, jotta jatkossa näiden materiaalien käyttö olisi helpompaa ja kynnys käyttöön matalampi.

2 Purkujätteet

2.1 Yleistä

Kaikki purkamisen seurauksena syntyvät materiaalit ja rakennusosat ovat lähtökohtaisesti purkumateriaalia. Syntyvän purkumateriaalin osalta mahdollisuuksina on materiaalin uudelleenkäyttö tai purkujätteenä kierrättäminen. Näistä ensimmäinen on ensisijainen hyödyntämistapa. (Zhu et al. 2022, s. 11–13.)

Purkumateriaaleja syntyy kaikissa sellaisissa yhteyksissä, joissa puretaan esimerkiksi asuinrakennuksia, muita kiinteistöjä, taitorakenteita, kuten siltoja, tunnelleita ja muita rakenteita, tai liikenneväyliä kuten teitä, ratoja ja väyliä. Materiaalien hyödyntämismahdollisuus riippuu paitsi käytetyistä materiaaleista, myös muun muassa niiden iästä, kunnosta, niissä mahdollisesti esiintyvistä haitta-aineista, eri materiaalien erottelumahdollisuuksista sekä alkuperäisen käyttötavan mukaisen materiaalin rakennustavasta. Esimerkiksi betonin uusiokäyttömahdollisuudet ovat hyvin erilaiset riippuen siitä, onko betoni peräisin paikalla valetun sillan vai elementtirakenteisen väliseinän rakenteesta. (Lahdensivu et al. 2015, s. 3; Peuranen & Hakaste 2014, s. 10–12.)

Betoni on tyypillisesti suurin yksittäinen purkamisessa syntyvä jätelaji massassa mitattuna. Betonin uudelleenkäyttöä käsitellään tässä työssä tarkemmin myöhemmin. Erityisesti purettavista rakennuksista syntyy kuitenkin myös muita purkumateriaaleja. Joitakin purkumateriaaleja, kuten tiiltä, asfalttia ja lasia, voidaan joissain tapauksissa käyttää uudestaan sellaisenaan tai jatkojalostaa uusiokäyttöön. Toiset purkumateriaalit, kuten metallit tai kipsilevyt, voidaan hyödyntää raaka-aineena uutta materiaalia valmistettaessa. Edelleen osa purkumateriaaleista, kuten puu, on vaikeasti hyödynnettävää ja kierrätettävää muuna kuin energiana. (Zhu et al. 2022, s. 28–37; Nousiainen 2020, s. 24–28.)

2.2 Jätteiden luokittelu ja jätehierarkia

Jätelaki (646/2011, 8 §) määrää, että kaikessa toiminnassa on noudatettava etusijajärjestystä mahdollisuuksien mukaan. Etusijajärjestys on esitetty jätehierarkian pohjalta tehdyssä kaaviossa (Kuva 1). Ensisijaisesti on pyrittävä vähentämään niin jätteen määrää kuin syntyvän jätteen haitallisuutta. Mikäli jätettä syntyy, on se ensisijaisesti valmistettava uudelleenkäyttöön, toissijaisesti kierrätettävä. Uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tässä yhteydessä tuotteen tai jonkin sen osan käyttämistä uudelleen siihen tarkoitukseen kuin mihin se alun perin oli suunniteltu, esimerkiksi vanhojen ikkunalasien käyttämistä uudelleen samassa tarkoituksessa eri kohteessa. Uudelleenkäytön valmistelulla taas tarkoitetaan jo jätteeksi päätyneen tuotteen tai sen osan tarkistamista, puhdistamista tai korjaamista.

Kierrätyksellä tarkoitetaan puolestaan jätteen valmistamista materiaaliksi, aineeksi tai tuotteeksi joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen. Rakennusmateriaalien kohdalla tästä esimerkki on vanhojen ikkunalasien hyödyntäminen vaahtolasin valmistuksessa. Jos kierrätyskään ei ole mahdollista, on syntynyt jäte hyödynnettävä muilla tavoin, esimerkiksi energiana. Mikäli tämäkään ei ole mahdollista, on jäte loppukäsiteltävä esimerkiksi viemällä se kaatopaikalle. (Zhu et al. 2022, s. 11–13.)



Kuva 1. Jätehierarkia. (Lassila & Tikanoja 2023)

Jätteen luokittelun suhteen merkityksellistä on siis se, onko uudelleenkäyttö suunniteltu jo ennen purkua eli materiaali ei muutu jätteeksi vai ei, jolloin se muuttuu jätteeksi. Sekä kierrätys että uudelleenkäytön valmistelu ovat materiaalina hyödyntämistä. Näihin luetaan lisäksi maantäyttötoimet, mikäli jätettä käytetään muiden materiaalien korvaajana. (Zhu et al. 2022, s. 13.)

Materiaalin käsittelyn kannalta on merkityksellistä, määritelläänkö se jätteeksi, sillä lainsäädännön näkökulmasta materiaalit ovat joko jätettä (kuten vaaralliset materiaalit) tai ei-jätettä (kuten EEJ-ehdot täyttävä betoni) ja lainsäädäntöä sovelletaan ensimmäisiin, mutta ei jälkimmäisiin. Näiden lisäksi oikeuskäytäntö on synnyttänyt alakäsitteen ”sivutuote”, joka nykyään löytyy myös laista. (Kauppila et al. 2018, s. 25.)

2.3 Lainsäädäntö ja käytön edellytykset

Uusiomateriaalien ja purkujätteiden käyttöä säädellään lailla ja asetuksilla. Näitä on sekä kansallisella tasolla että EU:n laajuisesti. Mikäli materiaali on jätettä, sitä koskee jätelainsäädännön velvoitteet. EEJ-asetus ("Ei enää jätettä"-asetus) on kuitenkin jossain määrin muuttanut aiempaa tilannetta, sillä sen kriteerien mukaisia materiaaleja ei käsitellä jätteenä. (Zhu et al. 2022, s. 27.)

Nimenomaisesti jätteiden hyödyntämiseen tarkoitettu asetus on kuitenkin valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017), ns. MARA-asetus, joka tuli voimaan vuoden 2018 alussa ja se oli EEJ-asetusta edeltävä askel jätteiden hyödyntämisessä maarakentamisessa.

2.3.1 Suomen lainsäädäntö

Suomen lainsäädännössä merkittävimmät purkumateriaalien käyttöä koskevat lait ovat jo aiemmin mainittu jätelaki sekä ympäristönsuojelulaki (527/2014). Jätelaki pohjaa EU:n jätedirektiiviin (EY 98/2008). Jätelain tarkoituksena on edistää kiertotaloutta ja luonnonvarojen käytön kestävyyttä, vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta sekä lisätä kierrätystä ja uudelleenkäyttöä. Jätelain laaja uudistus (978/2021) tuli voimaan vuonna 2021.

Yksi muutoksista oli Valtioneuvoston asetus jätteistä, jonka mukaan rakennushankkeeseen ryhdyttävän on huolehdittava rakennushankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta niin, että toiminnassa syntyy mahdollisimman haitatonta jätettä ja mahdollisimman vähäisiä määriä. Käyttökelpoiset rakennusosat on myös otettava talteen ja käytettävä uudelleen. Edelleen asetus ohjaa, että rakennus- ja purkujätteen haltijan on järjestettävä erilliskeräys vähintään alla oleville jätelajeille:

- betoni, tiili, kivennäislaatat ja keramiikka mahdollisuuksien mukaan lajiteltuna jätelajeittain
- asfaltti
- bitumi ja kattohuopa

- kipsi
- kyllästämätön puu
- metalli
- lasi
- muovi
- paperi ja kartonki
- mineraalivillaeriste
- maa- ja kiviaines.

Erilliskerätyt jätteet on toimitettava sellaiseen käsittelyyn, joka mahdollistaa mahdollisimman suuren osan uudelleenkäytön tai muun kierrätyksen tai materiaalina hyödyntämisen. Näiden em. toimien tavoitteena on, että rakennus- ja purkujätteelle saavutettaisiin 70 prosentin kierrätysaste. (Jätelaki 646/2011, Valtioneuvoston asetus jätteistä 978/2021, Ympäristöministeriö n.d.a.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) koskee sekä alueiden käyttöä että rakentamista. Purku- ja uusiomateriaalien kohdalla se ohjaa erityisesti rakennusten purkuhankkeita. Siinä rinnastetaan purkuhankkeet rakennushankkeisiin ja tämän myötä niitä koskee sama sääntely kuin rakennushankkeita mitä tulee lupien hakemiseen, suunnitteluun, toteutukseen sekä valvontaan. Nykyinen voimassa oleva laki on laadittu viime vuosikymmenen puolella ja sitä ollaankin päivittämässä. Vuoden 2025 alussa tulee voimaan uusi rakentamislaki, jossa on haluttu huomioida paremmin koko rakennuksen elinkaaren aikainen hiilijalanjälki ja ohjata rakentamista kohti vähähiilisyyttä. Uuden rakentamislain 16 § pitää sisällään uuden vaatimuksen purkumateriaali- ja rakennusjäteselvityksestä, jonka tarkoituksena on edistää purkumateriaalien hyödyntämistä, parantaa rakennus- ja purkujätteiden tilastointia sekä tukea aihepiiriin liittyvää viranomaisohjausta. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999; Jaskari 2023, s. 5; Valtioneuvosto 2023.)

Myös ympäristönsuojelulaki (572/2014) sekä siihen liittyvät asetukset ovat purkukohteissa ja purkumateriaaleja käytettäessä oleellisia. Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista, ehkäistä sekä vähentää

päästöjä, torjua ympäristövahinkoja ja poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja. Purkumateriaalien valmistamisessa ja käytössä ympäristönsuojelulaki vaikuttaa siten, että melua ja tärinää aiheuttava toiminta (kuten esimerkiksi betonin murskaus) on luvanvaraista toimintaa, johon on haettava ympäristönlupaviranomaisen myöntämä lupa. Lisäksi purkutyössä on huolehdittava siitä, että haittaa ympäristölle ei synny ja huomioitava esimerkiksi alueen mahdolliset pohjavedet ja muut vesistöt ja niiden vaikutus työhön ja sen toteuttamiseen. (Halme 2017, Ympäristöministeriö 2024.)

2.3.2 EU-lainsäädäntö

Edellä esitelty Suomen lainsäädäntö pohjaa isoilta osin EU-direktiiveihin. EU:n jätedirektiivi (EY 98/2008) on Suomessa toimeenpantu edellä esitetyillä jätelailla ja -asetuksilla. Jätedirektiivin tavoitteena on yhdenmukaistaa jätepolitiikkaa EU:n alueella sekä edistää jätteen synnyn ehkäisyä, uudelleen käyttöä ja kierrätystä. Myös jätedirektiiviä on uudistettu vuosien saatossa ja esimerkiksi vuonna 2018 annettiin laaja jätesäädöspaketti, joka vaikutti myös kansalliseen lainsäädäntöön. (Väylävirasto 2022a, s. 22–24.)

Myös EU:n rakennustuoteasetus (EU 305/2011) vaikuttaa purkumateriaalien ja jätteiden hyödyntämiseen. Siinä säädetään CE-merkinnän käytöstä rakennustuotteissa sekä määritellään menettelyt rakennustuotteiden suoritusasteiden ilmoittamiseen toimijoille. Tämä on merkityksellistä erityisesti niillä uusiomateriaaleilla, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardoinnin piiriin. Tällainen on esimerkiksi EEJ-betonimurske. (Väylävirasto 2022a, s. 12 ja 22.)

2.3.3 MARA-asetus

MARA-asetus, eli Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, on laadittu pyrkimyksenä lisätä jätteiden hyödyntämistä ja sitä kautta edistää kestävästä luonnonvarojen käyttöä ja kiertotaloutta. MARA-asetusta sovelletaan tiettyihin jätelajeihin, näiden joukossa betonimurske, kevyt-betonijäte, asfalttimurske ja -louhe, kokonaiset renkaat ja rengasrouhe sekä kivihiilen, turpeen, ja puuperäisen aineksen polton lentotuhka. Sen keskeisimpiä

lähtökohtia oli jätteen hyödyntämishankkeen suunnitelmallisuuden ja laadunhallinnan varmistaminen. Mikäli aiottu käyttö täyttää MARA-asetuksen ehdot, on sitä mahdollista käyttää sen mukaisella ilmoitusmenettelyllä. (Väylävirasto 2022b, s. 22–24; Ympäristöministeriö 2019, s. 2–4.)

Betonimurskeen käytön osalta MARA-asetus oli siinä mielessä merkittävä, että se otti ensimmäistä kertaa kantaa betonimurskeen tekniseen laatuun eikä ainoastaan sen raekokoon kuten aiemmat asetukset. MARA-asetus myös mahdollisti betonimurskeen käytön aiemmin sallittujen katu-, tie- ja kenttärakenteiden kantavissa ja jakavissa kerroksissa lisäksi teollisuus- ja varastorakennusten alapuolisissa täytöissä. (Rudus 2018.)

MARA-asetuksessa on kuitenkin määritelty tarkat ehdot sekä käytettävälle materiaalille että käyttökohteille. Myös sen kerrospaksuudelle ja sijainnille maakerroksissa on asetettu vaatimuksia. Käytettävän materiaalin tulee täyttää materiaalille asetetut vaatimukset sekä tekniset vaatimukset. Lisäksi dokumentointi ja loppuraportointi hyödyntämisestä tuli tehdä annettujen säädösten mukaan. MARA-asetus myös määrittelee, että kyseistä asetusta sovelletaan vain suunnitelmalliseen maarakentamiseen ja siihen liittyvään jätteen väliaikaiseen varastointiin. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019, s. 3–4, Suomen ympäristökeskus & Ympäristöministeriö 2023.)

Mara-asetusta ei myöskään voi soveltaa I- tai II-luokan pohjavesialueella, asumiseen tai lasten leikkipaikaksi tarkoitetulla alueella, luonnonsuojelutarkoitukseen osoitetulla alueella, ravintokasvien viljelyyn tarkoitetulla alueella eikä sisämaan tulvavaara-alueella. Mikäli käytettävää materiaalia ei tämän, tai jonkun muun syyn, vuoksi voi hyödyntää MARA-asetuksen mukaisesti, tulee sille hakea ympäristölupa. Yleisimmät ympäristöluvan vaativat rakennuskohteet ovat esimerkiksi putkikaivantojen lopputäytöt muualla kuin väylillä, puistojen täytöt sekä meluvallit. (Asetus 2017/843/VN, 2 §; Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019, s. 3–5; Väylävirasto 2022a, s. 11–12.)

2.3.4 Purkujätteen hyödyntäminen pienimuotoisesti tai ilmoitusmenetel-lyllä

Mikäli purkujätteen hyödyntäminen on pienimuotoista, voi sen hyödyntämiseksi riittää ilmoitus ympäristönsuojeluviranomaiselle. Pienimuotoiseksi hyödyntämi-sen rajaa ei ole tarkasti määritelty, mutta sellaisena voi pitää 100-1000 tonnia. Menettelyt pienimuotoisen hyödyntämisen suhteen ovat alue- ja kuntakohtaisia ja vaihtelevat suuresti kaupungeittain ja alueittain. Lupa voidaan myöntää, mi-käli toiminnan ei nähdä olevan ammattimaista, se voidaan myös myöntää tilan-teissa, joissa MARA-asetusta ei voida soveltaa kyseiseen käyttökohteeseen tai rakenteeseen. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2024, s. 6; Väylävirasto 2022a, s. 12.)

Hyödyntäminen voi olla mahdollista myös ympäristöluvalla sellaisissa tilan-teissa, joissa määrä on suurempi kuin mitä pienimuotoisesti hyödyntäessä ja käyttökohde tai rakenne ei kuulu MARA-asetuksen soveltamisalaan. Tällaisia ovat esimerkiksi kohteet, jotka sijaitsevat pohjavesialueella. Tällöin käyttö vaatii ympäristölupahakemuksen, jossa esitetään suunniteltu käsittely- ja hyödyntä-mistoiminta, hyödyntämisajankohta ja toiminnan aiheuttamat päästöt sekä vai-kutukset ympäristöön. Luvan käsittelijä riippuu haetusta määrästä; mikäli määrä jää alle 50 000 tonniin vuodessa käsittelee sen kunnan ympäristönsuojeluviran-omainen, mikäli määrä menee tämän yli, toimii käsittelijänä aluehallintovirasto. Kaikki hakemukset, joissa luvantarve on syntynyt vesistön pilaantumisen vaa-rasta, käsittelee aluehallintovirasto. Ympäristölupaprosessi on monivaiheinen ja se vaati esimerkiksi lausuntokierroksen ja 30 vuorokauden valitusajan mikä tar-koittaa, että se ei ole erityisen ketterä tai nopea ja sen käyttäminen edellyttääkin ennakoimista. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2024, s. 6; Väylävirasto 2022a, s. 11–12.)

2.3.5 EEJ-asetus ja mitä se muutti

Valtioneuvoston asetus siitä, milloin betonimurske lakkaa olemasta jätettä, astui voimaan 1.9.2022. Tätä niin sanottua EEJ-/EOW-asetusta (EEJ = Ei enää jä-tettä, EOW = End of waste) oltiin odotettu rakennusalalla jo pidempään ja sitä

oltiin valmisteltu hallituksen vuoden 2016 toimintasuunnitelman pohjalta tehdyn selvityksen perusteella. Asetuksen ansiosta tietyt reunaehdot täyttävää betonimursketta voidaan nykyään käyttää luonnonkiviaineksen tavoin maa-, talon- ja viherrakentamisessa, samoin kuin raaka-aineena betonituotteiden ja valmisbetonin valmistuksessa. Asetuksen myötä käyttämätön betonijäte voidaan myös jalostaa maanparannus- ja kalkitusaineeksi sekä lannoitteeksi. Betonimursketta ei enää käsitetä jätteenä vaan tuotteena. (Rudus 2022; Ympäristöministeriö n.d.b.)

Kaikki betonijäte ei edelleenkään kelpaa EEJ-asetuksen mukaiseen käyttöön. Kenties merkittävin EEJ-asetuksen määrittävä rajoitus on se, että sitä sovelletaan ainoastaan valmistajiin, joilla on joko ympäristölupa betonijätteen murskaustoimintaan tai joka murskaa betonijätettä kiinteän betoniaseman ja betonituotetehtaan ympäristönsuojeluvaatimuksista annetun valtioneuvoston asetuksen (858/2018) nojalla. EEJ-betonilla on aina CE-merkintä, mikä edellyttää, että sen laatu on varmennettu ulkopuolisen osapuolen toimesta ja sen valmistaja on ottanut käyttöön asetuksessa määritellyt arviointiperusteet. EEJ-betonimurskeen valmistajan vastuulla on asetuksen edellyttämät testaustoimet. Näin ollen purkutyömailla ei voi tuottaa EEJ-betonimursketta, mutta purkutyömaalla purttu betoni voi olla EEJ-betonimurskeen raaka-aine. (Kunnas 2023; Väylävirasto 2022a, s. 13.)

On myös huomioitava, että EEJ-asetuksen käyttöönotto on vapaaehtoista eikä se vaikuta MARA-asetuksen mukaiseen betonimurskeen käyttöön vaan se säilyy sellaisenaan. Betonimurskeen valmistajalla on, tietyt reunaehdot täytettyään, mahdollisuus nykyään valita onko sen betonimurskeella jätestatus vai ei. (Ympäristöministeriö n.d.b.)

Kaikki MARA-asetuksen nojalla hyödynnetty betonimurske ja sen maarakennuskohde tallennetaan maaperän tilan tietojärjestelmään (MATTI) sijaintitiedon kera. EEJ-betonin kohdalla käyttöä ei tarvitse rekisteröidä mihinkään valtakunnalliseen järjestelmään eikä käyttökohteita ja -paikkoja näin ollen ole tiedossa ainakaan kootusti yhdessä järjestelmässä. Kunnilla ja muilla merkittävimmillä

uusiomateriaalien hyödyntäjillä on kuitenkin mahdollisuus tallentaa tieto käyttökohteista, mikäli he näin haluavat. (Ympäristöministeriö n.d.b.)

3 Uusiomateriaalit ja sivutuotteet

Purkumateriaalien lisäksi uusiomateriaaleja voidaan jalostaa esimerkiksi käytöstä poistetuista tuotteista (muun muassa rengasleike) tai ne voivat syntyä teollisissa prosesseissa sivutuotteina (esimerkiksi erilaiset tuhkat) (Väylävirasto 2022b, s. 8). Alla on luetteloitu kaikki merkittävimmät infrarakentamisessa käytettävät uusiomateriaalit sekä esitelty niistä yleisimmät.

Tyypillisimmät infrarakentamisessa käytetyt uusiomateriaalit:

- asfalttirouhe- ja murske
- betonimurske
- ferrokromikuonamurske ja -hiekk
- jätteenpolton pohjakuona (käsitelty)
- kalkkikivimurske
- leijupetihiekka
- lentotuhka
- masuunihiekka
- masuunikuonamurske
- pohjatuhka
- rengasleike sekä kokonaiset renkaat
- rikastushiekka
- teräskuona
- tiilimurske
- vaahtolasimurske.

3.1 Vaahtolasimurske

Vaahtolasimurske on puhdistetusta kierrätyslasista valmistettu uusiomateriaali. Valmistusprosessin aikana kierrätyslasi ensin jauhetaan alle 0,1 mm jauheeksi, jonka jälkeen siihen sekoitetaan vaahdotusagenttia. Laattamainen massa paisutetaan 900 °C:ssä uunissa, minkä jälkeen vaahtolasilevy jäähtyessään pirstoutuu palasiksi, minkä jälkeen se vielä murskataan. Vaahtolasia on valmistettu

Suomessa vuodesta 2011 lähtien, mutta esimerkiksi Norjassa sitä on valmistettu 1990-luvulta alkaen. Suomessa vaahtolasimursketta valmistaa forssalainen Uusioaines Oy ja sitä myydään Foamit-kauppanimellä. (Kuisma 2013, s. 4–5t.)

Vaahtolasimursketta (Kuva 2) käytetään infrarakentamisessa lähinnä kevennysmateriaalina, joskin sitä voidaan käyttää myös esimerkiksi routaeristeenä ja salaojitusmateriaalina. Sen tilavuuspaino on vain noin seitsemäsosa murskeen ja soran tilavuuspainosta minkä ansiosta se soveltuu hyvin korvaamaan painavampia materiaaleja. On kuitenkin huomioitava, että vaahtolasimurskeen puristuslujuus on luonnonkiviaineksia heikompi eli se soveltuu huonommin käytettäväksi suurten kuormien alle. (Kuisma 2013, s. 5–6.)



Kuva 2. Vaahtolasimursketta. (Foamit 2022)

3.2 Rengastuotteet

Käytöstä poistettuja renkaita voi hyödyntää myös sellaisenaan kokonaisina renkaina, mutta vielä käytetympi materiaali on niistä jalostettu leikkaamalla eli rengasleike (kuva 3) sekä -granulaatti. Sitä on Suomessa hyödynnetty 1990-luvulta alkaen ja käytetty esimerkiksi teiden ja rautateiden pohjarakenteissa, meluvalleina sekä leikki- ja nurmikenttien rakenteissa lähinnä kevennysmateriaalina. Eriyisen käytetty rengasleike on kaatopaikkarakentamisessa, missä sitä on

käytetty eri tarkoituksissa. Kuormituksen alaisissa rakenteissa sen huonona ominaisuutena on huono kuormituskestävyys ja joustavuus eli kerroksen päällä tulee olla paksu päällysrakenne. (Apila Group Oy; Virtanen 2023, s. 12–14, 18.)

Rengasleikkeellä on todettu olevan hyviä ominaisuuksia etenkin vesiympäristössä; se toimii hyvin vetisillä maa-alueilla ja toimii suodattimena, sillä materiaalilla on erilaisia puhdistusominaisuuksia eikä siitä liukene haitta-aineita vesistöön. (Apila Group Oy.)



Kuva 3. Rengasleikettä Lempäälässä meluvallissa. (Tampereen yliopisto 2023)

Sekä rengasleikkeitä että -granulaattia valmistetaan eri kokoisina. Rengasleike jaetaan kolmeen eri leikeluokkaan (RL1, RL2 sekä RL3), joissa luokan perässä oleva luku kertoo sen, kuinka monta kertaa renkaat on valmistusvaiheessa leikattu. Mitä useampi leikkuukerta on takana, sitä pienempää palakokoa leikkeestä saadaan. Granulaattia valmistetaan puolestaan 2, 4, 8, 14 sekä 25 mm raekokoisina. Granulaattia hyödynnetään myös asfalttikerrosten väliin asennettavien vahvisteverkkojen valmistamisessa. (Virtanen 2023, s. 13–15.)

3.3 Asfalttimurske ja -rouhe

Asfalttimursketta ja -rouhetta syntyy, kun vanhaa tie- ja katurakenteissa käytettyä asfalttia käsitellään jyrsimällä tai paloiksi. Asfalttirouhetta käytetään pääsääntöisesti uuden asfalttimassan raaka-aineena ja ensisijaisesti vanha asfaltti tulisikin käyttää tähän tarkoitukseen korvaamaan neitseellistä kiviainesta. Jonkin verran syntyy kuitenkin myös asfalttimursketta, jota voidaan hyödyntää maa- rakentamisessa pääasiassa sitomattomissa kulutuskerroksissa sekä kantavissa kerroksissa. (Väylävirasto 2022b, liite 2.)

Asfalttimurske ja -rouhe koostuvat kiviaineksesta ja bitumista. Murskeen kohdalla yleisin raekoko on 0/11 mm tai 0/16 mm. Niiden etuna luonnonkiviaineksiin nähden on pienempi vedenherkkyys mikä johtuu hienoaineksen sitoutumisesta bitumiin ja minkä ansiosta routivuus on pienempää. Lisäksi asfalttirouheen ja -murskeen jäykkyysominaisuudet ovat hieman paremmat kuin luonnonkiviaineksellä. Asfalttijohdannaisten käytössä on huomioitava se, että varastointiaika ei saa olla liian pitkä sillä ne jähmettyvät pitkäaikaisessa varastoinnissa, lisäksi se heikentää materiaalin sitoutuvuusominaisuutta. (Väylävirasto 2022b, liite 2 ja s. 20–21.)

3.4 Tuhkat

Tuhkiin käsitetään kuuluvaksi sekä lento- että pohjatuhka, jotka kummatkin syntyvät polton sivutuotteena. Tuhkia syntyy niin kivihiilen kuin esimerkiksi puun tai turpeen poltosta. Kivihiilen poltosta syntyvä lentotuhka jaetaan kahteen eri tyyppiin, Ia sekä Ib, ja niiden syntytavat ovat hieman erilaiset. Ia-typin lentotuhkaa syntyy poltettaessa jauhattua tiiltä, Ib-typin tuhkaa puolestaan silloin kun poltetaan murskattua tiiltä. Nämä eroavat jonkin verran sekä ulkoisesti että ominaisuuksiltaan; Ia-typin tuhka on vaaleampaa, hienorakeisempaa ja muistuttaa rakeisuudeltaan silttiä, kun taas Ib-typin lentotuhka on tummempaa ja vastaa rakeisuudeltaan hienoa hiekkää. Kummassakin rakeet ovat pääsääntöisesti lasimaisia, onttoja palloja. (Saarelma 2011, s. 7–8.)

Lentotuhka on materiaalina erittäin kevyttä ja sitä käytetään maarakentamisessa tierakenteiden kerros- ja pengermateriaalina, lisäksi sitä voidaan hyödyntää stabiloinnin sideaineena. Lentotuhka reagoi kemiallisesti kalkin kanssa suotuisissa olosuhteissa ja tämän johdosta lujittuu herkästi, näin tapahtuu myös sen reagoidessa veden kanssa. Mikäli lentotuhka ei lujitu, on se materiaalina routivaa, kapillaarista ja sillä on huono vedenläpäisevyys. (Saarelma 2011, s. 8–9; Väylävirasto 2022b, liite 2.)

Kivihiilen poltosta syntyy myös pohjatuhkaa, mikä on kivihiilen polttokattilan tai palotilan pohjalta kerättävää tuhkaa. Leijupetikattiloissa syntyy vastaavasti leijupetihiekkaa. Pohjatuhka koostuu särmikkäistä ja huokoisista rakeista ja vastaa rakeisuudeltaan hiekkaa tai hienoa soraa. Leijupetihiekan rakeet ovat puolestaan pyöreämpiä muodoltaan ja vastaa rakeisuudeltaan hiekkaa tai soraa. Kumpaakin materiaalia voidaan käyttää pengeri- ja täyttörakenteissa sekä suodatinkerroksena tie-, katu- ja kenttärakenteissa. (Väylävirasto 2022b, liite 2.)

Kaikkien tuhkien käytössä on huomioitava tuhkan sisältämien haitallisten aineiden pitoisuus ja liukoisuus. Polttoaineen koostumus ja polttoprosessi vaikuttaa suuresti tuhkien laatuun ja liukoisuuksiin. Erityisesti energiantuotannosta syntyvää tuhkaa voisi mahdollistaa hyötykäytössä nykyistä enemmän, mikäli prosesseja saataisiin toimivimmiksi ja käyttökelpoinen tuhka eroteltua haitta-aineiden raja-arvot ylittävästä materiaalista. (Juuma et al. 2020, s. 9–10 ja 15–17.)

3.5 Muut uusiomateriaalit

Muita materiaaleja ovat esimerkiksi tiilimurske, jota syntyy lähinnä tiilen tuotannossa, erilaiset masuunikuonatuotteet kuten masuunikuonamurske ja masuunihiekka sekä kaivosteollisuudessa malmin rikastuksessa muodostuva rikastushiekka. Näitä voi käyttää, materiaalista riippuen, maarakentamisessa päällysrakennekerroksissa sekä joitain materiaaleja myös maisemointiin. (Väylävirasto 2022b, liite 2.)

4 Betoni ja betonimurske

Betonia valmistetaan Suomessa noin viisi miljoona kuutiota vuosittain. Betoni onkin maailman yleisin rakennusmateriaali. Määrällisesti eniten betonissa on runkoaineena kiviainesta, mutta sen tärkein osa-aine on sementti. Sementti ei itsessään ole ainesosana poikkeuksellisen suuri hiilidioksidipäästöjen lähde, mutta betonin valmistukseen sitä tarvitaan niin valtavat määrät, että sen valmistus aiheuttaa tällä hetkellä noin seitsemän prosenttia koko maailman hiilidioksidipäästöistä. Ympäristöystävällisempiä betonilaatuja on kehitteillä runsaasti, mutta tämän lisäksi olisi tärkeä tehostaa jo olemassa olevan betonin hyödyntämistä sen saavuttua ensisijaisessa kohteessaan käyttöikänsä päähän, mutta ollessa muussa käyttötarkoituksessa vielä käyttökelpoista. (Yle 2022, Betoniteollisuus Ry.)

Betonimurske, jota syntyy niin purkutoiminnassa kuin ylijäämänä betonituoteteollisuudessa, on suurin yksittäinen rakennusjätejäte, jota syntyy Suomessa noin kaksi miljoonaa tonnia vuodessa. Arvioiden mukaan noin puolet tästä kuuluu EEJ-asetuksen soveltamisalaan. Betonin valmistaminen on lisäksi merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen lähde. Sen raaka-aineena hyödyntämiselle oli siis selkeät perusteet ja tarve. Lisäksi laatuvaatimusten mukainen betonimurske on usein luonnonkiviaineksiin verrattuna teknisiltä ominaisuuksiltaan siihen verrattavissa ja kuormituskestävyyttä verratessa usein teknisesti parempaa maanrakennusmateriaalina. (Infra Ry. 2021, s. 4; Rudus 2022; Ympäristöministeriö n.d.b.)

Betonimurskeen käytöllä olisi useita muitakin hyötyjä kuin jo olemassa olevan betonin jatkokäyttö. Ensinnäkin betonimurskeen käyttö luonnonkiviaineksen asemasta säästäisi luonnonvaroja, kun luonnonkiviä ei tarvitsisi louhia tai kaivaa harjukiviainesta mikä puolestaan auttaa suojelemaan pohjavesiä. Lisäksi etenkin niissä tapauksissa, joissa puretun ja murskatun betonirakenteen uusi käyttökohde löytyy läheltä, tulee säästöä kuljetusmatkoissa. Betonimurskeen käyttö lisää rakennushankkeen ympäristöystävällisyyttä myös sen vuoksi, että

betonimurskeessa tapahtuu hiilidioksidin sitoutumista. Betonimurskeessa olevaan sementtiin sitoutuu hiilidioksidia ympäröivästä ilmasta karbonatisoitumisreaktion kautta jopa enemmän kuin sen ollessa alkuperäisessä betonirakenteessa sillä murskauksen ansiosta betonin pinta-ala on moninkertaistunut ja uutta betonipintaa on paljastunut mikä kiihdyttää hiilidioksidin sitoutumista. (Linden 2017, s. 44–45; Routa-Lindroos & Nenonen 2014, s. 13–14.)

4.1 Betonimurskeen käsittely ja murskaaminen

Betonia voidaan murskata joko liikuteltavalla murskaimella tai murskakauhalla. Betoni voidaan viedä murskattavaksi asemille tai se voidaan murskata työmailla. Jälkimmäinen tapa voi olla ympäristöystävällisempi vaihtoehto etenkin silloin, jos betoni tullaan jatkokäyttämään lähellä sen aiempaa sijaintipaikkaa. Tällaisissa tapauksissa on kuitenkin huomioitava murskaustyön aiheuttamat haitat lähiympäristölle ja se vaatiikin meluilmoituksen ja ympäristöviranomaisen arvioinnin. Betonin murskaaminen työmaalla vaatii myös murskauskaluston saamista paikalle sekä riittävästi tilaa työskentelylle. Lisäksi betonimurskeen välivarastoinnille ennen kuin se saadaan lopulliseen sijoituspaikkaansa, on löydettävä soveltuva tila. Käytännössä betonin murskaaminen suoraan työmaalla tulee kyseeseen lähinnä vain suuremmilla työmailla ja siihen on niilläkin varattava riittävät resurssit murskausprosessin suunnittelua ja toteuttamista varten. (Aro 2022, s. 8; Lehtonen 2019, s. 57–58; Linden 2017, s. 45.)

Betonirakenteiden purkutöissä on esikäsittelyvaiheessa useimmiten käytetty hydraulista iskuvasaraa kaivinkoneeseen kiinnitettynä. Sillä saadaan rammeroitua (kuva 4) rakenteita tehokkaasti pienemmiksi etenkin massiivisissa betonirakenteissa, mutta raudoitusterästen erottelu betonista on tällä menetelmällä haastavaa. Soveltuvampia laitteita ovat leikkurimurskain ja pulveroija. Niillä ei kuitenkaan pystytä käsittelemään suurempia betonikappaleita, jotka vaativat ensin pienentämisen iskuvasaralla. Esikäsittelyvaiheessa (kuva 5) kannattaa pyrkiä poistamaan betonin joukosta metalli ja muut vierasaineet mahdollisimman hyvin, jotta betonimurskeesta saadaan mahdollisimman puhdasta ja teknisiltä ominaisuuksiltaan laadukasta. (Linden 2017, s. 45–46.)



Kuva 4. Betonirakenteen rammerointia. (Gles, rammerointia)



Kuva 5. Betonin seulontaa työmaalla muusta materiaalista. (Gles, kierrätysbetonin seurantaa)

Varsinaiseen murskaustyöhön on olemassa kaivinkoneisiin liitettäviä työkaluja. Mikäli betonia on murskattavana enemmän, on tällainen murskaaminen kuitenkin hidasta ja melko epätehokasta. Mikäli murskaaminen on päätettyä tehdä työmaalla, voi paikalle hankkia liikuteltavan murskauslaitoksen. Sopivan laitteen valinnalla voidaan vaikuttaa haluttuun raekokoon ja verrattuna esimerkiksi pulverointiin sillä saadaan tasalaatuisempaa murskettä. Murskaimien joukkoon kuuluvat esimerkiksi leukamurskain, kartiomurskain ja iskupalkkimurskain (kuva 6). (Häkkänen 2020, s. 10–12; Linden 2017, s. 45–49.)



Kuva 6. Betonin murskausta työmaalla leukamurskaimella. (Gles, leukamurskain)

Betonin murskaaminen työmaalla on usein prosessina vaativampi niin ajallisesti kuin muidenkin resurssien osalta ja vaatii runsaasti suunnittelua ja yksityiskohtien selvittämistä. Mikäli betonia ei haluta murskata työmaalla, on se mahdollista kuljettaa murskausasemalle. Tämä vaatii minimissään työmailla vain esikäsitteilyn riittävän pieniksi paloiksi, jotta kuljetus murskauslaitokseen on mahdollista. Laitoksissa on paremmat varusteet erilaisen betonimurskeen tuottamiseksi ja lisäksi työkaluja metallikappaleiden ja muiden epäpuhtauksien kuten muovin ja puun erotteluun betonista. Laitoksissa murskausprosessiin on usein helpompi sisällyttää useampia murskaus- ja seulontavaiheita ja saada täten käyttökelpoisempaa ja puhtaampaa betonimurskaa. (Häkkänen 2020, s. 23; Linden 2017, s. 47–49.)

Betonimursketta valmistavia toimijoita ja sen murskaamisen tarkoitettuja asemia on Suomessa lukuisia. Betonimursketta on käytetty Suomessa rakentamisessa 1990-luvun alusta alkaen ja miljoonien tonnien edestä. Usean vuosikymmenen käytön jälkeen sillä voikin sanoa olevan tutkittua ja dokumentoitua tietoa sen soveltuvuudesta maarakentamiseen. Taavi Dettenborn tutki diplomityössään (2013) betonimurskeen pitkäaikaiskäyttämistä tie- ja katurakenteissa. Hänen tutkimuksensa kohdistui 1990-luvulla sekä 2000-luvun alussa rakennettuihin teihin ja katuihin, joita tutkittiin sekä havaintojen että kirjallisuusselvityksen pohjalta. Tulokset olivat rohkaisevia; tutkimuksessa ilmeni, että sellaiset teiden rakennekerrokset, joissa oltiin joko kantavassa tai jakavassa kerroksessa käytetty betonimursketta, saavuttivat tavallisella kiviainekselle rakennettuihin kerroksiin nähden 15–25 prosenttia suuremman kantavuuden, kun rakenteita tarkasteltiin 13-15 vuoden iässä. (Infra Ry. 2021, s. 4–5.)

4.2 Betonimurskeen luokittelu

Betonimurske on aiemmin luokiteltu neljään eri laatuluokkaan sen teknisten ominaisuuksien mukaan: BeM I, BeM II, BeM III sekä BeM IV (taulukko 1). Luokitukset perustuivat betonin alkuperäiseen käyttötarkoitukseen ja sijaintiin. BeM I on käyttökelpoisinta betonia (epäpuhtauksista vapaa betonijäte, peräisin esimerkiksi betoniteollisuudesta) kun taas BeM IV on ”epäpuhtainta” (purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, uudelleenlujittuminen epävarmaa). Luokitus myös määrittelee kuinka paljon materiaalissa saa olla epäpuhtauksia (esimerkiksi metallia, muovia tai puuta) tai tiiliä. EEJ-asetuksen myötä luokitus on hieman muuttunut siten, että luokat BeM I ja BeM II on jaettu kahtia luokkiin BeM Ia ja Ib sekä BeM IIa ja IIb. A-luokkia käytetään niille murskeille, joiden jätteen luokittelu on päättynyt. BeM III sekä BeM IV säilyvät ennallaan ja ovat jatkossakin jätettä. Alla olevassa taulukossa on esitetty betonin luokitukset ja ominaisuudet. (Infra Ry. 2021, s.4 ja 7–9; Väylävirasto 2022a, s. 17–18.)

Taulukko 1. Betonimurskeen laatuluokittelu (Lähde: Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2024, s. 12)

a)							
BeM I	Epäpuhtauksista vapaa betonijäte, joka on peräisin esim. betoniteollisuudesta (ns. käyttämätön betonijäte)						
BeM II	Betoniteollisuudesta tai purkutyömailta tai muualta rakentamisesta ja purkamisesta peräisin oleva betonijäte						
BeM III	Betoniteollisuudesta tai purkutyömailta tai muualta rakentamisesta ja purkamisesta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen on epävarmaa						
BeM IV	Betoniteollisuudesta, purkutyömailta tai muualta rakentamisesta tai purkamisesta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen on epävarmaa						
b)							
Luokka	Puristus-lujuus [MPa]	Routivuus	E-moduuli [MPa] ⁽¹⁾	Hieno-aines-pitoisuus [paino-%]	Tiilen max. osuus [paino-%]	Muiden materiaalien max. osuus ⁽²⁾ [paino-%]	Kelluvat materiaalit ⁽³⁾ [cm ³ /kg]
BeM Ia BeM Ib	≥ 1,2	Routimaton	700 ⁽⁶⁾	f7	10	1	5
BeM IIa BeM IIb	≥ 0,8	Routimaton	500 ⁽⁶⁾	f7	10	1	5
BeM III	-	Vaihtelee ^(4,5)	280 ⁽⁶⁾	-	10	1	10
BeM IV	-	Vaihtelee ⁽⁴⁾	Vaihtelee	-	30	1	-
1) BeM I ja II saavuttavat esitetyn E-moduulin arvon n. 1-3 kk ja BeM III n. 0-1 kk kuluttua kerroksen tiivistämisestä. Nämä edustavat edullisissa olosuhteissa ohjeiden mukaisesti rakennettuja BeM-kerroksia. Muutoin ko. kantavuuksien kehittyminen kestää pidempään.							
2) esim. metallit, kellumattomat puut, muovit, kumit, asfaltti yms.							
3) esim. solumuovit, mineraalivilla, leca-sora							
4) mikäli hienoainespitoisuus < 7 %, routivuuden arviointi tehdään rakeisuuskäyrän perusteella (SFS 5884:2022 Liite B)							
5) tie- ja katurakenteissa routimattomuutta edellytetään myös BeM III -betonimurskeelta							
6) mitoituksessa on huomioitava alapuolisen kerroksen kantavuus E _A . BeM III:lla voidaan käyttää katujen yms. kantavuusmitoituksessa E _{max} 300 MPa (päällisrakenteen mitoitus on esitetty Liikenneviraston Tie-rakenteen suunnitteluohjeessa 38/2018)							

4.3 Betonimurskeen ympäristökelpoisuus ja haitta-aineet

Rakennusmateriaaleista puhuttaessa ympäristökelpoisuudella viitataan siihen, että materiaalin käytöstä ei aiheudu haittaa tai vaaraa terveydelle tai ympäristölle. Kuten muissakin uusiomateriaaleissa, kohdistuu betonimurskeen mahdolliset ympäristöriskit maarakennuskäytössä pohjaveteen ja maaperään. Puhdas, betoniteollisuuden ylijäämätuotannosta valmistettu BeM Ia-luokan betonimurske on ympäristöominaisuuksiltaan turvallista materiaalia ja sen haitta-ainepitoisuudet ovat matalia. Suurimman ympäristöriskin muodostaa betonin valmistuksessa käytetyn sementin emäksisyys minkä lisäksi betonimurske sisältää jonkin verran sulfaatteja. Näiden vuoksi käyttöä erityisesti pohjavesialueille on rajattu. (Häkkinen 2019, s. 16–17.)

Mikäli betonimursketta ei ole valmistettu tehtaan ylijäämäbetonista, sisältää betonimurske lähes aina muitakin aineisosa kuin pelkkää betonia. Infrakohteissa käytetty betoni sisältää lähes aina rautaa, purettavissa rakennuksissa on tämän lisäksi esimerkiksi tiiltä, puuta tai lasia. Betonimurskeen laatuluokituksessa on määritelty kuinka paljon minkäkin laatuluokan betonimurskeessa saa olla muita materiaaleja kuin betonia. Tiiltä saa BeM I-III luokissa olla maksimissaan 10 prosenttia murskeen painosta, BeM IV tiiltä saa olla 30 prosenttia painosta. Kelluvia materiaaleja, kuten solumuovia, mineraalivillaa tai leca-soraa saa olla BeM I ja II luokissa olla enimmillään viisi prosenttia (cm³/kg) ja BeM III kymmenen prosenttia. Muita materiaaleja, kuten metallia, kellumatonta puuta, muovia ja kumia, saa kaikissa laatuluokissa olla korkeintaan yksi prosentti murskeen kokonaispainosta. Näiden lisäksi purkukohteista hyödynnettävä betonimurske saattaa sisältää haitta-aineita, jotka ovat peräisin betonin käytön aikaisesta pinnoituksesta, saumausaineista ja muista apumateriaaleista sekä purkukohteen käytön aikaisesta kontaminaatiosta. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2024, s. 12; Linden 2017, s. 44–45; Pajukallio, Wahlström ja Alasaarela 2011, s. 71–72.)

4.4 Betonimurskeen ominaisuudet

Betonimurske muistuttaa ulkonäöltään luonnon kiviainesmursketta. Se sisältää reagoimatonta sementtiä, mikä tekee siitä osittain sitoutuvan materiaalin. Betonimurskeen lujituttua sen E-moduuli on suurempi kuin luonnonkiviainekselle vastaavalla rakeisuudella. Betonista on mahdollista valmistaa tarpeen mukaan rakeisuudelta erikokoista mursketta. Mitä pienemmäksi betoni murskataan, sitä paremmat mekaaniset ominaisuudet sillä on. Pienemmän raekoon etuna on myös betonimurskeen puhtaus, kun siihen kuulumattomat materiaalit saadaan paremmin poistettua joukosta. Alla olevassa kuvassa (kuva 7) näkyy betonirouhetta 0/45 mm raekokoon valmistettuna. (Infra Ry. 2021, s. 4; Dettenborn 2013, s. 31.)



Kuva 7. 0/45 betonikiviainesta. Kuva: Rudus

Betonimurskeen käyttö on suunniteltaessa huomioitava muutamassa asiassa. Betonimurske on uudelleen lujittuva materiaali. Lujittuminen kuitenkin vaatii kantavan alustan, huolellisen tiivistämisen optimivesipitoisuudessa ja riittävän jälkihoidon. Matala lämpötila hidastaa lujittumista ja saattaa täten mahdollisesti heikentää kantavuuden ja puristuslujuuden kehittymistä. Murskeen lujittuminen on suurinta muutaman ensimmäisenä vuonna rakentamisen jälkeen, minkä jälkeen se hidastuu. Betonimurskeen lujittumiseen kuitenkin vaikuttaa sen puhtaus ja laatuluokka. Merkitystä on myös sillä, onko murskattu betoni peräisin puretuista rakenteista vai betoniteollisuudesta sillä jälkimmäinen on tasalaatuisempaa ja puhtaampaa. (Infra Ry. 2021, s. 14–15; Lätti 2016, s. 78–79.)

4.5 Käyttötarkoitukset ja -kohteet

Betonimursketta on käytetty aiemmin erityisesti jakavissa ja kantavissa kerroksissa esimerkiksi tierakenteissa. Sitä on hyödynnetty pelkästään Suomessa tie-, katu- ja kenttärakentamisessa lähes 30 vuoden ajan. Betonimurskeen käyttö voisi olla mahdollista myös rata- ja raitiotierakenteissa, mutta näiden osalta vaaditaan vielä lisätutkimuksia, sillä erityisesti ratarakenteissa vaatimukset rakenekerroksille ovat hieman poikkeavat väylärakenteista. Lisäksi niiden kohdalla on huomioitava esimerkiksi runkomelu tai raitiotien osalta sähköjärjestelmän ympäristöön aiheuttavat hajavirrat ja niiden vaikutus betonimurskeen käyttöön. (Linden 2017, s. 86–90.)

Betonimurskeen soveltuva käyttökohde rakennuskerroksissa riippuu käytettävän betonimurskeen laatuluokasta. Kantavaan kerrokseen BeM Ia ja Ib sekä BeM IIa ja IIb soveltuvat kohtalaisesti, BeM III ei puolestaan sovellu lainkaan kantavassa kerroksessa käytettäväksi. Sen sijaan niin jakavaan kuin suodattavaan kerrokseen soveltuvat nämä kaikki, samoin pengertäyttöihin. Lopputäyttöihin kaikki laatuluokkien I-III betonimurskeet soveltuvat vain kohtalaisesti, alkutäytöissä ja arinassa niitä ei ole syytä käyttää. Alla olevassa taulukossa on esitetty eri betonimurskeluokkien soveltuvuus eri rakennusosiin. Kaupungeilla saattaa olla myös omia ohjeita, jotka poikkeavat edellä mainituista. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2024, s. 9–11.)

Taulukko 2. Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit, s. 10

Rakennekerros	BeM Ia ja BeM Ib	BeM IIa ja BeM IIb	BeM III
Kantava kerros	+ ⁽¹⁾	+ ⁽¹⁾	-
Jakava kerros	++	++	++ ⁽⁵⁾
Suodatinkerros ⁽²⁾	++	++	++ ⁽⁵⁾
Penger	++	++	++
Lopputäyttö ⁽³⁾	+	+	+
Alkutäyttö ⁽⁴⁾	-	-	-
Arina ⁽⁴⁾	-	-	-

++ Soveltuu hyvin

+ Soveltuu kohtalaisesti

- Ei sovellu

(1) ++ Rakenteen auki kaivun ollessa vähäistä verkoston huollon takia (esim. tiemäiset kadut, moottoriväylät, jalankulku- ja pyörätiet vapaassa tilassa ja kentät).

(2) Suodatinrakenteen voi olla suodatinkerros tai suodatinkangas tai tarvittaessa molemmat (InfraRYL 2017). Suodatinkerroksessa käytettävän betonimurskeen rakeisuus valitaan siten, että hankekohdaisessa suunnitelmassa tai InfraRYL:ssä esitetyt vaatimukset täyttyvät. Betonimurskeen alla suodatinkangas ei saa olla polyesteriä (PET).

(3) Hyödyntäminen lopputäytössä tehdään verkostonomistajan ohjeiden mukaisesti (Esim. PK-seudulla HSY:n verkoston yhteydessä noudatetaan HSY:n ohjeita (HSY 2024).

(4) Lujittuvia materiaaleja ei käytetä alkutäytössä. Käyttöä arinassa voi rajoittaa pohja- tai orsiveipinnan läheisyys.

(5) Espoossa ei hyväksytä BeM III käyttöä päällysrakenteen tukikerroksessa (jakava kerros ja suodatinkerros).

Betonimurskeen (BeM I-II) on todettu lujittuvan rakenteeseen tiivistettynä ja sillä on suuri E-moduuliarvo (taulukko 3) ja näin ollen sitä käytettäessä rakenteen kantavuus voi parantua. Tämän vuoksi betonimurskeella toteutetun rakenteen paksuutta olisi mahdollista ohentaa, mikäli kantavuusmitoitusta käytettäisiin mitoitusperusteena. Suomessa tie- ja katurakentamisessa routamitoitus on kuitenkin määräävä tekijä ja tämän vuoksi ohentaminen ei ole usein mahdollista, ellei

betonimurskeen käyttöä ole huomioitu ja alkuperäisessä suunnittelussa ja mitoituksessa.

Taulukko 3. Eri betonimurskeluokkien E-moduuliarvot ja muita ominaisuuksia. Lähde: Infra Ry. 2021

Luokka	Puristuslujuus (Mpa)	Routivuus	E-moduuli (MPa) ⁽¹⁾	Hienoainespitoisuus (< 0,063 mm)
BeM I	≥ 1,2	Routimaton	700	< 7 %
BeM II	≥ 0,8	Routimaton	500	< 7 %
BeM III		Vaihtelee ⁽²⁾	280	Vaihtelee
BeM IV		Vaihtelee ⁽²⁾	Vaihtelee	Vaihtelee

(1) BeM I ja II saavuttavat E-moduulin arvon n. 1-3 kk ja BeM III n. 0-1 kk:n kuluttua kerroksen tiivistämisestä. Nämä edustavat edustavissa olosuhteissa ohjeiden mukaisesti rakennettuja betonimurskekerroksia. Muutoin kantavuuksien kehittyminen voi kestää pidempään tai niitä ei saavuteta.

(2) Tie- ja katurakenteissa edellytetään routimattomuutta myös BeM III murskeilta

4.6 Ennakkotutkimukset

Mikäli purettavaa betonirakennetta suunnitellaan jalostettavan betonimurskeeksi, on siitä välttämätöntä tehdä ennakkotutkimuksia jo ennen purkuhankkeeseen ryhtymistä. Näytteenotto tulee toteuttaa siten, että sen avulla saadaan mahdollisimman kattava ja laaja-alainen käsitys betonirakenteen ominaisuuksista ja se tulee olla aiheeseen perehtyneen asiantuntija suorittama. Betonimateriaalista tulee tutkia sekä teknisten ominaisuuksien laadunvalvontaan liittyvä näytteenotto sekä ympäristökelpoisuuden tutkimiseen liittyvä näytteenotto. Jälkimmäiseen liittyen rakenteesta porattavien näytteiden avulla suoritetaan haitta-ainekartoitus, jonka avulla selvitetään rakenteet haitta-aineet, joilla on merkitystä betonirakenteen jatkokäytön kannalta. Tyypillisimmät haitta-aineet vaihtelevat betonirakenteen rakentamisajankohdan mukaan, alla olevassa taulukossa on esitetty siltojen tyypillisimpiä materiaaleja ja niissä käytettyjä haitta-aineita rakentamisajankohdan mukaan jaoteltuna. (Väylävirasto 2022a, s. 15–16; Väylävirasto 2019, s. 20–23.)

Taulukko 4. Siltojen tyypillisimpiä materiaaleja ja niiden haitta-aineita. Lähde: Siltojen ja muiden taitorakenteiden purkubetonijätteen hyödyntäminen s. 22

Tutkittavat haitta-aineet	Asbesti ennen vuotta 1995	PCB ennen vuotta 1984	PAH ennen vuotta 1980	Raskasmetallit, sisältää lyijyn	Lyijy ennen vuotta 1990
sauma-aineet	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä
eristeet	kyllä	ei	kyllä	ei	ei
teräsmaalit	kyllä	kyllä	ei	kyllä	ei
betonimaalit	kyllä	kyllä	ei	kyllä	ei

5 Uusiomateriaalien käyttö suunnittelun kannalta

Uusiomateriaalien mahdollinen käyttö tulisi huomioida jo varhaisessa vaiheessa hanketta. Mikäli niiden käyttöön havahdutaan vasta toteutusvaiheessa, ei silloin ole välttämättä riittävästi aikaa eri materiaalien tutkimiseen, tarvittavien lupien hankkimiseen eikä vaihtoehtojen vertailuun ja suunnitteluun. Uusiomateriaalien käyttö suunnitteluhankkeessa voi lähteä joko siitä näkökulmasta, että käytettävissä olisi joku sopiva materiaali (esimerkiksi purkubetonikohde) tai siitä, että hankkeessa haluttaisiin mahdollisuuksien mukaan hyödyntää uusiomateriaaleja. (Ahlqvist 2018.)

Jo yleissuunnitteluvaiheessa olisi hyvä alustavasti pohtia ja tarkastella saatavilla olevia uusiomateriaaleja sekä niiden mahdollisia hyödyntämiskohteita. Viimeistään tie-, rata- ja katusuunnitteluvaiheessa tulisi kartoittaa käytössä olevia materiaaleja ja tarvittaessa käynnistää ympäristölupaprosessia. Tässä vaiheessa suunnitelmassa on mahdollista esittää vaihtoehtoisia materiaaleja ja rakenneratkaisuja, mutta niitä ei vielä virallisesti hyväksytä hallinnollisessa päätöksenteossa. Rakennussuunnitteluvaiheessa on ajankohtaista syvällisempi tarkastelu ja päätöksenteko käytettävien materiaalien ja niiden saatavuuden, tarvittavien määrien, varastoinnin ja kuljetuksen suhteen. Tällöin on tehtävä myös vaihtoehtotarkasteluja ja kustannusvertailuja eri ratkaisujen välillä sekä laadittava laadunvarmistussuunnitelmat ja viimeistään haettava mahdolliset tarvittavat luvat. (Ahlqvist 2018.)

Suunnittelun avuksi on olemassa erilaisia ohjeita ja käsikirjoja, joissa avataan uusiomateriaalien käyttöä. InfraRYL luonnollisesti määrittää osaltaan reunaehdot, lisäksi on saatavilla materiaalikohtaisia ohjeita sekä materiaalituottajien tekeminä että erilaisissa muissa julkaisuissa. Betonimurskeen osalta ohjeensa ovat laatineet niin Helsinki, Espoo, Tampere, Turku ja Vantaa yhteistyönä julkaistussa Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa -ohjeessa, josta uusin versio on julkaistu vuonna 2024, kuin esimerkiksi Väylävirasto väylähankkeiden osalta (Betonijätteen käsittely ja käyttö väylähankkeissa) sekä Infra

Ry tiehankkeiden osalta (Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa). Näissä on tosin syytä huomioida EEJ-asetuksen aiheuttamat muutokset erityisesti aiempina vuosina julkaistun materiaalin osalta. Uuma3-hankkeen tiimoilta on vuonna 2020 laadittu Uusiomateriaalit kaupunkien infrarakentamisessa -käsikirja, lisäksi esimerkiksi Väyläviraston julkaisemassa Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa -julkaisussa on esitelty selkeästi niin uusiomateriaalien teknisen soveltuvuuden arviointia kuin uusiomateriaalien käyttöä myös suunnittelun näkökulmasta.

6 Purkujätteen käyttö Keravalla

Purkujätteen aiempaa käyttöä Keravalla on selvitetty haastattelemalla rakentamisyksikön päällikköä Jali Vahlroosia 13.3.2024.

6.1 Aiemmat käyttökohteet

Keravalla on uusiomateriaaleista käytetty aikaisemmin vaahtolasia ja betonimursketta. Vaahtolasia on käytetty kevennysmateriaalina Pohjois-Kytömaalla ja Keinukallion alueella.

Betonimursketta oltiin käytetty Kivisillan kaava-aluetta rakennettaessa. Vinkki kohteeseen soveltuvasta betonijätteestä tuli teknisen lautakunnan jäseneltä. Betonimurske oli suurelta osin peräisin helsinkiläisen Pakilan yläasteen purusta. Käytetystä murskeesta tuli noin 3000 tonnia tästä kohteesta ja loput tarvittavat betonimurskeet toimitti Purkupiha Lahti.

Rakentaminen suoritettiin kokonaisurakkana ja tarjouksessa urakoitsijat saivat itse esittää tarjouksensa joko betonimurskeella tai luonnonkiviaineksella. Betonimurskeella urakan hinta osoittautui edullisemmaksi. Alun perin idea murskeen käyttöön tässä kohteessa syntyi juurikin kustannustehokkuuden kautta, lisäksi Kivisillan alueen sijainti asuntomessualueella (vaikkakin asuntomessut peruuntuivat, tilalle tuli Uuden rakentamisen festivaali, URF), jossa yhtenä teemana oli kiertotalous, mikä edesauttoi syntynyttä ajatusta kierrätetyn materiaalin käytöstä.

Suunnitteluvaiheessa määriteltiin reunaehdot ja mahdolliset esteet betonimurskeen käyttämiselle. Osassa aluetta paineellinen pohjavesi esti betonimurskeen käytön. Suunnittelu tilattiin Rambollilta ja he hoitivat suunnitteluun liittyvät asiat. Rakentaminen hoidettiin MARA-asetuksen mukaisella luvalla, urakoitsija hoiti luvat ELY-keskukseen ja tilaajan rooliksi jäi valtakirjan toimittaminen. Koko prosessi sujui tilaajan näkökulmasta helposti ja kesti pari-kolme viikkoa. Maarakennustyöt alkoivat kesäkuussa 2022 ja betonimurskeen hyödyntäminen tapahtui kokonaisuudessaan vuoden 2022 aikana.

Kivisillassa betonimursketta käytettiin katujen jakavassa kerroksessa, kantavassa käytettiin ainoastaan luonnonkivimursketta. Betonimursketta hyödynnettiin vain katualueilla, ei esimerkiksi kenttäalueilla. Jälkikäteen pohdittiin, että betonimursketta olisi ehkä voinut hyödyntää laajemmaltikin, mutta koska kenttäalueiden jatkokäytöstä messujen jälkeen ei ollut selvyyttä ja oli epäselvää, miten betonimursketta olisi pitänyt käsitellä, mikäli se jouduttaisiin kaivamaan esiin niin nähtiin varmemmaksi olla käyttämättä sitä muilla kuin katualueilla.

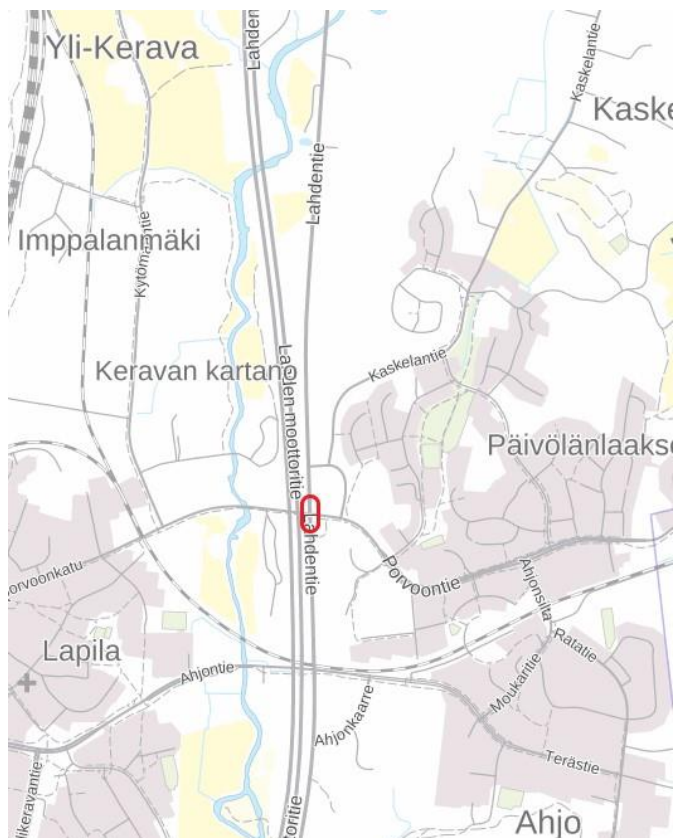
Koivulan työpaikka-alueen viereisen liittymän rakentamisessa oli urakkaohjelmassa sallittu betonimurskeen käyttö. Kyseisellä hankkeella oli kuitenkin luonnonkiviainesta saatavilla helposti aivan läheltä ja siksi päädyttiin lopulta käyttämään sitä betonimurskeen asemasta.

6.2 Pohjois-Ahjon risteyssilta

Pohjois-Ahjon risteyssilta (kuva 8) on Keravan läntisessä osassa sijaitseva betonirakenteinen risteyssilta. Sillan päällä kulkee Vanha Lahdentie ja sen alitse puolestaan Porvoontie (kuva 9). Alkuperäinen silta oli rakennettu vuonna 1957 ja se oli tullut käyttöikänsä päähän. Lisäksi ongelmaksi oli muodostunut se, että silta oli jo lähtökohtaisesti mitoitettu liian kapeaksi niin, että sen alitse kulkevan Porvoontien kevyenliikenteenväylä ei ollut koneellisesti talvikunnossapidettävissä väylän kapeuden vuoksi.



Kuva 8. Vanha siltarakenne etualalla, vasemmassa reunassa näkyy vanha kevyen liikenteen väylä. (Keravan kaupunki)



Kuva 9. Purettavan ja uuden rakennettavan sillan sijainti.

Vanhan sillan purkutyöt alkoivat helmikuussa 2024. Vanhasta sillasta saatava betoni oli alun perin tarkoitus murskata ja hyödyntää uuden sillan ympäristäytöissä. Vanhan sillan betonille oltiin tehty hyötykelpoisuustutkimukset ja se oltiin todettu soveltuvaksi murskeen valmistamiseen. Hanke suunniteltiin ulkopuolisella suunnittelijalla ja myös heidän kanssaan oltiin keskusteltu aiheesta.

Lopulta kävi ilmi, että purettavasta sillasta saatavat betonimäärät jäivät luultua pienemmiksi, alle 300 kuution raakabetonia raudoituksen poistamisen jälkeen. Vielä suuremmaksi esteeksi betonin murskaamiseen ja hyödyntämiseen tuli vä-livarastointiin soveltuvan tilan puute sillä sellaista ei lopulta löytynyt riittävän läheltä. Näiden syiden vuoksi purkubetonin hyötykäytöstä päädyttiin hankkeen edetessä luopumaan.

6.3 Uusiomateriaalien käytön haasteita ja mietteitä

Kokemus uusiomateriaaleista ja etenkin muista kuin ulkopuolelta ostetuista on Keravalla ollut melko vähäistä. Yhtenä selittävänä tekijänä tähän nähtiin tuotanto-ongelmat eli mikäli jostain purettavasta kohteesta löytyy uusiorakentamiseen soveltuvaa materiaalia, on pienemmässä kaupungissa hankalampi löytää sille sopiva käyttökohde kuin isommissa kaupungeissa. Osassa materiaaleista pidempi välivarastointi ei onnistu ilman, että sillä on vaikutusta materiaalin käyttökelpoisuuteen ja vaikka materiaali sietäisikin pidemmän välivarastoinnin, tarvitaan siihen soveltuva tila, joita ei tiivistä rakennetussa kaupungissa juurikaan ole.

Ohjeistusta ja tietoa koettiin olevan hyvin saatavilla erilaisissa julkaisuissa ja muissa materiaaleissa. Tiedyt asiat aiheuttivat kuitenkin epätietoisuutta, esimerkiksi Kivisillassa, jossa betonimursketta käytettiin vain katurakenteissa, oli hie-man epäselvää mitä käytetylle betonimurskeelle tulisi tehdä, mikäli se jouduttai-siin kaivamaan myöhemmin esiin ja millä statuksella sitä tällöin käsiteltäisiin. Myös pitkäaikaiset käyttökokemukset mietityttivät, etenkin vesihuollon osalta liit-tyen siihen, kun vesihuoltoa joudutaan ajan myötä saneeraamaan ja epäsel-väksi jäi vaikuttaako käytetty betonimurske esimerkiksi materiaalin tiivistymi-seen vesihuollon laitteiden läheisyydessä tai voiko se aiheuttaa jotain muutok-sia putkille. Vaikka tietoa oli saatavilla hyvin ja runsaasti, koettiin kaiken tiedon sisäistäminen ja sen käytäntöön paneminen ja hyödyntäminen haasteellisem-pana.

Yhtenä haasteena nähtiin myös se, että uusiomateriaalien käyttöä ja etenkin omasta takaa saatavien materiaalien käyttöä tulisi tarkastella nykyistä laaja-alai-semmin ja sitä tulisi pohtia jo kaavoituksen yhteydessä yleissuunnittelua teh-dessä. Keravalla ei kaavoitusvaiheessa ole juurikaan kiinnitetty siihen huomiota ja jos asiaa aletaan tarkastelemaan vasta suunnitteluvaiheessa, ollaan silloin usein jo myöhässä. Mikäli yhteistyötä uusiomateriaalien hyödyntämisen suhteen

tiivistettäisiin kaupungin eri tasoilla ja niiden käyttäminen otettaisiin nykyistä paremmin huomioon jo kaavoituksen alkuvaiheesta lähtien, tulisi olemassa olevien materiaalien hyödyntäminen luontevammaksi osaksi toimintaa.

7 Pohdintaa

Opinnäytetyöprosessi sai alkunsa vuoden 2023 kesällä kun Keravalla oltiin varautumassa Porvoontien sillan uusimiseen ja kaupungissa heräsi idea hyödyntää vanhasta sillasta saatavaa betonimurskettä muussa infrarakentamisessa. Kaupungilla myös todettiin, että uusio- ja purkumateriaalien käyttöä ei oltu tehty erityisen koordinoitusti tai suunnitelmallisesti eikä niihin liittyvää tietoa ollut kerätty mihinkään. Yhteistyössä päädyttiin siihen, että näissä olisi ainesta opinnäytetyöhön.

Alkuperäinen ajatus Porvoontien sillan purkubetonin käytöstä kuitenkin suli pois seuraavan vuoden aikana ja sen myötä opinnäytetyön sisältö muuttui jonkin verran aiemmin suunnitellusta kohti teoreettisempaa sisältöä ja silta purkubetoneineen jäi lähinnä sivuhuomioksi.

Opinnäytetyöprosessin aikana tuli huomattua, että aiheesta oli jo olemassa runsaasti tietoa ja tutkimuksia, ja suurimmaksi haasteeksi aiheen tiimoilta tuntuikin muodostuvan se, että miten kaikesta materiaalista on mahdollista löytää juuri omaan käyttötarkoitukseen soveltuvaa, ajantasaista tietoa. Koska EEJ-asetus on tullut voimaan vasta muutama vuosi sitten, ei sitä luonnollisesti ole huomioitu kaikessa aiheeseen liittyvässä materiaalissa. Tämä haaste koski sekä opinnäytetyön tekoa että tiedon ja kokemusten löytämistä niissä tapauksissa, kun olisi halua hyödyntää purkumateriaaleja.

Resurssit purkumateriaalien hyödyntämiseen ovat varmasti aivan erilaiset isommissa kaupungeissa, joissa henkilöstöresurssit ovat suuremmat, kuin Keravan kaltaisissa pienemmissä kaupungeissa. Esimerkiksi monessa isommassa kaupungissa työskentelee nykyään massakoordinaattoreita, joiden ansiosta kaikki kaupungin massoihin liittyvä tieto on kootusti yhden henkilön hallussa ja hänellä mahdollisuus keskittyä aihepiiriin paremmin kuin henkilöillä, joiden toimenkuvaan kuuluu monia muitakin töitä.

Myös Keravan maantieteellinen pienuus aiheuttaa haasteita purkuhankkeiden suhteen, kun paikkoja materiaalien varastointiin ei ole samalla tavoin kuin pinta-alaltaan suuremmissa kaupungeissa. Koska myös soveltuvia kohteita puretuille materiaaleille on vähemmän kuin isommissa kaupungeissa, olisi välivarastoinnin järjestäminen kriittistä sen vuoksi, että on melko harvinaista, että samaan aikaan sekä puretaan yksi kohde että tarvitaan materiaalia toiseen.

Kuntarajat ylittävä yhteistyö mahdollistaisi varmasti paremman ja tehokkaamman purkumateriaalien hyödyntämisen mikä puolestaan edesauttaisi valtion määrittelemään kierrätystavoitteeseen pääsemistä. Olisi myös toivottavaa, että kiertotalous huomioitaisiin kuntien ja yhteisön resursoinneissa niin, että myös pienemmissä kaupungeissa mahdollistettaisiin asian kanssa työskentelevien henkilöiden perehtyminen aihepiiriin ja toisaalta uskallettaisiin rohkeasti kokeilla erilaisia keinoja kiertotalouden tehostamiseksi ja muuttumiseksi sanoista tekoihin.

Lähteet

Ahlqvist, Elina. 2018. Uusiomateriaalit suunnittelussa ja hankinnoissa. Power point -esitysmateriaali, Liikenneviraston uusiomateriaali-iltapäivä 8.5.2018. https://vayla.fi/documents/25230764/35414496/4_Ahlqvist_Uusiomateriaalit+suunnittelussa+ja+hankinnassa.pdf/7ad04333-20df-4fb8-a638-bc22eb45c038/4_Ahlqvist_Uusiomateriaalit+suunnittelussa+ja+hankinnassa.pdf?t=1526046722949

Apila Group Oy. Rengasrouheen käyttö maarakennuskohteissa. https://www.rengaskierratys.com/files/74/Rengasrouhe_maarakentamisessa_6.2015.pdf

Aro, Marko. 2022. Betonimurskeen hyödyntäminen rakentamisessa. Opinnäyte-työ. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Betoniteollisuus Ry. Betonin valmistus. Verkkosivu. <https://betoni.com/tietoa-betonista/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-valmistus/>

Dettenborn, Taavi. 2013. Betonimurskerakenteiden pitkäaikaistoimivuus. Diplomityö, Aalto-yliopisto. <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/7da385aa-fc3b-4405-9e8e-f9f5c38a3047/content>

Foamit. 2022. Foamit keventää osaltaan Paraisten uusien ekotalojen hiilijalanjälkeä. <https://foamit.fi/foamit-keventaa-osaltaan-godain-ekotalojen-hiilijalanjalkea/>

Gles, kierrätysbetonin seulontaa. Valokuva. <https://www.gles.fi/wp-content/uploads/2015/10/Kierratysbetonin-seulontaa.jpg>

Gles, leukamurskain. Valokuva. https://www.gles.fi/betonimurske/keestrack_giove_leukamurskain_2/

Gles, rammerointia. Valokuva. <https://www.gles.fi/kokonaispurku/rammerointi-web/>

Halme, Pasi. 2017. Ympäristönsuojelulaki, luvan tarve ja lupakäsittely. Powerpoint-esitys, Tampereen kaupunki. <https://ym.fi/documents/1410903/26306728/Pasi+Halme+Ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki+luvan+tarve+ja+lupak%C3%A4sittely.pdf/b3132ae1-7d21-3127-9eb7-26c5079fe064/Pasi+Halme+Ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki+luvan+tarve+ja+lupak%C3%A4sittely.pdf?t=1681394983565>

Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit. 2019. Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa. Ohje, 4/2019. <https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/betonimurske.pdf>

Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit. 2024. Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa. https://uusiomaarakentaminen.fi/wp-content/uploads/sites/5/2024/02/2024_02_01_Betonimurske-kaupunkien-julkisessa-maarakentamisessa.pdf

Häkkinen, Sami. 2019. Betonijätteen hyödyntämisen toimintamalli maarakentamisessa. Diplomityö, Aalto yliopisto. <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/340870ff-d1bf-4bf8-b183-4b47995edfe2/content>

Häkkänen, Markus. 2020. Purkubetonin hyödyntäminen rakennushankkeella. Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/334745/Markus_H%C3%A4kk%C3%A4nen.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Infra Ry. 2021. Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa. Infra Ry:n ohje. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Betonimurske%20teknisen%20soveltuvuuden%20arviointi_web.pdf

Jaskari, Teemu. 2023. Purkumateriaalien uusiokäyttö Suomessa. Kandidaatintyö, Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/149139/JaskariTeemu.pdf?sequence=2>

Jätelaki 2011/646. Annettu 1.5.2012.

Juuma, Kauhanen, Kontas, Korhonen, Lehtoväre, Leskelä, Liisanantti, Luiro, Mikkola, Nurmela, Ohtamaa H., Ohtamaa S., Ojamaa, Palola, Snäkin, Soppela ja Vähärautio. 2020. Tuhkat kiertotaloudessa. Lapin amkin julkaisuja. Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 27/2020.

Kauppila Jussi, Turunen Topi, Häkkinen Eevaleena, Salminen Jani & Lazarevic David. Jätteeksi luokittelun päättymisen hyödyt ja haitat. Ympäristöministeriön raportteja 9/2018.

Keravan kaupunki. Pohjois-Ahjon risteyssillan uusimistyöt alkavat tammikuussa 2024. <https://www.kerava.fi/kadut-ja-liikenne/pohjois-ahjon-risteyssillan-uusimistyot-alkavat-tammikuussa-2024/>

Kuisma, Santtu. 2013. Vaahtolasimurskeen hyödyntäminen kevennysrakenteissa ja routaeristeenä kaupunkiympäristössä. Diplomityö, Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/21850/Kuisma%20Santtu.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Kunnas, Tuuli. 2023. Betonimurske – jätettä vai ei? Ja mitä väliä sillä on? Betoni-verkkolehti 01/2023. <https://betoni.com/lehti/2023/03/03/betonimurske-jatetta-vai-ei-ja-mita-valia-silla-on/>

Lahdensivu Jukka, Huuhka Satu, Annila Petri, Pikkuvirta Jussa, Köliö Arto ja Pakkala Toni. 2015. Betonielementtien uudelleenkäyttömahdollisuudet. Tutkimusraportti 162, Tampereen teknillinen yliopisto. https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116584/lahdensivu_betonielementtien_uudelleenkayttomahdollisuudet.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lassila & Tikanoja. 2023. Jätehierarkia käytännössä: kuinka yritys voi vähentää ympäristökuormaa. <https://www.lt.fi/blogi/kuinka-toteuttaa-jatehierarkiaa-teollisuudessa>

Lehtonen, Katja. 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjiille. Ympäristöministeriön julkaisu 2019/29. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161884/YM_2019_29.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Linden, Tuomas. 2017. Betonimurskeen käyttö raitiotierakentamisessa. Diplomityö, Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/25813/linden.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Lätti, Elina. 2016. Vaihtoehtoisten maarakennusmateriaalien mekaaniset ominaisuudet. Liikennevirasto, opinnäytetyö 2/2016. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121926/opin_201602_vaihtoehtoisten_maarakennusmateriaalien_web.pdf?sequence=4

Maankäyttö- ja rakennuslaki 199/132. Annettu voimaan 1.1.2000.

Nousiainen, Linda. 2020. Rakentamisen purkujätteen uudelleen tai uusiahyödyntäminen. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu.

Pajukallio Anna-Maija, Wahlström Margareta ja Alasaarela Erkki (toim.). 2011. Maarakentamisen uusiomateriaalit. Ympäristöministeriön raportteja 11/2011.

Peuranen Else ja Hakaste Harri (toim.). 2014. Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma. Ympäristöministeriön raportteja 17/2014.

Routa-Lindroos Satu ja Nenonen, Nina. 2014. Luonnonkiviainesten ja niitä korvaavien uusiomateriaalien käyttö Pirkanmaalla. Pirkanmaan POSKI-hanke, Pirkanmaan liitto. https://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/sites/default/files/Luonnonkiviainesten%20ja%20uusiomateriaalien%20k%C3%A4ytt%C3%B6_valmis_140915.pdf

Rudus. Tuotteet, 0/45 Betoroc kierrätyskiviaines. <https://www.rudus.fi/tuotteet/kiviainekset/betoroc-kierratyskiviainekset/21000/betoroc-bem-ii-a-0-45>

Rudus 2018. Betonimurskeen käyttö laajenee ja laatu tarkentuu. <https://www.rudus.fi/ajankohtaista/2018/04/26/betonimurskeen-kaytto-laajenee-ja-laatu-tarkentuu>

Rudus 2022. Odotettu asetus hyväksyttiin - Betonimurskeen jätteeksi luokittelu päättyy 1.9.2022. <https://www.rudus.fi/ajankohtaista/2022/06/17/odotettu-asetus-hyvaksyttiin-betonimurskeen-jatteeksi-luokittelu-paattyy-1-9-2022>

Saarelma, Hanna. 2011. Loppusijoitettavan lentotuhkan ominaisuuksia. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34232/Saarelma_Hanna.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tampereen yliopisto. 2023. Rengasleikettä meluvalliin Lempäälässä. Uutinen. <https://projects.tuni.fi/ratki/uutiset/rengasleiketta-meluvalliin-lempaalassa/>

Tilastokeskus. 2023. Vuoden 2021 jätekertymä kasvoi edellisvuodesta – syynä kaivannaisjätteiden ja niitä jalostavan teollisuuden jätteiden määrän kasvu. Tiedote, julkaistu 13.6.2023. <https://stat.fi/julkaisu/cl8ipaww210ex0bw5b89zwp1>

Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa. Väyläviraston ohjeita 20/2022. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-20_uusiomateriaalien_kaytto_web.pdf

Valtioneuvosto. 2023. Ympäristöministeriön asetus purkumateriaali- ja rakennusjätteselvityksestä. Säädösvalmistelu. <https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=YM030:00/2023>

Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista. Soveltamisohje, 08/2022. <https://ym.fi/documents/1410903/38678498/Betonimurske-EEJ-asetuksen+soveltamisohje+31082022.pdf/>

Valtioneuvoston asetus jätteistä. 2021/978.

Virtanen, Taneli. 2023. Renkaiden uusiokäyttö infrarakentamisessa. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/794722/Virtanen_Taneli.pdf?sequence=5

Väylävirasto. 2019. Siltojen ja muiden taitorakenteiden purkubetonijätteen hyödyntäminen. Väyläviraston tutkimuksia 8/2019. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/168146/vt_2019-08_978-952-317-679-9.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Väylävirasto. 2022a. Betonijätteen käsittely ja käyttö väylähankkeissa. Väyläviraston ohjeita 43/2022. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-43_Betonijate_web.pdf

Väylävirasto. 2022b. Uusiomateriaalien käyttö väylärakentamisessa. Väyläviraston ohjeita 20/2022. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-20_uusiomateriaalien_kaytto_web.pdf

Yle. 2022. Suomi aikoo puolittaa betonirakentamisen päästöt lähivuosina – vähähiilisten tuotteiden kysyntä kasvaa, ja yritykset kehittävät uusia ratkaisuja vauhdilla. Verkkoartikkeli, julkaistu 22.2.2022. <https://yle.fi/a/3-12324386>

Yle. 2023. Rakennus- ja purkujätteiden kiertotalous tökkii Suomessa, hyödyntämistä on juuttunut alle 60 prosenttiin. Verkkoartikkeli, julkaistu 26.9.2023. <https://yle.fi/a/74-20051978>

Suomen ympäristökeskus & Ympäristöministeriö. 2023. Ilmoitus jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Julkaisu. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ysln-kertaluonteiset-ilmoitusmenettelyt/jatteiden-hyodyntaminen-maarakentamisessa>

Ympäristöministeriö. n.d.a. Jätelaki ja asetukset – mikä muuttui, miten toimin? Verkkosivu. <https://ym.fi/jatteet/jatelaki>

Ympäristöministeriö. n.d.b. Valtioneuvoston asetus arviointiperusteista sen määrittämiseksi milloin betonimurske lakkaa olemasta jätettä. Säädosvalmistelu. <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM034:00/2018>

Ympäristöministeriö. 2019. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, soveltamisohje. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/MARA_soveltamisohje_versio_020719-76828F77_2CD0_40E6_90ED_8D4ABBD81EC8-148047.pdf/7dbbf52-a791-deb1-4550-0a1163dc2aa7/MARA_soveltamisohje_versio_020719-76828F77_2CD0_40E6_90ED_8D4ABBD81EC8-148047.pdf?t=1603260912567

Ympäristöministeriö. 2024. Ilmoitus melua tai tärinää aiheuttavasta tilapäisestä toiminnasta. Verkkosivu. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/ysln-kertaluonteiset-ilmoitusmenettelyt/melua-tai-tarinaa-aiheuttava-tilapainen-toiminta>

Zhu et al. Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisuuden näkökulmasta. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:15. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163832/VN_Teas_2022_15.pdf?sequence=1&isAllowe

