

# **Betonimurske kasvualustassa**

**Kiertotalouden edistäminen viherrakentamisessa ja betonimurskeen pilotointi puiden kantavassa kasvualustassa**

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK), Kestävä kaupunkiympäristö

2025

Eva-Maria Tavast

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Eva-Maria Tavast	Julkaisun laji Opinnäytetyö, YAMK Sivumäärä 74	Valmistumisaika 2025 Liitesivuja 7
Työn nimi <b>Betonimurske kasvualustassa</b> Kiertotalouden edistäminen viherrakentamisessa ja betonimurskeen pilotointi puiden kantavassa kasvualustassa		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (YAMK), Kestävä kaupunkiympäristö		
Toimeksiantajaorganisaatio Viherympäristöliitto ry		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tutkittiin betonimurskeen hyödyntämistä kasvualustassa. Tutkimusta varten rakennettiin kaksi koeluetta, joissa tutkittiin betonimurskeen vaikutuksia kantavuuteen, hulevesiin ja puiden elinvoimaisuuteen puiden kantavassa kasvualustassa. Koerakenteissa käytettiin kahta erilaista betonimursketta ja viittä eri puulajia. Koelueiden seurantatyöt jatkuvat kaksi vuotta rakentamisen jälkeen, mutta betonimurskeen pitkäaikaisvaikutuksia katupuihin voidaan arvioida vasta vuosien päästä.</p> <p>Tutkimuksen taustamateriaaliksi kerättiin olemassa olevia kansainvälisiä ja kotimaisia betonimurskeella toteutettuja kasvualustakohteita, selvitettiin betonimurskeen hyödyntämiseen liittyvää lainsäädäntöä ja ohjeistuksia, haastateltiin puuasiantuntijoita, tehtiin kysely betonialan toimijoille sekä käytiin keskustelua uusiomaanrakentamisen asiantuntijoiden kanssa.</p> <p>Selvityksen perusteella betonimurske on potentiaalinen luonnonkiven korvaaja puiden kantavassa kasvualustassa. Betonimurskeen hyödyntäminen kasvualustassa edellyttää vielä lainsäädännön kehittämistä ja eri toimijoiden yhteistyötä tehokkaamman materiaalikierron ja sujuvampien rakentamistapojen saavuttamiseksi. Sopivan materiaalin saatavuus paranee, mikäli betonimurskeen hyödyntämisen raja-arvoja ja ohjeita kasvualustassa tarkennetaan, ja materiaalin kysyntä kasvaa.</p>		
Asiasanat kiertotalous, betonimurske, hiilensidonta, Ei enää jätettä-asetus, kantava kasvualusta, katupuu		

## Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Eva-Maria Tavast	Thesis, UAS	2025
	Number of Pages	Page of appendices
	74	7
Title of Publication		
<p><b>Crushed concrete in growing medium</b></p> <p>Promoting the circular economy in landscaping and testing crushed concrete in structural soil for street trees</p>		
Degree, Field of Study		
Master of Engineering (UAS), Sustainable urban environment		
Organisation of the client		
The Finnish Association of Landscape Industries		
Abstract		
<p>The thesis examined the utilization of crushed concrete in growing medium. Two experimental areas were built to study the effects of crushed concrete on load-bearing capacity, water samples, tree vitality in structural soil for trees. Two different types of concrete aggregate and five different tree species were used in the experimental structures. Monitoring work of the test areas will continue two years after construction but the long-term effects of concrete aggregate on street trees can only be assessed after several years.</p> <p>Background materials for the research were gathered from existing international and domestic sites, legislation and guidelines related to the utilization of crushed concrete were examined, tree experts were interviewed, a questionnaire survey was conducted of concrete manufacturers and discussions were held with experts in construction using recovered material.</p> <p>The study revealed that crushed concrete is a potential substitute for natural stone in structural soil for trees. However, the utilization of crushed concrete in structural soil still requires the further development of legislation to achieve a more efficient material cycle and smoother construction methods. The availability of suitable material will improve if the limit values and instructions for utilizing crushed concrete in structural soil are clarified, and the demand for the material will increase.</p>		
Keywords		
circular economy, crushed concrete, carbon sequestration, End-of-Waste criteria, structural soil, street tree		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Työn tavoite ja tutkimusmenetelmät.....	3
2.1	Työn tavoite.....	3
2.2	Tutkimusmenetelmät .....	3
2.3	Työn taustaa – betonimurskeen käyttökohteita.....	4
2.3.1	Cementparken, Malmö .....	5
2.3.2	”Stockholm Solution”, Tukholma .....	6
2.3.3	Kantavan kasvualustan koealue, Helsinki.....	9
2.3.4	Konalan maisemavalli, Helsinki .....	11
2.3.5	Vuosaarenhuippu, Helsinki .....	14
2.3.6	Kasvikaton kasvualusta .....	15
3	Betonimurske.....	17
3.1	Betonimurske materiaalina .....	17
3.1.1	Betonimurskeen karbonatisoituminen .....	18
3.2	Betonimurskeen hyödyntäminen.....	20
3.3	Säädökset, ohjeet ja soveltaminen .....	21
3.3.1	MARA-asetuksen mukaisen betonimurskeen hyödyntäminen.....	23
3.3.2	EEJ-betonimurskeen hyödyntäminen .....	24
3.3.3	Betonimurskeen hyödyntäminen ympäristöluvalla tai pienimuotoisesti.....	25
3.3.4	Betonimurskeen lujittuminen.....	25
3.3.5	Työmaalla huomioitavaa.....	26
3.3.6	Uudelleen käyttö, kierrätettävyys ja käytöstä poisto.....	26
3.4	Betonimurskeen hiilijalanjälki.....	27
3.5	Betonimurske kasvualustassa .....	28
3.5.1	Kasvualustan sopiva pH-arvo eri puulajeille.....	29
3.6	UUMA5.....	30
4	Kantava kasvualusta.....	32
4.1	Kantavan kasvualustan historia .....	32
4.2	Kantavan kasvualustan tarkoitus, käyttö ja ominaisuudet .....	33
4.2.1	InfraRYL: materiaalivaatimukset ja ohjeet.....	34
4.2.2	InfraRYL: rakentamisen ja kelpoisuuden vaatimukset ja ohjeet .....	35
5	Betonimurske puiden kantavassa kasvualustassa – koealueet.....	38
5.1	Tutkimuskoealueiden lähtökohdat ja tavoitteet .....	38
5.2	Koemateriaalit .....	39

5.2.1	EEJ-betonimurske .....	39
5.2.2	Kevytsorabetonimurske .....	40
5.3	Koalueiden seuranta.....	40
5.3.1	Kantavuusmittaukset .....	41
5.3.2	Vesinäytteet.....	42
5.3.3	Puiden elinvoimaisuus .....	44
5.4	Lahden koalue.....	44
5.4.1	Koaluesuunnitelma .....	45
5.4.2	Rakentaminen .....	47
5.4.3	Ensimmäiset tutkimustulokset.....	48
5.5	Vantaan koalue .....	53
5.5.1	Koaluesuunnitelma .....	53
5.5.2	Rakentaminen .....	55
5.5.3	Ensimmäiset tutkimustulokset.....	57
5.6	Koemateriaalien kustannukset.....	59
6	Markkinakysely betoni-, purku- ja kierrätysalan toimijoille .....	61
7	Puuasiantuntijoiden haastattelut .....	63
8	Johtopäätökset ja pohdinta .....	65
	Lähteet.....	69

Liite 1. Kalkkipitoiseen maahan soveltuvia kasveja

Liite 2. Markkinakysely betoni-, purku- ja kierrätysalan toimijoille

Liite 3. Puuasiantuntijoiden haastattelu

## 1 Johdanto

EU:lla, Suomen valtiolla ja kunnilla on eritasoisia ympäristötavoitteita kiertotalouden edistämiseksi ja luontokadon pysäyttämiseksi. Sitran megatrendien 2023 mukaan kaupungistuminen jatkuu, jätteiden määrä kasvaa ja kiertotaloudesta tulee välttämättömyys. Kiertotalouteen siirtyminen on ajankohtaisempaa kuin koskaan. Ympäristöministeriön tavoitteena on hiilineutraali kiertotalousyhteiskunta vuoteen 2035 mennessä. Myös vapaaehtoinen kiertotalouden Green Deal haastaa toimijoita muutokseen: vähentämään luonnonvarojen käyttöä, ja asettamaan vaikuttavia tavoitteita sekä tekemään toimia, jotka edistävät vähähiilistä kiertotaloutta. On todettu, että rakennetun ympäristön betonikanta toimii merkittävänä hiilivarastona ja -nieluna, ja että purkubetonilla on huomattava hiilensidontapotentiaali. Tutkimuksen mukaan betonimurskeen hiilensidontaa voidaan myös tehostaa varsin yksinkertaisilla menetelmillä. Tämä tieto haastaa käsityksen betonista ”ilmastopahiksena” ja tuo keskusteluun uuden näkökulman betonirakentamisen ympäristövaikutuksista.

Suomessa kulutetaan vuosittain arviolta 130–150 miljoonaa tonnia maa-aineksia, kuten soraa, hiekkaa ja kivimurskettä. Tämä määrä on yksi EU:n korkeimmista suhteessa väestöön. Suomi on omavarainen maa-aineksien suhteen, mutta talouden heilahtelut vaikuttavat merkittävästi maa-ainesten kulutusmääriin. Vaikka maa-ainesten louhinta on sallittua, siihen liittyy monia ympäristövaikutuksia. Maa-aineksien korvikkeiden kierrätystä ja uudelleenkäyttöä on mahdollista lisätä, vaikkakaan ne eivät voi täysin korvata luonnollista maa-ainesta. (Ympäristöministeriö 2023)

Rakennusalan, samoin kuin siihen sisältyvän infra- ja maisemarakentamisen, kiertotalouspotentiaali on merkittävä. Kierrätysbetonimurskettä on käytetty infra- ja maarakentamisessa menestyksekkäästi jo 1990-luvulta lähtien. Kehittyneen säätelyn myötä materiaalin laatu ja käyttömahdollisuudet ovat kasvaneet ja materiaalin käyttöä on helpotettu myös lainsäädännöllä. Viimeisimmät asetukset ovat MARA-asetus vuonna 2018 ja EEJ-asetus (ei enää jätettä) vuonna 2022. Pienemmissä ja nopeatempoisemmissa hankkeissa betonimurskejätteen hyödyntämisen vaatimat ympäristölupa- ja ilmoitusmenettelyt on koettu usein raskaiksi ja hitaiksi. EEJ-asetus mahdollistaa kuitenkin materiaalin käytön lähes luonnonkiviaineksen tapaan, mikä nopeuttaa rakennuttamisprosessia. Betonimurskeen jätestatuksen lakkaaminen mahdollistaa materiaalille uutta markkinaa, kysyntää ja uusien uusiomateriaalituotteiden kehittymisen.

Kaupungeissa on paljon betonia mm. rakennuksissa, perustuksissa, katupinnoitteissa ja kalusteissa. Betonimurskettä käytetään myös kasvavassa määrin infrarakentamisessa, katurakenteissa ja erilaisissa maatäytöissä, minkä vuoksi betonimurskeen laaja hyödyntäminen ja vaikutukset myös kasvillisuusrakenteissa puhuttavat viheralalla. Erityisesti

betonimurskeen hyödyntäminen kasvualustassa kiinnostaa kohteissa, missä sitä käytetään joka tapauksessa infran rakennekerroksissa esim. isoissa katu- ja raidehankkeissa. Voiko luonnonkiven korvata betonimurskeella kantavissa kasvualustoissa infran kantavien rakenteiden tapaan? Miten betonimurske vaikuttaa puiden kasvuolosuhteisiin ja mikä kasvillisuus viihtyy betonimurskepitoisessa kasvualustassa?

Opinnäytetyön tilaaja on viheralan kattojärjestö Viherympäristöliitto ry. Viherympäristöliiton kasvualustatyöryhmän asiantuntijat kommentoivat opinnäytetyön edistymistä. Viherympäristöliiton puolesta työn vastuuhjaajana toimi maisema-arkkitehti Aino-Kaisa Nuotio. Ramboll Finland Oy:n puolesta työn asiantuntijoina toimivat viherrakentamisen asiantuntija Juha Kivimäki ja geosuunnittelun asiantuntija Taavi Dettenborn.

Kirjoittaja toimii projektipäällikkönä, maisemasuunnittelijana sekä vihervalvojana Ramboll Finland Oy:n infrayksikössä sekä on mukana Uusiomaarakentamisen UUMA5- työssä.

## 2 Työn tavoite ja tutkimusmenetelmät

### 2.1 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, voiko betonimursketta hyödyntää luonnonkiviaineksen sijasta puiden kantavassa kasvualustassa. Tutkimuksessa selvitetään, mitä hyötyjä tai haittoja betonimurskeella korvaamisella on rakenteen teknisiin ominaisuuksiin, rakentamiseen ja puiden kasvuolosuhteisiin ja mikä estää tai edistää betonimurskeen hyödyntämistä kasvualustassa. Tutkimuksessa ei perehdytä syvällisesti betonimurskeella rakentamisen taloudellisiin vaikutuksiin eikä hiilijalanjälkeen. Tavoitteena on tuottaa infra- ja maisema-alan tarvitsemää laajempaa tutkimusta, joka täydentää tähän mennessä kerättyä tietoa. Betonimurskeen hyödyntämisestä kasvualustoissa on saatavilla vielä vähän kotimaisia tai kansainvälisiä tutkimuksia. Tässä työssä selvitetään betonimurskeen hyödyntämistä sekä määrällisellä että laadullisella tutkimuksella.

### 2.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusta varten tehtiin tutkimussuunnitelma, johon kuului työtä tukevan taustamateriaalin keräys ja koealueiden suunnittelu. Tutkimuksen koealueiden rakentamisesta vastasi Lahden kaupunki ja Vantaan kaupunki vuosina 2024–2025. Koealueiden suunnittelu tehtiin yhteistyössä tilaajien asiantuntijoiden kanssa. Suunnittelu aloitettiin talvella 2024 ja sitä edistettiin useissa suunnittelukokouksissa kevään aikana. Alueet rakennettiin ajantasaisten rakentamistapojen, lakien ja asetusten sekä asiantuntijahaastatteluiden kerättyjen kommenttien mukaisesti. Tutkimusta varten rakennettiin kaksi kantavan kasvualustan koealuetta kahdella erilaisella betonimurskeella ja tutkittiin rakenteiden kantavuutta, eri raekokojen soveltuvuutta sekä eri puulajien menestymistä. Lisäksi rakennettiin vertailurakenteeksi tavanomainen kantavan kasvualustan rakenne luonnonkiviaineksella. Materiaalien raekoot valittiin EEJ-määritelmän sekä InfraRYL:n vaatimusten ja ohjeistuksen mukaan. Kaikissa koerakenteissa käytettiin samaa hienoainesta. Koealueiden rakentamista seurattiin ja ohjattiin tavoitteiden täyttymiseksi ja kommentoitiin mahdollisia työmaa-aikaisia muutoksia.

Rakentamisen jälkeen koealueiden seuranta aloitettiin erillisen seurantasuunnitelman mukaisesti. Seurannassa koerakenteiden kantavuutta mitataan painopudotusmittauksella sekä levykuormitusmittauksella. Koerakenteiden vesinäytteet otetaan rakenteen pohjalle asennetuista mittausastioista (lysimetreistä) ja niistä tutkitaan veden pH-arvo, johtoluku sekä kiintoaine. Puiden elinvoimaisuutta tarkastellaan silmämääräisesti sekä mittaamalla rungonympäryys sekä lehtivihreän määrä. Koealueiden ensimmäiset seurantatulokset esitellään tässä työssä.

Laadullisena tutkimuksena työssä esitellään kotimaisia ja kansainvälisiä hankkeita, joissa on hyödynnetty betonimurskettä kasvualustassa. Työssä käydään keskustelua betonimurskeen käyttämisestä kasvualustoissa eri sidosryhmien edustajien mm. taimistojen ja asiantuntijoiden kanssa mm. UUMA5-työryhmissä (Uusiomaarakentamisen yhteistyöfoorumi). Lisäksi tehdään betonivalmistajille ja purkuyrityksille suunnattu markkinakysely, joka kartoittaa toimijoiden halukkuutta ja teknistä valmiutta tuottaa kasvualustaan sopivaa betonimurskettä. Puuasiantuntijoille suunnatussa haastattelussa selvitetään asiantuntijoiden näkemyksiä kantavasta kasvualustasta ja betonimurskeen hyödyntämisestä siinä. Haastateltavana on mm. Turun kaupungin Aki Männistö, jolla on vahvaa kokemusta puista ja niihin liittyvistä rakentamistavoista. Turkuä pidetäänkin edistyksellisenä katuvihreän rakentajana. Betonimurskeella koerakentamisesta haastatellaan myös Björn Embreniä, joka on eläkkeelle jäänyt Tukholman puuasiantuntija. Embren on kehittänyt kantavan kasvualustan "Stockholm Solution" -periaatteen ja kokeillut myös betonimurskettä kantavassa kasvualustassa.

### 2.3 Työn taustaa – betonimurskeen käyttökohteita

Kohteita, missä betonimurskettä on hyödynnetty kasvualustassa, löytyy niukasti niin kotimaasta kuin Euroopastakin. Lindahlin (2022) selvityksessä tutkittiin betonimurskeen hyödyntämistä kasvualustassa Ruotsissa. Selvityksen mukaan betonimurskeen käyttöä on testattu eri kasvualustaseoksissa perennoilla, pensaille ja puilla sekä puiden kantavassa kasvualustassa. Skånen Höörissä kasviviljelijä Peter Korn on suorittanut koeviljelyjä betonimurskeella kesästä 2021 lähtien. Osa Kornin tutkimuksista on tehty EcoTopic AB:n asiantuntijan Jonatan Malmberg kanssa. Kokeilut on tehty maaperässä, kantavissa kasvualustoissa sekä katto- ja seinäkasvillisuudella. Betonimurske toimitettiin kierrätyskeskuksesta Helsingborgista, ja sen raekoot olivat 30–60 mm ja 30–90 mm. Betonimurske sekoitettiin kasvualustoihin eri hienoainesyhdistelmien kanssa, kuten biohiili-multa, biohiili-komposti ja hiekka 0–8 mm-biohiili. Kaikissa kasvualustoissa käytettiin seossuhdetta 75 % betonimurskettä ja 25 % hienoainesta. Muita tunnettuja kohteita, joissa on hyödynnetty betonimurskettä, ovat Malmön Cementparken ja Tukholman kaupungin eri kohteet. (Lindahl 2022.)

Ruotsissa tehtyjen istutusten perusteella betonimurske sopii hyvin kasvualustan osaksi, kunhan kasvivalinnoissa huomioidaan maan korkea pH-arvo. Osa koetoimintaan osallistuneista myös kyseenalaisti tarpeen valita erityisesti kalkinsuosijakasveja. Todennäköisesti myös muut puulajit sopisivat esimerkiksi betonimurskepitoiseen kantavaan kasvualustaan. Höörissä havaittiin, että vaikka betonimurskepitoinen kasvualusta kovettuu, kovettumista voidaan estää sekoittamalla betonimurskeeseen soraa. Tutkimuksissa todettiin myös, että

paljasjuuriset perennat juurtuivat paremmin betonimurskekasvualustaan kuin turpeeseen istutetut astiataimet. (Lindahl 2022.)

Suurimpana esteenä betonimurskeen hyödyntämiselle kasvualustassa Ruotsissa pidettiin riittävän puhtaan ja lajitellun materiaalin saatavuus mielekkään etäisyyden päästä istutuskohteesta. Malmberg arvioi, että betonimurskeen hyödyntämisellä on suurempi potentiaalia niissä maissa, joissa on heikompi luonnonkiven saatavuus kuin Ruotsissa, esimerkiksi Etelä-Italiassa tai Espanjassa. Ilmaston kannalta paras ratkaisu olisi, että kasvualusta voitaisiin valmistaa paikallisesti betonimurskeesta ja kompostista, jolloin kuljetukset vähenisivät eikä turvetta tarvittaisi. Lindahl huomauttaa, että betoniteollisuudella on suuri osuus maailman hiilidioksidipäästöistä, mutta vaikka betoni on materiaalina päästöintensiivinen, se pystyy myös sitomaan hiilidioksidia. (Lindahl 2022.)

### 2.3.1 Cementparken, Malmö

Cementparken on Malmön kaupungin puisto, joka perustettiin vanhan betonitehtaan tontille. Puisto avattiin vuonna 2016. Puistossa on eri teemaisia istutusalueita, joiden kasvualustojen osana sekä katteina on käytetty paikalla jalostettua betonimurskettä. Kasvualustojen pH-arvo vaihtelee välillä 7,5–8,2. Puisto sijaitsee tuulisella alueella, missä on leudot talvet ja kuivat kesät. Alueen ilmaston ja maaperän korkean kalkkipitoisuuden vuoksi puiston istutusalueissa on tavoiteltu arotyyppistä ja välimerellistä kasvillisuutta istuttamalla erityisesti kalkinsuosijakasveja mm. kasvisuvuista Allium, Cotinus ja Pinus, jotka on esitetty kuvassa 1. Cementparkeniin istutettuja puulajeja on listattu liitteessä 1. Etelä-Malmön kunnossapitopäällikkö Johan Nilsson on todennut Cementparkenin kasvillisuuden menestyneen pääosin erinomaisesti. Joitain puita on tarvinnut uusien vuosien varrella, mutta niiden heikon kasvun syinä on ollut pikemminkin kuivuus kuin liian kalkkipitoinen maaperä. (Lindahl 2022.)



Kuva 1. Cementparkenin istutus, joka sisältää muun muassa Cotinus- ja Elaeagnus-pensaita ja Allium-sipulikukkia. (Lindahl 2022)

Kiinnostavaa Cementparkenissa on, että se on paikallinen ja samalla hyvin kansainvälinen. Lähtökohtana on paikallinen sementtipitoinen maaperä ja ilmasto, mutta kasvit eivät ole tyypillisiä Skånen läänille eivätkä Limhamnin asuinalueelle, missä puisto sijaitsee. Niiden luonnollinen elinympäristö on kuitenkin samanlainen, ja ne kestävät tuulista sijaintia meren rannalla sekä kuivaa ja kalkkipitoista maaperää. Puistossa käytettyä kasvilajistoa löytyy eri puolilta maailmaa. Lajirikkaan kasvisuunnittelun takana on maisema-arkkitehti Magnus Svensson, joka on saanut inspiraationsa vaikeista paikoista Gotlannissa, Ukrainassa, Kiinassa, Etelä-Euroopassa ja monissa muissa paikoissa. (Ising 2021.)

### 2.3.2 ”Stockholm Solution”, Tukholma

Tukholmassa kehitettiin oma kantavan kasvualustan malli ”Stockholm Solution” 2000-luvulla. Malli sai inspiraationsa mm. Saksassa, Hollannissa ja Tanskassa tehdyistä kantavan rakenteellisen maaperän tutkimuksista, missä kantava kasvualusta tunnetaan nimikkeillä ”skeleton soil” ja ”gartner macadam”. Tukholmassa työtä johti puuasiantuntija Björn Embren. Kaupungissa oli havaittu, että kolmasosa keskustan puista oli kuolemassa, koska kaupungin maaperässä oli puutetta hapestasta, vedestä ja orgaanisista aineista. Lisäksi puiden kasvua haittasivat tiesuola, hiilidioksidi, autoliikenteen lisääntyminen sekä kunnallistekniikan rakentaminen ja huolto. Veden ja maaperän puute näkyi puilla, mutta myös vanhimmissa rakennuksissa perustusten painumisena. (Tukholman kaupunki 2017.)

Tukholman (2017) mallin mukaista kantavaa kasvualustaa varten tehdään noin metrin syvä kaivanto (kuvio 1). Kasvualustan tukirakennetta (sepeli 90–150 mm) ja hienoainesta (lannoitettu kasvualusta + biohiili) levitetään kerroksittain. Valmiin kasvualustan tilaavuudesta on 75–85 % tukirakennetta ja 15–25 % hienoainesta. Sepelikerros tiivistetään levityksen jälkeen ja hienoaines huuhdellaan ohuina kerroksina korkeapaineisella vedellä. Jokaisen tuki- ja hienoaineskerrokseen sirotellaan hitaasti vapautuvaa lannoitetta. Tiivistetyn tukirakenteen päälle asennetaan betonielementtilaatikko, jonka avoimet reunat mahdollistavat juurien leviämisen laatikon ulkopuolelle. Kun kasvualusta on saavuttanut valmiin tason, päälle levitetään ilmastuskerros, suodatinkangas ja kohteen mukaiset pintarakennekerrokset. Kantavaan kasvualustaan asennetaan ilmastuskaivot sekä -putket kaasujen vaihtoa varten ja tiiviille pohjamailla salaojitus. Tavoitteena on, että kasvualustaan ohjataan aina kadun pintavesiä esimerkiksi hulevesikaivojen kautta. Ruotsin kansallinen tie- ja liikennetutkimuslaitos VTI on testannut kasvualustarakenteen kantavuuden ja todennut sen soveltuvan pinnoitetuille alueille, ajoradoille sekä pysäköintialueille.

Tukholman mallin mukainen kantavan kasvualustan rakennustapa on otettu käyttöön mm. Englannissa. Boskytrees-yrityksen (UK) ohjeistuksen mukaan tukirakenteen kiviaineksen vaihtoehtona suositeltiin alussa myös kierrätysbetonimursketta. Betonimurskeen



läheltä työmaata. Rakentamishankkeessa mukana olleen Alvemin (Alvem 2024) mukaan kasvualustoja ei ole kaivettu auki tähän mennessä eikä rakenteille ole tehty tieteellistä tutkimusta rakentamisen jälkeen.

Embrenin mukaan betonimurskepohjaiseen kasvualustaan istutetut Kocksgatanin puut on istutettu erillisiin kasvualustoihin, joissa kaikissa on käytetty biohiiltä. Embren huomauttaa, että katupuille olisi eduksi istuttaa ne mahdollisimman yhtenäisiin laajoihin kasvualusta-alueisiin yksittäisten sijaan. (Embren 2024.)



Kuva 2. Kantavan kasvualustan rakentaminen betonimurskeella Kocksgatanilla 2012 (Lindhahl 2022)



Kuvat 3 ja 4. Kocksgatanin betonimurskepohjaiseen kasvualustaan istutetut *kirsikat Prunus 'Umineko'* ja Swedenborgsgatanin hevoskastanjat *Aesculus x castanea 'Briotii'* olivat vehreitä heinäkuussa 2024. (Kuva: Eva-Maria Tavast)

### 2.3.3 Kantavan kasvualustan koealue, Helsinki

Helsingin kaupunki toteutti kantavan kasvualustan koerakenteet betonimurskeella elokuussa 2023. Hanke rahoitettiin Helsingin kiertotalouden klusteriohjelmasta, jonka projekti-koordinaattorina toimi Ytekki Oy. Ytekin hankesuunnitelman mukaan kokeilun osapuolina toimivat Rudus, Hyvinkään Tieluiska, Stara ja Ramboll. (Ytekki 2023a.)

Ytekin (Ytekki 2023a), mukaan koealue perustettiin Ruduksen Länsisalmen toimipisteelle, missä Ruduksella oli voimassa oleva ympäristölupa. Tämän vuoksi hankkeelle ei tarvittu erillistä ympäristölupaa tai koetoimintailmoitusta. Kokeilun tavoitteena oli selvittää betonimurskeen soveltuvuutta kantavan kasvualustan materiaalina korvaamaan siinä muutoin käytettävää kalliokiviainesta. Koerakenteiden rakentamisessa pyrittiin InfraRYL:n rakentamis- ja materiaalisuosituksiin. Koerakenteisiin ei tehty istutuksia eikä alueelle tehty vertailtavaa tavanomaista kantavaa kasvualustaa. Rakentamisen ja seurantöiden aikaisia valokuvia on esitetty kuvissa 5–7.

Hankkeen rakentamistapoihin sisältyi, että (Ytekki 2023a):

- yhden koerakenteen kasvualustan leveys oli 3000 mm, pituus 3000–4000 mm ja paksuus 1000 mm
- kasvualustan seossuhde oli 75 % betonimursketta ja 25 % kasvualustaa
- kiviaines ja hienoaines esisekoitettiin työmaalla, levitettiin kaivinkoneella ja tiivistettiin tärylätäkällä n. 300 mm:n kerroksissa.

Hankkeen koemateriaalit olivat (Ytekki 2023a):

- B1: Betonimurske 45/90 mm (EEJ-betonimurske), toimittaja Rudus Kierrätys
- B2: Betonimurske 90/150 mm (ei EEJ-materiaalia), toimittaja Rudus Kierrätys
- K1: Kasvualustan orgaaninen materiaali: tuotteistettu kasvualustamateriaali, vaate- ja puun ominaisuudet, toimittaja Hyvinkään Tieluiska
- K2: Kasvualustan orgaaninen materiaali: kierrätyskasvualustamateriaali, ”Talin leh- tipuu- ja pensasmulta”, toimittaja Stara.

Hankkeen tutkimustavoitteet ja seurantatyöt olivat (Ytekki 2023a):

- betonimurskeen ja kasvualustamateriaalin sekoitussuhteiden dokumentointi
- koerakenteen tarkemittaukset (kaivettu kuoppa, valmis pinta)
- kantavuusmittaukset: levykuormituskokeet ja Loadman-mittaus valmiista rakenteesta. Tavoitteena oli selvittää myös mittaustapojen vastaavuutta/soveltuvuutta.

- vesinäytteiden otto rakenteen alle sijoitetusta lysimetreistä ja vedenlaadun tutkinta mm. pH
- seuranta 2 vuotta, lisäoptio 2 vuotta
- tarkemittaukset koerakenteiden pinnasta 1. ja 2. vuoden päästä
- kantavuusmittausten uusinta 1. ja 2. vuoden päästä; kantavuuden kehittyminen.



Kuvat 5–7. Kuvissa on esisekoitettu 90/150 kantava kasvualusta tuotuna koerakenteeseen. Valmiit koerakenteet, joiden pinnassa on tasauskerros kivituhkaa kantavuusmittauksia varten. Viimeisessä kuvassa näkyy levykuormitusmittaus. (Ytekki 2023b)

Ytekin (Ytekki 2023b) hankkeen loppuraporttiin kirjattiin toteutuksen aikaisia rakentamisen ja mittausten havaintoja. Raportissa todettiin, että kokeessa käytetty karkeampi betoni-murske ei ollut normaalisti valmistettava tuote, minkä vuoksi materiaalin koko ja laatu vaihteli odotettua enemmän. Epähomogeeninen materiaali saattoi vaikuttaa mitattuihin kantavuuksiin. Raportin mukaan kantavan kasvualustan rakenne on yleisesti sellainen, että kantavuuskokeiden tekeminen etenkin hyvin rajuilla (6 tn) levykuormituskokeilla ei sovellu hyvin rakenteen kelpoisuuden arviointiin. Ytekin mukaan jäi myös hieman epäselväksi, mitkä rakenteen kantavuusvaatimusten pitäisi olla, jotta kaikki halutut ominaisuudet täyttyisivät. Raportissa todettiin, että vaikka InfraRYL:ssä vaaditaan kantavuuskokeet kantavan kasvualustan kelpoisuuden osoittamiseksi, työn tilaaja ei niitä läheskään aina vaadi. Syynä lienee, että kantavan ja jakavan kerroksen kantavuusvaatimuksiin on hyvin vaikea, ellei mahdoton päästä. Ytekki totesi, että kantaviin kasvualustoihin istutettujen puiden elinvoimaisuudessa on todettu yleisesti ongelmia. Näin ollen rakenteen mahdolliset ongelmat eivät välttämättä johdu uusiomateriaaleista, vaan tämän tyyppisten kasvualustojen haasteista yleensä.

Ramboll teki koalueen pinnan tarkemittaukset ja Loadman-kantavuusmittaukset rakentamisen jälkeen 2023 ja kesäkuussa 2024 (taulukko 1–2). Seurantatöiden kantavuusmittaukset tehtiin vain Loadman-kokeilla, koska levykuormitusmittaukset oli todettu rakentamisen aikana liian raskaiksi eikä mittaukseen tarvittavaa vastapainoa ollut saatavilla. Raportin (Ramboll 2024a) yläpinnan kartoitusten perusteella painumista ei ollut tapahtunut. Mittaustulosten korkolukemat olivat yhtä pistettä lukuun ottamatta sentin sisällä edelliseen vuoteen

verrattuna. Kantavuuskokeiden perusteella tiivistymistä oli tapahtunut jonkin verran. Tuloksissa oli kuitenkin koelohkojen sisäistä vaihtelua. Yhdessä koepisteessä (lohko 1) oli selvästi muita suuremmat kantavuusarvot. Tämä saattoi selittyä sopivasti asettuneilla täyttömateriaalin lohkeilla tai osumisesta aiemmin tehtyyn levykuormituskokeen pisteeseen. Kyseisessä koepisteessä taipumista tapahtui vähemmän kuin muissa pisteissä.

Mitattujen kasvualustojen materiaalit (Lehtonen 2025):

Kasvualusta 1 = B2K2 = Betonimurske 90/150 mm + kierrätyskasvualustamateriaali

Kasvualusta 2 = B2K1 = Betonimurske 90/150 mm + tuotteistettu kasvualustamateriaali

Kasvualusta 3 = B1K2 = Betonimurske 45/90 mm + kierrätyskasvualustamateriaali

Kasvualusta 4 = B1K1 = Betonimurske 45/90 mm + tuotteistettu kasvualustamateriaali

Piste	Pvm	Kerros	E <sub>1</sub> MN/m <sup>2</sup>	E <sub>2</sub> MN/m <sup>2</sup>	E <sub>2</sub> /E <sub>1</sub>
LK 1	11.8.2023	Kasvualusta 1	16,46	28,05	1,70
LK 2	11.8.2023	Kasvualusta 2	10,69	13,36	1,25
LK 3	11.8.2023	Kasvualusta 3	10,69	13,36	1,25
LK 4	11.8.2023	Kasvualusta 4	13,36	17,55	1,31
LM 1	11.8.2023	Kasvualusta 1	69	84	1,22
LM 2	11.8.2023	Kasvualusta 2	43	55	1,28
LM 3	11.8.2023	Kasvualusta 3	43	52	1,19
LM 4	11.8.2023	Kasvualusta 4	42	45	1,07

Piste	Pvm	Kerros	E <sub>1</sub> MN/m <sup>2</sup>	E <sub>2</sub> MN/m <sup>2</sup>	E <sub>2</sub> /E <sub>1</sub>
LM 1	27.6.2024	Kasvualusta 1	66	86	1,30
LM 2	27.6.2024	Kasvualusta 1	84	129	1,55
LM 3	27.6.2024	Kasvualusta 1	40	55	1,37
LM 4	27.6.2024	Kasvualusta 2	60	74	1,24
LM 5	27.6.2024	Kasvualusta 2	48	61	1,28
LM 6	27.6.2024	Kasvualusta 2	67	77	1,15
LM 7	27.6.2024	Kasvualusta 3	40	52	1,32
LM 8	27.6.2024	Kasvualusta 3	67	81	1,21
LM 9	27.6.2024	Kasvualusta 3	47	57	1,21
LM 10	27.6.2024	Kasvualusta 4	52	64	1,24
LM 11	27.6.2024	Kasvualusta 4	49	57	1,15
LM 12	27.6.2024	Kasvualusta 4	48	59	1,23

Taulukko 1–2. Koealueen levykuormitusmittaukset (LK) ja Loadman-koetulokset (LM) eri kasvualustoilta mitattuna 2023 ja 2024. (Ytekki 2023b; Ramboll 2024)

Vesinäytteet otettiin lysimetreistä, jotka oli asennettu kasvualustaan 1 ja 3. Vesinäytetseurantaa oli tarkoitus tehdä vuosittain, mutta tuloksista ei ole tehty vielä yhtenäistä raporttia. Ensimmäiset vesinäytteet otettiin muutama kuukausi rakentamisen jälkeen ja toiset noin vuosi rakentamisesta. Vesinäytteiden pH-arvo oli 7–8 eli betonimurske ei ole juurikaan nostanut kasvualustojen pH:ta. Katja Lehtosen mukaan tämä on arvokas tieto, kun betonimurskeen vaikutusta pH:n nousuun pelätään. (Lehtonen 2025.)

#### 2.3.4 Konalan maisemavalli, Helsinki

Helsingin Konalaan rakennettiin maisemavalli Konalan teollisuusalueen ja uuden rakenteilla olevan Honkasuon asuinalueen väliin vuosina 2020–2022 (kuva 8). Rakentamisen tavoitteena oli vähentää teollisuusalueen liikenteestä ja kierrätystoiminnasta aiheutuvien melu- ja pölypäästöjen kulkeutumista uudelle asuinalueelle ja puistoon. Lisäksi maisemavalli toimi näköesteenä. Maisemavallin rakentamisessa hyödynnettiin pääsääntöisesti Honkasuon ja Kuninkaantammen rakentamisessa muodostuneita maa-aineksia, stabiloitua savea ja savea, sekä eri purkutyömaiden betonimursketta. Vallin täyttömaat tutkittiin ja ne täyttivät

Mara-asetuksen mukaiset laatukriteerit. Työt toteutettiin ympäristöluvalla. Betonimurske oli raekooltaan keskimäärin 0–150 mm. Valli verhoiltiin kolmessa vaiheessa vuosina 2020–2022 Honkasuolta ja Kivikosta tuodulla seulotulla metsänpohjamaalla. Laajalle pinta-alueelle levitettiin 200 mm kerros seulottua metsänpohjaa ja osa pinnasta jätettiin pelkälle betonimurskeelle. (Ramboll 2024b.)



Kuva 8. Valmis Konalan maisemavalli vuonna 2022 (Kuva: Ramboll 2022)

Myöhemmin Helsingin kaupunki osoitti vallin kasvillisuuden tutkimusalueeksi, jossa tutkitaan betonimurskeen vaikutuksia kasvillisuuteen. Pää tavoitteena oli sukkession seuranta, pH-arvon vaikutukset kasveihin, kasvilajivalikoimaan ja kasvillisuuden myöhempään kehittymiseen. Ramboll teki alueen lähtökartoituksen, suotovesien seurannan ja kasvillisuus-suunnittelun. Ramboll vastaa myös alueen seurantatöistä kevääseen 2026 saakka. Seurantatöihin kuuluu maaperän viljavuusanalyysit sekä kasvillisuuden seurantakäynnit. Lisäksi seurataan metsänpohjalla maisemoidun kasvillisuuden kehittymistä sekä paljaan betonimurskepinnan kasvittumista. (Ramboll 2024b.)

Vallin koekasvillisuusalue rakennettiin keväällä 2024. Kohteeseen tehtiin puuistutuksia lajeilla (istutetut taimikoot sulkeissa): metsätammi (125–150), punatammi (ry 8–10), isolehti-lehmus (ry 8–10), metsämänty (40–60) ja pensasistutuksia (30–50) lajeilla: koivuangervo, keijuangervo, sinikuusama, seppelvarpu sekä perustettiin paahdeniittyä eri paksuisilla kasvualustoilla. Puille ja pensaille asennettiin betonimurskeen päälle vaateliaiden kasvien kasvualustaa, puille 50 cm:n kerros ja pensaille 40 cm:n kerros. Paahdeniityille levitettiin kuivan niityn kasvualustaa kolmella eri paksuudella: 10 cm, 15 cm ja 20 cm. Puilla käytettiin

taimitassuja (taimisuoja puun tyvellä) ja alue aidattiin peuratuhojen välttämiseksi. Alueelle lisättiin myös kastelujärjestelmä toteutusvaiheessa. (Ramboll 2025.)

Ensimmäinen seurantakerros tehtiin syksyllä 2024. Seurantaraporttien (Ramboll 2025) mukaan kaikilla kasvilajeilla oli havaittavissa samantyyppisiä kasvuhäiriöitä ja mahdollisia ravinnepuutoksia, niin rakennetuilla koeruudulla kuin spontaanisti kasvittuneilla kierrätyskasvualustaniityillä. Eri koeruuduilla heinäkasveilla, kukkakasveilla, pensailta ja puilla havaittiin lehdissä samantyyppisiä mahdollisia ravinnepuutosoireita. Poikkeuksen tähän teki mänty, jossa ei juuri havaittu vioituksia. On kuitenkin mahdollista, että neulasten vioitukset tulevat näkyviin vasta myöhempinä kasvukausina. Mäntyjä kasvava koeruutu oli koealueen varjoisin ruutu. Viljavuusanalyysin mukaan, sekä em. koeruudun kalsiumpitoisuus, että orgaanisen aineksen määrää kuvaava hehkutushäviö oli korkein muihin koeruutuihin verrattuna. Heikoiten puista menestyivät isolehtilehmus ja tammi. Punatammi menestyi kohtalaisesti. Istutusten koealue ja tammen kasvuhäiriöitä on esitetty kuvissa 9–11.



Kuvat 9–11. Puiden ja pensaiden koealue lokakuussa 2024. Tammella havaittuja kasvuhäiriöitä: lehtien keltaisuutta (kloroosia) sekä lehtien reunojen ja kärkien nekroottisuutta. (Kuvat: Ramboll 2025)

Kasvukauden 2024 sääolosuhteet olivat kesä- ja heinäkuussa kuumat ja kuivat, mikä saattoi aiheuttaa samantyyppisiä kasvuoireita kaikille lajeille. Kastelujärjestelmän todettiin toimivan, mikä ei kuitenkaan poissulje mahdollisia paikallisia eroja koeruutujen kasvualustojen kosteusoloissa. Monet kasvien taudinaiheuttajat (patogeenit) voivat aiheuttaa samantyyppisiä vaurioita kuin mitä niittykasvillisuudessa oli havaittavissa. On kuitenkin epätodennäköistä, että samanlaiset vauriot kasvilajista riippumatta olisivat pelkästään patogeenien aiheuttamia. (Ramboll 2025.)

Raporteissa (Ramboll 2025) todetaan, että viljavuusanalyysien ravinnemäärä eivät välttämättä kerro koko totuutta. Koeruudulta jouduttiin poistamaan paikalla ollut kasvualusta, jolloin paljastui betonimurskeen uusi pinta. Uuden betonipinnan paljastuminen on voinut lisätä kalsiumin liukenemista ja pH-arvon nousua, koska pH-arvoa laskevaa huuhtoutumista ei

ole päässyt tapahtumaan. Viljavuusanalyysinäytteet otettiin kasvualustan syvyydeltä eikä betonimurskeen pinnasta, minkä vuoksi analyysissä voi jäädä havaitsematta ravinnepitoisuuden poikkeamia. Koska kalsium ei liiku kasvualustassa pitkiä etäisyyksiä, on mahdollista, että erityisesti koeistutusten suurempien puiden juuripaakut ovat ulottuneet betonimurskeen pintaan, ja siten altistuneet suuremmille kalsiumpitoisuuksille. Seurannassa havaittiin myös muihin ravinnepuutoksiin sopivia oireita. Esimerkiksi sinkin puute aiheuttaa epäsäännöllisiä nekroosilaikkuja (lehtien tummumista), lehtien kärkien kuihtumista sekä suonten välistä kloroosia (keltaisuutta). Molybdeenin puute aiheuttaa lehtien käpertymistä ja raudan puute aiheuttaa lehden reunojen kääntymistä ylöspäin. Ravinnepuutteista tai niiden mahdollisista yliannostuksista ei voida varmistua ilman erillistä lehtinäytteidenottoa. Koska kasviravinteet toimivat kilpailemalla, voi ravinteiden hyödyntäminen olla riippuvainen muiden ravinteiden määrästä kasvualustassa. Raportti suosittelee lehtinäytteiden ottoa, jotta voitaisiin varmistua kasvien ravinnepuutoksista.

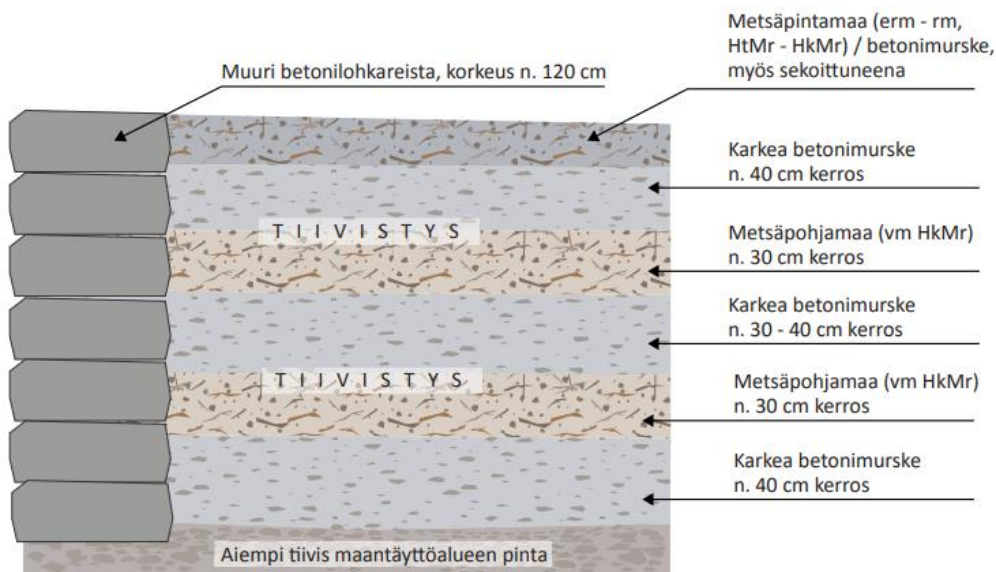
Kasvillisuuden seurantaraporteissa tuli myös esiin, että rikkakasvit ja peurat saattoivat vaikuttaa koeistutusten menestymiseen. Koealueella kasvoi runsaasti pelto-ohdaketta, jota myöhemmin kitkettiin. Koekasvillisuus saattoivat kärsiä myös peuratuhoista, koska suoja-aidan portti ei ollut pysynyt kiinni ja alueelle oli päässyt peuroja. (Ramboll 2025.)

### 2.3.5 Vuosaarenhuippu, Helsinki

Vuosaarenhuippu kattaa noin 60 hehtaarin laajuisen avoimen niittymäisen alueen, jossa on monipuolinen kasvillisuus ja erilaisia elinympäristöjä. Avoimen maiseman ympärillä on metsäisiä alueita, joiden kasvillisuus vaihtelee kuivasta kankaasta lehtoon. Nämä alueet yhdessä muodostavat Vuosaarenhuipun virkistysalueen, jonka kokonaispinta-ala on 95 hehtaaria. Alue sijaitsee Itä-Helsingissä Vuosaaren kaupunginosassa. Vuosaarenhuipun virkistysalue käsittää entisen kaatopaikan ja sen viereisen maantäyttöalueen sekä reuna-alueita. Maantäyttöalue toimi puhtaiden ylijäämämaa-ainesten loppusijoitusalueena ja sinne tuotiin rakentamisessa syntyneitä ylijäämämaa-aineksia yhteensä kuusi miljoonaa kuutiometriä vuosina 1994–2015. (Helsinki 2019.)

Alueella rakennettiin ”kalkkimaannos” niminen koerakenne betonimurskeesta vuonna 2013. Koerakenteen pinta-ala oli noin 550 m<sup>2</sup>. Työssä haluttiin selvittää betonimurskeen mahdollisia vaikutuksia kasvillisuuteen koerakenteen päällä ja sen vaikutusta maan pH-arvoon valuma-alueella alempana rinteessä. Rakenteeseen käytettiin murskattua purkubetonia rae-koossa 150–200 mm. Koerakenne rajattiin suurilla kierrätysbetonilohkareilla ja ”maannos” rakennettiin kerroksittain betonimurskeella sekä metsänpohjamaalla kantavan kasvualustan rakennustapaa mukaillen (kuvio 2). Koerakenteen päälle siirrettiin luonnonruusuja sekä kylvettiin kurjenpolvia sekä niittymaarianheinää. (Helsinki 2017) Vuosaarenhuipun

maisemarakentamisesta raportin kirjoittanut Pirjo Laulumaa mainitsi, että valuma-alueen pintakerroksen pH-arvo ei noussut seurannassa valuma-alueella yli 7,3 ja korkein mitattu pH-arvo betonimurskekasvualustassa oli 7,8 (Laulumaa 2024).



Kuvio 2. Leikkauspiirros Vuosaaren tehdystä kierrätysbetonirakenteen rakentamistavasta (Helsinki 2017)

### 2.3.6 Kasvikaton kasvualusta

Rakennusbetoni ja -Elementti Oy tarjoaa asiakkailleen AKOroof-kasvikattoratkaisuja, joiden kasvualustan osana käytetään kevytsorabetonimurskettä. Kevytsorabetonimurskettä tuotetaan betonitehtaan omista puhtaista sivuvirroista murskaamalla ja seulomalla. Nimensä mukaisesti materiaali on kevyempää verrattuna tavalliseen betonimurskeeseen, koska se sisältää Leca-soraa. Leca-sora on korkeassa lämpötilassa paisutettua savea ja sen muita ominaisuuksia ovat mm. huokoisuus, hyvä lämmöneristämiskyky ja kestävyys. Huokoinen kiviaines parantaa kasvualustan kosteudenpidätystä. AKOroof-kasvualusta on hyvin kiviainespitoista ja sisältää kompostimultaa, havupuunkuorta, hienoa hiekkaa sekä kevytsorabetonimurskettä (kuva 13). Valmiin seulotun kasvualustan raekoko on 0–12 mm. Sen vedenpidätyskyky on 45 % ja huokostilavuus 60 %. Kasvualustassa on orgaanista ainesta 75 g/l ja sen pH-arvo on 8–9. (Rakennusbetoni ja -Elementti Oy 2024.)

Kasvikaton kasvualustaa on kehitetty yhteistyössä Helsingin yliopiston kanssa. Koealueen nykytila on nähtävissä kuvassa 12. Tutkimusryhmä (Kuoppamäki ym. 2023) vertaili koealueella kevytbetonimurskeen ja tiilimurskeen soveltuvuutta viherkatoille vuosina 2016–2020. Tavoitteena oli selvittää, kuinka kestäviä viherkattojen materiaaliratkaisut olivat ja estääkö pohjoisen kylmä ilmasto viherkattojen parhaimpien puolien toteutumisen. Monista odotetuista eduista huolimatta, viherkattojen heikkoutena oletettiin olevan ravinteiden, erityisesti

fosforin, huuhtoutuminen. Tutkimuksessa seurattiin ravinteiden dynamiikkaa, elämistää, kasvillisuutta ja hulevesien hallintaa.

Lähtökohtana oli, että paikallisesti kierrätettävien materiaalien käyttö, mukaan lukien rakennus- ja teollisuusjätteet, kuten murskattu tiili, murskatut kattotiilet ja kevytsorabetoni, edistävät viherkattojen ekologista kestävyyttä, vähentävät niiden hiilijalanjälkeä ja ovat kustannustehokasta rakentamista. Tavoitteena oli, että myös kuivatuskerros voisi olla kasvimateriaalista synteettisten vuorausten sijaan. Koeviherkattojen alustoissa käytettiin päämateriaalina murskattua kevytsorabetonia tai murskattua tiiltä, joihin sekoitettiin 25 % kompostia sekä 5 % mäntyhaketta. Osaan koealueista lisättiin myös biohiiltä. Kasveina käytettiin matalia heinä- ja kukkakasveja matto- ja astiaistutuksina sekä siemenkylvöinä. (Kuoppamäki ym. 2023.)

Tutkimuksen (Kuoppamäki ym. 2023) mukaan kevytsorabetonia sisältävä kasvualusta oli alussa erittäin emäksistä, samoin tiilimurskaa sisältävä kasvualusta. Tiilimurskan pH laski kuitenkin neutraaliksi jo kokeen lopussa. Emäksisen betonin todettiin vähentävän tehokkaasti fosforin huuhtoutumista korkean pH:n ansiosta verrattuna neutraaliin tiialustaan. Betoni ei kuitenkaan vähentänyt typen huuhtoutumista. Sen sijaan kasvualustaan lisätty biohiili vähensi typen huuhtoutumista, mutta sillä ei ollut vaikutusta alustan tai sen valuman pH-arvoon. Kasvillisuus kasvoi pääosin yhtä hyvin kaikissa erilaisissa koekasvualustoissa. Tiilimurskaa sisältävällä kasvualustalla todettiin kasvavan hieman enemmän kasvilajeja kuin emäksisellä betonimurskealustalla. Betonin emäksisyydellä ei todettu kuitenkaan olevan pitkäaikaisia vaikutuksia kasvillisuuteen tai maaperäeläinten määrään. Tutkijat totesivat, että nimenomaan betonimurske oikein valitulla biohiilillä mahdollistaa pohjan tehokkaalle ja kestäville viherkattojen rakennustavalle. Myös kuivatuskerroksessa käytetty järvi-ruoko toimi hyvin.



Kuvat 12–13. Helsingin yliopiston koealue Rakennusbetoni – ja Elementti Oy:n katolla toukokuussa 2024 ja kuva AKOroof-kasvualustasta (Kuvat: Eva-Maria Tavast 2024)

### 3 Betonimurske

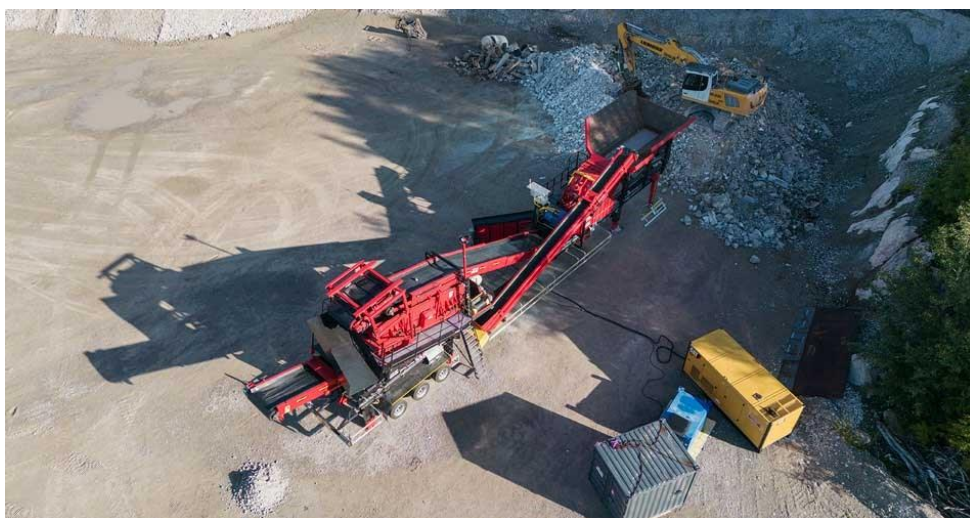
#### 3.1 Betonimurske materiaalina

Suomen standardisoimisliiton (SFS 5884:2022) mukaan betonimurske on:

*Rakennustuotteiden valmistuksessa, rakennustuotannossa sekä rakenteiden ja rakennusten korjauksessa ja purkamisessa syntyvä betonijätteestä murskattu tuote, joka voi sisältää tiiltä.*

Betonijätteestä valmistettu betonimurske muistuttaa ulkonäöltään ja käsiteltävyydeltään luonnonkiveä. Murskatun betonin teknisiin ominaisuuksiin ja ympäristösoveltuvuuteen voidaan vaikuttaa lajittelevan purkutekniikan avulla. (Rakentamisen päästötietokanta 2024.) Betonimurskeet luokitellaan jätteen alkuperän ja murskeen teknisten ominaisuuksien mukaan laatuluokkiin BeM Ia - BeM IV (SFS 5884:2022.) Betonimurskeen ominaisuuksia, vaatimuksia ja mitoitusarvoja on esitetty kootusti taulukossa 3. Betonimurskeella on korkea pH-arvo, joten betonimurskerakenteissa käytettävien materiaalien tulee sietää emäksiset olosuhteet. Erityisesti alumiinia ei tule käyttää ilman emäksisyyttä kestävää suojapinnoitusta. Passivoituneen sinkin ja sinkkialumiinin käytössä ei ole riskejä käytettäessä betonimursketta ohjeiden mukaan. Betonimurske vähentää rautametallien korroosiotaijumusta. Muiden materiaalien mm. muovi- ja betoniputkien käytöllä betonirakenteissa ei ole rajoitteita. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

Betonimurske voidaan valmistaa purkupaikalla liikkuvalla murskaimella (kuva 14) tai erillisessä murskauslaitoksessa, jolloin betonijäte on kuljetettava murskauslaitokselle. Murskattua betonia käytettäessä betoni yleensä karbonatisoituu. (Rakentamisen päästötietokanta 2024.)



Kuva 14. Ruduksen siirrettävä täyssähköinen murskain käsittelee enimmillään 200 tonnia betonia tunnissa ja on tällä hetkellä alan tehokkain murskain Suomessa. (Rudus Pro 2025)

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	Puristuslujuus [MPa]	Routivuus	E-moduuli [MPa] <sup>(1)</sup>	Hienoaines-pitoisuus [paino-%]	Tiilen max. osuus [paino-%]	Muiden materiaalien max. osuus <sup>(2)</sup> [paino-%]	Kelluvat materiaalit <sup>(3)</sup> [cm <sup>3</sup> /kg]
BeM Ia BeM Ib	≥ 1,2	Routimaton	700 <sup>(6)</sup>	f7	10	1	5
BeM IIa BeM IIb	≥ 0,8	Routimaton	500 <sup>(6)</sup>	f7	10	1	5
BeM III	-	Vaihtelee <sup>(4,5)</sup>	280 <sup>(6)</sup>	-	10	1	10
BeM IV	-	Vaihtelee <sup>(4)</sup>	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 (päälysrakenteen mitoitus on esitetty Liikenneviraston Tierakenteen suunnitteluohjeessa 38/2018)

c) Ominaisuus	BeM I - III	Yksikkö	Ominaisuus	BeM I - III	Yksikkö
Optimivesipitoisuus, $w_{opt}$	8 - 12	%	Kapillaarisuus, $H_c$	0,2 - 0,25	m
Maksimikuivatilavuuspaino, $Y_{dmax}$	17,5 - 20,5	kN/m <sup>3</sup>	Vedenläpäisevyys, $k$ <sup>(7)</sup>	$10^{-4}$ - $10^{-5}$	m/s
Minimikuivatilavuuspaino, $Y_{dmin}$	12,7 - 14,5	kN/m <sup>3</sup>	Happamuus, pH	11 - 12,5	-
Kiintotiheys, $\rho_s$	2,55 - 2,65	t/m <sup>3</sup>	Kitkakulma, $f^*$	40	°
Hiilijalanjälkiarvo <sup>(8)</sup>	0,0046	CO <sub>2</sub> e kg/kg	Materiaalin vastaavuus eristävyden kannalta <sup>(9)</sup>	0,9	$a_i$

7) Hyvin tiivistetyllä materiaalilla

8) Hiilijalanjälkiarvo sisältää vain betonimursketuotteen valmistusprosessista (A1-A3) aiheutuvat päästöt. [www.co2data.fi/infra](http://www.co2data.fi/infra)

9) Betonimurskeen eristävyys vastaa soran, jakavaan kerrokseen soveltuva soraisen hiekan (srHk), murskeen ja suurirakeisen murskeen eristävyttä (Liikenneviraston Tierakenteen suunnitteluohje 38/2018).

Taulukko 3. Taulukossa on esitetty betonimurskeen ominaisuuksia (a, c), vaatimuksia (b) ja mitoitusarvoja (b). BeM Ia ja IIa ovat EEJ-betonimurskettä ja BeM Ib ja IIb MARA-asetuksen mukaista. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024)

### 3.1.1 Betonimurskeen karbonatisoituminen

Karbonatisoituminen on prosessi (kuvio 3), jossa betonin sideaine, sementti, reagoi ilman hiilidioksidin kanssa ja muuttuu takaisin kalkkikiveksi, sitoen hiilidioksidia. Tämä ilmiö alkaa heti betonirakenteen valmistuttua ja jatkuu rakenteen koko käyttöiän ajan. Kun betonirakennus puretaan, sen murskaaminen paljastaa lisää karbonatisoitumatonta pinta-alaa, joka

tehostaa edelleen hiilen sidontaa. Ilmiö on tunnettu jo vuosikymmeniä, mutta sen potentiaalia ilmamehän hiilidioksidipitoisuuden alentamisessa ei ole täysin huomioitu. Koska kaikki betonirakenteet sitovat jatkuvasti hiilidioksidia ollessaan kosketuksissa ilmaan, karbonatisoitumisella on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen torjumisessa. Tämä prosessi tapahtuu myös muissa rakennusmateriaaleissa, mutta betonissa ilmiö on erityisen merkittävä. (Härkönen 2024.)



Kuvio 3. Betonin hiilensidonnann kuvaus käyttövaiheessa. Kierrätysvaiheessa tehtävä betonin murskaus tehostaa hiilensidontaa merkittävästi. (Hiilinetutraalisuomi.fi 2022; Härkönen 2024)

CO2ncrete Solution -projekti, jota koordinoi Betoniteollisuus ry, tutki hiilidioksidin sitoutumista betonirakenteisiin ja kehitti kierrätysmenetelmiä betonin karbonatisoitumisen hyödyntämiseksi. Projektissa analysoitiin Suomen betonikanta ja siihen sitoutunut hiilidioksidi. Projekti (2018–2024) oli osa EU:n Life-ohjelman CANEMURE-hanketta, joka edistää ilmastonmuutoksen torjuntaa Suomessa. (Härkönen 2024.) Hankkeen mukaan Suomessa on betonirakenteita noin 330 miljoonaa kuutiota ja betonia puretaan vuosittain noin 1,5 miljoonaa kuutiota. Suomen betonikanta varastoi pysyvästi noin neljä miljoonaa tonnia hiilidioksidia ja Suomen betonikannan vuosittainen hiilinielu on noin 56 000 tonnia hiilidioksidia. Suomen purkubetonin hiilensidontapotentiaali on noin 76 000 tonnia hiilidioksidia. Kun betonirakenne puretaan, se useimmiten murskataan. Tällöin paljastuu yli 1000-kertaisesti reaktiivista pinta-alaa ja partikkelikoko pienenee merkittävästi ja näin ollen hiilensidonta tehostuu. Betonimurskeen karbonatisoituminen vaikuttaa positiivisesti sen mekaanisiin ominaisuuksiin. Yksi kuutiometri betonia pystyy sitomaan noin 100 kilogrammaa hiilidioksidia.

Betonimurskeen hiilensidontaan voidaan vaikuttaa positiivisesti optimoimalla olosuhteita: seulomalla alle 8 mm aines pois ja suojaamalla murske suoralta sateelta. Lisätutkimuksella kierrätysbetonin käyttökohteita voidaan laajentaa maamassojen neutralointiin ja stabilointiin. (Kekkonen 2024.) Kierrätysbetonin nähdään myös potentiaalisena maanparannusaineena (Härkönen 2024).

### 3.2 Betonimurskeen hyödyntäminen

Betonimursketta tuotetaan betoni- ja betonituoteteollisuuden ylijäämä- ja hylkybetonista sekä rakentamisen ja purkamisen yhteydessä syntyvästä betonijätteestä. Suomessa betonijätteen vuosittaisen muodostumisen määrä on arvioitu olevan noin 1,5–2,5 miljoonaa tonnia. (Infra ry 2021). Uusiomateriaalien käyttö säästää luonnonvaroja ja estää käyttökelpoisia rakennusmateriaaleja päätyvästä toisarvoisiin kohteisiin tai kaatopaikoille. Materiaalitehokkuus vähentää rakennus- ja purkujätteen määrää sekä lisää niiden kierrätystä, mikä tukee kaupunkien ympäristötavoitteita. Betonimurskeen uusiokäytöllä vaikutetaan rakenteen elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin ja kustannuksiin. Betonimurskeen hyödyntäminen maarakentamisessa vähentää mm. luonnon kiviaineksen tarvetta rakentamisessa. Betonimurske sitoo elinkaarensa aikana hiilidioksidia – jopa enemmän kuin betonirakenteet, johtuen reaktioissa käytettävissä olevasta suuresta pinta-alasta. Murskaamisen jälkeen betonimurske pystyy sitomaan jopa puolet betonin valmistuksessa käytetyn sementin aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

Betonimursketta on voinut hyödyntää ns. MARA-asetuksen (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa) mukaisella rekisteröintimenettelyllä tai ympäristöluvalla (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024). MARA-asetuksen ja rakentamisen laatuvaatimukset täyttävä betonimurske on todettu olevan jopa luonnonkiviainesta parempaa rakennusmateriaalia. Suomessa betonimursketta on käytetty runsaasti mm. tie- ja katurakenteissa jo 1990-luvun alusta lähtien. (Infra 2021.)

Syyskuussa 2022 astui voimaan Valtioneuvoston betonimurskeen Ei enää jätettä (EEJ) -asetus. Kyseessä on ensimmäinen kansallinen asetus, joka perustuu Euroopan komission asettamiin kriteereihin betonimurskeen jätestatuksen poistamiseen, End of waste (EOW) -asetukseen. Säädöksen tavoitteena oli edistää kiertotaloutta, keventää sääntelyä ja sujuvoittaa toimintaa sekä avaavan rakennusalalle merkittäviä uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Kun betonimursketta ei enää luokitella jätteeksi, sitä voidaan myydä eteenpäin esimerkiksi rakennusmateriaalina, mikä todennäköisesti parantaa betonimurskeen markkinoita ja lisää sen hyödyntämistä. (Ympäristöministeriö 2018). EEJ-asetus mahdollistaa betonimurskeen käytön aikaisempaa laajemmin mm. kerrospaksuutta tai rakenteita ei ole rajoitettu,

eikä mursketta tarvitse peittää. Materiaalin tekninen soveltuvuus kohteeseen tulee täyttyä ja rakennuskohteita koskee normaalit rakennuslupakäytännöt. (Kunnas 2023.)

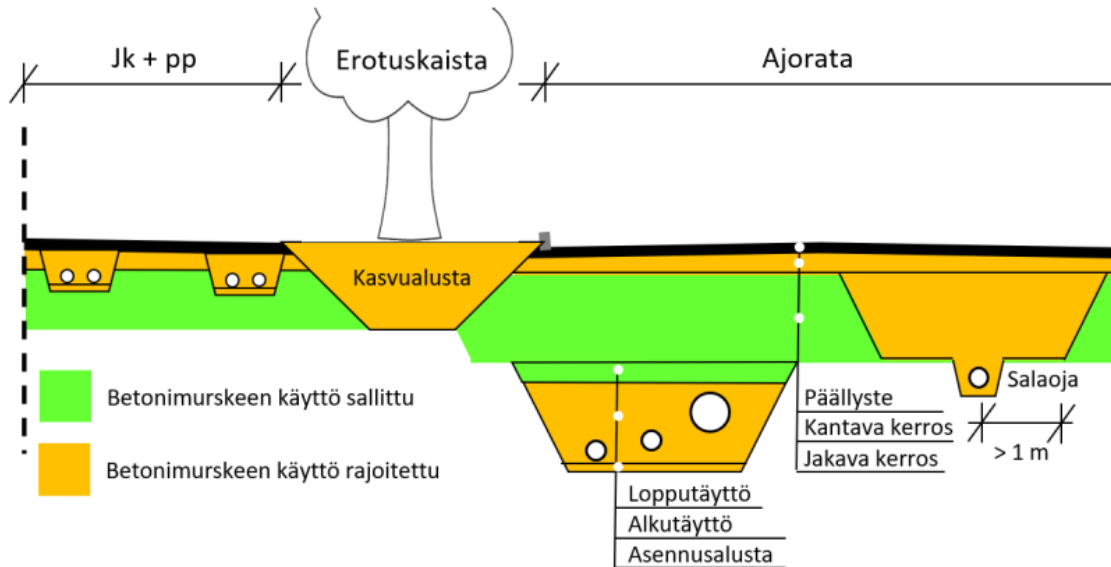
### 3.3 Säädökset, ohjeet ja soveltaminen

Eräiden Etelä-Suomen kaupunkien (Helsinki, Espoo, Tampere, Turku) tilaaman ohjeistuksen (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024) mukaan betonimurskeen käyttöä säätelee ja ohjaa EU:n, valtion ja rakennuttajan tahtotila sekä kaupunkikohtaiset tavoitteet. Esimerkiksi Espoolla, Helsingillä, Tampereella, Turulla ja Vantaalla on omia erilaisia hiilineutraalisuuden ja resurssiviisauden toimenpideohjelmia, joissa linjataan kierrätysmateriaalien käyttöä. Rakennuttajan tavoitteet ja toiveet siirretään käytäntöön erilaisien ohjeistusten avulla. Valtakunnallisen jätesuunnitelman 2027 tavoitteena on ohjata jätetalouden toimintaa kierrätyksestä kiertotalouteen mm. edistämällä lainsäädäntöä, joka tukee kiertotalouden innovaatiota ja toimintaedellytyksiä (Ympäristöministeriö 2022). Betonimurskeen hyödyntämistä sääteleviä lakeja ja asetuksia käsitellään työssä jäljempänä.

Edellä mainittujen lisäksi betonimurskeen laatua ja rakentamista säätelevät seuraavat laatuvaatimukset ja ohjeet (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024):

- standardit ja laatuvaatimukset SFS 5884:2022, betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä sekä SFS-EN 13242+A1 Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset
- julkiset suunnitteluohjeet esim. Katu 2020, Katusuunnittelun – ja rakentamisen ohjeet (SKTY)
- yleiset työselitykset esim. InfraRYL, yleiset ja yhtenäiset infrarakentamisen laatuvaatimukset
- muut ohjeet kuten esim. Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa (2024) ja betonimurskeen laadunvalvontalomakkeet (2017)
- materiaalitoimittajien ohjeet ja tuotekortit
- kaupunkikohtaiset ohjeet ja määräykset mm. kuntien ympäristönsuojelumääräykset ja Pääkaupunkiseudun työmaavesiohje (2024)
- raportointia koskevat ohjeet ja vaatimukset mm. Mara-asetuksen soveltamisohje (2019), joka sisältää vaatimukset materiaalin käytön toteumatiedolla sekä rakentamisen kaupunkikohtaiset raportointivaatimukset.

Standardissa SFS-EN 13242+A1 määritellään infrarakentamisen kiviaineksen maksimirakokoksi 90 mm. Mikä on samalla myös EEJ-betonimurskeen maksimirakokoko. Betonimurskeen sallittua käyttöä katualueella on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Betonimurskeen käyttö on sallittu tai rajoitettu katualueen eri rakennekerroksissa, jossa on kunnallistekniikkaa. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024)

Ennen EEJ-asetusta kaikki betonimurske Suomessa on hyödynnetty jätteenä, koska jätelain mukaisesti betonimurskeen jäteluonne ei ole päättynyt, vaikka se olisi jalostettu, ympäristökelpoinen ja CE-merkitty. Vuonna 2022 astui voimaan EEJ-asetus, jossa on määritelty betonimurskeelle sen jäteluonteen päättymisen arviointiperusteet. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

Jätelain (646/2011) mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä. Betonimurskeella (jätenimike 101314) tarkoitetaan jätettä, joka on valmistettu puretuista betonirakenteista, tai uudisrakentamisen tai betoniteollisuuden betonijätteistä murskaamalla. Kevytbetoni- (jätenimike 170101) ja kevytsorajätteellä (jätenimike 191212) tarkoitetaan vastaavilla tavoilla syntyneitä murskettua. Betonimurskeen ja kevytbetoni- ja sorajätteiden käyttö on sallittua väylä- ja kenttärakenteissa sekä teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa.

Betonimurskeen hyödyntämistä koskevat lait ja asetukset:

- Ympäristönsuojelulaki 2014
- Jätelaki 646/2011
- Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017 eli MARA-asetus ja Soveltamisohje 2019
- Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jäteluonteen päättymisen edellytyksistä 466/2022 eli EEJ-asetus ja Soveltamisohje 2022

- Lannoitelaki (711/2022) ja maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista (946/2023) asetetut vaatimukset. Lannoitevalmisteita koskevasta toiminnanharjoittamisesta ja sen valvonnasta on säädetty maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 965/2023. Materiaalin tulee olla Ruokaviraston ylläpitämässä lannoitevalmisteiden ainesosaluettelossa, että sitä voidaan käyttää lannoiteaineena kasvualustassa.

EU-tasolla on tällä hetkellä kesken asian käsittely kierrätyskiviainesten mahdollisesta liittämisestä REACH-asetuksen piiriin (Laurila 2025). REACH-asetus tarkoittaa Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista. Vuoden 2016 julkaisunsa jälkeen asetusta on muutettu useaan kertaan. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2025.) Komission esityksen mukaan REACH-asetuksen soveltamisohjetta muutettaisiin niin, että kierrätyskiviainekset ovat asetuksen soveltamisalassa, mutta saman aikaisesti käynnistetään asetuksen muutos, jossa kierrätyskiviainekset lisättäisiin asetuksen liitteeseen, joka taas vapauttaisi asetuksen soveltamisesta. Soveltamisohjeen muutosta ei julkisteta ennen kuin asetus on päivitetty. Päätösprosessiin vaikuttaa useampi etujärjestö, joten lopputulos voi vielä muuttua, toteaa INFRA ry:n ja Rakennusteollisuus Rt ry:n johtaja Juha Laurila. (Laurila 2024.)

Jätelaki on parhaillaan hankevalmistelussa, minkä myötä voimassa oleva jätelaki muutetaan kiertotalouslaiksi. Työn tavoitteena on vahvistaa sääntelyn elinkaarinäkökulmaa ja edistää kiertotalousmarkkinaa, selkeyttää jätesääntelyn rajapintoja kemikaali- ja tuotesääntelyyn ja panna täytäntöön uutta EU-sääntelyä. (Ympäristöministeriö 2024.)

### 3.3.1 MARA-asetuksen mukaisen betonimurskeen hyödyntäminen

MARA-asetus tarkoittaa Valtioneuvoston asetusta 843/2017 eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa. Asetuksen mukainen betonimurskeen käyttö edellyttää asetuksen mukaista rekisteröinti-ilmoitusmenettelyä. Asetuksessa määritellään materiaalin laatuvaatimukset, käyttökohteet ja perusteet, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden ammatti- tai laitospäiseen käyttöön maanrakentamisessa ei tarvita ympäristölupaa. MARA-asetus sallii betonimurskeen käytön väylä- ja kenttärakenteissa sekä teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa julkisilla ja yksityisillä alueilla. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maanrakentamisessa 2024).

VNa 843/2017 mukaisia vaatimuksia käytölle:

- betonimurskerakenne tulee peittää tai päällystää väylä- ja kenttärakenteissa vähintään 10 cm:n ja vallirakenteissa vähintään 50 cm:n paksuisella kerroksella pilaantumaton luonnon maa- tai kiviainesta

- betonirakenne tulee päällystää asfaltilla tai muulla vedenpitävällä materiaalilla
- murskekerroksen paksuus tulee olla enintään 1,50 m
- rakenteella tulee olla suojaetäisyydet: pohjaveden enimmäiskorkeuteen 1,0 m, vesistöihin ja talousvesikaivoihin etäisyys 30 m
- materiaalia ei saa käyttää 1- ja 2-luokan pohjavesialueella, sisämaan tulvavaara-alueella, eikä asumiseen tai lasten leikkipaikaksi tai ravintokasvien viljelyyn tarkoitettulla alueella.

### 3.3.2 EEJ-betonimurskeen hyödyntäminen

EEJ-asetuksen myötä betonimursketta on entistä helpompaa hyödyntää myös maa- ja viherrakentamisessa, koska materiaali on testattu tavallista puhtaammaksi ja käyttö ei vaadi enää hankekohtaista lupamenettelyä. Valtioneuvoston asetusta betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista 466/2022 sovelletaan valmistajaan, jolla on ympäristönsuojelulain (527/2014) 27 §:ssä tarkoitettu ympäristölupa betonijätteen murskaustoimintaan tai jonka toiminnassa murskataan betonijätettä kiinteän betoniaseman ja betonituotetehtaan ympäristönsuojeluvaatimuksista annetun valtioneuvoston asetuksen (858/2018) nojalla. Huomioitavaa on, että purkutyömailla valmistettava betonimurske on jatkossakin aina jätettä, vaikka murske olisi CE-merkittyä. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

Sen sijaan asetuksen 466/2022 vaatimusten mukaista EEJ-betonimursketta voidaan käyttää ilman ympäristönsuojelulain mukaisia ympäristö- ja rekisteröintimenettelyjä betonikiviaineksena, maa- ja vesirakentamisessa sekä viherrakentamisessa. EEJ-betonimurskeen maksimiraekoko on enintään 90 mm. Materiaalia voi siis käyttää kuin mitä tahansa kiviainesta huomioiden betonimurskeen ominaispiirteet, kuten korkea pH-arvo ja käyttörajoitukset pohjaveden suojelemiseksi. Huomioitavaa on, että mursketta, jonka syöttöpanos eli alkuperä on käyttämätöntä betonia (BeM 1a-luokan betonimursketta), materiaalia voidaan käyttää viherrakentamisessa lannoitteena, kalkitusaineena, maanparannusaineena tai kasvualustana. Sen sijaan, jos syöttöpanoksena on käytettyä betonia eli purkubetonia, materiaalia ei saa käyttää viheralueiden kasvualustana. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

VNa 466/2022 § 2 määritelmät maa- ja viherrakentamiselle:

*6) maarakentamisella väylien, kenttien ja vallien ja muun vastaavan infrastruktuurin rakentamista sekä rakennusten pohjarakentamista*

*7) viherrakentamisella puistojen, koristepuutarhojen ja pihojen sekä muiden istutettujen viheralueiden rakentamista ja hoitoa*

VNa 466/2022 mukaisia vaatimuksia käytölle:

- murskeen läpi suotautuvan veden pH on noin 11, mikä tulee huomioida käytettäessä materiaalia korroosiolle alttiiden muiden rakenteiden tai pintavesien välittömässä yhteydessä
- materiaalia voi hyödyntää 1–2- luokan pohjavesialueella, materiaalin etäisyys tulee olla pohjaveden pintaan pysyvästi vähintään 2 m, betonimursketta ei saa sijoittaa pohjavesipinnan alapuolelle
- murskeen raekoko on korkeintaan 90 mm
- murskepaksuudelle ei ole rajoituksia.

### 3.3.3 Betonimurskeen hyödyntäminen ympäristöluvalla tai pienimuotoisesti

Betonimurskeen hyödyntäminen ei tapahdu aina MARA- tai EEJ-asetuksen mukaisesti. Vaihtoehtoja ovat myös hyödyntäminen ympäristöluvalla tai pienimuotoinen hyödyntäminen. Kun vuosittainen käsiteltävä jätemäärä on alle 50 000 t, luvan käsittelee kunnan ympäristösuojeluviranomainen. Kun käsiteltävä jätemäärä on suurempi kuin 50 000 t/v, luvan käsittelee Aluehallintovirasto (AVI). Betonimurskeen pienimuotoiselle hyödyntämiselle ei ole annettu lainsäädännössä yksiselitteistä tai määrällistä sitovaa ylärajaa. Käytännössä ylärajaksi on usein asetettu 100–1000 tonnia. Pienimuotoisen hyödyntämisen kohteissa sovelletaan ao. kunnan ympäristönsuojelumääräyksiä ja hyödyntämisestä on tehtävä ilmoitus paikalliselle ympäristönsuojeluviranomaiselle. Riippuen kaupunkien käytännöistä betonimurskeen raekoko voi olla suurempi kuin EEJ-asetuksen mukainen 90 mm. Tyypillisiä em. betonimurskeen hyödyntämistavoilla toteutettavia käyttökohteita ovat mm. puistojen täytöt ja meluvallit. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

### 3.3.4 Betonimurskeen lujittuminen

Aikaisemman käytön ja tutkimuksen perusteella betonimurskerakenne lujittuu tiivistyessään. Ohjeessa (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024) mainitun tutkimuksen betonirakenne oli infrarakenne, johon ei ollut sekoitettu kasvualustaa. Lujittumisen edellytyksenä on oikea raekoko, huolellinen rakentaminen ja kantava alusta sekä jälkihoito. Betonimurskeesta ei tule em. rakentamisen jälkeen betonimaista materiaalia, vaan se muodostaa lujittuessaan jäätynyttä kiviainesta vastaavan laatan. Kenttätutkimusten mukaan betonimurske irtoaa kaivannosta auki kaivettaessa rakeisena eli se ei jää koviksi lujittuneiksi kappaleiksi. Sama ominaisuus on todettu sekä talvi- ja kesäolosuhteissa. Sama betonimurske lujittuu myös vastaavasti uudelleen huolellisen tiivistämisen jälkeen eikä auki kaivuun ole havaittu oleellisesti muuttavan betonimurskeen rakeisuutta. Vaikka

betonimurskeen kaivuuvastus on suurempi kuin luonnon kiviaineksen, sen kaivaminen on kuitenkin mahdollista käyttää normaalisti korjauskohteiden auki kaivussa käytettävää kalustoa. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

### 3.3.5 Työmaalla huomioitavaa

Betonimurskeen varastoinnissa ja rakentamisessa tulee huomioida vaikutukset ympäristöön ja työturvallisuuteen. MARA-asetuksen mukaisesti betonimurskeen varastointi työmaalla voidaan aloittaa aikaisintaan neljä viikkoa ennen hyödyntämistä, tai 12 kuukautta etukäteen, jos murske varastoidaan suojattuna. Alle neljän viikon varastoinnissa riittää työmaavesien hallinta ja sekoittuminen muihin materiaaleihin tulee estää. Yli 12 kuukautta kestävä varastointi vaatii ympäristöluvan. EEJ-betonimursketta voidaan välivarastoida kaupunkikohtaisten käytäntöjen mukaisesti, kunhan estetään korkean pH:n hulevesien johtuminen kaupunkipuroihin. Betonimursketta käsittelevillä työmailla onkin tärkeää ottaa huomioon työmaavesien käsittelyä koskevat ohjeet. Työmailla tulisi pyrkiä vähentämään työmaavesien määrää mahdollisimman paljon, ja varmistaa, että ympäristöön johdettavien vesien laatu vastaa luonnonvesiä. Työmaalta poistettavien vesien pH-arvoa voi olla tarpeen tarkkailla ja säätää. Esimerkiksi Pääkaupunkiseudun yhteisen työmaavesiohjeen mukaan työmaalta johdettavan veden pH-arvon on oltava välillä 6–9. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

Betonimurskeen käsittelyssä tulee huomioida, että kuiva betonimurskepöly saattaa ärsyttää silmiä ja limakalvoja sekä ärsyttää ihoa. Betonimursketta käsiteltäessä tulee välttää pitkäaikaista ihokosketusta ja tarvittaessa käyttää henkilökohtaisia suojaimeja. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024.)

### 3.3.6 Uudelleen käyttö, kierrätettävyys ja käytöstä poisto

Kerran kierrätetty betonimurske voidaan hyödyntää myös uudelleen. Uusiin käyttömahdollisuuksiin vaikuttavat mm. materiaalin jättestatus ja laatu. Betonimurske voidaan siis tietyin reunaehdoin hyödyntää EEJ-murskeena, MARA-asetuksella tai erillisten ympäristö- ja teknisten tutkimusten mukaan. Aikaisemmin MARA-asetuksella käytetty betonimurske voidaan hyödyntää uudella rekisteröinti-ilmoitusmenettelyllä, mikäli materiaali täyttää asetetut ympäristökelpoisuusvaatimukset sekä kohteen tekniset vaatimukset. EEJ-betonimursketta voidaan käyttää uudelleen, mikäli rakenteesta poistetun materiaalin laatu on pysynyt muuttumattomana ja se täyttää edelleen EEJ-vaatimukset mm. haitta-ainepitoisuuksien osalta. Uudelleen käyttö edellyttää myös, että materiaalin käyttö on samanlaista kuin aikaisemmassa käyttökohteessa eikä murske tarvitse muuntotoimia. Tällöin EEJ-betonia ei katsota rakenteesta purettavaksi jätteeksi. Betonimurskeesta tulee jätettä, mikäli siihen on

sekoittunut muuta maa-ainesta tai muita jätteitä, tai sitä ei voida käyttää uudelleen sellaisenaan. Tämä koskee myös EEJ- betonimursketta. (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024). Elinkaaren jälkeisen skenaarion mukaan sekä betonimurskeesta että kalliomurskeesta 20 % päätyy loppukäsittelyyn ja 80 % kierrätetään toissijaisena raaka-aineena (Rakentamisen päästötietokanta 2024).

Betonimurskeen, jonka jätteeksi luokittelu on päättynyt, käyttöä ei tarvitse rekisteröidä eikä sille tarvitse hakea lupaa. Sen vuoksi tieto sen käyttökohteesta ei tallennu Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämään maaperän tilan tietojärjestelmään (MATTI). Myöskään kohteet, joissa betonimursketta on käytetty ympäristöluvalla, eivät välttämättä ole paikkatietona tietojärjestelmässä. Kunnat, kaupungit ja merkittävät uusiomateriaalien hyödyntäjät, joilla on omat tietojärjestelmänsä, voivat halutessaan varmistaa, että tieto jätteeksi luokittelun päätäneen betonimurskeen (EEJ-betonimurskeen) käytöstä on jäljitettävissä rakenteen purkuvaiheen saakka. Tämä voidaan tehdä vapaaehtoisesti merkitsemällä järjestelmiin rakennuskohteissa käytettävät materiaalit, mukaan lukien EEJ-betonimurske, paikkatietona ja muuna vastaavana tietona. (Betonimurske-EEJ-asetuksen soveltamisohje 2022.)

### 3.4 Betonimurskeen hiilijalanjälki

Betonimurskeelle laskettava hiilijalanjälkiarvo vaihtelee betonimurskeen alkuperästä ja jalostusprosessista (Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa 2024). Rakentamisen päästötietokannassa (<https://co2data.fi/rakentaminen/>) betonimursketuotteelle on esitetty hiilijalanjälkiarvo 0.0046 kg CO<sub>2</sub>e /kg. Vastaavaksi kalliomurskeen hiilijalanjälkiarvoksi on ilmoitettu 0.006 kg CO<sub>2</sub>e /kg. Hiilijalanjälkiarvo sisältää vain betonimurskeen valmistusprosessista aiheutuvat päästöt. Valmistuksen päästöt koostuvat murskaamisesta, mahdollisesta seulonnasta ja mahdollisesta tuotannon sisäisestä kuljetuksesta. (Rakentamisen päästötietokanta 2024.)

Vuonna 2021 teetetyn ulkopuolisen arvioitsijan LCA Consulting Oy:n tutkimuksen mukaan Ruduksen Betoroc®-murske on vahvasti hiilinegatiivinen tuote. Esimerkiksi vuonna 2021 rakennetussa Espoonväylän urakassa käytetyn Betoroc® 0/90-murskeen hiilijalanjälki oli -18,6 kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>3</sup>, kun kalliomurskeen oli 6,1 kg CO<sub>2</sub>-ekv/m<sup>3</sup>. VTT on verifioinut LCA Consultingin tekemät laskelmat. Betoroc®-tuotteen hiilinegatiivisuus perustuu betonin karbonatisoitumisprosessiin, joka nopeutuu huomattavasti betonijätteen murskaamisen jälkeen. Murskattu betonimateriaali kykenee sitomaan jopa 50 % sementin valmistuksesta syntyvistä hiilidioksidipäästöistä, toimien näin tehokkaana hiilinieluna. (Rudus Pro 2021.)

### 3.5 Betonimurske kasvualustassa

Lähes kaikki Suomessa kierrätetystä betonimurskeesta käytetään murskeena maarakentamisessa. Betonimurske on kevyempää kuin luonnonkivi ja sitä pystytään yleensä murskaamaan lähellä käyttöpaikkaa, mikä pienentää kuljetuskustannuksia sekä vähentää kuljetuksen päästöjä verrattuna kauempaa kuljetettavaan kiviainekseen. Näin betonimurske on luonnonkiveä ympäristöystävällisempi vaihtoehto maarakentamisessa. (Tuhkanen ym. 2014.)

Betonissa oleva sementti sisältää kalkkia. Betonista huuhtoutuva kalkki voi muodostaa sekä ongelman että voimavaran kasveille. (Lindahl 2022.) Betonimurske nostaa kasvualustoissa pH:ta, minkä vuoksi sen käyttömahdollisuuksia on syytä selvittää. Tarvitaan tietoa kalkitusvaikutuksen kestosta, pH:n noususta sekä soveltuvista seosaineista ja seossuhteista. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen raportin (Tuhkanen ym. 2014) mukaan betonimurske vaatii happaman seosaineen, kuten raakaturpeen, puunkuorihakkeen tai sahojen pöydänaluskuorikkeen. Rahkasammaleen käyttömahdollisuudet seosaineena tulisi myös selvittää. Betonimurske voisi toimia kulutusta kestävien nurmikoiden kasvualustan pintakerroksen alla omana kerroksenaan, koska nurmikon pH-vaatimus on melko korkea. Betonimurskeen käyttö viherkattojen kasvualustamateriaalin osana on mielenkiintoista, koska murske on korkean pH:n ja ravinneköyhän kasvualustan vuoksi edullinen kalkinsuosijakasveille. Betonimurske on kuitenkin painavaa ja huonosti kosteutta pidättävää, joten sitä tulee käyttää seoksena muiden materiaalien kanssa. (Tuhkanen ym. 2014.)

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen raportin (Tuhkanen ym. 2014) mukaan betonimurskeen korkeaa pH:ta voitaisiin hyödyntää kohteissa, joissa halutaan nostaa kasvualustan, maan tai valumaveden pH:ta. Maataloudessa käytetään sammutettua kalkkia mm. savimaiden rakenteen parantamiseen. Kalkitusaineen tulee tässä yhteydessä olla hienojakeista. Useimmat viherrakentamisessa käytettävät kasvit viihtyvät kasvualustassa, jonka pH on välillä 5–7. Tämä pH-taso takaa, että kasvualustan liukoiset suolat ovat parhaiten kasvien saatavilla. Kasvualustan happamuutta vähennetään kalkitsemalla, jolloin kalkitusaineen anioniosa neutraloi happamia H<sup>+</sup>-ioneja. Kasvualustan pH vaikuttaa merkittävästi ravinteiden saatavuuteen ja haitallisten aineiden liukoisuuteen. Fosfori ja molybdeeni sitoutuvat tiukemmin, kun happamuus lisääntyy. Toisaalta kalsiumia, magnesiumia ja kaliumia on parhaiten saatavilla, kun pH on yli 6,5. Kaikki tämä vaikuttaa siihen, kuinka hyvin kasvit voivat hyödyntää kasvualustan ravinteita. (Tuhkanen ym. 2014.)

Suomessa kalkkikivi- ja dolomiittiesiintymät ovat suhteellisen pieniä, ja ne sisältävät usein myös happamia kivilajeja, kuten graniittia, gneissia, rapakiveä ja hiekkakiveä. Suurempia kalkkipitoisia alueita löytyy Ahvenanmaalta, Lohjalta, Paraisilta sekä Pohjois- ja Itä-

Suomesta, kuten Oulungalta, Keminmaalta, Tervolasta ja Kilpisjärveltä. Kalkkiperäiset alueet erottuvat muusta kasvillisuudesta, sillä ne ovat lajistoltaan rikkaampia ja monipuolisempia. Lisäksi Suomessa esiintyy ultraemäksisiä eli ultramaafisia kivilajeja, kuten serpentiniittiä, joita löytyy Pohjois-Karjalan, Kainuun, Keski-Lapin, Enontekiön ja Utsjoen sekä Etelä-Suomen Kiskon ja Suomusjärven alueilta. Näiden kivilajien korkeat kromi-, nikkeli-, rauta- ja magnesiumpitoisuudet voivat olla haitallisia useimmille kasveille, mutta niille sopeutuneet kasvit ovat kehittyneet estämään raskasmetallien kulun tai varastoimaan ne poikkeuksellisiin osiin, kuten varteen. Serpentiinialustoille sopeutuneista kasveista monet ovat erittäin harvinaisia ja rauhoitettuja. Suomen maaperä on yleisesti liian hapan puutarhakasveille (pH alle 5), ja kalkitus on useimmille kasveille välttämätöntä pH-arvon nostamiseksi. (Tuhkanen ym. 2014.)

Kasvit voidaan luokitella kalsiumin käytön suhteen neljään ryhmään (Tuhkanen ym. 2014):

- kalkinkarttajiksi (pH<4,2)
- neutraaleiksi (pH 4,2–5,5)
- kalkinsuosijoiksi (pH 5,5–7,0)
- kalkinvaatijoiksi (pH>7,0).

Lisäksi tiedetään, että monien lajien menestymisen edellytys siirrettäessä ne pohjoisempaan tai muuten epäsuotuisampiin olosuhteisiin, on kasvualustan korkeampi pH-arvo. Viherrakentamisessa käytettävistä kasveista suuri osa menestyy hyvin kasvualustassa, jonka pH on 6 tai korkeampi, ja monilla kasveilla on laaja sopeutumisarvo pH-arvon suhteen. Myös vaatelioiden puiden kasvualustan pH voi olla yli 7, jopa 8. Kalkinsuosijakasvit, kuten lehtoalueiden, kallioiden ja ketojen lajit, voivat menestyä rakennetussa ympäristössä, jossa kasvualustan pH on korkea. Tuntureilla kasvavat kalkinsuosijakasvit ovat yleensä heikkoja kilpailijoita, ja ne vaativat tuntureiden erityiset olosuhteet menestyäkseen. Lisäksi nämä kasvit ovat harvinaisia, monet rauhoitettuja ja jopa uhanalaisia. Ultraemäksiseen kasvualustaan sopeutuneet lajit ovat Suomessa erittäin harvinaisia ja rauhoitettuja. Näillä luonnonkasveilla ei ole merkitystä viherrakentamisessa, eikä niitä voida käyttää tähän tarkoitukseen. (Tuhkanen ym. 2014.)

### 3.5.1 Kasvualustan sopiva pH-arvo eri puulajeille

Sähköpostikeskustelun (Haverinen/Taimisto Huutokoski Oy ja Salmiheimo/Harviala Oy 2025) mukaan edellä mainittu kasvien luokittelu kalsiumin käytön suhteen (Tuhkanen ym. 2014) pitää pääosin paikkansa. Tavallisimpien viherrakentamisen puiden osalta ei löydy aivan yhtä eriteltyä tutkimustietoa tai vaatimustasoja kuin MTT:n raportissa mainitut erikoiskasvit mm. tunturiluonnosta. Tärkeämpää kuin pH-tason tarkat desimaalit, on tieto siitä, että

erityisesti lehtipuilla ei ole merkittäviä eroja pH-arvon vaatimuksen suhteen. (Salmiheimo 2025). Suurin osa lajeista viihtyy kasvualustassa, jonka pH-arvo on 6–7 (Haverinen 2025).

Luonnonvaraiset puut menestyvät happamammassa kasvualustassa kuin jalostetut koristeput, koska Suomen maaperä on luonnostaan hiukan hapanta. Selkeästi happaman maan eli alhaisemman pH-arvon kasvualustassa parhaiten menestyviä puita on lähinnä havupuissa, kuten kotimainen metsäkuusi ja mänty. Kotimaiset happamassa kasvualustassa menestyvät puulajit menestyvät kyllä myös pH-arvoltaan alueella 'neutraali', joka on Harvialan tiiviimmän luokituksen mukaan pH-arvoltaan 5,0–6,5. Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi koivu, haapa, pihlaja, tuomet, pajut, tammet, lepät ja hevoskastanja. (Salmiheimo 2025; Haverinen 2025). Huutokosken (Haverinen 2025) mukaan lähes kaikki heidän viljelemänsä puulajit kuuluvat kalkinsuosijoiksi ja kalkinvaatijoiksi. Kalkinsuosijapuita ovat lähinnä lehtipuut, jotka luontaisesti parhaiten menestyvät lehtomaisessa kasvupaikassa. Tällaisia ovat esimerkiksi jalavat, lehmukset, omenapuut ja rusokirsikka. Kommentit on annettu avomaan tuotannon kokemusten perusteella, mikä ei ole aivan verrattavissa kaupunkikohdeiden kasvualustoihin. Suomen puu- ja pensaskasvion (Väre ym. 2021) mukaisia kalkinsuosijapuita (pH-arvo on yli 6) on listattu liitteessä 1.

### 3.6 UUMA5

UUMA-ohjelma on uusiomaarakentamista edistävä kansallinen ohjelma, jonka rahoittajina on useita kaupunkia, Väylävirasto, yhdistyksiä, urakoitsijoita, teollisuutta, jätehuolto-yhtiöitä ja konsulttiyrityksiä. Käynnissä oleva UUMA5-ohjelma jatkaa aikaisempien vuosien uusiomaarakentamisen edistämistä. Ohjelma käynnistyi keväällä 2024 ja se kestää vuoden 2026 loppuun. Ohjelman työpaketin 4 osatehtävä 2 (ot 4.2) keskittyy betonimurskeen käyttömahdollisuuksiin kasvualustana ja ympäristörakentamisessa. Työn tavoitteena on tarkastella betonimurskeen raaka-aineita, käyttökohteita sekä laatuvaatimuksia kasvualustoissa ja ympäristörakentamisessa. (UUMA5 2024.)

UUMA-työryhmässä ot.4.2 on nostettu esiin mm. betonimurskeen syöttöpanos ja kuinka purkubetonia kierrätysmurskeen syöttöpanoksena ei saa käyttää viheralueiden kasvualustassa. On todettu, että lainsäädäntö käsittelee EEJ-betonimurskeen kohdalla kaikki kasvualustavaatimukset samanlaisina. Koska purkubetoni syöttöpanoksena ei kelpaa ruokakasveille, ei se kelpaa muillekaan istutusalueille. Kasvualustat tulisi siksi eriyttää käyttötärpeen mukaan purkubetonin salliviin ja kieltäviin kasvualustoihin.

Työryhmissä on pohdittu myös laajemmin betonin vaikutuksia elinympäristöön. Betoni on maailman yleisin rakennusmateriaali edullisuutensa ja teknisten mahdollisuuksiensa puolesta, erityisesti vahvistettuna, esimerkiksi raudalla. Kaikkiällä ihmisen rakentamassa

ympäristössä on nähtävissä betonia mm. rakennukset, sillat, tunnelit ja monet muut rakennettuun infrastruktuuriin kuuluvat elementit on tehty betonista. Tämän lisäksi betonia on myös maan alla mm. perustuksina, parkkihalleina ja väestönsuojina. Kaupunkiympäristössä betonia käytetään paljon myös kalusteissa ja kiveyksissä. On esitetty kysymys, kuinka suuri vaikutus jo nykyisillä betonirakenteilla on ympäristön emäksisyyden kasvuun. Koska betonia on jo runsaasti kaupunkiympäristössä, betonimurskeen hyödyntäminen kantavissa kasvualustoissa tuskin aiheuttaa merkittävää haittaa ympäristön pH-arvon nousulle. Asianmukainen suunnittelu ja seuranta ovat kuitenkin avainasemassa.

## 4 Kantava kasvualusta

### 4.1 Kantavan kasvualustan historia

Kantavan kasvualustan edelläkävijänä pidetään Hollannin Amsterdamissa kehitetty kasvualustaseosta. Siellä otettiin ensimmäisen kerran kokeiluun niin sanottu Amsterdam Tree Soil (ATS) jo vuonna 1979. Alkuperäinen ATS on hiekan ja kasvualustan seos, jonka kehitystyötä on jatkettu eteenpäin ja siirrytty mm. karkeamman kiviaineksen käyttöön kantavuuden lisäämiseksi ja painumien ehkäisemiseksi. ATS valmistetaan sekoittamalla eri ainekset toisiinsa isolla seulakoneella. Kantavan kasvualustan kokeilu- ja kehitystyötä on tehty aktiivisesti myös Ruotsissa, Norjassa, Saksassa, Tanskassa ja Yhdysvalloissa. (Krook ym. 2005.) Ruotsin nykyinen kantavan kasvualustan rakentamismalli ”Stockholm Solution” esiteltiin tämän työn kohdassa 2.2.

Saksassa on tehty useita kantavan kasvualustan kokeiluja erilaisilla seoksilla. Saksassa kantavan kasvualustan eri vaihtoehtoista käytetään nimitystä juuristotilan laajentaminen (Wurzelraumerweiterung). Kantavasta kasvualusta puhutaan englanniksi mm. nimillä skeleton soil ja structural soil. Cornellin yliopistossa Yhdysvalloissa on kehitetty ja patentoitu kantavan kasvualustan malli CU-Structural Soil™. Siinä kivi- ja kasvualustan oikea seossuhde on todettu erittäin tärkeäksi. Samoin kivilaadulla ja kivien muodolla on havaittu olevan merkitystä. CU-kasvualustan seossuhde on 80 % kiviainesta (halkaisijaltaan 1,5–3,5 cm murskattu kiveä tai soraa), 20 % kasvualustaa (savimaata tai hiekansekaista savea) sekä 0,03 % hydrogeeliä. Hydrogeeli ylläpitää kasvualustan kosteutta. (Krook ym. 2005.) CU-Structural Soil™-kasvualustan kohde on kuvattu kuvissa 15–16.



Kuvat 15–16: CU-Structural Soil™-kasvualustan levitys 2012 ja alueen kehittyminen vuonna 2019 (Greely Sand & Gravel Inc.™ 2025)

Helsingin yliopiston ja Helsingin kaupungin rakennusviraston yhteisessä hankkeessa tutkittiin Viikin alueella kolmen erilaisen kantavan kasvualustan ominaisuuksia ja katupuiden menestymistä niissä. Koerakenteita oli kolme ja tutkittavia puulajeja kaksi. Koerakenteet valmistuivat vuonna 2002. (Krook ym. 2005.)

Koerakenteiden materiaalit olivat:

- kasvualusta 1 sisälsi 65 % kiviainesta (raekoko 32–64 mm), joka koostui granodioritista ja graniitista (75 %) sekä kiillegneissistä tai vastaavasta (25 %). Kasvualusta-ainesta oli 35 % ja se sisälsi karkeaa ja hienoa hietaa, maatonutta saraturvetta ja savea
- kasvualusta 2 sisälsi 70 % kiviainesta (graniittia ja migmatiittia, raekoko 30–120 mm). Kasvualusta-ainesta oli 30 % ja se oli nurmikkomultaa
- kasvualusta 3 sisälsi 70 % kiviainesta (graniittia, raekoko 64–150 mm). Kasvualusta-ainesta oli 30 %, ja se sisälsi hiekkaa (65 %), juurikkaiden pesusavea (20 %), sekä soraa, lehtikompostia ja kuoriketta.

Testattujen kasvualustojen tyhjätilojen osuus rakenteen kokonaistilavuudesta oli 40–45 % kaikilla raekoilla (32–64 mm, 32–150 mm ja 64–150 mm), mutta raekoko 64–150 mm muodosti suurimman tyhjätilan, mikä oli edullista juurten kasvun kannalta. Tutkimuksen mukaan kiviaineksen tulisi olla mahdollisimman samankokoista ja murskattua, mielellään teräväsärmäistä eikä pyöreäreunaista. Kasvualustojen kantavuudet olivat hyvät, ja raekoolla 64–150 mm rakennettu kasvualusta ei routinut. (Krook ym. 2005; Tuhkanen ym. 2014.)

#### 4.2 Kantavan kasvualustan tarkoitus, käyttö ja ominaisuudet

Kasvualusta käsittää ne kasvillisuusalueen maakerrokset, joihin kasvin juuret kiinnittyvät ja joissa ne kasvavat. Rajoitetuilla kasvualustoilla tarkoitetaan niitä kasvualustoja, joista ei ole yhteyttä laajempaan juurtumiskelpoiseen maaperään, kuten istutusaltaat ja ajoratojen välikaistat. (InfraRYL 23113 2022.)

Kantavalla kasvualustalla tarkoitetaan kasvualustarakennetta, joka toimii sekä kadun tai päällystetyn alueen kantavana rakenteena että mahdollistaa puiden juurille riittävän kasvu-tilan. Se muodostuu yleisimmin karkeasta tukirakenteesta (kiviaines) ja hienommasta maa-aineksesta. Kantavaa kasvualustaa käytetään rakennetussa ympäristössä puuistutuksissa sidottujen, ladottujen ja sitomattomien päällysteiden alueilla. Kantava kasvualusta mahdollistaa kasvillisuuden käytön katu-, liikenne- ja pysäköintialueilla. Sitä käytetään kovien päällysteiden alusrakenteena kevyen liikenteen, kävelykatujen ja pelastusteiden yhteydessä. Kokoojakaduille ja niitä raskaammalla käytöllä oleville liikenneväylille kantava kasvualusta ei sovellu. Jos puu istutetaan kapealle, leveydeltään alle 3 m:n erotus-, väli- tai

keskialueelle, tulee kasvualustan olla kantavaa tai se tuetaan siten, että tien, kadun tai käytävän rakennekerrokset eivät painu kasvualustakerrokseen. Sidottujen ja kivettyjen päällysteiden alueilla istutettavien puiden kasvualustakerros on aina kantavaa tai se tuetaan. (InfraRYL 23113 2022.)

Koska kantavaa kasvualustaa käytetään yleensä kivityillä tai asfaltoiduilla alueilla, puu juuristoinen ei saa pinnan kautta riittävästi vettä ja happea. Tämän takia puun vedensaanti ja kantavan kasvualustan ilmastus varmistetaan erillisillä rakenteilla. Ilmastuskerros rakennetaan kantavan kasvualustan yläosaan, varsinaisen kasvualustan päällä hyvin läpäisevänä kerroksena, jota ei eroteta alla olevasta kasvualustasta suodatinkankaalla. Se vastaa sekä kaasujen vaihtumisesta kasvualustassa että toimii mahdollisesti imeytettävän veden leviämisreitteinä kasvualustan pintaan. Lisäksi kasvualustaan ohjataan hulevesiä sekä lisätään usein ilmastus- ja kasteluputkia, jotka voivat olla tärkeitä myös jatkohoidon, kuten lannoituksen takia.

#### 4.2.1 InfraRYL: materiaalivaatimukset ja ohjeet

InfraRYL on Rakennustieto Oy:n ylläpitämä tietojärjestelmä, joka määrittelee infra-alan toimijoille yleiset ja yhtenäiset laatuvaatimukset infrarakentamisen töihin Suomessa. Säännöllisesti päivitettävään järjestelmään on tallennettu julkaisuja, johon on kirjattu kriteerejä rakennustarvikkeille sekä rakentamisen vaatimuksia ja ohjeita. (Rakennustieto 2024.) InfraRYL:n kantavan kasvualustan hienoaineksen vaatimukset on esitetty taulukossa 4.

Vaatimuksena on, että kantavan kasvualustan ilmastuskerros tehdään ainoastaan, jos se on suunnitelmissa määritelty. Ilmastuskerros valmistetaan sepelistä, jonka raekoko on joko 16/32 mm tai 32/64 mm. Materiaalin on pysyttävä läpäisevänä, eikä siihen saa joutua hienoainesta. Kerroksen yläpintaan asennetaan suojaksi suodatinkangas. Ilmastuskerroksen täytyy olla yhteydessä ilmastus- ja kastelujärjestelmiin siten, että kaasunvaihto ja mahdollisesti imeytettävä vesi saavat katkeamattoman reitin ilmakehästä kasvualustaan. Kastelu- ja ilmastusjärjestelmässä käytettävät salaojaputket ovat 2-tai 3 kerroksisia halkaisijaltaan 110 mm:n PEH-putkia. Vaihtoehtoisesti salaojaputket voidaan korvata rakenteeseen asennetuilla pystyputkillalla tai ilmastuskapseleilla, mikä varmistaa kasvien juuriston hapensaannin.

InfraRYL:n (InfraRYL 23113 2022) vaatimuksen mukaan esisekoitetun kantavan kasvualustan materiaali ei saa olla lajittunutta. Kantavan kasvualustan tilavuudesta 70...75 % tulee koostua tiivistetystä karkeasta tukirakenteesta (kiviaines) ja 25...20 % hienommasta maaineksesta. Tukirakenteessa tulee olla noin 5 % tyhjää tilaa. Kantavan kasvualustan kiviaines tulee olla tasarakeista ja sen raekoko saa vaihdella enintään 100 mm. Käyttävän

kiviaineksen raekoon alaraja on 80 mm:ä ja yläraja 200 mm: ä eikä kiviaines saa olla liuskeista. Ohjeen mukaan kiviaineksen raekoko on esimerkiksi 80...180 mm, 90...150 mm tai 100...200 mm.

Muuttuja	yksikkö	Ravinteisuustyyppi 1 R1 nurmikot, vaateliaat kasvit, rajoitetut kasvualustat tavoitearvo			Ravinteisuustyyppi 2 vaatimattomat puut, pensaat, perennat, maisemanurmikot tavoitearvo			Ravinteisuustyyppi 3 Karut, kuivat, happamat kasvualustat tavoitearvo		
Johtoluku <sup>1</sup>	10 x mS/cm	-	-	10	-	-	6	-	-	4
TAI johtokyky	mS/m	50			40			30		
pH (H <sub>2</sub> O) <sup>2</sup>		5,5	6,5	7,1	5	6	7,1	4	5,5	7,1
Ca	mg/l	1900	2700	4000	1000	2000	3000	250	500	1600
P <sup>3</sup>	mg/l	5	20	30	5	10 <sup>4</sup>	25	3	8 <sup>4</sup>	20
K	mg/l	150	250	450	75	200 <sup>4</sup>	300	50	100 <sup>4</sup>	180
Mg	mg/l	150	250	300	50	200 <sup>4</sup>	300	30	50 <sup>4</sup>	250
S <sup>5</sup>	mg/l	10	30	400	5	10	400	5	20	400
B	mg/l	0,4	0,6	3	0,4	0,6	3	0,2	0,3	2,5
Cu	mg/l	2	3	50	2	3	50	2	3	50
Mn, pH-korjattu <sup>6</sup>		10	30	500	10	30	500	10	30	500
Zn	mg/l	2	3	50	2	3	50	2	3	50
Na	mg/l	200			100			100		
Hekkutushäviö (org. aineen pitoisuus) <sup>7</sup>	paino-%	4	8	14	4	8	14	1	5	12
Liuk. N <sup>1,8</sup>	mg/l	15	40	100	10	20	60	-	10	20
Tilavuuspaino, kuljetuskosteus <sup>9</sup>	kg/m <sup>3</sup>	640	1000	-	640	1000	-	760	1100	-
Kasvosat ja rikkakasvit <sup>10</sup>		Ei eläviä kasvin kasvullisia lisääntymisosia. Voi sisältää tuulilevitteisiä rikkakasvin-siemeniä.								

Taulukko 4: Kantavan kasvualustan hienoaineksen materiaalivaatimukset rajoitetussa kasvualustassa ovat Viherympäristöliitto ry:n ravinteisuustyyppi 1 mukaiset. (InfraRYL 23113 2022)

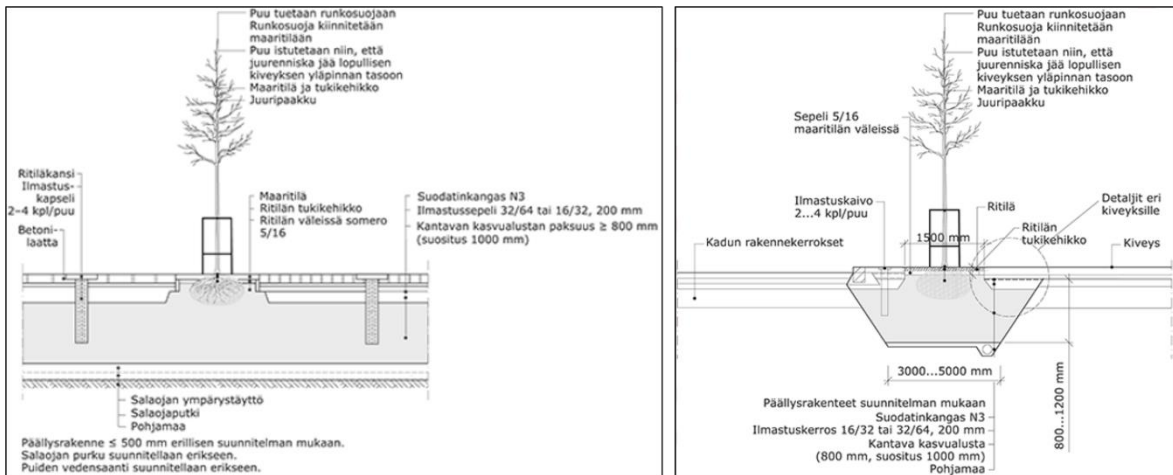
#### 4.2.2 InfraRYL: rakentamisen ja kelpoisuuden vaatimukset ja ohjeet

InfraRYL:n (InfraRYL 23113 2022) vaatimuksen mukaan kantava kasvualusta tehdään useamman puun yhdistäväksi vähintään 1 m:n paksuiseksi kasvualustapediksi. Yksittäisen pienen katupuun istutusalueen paksuus tiivistettynä on vähintään 1 metri ja kasvualustan vähimmäistilavuus puuta kohden on 15 m<sup>3</sup>. Suuren katupuun istutusalueen paksuus tulee olla 1,0–1,2 metriä ja kasvualustan vähimmäistilavuus puuta kohden 25 m<sup>3</sup>. Mikäli istutusalueen vesitaloudesta ei ole erityisesti huolehdittu, on kasvualustan suositustilavuus pienille puille 25 m<sup>3</sup> ja suurille puille 40 m<sup>3</sup>. Puiden vesitaloudesta huolehtimisella tarkoitetaan sitä, että sidotun päällysteen alueella puiden vedensaintia parannetaan esimerkiksi hulevesien imeytyksellä kasvualustaan tai kastelujärjestelmällä.

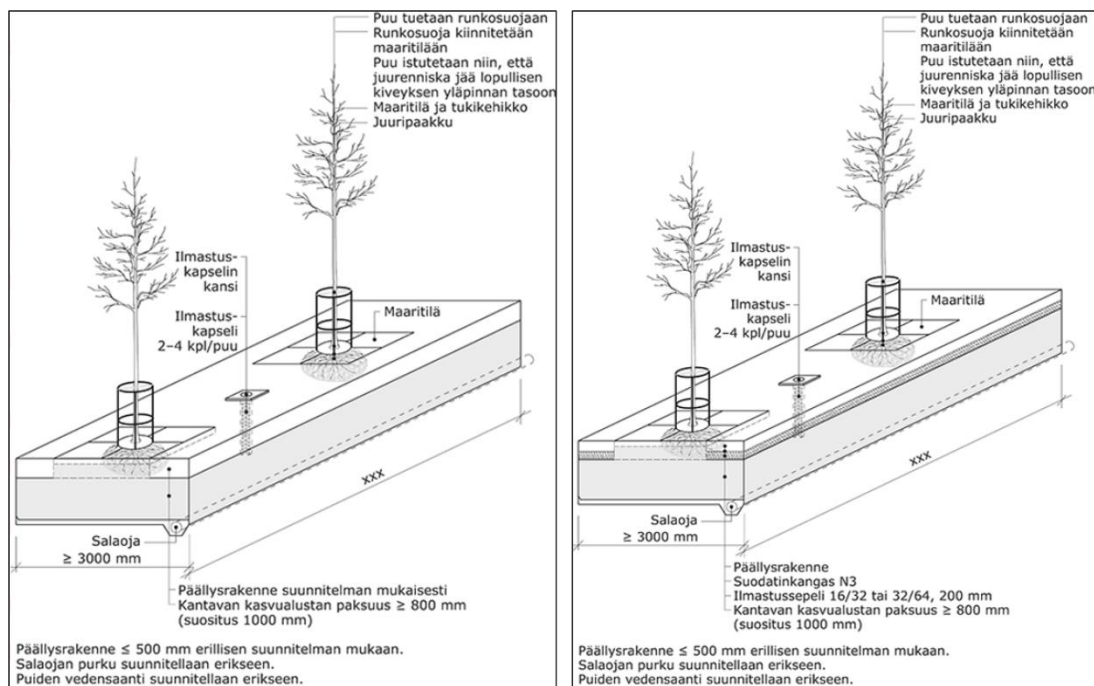
Puun etäisyyden kasvualusta-alueen ulkoreunasta tulee olla vähintään 1000 mm, ja yhtenäisen kaistan vähimmäisleveys on 3000 mm. Pohjamaan laatu ei vaikuta tarvittavaan kantavan kasvualustan paksuuteen. Jos kasvualustan yläosassa käytetään sepelikerrosta, jonka paksuus on 100–200 mm, ilmastus- ja imeytyskerroksena hulevesien ohjaamiseksi kasvualustaan, tämä kerros voidaan laskea mukaan kasvualustan kokonaistilavuuteen. Kantavassa kasvualustassa tulee lähtökohtaisesti aina olla toimiva salaojitus liikaveden poistamiseksi. Poikkeuksia voidaan tehdä vain erittäin läpäisevien maiden tapauksessa. (InfraRYL 23113 2022.)

Kantava kasvualusta voidaan rakentaa joko syöttämällä hienompaa maa-ainesta tukirakenteen sisään tai käyttämällä esisekoitetusta materiaaleista valmistettua kasvualustaa. Syöttämällä tehtävän rakentamistavan mukaan tukirakenteen kiviaines levitetään 250–300 mm:n kerroksena koko kaivannon alueelle, ja kerros tiivistetään tarvittavaan tiiviyteen. Täytön päälle levitetään tasaisesti 15–25 mm:n kerros hienompaa maa-ainesta, joka syötetään paineistetulla vedellä tukirakenteeseen. Maa-aineksen liettymistä estetään, jotta se ei lajitu haitallisesti. Hienompaa maa-ainesta lisätään tukirakennekerrokseen, kunnes rakenne on täyttynyt niin, että vain kerroksen ylimmät kivet ovat näkyvissä. Kerrosta ei saa ylitäyttää, eikä tukirakenteen pinnalle saa jäädä erillistä hienoaineskerrosta, joka ei uppoa tukirakenteeseen. Täytetyn kerroksen päälle levitetään seuraava 250–300 mm:n tukirakennekerros. Tämä kerros tiivistetään ja hienempi maa-aines syötetään sen sisälle samalla tavalla kuin edellä. Kerroksien rakentamista jatketaan, kunnes suunnitelman mukainen kantavan kasvualustakerroksen kokonaispaksuus saavutetaan. Esisekoitetusta materiaalista tehtävä rakennustavan mukaan kantava kasvualusta rakennetaan 300 mm:n kerroksina koko kaivannon alueella, ja jokainen kerros tiivistetään tarvittavaan tiiviyteen. Esisekoitettu kasvualusta sekoitetaan uudelleen ennen levittämistä. Kantavaan kasvualustaan tulee rakentaa kastelu- ja ilmastusjärjestelmät, jos päällysrakenne ei läpäise tehokkaasti vettä, happea ja hiilidioksidia. (InfraRYL 23113 2022.) Kantavan kasvualustan ohjeelliset rakenneperiaatteet ja materiaalit on esitetty kuvioissa 5–8.

Vaatimuksen mukaan kantava kasvualusta on lajittumaton ja sen kantavuus- ja routimattomuusominaisuudet ovat samat kuin ympäröivien rakennekerrosten ja päällysteiden. Kuormitusluokat ja tavoitekantavuudet tulee olla suunnitelmien mukaiset. Kantavan kasvualustan tiiviyden ja tasaisuuden tulee olla samat kuin vastaavan murskeesta rakennetun katuluokan päällysrakenteen. Vaatimuksen mukaan materiaalien mahdollinen lajittuneisuus tarkastetaan silmämääräisesti. Mikäli rakennushankkeessa vaaditaan kantavuuden mittaus, se tulee tehdä levykuormituskokeella. Rakenteen mittavaatimukset todetaan suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti soveltaen murskeesta tehdyn kantavan kerroksen vaatimuksia. (InfraRYL 23113 2022.)



Kuviot 5–6. Puun istutuksen ohjeelliset esimerkkiratkaisut kantavaan kasvualueeseen, pituusleikkaus ja poikkileikkaus (InfraRYL 23113 2022)



Kuviot 7–8. Kuviossa 7 on esimerkki puiden yhtenäisestä kantavasta kasvualueesta. Kuviossa 8 on esimerkki puiden yhtenäisestä kantavasta kasvualueesta, johon tehdään suunnitelman mukaisesti ilmastuskerros. (InfraRYL 23113 2022)

## 5 Betonimurske puiden kantavassa kasvualustassa – koealueet

### 5.1 Tutkimuskoealueiden lähtökohdat ja tavoitteet

Tutkimukseen pyydettiin mukaan eri kaupunkeja ja tarjoamaan samalla sopivaa koealuetta rakennuskohteeksi kaudelle 2024. Koealueen toivottiin olevan nimenomaan kaupunkiympäristössä, missä kantava kasvualustaa tarvitaan myös todennäköisimmin. Koealueen rakenteet tuli saada olla paikoillaan vähintään vuoden 2030 loppuun mahdollisten seuranta-työiden takia. Alue ei saanut olla pohjavesialuetta, mikä olisi hankaloittanut betonimurskeen käyttöä. Kevättalvella 2024 yhteistyökumppaneiksi ilmoittautuivat mukaan Lahden kaupunki ja Vantaan kaupunki.

Koealueilla oli tavoitteena käyttää koemateriaalina vähintään kahta erilaista betonimursketta. Lisäksi tuli olla vertailurakenne luonnonkivellä. Tilaajien toiveesta koemateriaaliksi valittiin EEJ-betonimurske, koska oletettiin, että sen käyttö ja saatavuus olisi helpompaa ja varmempaa myös tulevaisuudessa, ainakin MARA-betonimurskeeseen verrattuna. Materiaalien raekoot valittiin EEJ-määritelmän 0–90 mm ja InfraRYL:n kantavan kasvualustan raekoon ohjeistuksen 80–200 mm mukaan. Koerakenteiden hienoaines tuli toistua samanaikaisena, jotta sillä ei olisi vaikutusta tutkimustulokseen. Koemateriaaleista ja niiden raekoista neuvoteltiin useamman eri betonituotevalmistajan ja purkuyrityksen kanssa.

Koerakenteiden kasvualustan tilavuus yhtä puuta kohden ei ole InfraRYL:n suositusten mukainen. Lahden koealueella suosituksesta jouduttiin tinkimään olemassa olevien katurakenteiden takia. Istutettava välikaista oli vain 3 metriä leveä eikä koerakennetta haluttu levittää jalkakäytävän alle. Lisäksi välikaistalla kulki putkirakenteita, jotka vaativat täyttöö luonnonkiviaineksilla. Vantaalla suosituksesta tingittiin tietoisesti, jotta sovitulle koealueelle saatiin useampi puulaji. Todettiin, että puiden juuret eivät ehtisi levitä niin pitkälle väliaikaisessa rakenteessa, että kasvualustan rajat tulisivat vastaan. Kantavaa kasvualustaan rakennettiin puuta kohden Lahteen noin 15 m<sup>3</sup> ja Vantaalle noin 7 m<sup>3</sup>.

Koerakenteisiin oli tavoitteena istuttaa mahdollisimman monta eri puulajia, vähintään kaksi eri puulajia. Yhteen koerakenteeseen tuli olla istutettuna vähintään kolme samaa lajia olevaa katupuuta, millä varmistettiin tutkittavien puiden määrä jonkun niistä mahdollisesti kuollessa. Taimivalinnoissa suosittiin Suomessa kasvatettuja, kestäviä, katu-/raideympäristöön soveltuvia lajeja, jotka kestäisivät hyvin hoitoleikkausta ja rungon nostamista sekä pilari-/pylväsmallisia lajikkeita. Valinnoissa huomioitiin myös puulajien kalkinsietokyky, koska betonimurskeen tiedettiin olevan hyvin kalkkipitoista materiaalia, jolla on korkea pH-arvo. Puulajien tuli suosia tai vähintään sietää emäksistä maata. Taimivalinnat tarkentuivat

taimisaatavuuden ja tilaajien toiveiden perusteella. Valintoja varten selvitettiin myös Vantaalle rakennettavan Vantaan pikaraitiotien suunniteltuja puuvalintoja.

## 5.2 Koemateriaalit

Koealueille tavoiteltiin samanlaisia koemateriaaleja, jotta tutkimustuloksia voitiin verrata keskenään (kuva 17). Lahdessa tutkittiin yhtä koemateriaalia. Vantaan koealueelle tehty koetoimintailmoitus ja alueen isompi pinta-ala mahdollisti kohteeseen kaksi koemateriaalia.



Kuva 17. Koemateriaalien näytekappaleet: kevytsorabetonimurske ja betonimurske. Kappaleiden halkaisija on noin 90 mm. (Kuva: Eva-Maria Tavast 2024)

### 5.2.1 EEJ-betonimurske

Rudus Oy toimitti molemmille koealueille tuotteistettua Betoroc®-mursketta, joka on murskaamalla ja seulomalla valmistettu kierrätystuote. Betoroc®-murskeen raaka-aine on peräisin rakennustyömailta, purkutyömailta tai betoniteollisuuden sivuvirrasta. Betoroc®-mursketta valmistetaan tavallisesti raekoossa 0–45 mm ja 0–90 mm ja sitä voi käyttää maarakentamisessa, talonrakentamisessa, viherrakentamisessa ja kiviaineksena valmisbetonin ja betonituotteiden valmistuksessa. Toimitettu murske on VNa 466/2022 mukaista a-luokan mursketta ja sen jäteluokittelu on päättynyt, materiaali on CE-merkittyä ja EEJ-sertifioitua. (Rudus 2023.) Toimitettu betonimurske oli laatuluokaltaan BeM Ila (ks. sivun 18 taulukko 3). Koerakennekäyttöön ei ollut saatavilla Betoroc®-mursketta, jossa ei olisi käytetty raaka-aineena purkubetonia. Koealueita varten murskeelle tehtiin lisäseulonta raekokoon 80–90 mm.

### 5.2.2 Kevytsorabetonimurske

Hollolan Rakennusbetoni- ja Elementti Oy (RB) toimitti Vantaan koealueelle kevytsorabetonimursketta. Materiaali oli MARA asetuksen (VNa 843/2017) mukaista tehtaan oman tuotannon tasalaatuista sivuvirtaa, jonka pääraaka-aineita on sementti, kevytsora, hiekka ja vesi. RB käyttää kaiken sivuvirtamateriaalin tavallisesti tuotteistamaansa kasvikkatkasvu-alustaan, mutta koerakennetta varten murske seulottiin isorakeisemmaksi. Tehtaalla tehtiin kaksi erilaista koeseulontaa, minkä perusteella valittiin käytettävä koemateriaali. Seulonnoista saatiin seokset, joiden raekoko oli keskimäärin noin 0–150 mm ja 0–300 mm, 0-ainesta ei saatu pois olemassa olevilla seuloilla. Koemateriaaliksi valittiin murske 0–150 mm, sillä se oli lähempänä EEJ-betonimurskeen raekokoa. Isompi murskekoko arvioitiin olevan myös hankalampi tiivistää rakennekerroksiin ja siten tuottavan epäluotettavampia kantavuusmittaustuloksia. Kevytsoramurskeen jalostus tehtaan sivuvirrasta on esitetty kuvissa 18–20.



Kuvat 18–20. Kevytsorabetonimurskeen raaka-aineena oli tehdastuotannon sivuvirtaa. Seulonnoissa kokeiltiin kahta eri kokoista seuloa. Oikeanpuolimmaisessa kuvassa on koerakenteeseen valittu kevytsoramurske. (Kuvat: Eva-Maria Tavast 2024)

### 5.3 Koealueiden seuranta

Lahden koealue on osa pysyvää katu ympäristöä. Vantaan koealue on sen sijaan väliaikainen rakenne, joka puretaan tulevaisuudessa alueen uuden kaavoittamisen ja rakentamisen myötä. Vantaan koerakenteen minimiajaksi on luvattu viisi vuotta. Koealueille on sovittu säännöllinen seuranta vuoden 2026 loppuun saakka. Seurantatyöt toteutetaan sovitusti Rambollin ja kaupunkien tilaajien kesken ja aloitetaan heti, kun rakenteet valmistuvat ja sääolosuhteet sen sallivat. Seurantatuloksista tehdään kohdekohtaiset loppuraportit ja ne jaetaan UUMA5-työryhmille sekä Viherympäristöliitto ry:lle tiedoksi ja julkaistavaksi.

Kantavuusmittausten ja mahdollisten painumien seurannan takia koealueiden pinnat jätettiin murskeelle 0/11 ja osin kivettiin betonikivellä. Suunniteltujen seurantatöiden lisäksi olisi mielenkiintoista nähdä myöhemmin koerakenteen auki kaivuu, esimerkiksi Vantaan

koealueen purkutöiden yhteydessä. Purkutöiden yhteydessä olisi mahdollista nähdä kuinka juuristo on levittäytynyt ja onko betonimurske rapautunut.

### 5.3.1 Kantavuusmittaukset

Koerakenteiden kantavuutta mitataan kevyellä pudotuspainolaitemittauksella (Loadman II) ja levykuormitusmittauksella. Mittaustavat on valittu yhdessä tilaajan kanssa huomioiden InfraRYL:n vaatimukset kantavan rakenteen mittaustavoista. Kantavuuden tavoitearvo oli suunnittelijan asettama tavoite. Mittaustyöt tekee pääosin Ramboll Finland Oy.

InfraRYL:n (InfraRYL 23113 2022) mukaan kantavan kasvualustan kantavuus tulee todeta levykuormitusmittauksella ja rakenteen mittavaatimukset todetaan suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti soveltaen murskeesta tehdyn kantavan kerroksen vaatimuksia. InfraRYL:n 223113 liitteen 2 mukaan levykuormitus ja pudotuspainolaitemittaus soveltuu kohteisiin, joissa materiaalin raekoko on enintään 125 mm. Menetelmä soveltuu hyvin sorasta tai murskeesta tai vastaavasta uusiomateriaalista tehdyn kerroksen mittaukseen. Tiivistystyön laatu varmistetaan mittaamalla pudotuspaino- tai levykuormituslaitteella muodonmuutosmoduuli (kantavuusarvo) E2 ja/tai tiiviyssuhde E2/E1, joka on toisesta kuormituksesta lasketun muodonmuutosmoduulin suhde ensimmäisestä kuormituksesta laskettuun muodonmuutosmoduuliin. Mittauspaikan pinnan on oltava tasainen eikä materiaali saa olla lajittunutta. Tarvittaessa pinnan tasaukseen käytetään tasarakeista hiekkaa. Mikäli tiivistettävän materiaalin enimmäisraekoko on >125 mm (esim. louherakenne), voidaan kerroksen tiiviyksi mitata levykuormituslaitteella kiilauskerroksen päältä.

Lahden koealueen mittaustavaksi valikoitui kevyempi ja vähemmän tilaa vaativa Loadman-mittaus, koska levykuormitusmittaus olisi vaatinut isomman tasaisen mittauspinta-alan kuin mitä koealueella oli. Lahden koerakenne oli pinnanmuodoiltaan luiskattu painanne. Vantaan koealueella kantavuus mitattiin levykuormitusmittauksella. Loadman-kokeen on todettu olevan kyseenalainen kantavan kasvualustan mittaustapa, koska sen mittaussyvyys on vain 20–30 cm. Levykuormitusmittauksen mittaussyvyys on sen sijaan noin 80 cm. Loadman on myös huomattavasti edullisempi mittaustapa kuin raskaampi levykuormitusmittaus.

Alueiden kantavuuden minimitaloitearvoksi asetettiin 145 MN/m<sup>2</sup> (vähimmäiskantavuus päällysteen alapuolelta), mikä on Suomen kuntatekniikan yhdistyksen Katu2020-ohjeistuksen vaatima vähimmäiskantavuus katuluokalle 6. Katuluokan 6 kokonaisrakenteen (sisältäen päällyste) vähimmäiskantavuus tulee olla 175 MN/m<sup>2</sup>, mikä on sama kuin InfraRYL:n kantavuusvaatimus. Katuluokka 6 tarkoittaa jalkakäytäviä, pyöräteitä ja puistoteitä. InfraRYL:n (InfraRYL 21310 2021) mukaan levykuormituslaitteella mitatun yksittäisen

mittauksen tiiviyssuhde (E2/E1) tulee olla alle 2,1 ja pudotuspainolaitteella (Loadman) mitattuna alle 1,8, mikäli kantavuustavoite on 145 MN/m<sup>2</sup>.

Tutkimuksen tavoitearvo saattaa tuntua korkealta huomioiden kantavan kasvualustan rakenteen eroavaisuudet katurakenteisiin verrattuna. Mittaustuloksia tuleeikin siis tarkastella soveltaen.

Koealueittain sovitut seurantatyöt ja niiden aikataulutus:

#### Lahden koealue

- rakenteiden kantavuus mitataan Loadman-kokeella
- 3 mittauspistettä/koerakenne = yhteensä 6 mittauspistettä/koealue
- 0-mittaus, syksyllä 2024, kantavan kasvualustan päältä työmaa-aikana sekä vertailumittaus viereisen jalkakäytävän valmiin kantavan rakennekerroksen päältä, mittaukset tehdään samalta kadun poikkileikkauslinjalta
- mittaukset tehdään valmiin pinnan päältä keväällä 2025, syksyllä 2025, keväällä 2026 ja syksyllä 2026.

#### Vantaan koealue

- rakenteiden kantavuus mitataan levykuormitus-kokeella
- 3 mittauspistettä/koerakenne = yhteensä 9 mittauspistettä/koealue
- 0-mittaus, keväällä 2025, kantavan kasvualustan päältä työmaa-aikana
- mittaus tehdään valmiin pinnan päältä syksyllä 2025
- mittaus tehdään valmiin pinnan päältä keväällä 2026.

### 5.3.2 Vesinäytteet

Rakenteiden läpi suodattuvasta vedestä tutkitaan pH-arvo (potentia Hydrogenii), johtoluku, sekä Vantaan koerakenteista myös kiintoaine. Mitattavan veden pH kertoo koerakenteen kasvualustan emäksisyydestä ja ravinnepitoisuudesta, joten sen perusteella voidaan myös päätellä, millaiset puut ko. kasvualustassa viihtyvät. PH-arvon oletetaan olevan korkea välillä 8–10 ensimmäisissä mittauksissa, mutta kääntyvän sitten laskuun.

Johtoluku on maan sähkönjohtokyvyn mitta, joka kertoo vesiliukoisten suolojen määrän. Korkea johtoluku tarkoittaa, että maassa on runsaasti vesiliukoisia suoloja. Liian korkea johtoluku voi olla haitallinen kasvien vesitalouden kannalta, mahdollisesti aiheuttaen kasvien kuivumisen kastelusta huolimatta. Alhainen johtoluku (alle 10 mS/m) osoittaa, että maa on vähäravinteista ja tarvitsee lannoitusta. Liiallinen lannoitus voi puolestaan väkevöittää kasvualustaa, jolloin kasvien on vaikea saada siitä vettä. Istutusalueen

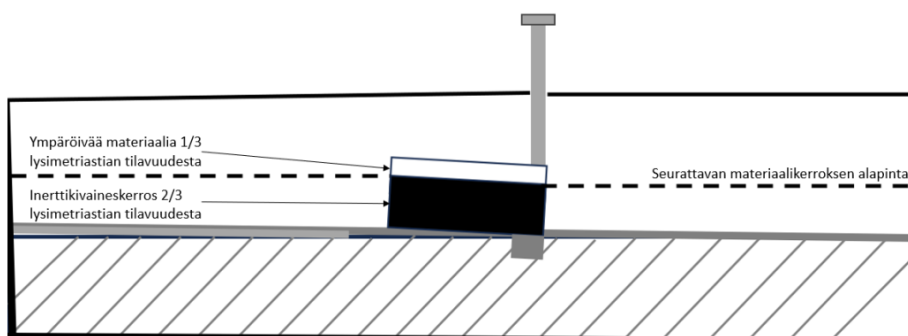
perustamisvaiheessa kasvualustan johtokyky on yleensä korkeimmillaan, sillä osa ravinteista haihtuu ja huuhtoutuu levityksen jälkeen sekä kastelun myötä.

Kiintoaine tarkoittaa vedessä olevia kiinteitä hiukkasia, kuten savea, hiesua tai hiukkasmaista orgaanista hiiltä. Kiintoaineen mittarina toimii veden sameus. Puhtaan kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1,0 mg/l. Betonimurskeen mahdollisen rapautumisen oletetaan nostavan kiintoaineen määrää, minkä takia kiintoaine halutaan mitata asian tutkimiseksi. Kiintoaineen määrittäminen sisältyi myös Vantaan koetoimintaluvan lupamääräykseen.

Vesinäytteet otetaan rakenteiden pohjalle asennetuista lysimetreistä (kuva 21). Näyte pumpataan lysimetrin alimmaisesta vesiasiasta kevyen pumpun avulla maanpinnalta. Jotta mitattava vesi uusiutuu seuraavaa mittauskertaa varten, vesiasia tyhjennetään jokaisen mitauskerran jälkeen. Lysimetrien asennusperiaate on nähtävissä kuviossa 9.



Kuva 21. Lysimetrit suunniteltiin ja rakennettiin Rambollin Luopioisten yksikössä. Vasemalla on asennusvalmis lysimetri, oikealla esitetty imuletku suoja-putkessa ja suoja-putken korkki. (Ramboll 2024c)



Kuvio 9. Lysimetrin asennusperiaate (Ramboll 2024c)

### 5.3.3 Puiden elinvoimaisuus

Puiden elinvoimaisuutta tarkastellaan silmämääräisesti, mitataan puiden rungonympäryys ja mitataan puiden lehtivihreä klorofyllimittarilla. Seurantatyöt tehdään samalla tavalla ja aikataululla Lahdessa sekä Vantaalla, poikkeuksena Lahden koealueella tutkimusalueeseen kuuluu myös perinteiseen kasvualustaan istutetut verrokipuut. Mittaukset suorittaa Ramboll. Mittauskertoja kertyy yhteensä 5 ja ne tehdään lehtien kasvu huomioiden keväisin ja syksyisin alkaen keväällä 2025.

Silmämääräisellä tarkastuksella havainnoidaan mahdolliset runkovauriot, sienitaudit, tuholaisvauriot ja kuivuusongelmat sekä lehdistön määrä. Rungonympäryys mitataan noin h=1,3 metrin korkeudelta juurenniskasta. Mittauskohta merkitään runkoon ensimmäisellä kerralla. Lehtivihreän mittaus tehdään klorofyllimittarilla Opti-Sciences CCM-300 (kuva 22). Jokaiselle puulle tehdään 10 mittausa ja lasketaan mittausien keskiarvo/puulaji/mittauskerta.



Kuva 22. Klorofyllimittarin testaus sisätiloissa 2024 (Kuva: Eva-Maria Tavast 2024)

Puille tehdyistä lehtivihreämittaustuloksista ei löydetty julkaistuja tuloksia, joita olisi voitu käyttää tämän tutkimuksen verrokkiarvoina. Sen sijaan tutkimusta varten saatiin samalla mittauslaitteella Helsingin yliopistossa tehtyjä lehtivihreän mittaustuloksia. Tutkimusryhmä Kirsi Kuoppamäki, Marleena Hagner ja Heikki Setälä tutkivat biohiilen vaikutuksia katupuiden kasvualustassa Lahden Nastolassa. Tutkimustuloksia ei ole julkaistu.

## 5.4 Lahden koealue

Lahden koealueeksi valikoitui Renkomäen liikerakennusalueella sijaitseva Paussi-kokoojakuu. Koealueen sijainti on esitetty kuvassa 23. Paussille tehtiin saneeraus, jossa se muutettiin tontin sisäisestä ajoväylästä kaduksi. Samalla sille lisättiin mm. yhdistetty jalkakäytävä ja pyörätie sekä ohjattiin hulevesiä suodattamaan kadun viheralueiden kautta. Paussin

katusuunnittelun teki Afry Oy. Koealuesuunnitelma tehtiin erillisenä muutossuunnitelmana katusuunnitelmien laatimisen jälkeen.

Paussi ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella tai pohjaveden muodostumisalueella. Pausin pohjamaa on savea. (Lahden karttapalvelu 2024.)



Kuva 23. Ote Lahden ilmakuvasta kesäkuulta 2024. Pausin katusaneerausalue merkitty punaisella katkoviivalla. (Lahden karttapalvelu 2024)

#### 5.4.1 Koealuesuunnitelma

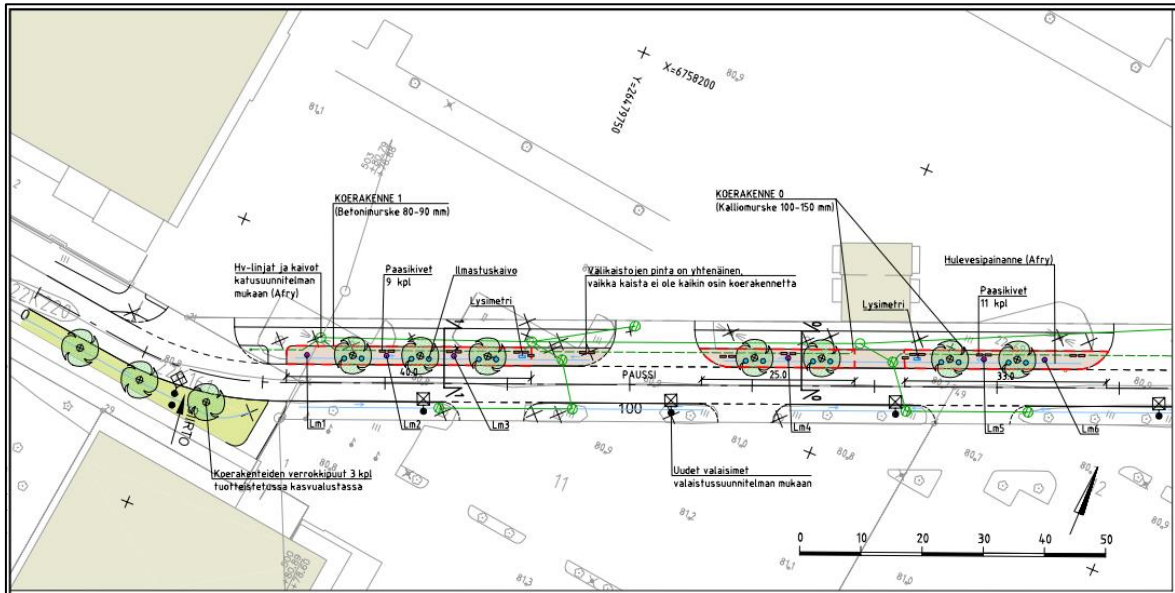
Koealuesuunnitelmaa työstettiin tilaajan hankeryhmän kanssa, johon kuului Lahden kaupungilta rakennuttamisen projektipäällikkö Petteri Väisänen, kiertotalousasiantuntija Satu Virtanen sekä puuasiantuntija Markku Saari. Koealuesuunnitelmiin sisältyi koerakennesuunnitelma (kuviot 10–11 ja taulukko 5), työselostus sekä seurantasuunnitelma.

Koemateriaalien valintaan vaikutti mm. kohteen rakentamisen aikataulus. Kohde piti saada kokonaisuudessaan urakkakilpailutukseen keväällä 2024, jotta rakentamiselle jäi riittävästi aikaa. Tämän takia poissuljettiin koemateriaalit, joiden käyttö olisi vaatinut ympäristölupaa tai koetointailmoitusmenettelyä. Koemateriaaliksi tavoiteltiin siis EEJ-betonimursketta, jota voitiin käyttää heti luonnonkiviaineksen tapaan.

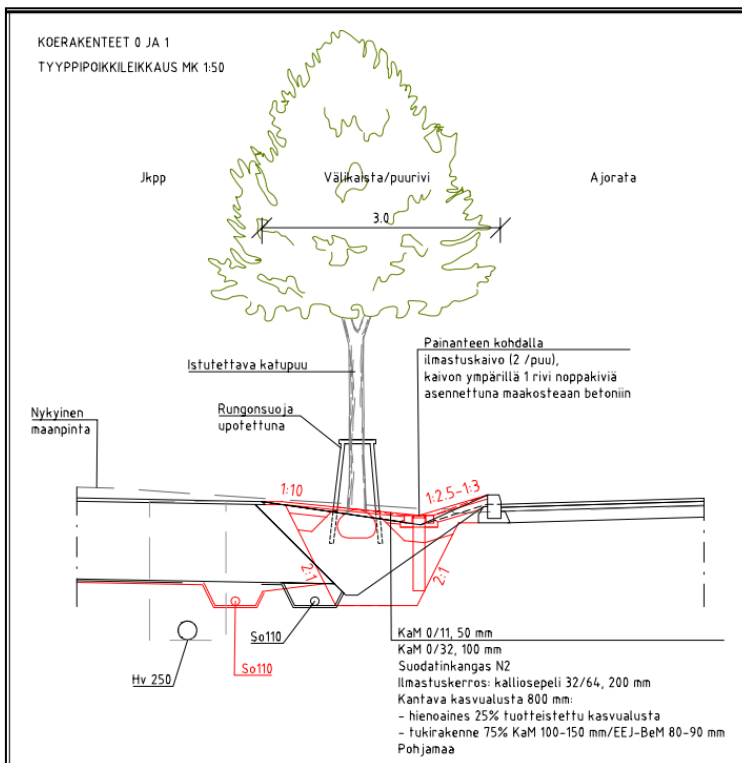
Ruduksen toimittamassa EEJ-betonimurskeessa oli kuitenkin käytetty purkubetonia, minkä vuoksi ko. betonimurske on lain mukaan kielletty viheralueiden kasvualustassa. Lahdessa EEJ-asetusta (VNa 466/2022) tulkittiin yhdessä ympäristöviranomaisen kanssa ja päädyttiin tulkintaan, että koska koealue oli asemakaavan mukaisesti katualueella eli väylällä, niin sovellettiin asetuksen 2§ momenttia 6 maarakentamisesta eikä momenttia 7 viherrakentamisesta. Tällöin, kun kyse oli maarakentamisesta eli väylän rakentamisesta ja viherkaista

oli osa väylää eli asemakaavan mukaista katualuetta, niin betonimurskeen syöttöpanok-  
sena voitiin käyttää 14§ mukaisesti käytetystä betonista peräisin olevaa betonijätettä.

Koalueen materiaalitoimittajien Ruduksen, Tieluiskan ja Harvialan kanssa oli neuvoteltu  
etukäteen materiaalien laadusta, ominaisuuksista, määristä ja toimituksesta.



Kuvio 10. Ote Lahden koaluesuunnitelmasta (Eva-Maria Tavast 2024)



Kuvio 11. Ote Paussin koaluesuunnitelman tyyppiopikkileikkauksesta. Koaluesuunnitel-  
man muutokset on merkitty rakennussuunnitelmaan punaisella. (Eva-Maria Tavast 2024)

Koerakenteet (KOE) Materiaalit	KOE 0	KOE 1
Vertailurakenne, tukirakenne: kalliosepeli 100–200 mm (Kekkilä)	x	
Tukirakenne: EEJ-betonimurske, raekoko 80/90 mm (Rudus: Betoroc®)		x
Hienoaines: tuotteistettu kasvualusta (Tieluiska: Torpanpiha® istutusmulta plussa)	x	x
Katupuu: vuorijalava <i>Ulmus glabra</i> yht. 10 kpl rym 12–14 paakku (Harviala)	x	x

Taulukko 5. Paussin koerakenteiden toteutuneet materiaalit (Eva-Maria Tavast)

#### 5.4.2 Rakentaminen

Paussin saneeraus kilpailutettiin ja pääurakoitsijaksi valikoitui Marttilan maanrakennus Oy. Rakentaminen alkoi heinäkuussa ja valmistui lokakuussa 2024. Koerakenteet rakennettiin osana katusaneerausta. Rakentajalla ei ollut aikaisempaa kokemusta kantavan kasvualustan rakentamisesta, minkä vuoksi työvaiheita, erityisesti kasvialustan rakentamista kerroksittain ja hienoaineksen ”ampumista” tukirakenteeseen, tarkasteltiin useaan otteeseen työmaalla tilaajan koealuevalvojan ja suunnittelijan toimesta. Urakoitsijan mukaan kasvialustojen rakentamiseen meni odotettua enemmän aikaa. Koealueen työmaavaiheita on nähtävissä kuvissa 24–29.



Kuvat 24–29. Valokuvia Lahden koealueen rakentamisesta (Kuvat: Eva-Maria Tavast 2024)

Koerakenteiden betonimurskeen ja tuotteistetun kasvialustan todettiin olevan erittäin hyvälaatuisia (kuvat 30–32). Toimitetun betonimurskeen keskimääräinen raekoko vastasi hyvin tavoiteltua raekokoa ja seassa oli hyvän vähän tiilenpaloja, rautaa tai muuta ei toivottua materiaalia. Betonimurskeen käsittelyssä ja levityksestä ei havaittu merkittävää pölyhaittaa, vaikka työ tehtiin hyvin kuivissa sääolosuhteissa. Murskerakeiden ei myöskään havaittu erityisesti rapautuvan tiivistysvaiheessa.



Kuvat 30–32. Paussilla käytetyt materiaalit: betonimurske, kalliosepeli ja tuotteistettu kasvualusta. EEJ-betonimursketta käytettiin työmaalla noin 25 m<sup>3</sup> ja kalliosepeliä 50 m<sup>3</sup>. (Kuvat: Eva-Maria Tavast 2024)

Rakentamisen aikana satoi rankasti parina päivänä. Puulle tehtyyn kuoppaan (koerakenne 0) jäi silti vettä, vaikka sadevedet olivat jo muualta kuivuneet. Oletettiin, että tämä vesi on pohjamaan ja kadun rakennekerrosten välissä liikkuvaa vettä. Tämän havainnon perusteella jäi mieleen epäily, voiko vastaavat maakerrosten väliset vedet jatkossa vaikuttaa lysi-metrin vesinäytteisiin. Kadun saneerauksessa ei uusittu kaikkia rakennekerroksia.

Koealue-suunnitelman kalliosepelin raekokovaatimus oli 100–150 mm, mutta materiaalin saatavuushaasteiden takia hyväksyttiin urakoitsijan ehdotuksesta raekoko 80–150 mm. Todellisuudessa työmaalle toimitettiin kiviainesta 100–200 mm, minkä todettiin materiaalin seulontatekniikan takia sisältävän myös isompia kiviä halkaisijaltaan n. 300 mm.

Koealueen ulkopuolella Paussille rakennettiin välikaistalle myös perinteinen kantava kasvualusta Kekkilän valmiilla kasvualustaseoksella. Materiaalin levittämisen aikana kasvualustassa havaittiin lajittumista ja niukka hienoaineksen määrä. Kyseisellä kaistalla istutettiin kaksi puuta (A ja B) ja rakenteeseen ei asennettu ilmastusputkia. Puiden kasvua seurataan silmämääräisesti virallisen seurantasuunnitelman sivussa.

#### 5.4.3 Ensimmäiset tutkimustulokset

Koealueen ensimmäiset kantavuusmittaukset sovittiin urakoitsijan tehtäväksi työmaan aikana vuonna 2024 ja seuraavat Ramboll Finland Oy:n tehtäväksi. Kuvissa 33–35 on nähtävissä Loadman-mittaus koerakenteen valmiin pinnan päältä. Ensimmäisten tulosten mukaan koerakenteen 0 (luonnonkivirakenne) kantavuus kantavan kasvualustan päältä mitattuna vaihtelee välillä 142–149 MN/m<sup>2</sup> ja koerakenteen 1 (betonimurskerakenne) välillä 146–148 MN/m<sup>2</sup>. Molemmat rakenteet siis saavuttivat tutkimuksen kantavuuden tavoitearvon 145 MN/m<sup>2</sup> (Katu2020) lähes kaikilla mittauspisteillä. Myös tavoiteteiivysuhde (<1,8) täyttyi lähes kaikissa mittauspisteissä. Vertailumittauksina otettiin arvot viereisen

jalkakäytävän (KVL) rakenteista (kantavan rakenteen päältä ennen asfalttia) sekä koerakenteiden valmiin pinnan (murske 0–11 m) päältä. Mittaustulokset on nähtävissä taulukossa 6. Koerakenteiden pintaa ei tiivistetty sen vuoksi, että niittysiemenet haravoitiin murskeen pintaan. Loadman-laite reagoi herkästi sitomattomaan pintaan, minkä vuoksi valmiin pinnan päältä otetut tulokset ovat hyödyttömiä. Yksi talvi ei todennäköisesti vaikuta rakenteeseen niin paljon, että seuraavat kantavuusmittaukset toisivat lisäarvoa. Kevään 2025 kantavuusmittausten mukaan tuloksissa (taulukko 7) ei ole merkittävää muutosta.



Kuvat 33–35. Valokuvia koerakenteiden Loadman-mittauksista valmiin pinnan päältä syksyllä 2024 ja keväältä 2025 (Kuvat: Eva-Maria Tavast 2024; Martti Lammin-Soila 2025)

LOADMAN 2 KANTAVUUSMITTAUKSET 300mm:n pohjalevyllä									
Urakka: Paussi			Koe alue tiiveys mittaukset.						
Kantavakasvualusta koe 1			Rakennekerrokset KVL Koe alueen LM kohdilla.			0-11 mm kerroksen päältä			
LM	E2	E2/E1	PL	E2	E2/E1	LM	E2	E2/E1	
LM 1		148	1,74	47	152	1,8	LM 1	64	1,47
LM 2		146	1,92	60	168	1,79	LM 2	62	1,51
LM 3		148	1,83	72	149	1,7	LM 3	57	1,76
Kantavakasvualusta koe 0									
LM	E2	E2/E1	PL			LM	E2	E2/E1	
LM 4		149	1,88	126	170	1,47	LM 4	64	1,49
LM 5		145	1,98	158	161	1,55	LM 5	58	1,69
LM 6		142	1,61	169	156	1,47	LM 6	60	1,57

Taulukko 6. Koerakenteiden ensimmäiset kantavuusmittausten tulokset syksyllä 2024. Vertailtavat arvot (E2) on korostettu keltaisella värillä. Sarakkeisiin E2/E1 on merkitty kahden mittauksen tiivisyysuhde. (Marttilan maanrakennus Oy 2024)

Piste	Pvm	Sijainti	$E_1$ MN/m <sup>2</sup>	$E_2$ MN/m <sup>2</sup>	$E_2/E_1$
LM 1	23.4.2025	PL 47	55	95	1,73
LM 2	23.4.2025	PL 60	57	73	1,27
LM 3	23.4.2025	PL 72	56	78	1,40
LM 4	23.4.2025	PL 126	38	48	1,25
LM 5	23.4.2025	PL 158	40	47	1,18
LM 6	23.4.2025	PL 169	40	51	1,29

LM= Loadman II pudotuspainolaite

Taulukko 7. Koerakenteiden toiset kantavuusmittausten tulokset keväältä 2025 (Ramboll 2025)

Koerakenteiden ensimmäiset vesinäytteet otettiin työmaan valmistumisen jälkeen marras-kuussa 2024 (kuva 36) ja toiset huhtikuussa 2025. Mittaustulokset ovat nähtävissä taulukossa 8. Luonnonkivellä tehdyn koerakenteen 0 (lysimetri itä) pH-arvo oli kohonnut arvosta 7,0 arvoon 7,5 ja EEJ-betonimurskeella tehdyn koerakenteen 1 (lysimetri länsi) pH-arvo oli kohonnut arvosta 7,4 arvoon 7,6. Betonimurskerakenteen vesinäytteen pH-arvo oli odotetusti hieman korkeampi kuin luonnonkivirakenteen. Yllättävää oli luonnonkivirakenteen pH-arvon nousu.

Sähkönjohtavuusarvot olivat korkeat Viherympäristöliiton (Vyl) kasvualustan suositeltaviin ravinnepitoisuuksiin nähden. Vertaus Vyl:n ohjelukuun ei ole kuitenkaan merkittävää, koska ohjeluvun taustalla on eri mittaustapa, näyte otetaan maasekoituksesta ei vesinäytteestä. Oleellista on nähdä luvun kehittyminen. Viherympäristöliiton (2024) kasvualustasuosituksen mukaan johtoluku on sähkönjohtavuus (mS/cm) x 10. Vastavalmistetun kasvualustan arvot voivat perustamisvaiheessa poiketa raja-arvoista ylöspäin, mutta toisena kasvukautena niiden tulee olla suositusarvojen sisällä. Tutkimustulosten perusteella betonirakenteen sähkönjohtavuus oli laskenut ja luonnonkivirakenteen noussut.

Vesinäyteastioissa oli näytteenottohetkillä riittävästi vettä ja näytteet saatiin otettua ongelmitta. Näytteet olivat sameita, väriltään ruskeita ja hajuttomia. Luonnonkivirakenteen näytteen väri oli keväällä 2025 vaaleampi ruskea kuin betonirakenteen näytteen. Lysimetrejä ei tyhjennetty syksyn 2024 näytteenoton jälkeen, mutta kevään 2025 näytteenoton jälkeen astiat on tyhjennetty kuivaksi. Näytteenotossa tehtiin havainto, että länsipuolen lysimetriin kertyy vettä huomattavasti hitaammin kuin itäpuolen lysimetriin.

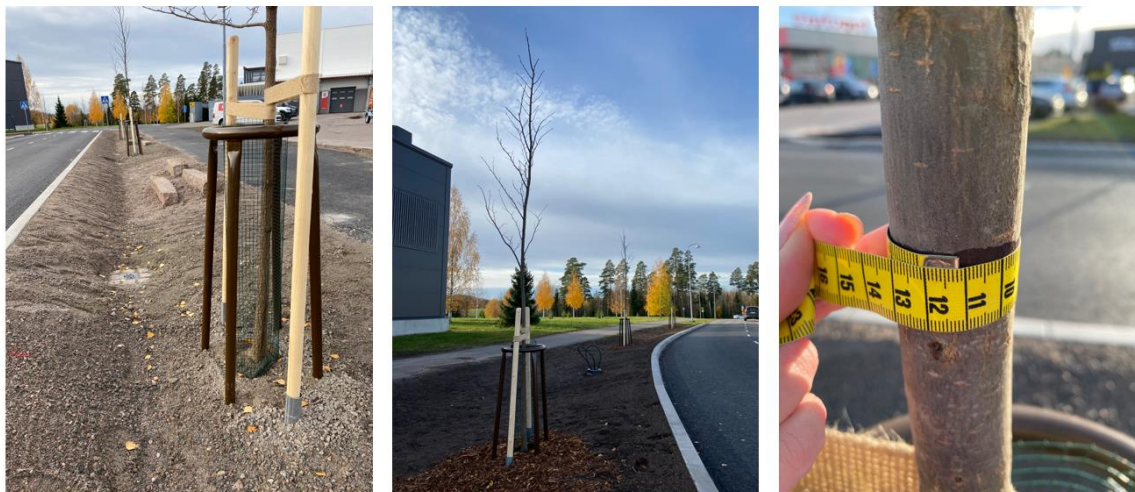


Kuva 36. Koerakenteiden ensimmäinen vesinäytteidenotto syksyllä 2024 (Kuva: Tuomas Männistö 2024)

Näyttenumero	750-2024-00096029	750-2024-00096030	Näyttenumero	750-2025-00026802	750-2025-00026803		
Näytteen nimi	Lysimetri itä	Lysimetri länsi	Asiakkaan näytetunniste	Lysimetri länsi	Lysimetri itä		
Näyttematriisi	Pintavesi	Pintavesi	Näytteen nimi	Lysimetri länsi	Lysimetri itä		
Näytteen kuvaus	Pintavesi	Pintavesi	Näyttematriisi	Suotovesi	Suotovesi		
Vastaanottopäivä	07.11.2024	07.11.2024	Näytteen kuvaus	Suotovesi	Suotovesi		
Näytteenottopäivä	07.11.2024	07.11.2024	Vastaanottopäivä	28.04.2025	28.04.2025		
Näytteenottaja rekisteristä	Männistö Tuomas / Ramboll	Männistö Tuomas / Ramboll	Näytteenottopäivä	28.04.2025	28.04.2025		
Näytteenottaja	Tuomas Männistö	Tuomas Männistö	Näytteenottaja	Tuomas Männistö	Tuomas Männistö		
Analyytit	Yksikkö	Tulos	Tulos	Analyytit	Yksikkö	Tulos	Tulos
<b>Vesinäytteistä tehtävät tutkimukset</b>				<b>Vesinäytteistä tehtävät tutkimukset</b>			
pH *	RZB10	7,0	7,4	pH *	RZB10	7,6	7,5
Sähkönjohtavuus 25°C *	RZB59 μS/cm	670	2000	Sähkönjohtavuus 25°C *	RZB59 μS/cm	1100	1200

Taulukko 8. Koerakenteiden kahdet ensimmäiset vesinäytetulokset. Betonimurskekoerakenteen (Lysimetri länsi) tulokset on korostettu keltaisella värillä. (Eurofins 2024 ja 2025)

Puiden elinvoimaisuuden 0-seurantatutkimus tehtiin työmaan valmistumisen jälkeen loka-kuun lopussa 2024. Otos koalueen puista ja puiden mittaus on nähtävissä kuvissa 37–39. Lehtivihreämittauksia ei voitu suorittaa syksyllä, koska puu olivat jo lehdettömiä myöhäisen istutusajankohdan takia. Puut istutettiin viikolla 42. Seuraavat puiden seurantatyöt tehdään kesäkuussa 2025.



Kuvat 37–39. Koealuekuvia puiden ensimmäisenä seuranta päivänä (Kuvat: Eva-Maria Tavast 2024)

Taimien havainnointiin olevan yleisesti hyvänlaatuisia (taulukko 9). Oksiston tasaisuus vaihteli hieman ja taimissa oli nähtävissä pientä lajin sisäistä vaihtelua mm. rungonpinnassa. Näillä seikoilla ei ole merkitystä tutkimustavoitteiden kannalta.

Istutettu katupuut 17.10.2024: Vuorijalava ryhmä 12-14 (Harviala, kotimainen taimi)		
Puiden seuranta, rungonympäryys mitataan h= 1,3 m korkeudelta taimen tyvestä		
ALUSTA	Pvm. 24.10.2024 ryhmä cm	HUOMIOT mahd. runkovauriot, sienitaudit, tuholaishäiriöt, kuivuusongelmat, lehdistön määrä
KOE 1/ Bem Puu 1	13,0	perushyvä taimi, hieman toispuoleinen oksisto
KOE 1/ Bem Puu 2	11,0	voimakas latvakasvu, hieman toispuoleinen oksisto, istutettu vähän liian korkealle (5-10 cm)
KOE 1/ Bem Puu 3	11,5	perushyvä taimi, tasainen oksisto, hieman toispuoleinen oksisto, istutettu vähän liian
KOE 0/KaS Puu 4	12,0	perushyvä taimi, hieman toispuoleinen oksisto
KOE 0/KaS Puu 5	11,0	perushyvä taimi
KOE 0/KaS Puu 6	12,0	tasainen oksisto, selkeä latva, oksat alkaa korkealta n. 1/3
KOE 0/KaS Puu 7	11,5	tasainen oksisto, voimakas latvakilpailu
VERTAILU/multa Puu 8	11,5	perushyvä taimi, hieman toispuoleinen oksisto
VERTAILU/multa Puu 9	11,5	hyvä taimi
VERTAILU/multa Puu 10	13,0	hyvä taimi, istutettu vähän liian korkealle (5-10 cm)
EXTRA/valmis kk-alusta Puu A	12,0	tasainen oksisto, heikko johtolatva
EXTRA/valmis kk-alusta Puu B	11,5	voimakas yläosan oksien kasvu, johtolatva puuttuu

Taulukko 9. Koealueen ensimmäiset puiden seurantatulokset (Eva-Maria Tavast)

## 5.5 Vantaan koealue

Vantaan koealue sijoittui Hakunilan kaupunginosaan kaupungin vanhalle tontille osoitteen Kyytitie 16 (kuvio 14). Tontilla toimi pitkään linja-autovarikko. Se oli toiminnassa vuoteen 2021 saakka ja sittemmin purettiin. Tontilla tiedettiin olevan pilaantuneita maita mm. jätetäyttöä ja asbestia, mitkä kaupunki valmistautui poistamaan ennen koealueen rakentamista. Tontin pohjamaa on savipitoinen eikä se ole pohjavesialuetta. Tontilla on väliaikaisesti mm. pysäköintiä ja ajoharjoittelurata. Alustavien suunnitelmien mukaan tonttia tullaan käyttämään myöhemmin Vantaan ratikan rakentamisaikaisena varastoalueena ennen sen kaavoittamista asumiseen.



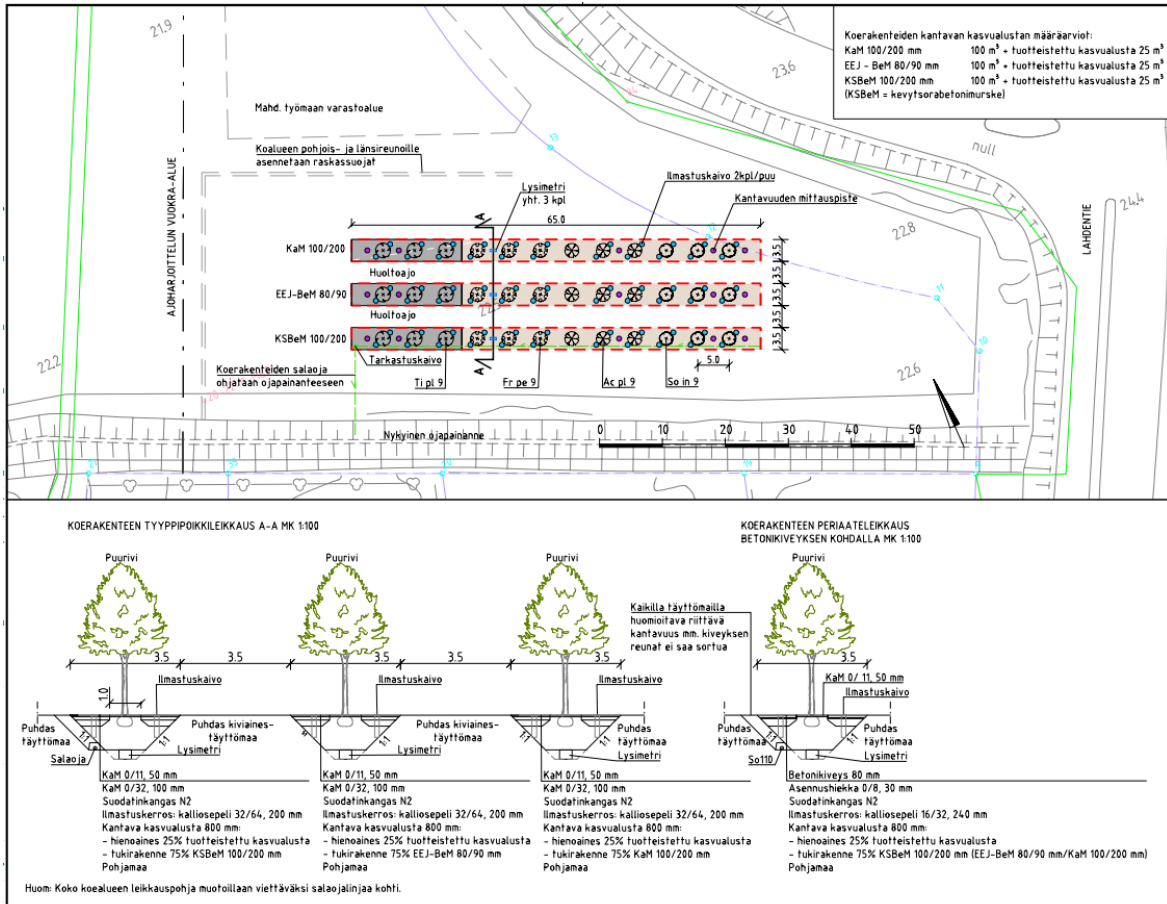
Kuvio 14. Ote Vantaan karttapalvelusta. Koealue on merkitty karttaan punaisella. (Vantaan karttapalvelu 2024)

### 5.5.1 Koealuesuunnitelma

Koealuesuunnitelmaa työstettiin tilaajan hankeryhmän kanssa, johon kuului Vantaan kaupungin maisema-arkkitehti Petra Tammisto ja projekti-insinööri Petra Piironen. Koealuesuunnitelmiin sisältyi koerakennesuunnitelma (kuvio 12 ja taulukko 10), työselostus sekä seurantasuunnitelma.

Pilaantuneiden maiden poistoa varten tilaaja teki ilmoituksen pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistamisesta Uudenmaan ELY-keskukselle. Vantaan kaupungin ympäristökeskukselle tehtiin koetoimintailmoitus, koska kyseessä oli koetoiminta eikä alueelle näin ollen tarvittu ympäristölupaa. Alueella ei tehty täyttöjä ennen koealueen rakentamista. Rakentamisessa tarvittava korvaava puhdas maa-aines tuotiin kaupungin toiselta tontilta.

Koetoimintailmoitusmenettely ja tontin pinta-ala mahdollistivat koaluesuunnitelmiin useamman koemateriaalin sekä puulajin.



Kuvio 12. Ote Vantaan koaluesuunnitelmasta. Suunnitelmassa on virheellisesti merkintä KaM, joka tarkoittaa kalliomursketta (sisältää 0-aineksen). Molempien koalueiden rakentamisessa käytettiin kalliiosepeleä (ei sisällä 0-ainesta), joka merkitään lyhenteellä KaS. (Kuva: Eva-Maria Tavast 2024)

Koerakenteet (KOE) Materiaalit	KOE 0	KOE 0	KOE 0	KOE 0	KOE 1	KOE 1	KOE 1	KOE 1	KOE 2	KOE 2	KOE 2	KOE 2
Vertailurakenne, tukirakenne: kalliosepeli 100/200 mm	X	X	X	X								
Tukirakenne: EEJ-betonimurske, raekoko 80/90 mm (Rudus: Betoroc®)					X	X	X	X				
Tukirakenne: kevytsorabetoni- murske, raekoko 0/150 mm (Rakennusbetoni ja -Elementti)									X	X	X	X
Hienoaines: tuotteistettu kasvu- alusta (Tieluiska: Torpanpiha® istutusmulta plussa)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Katupuu: punasaarni yht. 9 kpl <i>Fraxinus pennsylvanica</i> rym 6–8 paakku (Harviala)	X				X				X			
Katupuu: pylväsvaahtera yht. 9 kpl <i>Acer platanoides Fastigiata</i> rym 14–16 paakku (Harviala)		X				X				X		
Katupuu: ruotsinpihlaja yht. 9 kpl <i>Scandosorbus intermedia</i> rym 6–8 paakku (Harviala)			X				X				X	
Katupuu: pylväslehmus yht. 9 kpl <i>Tilia platyphyllos Fastigiata</i> rym 10–12 paakku (Harviala)				X				X				X

Taulukko 10. Vantaan koerakenteiden toteutuneet materiaalit ja puulajit (Eva-Maria Tavast 2024)

### 5.5.2 Rakentaminen

Koealueen rakennuttajana toimi Vantaan Petra Piironen ja rakentajaksi valikoitui kaupungin puiteurakoitsija Recset Oy. Työmaavalvonta tilattiin Ramboll Finland Oy:lta. Rakentamisen aikana koealueelta paljastui tontin vanhoja hulevesikaivoja ja kaivoja sekä pala kalliota. Todettiin myös, että viereinen oja ei ollut riittävän syvä koealueen salaojalle. Löytyneet rakenteet ja kallio jätettiin paikoilleen melko pienillä koealuesuunnitelman muutoksilla. Koealueen salaoja liitettiin alueen vanhaan hulevesikaivoon.

Rakentamisen aloitus viivästyi sopimusteknisistä syistä ja pilaantuneiden maiden poiston takia ja työmaa aloitettiin vasta marraskuun lopulla viikolla 47. Sääolosuhteiden muuttuessa talviseksi työmaa keskeytettiin joulukuussa viikolla 50. Siihen mennessä työmaalla oli asennettu salaojitus, lysimetrit ja rakennettu kaikki kantavat kasvualustat. Koealueen työmaavaiheita vuonna 2024 on esitetty kuvissa 40–45.



Kuvat 40–45. Vantaan koalueen rakennusvaiheita 2024 (Kuvat: Eva-Maria Tavast; Ulla Pietarila 2024)

Urakoitsijalla ei ollut aikaisempaa kokemusta kantavan kasvualustan rakentamisesta, minkä vuoksi työvaiheita, erityisesti kasvualustan rakentamista kerroksittain ja hienoaineksen ”ampumista” tukirakenteeseen, tarkasteltiin työmaalla valvojan kanssa. Kevytsorabetonin 0-aineksen määrän takia kasvualustan hienoainesta ei saatu ”ammuttua” tukirakenteeseen vaan kasvualustan tukirakenne ja hienoaines sekoitettiin työmaalla. Tämän jälkeen valmis seos levitettiin koerakenteeseen noin 30 cm:n kerroksissa, jotka tiivistettiin välillä.

Rakentamista jatkettiin huhtikuussa 2025 (kuvat 46–48). Talven jäljiltä kantavan kasvualustan pinta tarkastettiin ja syötettiin rakenteeseen vielä tarvittava hienoaines vedellä. Tämän jälkeen rakenteen päältä otettiin kantavuusmittaukset. Koalueen puut istutettiin huhtikuun lopulla (kuva 49) ja toukokuulle jäi alueen pinta-, viimeistely – ja siivoustyöt.



Kuvat 46–48. Vantaan koerakenteet keväällä 2025 ennen työmaan jatkumista, vasemmalta oikealle kuvattuna: kevytsorabetonimurske-, EEJ-betonimurske- ja kalliosepelirakenne. Kaikkia kiviaineksia toimitettiin työmaalle noin 100 m<sup>3</sup>/koerakenne. (Kuvat: Eva-Maria Tavast 2025)



Kuva 49. Vantaan koalueen puut istutettiin huhtikuun lopussa 2025 (Kuva: Ulla Pietarila 2025)

### 5.5.3 Ensimmäiset tutkimustulokset

Koalueen ensimmäiset vesinäytteet otettiin tilaajan toimesta huhtikuun alussa 2025. Kevytsoramurskerakenteesta ei ole saatu vielä näytettyä, koska lysimetrissä on ollut liian vähän vettä. Näytteet analysoitiin Metropolilab-laboratoriossa (taulukko 11). Kalliosepellillä rakennetun luonnonkivirakenteen pH-arvo oli lähes neutraali 7,2 ja EEJ-betonimurskerakenteen pH-arvo oli 7,9. Puiden seurantatyöt aloitetaan kesäkuussa 2025.

EEJ-betonirakenteesta mitattu sähkönjohtavuus oli 81,6 mS/m, luonnonkivirakenteesta ei saatu laboratoriotulosta. Viherympäristöliitto ry:n ravinteisuustyyppi 1 johtokyvyn tavoitearvo istutusten toiselle kasvukaudelle on 0–50 mS/m, minkä perusteella koalueen tulos oli koholla. Tämän tutkimuksen kannalta on kuitenkin olennaisempaa seurata arvon kehitystä kuin itse lukua ks. maininta asiasta luvusta 5.4.3.

Vesinäytteiden laboratorioanalyysitulosten mukaan luonnonkivirakenteen kiintoaine oli 410 mg/l ja EEJ-betonimurskerakenteen 110 mg/l. Tulokset jäivät alle tavoitellun Pääkaupunki-seudun työmaavesiohjeen ohjearvon 100 mg/l. Tilaajan mukaan erityisesti luonnonkivirakenteisen koerakenteen näytteen väri oli hyvin ruskea, mikä paljastaa, että näytteessä oli mukana paljon humusta. Rakennusvaiheessa lysimetriin on todennäköisesti päässyt hienoainesta samalla kuin sitä syötettiin vedellä tukirakenteeseen, mikä vaikutti vesinäytteen kiintoaineen määrään.

## Tulokset

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	25-005698-001 Kyytitie 16/1	MU	25-005698-002 Kyytitie 16/2	MU
* Kiintoaine GF/A	M0150	mg/l	410	± 40	110	± 10
pH	M0195		7,2	± 0,2	7,9	± 0,2
* Sähkönjohtavuus 25 °C	M0198	mS/m			81,6	± 4

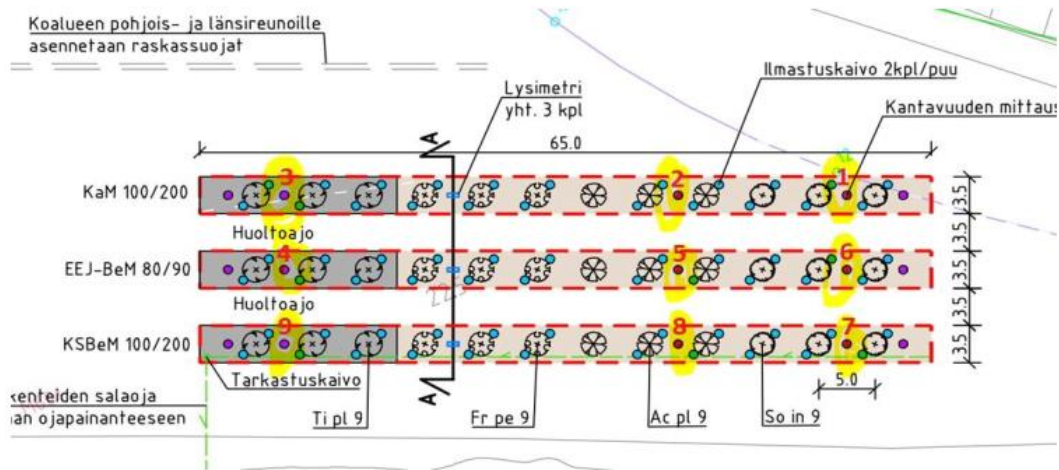
Taulukko 11. Vantaan koalueen vesinäytteiden mittaustulokset keväältä 2025. Näytetunnukset Kyytitie 16/1 merkitsee luonnonkivirakennetta ja Kyytitie 16/2 EEJ-betonimurskerakennetta. (MetropoliLab 2025)

Ensimmäiset kantavuusmittaukset tehtiin Rambollin toimesta kantavan kasvualustan päältä huhtikuussa 2025 (kuva 50). Mittauspisteet on esitetty kuviossa 13. Mittaustulokset jäävät InfraRYL:n mukaisesta murskeella tehtävän rakenteen tavoitearvosta 145 MN/m<sup>2</sup>, mutta ovat kohtuullisia huomioiden materiaalierot perinteiseen kadunrakentamiseen. Kalliosepeillä ja EEJ-betonimurskeella rakennettujen koerakenteiden mittaustulokset ovat keskimäärin samantasoiset. Kevytsorabetonimurskerakenteen tulokset ovat heikoimmat. Myös rakenteen tiiviyssuhdeluku vaihtelee kaikissa rakenteissa tavoitteen (< 2,1) molemmin puolin. InfraRYL:n vaatimusten mukaan murskeella tehtävä rakenne saisi hyvällä kantavuudella painua vain 2–3 mm. Nyt koerakenteet painuivat mittauksissa melkein 10 mm. Mittaustulokset ovat nähtävissä taulukosta 12.

Kantavuuslaskennasta saatavista kuormitus-painumakuvaajista on tulkittavissa, että pohjaan laadulla on merkitystä saavutettavaan kantavuuteen. Samoin olisi jotain kehitettävää myös rakentamisessa, koska rakenteet tiivistyvät paljon kuormitettaessa. (Kalliainen 2025.) Levykuormitusmittausten tuloksia tulkitaan tarkemmin tulevassa seurantaraportissa.



Kuva 50. Koalueen ensimmäiset levykuormitusmittaukset tehtiin 6000 kg vastapainolla huhtikuussa 2025. Kuvassa on kesken luonnonkiviainesrakenteen mittaus. Sama mittaus toistettiin kaikille koerakenteille. (Kuva: Martti Lammin-Soila 2025)



Kuvio 13. Koealueen kantavuusmittausten mittauspisteet 1–9 (Martti Lammin-Soila 2025)

Piste	Pvm	Kerros	E1 MN/m <sup>2</sup>	E2 MN/m <sup>2</sup>	E2/E1
LK1	22.4.2025	KaS 100/200	38,5	66,3	1,72
LK2	22.4.2025	KaS 100/200	47,5	143,7	3,03
LK3	22.4.2025	KaS 100/200	36,2	78,3	2,16
LK4	22.4.2025	EEJ-BeM 80-90	36,6	73,2	2,00
LK5	22.4.2025	EEJ-BeM 80-90	30,8	86,5	2,81
LK6	22.4.2025	EEJ-BeM 80-90	32,2	71,3	2,22
LK7	22.4.2025	KSBeM 0/150	17,5	33,6	1,92
LK8	22.4.2025	KSBeM 0/150	26,6	67,0	2,52
LK9	22.4.2025	KSBeM 0/150	24,1	70,3	2,93

Taulukko 12. Koealueen ensimmäiset E2-levykuormitusmittaustulokset vaihtelevat koerakenteiden välillä 17,5–143,7 MN/m<sup>2</sup>. Tavoitearvoon 145 MN/m<sup>2</sup> tulee verrata rakenteen toisen mittauksen lukuja sarakkeen E2MN/m<sup>2</sup> arvoja. Sarakkeeseen E2/E1 on merkitty kahden mittauksen tiiviyssuhdeluku, jonka tulisi olla alle 2,1. (Ramboll 2025)

## 5.6 Koemateriaalien kustannukset

Tähän kappaleeseen on kirjattu vertailuksi eri betonimurskeiden ja luonnonkiviainesten sekä kantavan kasvualueen valmisteiden kustannustietoa. Mainitut hinnat ovat materiaalien noutohinnat kyytiinlastattuna niiden myyntipaikassa ja voimassa maaliskuussa 2025. Hinnoissa ei ole huomioitu kuljetuskustannuksia. Rakennusbetoni- ja Elementti Oy ei halunnut arvioida kevytsoramurskeen hintaa, koska sitä ei myydä valmiina tuotteena. Kustannusten vertailumääränä käytetty 100 m<sup>3</sup> on Vantaan koealueelle toimitettu kiviaines määrä yhtä koerakennetta kohti.

Materiaalilyhenteiden selitteet ovat: BeM = betonimurske, KaS = kallioseveli

Alle on listattu eri kiviainestoimittajilta saadut materiaalien noutohinnat (alv 0 %) tonnille ja hintojen vertailu 100 m<sup>3</sup>:lle taulukossa 13. Aineksilla käytetään materiaali-kohtaista

tilavuuspainon muuntokerrointa. Muuntokertoimen mukainen paino (tn) 100 kuutiolle on merkitty sulkeisiin.

- EEJ-BeM 0/90, 100 m<sup>3</sup> (200 tn), 2 €/tn (Rudus Oy: Betoroc®)
- EEJ-BeM 80/90, 100 m<sup>3</sup> (200 tn), 2 €/tn + lisäseulonta 1 500 €/200 tn (Rudus Oy: Betoroc®)
- KaS 100/200, 100 m<sup>3</sup> (180 tn), 11,30 €/tn (Recset Oy)
- Valmis kantavan kasvualustan seos (kalliosepeli + hienoaines) 100 m<sup>3</sup>, noutohinta Etelä-Suomessa noin 30,00 €/tn, 100 m<sup>3</sup> (150 tn) (Kekkilä BVB Oy, Kantava kasvualusta PLUS)
- Torpanpiha® Istutusmulta Plussa (Vantaalle toimitettu 104 m<sup>3</sup> = 109,65 tn), 23,47 €/tn (Tieluiska Oy), Vantaalle toimitettu määrä käytettiin kolmeen koerakenteeseen eli 825 €/koerakenne)

Materiaali	Hinta €/ 100 m <sup>3</sup>	Materiaalien yhteishinta €/koerakenne 100 m <sup>3</sup>
EEJ-BeM 0/90	400	400 + 825 = 1225
EEJ-BeM 80/90	1900	1900 + 825 = 2725
KaS 100/200	2034	2034 + 825 = 2859
Istutusmulta Plussa	2475	
Valmis seos	4500	

Taulukko 13. Eri kiviainesten, istutusmullan ja valmiin kantavan kasvualustan hintataulukko. Hinnat alv 0 % myyntipaikasta noudettuna ja kyytiin lastattuna. Tämän lisäksi rakentamiskuluihin tulee huomioida mm. puuvarusteet sekä kuljetus- ja rakentamiskulut.

Hintataulukon mukaan yhden Vantaan koerakenteen kokoisen puiden kantavan kasvualustan materiaalit olisivat tällä hetkellä hyvin samanhintaiset käytettäessä EEJ-betonimurskettä 80/90 tai kalliosepeliä 100/200. Betonimurskeen hintaa nostaa lisäseulonta, koska se ei ole myytävä vakiotuote. EEJ-betonimurske 0/90 ei sovellu puiden kasvualustaan liian pienen raekoon takia, mutta huomioitiin vertailuhinnaksi, koska se on jo saatavilla oleva tuote. Ehkä tulevaisuudessa kysynnän ja tarjonnan kasvaessa päästään betonimurskeiden osalta samaan hintatasoon. Vastaava kantavan kasvualustan valmisseos on selvästi kalliimpi verrattuna yhdistettävien materiaalien hintoihin. Rakentamisen kokonaiskustannuksia arvioidessa tulee huomioida myös kuljetus- ja työkuukustannukset. Kantavan kasvualustan rakentaminen kerroksittain vedellä syöttäen vie, työmaakalustosta ja osaamisesta riippuen, enemmän aikaa kuin valmiin seoksen käyttäminen.

## 6 Markkinakysely betoni-, purku- ja kierrätysalan toimijoille

Betoni-, purku- ja kierrätysalan toimijoille tehtiin Webropol-kysely, jonka tavoitteena oli kartoittaa yritysten halukkuutta ja teknistä valmiutta tuottaa EEJ (Ei enää jätettä) -sertifioitua ja MARA-asetuksen mukaista kasvualustaan soveltuvaa kierrätysbetonimurskettä. Tietoja hyödynnettiin kansallisessa Uusiomaarakentamisen UUMA5 työssä sekä tässä opinnäytetyössä.

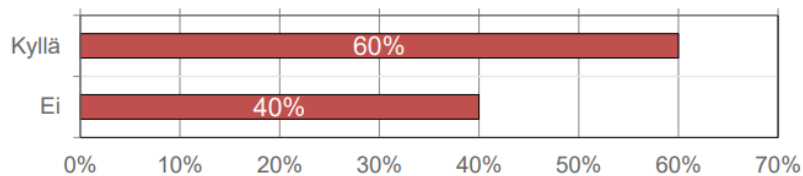
Kysely suunnattiin Rakennusteollisuus ry:n ja Suomen Purkuliikkeiden liitto ry jäsenille sekä muille tiedossa oleville toimijoille, jotka valmistavat valmisbetonia, betonielementtejä tai muita betonituotteita tai purkavat, käsittelevät, myyvät betonirakenteita- ja murskeita. Kysely lähetettiin sähköpostilla helmi-maaliskuussa 60 yritykselle ja yrityksiltä pyydettiin yksi vastauskerta per yritys. Kyselyyn saattoi vastata nimettömästi eikä kirjallinen vastaus ollut pakollinen. Vastauksia saatiin 15 kpl. Kysymykset ovat nähtävissä liitteessä 2.

Suurimman osan vastaajien toimintaa kuuluu betonituotteiden ja -elementtien valmistus, betonirakenteiden jatkojalostus ja betonimurskeen myynti ja/tai hyödyntäminen omaan käyttöön. Kyselyn mukaan 9/15 vastaajalta on saatavissa MARA-asetuksen mukaista betonimurskettä ja 5/15 vastaajilta on saatavissa EEJ-betonimurskettä (taulukko 14). Tämän lisäksi 4/15 vastaajalta on tilattavissa EEJ-betonimurskettä seulottuna keskimäärin raekokoon 80/90, jota käytettiin tutkimuksen koerakenteissa. Kaikkien vastaajien mukaan lainsäädännön tulisi sallia EEJ-purkubetonin käyttö siten, että se soveltuisi viheralueiden kasvualustoihin. Perusteluina mainittiin mm. kierrätysmateriaalien tehokkaampi käyttö neitseellisten raaka-aineiden sijasta ja taloudellisempi hankinta. Suurin osa (13/15) oli myös kiinnostunut tuottamaan puiden kantavaan kasvualustaan soveltuvaa EEJ-betonimurskettä, mikäli materiaalille on kysyntää ja hyödyntäminen on lainsäädännön puolesta mahdollista. Vähemmistö vastaajista piti mm. tuotantomäärä liian pienenä sopivan murskeen valmistamiseen. Noin puolella vastaajista oli näkemys betonimurskeen soveltuvuudesta luonnonkiviaineksen korvaajaksi kantavassa kasvualustassa. Näkemysten mukaan betonimurske toimii kuten luonnonkiviaines ja siellä saavutetaan myös sama kantavuus kuin luonnonkiviaineksilla.

Avoimien kommenttien mukaan EEJ-asetusta tulisi päivittää siten, että purkubetoni raaka-aineena olisi sallittu myös kasvualustoissa. Eri kierrätysmateriaalien tasapuolisen käytön edistämiseen kaivattiin tiiviimpää yhteistyötä mm. UUMA5:n ja eri viranomaistahojen kesken kuten Ympäristöministeriön, AVI:n (Aluehallintavirastojen), ELY-keskusten (Elinkeino-, liikenne - ja ympäristökeskukset) ja Ruokaviraston kesken. Kierrätysmateriaalien hyödyntämiseksi betonimurskeelle toivottiin käyttökohteita mahdollisimman laajasti.

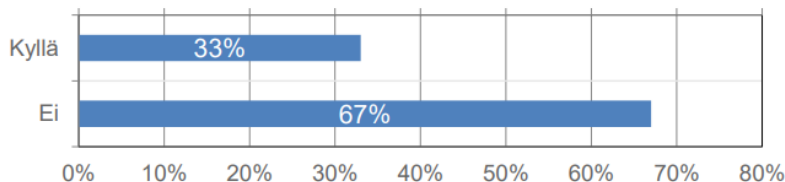
#### 4. Onko yritykseltä saatavissa MARA-asetuksen mukaista betonimurskettä?

Vastaajien määrä: 15



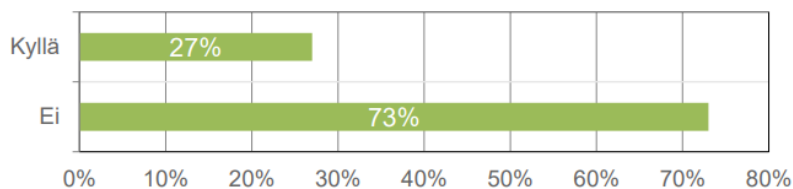
#### 5. Onko yritykseltä saatavissa EEJ-betonimurskettä?

Vastaajien määrä: 15



#### 6. Onko yritykseltä saatavissa EEJ-betonimurskettä seulottuna raekokoon n. 80–90 mm?

Vastaajien määrä: 15



Taulukko 14. Kyselyn mukaan 60 % vastaajilta oli saatavilla MARA-asetuksen mukaista betonimurskettä, 33 % vastaajilta oli saatavilla EEJ- betonimurskettä ja 27 % oli valmius toimittaa EEJ-betonimurskettä raekoossa noin 80–90 mm.

Kyselyssä ei kysytty, kuinka moni yritys on valmis toimittamaan EEJ-betonimurskettä, jonka raaka-aineena ei ole lainkaan purkubetonia. Jälkikäteen selvitettyinä mm. Rudus toimittaa EEJ-murskettä ilman purkubetonia, mutta vain erillisellä sitovalla tilauksella.

## 7 Puuasiantuntijoiden haastattelut

Puiden suunnittelun, rakentamisen ja hoidon puuasiantuntijoiden mielipiteitä selvitettiin haastattelulla betonimurskeen käytöstä ja kiviaineksen raekoosta puiden kantavassa kasvualustassa. Haastattelukysymykset lähetettiin sähköpostilla eri kaupungeilla tai yksityisesti toimivilla seitsemälle henkilölle. Haastatteluun vastasi kuusi henkilöä mm. Turun kaupungin Aki Männistö, Lahden kaupungin Markku Saari, Oulun kaupungin rakennuttajien ja valvojien edustajat sekä Jyrki Lehtimäki yksityishenkilönä. Haastattelukysymykset ovat nähtävissä liitteessä 3. Vain julkaisuluvan saaneita henkilöitä on mainittu tässä opinnäytetyössä.

Kantava kasvualusta nähtiin poikkeuksetta hyvänä ja välttämättömänä rakenteena tiivistyvässä kaupunkirakenteessa. Rakennetta pidettiin kustannustehokkaana ratkaisuna, jolla saadaan puunjuuristolle tarvittava tila pinnoitteiden alle. Selvänä haasteena nähtiin riittävän suuren kasvualustatilavuuden saavuttaminen sekä osittain sopivien puulajien valinta. Osa puista on niin sanotun heikon juurienergian puulajeja muun muassa Prunus-suvun pilvikirsikka ja tuohituomi, jotka eivät sovellu kantavaan kasvualustaan. Vahvan juurienergian laji on esimerkiksi vuorijalava.

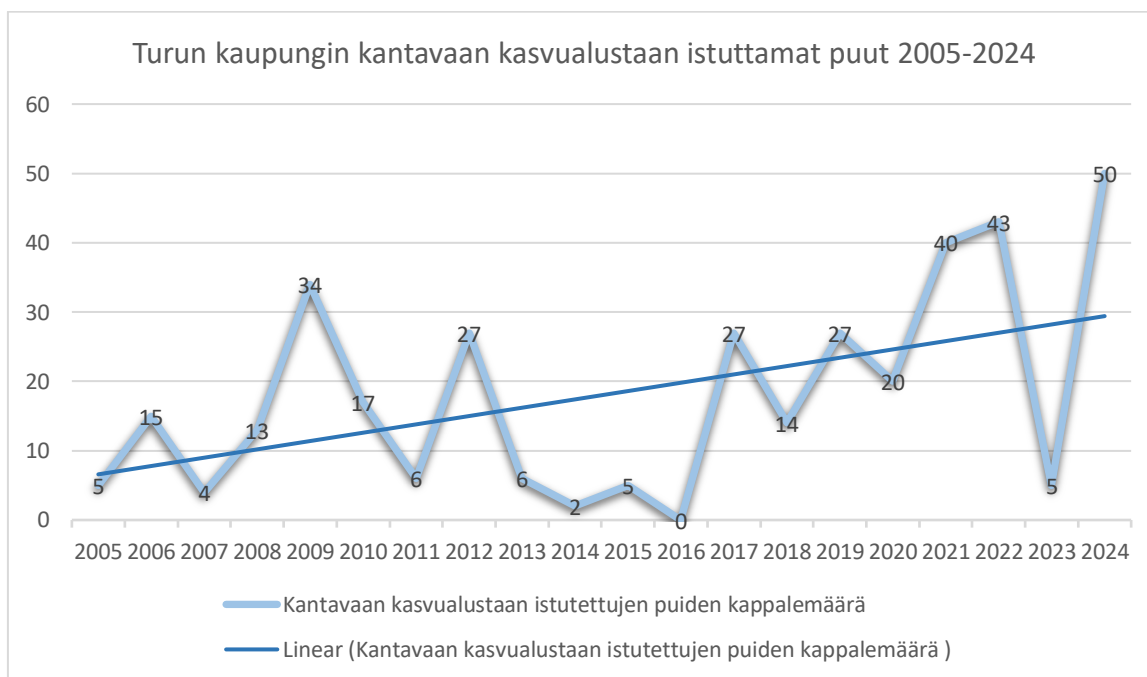
Kantavan kasvualustan kantavuus todettiin vastaajien mukaan hieman useammin levykuormitusmittauksella ja toisinaan Loadman-kokeella. Selvisi, että kantavan kasvualustan kantavuuden varmistamista mittauksella ei suinkaan aina vaadittu. Tämä johtui muun muassa siitä, että rakenteeseen ei kohdistunut suurempaa rasitusta, kuten autopysäköinnin tai koneellisen talvikunnossapidon aiheuttamaa kuormitusta. Yleisesti toivottiin nykyistä tarkempia ohjeita kantavien kasvualustojen kantavuuden mittaustekniikkaan, erityisesti liittyen mittalaitteen asemointiin. Kantavaa kasvualusta mitattaessa mittauslaitteen alle tarvitaan yleensä pieni hienomman kiviaineksen kiilauskerros, että mittalaite saadaan asetettua paikalleen.

InfraRYL:n mukaista tukirakenteen raekoko-ohjetta 80–200 mm pidettiin sopivana. Vastausten mukaan muun muassa Turussa käytetään raekokoa 100–200 mm ja Tampereella 100–150 mm. Pienempien raekokojen ei katsottu jättävän juurille riittävästi tyhjää tilaa. Vastaajien mukaan alle 80 mm:n kokoisen kivimateriaalin käyttö hyväksyttäisiin vain tapauskohtaisesti tai jos isompaa raekokoa ei olisi saatavilla. Euroopassa käytettävän pienemmän raekoon arveltiin johtuvan mm. kivimateriaalin heikommasta saatavuudesta.

Betonimurskeen hyödyntäminen kantavassa kasvualustassa nähtiin tulevaisuuden mahdollisuutena, jonka soveltuvuutta tulee tutkia. Betonimurske materiaalina herätti epäilyksiä. Erietyisesti mietitytti betonin rapautuminen ajansaatossa sekä eri puulajien pidemmän aikavälin sopeutuminen korkeamäksiseen kasvualustaan. Betonimurske nähtiin mahdollisena

luonnonkiven korvaajana erityisesti kiertotalouden edistämiseksi, mutta myös mahdollisen alhaisemman hinnan ja paremman saatavuuden takia. Selvää on, että materiaalin laadulliset ja tekniset vaatimukset sekä soveltuvuus puille tulee täyttyä ensin. Vaikka betonimurskeen käyttö ei yleistyisi puiden kantavassa kasvualustassa, vastaajia kiinnosti betonimurskeen hyödyntäminen esimerkiksi kantavien nurmien ja niittyjen kasvualustassa.

Haastattelun jälkeen keskustelussa Aki Männistön (Turun kaupunki) kanssa nousi esiin vuosittain rakennetut kantavan kasvualustan kuutiomäärät sekä kantavaan kasvualustaan istutettujen puiden kappalemäärät. Turun ensimmäinen kantava kasvualusta rakennettiin vuonna 1996 Varvintorille, mutta kantavaan kasvualustaan istutettujen puiden määrät on kirjattu luotettavasti kaupungin puurekisteriin vasta vuodesta 2005 eteenpäin. Turun puurekisteristä saadut tiedot on koottu kuvioon 14. Puiden kappalemäärän kasvussa näkyy mm. kaupungin keskustan laajentaminen entisille teollisuus- ja satama-alueille, jolloin puita on istutettu enemmän koviille pinnoitteille. Kantavien kasvualustojen kuutiomääriä ei ole rekisteröity säännöllisesti eikä sitä voi päätellä puiden kappalemäärän mukaan, koska puita on istutettu erillisiin sekä yhtenäisiin kasvualustoihin, jolloin puukohtaiset määrät vaihtelevat. Puukohtainen kuutiomäärä on vaihdellut myös istutuspaikan mukaan.



Kuvio 14. Kantavaan kasvualustaan istutettujen puiden määrä on vaihdellut 0 ja 50 kappaleen välillä ja istutusmäärien trendi on ollut hitaasti kasvava vuosina 2005–2024.

## 8 Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä työssä tutkittiin betonimurskeen hyödyntämistä kasvualustoissa, erityisesti katupuiden kantavan kasvualustan tukirakenteena. Samalla selvitettiin betonimurskeen käytön hyötyjä ja esteitä kantavassa kasvualustassa luonnonkiven korvaajana.

Haastatteluista, kyselyistä ja asiantuntikeskusteluista selvisi, että betonimurskeella on potentiaalia kasvualustan osana, mutta sujuva hyödyntäminen vaatii vielä viranomaisten ja eri toimijoiden yhteistyötä sekä pidemmän ajan kokemuksia kasvillisuuden seurannasta. Odotukset betonimurskekasvualustan emäksisyydestä ja kasvillisuuden korkean pH-arvon sietokyvystä vaihtelevat. Samoin vaihtelevat epäilyt betonimurskeen rapautumisesta ja lujittumisesta, vaikka infra-alalla on jo pitkäaikaista näyttöä betonimurskeen eduista luonnonkiviaineksen korvaajana. Betonimurskeesta valmistetun kantavan kasvualustan lujittuminen on kuitenkin hyvin epätodennäköistä juuri siksi, että kiviainekseen sekoitetaan hienoainesta (Dettenborn 2025). Hienoaineksen sekoittaminen kasvualustaan ja kasvien juurten kehittyminen muuttavat betonimurskeen olosuhteita, minkä vuoksi betonimurskeen hyödyntämisestä kasvualustassa on saatava omaa tutkimusta. Selvityksen perusteella kalkkipitoista kasvualustaa sietäviä ja suosivia taimia on saatavilla suomalaisilta taimistoilta ja ilmastonmuutoksen myötä meillä kestävien puulajien määrä myös kasvaa.

Tutkimuksen perusteella kantavuuden mittaaminen on tärkeä rakentamisen laatutodiste, mutta sitäkin merkittävämpää on kantavan kasvualustan oikea rakennustapa ja pohjamaan laatu. Kerroksittain rakentamista ja hienoaineksen vedellä syöttöä tukirakenteeseen pidetään varmimpana tapana saavuttaa tasalaatuinen kokonaisrakenne. Edellä mainittu rakentamistapa ei ole kuitenkaan kaikille rakentajille vielä vakiintunut työtapa, minkä vuoksi työn ohjauksella ja työmaavalvonnalla on merkittävä rooli laadun varmistamiseksi. Myös rakenteen kantavuuden mittaustapojen epävarmuus kannustaa toimijoita panostamaan niin sanottuun työtapatarkkailuun. Työtavan hankaluuksia voi olla muun muassa veden toimittaminen työmaalle tai lämpötilan laskeminen pakkasen puolelle. Vedellä syötön tilalla voisi harkita esimerkiksi hienoaineksen paineilmalla syöttöä.

Helsingin kaupungin vuonna 2023 rakennuttamalla koealueella ja tämän tutkimuksen Vantaan koealueella on yhteistä niiden sijainti alueella, missä ei ole koealueen lisäksi muuta suunniteltua maa- ja infrarakentamista, sekä savipitoinen pohjamaa. Molemmista kohteista on saatu myös heikkoja kantavuusmittaustuloksia, vaikka työnlaatu on varmistettu. Tämän perusteella voi päätellä, että alueen esirakentamisella on merkitystä kantavan kasvualustan rakenteen kantavuustuloksiin. Vähintään rakenteen pohjamaan tulisi olla kiviainespitoinen. Tulevaisuudessa tarvitaan lisää tutkimuskohteita rakenteesta, jossa betonimursketta hyödynnetään kantavassa kasvualustassa, joka sijaitsee todellisessa kuormitusta vaativassa

katuympäristössä. Kantavan kasvualustan tilalle on markkinoilla tarjolla myös muita rakenteellisia vaihtoehtoja kuten esimerkiksi muovirakenteiset kasvualustajärjestelmät, mutta niiden käyttöä hillitsee vielä toistaiseksi kallis hinta ja muovi materiaalina.

Lainsäädännön puolesta purkubetoni nähdään riskinä kasvualustassa, erityisesti ruokakasvien kasvualustassa, vaikka sillä olisikin EEJ-status. Eräs vaihtoehto olisi, että betonia sisältävät kasvualustat voisi eriyttää kahdeksi erilaiseksi kasvualustatyypiksi: ruokakasveille hyväksytyksi kasvualustaksi ilman purkubetonia sekä purkubetonin sallivaksi infrakasvualustaksi. Infrarakentamiseen soveltuvaa kasvualustaa voisi valvoa viranomaisten taholta kevyesti esimerkiksi ilmoitusmenettelyllä. Tällöin viranomaisilla säilyisi EEJ-betonimurskeen sijaintitieto, mutta menettely ei lisäisi riskiä hankkeen hidastumisesta. Toisaalta Lahden ympäristöviranomaisen EEJ-asetuksen tulkinnan mukaan, purkubetonia voidaan jo nyt hyödyntää katualueen kantavassa kasvualustassa ilman ilmoitusmenettelyä. Myös Turun kaupungin ympäristöviranomaisen on samaa mieltä EEJ-asetuksen tulkinnasta Lahden ympäristöviranomaisen kanssa (Leminen 2025).

Ympäristönsuojelulain tarkoittaman pilaantumisen ehkäisyn näkökulmasta betonimurskeen hyödyntämisen vaikutukset pH-arvoihin ja rapautumiseen kiinnostavat ympäristöviranomaisia. Helsingin kaupungin ympäristötarkastaja Heli Lehtisen mukaan betonimurske puiden kasvualustan osana voi olla hyvinkin karkearakeista, mikä todennäköisesti vähentäisi sekä suotovesien happamoittavaa vaikutusta että rapautumista (Lehtinen 2025). Olisi ihanteellista, että purettavan betonirakenteen voisi kierrättää sen perustuspaikalla, murskata, seuloa ja sertifioida EEJ-betonimurskeeksi syntypaikallaan. Tämä ei kuitenkaan ole nyt mahdollista lainsäädännön puolesta vaan EEJ-sertifiointi voidaan tehdä vain erillisellä kierrätysalueella. On todettava, että murskaustoiminnan haittavaikutukset, mm. pöly- ja meluhaitat, tekevät toiminnasta haasteellista tiiviissä kaupunkiympäristössä.

Tutkimuksen mukaan betoni- ja kierrätysalan toimijat ovat valmiimpia laajentamaan betonimurskeen käyttöä kasvualustoihin kuin mm. puuasiantuntijat ja alan viranomaiset. Kaikkien toimijoiden ja asiantuntijoiden kesken erityisesti EEJ-betonimurske nähdään potentiaalisena tuotteena, mutta EEJ-materiaalinkin ohjeistus vaatii vielä kehittämistä kasvualustakäytön suhteen. Puiden kantavaa kasvualustaa varten tulisi sallia nykyistä EEJ-mursketta suurempi raekoko 200 mm ja rajatusti purkubetonin käyttö EEJ-murskeen raaka-aineena. Koealueiden suunnittelussa kävi myös ilmi, että EEJ-betonimurskevalmistajilla on erilaisia tulkintoja siitä säilyttääkö materiaali EEJ-statuksensa, mikäli sama sertifioitu materiaali seulotaan eri kokoon.

Konkreettisella tutkimuksella on merkitystä betonimurskeesta kehitettävien tuotteiden jalostamiselle. Samalla kantavan kasvualustan määritelmä ja tarve tulee tunnetummaksi betonia

käsitlevissä yrityksissä ja kehitystyö tarjoaa lisäväljän betonimurskeen uusiokohteeksi. Koska kantavassa kasvualustassa tarvitaan runsaasti kiviainesta, voidaan betonimurskeen käytöllä vähentää neitseellisen kiviaineksen käyttöä, edistää kiertotaloutta sekä pienentää rakentamisen hiilijalanjälkeä. Hyvin valmistelluissa hankkeissa betonimurskeen käyttö on myös mahdollisuus pienentää materiaalikustannuksia. Toistaiseksi kantavan kasvualustan volyyymi rakentamisessa ei ole merkittävä. Mahdollisissa rakennushankkeissa tuleekin esittää kysymys, onko betonimurskeen valinnassa kyse neitseellisen kiviaineksen korvaamisesta ja aidosta hyötykäytöstä vai pyritäänkö toiminnassa vain loppusijoittamaan jätettä ilman loppusijoittamisen vaatimuksia ja siitä aiheutuvia kustannuksia sekä parantamaan hankkeen imagoa materiaalin hiilijalanjäljellä. Betonimurskeen hyödyntämisellä kasvualustassa on eniten merkitystä suurissa infrakohteissa, joissa betonimursketta käytetään jo osana muita rakennekerroksia. Kantavien kasvualustojen rakentamisessa asialla on merkitystä erityisesti kaupunkialueiden tie-, katu- ja raideympäristöissä. Suomessa on myös muutamia lakkautettuja kalkkitehtaita, joiden alueiden jatkokehityksessä tämän työn tulokset voivat olla hyödyksi kuten esimerkiksi Malmön Cementparkenissa (luku 2.3.1).

Koealueiden seurantatöiden tulokset antavat tulevana vuosina lisää vastauksia työssä esitettyihin kysymyksiin. Seurantatöissä ei ole sovittu rakenteiden auki kaivuusta, minkä avulla on nähtävissä betonimurskeen mahdollinen rapautuminen, lujittuminen sekä puiden juurien kehittyminen. Toivottavasti asiaa tutkitaan Lahdessa, mikäli rakenteen auki kaivuu tulee tarpeen tai viimeistään Vantaalla, kun väliaikaiseksi tarkoitettu rakenne puretaan. Olen tyytyväinen, että koerakenteisiin istutettiin useita eri puulajeja. Nykyistäkin laajemmissa koerakenteissa olisi ollut mielenkiintoista kokeilla myös tietoisesti hapanta maata suosivia puulajeja. Kiinnostavaa olisi tutkia myös kevytsoramursketta raekoossa 100–200 mm puiden kantavassa kasvualustassa. Materiaalin saatavuus on tällä hetkellä heikko, eikä tutkimukseen saatu mursketta ilman nolla-ainesta. Kevytsoramurske huokoisena materiaalina sitoo kosteutta betonimursketta paremmin, mikä on etu kivennäisvoittoisissa kasvualustoissa. Kevytsoramurske vastaa ominaisuuksiltaan muualla Euroopassa kantavissa kasvualustoissa hyödynnettävää laavakiveä. Työn aikana nousi esiin myös tarve tutkia betonimurskeen hyödyntämistä nurmien ja niittyjen kantavissa kasvualustoissa, jotka ovat tarpeellisia mm. tapahtumakentillä, väliaikaisilla pysäköintialueilla ja pelastusteillä. Lisäksi betonimurskeen käyttö katujen reuna- ja välikaistojen pintamateriaalina voisi mahdollistaa myös uuselinympäristöjä kalkkipitoista maata suosivalle kasvillisuudelle.

Tämän työn mukaan betonimurskeen käytön etuja kantavassa kasvualustassa luonnonkiven sijasta on kiertotalouden edistäminen, luontopääoman käytön vähentäminen, materiaalin edullisempi hinta sekä pienempi hiilijalanjälki. Tapauskohtaisesti etuna voi olla myös maaperän happamuuden vähentäminen. Materiaali todennäköisesti täyttää myös kaikki

tarvittavat tekniset vaatimukset puiden kantavalle kasvualustalle. Betonimurskeen käytön esteenä ja hidasteena ovat osittain lainsäädäntö sekä kokemusten puute. Puuttuu varmuus siitä, että puut menestyvät rakenteessa vielä vuosienkin päästä. Seurantatöiden myötä koe-rakenteista saadaan kokemuksia ja betonimurskeen tarjonta vastaa varmasti mahdolliseen kysyntään.

## Lähteet

Betonimurske-EEJ-asetuksen soveltamisohje. 2022. 31.8.2022. Ympäristöministeriö.

Viitattu 1.1.2025. Saatavissa <https://ym.fi/documents/1410903/38678498/Betonimurske-EEJ-asetuksen+soveltamisohje+31082022.pdf/291e0c2f-22ac-4f3d-eae3-efb6b473a32f/Betonimurske-EEJ-asetuksen+soveltamisohje+31082022.pdf?t=1662004058228>

Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa. 2024. Rev. 29.4.2024. Helsinki, Espoo, Tampere, Turku, Vantaa. Viitattu 1.1.2025. Saatavissa

[https://uusiomaarakentaminen.fi/wp-content/uploads/sites/5/2024/04/2024\\_04\\_29\\_Betonimurske-kaupunkien-julkisessa-maarakentamisessa\\_lukittu.pdf](https://uusiomaarakentaminen.fi/wp-content/uploads/sites/5/2024/04/2024_04_29_Betonimurske-kaupunkien-julkisessa-maarakentamisessa_lukittu.pdf)

Forsman, J., Dettenborn, T., Suikkanen, T., Harju, I., Järkkä, H., Kivimäki, J., Teittinen, M. & Lahtinen, P. 2020. Uusiomateriaalit kaupunkien infrarakentamisessa -käsikirja. UUMA3

-hanke. <https://uusiomaarakentaminen.fi/wp-content/uploads/sites/5/2023/10/Uusiomateriaalit-kaupunkien-infrarakentamisessa-kasikirja.pdf>

Greely Sand & Gravel Inc.™. Viitattu 20.2.2025. Saatavissa <https://greelysand.com/cu-structural-soil/>

Helsinki. 2017. Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja 2017:19.

Vuosaarenhuippu Helsingin itäisen maantäyttöalueen maisemarakentaminen 2001–2015.

Viitattu 10.2.2025. Saatavissa

<https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-19-17.pdf>

Helsinki. 2019. Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja 2019:3.

Vuosaarenhuipun hoito- ja kehittämissuunnitelma 2018–2027. Viitattu 1.1.2025.

Saatavissa <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/aineistot/aineistoja-03-19.pdf>

Hiilineutraalisuomi.fi. 2025. Rakennustuoteteollisuus: Betonirakenteiden hiilinielun

maksimointi. Viitattu 12.4.2025. Saatavissa [https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Canemure/Osahankkeet/Rakennustuoteteollisuus_RTT/Rakennustuoteteollisuus_Beto)

[FI/Canemure/Osahankkeet/Rakennustuoteteollisuus\\_RTT/Rakennustuoteteollisuus\\_Betonirakenteide\(49510\)](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Canemure/Osahankkeet/Rakennustuoteteollisuus_RTT/Rakennustuoteteollisuus_Betonirakenteide(49510))

Härkönen, T. 2024. Betonimurskeen piilevä potentiaali. Betoni. Nro. 3/2024. Viitattu

12.4.2025. Saatavissa [https://betoni.com/lehti/2024/10/01/betonimurskeen-piileva-](https://betoni.com/lehti/2024/10/01/betonimurskeen-piileva-potentiaali/)

[potentiaali/](https://betoni.com/lehti/2024/10/01/betonimurskeen-piileva-potentiaali/)

InfraRYL 21310. 2021. Sitomattomat kantavat kerrokset. 28.6.2021. Helsinki.  
Rakennustieto Oy.

Infra ry. 2021. Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa. Viitattu 10.12.2023. Saatavissa [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Betonimurske%20teknisen%20soveltuveden%20arviointi\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/Betonimurske%20teknisen%20soveltuveden%20arviointi_web.pdf)

InfraRYL 23113. 2022. Kantavan kasvualusta. 30.6.2022. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Ising, Lisa. 2021. Cementparken. Viitattu 16.3.2025. Saatavissa <https://lisaising.se/cementparken/>

Krook, J., Peurasuo, P. & Heino, M. 2005. Kantava kasvualusta – katurakenne ja katupuun kasvupaikka. Suomen Kuntatekniikan Yhdistys ry, julkaisu 22.

Kunnas, T. 2023. Betonimurske – jätettä vai ei? Ja mitä väliä sillä on? Betoni. Nro.1/2023. Viitattu 10.12.2023. Saatavissa <https://betoni.com/lehti/2023/03/03/betonimurske-jatetta-vai-ei-ja-mita-valia-silla-on/>

Kukkonen, T. 2024. Betonin hiilensidonta: CO<sub>2</sub>ncrete Solution –hanke. Viitattu 12.4.2025. Saatavissa [https://www.betonyhdistys.fi/media/betonitutkimusseminaari/11-betonin-hiilensidonta\\_co2ncrete-solution-hanke\\_betonitutkimusseminaari2024.pdf](https://www.betonyhdistys.fi/media/betonitutkimusseminaari/11-betonin-hiilensidonta_co2ncrete-solution-hanke_betonitutkimusseminaari2024.pdf)

Kuoppamäki, K., Prass, M. & Hagner, M. 2023. Crushed concrete and biochar: A sustainable solution for vegetated roofs. 2023. Viitattu 10.12.2023. Saatavissa <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866723002534>

Lahden karttapalvelu. 2024. Viitattu 31.12.2024. Saatavissa <https://kartta.lahti.fi/ims>

Leca. 2024. Kevytsoran materiaaliominaisuudet. Viitattu 1.1.2025. Saatavissa [https://www.leca.fi/ratkaisut/infrarakentaminen/kevytsoran-materiaaliominaisuudet?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiA7NO7BhDsARIsADg\\_hIZLpcu6PT8Q6U\\_kylfxLmlguKgx3bEmX1hM6bJapBC8-0zvrc1pilwaApc7EALw\\_wcB](https://www.leca.fi/ratkaisut/infrarakentaminen/kevytsoran-materiaaliominaisuudet?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA7NO7BhDsARIsADg_hIZLpcu6PT8Q6U_kylfxLmlguKgx3bEmX1hM6bJapBC8-0zvrc1pilwaApc7EALw_wcB)

Lindahl, E. 2022. Betongkross I växtsubstrat. Sveriges lantbruksuniversitet. Viitattu 2.1.2025. Saatavissa <https://stud.epsilon.slu.se/18044/1/lindahl-e-20220704.pdf>

Rakennusbetoni ja -Elementti Oy. 2024. AKOroof suunnitteluohje 10/2024. Viitattu 1.1.2025. Saatavissa [https://www.proplib.com/suppliers\\_alias/Supplier\\_RB/Files/PDF/AKOroof-kasvikatto/AKOroof-%20Suunnitteluohje%2010-2024.pdf](https://www.proplib.com/suppliers_alias/Supplier_RB/Files/PDF/AKOroof-kasvikatto/AKOroof-%20Suunnitteluohje%2010-2024.pdf)

- Rakennustieto. 2024. Viitattu 20.2.2025. Saatavissa <https://tilaukset.rakennustieto.fi/infraryl/infraryl-lisenssi>
- Rakentamisen päästötietokanta. 2024. Suomen ympäristökeskus SYKE ja Ympäristöministeriö. Viitattu 7.3.2025. Saatavissa <https://co2data.fi/rakentaminen/>
- Ramboll. 2024a. Kierrätysbetoni kasvualustoissa, 2024 mittaukset ja kantavuuskokeet. Raportti Helsingin kaupungille.
- Ramboll. 2024b. Konalan maisemavalli-hankkeen kokousmuistio 4, seurannan suunnitteluraportti ja kohteen suunnitelmat. Tilaajana Helsingin kaupunki.
- Ramboll. 2024c. Lysimetrien asennusohje.
- Ramboll. 2025. Konalan maisemavallin loppuraportti 3.3.2025 sekä Konalan maisemavallin kasvillisuusseurannan raportit 17.2.2025. Raportit Helsingin kaupungille.
- Rudus. 2023. Betoroc®-murskeohje. Viitattu 3.1.2025. Saatavissa <https://www.rudus.fi/Download/32403/Betoroc-murskeohje%202023.pdf>
- Rudus Pro. 2021. Betoroc-murske hiilinegatiivinen: Espoonväylän rakentamisessa valtava päästösäästö. Viitattu 29.3.2025. Saatavissa <https://www.rudus.fi/ajankohtaista/2021/11/29/betoroc-murske-hiilinegatiivinen-espoonvaylan-rakentamisessa-valtava-paastosaasto>
- Rudus Pro. 2025. Huipputehokas betonin kierrätysmurskain on myös ympäristöystävällinen. Viitattu 12.4.2025. Saatavissa <https://www.rudus.fi/ajankohtaista/2023/12/04/huipputehokas-betonin-kierratysmurskain-on-myos-ymparistoystavallinen>
- SFS5884:2022. 2022. Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunvalvontajärjestelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- Tuhkanen, E-M., Juhannoja, S. & Salo, T. 2014. Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen viherrakentamisen kasvualustoissa ja rakenteissa. MTT Raportti 61. Viitattu 3.1.2025. Saatavissa <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti161.pdf>
- Tukholman kaupunki. 2017. Planting beds in the City of Stockholm – a handbook 2017. Käännös 2022. Viitattu 2.1.2025. Saatavissa [https://www.tdag.org.uk/uploads/4/2/8/0/4280686/planting\\_beds\\_in\\_the\\_city\\_of\\_stockholm\\_v4.5.pdf](https://www.tdag.org.uk/uploads/4/2/8/0/4280686/planting_beds_in_the_city_of_stockholm_v4.5.pdf)
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2025. REACH-asetus. Viitattu 6.3.2025. Saatavissa <https://tukes.fi/kemikaalit/reach/reach-asetus>

UUMA5. 2024. Viitattu 1.1.2025. Saatavissa [https://uusiomaarakentaminen.fi/uuma-ohjelma/uuma5-ohjelma/https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/41aa99a1-e5b3-4596-943b-46adf08e112b/4399a073-b9ff-4a48-9cf6-73df85fe4502/MUISTIO\\_20220902152209.pdf](https://uusiomaarakentaminen.fi/uuma-ohjelma/uuma5-ohjelma/https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/41aa99a1-e5b3-4596-943b-46adf08e112b/4399a073-b9ff-4a48-9cf6-73df85fe4502/MUISTIO_20220902152209.pdf)

Vantaan karttapalvelu. 2024. Viitattu 31.12.2024. Saatavissa <https://kartta.vantaa.fi/>

Viherympäristöliitto. 2024. Kasvualustan suositellut ravinnepitoisuudet. Päivitys 082024. Viitattu 18.12.2024. Saatavissa [https://u79114.www2.webdomain.fi/hallinta/wp-content/uploads/2024/09/kasvualustan\\_suosittelvat\\_ravinnepitoisuudet\\_paivitys\\_082024.pdf](https://u79114.www2.webdomain.fi/hallinta/wp-content/uploads/2024/09/kasvualustan_suosittelvat_ravinnepitoisuudet_paivitys_082024.pdf)

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa 843/2017. Saatavissa. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>

Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista 466/2022. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220466>

Väre, H., Saarinen, J., Kurtto, A. & Hämet-Ahti, L. 2021. Suomen puu- ja pensaskasvio. Helsinki: Denrologian seura.

Ympäristöministeriö. 2018. YM034:00/2018 säädösvalmistelu. Valtioneuvoston asetus arviointiperusteista sen määrittämiseksi milloin betonimurske lakkaa olemasta jätettä. Viitattu 3.1.2025. Saatavissa <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM034:00/2018>

Ympäristöministeriö. 2022. YM2022:13. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2027. Viitattu 9.3.2025. Saatavissa [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163978/YM\\_2022\\_13.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163978/YM_2022_13.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ympäristöministeriö. 2023. YM2023:4 Assessing the economics of biodiversity in Finland: National implications of the Dasgupta Review. Viitattu 16.2.2025. Saatavissa [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164619/YM\\_2023\\_4.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164619/YM_2023_4.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ympäristöministeriö. 2024. YM030.00/2024 säädösvalmistelu. Jätelain muutoksen III osa - Kiertotalouslaki 2024–2026. Viitattu 17.3.2025. Saatavissa <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM030:00/2024>

Ytekki. 2023a. Betonimurske kantavassa kasvualustassa-kokeilun hankesuunnitelma. 6.6.2023.

Ytekki. 2023b. Betonimurske kantavassa kasvualustassa-kokeilun loppuraportti. 27.9.2023.

**Sähköpostilähteet**

Alvem, B. 2024. Re: Crushed concrete in structural soil. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 15.8.2024.

Dettenborn, T. 2025. "LAB\_opinnäytetyö\_Eva\_luonnos". Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 16.4.2025.

Embren, B. 2024. Re: Crushed concrete in structural soil. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 29.7.2024.

Haverinen, A. 2025. VS: Puulajit ja maan pH. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 17.3.2025.

Kalliainen, A. 2025. RE: Kantavan kasvualustan levykuormitysmittaukset. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 15.5.2025.

Laulumaa, P. 2025. Re: Vuosaarenhuipun betonirakenteet. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 10.2.2025.

Laurila, J. 2025. VS: Reach-asetus/EEJ. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 5.3.2025.

Lehtinen, H. 2025. VL: kommenttipyyntö EEJ-betonimurskeen käytöstä kasvualustassa. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 25.4.2025.

Lehtimäki, J. 2025. Viherasiantuntija. VS: Betonimurskeen hyödyntäminen kasvualustassa – haastattelu. Sähköpostihaastattelu. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 12.2.2025.

Lehtonen, K (Ytekki). 2025. VS: Hki koelueen kantavuusmittaukset. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 10.3.2025.

Leminen, M. 2025. VL: kommenttipyyntö EEJ-betonimurskeen käytöstä kasvualustassa. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 6.5.2025.

Männistö, A. 2025. Puuasiantuntija, vastaava rakennuttaja. Turun kaupunki. VS: Betonimurskeen hyödyntäminen kasvualustassa – haastattelu. Sähköpostihaastattelu. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 18.2.2025.

Oulun kaupunki. 2025. Rakennuttajat ja valvojat. VS: Betonimurskeen hyödyntäminen kasvualustassa – haastattelu. Sähköpostihaastattelu. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 20.3.2025.

Rose, B. 2024. Re: Crushed concrete in structural soil. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 11.3.2024.

Saari, M. 2025. Puuasiantuntija, aluevastaava. Lahden kaupunki. VS: Betonimurskeen hyödyntäminen kasvualustassa – haastattelu. Sähköpostihaastattelu. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 5.2.2025.

Salmiheimo, S. 2025 Re: Puulajit ja maan pH. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Tavast, E-M. Lähetetty 20.3.2025.

## Kalkkipitoiseen maahan soveltuvia kasveja

### Malmön Cementparkenin istutettuja puulajeja (Lindahl 2022):

- |                        |  |
|------------------------|--|
| - atlasseetri          | <i>Cedrus atlantica</i> 'Glauc'              |
| - himalajanseetri      | <i>Cedrus deodara</i> 'Karl Fuchs'           |
| - keltamarjaorapihlaja | <i>Crataegus punctata</i> 'Aurea'            |
| - orapihlaja           | <i>Crataegus x lavallei</i> 'Carrierei'      |
| - saksanpähkinä        | <i>Juglans regia</i> 'Broadview'             |
| - rakkopuu             | <i>Koelreuteria paniculata</i>               |
| - euroopanmustamänty   | <i>Pinus nigra</i> ssp. <i>Nigra</i>         |
| - persikka             | <i>Prunus amygdalo-persica</i> 'Spring Glow' |
| - kirsikkaluumu        | <i>Prunus cerasifera</i> 'Nigra'             |
| - yoshinonkirsikka     | <i>Prunus yedoensis</i>                      |
| - valkovaleakaasia     | <i>Robinia pseudoacacia</i> 'Nyirsegi'       |
| - japaninpagodipuu     | <i>Sophora japonica</i>                      |
| - kiinanherupuu        | <i>Tetradium daniellii</i>                   |

### Tukholman kantavan kasvualustan koerakenteisiin istutetut puulajit (Lindahl 2022):

- |                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| - japaninkirsikka | <i>Prunus</i> 'Umineko'              |
| - hevoskastanja   | <i>Aesculus x castanea</i> 'Briotii' |

### Peter Korn:n kasviehdotuksia kalkkipitoiseen kantavaan kasvualustaan (Lindahl 2022):

- |                                      |                                |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| - orapihlajalajikkeet                | <i>Crataegus</i>               |
| - peruukkipensaat                    | <i>Cotinus</i>                 |
| - valeakaasia                        | <i>Robinia pseudoacacia</i>    |
| - neidonhiuspuu                      | <i>Ginko biloba</i>            |
| - hopeapensaat                       | <i>Elaeagnus</i>               |
| - seitsama                           | <i>Heptacodium miconioides</i> |
| - mahd. <i>rosaceae</i> -suvun lajit |                                |

### Harvialan taimisto ja Huutokosken taimisto (Salmiheimo 2025; Haverinen 2025):

- kalkinsuosijoita ovat mm. jalavat, lehmukset, omenapuut, rusokirsikka, vaahtera

### Suomen puu- ja pensaskasvio, Dendrologian seura, Helsinki 2021:

Poiminnat lajeista merkinnöillä: yksittäis- ja puistopuu, yleinen – hyvin kestävä, kasvupaikan ominaisuus Ca+ (runsaskalkkinen, pH-arvo yli 6)

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| - valkokuusi           | <i>Picea glauca</i>       |
| - arkangelinlehtikuusi | <i>Larix archangelica</i> |
| - siperianpihta        | <i>Abies sibirica</i>     |
| - tarhaluumupuu        | <i>Prunus domestica</i>   |
| - imeläkirsikka        | <i>Prunus avium</i>       |
| - hapankirsikka        | <i>Prunus cerasus</i>     |
| - metsäomenapuu        | <i>Malus sylvestris</i>   |
| - tarhaomenapuu        | <i>Malus domestica</i>    |
| - siperianomenapuu     | <i>Malus prunifolia</i>   |
| - marjaomenapuu        | <i>Malus baccata</i>      |
| - koristeomenapuut     |                           |
| - metsälehmus          | <i>Tilia cordata</i>      |
| - isolehtilehmus       | <i>Tilia platyphyllos</i> |
| - lehtosaarni          | <i>Fraxinus excelsior</i> |

Huom: kasviossa on mainittu useita puita kasvupaikkaominaisuudella Ca+, mutta joiden kestävyys on merkitty: harvinainen-melko harvinainen, hyvin kestävä. Näissä lajikkeissa on myös monia mm. Etelä-Suomeen soveltuvia lajeja.

## Betonimurskeen hyödyntäminen kasvualustassa –kysely

Vastaajien kokonaismäärä: 15

Tämän kyselyn tavoitteena on kartoittaa yritysten halukkuutta ja teknistä valmiutta tuottaa EEJ (Ei enää jätettä) -sertifioitua (VNa 466/2022) tai MARA-asetuksen (VNa 843/2017) mukaista kasvualustaan soveltuvaa kierrätysbetonimursketta. Tietoja hyödynnetään kansallisessa Uusiomaarakentamisen UUMA5 työssä (<https://uusiomaarakentaminen.fi/>) sekä Eva-Maria Tavastin Yamk-opinnäytetyössä Betonimurske kantavassa kasvualustassa.

Kysely on lähetetty mm. Rakennusteollisuus ry:n ja Suomen Purkuliikkeiden liitto ry jäsenille sekä muille tiedossa oleville toimijoille, jotka valmistavat valmisbetonia, betonielementtejä tai muita betonituotteita tai purkavat, käsittelevät, myyvät betonirakenteita- ja murskeita.

Erilaisiin kasvualustoihin voidaan käyttää tarvekohtaisesti raekooltaan 0–200 mm kiviainesta. InfraRYL:n mukaan kantavaa kasvualustaa käytetään kaupunkialueilla mm. toreilla, aukioilla, pysäköintialueilla, katu- ja raideympäristöissä. Kasvualusta sisältää tukirakenteena 75 % kiviainesta ja 25 % hienoainesta. Kiviaines tulee olla tasarakeista ja raekoko saa vaihdella enintään 100 mm. Kantavan kasvualustan osalta raekoon alaraja on 80 mm ja yläraja 200 mm.

Kyselyn yhteenveto (ilman yritysten nimiä) julkaistaan UUMA-sivustolla.



Kuva: Kantavan kasvualustan koerakenne betonimurskeella, työmaa Lahdessa 2024

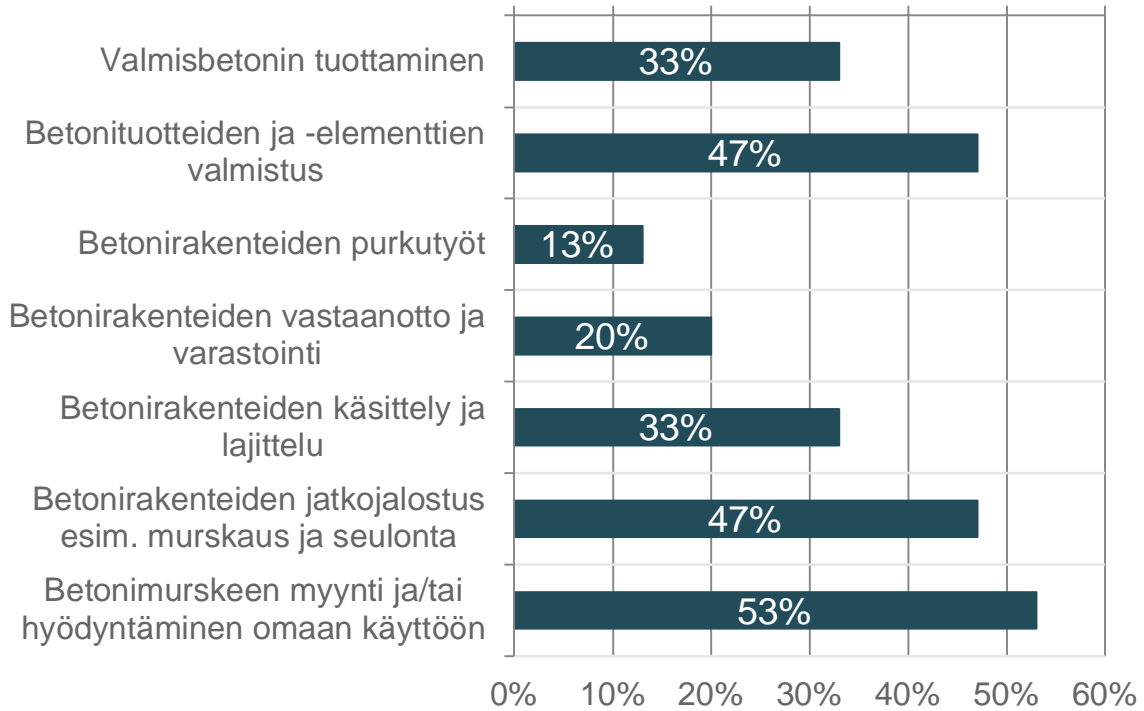
1. Yrityksen nimi (ei pakollinen)

2. Saako yrityksen nimen julkaista osana UUMA5 viestintää?

### 3. Yrityksen toimintaan kuuluu tällä hetkellä:

*Voit valita useita vaihtoehtoja*

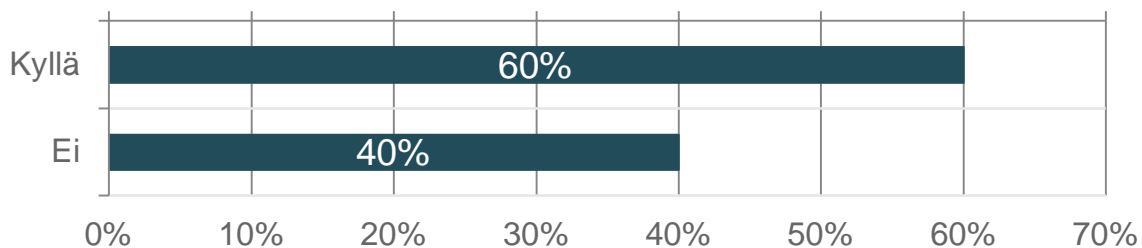
Vastaajien määrä: 15, valittujen vastausten lukumäärä: 37



	n	Prosentti
Valmisbetonin tuottaminen	5	33,3%
Betonituotteiden ja -elementtien valmistus	7	46,7%
Betonirakenteiden purkutyöt	2	13,3%
Betonirakenteiden vastaanotto ja varastointi	3	20,0%
Betonirakenteiden käsittely ja lajittelu	5	33,3%
Betonirakenteiden jatkojalostus esim. murskaus ja seulonta	7	46,7%
Betonimurskeen myynti ja/tai hyödyntäminen omaan käyttöön	8	53,3%

#### 4. Onko yritykseltä saatavissa MARA-asetuksen mukaista betonimursketta?

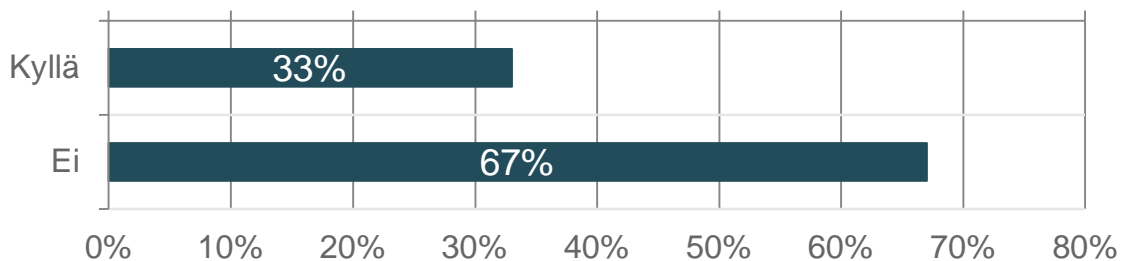
Vastaajien määrä: 15



	n	Prosentti
Kyllä	9	60,0%
Ei	6	40,0%

#### 5. Onko yritykseltä saatavissa EEJ-betonimursketta?

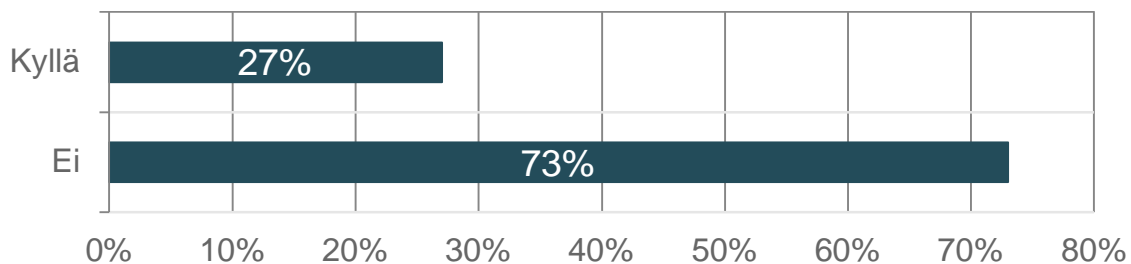
Vastaajien määrä: 15



	n	Prosentti
Kyllä	5	33,3%
Ei	10	66,7%

#### 6. Onko yritykseltä saatavissa EEJ-betonimursketta seulottuna raekokoon n. 80–90 mm?

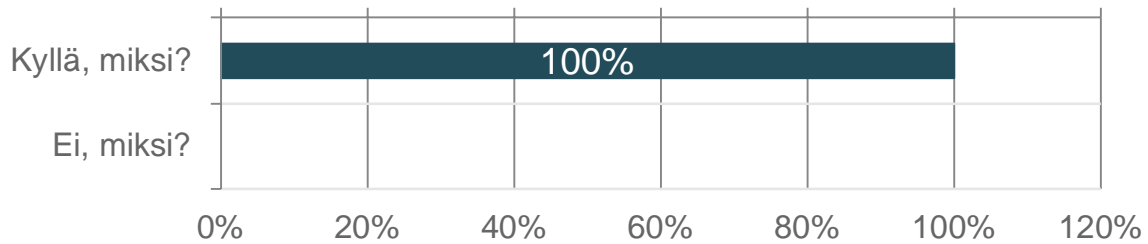
Vastaajien määrä: 15



	n	Prosentti
Kyllä	4	26,7%
Ei	11	73,3%

**7. Oletteko sitä mieltä, että lainsäädännön tulisi sallia EEJ-purkubetonin käyttö siten, että se soveltuisi viheralueiden kasvualustoihin?**

Vastaajien määrä: 15

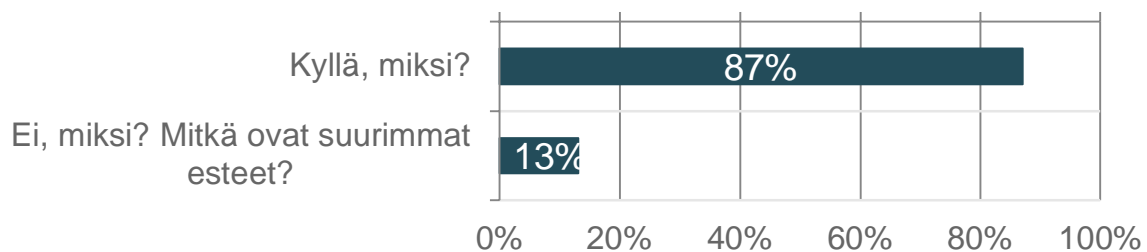


	n	Prosentti
Kyllä, miksi?	15	100,0%
Ei, miksi?	0	0,0%

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä, miksi?	kierrätysmateriaaleja tulisi saada tehokkaammin käyttöön ja korvata niillä neitseellisiä raaka-aineita
Kyllä, miksi?	Koska se on erinomainen materiaali siihen, ajaa saman asian kuin neitseellinen kiviaines, mutta ympäristöystävällisemmin ja taloudellisemmin
Kyllä, miksi?	Jos se on oikein käsiteltyä, niin miksipä ei
Kyllä, miksi?	en näe sinä mitään ongelmaa
Kyllä, miksi?	Nostaisi kierrätysastetta

**8. Onko yrityksellä tulevaisuudessa kiinnostusta tuottaa kantavaan kasvualustaan soveltuvaa EEJ-betonimursketta raekooltaan n. 100–200 mm, mikäli materiaalille on kysyntää ja se on säädösten puolesta mahdollista?**

Vastaajien määrä: 15

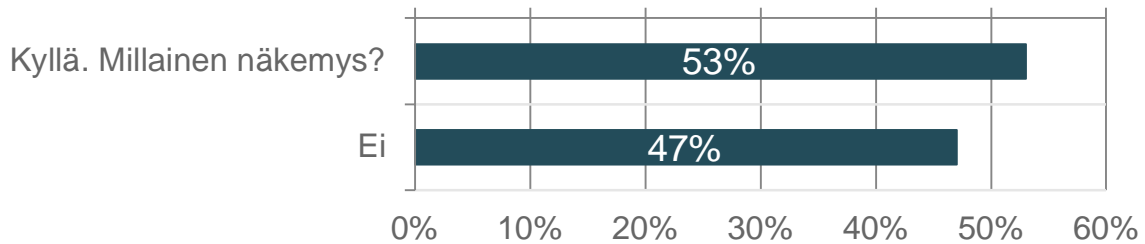


	n	Prosentti
Kyllä, miksi?	13	86,7%
Ei, miksi? Mitkä ovat suurimmat esteet?	2	13,3%

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä, miksi?	betonimursketta tulisi saada enemmän hyödynettyä
Kyllä, miksi?	Koska siihen on ehdottomasti järkevämpi käyttää uusiomateriaalia neitseellisen sijasta, neitseellinen 100-200 mm KaM teetetään lähes aina tilauksesta, eli ei ole ns. bulkkituote. Ympäristö kiittää.
Kyllä, miksi?	Aina parempi päästä jätteestä eroon, jos se tulee hyötykäyttöön
Kyllä, miksi?	Osavirtana helpäpo tehdä, valmistus ei ole ongelma
Ei, miksi? Mitkä ovat suurimmat esteet?	Liian pieni tuotantomäärä

## 9. Onko yrityksellä näkemystä, soveltuuko betonimurske luonnonkiviaineksen korvaajaksi kantaviin kasvualustoihin?

Vastaajien määrä: 15



	n	Prosentti
Kyllä. Millainen näkemys?	8	53,3%
Ei	7	46,7%

Vastausvaihtoehdot	Teksti
Kyllä. Millainen näkemys?	Betonimurske tuo kantavuutta yhtä lailla, kuin KaM
Kyllä. Millainen näkemys?	Miksi ei soveltuisi
Kyllä. Millainen näkemys?	toimii samoin kuin kiviaines
Kyllä. Millainen näkemys?	soveltuu

## 10. Vapaa sana

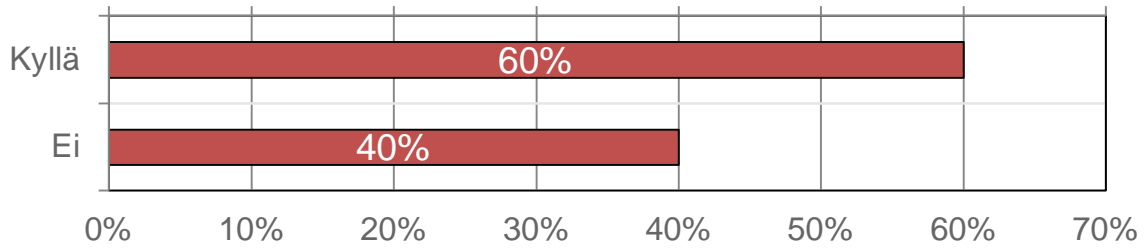
*Esim. huomiota ja kommentteja kyselystä tai kierrätysbetonimurskeen hyödyntämisestä tulevaisuudessa*

Vastaajien määrä: 5

Vastaukset
Tällä hetkellä kasvualustavalmistuksessa saa käyttää EEJ-asetuksen mukaan ainoastaan käyttämättömistä betonista peräisin olevaa betonijätettä sekä käyttämättömistä betonituotteista peräisin olevaa betonijätettä. Käytetystä betonista peräisin olevan betonijätteen, eli ns. purkubetonin käyttö pitäisi myös sallia kasvualustavalmistuksessa eli EEJ-asetusta tulisi senkin suhteen päivittää.
Viranomaiset (etenkin ruokavirasto) tuntuvat enemmän kiinnittävän huomiota siihen, että materiaali pitää olla puhdasta, korostan sanaa PUHDAS (saadut ymp. luvat EEJ hiekoitushiekan) käytössä kasvualustoissa. Kuitenkin kun verrataan EEJ betonimurskeeseen, jossa sallitaan epäpuhtauksia ja haitta-aineita, jokin epätasapaino vallitsee esimerkiksi näiden materiaalien välillä. UUMA työryhmiin on saatava YM, AVI, ELY, Ruokavirasto edustusta, jotta haasteet ja käsitykset viranomaispuolelta tulee selviksi.
Toimitamme miellämme meiltä syntyvän kierrätykseen kelpaavan betonijätteen MARA-asetukset täyttävän murskeen valmistajalle, jos se on taloudellisesti järkevää.
On saatava mahdollisimman paljon käyttö kohteita bemmille jotta käytöstä poistettava betoni saataisiin mahdollisimman tehokkaasti kiertoon.
Kierrätysbetonimurskeen käyttöä olisi hyvä laajentaa jotta käyttökohteita olisi mahdollisimman laajasti.

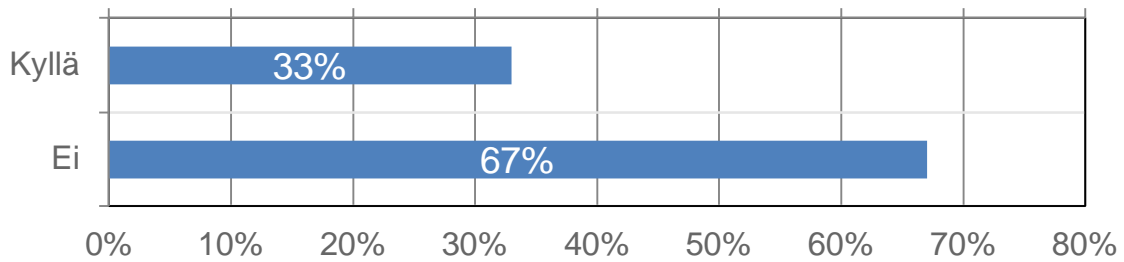
#### 4. Onko yritykseltä saatavissa MARA-asetuksen mukaista betonimursketta?

Vastaajien määrä: 15



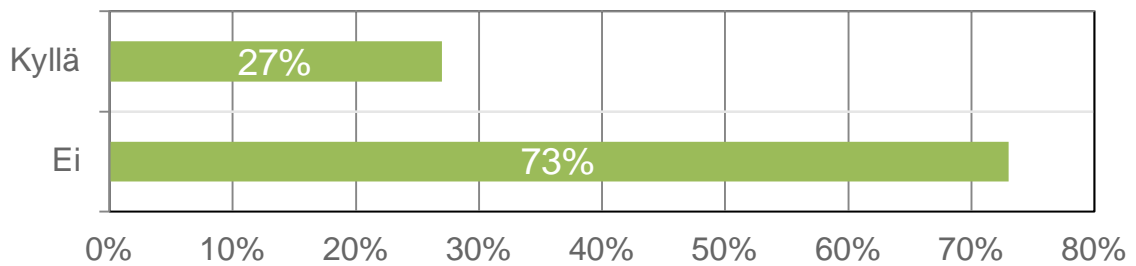
#### 5. Onko yritykseltä saatavissa EEJ-betonimursketta?

Vastaajien määrä: 15



#### 6. Onko yritykseltä saatavissa EEJ-betonimursketta seulottuna raekokoon n. 80–90 mm?

Vastaajien määrä: 15



**Betonimurske kantavassa kasvualustassa - puuasiantuntijoiden haastattelu**

1. Mitä mieltä olet kantavasta kasvualustasta yleensä? Onko se tarpeellinen ja oikein rakennettuna toimiva rakenne?
2. Jos olet ollut tilaamassa/rakennuttamassa kantavaa kasvualustaa, onko valmiin rakenteen kantavuus varmistettu jotenkin mittaamalla? Miten? Jos ei ole mitattu niin miksi ei?
3. Sopiiko mielestäsi tukirakenteeseen myös pienempi raekoko esim. 40–90 mm? Miksi? InfraRYL:n vaatimuksen mukaan kantavan kasvualustan tukirakenteen kiven raekoko tulee olla min. 80 mm ja max 200 mm ja raekoko saa vaihdella enintään 100 mm. Tukholman mallin mukaan kiven raekoko tulee olla 90–150 mm, Tanskassa ja Englannissa käytetään mm. raekokoja 32–64 mm.
4. Mitä ajatuksia betonimurskeen hyödyntäminen kantavan kasvualustan tukirakennemateriaalina herättää? Tulevaisuuden uhka, mahdollisuus vai ajan hukkaa? Miksi?
5. Mistä syistä saattaisit suosia betonimursketta luonnonkiven sijasta kantavassa kasvualustassa? Valitse yksi, useampi tai ei mitään syytä (a-d). Miksi?
  - a) laadukas ja oikean raekoon betonimurske olisi halvempaa kuin luonnonkivi
  - b) laadukas ja oikean raekoon betonimurske olisi yhtä helposti/paremmin saatavilla kuin luonnonkivi
  - c) betonimurske olisi sopiva/parempi materiaali istutettaville puille (kalkinsietäjä/kalkinsuosija puulajit)
  - d) kiertotalouden edistämiseksi
6. Mitä haasteita näet betonimurskeen käytöllä kantavan kasvualustan tukirakenteen rakentamisessa, kunnossapidossa, rakenteen kunnossapidossa?
7. Vapaa sana. Asioita, joita betonimurskeen hyödyntämisessä kasvualustassa tulisi huomioida?
8. Saako nimesi ja edustamasi kaupungin/yrityksen nimen mainita opinnäytetyössä ja UUMA5-viestinnässä?