

Helsinki, Espoo, Tampere, Turku, Vantaa

Ohje

Päivämäärä

01.02.2024

(rev. 29.4.2024)

BETONIMURSKKE KAUPUNKIEN JULKISESSA MAARAKENTAMISESSA



SISÄLTÖ

ESIPUHE	3
1. JOHDANTO	3
2. SÄÄDÖKSET, OHJEET JA SOVELTAMINEN	4
2.1 EEJ-betonimurskeen käyttö rakentamisessa	4
2.2 MARA-asetuksen mukainen hyödyntäminen	5
2.3 Hyödyntäminen ympäristöluvalla tai pienimuotoisesti	7
2.4 Betonimurskeen kelpoisuus ja CE-merkintä	7
2.5 Betonijätteen ja -murskeen hyödyntämiskelpoisuus	8
2.6 Suunnittelu-, rakentamis- ja laadunvalvontaohjeet	9
3. BETONIMURSKEEN SOVELTUVUUS ERI RAKENNUSOSIIN	10
4. SUUNNITTELU	13
4.1 Parametrit	13
4.2 Maanalaisten rakenteiden huomioiminen	14
4.3 Herkkien ympäristökohteiden huomioiminen	14
4.4 Betonimurskeen lujittuminen ja laatan muodostuminen	14
5. RAKENTAMINEN	15
5.1 Työselostus	15
5.2 Tiivistäminen	16
5.3 Vesienhallinta ja -suojelu	17
5.4 Varastointi	17
5.5 Materiaalin vastaanotto työmaalle	17
5.6 Käsittely ja käyttöturvallisuus	18
5.7 Urakan valmistelu	18
5.8 Dokumentointi	19
6. YLLÄPITO JA UDELLEENKÄYTTÖ	19
6.1 Betonimurskerakenteen korjaus	19
6.2 Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyyys	19
6.3 Käytöstä poistaminen	20
7. HYÖTYKÄYTTÖ TONTTI- JA KORTTELIALUEILLA	20
7.1 Hyötykäyttö MARA-asetuksen mukaisesti	20
7.2 Hyötykäyttö kaupunkien vuokratonteilla	21
8. PURKUPROSESSI JA KIERRÄTYS	22
8.1 Purkuprosessi ja kierrätys	22
8.2 Betonijätteen betonimurskeeksi jalostaminen	24
KIRJALLISUUS	25
LIITE 1	Betonimurskeen hyödyntäminen katualueella, periaatekuvia, 2 s.
LIITE 2	Laadunvalvonta ja betonimurskeen ympäristökelpoisuustutkimusten yleiset periaatteet (ei MARA-kohteet), 1 s.
LIITE 3	Betonimurskeen vaikutuksia maanalaisen verkoston materiaaleihin, 3 s.
LIITE 4	MARA- ja EEJ-betonimurskeen hyödyntämisen erot, periaatekuvia, 2 s.

Versiohistoria

Päivämäärä	Muutos
17.4.2024	lukuun 7.1 on lisätty täsmennys, että tonteilla betonimurskekerroksen ulkoreunan ja tontin rajan välinen väh. 1 m etäisyysvaatimus ei ole MARA-asetuksesta, vaan perustuu kaupunkien vaatimukseen.
17.4.2024	Liitteen 4 kuvat L4.1, L4.2 ja L4.3 on päivitetty.
29.4.2024	Taulukko 2.2 päivitetty.

ESIPUHE

Betonimursketta on käytetty Suomessa tie- ja katurakenteissa 1990-luvun alusta lähtien. Laatuvaatimukset täyttävä betonimurske on useimmilta ominaisuuksiltaan luonnon kiviainesta vastaava ja suurta kantavuutta vaativiin kohteisiin jopa parempaa maarakennusmateriaalia. Betonijätettä on karkealla tasolla arvioitu muodostuvan Suomessa vuositasolla n. 1,5 milj.t., josta n. 1 milj.t. pääkaupunkiseudulla. Tavoitteena on kierrättää kaikki mielekkäästi kierrätettävissä oleva betonijäte infra- ja maarakenteisiin.

Tähän ohjeeseen on koottu ja päivitetty tietoa betonimurskeen hyödyntämisestä kaupunkien katu- ja puistorakentamisessa sekä ohjeita suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. Ohjeessa on käsitelty hyödyntämistä yleisillä alueilla ja kaupungin vuokratonteilla. Hyödyntämistä tonteilla on kuvattu yleispiirteisesti luvussa 7.2. Soveltaminen tonteilla päätetään kaupunkikohtaisesti. Ohjetta voidaan soveltaa soveltuvien osin myös talonrakentamisen maarakennustöissä.

Ohje on suunnattu suunnitteluun, rakennuttamiseen ja rakenteiden ylläpitoon. Betonimurskerakentamisen yleiset periaatteet sekä betonimurskeen laatuvaatimukset on esitetty InfraRYL:ssä. Hankekohtainen työselostus täydentää yleistä työselostusta tarkennetuilla työohjeilla, joita laadittaessa voidaan hyödyntää tässä ohjeessa esitettyä. Mahdolliset tarkemmat materiaali-kohtaiset työohjeet on esitetty materiaalitoimittajien tuotteilleen laatimissa ohjeissa.

Tämä ohje on laadittu viiden kaupungin yhteistyönä. Työn tilaajina ovat toimineet:

Mikko Suominen	Helsingin kaupunki
Tarja Bäck	Espoon kaupunki
Matti Pokkinen	Tampereen kaupunki
Anne Savola	Turun kaupunki
Heikki Kangas	Vantaan kaupunki

Ohjeen sisältöä ovat tuottaneet ja kommentoineet lukuisat tekniset- ja ympäristöasiantuntijat kaupunkien organisaatioista. Lisäksi ohjeen sisältöä on täydentänyt Katja Lehtonen (Ytekki Oy).

Ohjeen kirjoitustyön ovat tehneet Suvi Ollikainen, Taavi Dettenborn ja Juha Forsman (Ramboll Finland Oy). Ohje on laadittu vuoden 2023 aikana.

Tämä ohje korvaa ohjeen *”Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa Helsinki, Espoo, Tampere, Turku ja Vantaa 2019”*. Ohje päivitettiin ja täydennettiin Laadunhallintastandardin päivittymisen sekä 1.9.2022 voimaan astuneen betonimurskeen ei enää jätettä -asetuksen (EEJ) myötä.

1. JOHDANTO

Rakentamisen materiaalitehokkuuteen ohjaavat jätelaki ja -asetus, kaatopaikka-asetus ja EU:n jätedirektiivi, joissa on määräykset rakennus- ja purkujätteille. Vuonna 2008 EU asetti jätepuitedirektiivissään tavoitteeksi, johon Suomi on myös jäsenvaltiona velvoitettu siten, että rakennus- ja purkujätteestä kierrätetään vähintään 70 painoprosenttia vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2022 valtioneuvosto hyväksyi valtakunnallisen jätesuunnitelman, jossa esitetään toimenpiteet vuoteen 2027 mennessä sekä tavoitetilä vuonna 2030. Jätesuunnitelmassa rakentamisen jäte on yhtenä painopistealueena. Vuoteen 2027 mennessä tehtäviksi toimenpiteiksi on esitetty rakentamisen jätteitä koskien mm. uusiomateriaalien käytön lisääminen julkisessa infra- ja väylärakentamisessa.

Suomessa puretaan vuosittain arviolta 4000–5000 rakennusta, joista syntyvää betonijätettä voidaan hyödyntää murskeena. Käyttämällä uusiomateriaaleja erilaisissa infrarakentamisen kohteissa säästetään luonnonvaroja ja ehkäistään käyttökelpoisten rakennusmateriaalien päätymistä toisarvoisiin käyttökohteisiin tai maanlajituspaikoille. Materiaalitehokkuus on osa ekotehokkuutta ja se tarkoittaa mahdollisimman tehokasta luonnonvarojen käyttöä. Materiaalitehokas toiminta vähentää syntyvän rakennus- ja purkujätteen määrää sekä lisää niiden kierrätystä tukien kaupunkien strategisten tavoitteiden saavuttamista.

Betonimurskeen kierrätyksellä vaikutetaan rakenteen elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin ja kustannuksiin. Betonimurskeen käyttö maarakentamisessa vähentää luonnon kiviaineksen tarvetta rakentamisessa. Hyödyntämällä kaupunkien katu- ja infrarakentamisessa hyvälaatuista betonimursketta, vähennetään tarvetta betonimurskeen toisarvoisille täyttö- ja maanläjityspaikoille. Hyödyntämällä ja murskaamalla betonijäte kohteessa (purkutyömaalla) tai lähellä kohdetta (kaupungin sisällä tai lähialueella) voidaan lyhentää kuljetusmatkoja ja näin pienentää kuljetuksesta syntyviä päästöjä. Betonimurske sitoo elinkaarensa aikana hiilidioksidia - jopa betonirakennetta enemmän reaktioon käytettävissä olevan suuren pinta-alansa ansiosta. Murskauksen jälkeen betonimurske pystyy sitomaan jopa puolet betonissa käytetyn sementin valmistuksessa aiheutuneista hiilidioksidipäästöistä.

Julkisessa maarakentamisessa käytettävä betonimurske voi olla peräisin laitosmaisesta betonijätteen käsittelytoiminnasta, kaupungin oman rakennuksen / rakenteen purkutyömaalta tai jostakin muusta purkukohteesta. Betonimurskeen alkuperästä riippumatta on materiaalin täytettävä kohteen ympäristökelpoisuusvaatimukset (EEJ-asetus, MARA-asetus tai ympäristölupa), käyttökohteen tekniset vaatimukset sekä betonimurskeen laadunhallinnan ja luokituksen standardin SFS 5884 mukaiset vaatimukset. Lisäksi materiaalin on oltava CE-merkittyä, mistä voidaan poiketa hankekohtaisella päätöksellä, mikäli betonijäte tai -murske ei vaihda omistajaa ja se käytetään kaupungin omassa kohteessa. Kaupungit voivat omilla linjauksillaan vaikuttaa siihen tapahtuuko betonijätteen jalostaminen kohteessa vai onko se ajettava muualle jalostettavaksi. Esimerkiksi Helsingin kaupungin linjauksena on, että betonimurskeet pyritään jalostamaan mahdollisuuksien mukaan kohteessa.

2. SÄÄDÖKSET, OHJEET JA SOVELTAMINEN

Jätelaki (646/2011) määrittelee jätteeksi aineen tai esineen, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä. Näin ollen käytännössä kaikki purettava materiaali muuttuu viimeistään purkuhetkellään jätteeksi. Jätteeksi päätyneet materiaalit on pyrittävä jätelain etusijajärjestyksen mukaisesti ensisijaisesti valmistelemaan uudelleenkäyttöön ja jos se ei onnistu, kierrätettävä materiaalina. Yleensä betonirakenteiden uudelleenkäyttö sellaisenaan tai uudessa käyttötarkoituksessa ei ole mahdollista ja tästä syystä ne rikotaan purkuvaiheessa. Tällöin materiaalin kierrätys murskeena infrarakentamiseen on betonijätteelle hyvä vaihtoehto.

Ennen EEJ-asetuksen voimaan astumista kaikki betonimurske on Suomessa hyödynnetty jätteenä, koska jätelain mukaisesti betonimurskeen jäteluonne ei ole päättynyt, vaikka se olisi jalostettu, ympäristökelpoinen ja CE-merkitty. 1.9.2022 astui voimaan kansallinen end of waste (EoW) eli ei enää jätettä -asetus (EEJ), jossa on määritelty betonimurskeelle sen jäteluonteeseen päättymisen arviointiperusteet. Näin ollen jatkossa osa betonimurskeesta ei ole jätettä. Jatkossakin suuri osa betonimurskeesta hyödynnetään edelleen jätteenä MARA-asetuksen mukaisella rekisteröintimenettelyllä tai ympäristöluvalla. Seuraavissa kappaleissa on käsitelty sekä EEJ-betonimurskeen käyttöä, että edelleen jätettä olevan betonimurskeen hyödyntämistä.

2.1 EEJ-betonimurskeen käyttö rakentamisessa

1.9.2022 voimaanastunut kansallinen valtioneuvoston asetus betonimurskeen jäteluonteeseen päättymisen edellytyksistä (466/2022) mahdollistaa laitospäätöksessä valmistetun betonimurskeen jäteluonteeseen päättymisen, jos kaikki asetuksen mukaiset vaatimukset täyttyvät. Asetus koskee vain laitospäätöksessä toimintaa, jolla on ympäristölupa betonijätteen käsittelyyn. Lisäksi sen piiriin kuuluu VN:n 858/2018 mukaisesti rekisteröidyillä betoniasemilla valmistettava betonimurske. Asetus ei siis automaattisesti lopeta betonimurskeiden jäteluokittelua ja on huomattava, että purkutyömailla valmistettava betonimurske on jatkossakin aina jätettä, vaikka murske olisi CE-merkittyä kierrätyskiviainesta.

Asetuksen vaatimusten mukaista EEJ-betonimursketta, jonka maksimiraekoko on enintään 90 mm, voidaan käyttää ilman ympäristönsuojelulain mukaisia ympäristölupa- tai rekisteröintimenettelyjä betonikiviaineksena, maa- ja vesirakentamisessa sekä viherrakentamisessa asetuksen 14 §:n mukaiset tarkennukset huomioiden. EEJ-betonimursketta kohdellaan siis kuin mitä tahansa

kiviainesta, mutta sen käyttöä on rajoitettu pohjaveden suojelemiseksi: EEJ-betonimursketta ei saa sijoittaa pohjaveden pinnan alapuolelle ja käytettäessä betonimursketta 1- ja 2-luokan pohjavesialueilla etäisyyden pohjaveden pintaan tulee olla pysyvästi vähintään 2 metriä. MARA-asetuksesta poiketen EEJ-betonimursketta voidaan käyttää rakennusten maarakenteissa ja EEJ-betonimurskerakenteita ei tarvitse peittää tai päällystää. Käyttäjän tulee silti huomioida betonimurskeen ominaispiirteet, kuten kiviainesta korkeampi pH ja suunnitella betonimurskeen käyttö soveltuvissa käyttökohteissa. Viherrakentamisessa BeM Ia betonimursketta voidaan käyttää lannoitteena, kalkitusaineena, maanparannusaineena tai kasvualustana.

EEJ-betonimurske on samalla tavalla kiviainesta kuin mikä tahansa kivimurske, jota on käytetty maarakentamiseen. EEJ-betonimursketta käsitellään rakenteesta purettaessa samalla tavoin kuin muitakin rakenteesta purettavia maa- ja kiviaineksia ja sen jäteluonnetta arvioidaan samalla tavoin kuin muidenkin maa- ja kiviainesten. Jos siis rakenteesta poistettavan EEJ-betonimurskeen laatu on pysynyt muuttumattomana (se täyttää edelleen EEJ-vaatimukset mm. haitta-ainepitoisuuksien osalta), se ei tarvitse muuntotoimia ja sen hyödyntäminen on suunnitelmallista ja varmaa, niin silloin EEJ-betonimursketta ei katsota rakenteesta purettaessa jätteeksi. Edellä mainitussa tapauksessa se voidaan käyttää kiviaineksena samoin reunaehdoin kuin EEJ-betonimursketta yleensäkin käytetään (huomioiden sen tekniset yms. ominaisuudet). Mahdolliset EEJ-betonimurskeen välivarastointiin liittyvät käytännöt voivat vaihdella kaupungeittain. Lupatarpeetkin vaihtelevat jäteluonteen ja paikallisten olosuhteiden mukaan. Välivarastointi ei saa (ilman ympäristölupaa) muuttua jätteen loppusijoitukseksi eikä varastointialueen toiminta saa aiheuttaa vesistön pilaantumisen vaaraa tai kohtuutonta rasitusta naapureille.

Kaupunkien omistamilla katu-, puisto- ja muilla yleisillä alueilla edellytetään, että maanalaiset uusiomateriaaleja sisältävät rakenteet on tarkemimitattu ja mittaustiedot, materiaalin suoritusasoilmoitus sekä laatutulokset on toimitettu käytössä oleviin tietojärjestelmiin. Kun materiaalin tiedot ja rakenteiden sijainnit ovat tiedossa, korjaus- ja kunnossapitovaiheessa, tieto uusiomateriaaleista mahdollistaa työn hallitun suorittamisen ilman ylimääräisiä lisäkustannuksia.

EEJ-betonimurskeen käyttäjän on tärkeää edellyttää, että murskeen toimittaja toimittaa kaikki tarpeelliset dokumentit kyseisen betonimurskeen laadusta ja sen jäteluonteen päättymisestä. Toimittajalta pyydetään ennen toimitusten aloittamista dokumentit, joiden on koskettava käytettävää betonimurske-erää:

- Suoritusasoilmoitus ja CE-merkki
- Varmennuslaitoksen todistus CE-sertifioinnista (AVCP 2+) sekä laadunvarmistusjärjestelmän sertifioinnista (asetuksen 466/2022 mukaisuudesta)
- Vaatimustenmukaisuusilmoitus
- Tarpeelliset tutkimustulokset, esim. rakeisuustutkimukset
- Ympäristökelpoisuustutkimusten tulokset (nämä on hyvä tallentaa, jotta ne ovat mahdollisissa auki kaivutilanteissa käytettävissä ja helpottavat siten materiaalin uuden hyödyntämistä)

2.2 MARA-asetuksen mukainen hyödyntäminen

Eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa on annettu VNa 843/2017 (*"Valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa"*), jonka mukaisella rekisteröinti-ilmoituksella asetuksen vaatimukset täyttävää betonimursketta voidaan hyödyntää asetuksen mukaisissa käyttökohteissa. MARA-asetuksessa määritellään perusteet, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden ammatti- tai laitospäiseen käyttöön maarakentamisessa ei tarvita ympäristölupaa.

MARA-asetuksella betonimurskeen käyttö on sallittua väylä- ja kenttärakenteissa sekä teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa. MARA-asetus sallii betonimurskeen käytön julkisilla ja yksityisillä alueilla.

Väylillä tarkoitetaan kapeahkoja (pääosin leveydeltään alle 10 m) kulkuväyliä sisältäen:

- yleiset ja yksityiset tiet sekä kadut,
- putki- ja johtokaivantojen lopputäytöt väylillä,
- pyörätiet ja jalkakäytävät,

- ulko- ja maastoliikuntareitit ja
- metsäautotiet.

Kentillä tarkoitetaan väylää leveämpiä (pääosin leveydeltään yli 10 m) sekä pinta-alaltaan laajahkoja maarakenteita sisältäen:

- satama-, teollisuus-, jätteenkäsittely- ja lentoliikenteen alueiden varastointikentät,
- ratapihat ja pysäköintialueet,
- ulkoliikuntapaikkojen kentät (mm. urheilu-, pallo-, pesäpallo ja tenniskentät),
- erityisurheilualueiden kentät (mm. ampumarata-alueen kentät ja golfkentät) ja
- eläinurheilualueiden kentät (mm. ratsastuskentät, raviradat ja koiraurheilualueet).

Teollisuus- ja varastorakennuksella tarkoitetaan katettua rakennusta, jota käytetään teolliseen toimintaan tai esineiden tai aineiden varastointiin, ja jota ei käytetä asumiseen.

MARA-asetusta sovelletaan ainoastaan jätteen suunnitelmalliseen hyödyntämiseen maarakentamiskohteissa, jotka toteutettaisiin siitä riippumatta, onko kohteeseen soveltuva jätemateriaalia tarjolla. Asetusta ei siis sovelleta maarakentamiskohteessa, jonka ensisijainen tarkoitus on jätteen sijoittaminen. Maarakentamisessa toiminnan suunnitelmallisuus voidaan osoittaa useissa lakisääteisissä hyväksymismenettelyissä sekä tietyillä muilla viranomaisen hyväksymillä suunnitelmilla. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisia hyväksyntämenettelyitä ovat mm. asemakaava, rakennuslupa, toimenpidelupa, purkamislupa, maisemätyölupa, maisemätyöilmoitus, yleisen alueen toteuttamissuunnitelma, katusuunnitelma ja puistosuunnitelma. Myös rakentamista, joka on kunnan rakennusjärjestyksen mukaista, voidaan pitää suunnitelmallisena. Kunnan rakennusjärjestyksessä voidaan antaa kuntakohtaisia, jätteen hyödyntämistä ohjaavia tai rajoittavia määräyksiä. (VNa 843/2017 Soveltamisohje 2019)

Hyödyntämispaikan haltijan on esitettävä ilmoituksessa MARA-asetuksessa vaaditut tiedot ELY:lle ennen hyödyntämistä (5§, s. 2). Hyödyntämispaikan haltija voi valtuuttaa myös esim. suunnittelijan tai materiaalityöntekijän tekemään rekisteröinti-ilmoituksen. MARA-asetuksen mukaisesti betonimursketta voidaan käyttää julkisilla ja yksityisillä alueilla. Betonimurskeen hyödyntämisen vaiheet MARA-asetuksen mukaisessa kohteessa ja materiaalilla ovat:

1. Selvitetään täyttääkö kohde MARA-asetuksen vaatimukset (kuuluuko kohde MARA-asetuksen soveltamisalaan ja täyttääkö hyödyntämispaikka asetuksen vaatimukset).
 - a. Kohde ei sijaitse 1 tai 2-luokan pohjavesialueella, asumiseen tai lasten leikkipaikaksi tarkoitettulla alueella, luonnonsuojelutarkoitukseen osoitetulla alueella, ravintokasvien viljelyyn tarkoitettulla alueella eikä sisämaan tulvavaara-alueella.
 - b. Etäisyys vesistöä, talousvesikäyttöön tarkoitettusta kaivosta tai lähteestä on yli 30 m (huom! MARA-asetuksen perustelumistion mukaisesti vesistöä koskevat etäisyysvaatimukset eivät koske jätteiden hyödyntämistä meren läheisyydessä).
 - c. Betonimurske sijoitetaan vähintään yhden metrin etäisyydelle pohjaveden enimmäiskorkeudesta. Soveltamisohjeen määrittämisperiaatteen mukaisesti määräävä pohjaveden pinnan taso voi joissakin tapauksissa poiketa pohjavesiputkesta mitattuna. Pohjaveden pinnan tasolla voidaan tässä tarkoittaa myös alueelle toteutettujen (tai samassa yhteydessä toteutettavien) rakenteiden pysyvää kuivatustasoa. (VNa 843/2017 Soveltamisohje 2019, luku 4)
 - d. Betonimurskeen yhteenlaskettu kerrospaksuus on enintään 1,5 m. Yhteenlaskettu kerrospaksuus määritetään poikkileikkauksessa jätemateriaalin yläpinnasta alimman jätemateriaalikerroksen alapintaan saakka siten, että vain jätemateriaalia sisältävät rakennusosat huomioidaan kerrospaksuudessa (VNa 843/2017 Soveltamisohje 2019, Liite 1).
 - e. Betonimurskekerroksen yläpuolelle asennetaan asfaltti, jonka tyhjätila on enintään 5 % tai se peitetään vähintään 10 cm paksuisella kerroksella pilaantumaton luonnon maa- tai kiviainesta.
2. Selvitetään täyttääkö materiaali MARA-asetuksen vaatimukset (ympäristökelpoisuus ja $\#_{\max} \leq 90$ mm, *suunnitelmassa voidaan esittää pienempi rakeisuus, esim. usein #0/45*).
3. Selvitetään täyttääkö materiaali tekniset vaatimukset

- a. Betonimurskeen täytettävä InfraRYL:ssä esitetyt tekniset vaatimukset.
 - b. Betonimurskeen CE-merkinnän tarve tarkistettava (ks. luku 2.3)
4. Hyödyntämispaikan haltija tekee ilmoituksen rekisteröintiä varten (rekisteröinti-ilmoitus) ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Hyödyntämispaikan haltijasta tulee jätteen haltija (Jätteen haltijalla tarkoitetaan jätteen tuottajaa, kiinteistön haltijaa tai muuta, jonka hallussa jäte on (jätelain 6 §:n 1 mom. 11 kohta)) materiaalin vastaanotettuaan.
- a. Ilmoituksessa on esitettävä rakenteen poikkileikkauspiirustus (periaatepoikkileikkaus).
 - b. Poikkileikkauspiirustuksessa on esitettävä selkeästi, missä rakennusosissa betonimursketta on tarkoitus hyödyntää.
5. Työmaanlaadunvalvonta ja dokumentointi. Toteumatieto täydentää ilmoitusta rakentamisen jälkeen. (Maran mukainen loppuraportti ja Tilaaajan vaatima rakentamisen loppuraportointi)

MARA-asetuksesta on laadittu soveltamisohje yhtenäistämään ja selkeyttämään asetuksen käytännön toimeenpanoa ja tulkintaa (VNa 843/2017 Soveltamisohje 2019). Tilaaajat voivat laatia myös omia tarkastuslistoja, joita hyödyntäen suunnittelija voi arvioida kohdekohtaisesti betonimurskeen käytön edellytyksiä MARA-asetuksen mukaisella ilmoitusmenettelyllä.

2.3 Hyödyntäminen ympäristöluvalla tai pienimuotoisesti

Betonimurskeen hyödyntäminen ei tapahdu aina MARA-asetuksen mukaisesti. Vaihtoehtoja ovat hyödyntäminen ympäristöluvalla tai pienimuotoinen hyödyntäminen. Ympäristöluvan käsittelee kunnan ympäristösuojeluviranomainen, kun vuosittain käsiteltävä jätemäärä on alle 50 000 t ja AVI, kun käsiteltävä jätemäärä on suurempi kuin 50 000 t/v. Jos lupatarpeen laukaisee vesistön pilaantumisen vaara, luvan käsittelee AVI.

Tyypillisiä ympäristöluvalla toteuttavia kohteita kaupunkirakentamisessa ovat mm.

- Putkikaivantojen lopputäytöt puistoissa (tai muualla väylien ulkopuolella)
- Puistojen täytöt
- Meluvallit
- Meritäytöt
- Kantavat kasvualustat

Maarakentamiseen teknisiltä ja ympäristöominaisuuksiltaan soveltuvien betonimurskeen ei-ammattimaiselle hyödyntämiselle ei ole annettu lainsäädännössä yksiselitteistä tai sitovaa määrällistä ylärajaa. Käytännössä pienimuotoisen hyödyntämisen ylärajana on usein pidetty 100–1000 tonnia. Pienimuotoisen hyödyntämisen kohteissa sovelletaan ao. kaupungin ympäristönsuojelumääräyksiä, joiden mukaan hyödyntämisestä on tehtävä ilmoitus kunnan tai kuntayhtymän ympäristönsuojeluviranomaiselle.

Hyödynnettäessä betonimursketta ympäristöluvalla tai hyödyntämisen ollessa pienimuotoista, betonimurskeen maksimiraekoko voi olla suurempi kuin MARA-asetuksen mukainen 90 mm riippuen kaupunkien käytännöistä. Liitteessä 2 on esitetty betonimurskeen ympäristökelpoisuustutkimusten periaatteita ympäristöluvallisessa hyödyntämisessä.

2.4 Betonimurskeen kelpoisuus ja CE-merkintä

Betonimurske tulee olla CE-merkittyä maarakennuskäyttöön käyttökohteen vaatimusten mukaisesti, kun ko. käyttötarkoitukseen on olemassa harmonisoitu standardi. Betonimurskeen CE-merkintä on mahdollista alle #90 mm murskeelle. CE-merkintä on aina materiaalin valmistajan / myyjän vastuulla. Betonimurskeen raekoko ja muut olennaiset ominaisuudet määritellään suunnitelmasiirtoissa rakennusosakohtaisesti samalla tavalla kuin luonnon kiviainestenkin. Materiaalivaatimukset esitetään työselostuksessa ja InfraRYL:ssä eri rakennusosakohtaisesti.

Kaupungeissa betonijätettä muodostuu yksityisten tai kaupungin (tai kaupungin liikelaitosten) omistamia rakennuksia tai betonirakenteita purettaessa. Betonimurskeen omistajalla ja omistajan vaihtumisella on merkitystä materiaalin CE-merkintävelvoitteen - mikäli materiaalin omistaja vaihtuu ennen materiaalin hyödyntämistä rakennuskohteessa, on se CE-merkittävä. Merkintää ei

vaadita silloin, kun betonimursketta ei saateta markkinoille, vaan sen omistaja suorittaa tai teettää sekä murskeen valmistuksen, että sen rakenteeseen asentamisen.

Riippumatta betonijätteen murskauspaikasta ja CE-merkinnästä (on/ei), on prosessin laadunvalvonta suoritettava standardin SFS 5884 mukaisesti. Lopputuotteen on täytettävä InfraRYL:n ja käyttötarkoituksen mukaisen tuotestandardin vaatimukset (esim. *SFS-EN 13242 Kiviainekset sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin maa- ja vesirakentamisessa sekä tierakenteissa*) sekä MARA-asetuksen mukaiset ympäristövaatimukset hyödynnettäessä MARA-asetuksen mukaisesti.

Rakenteesta poistettu betonimurske voidaan hyödyntää MARA-asetuksen mukaisella rekisteröinti-ilmoituksella uudelleen samalla tavalla kuin ensimmäistä kertaa hyödynnettävä betonimurske. Uudelleen hyödynnettävän betonimurskeen tulee täyttää vastaavalla tavalla kaikki materiaalille asetetut ympäristökelpoisuus- ja tekniset vaatimukset (mm. CE-merkintä). Vaatimusten täyttyminen voidaan pääsääntöisesti osoittaa käyttämällä rekisteröinti-ilmoituksessa aiemman rekisteröinti-ilmoituksen mukana viranomaiselle toimitettuja tietoja.

Betonimurskeen hyödyntäminen on mahdollista myös ympäristölupamenettelyllä, mikäli kohde ja/tai materiaali ei täytä MARA-asetuksen vaatimuksia. Ympäristölupamenettely ei silti poista CE-merkintävaatimusta, mikäli CE-merkintä vaaditaan ko. käyttökohteeseen.

Helsingissä, Tampereella, Turussa ja Vantaalla CE -merkintää ei edellytetä niissä tapauksissa, joissa betonijäte muodostuu kaupungin omista kohteista, betonimurske pysyy kaupungin omistuksessa ja se käytetään kaupungin omaan hyödyntämiskohteeseen. Espoo vaatii betonimurskeen CE-merkintää myös kaupungin omissa kohteissa valmistetulta betonimurskeelta.

2.5 Betonijätteen ja -murskeen hyödyntämiskelpoisuus

Ennen betonirakenteen purkamista on selvitettävä betonin hyödyntämiskelpoisuus. Lajitteleva purku ja purkujätteen käsittely on tehtävä siten, että mahdollinen pilaantunut betoni ei päädy hyötykäyttöä varten murskattavan betonijätteen sekaan. Hyötykäyttöön kelpaamaton betonijäte poistetaan käytöstä jätteenkäsittelykeskukseen tai muuhun asianmukaisesti ko. materiaalille ympäristöluvitettuun paikkaan.

Hyödyntämiskelvotonta tai liikaa epäpuhtauksia tai haitallisia aineita sisältävää betoni- ja tiilijätettä ei oteta vastaan jätteen käsittelykeskuksiin, joiden tavoitteena on valmistaa hyödyntämiskelpoista betonimursketta. Purkukohteissa haitalliset ja vaaralliset aineet poistetaan ennen betonirakenteiden purkutöitä. Haitallisia ja vaarallisia aineita ovat mm. asbesti, PAH-, PCB- ja POP-yhdisteet, öljyhiilivedyt sekä raskasmetallit. Purkutyöt on tehtävä lajittelevana purkuna, jolloin betoni- ja tiilijätteen seasta poistetaan sinne kuulumattomat muut materiaalit, kuten puu, muovit, eristeet, lasi ja kattohuopa. Metallijätteet, kuten betoniteräkset, pystytään poistamaan murskauksen yhteydessä magneettierottimilla.

Jätteenkäsittelykeskuksiin toimitettavan betoni- tai tiilijätteen ja työmaille toimitettavan betoni- tai tiilimurskeen mukana on toimitettava siirtoasiakirja (pl. EEJ-betonimurske). Vastuu siirtoasiakirjan tekemisestä ja tietojen toimittamisesta siirtoasiakirjarekisteriin on aina jätteen haltijalla, joka antaa jätteen kuljetettavaksi. Siirtoasiakirjat on laadittava pääsääntöisesti sähköisesti (vaatimus tullut voimaan 1.1.2022). Ympäristöministeriön muistiossa 1.9.2022, päivitetty 14.9.2022 "Siirtoasiakirjan käyttö tiettyjen jätteiden kuljetuksessa" on esitetty jätelainsäädännön vaatimukset koskien siirtoasiakirjoja, niiden tietovaatimuksia sekä tietojen siirtoa sähköiseen SIIRTO-siirtoasiakirjarekisteriin. Rakennus- ja purkujätteitä koskeva siirtoasiakirjavelvollisuus perustuu jätelain (646/2011) pykälisiin 121, 121a ja 121b sekä jäteasetuksen (978/2021) 40 §:än.

Betonimurskeen valmistaja ja toimittaja on vastuussa siitä, että materiaali on käsitelty ympäristönsuojelumääräysten ja paikallisen ympäristöviranomaisen ohjeiden mukaisesti ja että betonimurske on teknisiltä ominaisuuksiltaan ja ympäristökelpoisuudeltaan käyttökohteen vaatimusten mukaista. Nämä osoitetaan valmistuseräkohtaisilla dokumenteilla ja tutkimustuloksilla. EEJ-betonimurske-erän mukana tulee toimittaa ns. vaatimuksenmukaisuusilmoitus, joka sisältää nämä tiedot.

2.6 Suunnittelu-, rakentamis- ja laadunvalvontaohjeet

MARA-asetuksen mukaisessa betonimurskeen hyötykäytön rekisteröinti-ilmoituksessa tulee aina antaa suunnitelmiin perustuva, mahdollisimman todenmukainen kuva sen hyödyntämisestä maa-rakennuskohteessa (betonimurskeen määrä ja sijoittuminen). Maarakentamisessa toiminnan suunnitelmallisuus voidaan osoittaa useissa lakisäateisissä hyväksymismenettelyissä sekä tietyillä muilla viranomaisen hyväksymillä suunnitelmilla.

Maarakentamiskohteille, niiden rakennusosille ja rakennusosissa käytettäville materiaaleille on asetettu teknisiä ja toiminnallisia vaatimuksia niiden käyttötarkoitusten mukaan. Nämä vaatimukset koskevat myös betonimurskerakenteita ja niiden peittämisessä ja päällystämässä käytettäviä rakennekerroksia.

Betonimurskerakentamisessa huomioitava suunnittelu-, rakentamis- ja laadunvalvontaohjeistus voidaan jaotella esimerkiksi taulukon 2.2 mukaisesti. Tämä ohje kuuluu taulukossa 2.2 esitetystä luokittelusta kohtaan ”Muut ohjeet ja tuotekortit”. Esiitettyjä ohjeita täydentävät kaupunkien sisäiset ohjeet kuten esimerkiksi mallityöselitykset, joissa on esitetty yksityiskohtaisesti, miten betonimurske huomioidaan hankekohtaisissa suunnitelmissa.

Taulukossa mainittujen joidenkin ohjeiden sisältöä on avattu seuraavasti:

- Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä (”laadunhallintastandardi”) SFS 5884: *Standardi on tarkoitettu sovellettavaksi purkukohteissa, valmisbetonitehtailla, betonituotetehtailla ja kiinteillä vastaanottoalueilla maa- ja viherrakennuskäyttöön ja -jalostettavan betonimurskeen kaupallisessa tuotannossa, hankinnassa ja käytössä. Standardi määrittelee, miten rakennustuotteiden valmistuksessa, rakennustuotannossa sekä rakenteiden ja rakennusten korjauksessa ja purkamisessa syntyvä betonijäte jalostetaan maa- ja viherrakentamisen asettamat tekniset ja ympäristökelpoisuusvaatimukset täyttäväksi betonimurskeeksi.*
- Materiaalitoimittajien ohjeet: *Ohjeet on materiaalienkohtaisia ja niissä esitetään materiaalien parametrit, suunnittelussa huomioitavat asiat ja InfraRYL:iä täydentävä rakentamisohjeet.*
- Betonimurskeen laadunvalvontalomakkeet 2017: *Lomakkeet on tarkoitettu työmaavalvojille avuksi työmaalle toimitettavan betonimurskeen laadunvalvontaan. Lomakkeiden avulla voidaan mm. varmistua siitä, että materiaalin toimittajalla on edellytykset toimittaa vaatimukset täyttävää betonimursketta ja hankkeella on edellytykset vastaanottaa betonimursketta. Lomakkeista on joillakin kaupungeilla olemassa omat versiot.*
- Kaupunkikohtaiset ohjeistukset betonimurskeen laatuvaatimuksista:
 - Laatuvaatimukset Helsingin kaupungin kohteissa hyödynnettävälle betonimurskeelle 2022
 - Laatuvaatimukset Espoon kaupungin kohteissa hyödynnettävälle betonimurskeelle 2022

Taulukko 2.2. Betonimurskerakentamista käsittelevän ohjeistuksen informatiivinen jaottelu ja esimerkkejä olemassa olevista ohjeista.

<p>EU:n, valtion ja rakennuttajan tahtotila sekä kaupunkien tavoitteet</p> <ul style="list-style-type: none"> - EU:n jätedirektiivi - Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2027, Kierrätyksestä kiertotalouteen - Espoon kaupunki: Hiilineutraaliustavoite 2030 - Helsingin kaupunki: Kaivumaiden ja kiviaineksen käsittelyohje 2021, Hiilineutraali Helsinki 2030 - Tampereen kaupunki: Maa-ainesten hallinnan toimenpideohjelma 2020-2023, Hiilineutraali Tampere 2030 - Turun kaupunki: Hiilineutraali Turku 2029 - Vantaan kaupunki: Resurssiviisauden tiekartta, Hiilineutraali Vantaa 2030 - Rakennuttajan tahtotilan jalkautetaan erilaisilla ohjeilla ja malliteksteillä suunnittelijalle esim.: Helsingin kaupunki, "<i>Mallialueen suunnittelu, suunnitteluohjelma</i>"
<p>Ympäristölaki ja asetukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ympäristönsuojelulaki 2014 - Jätelaki 2011 - MARA - Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, 2017 + Soveltamisohje 2019 - EEJ - Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jäteluonteen päättymisen arviointiperusteista, 2022
<p>Standardit ja laatuvaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - SFS 5884 Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä 2022 - SFS-EN 13242+A1 Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomatmat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset
<p>Julkisten tilaajien suunnitteluohjeet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Katu 2020, Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet (SKTY) - Verkostosuunnittelukäytännöt, HSY:n vesihuolto, 2019 (sisältää liitteen "<i>BeM-ohjeet 2024 vesihuoltoverkoston suunnitteluun</i>")
<p>Yleiset työselitykset</p> <p>InfraRYL-verkkopalvelu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10000 Maa-, pohja ja kalliorakenteet - 20000 Päälyys- ja pintarakenteet
<p>Muut ohjeet ja ohjekortit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa, 2024 - Betonimurskeen laadunvalvontalomakkeet. Purkutyömaalla murskatun betonimurskeen laadunvalvonta maarakennuskohteessa, 2017
<p>Materiaalitoimittajien ohjeet ja tuotekortit</p> <ul style="list-style-type: none"> - esim. <i>Betoroc-murskeohje, Rudus Oy, 2017, Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa, INFRA ry. 2021</i>
<p>Kaupunkien sisäiset ohjeet ja määräykset</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kuntien ympäristönsuojelumääräykset - Pääkaupunkiseudun työmaavesiohje
<p>Raportoinnin ohjeet ja vaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - MARA 2017 + Soveltamisohje 2019 (esitetty vaatimus toteumatiedolle) - Kaupunkien ohjeet toteumatietojen raportointiin on esitetty tämän ohjeen luvussa 5.8

3. BETONIMURSKEEN SOVELTUVUUS ERI RAKENNUSOSIIN

Taulukossa 3.1 on esitetty betonimurskeen BeM I, II ja III tekninen soveltuvuus eri rakennekeroksiin. SFS 5884:2022 Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunvalvontajärjestelmän mukaisesti BeM I ja BeM II luokat on jaettu niin, että BeM Ia ja BeM IIa ovat EEJ-betonimursketta ja BeM Ib ja BeM IIb sekä BeM III ja BeM IV ovat edelleen jätettä olevaa betonimursketta. Tekniset vaatimukset ovat a ja b -luokissa samat. Laatulokkaan BeM IV kuuluvaa materiaalia käytetään

vain tilaajan kanssa erikseen sovittavissa kohteissa ja rakennusosissa, jolloin mitoitusparametrit määritetään kohteessa käytettävän ja saatavilla olevan materiaalin mukaisesti.

Kuvissa 3.1 ja 3.2 on esitetty periaatepoikkileikkauksia betonimurskeen hyödyntämisestä päällysrakenteessa. Kantakaupunkien kaduilla ja muilla runsaasti kunnallistekniikkaa sisältävillä kaduilla, rakennetaan kantava kerros kalliomurskeesta. Tiemäisillä kaduilla, joilla kunnallistekniikkaa on vähän, betonimurske on mahdollinen kantavassa kerroksessa. Pengertäytöissä ja joissakin muissa täytöissä betonimursketta voidaan käyttää suunnitelmallisesti.

Liitteen 1 kuvissa on esitetty betonimurskeen hyödyntäminen katupoikkileikkauksessa. Liitteessä on esitetty myös betonimurskeen reunan vähimmäisetäisyys esim. tontin, rakennusoikeuden, tms. rajasta.

Mikäli hyötykäyttö sijoittuu kaupunkien korttelien tai tonttien alueella, noudatetaan lisäksi luvussa 7 esitettyjä ohjeita.

Käyttö raitiotierakenteissa on teknisesti mahdollista. Käytön periaatteita on esitetty liitteessä 1. Käytöstä on sovittava tilaajan kanssa erikseen. Betonimurskeen käyttöä raitiolinjan rakentamisessa on käsitelty laajemmin Lindenin (2018) ja Rasmussenin (2020) diplomitoissa.

Hyödyntämistä on tarkasteltava kriittisesti mm. seuraavissa tapauksissa:

- Pienet kohteet, joissa määrä on alle 500 m³
- Vain pieni osa rakenteen poikki- tai pituusleikkauksesta on betonimursketta

Betonimurskeen käyttö vedenpinnan alapuolisissa täytöissä vaatii ympäristöluvan.

Betonimursketta on joissakin tapauksissa teknisesti mahdollista hyödyntää ympäristöluvalla meritäytöissä esim. raekoossa 0/300 mm. Täyttöjä tehtäessä betonimurskeen sisältämät kelluvat materiaalit eivät saa levitä ympäristöön, vaan täyttö on tehtävä reunapenkereellä ja/tai silttiverholla ympäröitynä. Valmiissa rakenteessa betonimurskeen ympärillä on oltava riittävät suojakerrokset merta vasten. Betonimursketta on käytetty koeluontoisesti myös kivikoreissa täyttö- ja julkisivumateriaalina. Betonimursketta on teknisesti mahdollista käyttää ympäristöluvitettuna maanläjitysalueiden tukipenkereissä. Silloin on kuitenkin selvitettävä voiko betonimurskeen käyttö aiheuttaa maankaatopaikalle veroseuraamuksia.

Taulukko 3.1. Betonimurskeluokkien BeM I, II ja III tekninen soveltuvuus päällysrakenteen ja penkereen rakennusosiin kaupunkirakentamisessa.

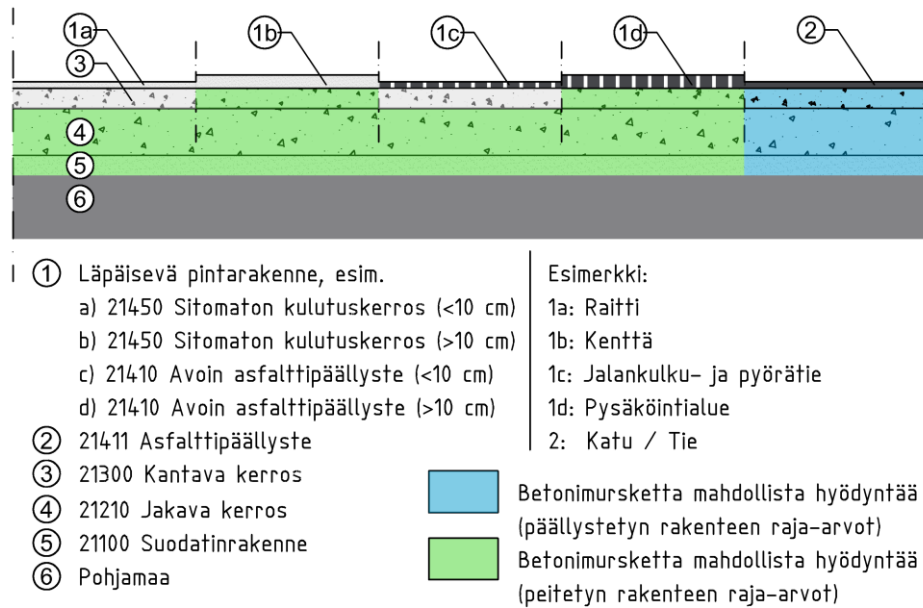
Rakennekerros	BeM Ia ja BeM Ib	BeM IIa ja BeM IIb	BeM III
Kantava kerros	+ ⁽¹⁾	+ ⁽¹⁾	-
Jakava kerros	++	++	++ ⁽⁵⁾
Suodatinkerros ⁽²⁾	++	++	++ ⁽⁵⁾
Penger	++	++	++
Lopputäyttö ⁽³⁾	+	+	+
Alkutäyttö ⁽⁴⁾	-	-	-
Arina ⁽⁴⁾	-	-	-

++ Soveltuu hyvin

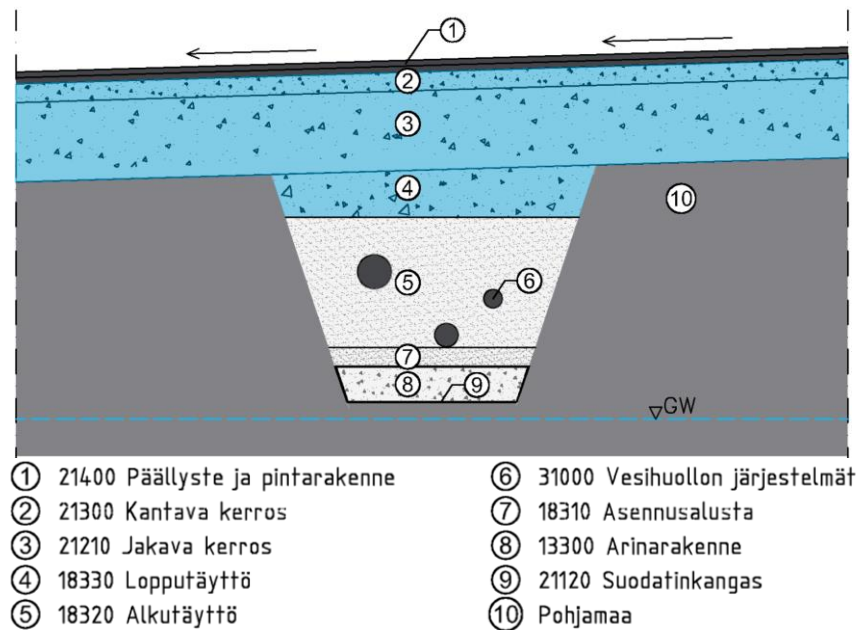
+ Soveltuu kohtalaisesti

- Ei sovellu

- (1) ++ Rakenteen auki kaivun ollessa vähäistä verkoston huollon takia (esim. tiemäiset kadut, moottoriväylät, jalankulku- ja pyörätiet vapaassa tilassa ja kentät).
- (2) Suodatinrakenne voi olla suodatinkerros tai suodatinkangas tai tarvittaessa molemmat (InfraRYL 2017). Suodatinkerroksessa käytettävän betonimurskeen rakeisuus valitaan siten, että hankekohteisessa suunnitelmassa tai InfraRYL:ssä esitetyt vaatimukset täyttyvät. Betonimurskeen alla suodatinkangas ei saa olla polyesteriä (PET).
- (3) Hyödyntäminen lopputäytössä tehdään verkostonomistajan ohjeiden mukaisesti (Esim. PK-seudulla HSY:n verkoston yhteydessä noudatetaan HSY:n ohjeita (HSY 2024).
- (4) Lujittuvia materiaaleja ei käytetä alkutäytössä. Käyttöä arinassa voi rajoittaa pohja- tai orsiveipinnan läheisyys.
- (5) Espoossa ei hyväksytä BeM III käyttöä päällysrakenteen tukikerroksessa (jakava kerros ja suodatinkerros).



Kuva 3.1. Erilaisten betonimurskerakenteiden päällysteitä ja pintarakenteita. Vihreällä värillä on esitetty rakennusosat, joissa on mahdollista käyttää peitetyn rakenteen ja sinisellä värillä päällystetyn rakenteen raja-arvot täyttävää betonimurskettä MARA-materiaalien yhteenlaskettu kerrospaksuus $\leq 1,5$ m (VNa 843/2017 Soveltamishoje 2019, muokattu, lisätty rakenteiden 1a-1d ja 2 selitteet). Ympäristölainsäädäntö ei estä EEJ-betonimurskeen käyttämistä sitomattomassa kulutuskerroksessa (Ia ja Ib). Max 1,5 m kerrospaksuusrajoite ei koske EEJ-betonimurskettä (Valtioneuvosto 2022).



Kuva 3.2. Johtokaivanto katualueella. Kuvan mukaisissa rakennusosissa voidaan käyttää päällystetyn rakenteen raja-arvot täyttävää MARA- tai EEJ-asetuksen mukaista betonimurskettä. Lopputäytössä käyttö vain silloin, kun verkoston haltijan ohjeet niin sallivat (MARA-asetuksen soveltamishoje 2019, muokattu). Max 1,5 m kerrospaksuusrajoite ei koske EEJ-betonimurskettä (Valtioneuvosto 2022).

4. SUUNNITTELU

4.1 Parametrit

Betonimurske määritellään MARA-asetuksessa jätteeksi, joka on valmistettu puretuista betonirakenteista tai uudisrakentamisen ja betonteollisuuden betonijätteistä murskaamalla. Betonimursketuotteet jaotellaan raaka-aineensa ja materiaaliominaisuuksiensa mukaan eri luokkiin. Taulukossa 4.1 on esitetty betonimurskeen ominaisuuksia, vaatimuksia ja mitoitusparametreja eri luokissa. Betonimurskeen rakeisuuden tulee murskauksen jälkeen täyttää käyttötarkoituksen mukainen rakeisuusvaatimus (InfraRYL verkkopalvelu).

Betonimurskeelle käytettävä hiilijalanjälkiarvo vaihtelee riippuen betonimurskeen alkuperästä ja jalostusprosessista. Rakentamisen päästötietokannassa (www.co2data.fi/infra) on esitetty betonimursketuotteelle hiilijalanjälkiarvo 0,0046 CO_{2e} kg/kg. Hiilijalanjälkiarvo sisältää vain betonimurskeen valmistusprosessista (A1-A3) aiheutuvat päästöt. Rakeisuudeltaan vastaavan kalliomurskeen hiilijalanjälkiarvo on rakentamisen päästötietokannassa 0,006 CO_{2e} kg/kg. Väyläviraston julkaisussa "Infrarakentamisen vähähiilisuuden arviointimenetelmä" luvuissa 5.1.3 ja 5.1.4 on esitetty periaatteet työmaalla jalostetun betonimurskeen hiilijalanjälkiarvon laskentaan.

Taulukko 4.1. Betonimurskeen ominaisuuksia (a, c), vaatimuksia (b) ja mitoitusparametreja (b). BeM Ia ja IIa ovat EEJ-betonimursketta ja BeM Ib ja IIb MARA-asetuksen mukaista. Tarkemmin betonimurskeiden laatuluokitus on esitetty standardissa SFS 5884 Betonimurskeen maa- ja viherharrakennuskäytön laadunvalvontajärjestelmä.

a)	BeM I	Epäpuhtauksista vapaa betonijäte, joka on peräisin esim. betonteollisuudesta (ns. käyttämätön betonijäte)
	BeM II	Betonteollisuudesta tai purkutyömailta tai muualta rakentamisesta ja purkamisesta peräisin oleva betonijäte
	BeM III	Betonteollisuudesta tai purkutyömailta tai muualta rakentamisesta ja purkamisesta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen on epävarmaa
	BeM IV	Betonteollisuudesta, purkutyömailta tai muualta rakentamisesta tai purkamisesta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen on epävarmaa

b) Luokka	Puristuslujuus [MPa]	Routivuus	E-moduuli [MPa] ⁽¹⁾	Hienoaines-pitoisuus [paino-%]	Tiilen max. osuus [paino-%]	Muiden materiaalien max. osuus ⁽²⁾ [paino-%]	Kelluvat materiaalit ⁽³⁾ [cm ³ /kg]
BeM Ia BeM Ib	≥ 1,2	Routimaton	700 ⁽⁶⁾	f7	10	1	5
BeM IIa BeM IIb	≥ 0,8	Routimaton	500 ⁽⁶⁾	f7	10	1	5
BeM III	-	Vaihtelee ^(4,5)	280 ⁽⁶⁾	-	10	1	10
BeM IV	-	Vaihtelee ⁽⁴⁾	Vaihtelee	-	30	1	-

- 1) BeM I ja II saavuttavat esitetyn E-moduulin arvon n. 1-3 kk ja BeM III n. 0-1 kk kuluttua kerroksen tiivistämisestä. Nämä edustavat edullisissa olosuhteissa ohjeiden mukaisesti rakennettuja BeM-kerroksia. Muutoin ko. kantavuuksien kehittyminen kestää pidempään.
- 2) esim. metallit, kellumattomat puut, muovit, kumit, asfaltti yms.
- 3) esim. solumuovit, mineraalivilla, leca-sora
- 4) mikäli hienoaines-pitoisuus < 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 (päällysrakenteen mitoitus on esitetty Liikenneviraston Tie-rakenteen 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 ³	Vedenläpäisevyys, k ⁽⁷⁾	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵	m/s
Minimikuivatilavuuspaino, Y_{dmin}	12,7 - 14,5	kN/m ³	Happamuus, pH	11 - 12,5	-
Kiintotiheys, ρ_s	2,55 - 2,65	t/m ³	Kitkakulma, f^*	40	°
Hiilijalanjälkiarvo ⁽⁸⁾	0,0046	CO ₂ e kg/kg	Materiaalin vastaavuus eristävyiden kannalta ⁽⁹⁾	0,9	a_i
7) Hyvin tiivistetyllä materiaalilla					
8) Hiilijalanjälkiarvo sisältää vain betonimursketuotteen valmistusprosessista (A1-A3) aiheutuvat päästöt. 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).					

4.2 Maanalaisten rakenteiden huomioiminen

Betonimurskerakenteissa käytävien materiaalien tulee sietää emäksiset olosuhteet (korkea pH). Betonimurskeen vaikutuksia maanalaisen verkoston rakentamiseen on käsitelty liitteessä 4. Yhteenvetona voidaan esittää:

- rautametallit – betonimurske vähentää rautametallien korroosiotaiumusta
- sinkki – betonimurske ei aiheuta passivoituneen sinkin korroosioriskiä
- alumiini - alumiinia ei tule käyttää betonimurskeen yhteydessä ilman emäksisyyttä kestävää suojapinnoitusta
- sinkkialumiini - ei riskiä noudatettaessa liitteen 4 ohjeita
- muut materiaalit - eivät rajoita muovi- tai betoniputkien käyttämistä

Geolujite, joka on valmistettu polyesteristä, ei siedä emäksistä olosuhdetta toisin kuin useat muut lujitemateriaalit (Liikennevirasto 2012). Suunnitteluvaiheessa on selvitettävä geolujitteiden toimitajilta betonimurskekohteisiin soveltuvat materiaalit.

4.3 Herkkien ympäristökohteiden huomioiminen

Betonimurskeen pH on tyypillisesti huomattavasti korkeampi kuin luonnon kiviainesten pH. Tämä on tarpeen huomioida kohteiden ja niiden toteutuksen suunnittelussa, jos keskeneräisen tai lopullisen betonimurskerakenteen läpi oletetaan suotautuvan merkittäviä määriä vettä tai läheisyydessä on mahdollisesti herkkiä luontokohteita. Herkkien vesiluontokohteiden läheisyydessä tulee selvittää mahdolliset vesiyhteydet. Herkkiä vesiluontokohteita ovat mm. arvokkaiksi luokitellut virtavedet, kalastollisesti arvokkaat uomat, vesilain suojelemat luonnontilaiset norot, lähteet ja alle 1 hehtaarin kokoiset luonnontilaiset lammet, Natura 2000-verkoston kuuluvat vesialueet sekä vesistöt, joissa esiintyy esimerkiksi seuraavia eliö- tai kasvilajeja: taimen, meri- tai järvilohi, vaellussiika, ankerias, nahkiainen, jokirapu, vuollejokisimpukka, jokihelmisimpukka sekä vesi- ja purossammalet.

Tyypillisissä katu- ja kenttärakenteissa betonimurskekerrosten läpi suotautuva vesimäärä on melko pieni. Osa vedestä myös imeytyy betonimurskeeseen, jolloin tapahtuu sitoutumisreaktioita, jotka voivat aikaansaada rakenteen vedenläpäisevyyden pienentymistä. Ympäristöön johtuva hulevesi, jonka pH on kohonnut, on määrältään yleensä pieni verrattuna muihin syntyviin hulevesiin, joten laimentumisen takia vaikutukset jäävät pieniksi. Suunnittelussa on hyvä huomioida betonimurskerakenteiden lisäksi muut mahdolliset lähialueella veden laatuun vaikuttavat rakenteet ja toiminnot sekä niiden aiheuttama yhteisvaikutus ympäröiviin vesistöihin. Massiiviset täytöt ilman suunnitelmallista pintavesien hallintaa voivat aiheuttaa ympäristövaikutuksia.

4.4 Betonimurskeen lujittuminen ja laatan muodostuminen

Betonimurske on murskauksen jälkeen uudelleen rakenteeseen tiivistettynä sitoutuva materiaali. Sitoutumisreaktioiden aiheuttaman lujittumisen edellytyksenä on huolellinen tiivistämistyö optimivesipitoisuudessa, kantava alusta, riittävä jälkihoito ja lujittuva betonimurskelajite. Betonimurskeen lujittuminen on suurinta ensimmäisten vuosien jälkeen rakentamisesta ja lujittuminen hidastuu n. 2-5 vuoden jälkeen rakentamisesta. Alhainen lämpötila hidastaa lujittumista ja saattaa heikentää puristuslujuuden ja kantavuuden kehittymistä. Mikäli lujittuminen on huomioitu rakenteen

suunnittelussa, on lujittumisen eteneminen varmistettava kantavuuskokeilla ja mikäli havaitaan lujittumisen viivästystä (esim. alhaisen lämpötilan takia), on se huomioitava ko. osuuden liikenteelle avaamisessa.

Lujittuessa betonimurske muodostaa jäätynyttä kiviainesta vastaavan laatan, eli betonimaista materiaalia siitä ei tule (koekappaleista mitattu puristuslujuus on parhaimmillaan luokkaa 1,5 MPa, kun se heikoimmissakin rakennebetoneissa on n. 30 MPa). Auki kaivettaessa betonimurske irtoaa kaivannosta talvi- ja kesäolosuhteissa rakeisena eli se ei jää koviksi lujittuneiksi kappaleiksi, jotka eivät hajoaisi työmaalla. Kenttäkokeiden perusteella sulan ja jäätyneen (routaantuneen) betonimurskeen kaivuvastus on suurempi kuin luonnon kiviaineksen, mutta kaivu on silti tehtävissä normaalilla korjauskohteiden auki kaivussa käytetyllä kalustolla.

Rakenteesta auki kaivettu betonimurske, joka on tiivistetty huolellisesti, lujittuu uudelleen lähes vastaavasti kuin ensimmäistä kertaa ko. materiaalilla rakennettaessa. Auki kaivun ei ole havaittu muuttavan oleellisesti betonimurskeen rakeisuutta. (Ramboll 2014, Ramboll 2022)

Lujittuneeseen betonimurskekerrokseen voidaan kaivaa matala kaapeliura kapeana, jolloin kaivannon takia avattava asfalttikaista on kapeampi kuin luonnon kiviaineksella.

5. RAKENTAMINEN

5.1 Työselostus

Hankekohtaisessa työselostuksessa esitetään missä ja minkä laatuluokan betonimursketta käytetään. Lisäksi esitetään betonimurskeen hyötykäytön vaatimukset sekä mahdolliset rajoitukset. InfraRYL:ssä on esitetty betonimurskerakentamisen yleiset periaatteet sekä betonimurskeen laatuvaatimukset. Hankekohtainen työselostus täydentää yleistä työselostusta tarkennetuilla työohjeilla. Taulukossa 5.1 on esitetty esimerkki betonimurskeen huomioimisesta työselostuksessa.

Taulukko 5.1. Esimerkki jakavan kerroksen (21210) betonimurskerakentamisen ohjeistamisesta hankekohtaisessa työselostuksessa.

2121 Jakava kerros	Huomiot
Tekniset vaatimukset ovat InfraRYL 21210 mukaiset.	Betonimurskeen on täytettävä InfraRYL:n liitteessä T18 esitetyt vaatimukset.
Betonimurskeen luokka on BeM Ia, BeM Ib, BeM IIa, BeM IIB tai BeM III. Betonimurske täyttää kaikki InfraRYL:n liitteessä T18 esitetyt vaatimukset.	Määritetään hankkeessa hyväksyttävät betonimurskeluokat.
Betonimursketta voidaan käyttää seuraavilla alueilla: <i>Katu 1 plv. 0-500 ja Pysäköintialue 1.</i>	Määritetään missä betonimurskeen käyttö on hankkeessa sallittua.
Katualueella betonimurskeen etäisyys erilaisista rakenteista ja rajoista on ohjeen "Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa, 2024" liitteessä 1 esitetyn mukainen.	Esitetään mahdolliset muut rajoitteet työselostuksessa ja piirustuksissa.
InfraRYL:ssä esitettyjen työohjeiden lisäksi noudatetaan rakentamisessa kohteen betonimurskeen toimittajan materiaali kohtaisia työohjeita.	Materiaalitoimittajilla on materiaali kohtaisia ohjeita, joissa on InfraRYLiä täydentäviä työohjeita.
Betonimurskeen laatua seurataan silmämääräisesti vastaanoton ja rakentamisen aikana. Silmämääräisessä arvioinnissa voidaan hyödyntää Uusiomaarakentamisen UUMA-ohjelmien yhteydessä laadittua "Purkutyoimaalla murskatun betonimurskeen laadunvalvontalomakkeita". Mikäli kohteeseen toimitettu betonimurske ei täytä vaatimuksia, on urakoitsija velvollinen poistamaan vaatimukset täyttämättömän materiaalin työmaalta omalla kustannuksellaan.	Esitetään betonimurskeen vastaanotto ja laadunvalvonta työmaalla. Kantavuusmittauksissa on huomioitava betonimurskeen lujittumisen aikariippuvuus.
Urakoitsijoiden on mitattava betonimurskerakenteen laajuus (xyz, ala- ja yläpinta taitteineen) ja toimitettava tarketiedot sekä käytetyn betonimurskeen laatu tiedot tilaajalle ja MARA-asetuksen tai ympäristöluvan vaativissa kohteissa myös ympäristö lupa- tai valvontaviranomaiselle.	Tilaajilla on omia ohjeita rakenteen dokumentoinnin vaatimuksista. Ympäristönsuojeluviranomaisten vaatimukset ovat MARA-rekisteröinnin tai ympäristöluvan mukaiset.

5.2 Tiivistäminen

Tiivistetyn betonimurskekerroksen lujittumiseen tarvittava vesi on peräisin rakentamis- ja jälkihoitovaiheesta tehtävästä kastelusta tai pohjamaasta kapillaarisesti nousevasta vedestä. Kuivattavan kerroksen päälle rakennettaessa (esim. louhe, kevytsora, vaahtolasimurske) betonimurske ei saa kapillaarisesti vettä pohjamaasta, joten rakentamis- ja jälkihoitovaiheessa on huolehdittava riittävästä kastelusta.

Tiivistystyötä voidaan nopeuttaa ja tehostaa kastelemalla betonimurske lähelle optimivesipitoisuuttaan ja antamalla veden imeytyä murskeeseen jonkin aikaa (5-15 min) ennen tiivistämistä. Kastelun tarve riippuu säätilasta. Tavanomaisena kesänä, kastelua ei välttämättä tarvita. Pitkinä heljeksina kastelua tarvitaan päivittäin. Jos betonimurskekerroksen päälle tehdään murskekerros, vähenee jälkikastelun tarve.

Joustavalle alustalle, kuten turvepohjamaalle, rengasrouhekerroksen, tai muun vastaavan kerroksen päälle rakennettaessa, on betonimurskeen lujittumista hyödynnettäessä huolehdittava riittävästä kerrospaksuudesta, jotta kerros ei jousta liikaa liikenteen alla ja lujittuneet sidokset säilyvät. Mitoituksessa on betonimurskeelle käytettävä E-moduulia, jonka maksimiarvo määritellään alemman kerroksen kantavuuden perusteella.

Betonimurskeesta tehdyn rakenteen laadunvalvonnassa käytetään pääsääntöisesti samoja menetelmiä ja laatuvaatimuksia kuin käytettäessä luonnon maa- ja kiviaineksia. Rakenteen tiiviysaste voidaan todeta tiiviysmittauksilla tai kantavuusmittauksilla (Loadman, levykuormitus- tai pudotuspainokoe) todettavan tiiviyssuhteen perusteella. Soveltuvat menetelmät valitaan InfraRYLin Liite 2 Kerrosrakenteiden tiivistystyön ja tiiviydentarkkailun menetelmät -mukaisesti.

Betonimurske on ohjeiden mukaisesti rakennettuna ja jälkihoidettuna aikalujittuva materiaali, jonka kantavuus paranee rakentamisen jälkeen. Betonimurskeen lujittumisnopeus on riippuvainen rakentamisajankohdan ja sen jälkeisestä lämpötilasta. Alhainen lämpötila hidastaa lujittumista ja saattaa heikentää puristuslujuuden ja kantavuuden kehittymistä. Mikäli rakenne on suunniteltu käyttäen lujittuneen materiaalin parametreja, on lujittumisen eteneminen varmistettava kantavuuskokeilla ja mikäli havaitaan lujittumisen viivästystä (esim. alhaisen lämpötilan takia), on se huomioitava ko. osuuden liikenteelle avaamisessa.

5.3 Vesienhallinta ja -suojelu

Työmaalla, jolla hyödynnetään betonimursketta, tulee huomioida myös työmaavesien käsittelyä koskeva ympäristöohjeistus. Pääkaupunkiseudun yhteinen työmaavesiohje valmistuu vuonna 2024. Kaikilla työmailla tulee pyrkiä siihen, että työmaavesiä syntyy mahdollisimman vähän ja niiden laatu ympäristöön purettaessa on luonnonvesiä vastaava. Työmaalta poistettavien vesien pH-arvoja voi olla tarpeen tarkkailla ja säätää. Työmaalta pois johdettavan veden pH-arvon tulee työmaavesiohjeistuksen mukaan olla 6–9 välillä. Myös kiintoaineen määrää työmaavedessä on tarvittaessa hallittava. Poikkeustilanteisiin tulee olla ohjeet ja niitä tulee noudattaa (mm. öljypäästö, rankkasade ja tulva).

Vedenalaisissa täytöissä on estettävä betonimurskeen sisältämien kelluvien materiaalien leviäminen ja varmistettava, että mahdollisesti liettyvä hienoaines ei kulkeudu ja leviä veden mukana.

5.4 Varastointi

MARA-asetuksen mukaisesti betonimurskeen varastointi hyödyntämispaikalla voidaan aloittaa aikaisintaan neljä viikkoa tai, jos jäte varastoidaan suojattuna, 12 kuukautta ennen hyödyntämistä. MARA-asetuksen soveltamisohjeen (2019) mukaan betonimurskeen varastokasoja ei tarvitse suojata peittämällä vaan hulevesien hallinta tarvittaessa riittää. Sekoittuminen muihin materiaaleihin on estettävä. Välivarastoinnin aikarajojen ylittyminen on joissakin tapauksissa vältettävissä aloittamalla betonirakenteiden purku vasta sitten, kun betonimurskeen hyötykäyttöpaikka on varmistettu. Pidempiaikainen varastointi (yli 12 kk) edellyttää ympäristölupaa.

EEJ-betonimursketta voidaan tarvittaessa välivarastoida kaupunkikohtaisten käytäntöjen mukaisesti. Tarve varastoinnille voi kuitenkin olla vähäinen, koska murske toimitetaan käyttökohteeseen jätteenkäsittelylaitokselta, joissa tyypillisesti murskeita on mahdollista varastoida ja toimittaa työmaalle tarpeen mukaan. Myös EEJ-betonimurskeen varastoinnissa tulee huomioida betonimurskeen korkeampi pH kiviainekseen verrattuna. Välivarastoinnin mahdollisesti aiheuttama hulevesien pH:n nousu esimerkiksi kaupunkipurojen lähellä tulee estää.

5.5 Materiaalin vastaanotto työmaalle

Betonimurskeessa sallitaan vähäinen määrä tiiltä ja muita materiaaleja (joiden sallittu määrä riippuu BeM-luokasta). Betonimursketta työmaalle vastaanotettaessa on seurattava betonimurskeen ulkonäköä ja mikäli on syytä epäillä muiden materiaalien määrän ylittävän sallitun tai rakeisuuden poikkeavan vaaditusta, on materiaalin toimittajan osoitettava materiaalin täyttävän vaatimukset. Mikäli vaatimukset eivät täyty, on materiaali yleensä poistettava työmaalta.

Purkutyömaalla murskatun betonimurskeen laadunvalvonta maarakennuskohteessa on jaettu lomakkeisiin 1 ja 2 (<https://uusiomaarakentaminen.fi/aineisto/betonimurskeen-laadunvalvontalomakkeet/>).

Lomake 1, BeM-materiaalitoimittaja: Lomakkeen tavoitteena on varmistua siitä, että materiaalin toimittajalla on edellytykset toimittaa **vaatimukset täyttävää** betonimursketta ja hankkeella on edellytykset vastaanottaa betonimursketta. Ennen betonimurskeen toimittamista työmaalle käydään läpi betonimurskeen materiaalitoimittajan lomake, jossa arvioidaan betonimurskeen kelpoisuus ja tekniset ominaisuudet ennen materiaalin toimitusta työmaalle. Lisäksi lomake täytetään aina, kun betonimurskeen toimittaja tai toimituspaikka vaihtuu.

Lomake 2, BeM-työmaavalvonta: Lomake on tarkoitettu betonimurskeen vastaanottoon rakennuskohteeseen sekä työmaa-aikaiseksi laadunvalvontadokumentiksi. Lomakkeen avulla varmistetaan, että toimitettu betonimurske täyttää asetetut materiaalivaatimukset ja betonimurskeen siirtoasiakirjat ovat asianmukaisesti täytetty. Lisäksi työmaan vastaanottotarkastuksen yhteydessä tehdään betonimurskeen silmämääräinen puhtausarvio, jonka perusteella toimitettu betonimurske-erä 1) hyväksytään hankkeeseen, 2) lähetetään edustavat näytteet tarkempiin tutkimuksiin tai 3) hylätään ja materiaalitoimittaja poistaa epäkurantin materiaalin työmaalta. Silmämääräinen puhtausarvio tehdään työmaalla vastaanottotarkastuksen yhteydessä keskimäärin 100 m välein kullakin ajoradalla ja kenttärakenteissa 500 m² välein. Silmämääräisen puhtausarvion tukena hyödynnetään lomakkeen liitteenä olevia esimerkkikuvia erilaatuisista betonimurskeista. Kuvakokoelmassa on valokuvia laboratorio-olosuhteista sekä työmaalta.

5.6 Käsittely ja käyttöturvallisuus

Kuivan betonimurskeen pöly saattaa ärsyttää silmiä ja limakalvoja. Lisäksi se saattaa ärsyttää ihoa ja aiheuttaa ihon herkistymistä ja pitkäaikaisessa ihokosketuksessa aiheuttaa ihon kuivumista ja halkeilua. Betonimursketta käsiteltäessä on vältettävä pitkäaikaista ihokosketusta ja tarvittaessa on käytettävä henkilökohtaisia suojaimia.

5.7 Urakan valmistelu

Valmisteltaessa urakkaa, jossa hyödynnetään betonimursketta, varmistetaan:

Suunnitelmat:

- Betonimurskeen hyötykäyttömahdollisuus on esitetty työselostuksessa
- Betonimurskeen laatuvaatimukset on esitetty työselostuksessa
- Kohteet ja rakennusosat, joissa betonimursketta voidaan hyödyntää, on esitetty työselostuksessa
- Betonimurskeen hyötykäyttö on esitetty piirustuksissa
- Rakennuttajan mahdolliset rajoitukset työmaajalostukseen ja betonimurskeen välivarastointiin työmaa-alueella on esitetty

Luvat:

- Betonimurskeen hyötykäytön ja/tai välivarastoinnin ympäristöluvan tai MARA-ilmoituksen tai muun viranomaishyväksynnän tarve on selvitetty urakka-alueella. Ympäristöluvan edellyttämälle toiminnalle on saatu/ saadaan ajoissa lainvoimainen ympäristö lupa. MARA-rekisteröintiä tai hyötykäyttöä koskevaa ilmoitusta (koetoiminta tai valvontailmoitus kaupungille) edellyttävässä hyötykäytössä niiden tekeminen on selkeästi vastuutettu ja aika- taulutettu. Rekisteröinti tai ilmoitus on viranomaisen hyväksymä ennen hyötykäytön aloitusta.
- Kiinteistön omistajan ja haltijan suostumus betonimurskeen käytölle on saatu. Kaupunkikohtaisesti selvitetään, tarvitaanko kiinteistön omistajan ja haltijan suostumus myös EEJ-betonimurskeelle.
- Urakoitsija vastaa betonimurskeen mahdollisessa työmaajalostuksessa tarvittavista luvista
- Urakka-asiakirjoissa on esitetty kuka vastaa betonimurskeen mahdollisen työmaa-alueella tapahtuvan välivarastoinnin vaatimista luvista

Laadunhallinta:

- Betonimurskemateriaalin laadunhallintatoimenpiteet on esitetty
- Betonimurskeen työmaavastaanoton vaatimukset on esitetty
- Betonimurskerakentamisen laadunvalvonta on esitetty työselostuksessa
- Selvitetään tarve ulkopuoliselle asiantuntijavalvojalle ja nimetään tarvittaessa

Dokumentointi:

- Työselostuksessa on esitetty vaatimukset tilaajalle tehtävästä betonimurskerakenteen dokumentoinnista
- Työselostuksessa on vaatimus MARA-ilmoituksen tai ympäristöluvan mukaisesta urakoitsijan dokumentointivelvoitteesta.

5.8 Dokumentointi

Betonimurskeen hyödyntäjä dokumentoi toteutuneen betonimurskerakenteen 1) ympäristönsuojeluviranomaiselle (ELY tai kaupungin ympäristönsuojelu riippuen luvituksesta) ja 2) rakennuttajalle. Velvoite koskee myös EEJ-betonimursketta.

Hyödyntämisaikan haltijan on maarakentamisen päätyttyä annettava selvitys rekisteröinti-ilmoituksen vastaanottaneelle viranomaiselle siitä, miten rekisteröinti-ilmoituksen mukainen jätteiden hyödyntäminen on toteutunut. Dokumentoinnissa päivitetään ilmoituksen tiedot vastaamaan toteutuneita (mm. kartat ja poikkileikkaukset). Lisäksi rakentaja dokumentoi rakenteen sijainnin (xyz), määrän ja laadun (kelpoisuustutkimustodistukset). Tiedot sisällytetään työmaapöytäkirjoihin ja sijainti tarkepiirustuksiin. Mikäli betonimursketta on hyödynnetty ympäristöluvalla, toteutetaan dokumentointi viranomaiselle ympäristöluvassa esitettyjen vaatimusten mukaisesti.

Rakennuttajalle dokumentointi tapahtuu urakan toteuma-asiakirjoina. Lisäksi kaupungit tarvitsevat betonimurskerakenteiden sijainti- ja laatutiedot paikkatietojärjestelmäänsä tulevien rakentamisa- ja korjaustoimenpiteiden lähtötiedoiksi. Eri kaupungeille toteumatietojen mittausta, keräämistä ja toimitusta tehdään noudattaen kaupunkien ohjeita:

- *Helsinki: Helsingin kaupungin suunnittelu-/toteutuskohteissa noudatettavat maan- ja vedenalaisten rakenteiden toteumatietojen mittaukset ja niiden luovutukset (Helsingin kaupunki 2023).*
- *Espoo: Urakoitsija toimittaa toteumatiedot (materiaalit, määrät, nurkkapisteet xyz) hyödynnetyistä materiaaleista urakan vastaanotossa tilaajalle ja geotekniikkayksikön rekisteriin.*
- *Tampere: Urakoitsija toimittaa toteumatiedot (materiaalit, määrät, nurkkapisteet xyz) hyödynnetyistä materiaaleista urakan vastaanotossa tilaajalle ja/tai tilaajan ilmoittamalle taholle).*
- *Turku: Turussa urakoitsija mittaa toteumaraportit ja luovuttaa tiedon urakan vastaanotossa tilaajalle. Mittaus Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimistö Määrämittausohjeen mukaan.*
- *Vantaa: Vantaan kaupungin Suunnittelun inframallivaatimukset 2019 -ohje.*

6. YLLÄPITO JA UUELLEENKÄYTTÖ

6.1 Betonimurskerakenteen korjaus

Betonimurskerakenteeseen kaivetun kaivannon täyttämiseen käytetään ensisijaisesti betonimursketta. Mikäli kaivannosta kaivettua betonimursketta ei ole mahdollista palauttaa kaivannon täyttöön tai vastaavaa betonimursketta ei ole saatavilla, voidaan kaivanto täyttää murskeella ja tiivistää murske erityisen huolellisesti.

Mahdollisten kaivutöiden jälkeen päällysrakenteen betonimurskerakenteen on uusittava siten, että kerroksen kantavuus on vastaava kuin alkuperäisellä kerroksella.

Kaivu tehdään lajittelevana kaivuna ja betonimurske erotetaan muusta maa-aineksesta siten, että se säilyy mahdollisimman puhtaana, jolloin se voidaan käyttää uudelleen tai toimittaa betonijätteen kierrätysasemalle. Betonimurskeen tiivistystyö tehdään kuten luonnon maa- ja kiviaineksilla.

6.2 Uudelleenkäyttö ja kierrätettävyys

Rakenteesta kaivetun betonimurskeen uudelleenkäyttö on mahdollista ja suositeltavaa. Betonimurskeen uudelleenkäytettävyyteen vaikuttavat mm. sen jäteluonne ja laatu. Lähtökohdat kaivettavan murskeen hyödyntämisessä ja uudelleenkäytössä ovat sen ominaisuuksista ja jäteluonteesta riippuen:

- EEJ-betonimurske (ks. EEJ-betonimurskeen jäteluonteen tulkinta luvusta 2.1)
- MARA-asetuksen mukainen betonimurske
- Erillisten ympäristö- ja teknisen kelpoisuuden tutkimusten mukaisesti (betonimurskeen laatu ja alkuperä eivät ole tiedossa)

Jos rakenteesta poistettavan EEJ-betonimurskeen laatu on pysynyt muuttumattomana (se täyttää edelleen EEJ-vaatimukset mm. haitta-ainepitoisuuksien osalta), se ei tarvitse muuntotoimia ja sen hyödyntäminen on suunnitelmallista ja varmaa, niin silloin EEJ-betonia ei katsota rakenteesta

purettaessa jätteeksi. Edellä mainitussa tapauksessa se voidaan käyttää kiviaineksena samoin reunaehdoin kuin EEJ-betonimursketta yleensäkin käytetään (huomioiden sen tekniset yms. ominaisuudet).

MARA-asetuksen mukaisesti aiemmin hyödynnetty betonimurske voidaan hyödyntää uudella rekisteröinti-ilmoituksella kuten ensimmäistä kertaa hyödynnettäessä. Hyödyntämisen tulee täyttää vastaavasti kaikki materiaalille asetetut ympäristökelpoisuusvaatimukset ja tekniset vaatimukset. Vaatimusten täytyminen voidaan pääsääntöisesti osoittaa käyttämällä rekisteröinti-ilmoituksessa aiemman rekisteröinti-ilmoituksen mukana viranomaiselle toimitettuja tietoja.

Mikäli rakenteesta kaivetusta betonimurskeen ympäristökelpoisuudesta tai teknisestä laadusta ei ole tietoa tai jos epäillään, että se on muuttunut tai siihen on sekoittunut muita materiaaleja, sen laatu on tutkittava ja hyötykäyttö arvioitava tutkimusten perusteella.

Mikäli uudelleen käytettävä betonimurske ei teknisten ominaisuuksiensa puolesta sovellu hyödynnettäväksi päällysrakenteessa, on se mahdollista hyödyntää muissa täydyissä tai valleissa ottaen huomioon käytön mahdolliset rajoitteet, laadunvalvonta ja mahdollinen ympäristölupatarve (huom! MARA-asetuksessa esitetyt rajoitteet).

Rakenteesta kaivettu puhdas betonimurske on mahdollista vastaanottaa betonijätteen kierrätysasemille asemien vastaanottoehtojen mukaisesti.

6.3 Käytöstä poistaminen

Mikäli betonimurskeeseen on sekoittunut muuta maa-ainesta tai muita jätteitä, tai sitä ei pystytä käyttämään sellaisenaan uudelleen, materiaalista tulee jätettä. Tämä pätee myös EEJ-betonimurskeelle. Edelleen hyödyntämiskelpoinen rakenteesta poistettava ylimääräinen betonimurske on pyrittävä toimittamaan vastaanottajalle, joka voi ohjata sen toiseen kohteeseen hyödynnettäväksi tai jalostaa sen uudelleen betonimurskeeksi. Jos betonimurske on pilaantunut tai muuten hyödyntämiskelvoton, se voidaan toimittaa jätteenkäsittelykeskukseen. Ennen toimittamista kaatopaikkakelpoisuus on selvitettävä. Betonijätettä ei voi sijoittaa maankaatopaikan täyttöön. Betonimurskeen jätenimikkeet ovat betoni (17 01 01) tai betonin, tiilien, laattojen ja keramiikan seokset (17 01 07).

7. HYÖTYKÄYTTÖ TONTTI- JA KORTTELIALUEILLA

7.1 Hyötykäyttö MARA-asetuksen mukaisesti

Taulukossa 7.1 on esitetty missä betonimursketta voidaan hyötykäyttää tontti- ja korttelialueella MARA-asetuksen ja asetuksen soveltamisohjeen mukaisesti.

Asuinrakentamiseen tarkoitetuilla alueilla betonimurskeen hyödyntäminen arvioidaan tapauskohtaisesti. Asuinrakentamiseen tarkoitettulla alueella tarkoitetaan sitä kiinteistön osaa, johon asuminen eli asuinrakennus tai -rakennukset ja asumiseen välittömästi liittyvät toiminnot sijoittuvat. Käytännössä tämä tarkoittaa asuinrakennusten alapuolista maaperää sekä niiden lähiympäristöä ja piha-alueita, mutta ei esimerkiksi asuinrakentamiseen kaavoitetun kiinteistön tai korttelin sisälle rakennettavaa pysäköintialuetta tai katua. Pienemmillä kiinteistöillä, kuten pientalotonteilla, aluerajaus kattaa kuitenkin koko kiinteistön.

Taulukko 7.1. Betonimurskeen hyödyntäminen tontti- ja korttelialueilla MARA-asetuksella.
 "+" = soveltuu ja "-" = ei sovellu

Alue \ Rakenne	Väylä (a)	Kenttä (b)	Rakennuksen pohjarakenne
Kerrostaloalue ⁽¹⁾	+	+	- ⁽²⁾
Pientalo- ja loma-asuntoalue	-	-	-
Leirintä- ja asuntovaunualue ⁽¹⁾	+	+	- ⁽²⁾
Siirtolapuutarha-alue ⁽¹⁾	+	+	- ⁽²⁾
Huvi- ja viihdepalvelujen alueet ⁽¹⁾	+	+	- ⁽²⁾
Urheilurakennusten alue ⁽¹⁾	+	+	- ⁽²⁾
Liike- ja toimistorakennusten alueet	+	+	- ^(2, 3)
Yleisten rakennusten alueet	+	+	- ⁽²⁾
Teollisuus- ja varastorakennusten alueet	+	+	+

(1) ei alueille, jotka on tarkoitettu asumiseen, leikkipaikaksi tai ravintokasvien viljelyyn (rajaus ei koske esim. viljelyalueiden välissä kulkevaa väylää)

(2) rakennuksen ulkopuolella betonimurskeen etäisyys seinästä on ≥ 2 m (huom. ≥ 2 m sääntö ei ole MARA-asetuksesta)

(3) mikäli betonimursketta käytetään myös teollisuus- ja varastorakennuksen pohjarakenteissa, tarkastellaan kohdassa 2 esitetty ≥ 2 m sääntö tapauskohtaisesti

(a) esim. katu (myös tonttikatu) tai raitti

(b) esim. pysäköintialue korttelin tai tontin alueella

Teollisuus- ja varastorakennuksella tarkoitetaan katettua rakennusta, jota käytetään teolliseen toimintaan tai esineiden tai aineiden varastointiin, ja jota ei käytetä asumiseen. Pohjarakenteilla tarkoitetaan tässä kyseisten rakennusten alapohjan alapuolisia täyttöjä.

Tonteilla betonimurskekerroksen ulkoreunan etäisyys on vähintään 1 m tontin rajasta, ellei asiasta ole muuta tapauskohtaisesti sovittu (huom. ≥ 1 m sääntö ei ole MARA-asetuksesta, vaan perustuu kaupunkien vaatimukseen).

7.2 Hyötykäyttö kaupunkien vuokratonteilla

Mikäli betonimurskeen hyödyntämistä suunnitellaan jonkun toisen tahon omistamalle maa-alueelle, on hyvä selvittää maanomistajan linjaukset hyödyntämisen liittyen. Ympäristöluvalla ja MARA-ilmoituksella hyödynnettäessä on lainsäädännössä määritellyn mukaisesti pyydettävä hyödyntämiselle maanomistajan kirjallinen suostumus. EEJ-betonin osalta lainsäädäntö ei edellytä maanomistajan kirjallista hyväksyntää, joten kaupungit maanomistajana sisällyttävät hyödyntämiseen liittyviä vaatimuksia maanvuokrasopimukseen erilaisten sopimusehtojen kautta. Tällaisia vaatimuksia ovat mm. ilmoitusvelvollisuus hyödyntämisen toteuttamisesta sekä vaatimus siitä, että vuokranantajalle toimitetaan tarvittavat dokumentit hyödynnetyn materiaalin laadusta ja sijoituspaikasta. Hyödyntämistä suunnittelevan kannattaakin tältä osin varmistaa suunnittelun kohteena olevan alueen maanvuokrasopimuksen sisältö.

Kun betonimursketta hyödynnetään vuokratontilla, hyödyntämispaikan haltijasta tulee rakentamiseen sijoitetun jätteen haltija (MARA-asetuksen mukaisesti) tai betonimursketuotteen omistaja. Siksi on tärkeää, että kiinteistön haltijalla on kaikki tarvittava tieto suunnitellun maarakentamishankkeen sisällöstä ja hyödynnettävän betonimurskeen laadusta. Koska vuokratun maa-alueen hallinta voi siirtyä jollekin toiselle taholle tai alue voi palautua esimerkiksi takaisin maanomistajan hallintaan, on tarpeen sisällyttää kaupunkien vuokratonttien tontinluovutusehtoihin ja maanvuokrasopimukseen sopimusehtoja materiaalien hyödyntämiseen liittyen. Vastuu maahan sijoitetuista jätteistä siirtyy alueen uudelle haltijalle, jos sijoitus on ollut lainsäädännön vaatimukset täyttävää ja uudelle haltijalle on siirretty todenmukainen tieto alueella hyödynnetyistä materiaaleista. Hyödyntämisen periaatteisiin vuokratuilla tontti- ja korttelialueilla vaikuttaa mm. vuokrauksen pitkäaikaisuus.

Käytännöt vaihtelevat eri kaupungeissa. Alla on kirjattuna Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan, kaupunkien käytäntöjä vuokratuilla tonteilla ja korttelialueilla:

Helsinki: Kaupungin maa-alueilla ja tonteilla betonimurskeen hyötykäyttö on sallittu MARA-asetuksen ja kaupungin ympäristösuojelumääräysten mukaisesti. Kaupungin vuokratonteilla betonimurskeen hyödyntämisestä sovitaan tapauskohtaisesti. Kaupungin vuokratonteilla toimijan on kysyttävä betonimurskeen hyötykäyttöön sijoittamislupa vuokranantajalta ympäristöluvan tai MARA-ilmoituksen mukaisen hyödyntämisen osalta ja lähtökohtaisesti lupa on myönnetty (esim. pysäköinti- ja piha-alueille). Luvan myöntämisen yhteydessä vuokralainen veloitetaan tarvittaessa poistamaan betonimurske alueelta vuokrasopimuksen päättyessä. Tiedot betonimurskeen hyödyntämisestä kirjataan maanvuokrajärjestelmään (MVJ) ja tarkoituksena on saada ne myöhemmin näkyviin paikkatietopalvelussa. Kun betonimurskeen hyödyntäminen on kirjattu MVJ:än, helpottaa se valvontaa vuokrasopimuksen päättyessä. EEJ-betonin hyödyntämiseen liittyen on tarkoitus sisällyttää uusiin maanvuokrasopimuksiin tarvittavat sopimusehdot.

Espoo: Kaupunki käyttää tapauskohtaista harkintaa ja mahdollisuuksien mukaan antaa maanomistajan ominaisuudessa suostumuksen betonimurskeen käyttämiseen vuokratontille toteutettavassa rakennushankkeessa, sillä edellytyksellä, että vuokralainen saa betonimurskeen käyttämiseen tarvittavan viranomaisluvan. Vuokralainen on velvollinen poistamaan kustannuksellaan käyttämänsä betonimurskeet vuokrasopimuksen päättyessä, mikäli kaupunki ei erikseen vuokralaisen hakemuksesta myönnä oikeutta jättää betonimursketta alueelle.

Tampere: Vuokratonteilla käytetään tapauskohtaista harkintaa aina, kun halutaan hyödyntää betonimursketta. Tärkeää on saada kaupungin oma tiedonhallinta kehitettyä ja siten pidettyä kiinteistöillä olevat hyödyntämiskohteet tarkasti paikannettuina kaupungin paikkatietokannassa. Näin tieto kulkee kiinteistön tietojen mukana ja tieto maaperässä olevasta betonimurskeesta siirtyy uudelle vuokralaiselle seuraavan luovutuksen yhteydessä. Mikäli seuraava vuokralainen joutuu rakentamisen takia poistamaan hyödynnettyä betonimursketta, kuuluvat siitä mahdollisesti aiheutuvat kustannukset kiinteistön kehittäjälle eli silloiselle haltijalle.

Turku: Betonimurskeen käyttöä vuokratonteilla ei lähtökohtaisesti rajoiteta. Kun lupa annetaan, tulee myös velvollisuus luvan hakijalle ilmoittaa vuokranantajalle, onko myös ELY keskukselta saatu lupa hyödyntämiselle. Kaupungin tulee myös tietää missä, millä laajuudella ja syvyydellä mursketta on käytetty tontilla. Kun murskeen käyttö sallitaan alueella, niin vuokrasopimuksen päättyessä kaupunki voi velvoittaa murskeen poiston, ellei betonimurskeen tontille jättäminen ole jatkokäytön kannalta mahdollista.

Vantaa: Kaupungin maa-alueilla ja tonteilla betonimurskeen hyötykäyttö on sallittu MARA-asetuksen ja kaupungin ympäristösuojelumääräysten mukaisesti. EEJ-betonimursketta voidaan käyttää asetuksen reunaehtojen mukaisesti, kunhan käyttö on esitetty suunnitelmissa. Vuokratonteilla betonimursketta (MARA tai EEJ) hyödynnettäessä, on suunnitelmat hyväksyttävä aina kaupungilla ja päätös hyötykäytöstä on tapauskohtainen. Kaupunki tarkistaa suunnitelmista, että mm. tontin tulevat korot ovat mielekkäitä alueen kannalta. Luvan myöntämisen yhteydessä vuokralainen voidaan velvoittaa tarvittaessa poistamaan betonimurske alueelta vuokrasopimuksen päättyessä tai poistamiskustannukset huomioidaan vuokrassa. Muilla alueilla hyväksyntä on enemmän tapauskohtaista esim. kentillä, pysäköintialueilla, yms. Betonimursketta ei sallita tonteilla, joissa on odotettavissa alueen käyttötarkoituksen muutos asumiseen.

8. PURKUPROSESSI JA KIERRÄTYS

8.1 Purkuprosessi ja kierrätys

Rakennusten ja rakenteiden purkuprosessin vaiheet on esitetty taulukossa 8.1. Siltojen purkutyössä vaiheet ovat osin vastaavat kuin taulukossa 8.1 esitetyt. Taulukossa on myös esitetty mitä betonimurskeen hyödyntämiseen ja sen hyödyntämiskelpoisuuden varmistamiseen liittyviä toimenpiteitä sisältyi ao. prosessin vaiheeseen.

Taulukko 8.1. Rakennusten ja rakenteiden betonijätteen hyödyntämiseen liittyvät purkuprosessin vaiheet ja eri vaiheissa betonijätteen hyödyntämisessä huomioitavaa.

Purkuprosessin vaihe	Betonijätteen hyödyntämiseen liittyvää ao. vaiheessa
Purkuhankkeen valmistelu	<ul style="list-style-type: none"> haitta-ainekartoitus ja tutkimukset betonijätteen hyödyntämiskelpoisuuden tutkiminen purkamattomista rakenteista otettavilla näytteillä
Suunnitelmat	<ul style="list-style-type: none"> jätehuoltosuunnitelma haitallisia aineita sisältävien materiaalien ja rakennusosien erilleen purkaminen hyödynnettävästä betonijätteestä betonijätteen vastaanottoaikkojen selvittäminen / kilpailutus (mikäli hyödyntäminen ei mahdollista)
Luvat ja ilmoitukset	<ul style="list-style-type: none"> purkamislupa, purkamisilmoitus tai rakentamislupa ja purkujäteilmoitus (tilaajan vastuulla) betonin murskaamisen lupakäytäntöjen (taulukko 8.2) ja väli-varastoinnin mahdollisuus selvitetään hankkeen valmistelu- tai suunnitteluvaiheessa (mikäli murskataan kohteessa)
Aloituskokous	<ul style="list-style-type: none"> valvontasuunnitelma
Purkutöiden toteutus	<ul style="list-style-type: none"> valvonta
Jätehuolto	<ul style="list-style-type: none"> betonijätteen murskaus kohteessa tai toimitus asianmukaiseen paikkaan kierrätettäväksi näytteenotto valmiista betonimurskeesta sekä ympäristökelpoisuuden ja teknisen kelpoisuuden tutkiminen mahdollinen väli-varastointi kohteessa purkutyön loppuraportti
Dokumentointi	<ul style="list-style-type: none"> toteutuneen rakenteen paikkatieto (xyz) käytetyt materiaalit paikkatiedon metatietona
Loppukatselmus	<ul style="list-style-type: none"> loppuraportin tarkastus

Valmiin betonimurskeen laatuun vaikuttaa merkittävästi murskeen raaka-aineena olevan betonijätteen laatu. Mikäli betonijäte on peräisin purettavasta rakennuksesta tai rakenteesta, on purkutöiden aikana huolehdittava, että:

- haitalliset aineet ja niitä sisältävät materiaalit on purettu ennen betonimurskeena hyödynnettäväksi suunniteltujen betonirakenteiden purkamista
- pilaantuneiksi todetut betonirakenteet puretaan erilleen ja huolehditaan, etteivät ne sekoitu hyödynnettävän betonimurskeen joukkoon
- purkubetonijätteeseen ei sekoitu muuta purkumateriaalia, joka voi vaikuttaa siitä valmistettavan betonimurskeen laatuun

Rakennusten ja rakenteiden purkuhankkeen suunnitteluvaiheessa hankkeeseen ryhtyvän (rakennuksen haltija, purkutyön tilaaja) tulee varmistua, että:

- purettavasta kohteesta on tehty asbesti- ja haitta-ainekartoitus ja -tutkimukset
- purkutyöselostuksessa on edellytetty haitallisten aineiden poisto soveltuvilla menetelmillä ja vaatimusten mukaisesti
- purkutyöt edellytetään tehtäväksi lajittelevana purkuna ja purku-urakoitsijalta edellytetään jätehuoltoon ja jätteiden käsittelyyn liittyvien velvoitteiden täyttämistä ja purkujätteiden määrän, laadun ja toimituskohteiden raportointia työn lopuksi
- purkutyön valvonnasta huolehditaan ja varmistutaan, että haitalliset aineet ja niitä sisältävät rakenteet puretaan ennen muuhun purkutyöhön ryhtymistä ja jos haitallisia aineita havaitaan purkutyön aikana, näissä tilanteissa toimimiseen on sovittu menettelyt
- purkutyön tilaaja ohjaa sopimuksilla, työvaiheistuksilla (sisäpurku ja raskaspurku selkeästi erikseen) ja valvonnalla edellä mainittujen toteutumista (vaikuttaa syntyvän betonijätteen laatuun ja hyödynnettävyyteen - vaikka purku olisi kalliimpaan niin käytettävä materiaali on laadukkaampaa)

Purku-urakoitsijan vastuulla on:

- noudattaa asbestia ja muita haitallisia aineita ja niitä sisältävien rakenteiden ja materiaalien purkamisessa lainsäädännön vaatimuksia ja turvallisia toimintatapoja
- suunnitella ja toteuttaa purkutyövaiheet niin, että betonijätteen sekaan ei joudu muuta purkumateriaalia vaarantamaan betonijätteet hyödyntämiskelpoisuutta
- huolehtia, että purkujätteet toimitetaan luvallisiin vastaanottoaikoihin ja toimitettava betonijäte on tasalaatuista sekä huolehtia, että työn lopuksi purkujätteistä laaditaan yhteenvetoraportointi
- jos betonijäte murskataan purkutyömaalla, huolehtia, että murskaukselle on kunnallisen ympäristönsuojeluviranomaisen hyväksyntä (lupa tai meluilmoitus)
- murskeen valmistajana laadunhallintajärjestelmä, jonka avulla hän varmistaa ja osoittaa murskeen ympäristökelpoisuus- ja laatuvaatimusten täyttymisen

Betonimurskeen BeM Ia, Ib, IIa, IIb, III ja IV seassa saa olla tiilijätettä. On kuitenkin syytä huomata, että vaikka MARA-asetuksen mukaisesti betonijätteen seassa voi olla enintään 30 % tiilijätettä, teknisten ominaisuuksien laatuluokitus määrittelee, että BeM Ia, BeM Ib, BeM IIa, BeM IIb ja BeM III -luokan murskeissa tiilijätettä saa olla enintään 10 %. Mikäli purettavassa rakennuksessa on paljon tiiliverhousta ja tiilestä muurattuja väliseiniä yms. on ne syytä purkaa erilleen muusta betonijätteestä.

Huomionarvoista on, että betonimurskeen EEJ-statusta ei voida saavuttaa kuin ympäristöluovallisuudessa, laitosmaisessa betonimurskeen tuotannossa.

8.2 Betonijätteen betonimurskeeksi jalostaminen

Betonijätteen murskaus voidaan suorittaa mm. kierrätyslaitoksella, kohteessa tai kaupungin omalla käsittelyalueella. Harkittaessa murskausta kohteessa, on huomioitava mm.:

- muodostuvan betonijätteen määrä ja laatu
- hyötykäyttömahdollisuudet purkukohteessa tai lähialueella
- betonimurskeen varastointimahdollisuus kohteessa
- aikataulut (muodostumisen ja hyödyntämisen samanaikaisuus)
- purkukohteen lähiympäristö (onko murskaaminen mahdollista)

Betonijätteen murskaus on lähtökohtaisesti ympäristöluvanvaraista toimintaa. Käytännössä tulkinaksi on kuitenkin muodostunut, että purkutyömailla varsinaisen purkutyön yhteydessä murskaus voidaan tehdä meluilmoituksella, jos kunnan ympäristönsuojeluviranomainen sen hyväksyy (YM:n muistio 19.12.2014 Jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksia, s. 14). Pulverointi on syntypaikalla tapahtuvaa jätteen esikäsittelyä ja se ei vaadi meluilmoitusta. Esikäsittely katsotaan käsitteellisesti osaksi purkamista.

Käytännöt työmaakäsittelyn lupamenettelyissä vaihtelevat eri kaupungeissa taulukon 8.2 mukaisesti. Työmaakäsittelyn aiheuttama pöly on erityisesti tarkkailtava haitta. Kaupungit ovat laatineet vaatimuksia pölyn hallintaan. Kaikkien kaupunkien ympäristönsuojelumääräyksissä ei ole esitetty pölyn hallinnan vaatimuksia.

Taulukko 8.2. Betonijätteen työmaakäsittelyn lupakäytännöt eri kaupungeissa (2023 tilanne).

Kaupunki	Kauhamurskain	Työmaamurskain (esim. leuka- tai iskupalkkimurskain)
Helsinki ⁽¹⁾	meluilmoituksella 49 vrk saakka	meluilmoituksella 49 vrk saakka
Espoo	meluilmoituksella 49 vrk saakka ^(2, 3)	meluilmoituksella 49 vrk saakka
Tampere	meluilmoituksella 49 vrk saakka ⁽²⁾	meluilmoituksella 49 vrk saakka
Turku	meluilmoituksella 49 vrk saakka ⁽²⁾	meluilmoituksella 49 vrk saakka
Vantaa	meluilmoituksella 49 vrk saakka ⁽²⁾	meluilmoituksella 49 vrk saakka

(1) Murskaustyömaan etäisyys pölylle herkkiin kohteisiin (esim. asunnot, virkistysalueet ja hoito- ja oppilaitokset) vaikuttaa pölyntorjuntavaatimuksiin ja murskauksen sallittavuuteen.

(2) betonijätteen pulverointi ei tarvitse meluilmoitusta

(3) meluilmoitustarve harkitaan tapauskohtaisesti

KIRJALLISUUS

Betonimurskeen laadunvalvontalomakkeet. 2017. Purkutyömaalla murskatun betonimurskeen laadunvalvonta maarakennuskohteessa. Ladattavissa osoitteessa:

<https://uusiomaarakentaminen.fi/aineisto/betonimurskeen-laadunvalvontalomakkeet/>

HSY. 2019. Verkostosuunnittelukäytännöt, HSY:n vesihuolto, Liite 5 "Betonimurske, käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon" (päivitys 2024). 8 s.

INFRA ry. 2021. Betonimurskeiden tekninen soveltuvuus ja käyttö tierakenteissa. Ohje. 18 s.

Lehtonen. 2019. Purkutyöt -opas tekijöille ja teettäjiille. Ympäristöministeriön julkaisuja 29:2019. 84 s.

Liikennevirasto. 2018. Tierakenteen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 38/2018. 129 s + 7 liitesivua.

Liikennevirasto. 2012. Geolujitetut maarakenteet, Tiegeotekniikan käsikirja. Liikenneviraston op-paita 2/2012. 159 s + 62 liitesivua.

Linden, T. 2018. Betonimurskeen käyttö raitiotierakentamisessa. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma, Tampere. 110 s + 6 liitesivua.

Napari, M. 2016. Pääkaupunkiseudun energiantuotannon tuhkien korroosiovaikutus. Diplomityö. Aalto yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. 2018. 107 s + 11 liitesivua.

Rakennustieto. InfraRYL -verkkopalvelu.

Ramboll. 2022. UUMA-kohdekortti, Otaniementien ja Vaisalantien katurakenteet, Espoo. Kortti 2-19. Saatavissa: <https://uusiomaarakentaminen.fi/wp-content/uploads/sites/5/2023/09/2-19-kohdekortti.pdf>

Ramboll. 2014. Betonimurskeen kenttä- ja laboratoriotutkimukset. Betonimurskerakenteiden aukikaivu sekä kaapelihakulaitteiden ja miinaharavan toimivuus betonimurskerakenteessa. Raportti 24.10.2014 Ramboll. 58 s.

Rasmussen, L. 2020. Dynamic Properties of Crushed Concrete used in Pavement Structures. Master thesis. Aalto-yliopisto. Geoengineering. 110 s.

SFS 5884:2022. Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä. Suomen Standardisoimisliitto SFS. 26 s.

SKY Suomen korroosioyhdistys 1988. Korroosioikäkirja. Suomen korroosioyhdistyksen julkaisu n:o 6. Hangon kirjapaino Oy (kirjasta on otettu uusintapainos 2004).

Soveltamisohje 2019 (VNa 843/2017). Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa – Soveltamisohje. Versio 2.7.2019. 54 s.

VNa 466/2022. Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista - Soveltamisohje. Versio 31.8.2022. 6 s.

VNa 843/2017. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa.

Väylävirasto. 2023. Infrarakentamisen vähähiilisyys arviointimenetelmä. Väyläviraston ohjeita 43/2023.

Betonimurskeen hyödyntäminen katualueella, periaatteita

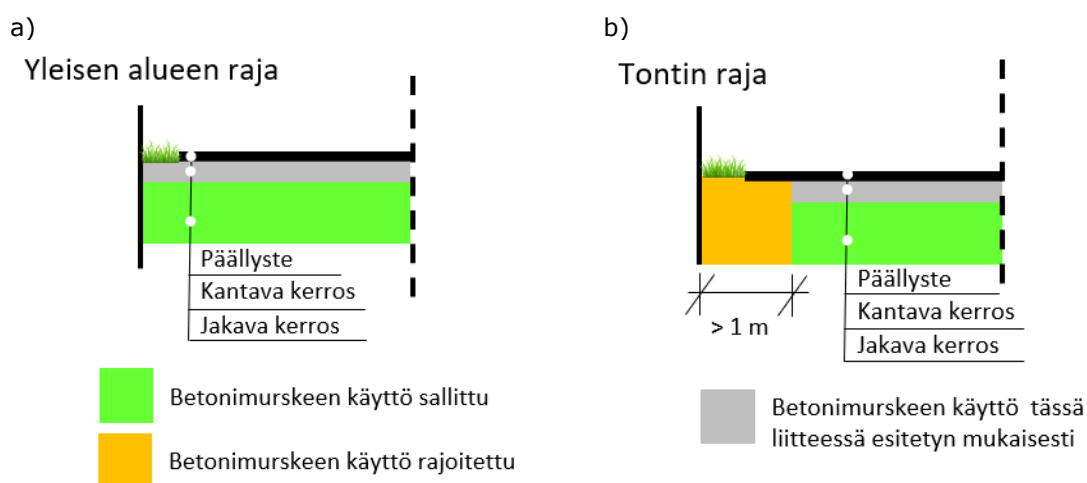
Taulukko L1.1. Betonimurskeen käyttö katupoikkileikkauksen eri osissa (sallittua / rajoitettua) kaupunkien näkemysten mukaisesti. Luvussa 2 on esitetty käyttömahdollisuudet ympäristölainsäädännön näkökulmasta.

	kantava kerros	tukikerros (jakava + suodatin)	penger-täyttö	loppu-täyttö ⁽²⁾	salaoja ⁽³⁾	kantava ⁽⁴⁾ kasvu-alusta
katu, jalkakäytävä, pyöräkaista	ei	kyllä	kyllä	kyllä	ei	ei
tiemäinen katu	kyllä ⁽¹⁾	kyllä	kyllä	kyllä	ei	ei
jalankulku- ja pyörä-tie vapaassa tilassa	kyllä ⁽¹⁾	kyllä	kyllä	kyllä	ei	ei
erotuskaista, keski-kaista	-	kyllä	kyllä	kyllä	ei	ei

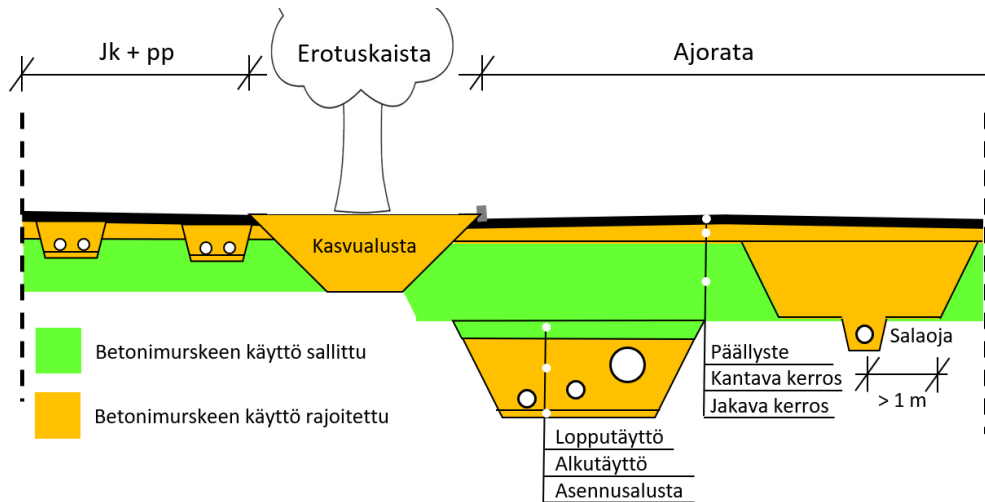
- (1) käyttö on mahdollista silloin, kun rakenteen kohdalla ei ole kunnallistekniikkaa tai sitä on vähän
 (2) käyttö lopputäytössä verkoston omistajan hyväksynnällä
 (3) kun rakenteen ulkopuolelta virtaa runsaasti vettä vaakasuunnassa kohden salaojaa ei ko. kerrok-sessa virtauksen puolella käytetä betonimursketta
 (4) BeM Ia -mursketta voidaan käyttää kasvualustana (VNa 2022). Betonimurskeen käyttämistä kantavassa kasvualustassa on kokeiltu Tukholmassa ja käyttämistä Suomessa selvitetään mm. koerakenteilla

Taulukko L1.2. Betonimurskekerroksen lähin etäisyys katualueen rajasta ja salaojasta.

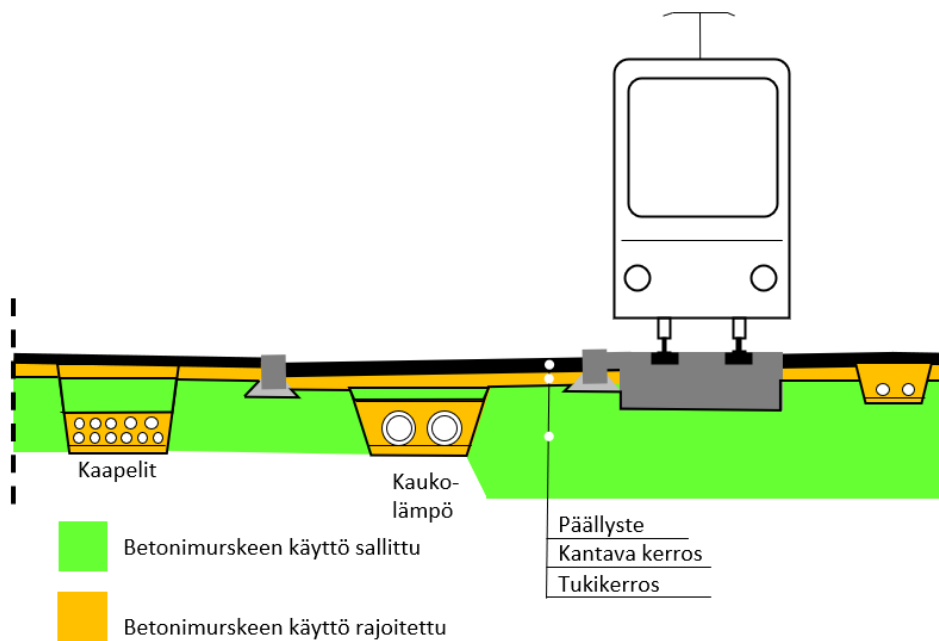
katualue rajautuu yleiseen alueeseen	≥ 0 m, kuva 1a
katualue rajautuu tonttiin	≥ 1 m, kuva 1b
etäisyys rakennukseen	≥ 2 m
salaoja katualueella	≥ 1 m, kuva 2



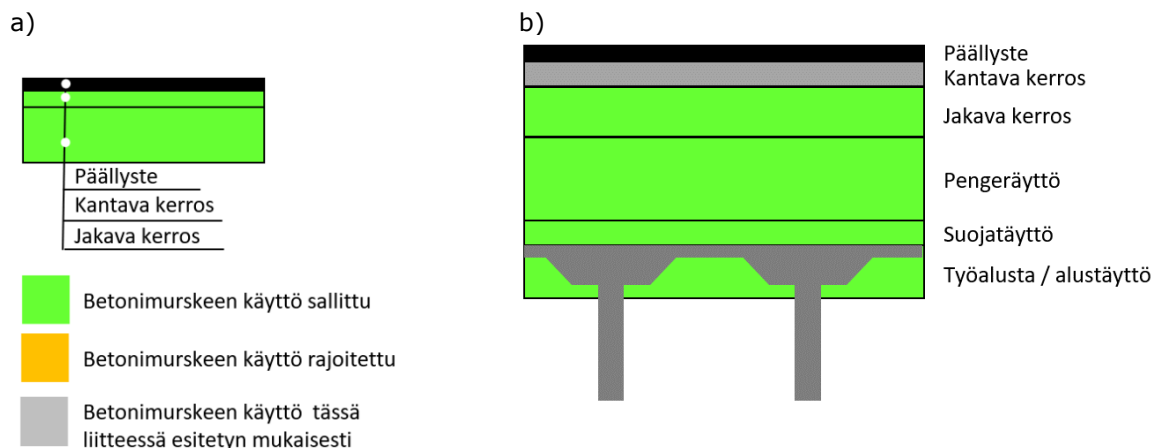
Kuva L1.1. Betonimurskeen reunan etäisyys katualueen reunasta, kun katualue rajautuu a) yleiseen alueeseen ja b) tonttiin.



Kuva L1.2. Betonimurskeen käytön periaatteet jalkakäytävällä ja ajoradalla, jossa on kunnallistekniikkaa. Rajaukset taulukon L1.1 mukaisesti.



Kuva L1.3. Betonimurskeen käytön periaatteet kaapeleiden, kaukolämpöputkien ja kiintoraiteisen raitiotien kohdalla. Betonimurskeen käyttö kaapelien yläpuolisissa täytöissä on mahdollista vain verkoston haltijan luvalla. Betonimurskeen käyttöä raitiolinjan rakentamisessa on käsitelty laajemmin diplomitoissa (Linden 2018 ja Rasmussen 2020).



Kuva L1.4. Betonimurskeen höytykäytön periaatteet a) kevyen liikenteen raiteilla ja tiemäisillä kaduilla ja b) paalulaatan kohdalla.

Laadunvalvonta ja betonimurskeen ympäristökelpoisuustutkimusten yleiset periaatteet (ei MARA-kohteet)

Tässä liitteessä kuvataan ympäristökelpoisuustutkimusten yleisiä periaatteita niissä kohteissa, jotka eivät kuulu MARA-asetuksen piiriin, eli esimerkiksi kohteet, joihin haetaan kohdekohtainen ympäristölupa. Liitteen periaatteita voidaan soveltaa ympäristölupahakemusta laadittaessa.

Ympäristölupapäätöksessä määritetään kohdekohtaiset tutkimukset, enimmäisarvot pitoisuuksille ja liukoisuuksille materiaaleittain (sekä peitetyille ja päällystetyille rakenteelle tarvittaessa).

Näytteenotto ennen purkua

Purkujätteistä näytteet on otettava riittävän ajoissa ennen ehjän rakenteen purkamista. Näin jää riittävästi aikaa ympäristökelpoisuuden arvioimiseksi ja soveltuvan hyötykäyttökohteen tai loppusijoituspaikan selvittämiseksi.

Näytteen on tarkoitus edustaa mahdollisimman hyvin hyödynnettävää materiaalia. Toisaalta ympäristökelpoisuuden kannalta merkittävät haitta-aineet sijaitsevat yleensä purkurakenteiden pinnassa, esimerkiksi maaleissa, vesieristeissä tai pintaan kertyneessä liassa. Näytteiden edustavuus on suunniteltava tapauskohtaisesti.

Näytteenotto voidaan tehdä esimerkiksi timanttipuralla tai kaivinkoneeseen kiinnitettävän iskusaran tai muun murskaimen avulla.

Näytteenotto betonimurskeesta

Betonijätteen näytteenotto jakautuu kahteen toisistaan eroavaan osaan:

- 1) teknisten ominaisuuksien laadunvalvonnan näytteenottoon ja
- 2) ympäristökelpoisuuden tutkimiseen liittyvään näytteenottoon.

Laadunvalvontanäytteet otetaan aina valmistuksen aikana valmistajan näytteenottosuunnitelman mukaisesti.

Teknisten ominaisuuksien laadunvalvonnan näytteitä otetaan edustavasti ja riittävä määrä kuvamaan tutkittavaa erää. Näytemäärän tulee olla standardin SFS-EN 932-1 mukainen. Riittävä näytekoko määräytyy ensisijaisesti tutkittavan jätteen enimmäisraekoon perusteella. Betonimurskeesta tutkittavat ominaisuudet on esitetty standardissa SFS 5884 kohdassa 5.1–5.7. Tutkittujen ominaisuuksien on täytettävä käyttökohteen asettamat tekniset vaatimukset.

Purkujätteen ympäristökelpoisuus osoitetaan valmiista betoni- tai tiilimurskeesta otetun kokoomanäytteen perusteella ympäristöluvan vaatimusten mukaisesti. Purkukohteessa syntyvä ja sieltä hyödyntämispaikalle toimitettava murske tutkitaan aina eräkohtaisesti jäte-erän enimmäiskoko huomioiden. Suurin massamäärä, joka voidaan tutkia yhdellä kokoomanäytteellä, on 10 000 tonnia. Osanäytteiden vähimmäismäärä yhdessä kokoomanäytteessä on 20 kpl.

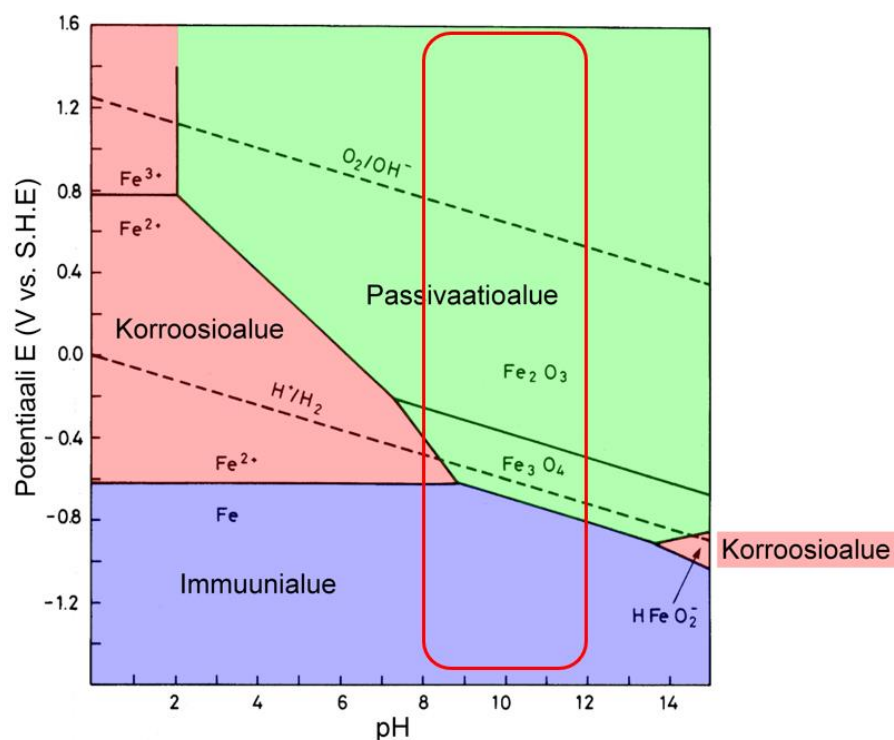
Näytteenoton ohjeistus on esitetty yksityiskohtaisesti MARA-asetuksen soveltamisohjeessa liitteessä 3.

Betonimurskeen vaikutuksia maanalaisen verkoston materiaaleihin

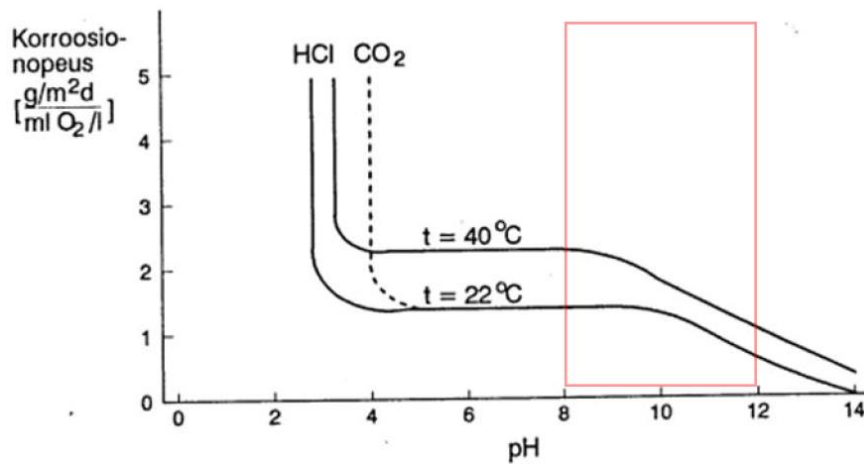
Maanalaiset tekniset verkostot ovat aina alttiita korroosiolle tai turmeltumiselle. Betonimurskeen mahdollinen tai epäilty korroosiovaikutus tai turmeleva vaikutus tulee suhteuttaa siihen, millainen kohteen maaperä on korroosioympäristönä. Betonimurske eroaa luonnon materiaaleista lähinnä pH-arvon puolesta.

Pourbaix-diagrammilla havainnollistetaan metallin ja liuoksen välisen potentiaalieron (E/V vs. SHE) ja pH:n vaikutusta korroosioikäytymiseen, mutta ei korroosionopeuteen. Raudan pourbaix-diagrammin mukaan (kuva L3.1) rauta passivoituu, kun sen potentiaalia nostetaan tai kun pH-arvo on emäksisellä puolella. Passivoitumisessa korroosiotuotteet muodostavat metallipinnalle tiiviin ja yhtenäisen kerroksen, joka eristää metallin ympäristöstään ja hidastaa huomattavasti korroosiota. Kalvo on tavallisesti oksidikalvo, teräksellä Fe_2O_3 tai Fe_3O_4 . (SKY 1988) Kuvan perusteella seostamattomat rautametallit (valurauta ja hiiliteräkset) ovat sähkökemiallisesti stabiileja, kun elektrolyytin eli metallin kanssa kosketuksessa olevan veden pH ylittää noin tason 8-9. Passivoituville metalleille on ominaista pistekorrosio. Suojakalvon vaurioituminen voi johtaa nopeaan pistemäiseen syöpyymiseen. Emäksisissä vesissä suojakalvo muodostuu helpommin ja tiiviimmäksi kuin happamissa tai neutraaleissa vesissä. (SKY 1988)

Kuvassa 5.2 on esitetty teräksen korroosionopeus veden pH:n funktiona. Alkalisella alueella, kun $\text{pH} > 10$, teräksen pinnalle muodostuvan suojakalvon paksuus ja tiiviys rajoittavat hapen diffuusionopeutta ja siten hidastavat korroosionopeutta (SKY 1988). Teräksen korroosiosuojaus perustuu materiaalin seostamiseen, eristämiseen syövyttävästä ympäristöstä, potentiaalisiin siirtämiseen suotuisampaan suuntaan uhrautuvaa metallia tai katodista suojausta käyttämällä tai muuttamalla ympäristön olosuhteita teräkselle suotuisammaksi, esim. nostamalla pH:ta tai kuivattamalla rakennetta.



Kuva L3.1. Raudan korroosipotentiaalikuvaaja (Napari 2016, muokattu lähteestä Hinds 1996). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8-12 (betonimurskeella 11-12,5).



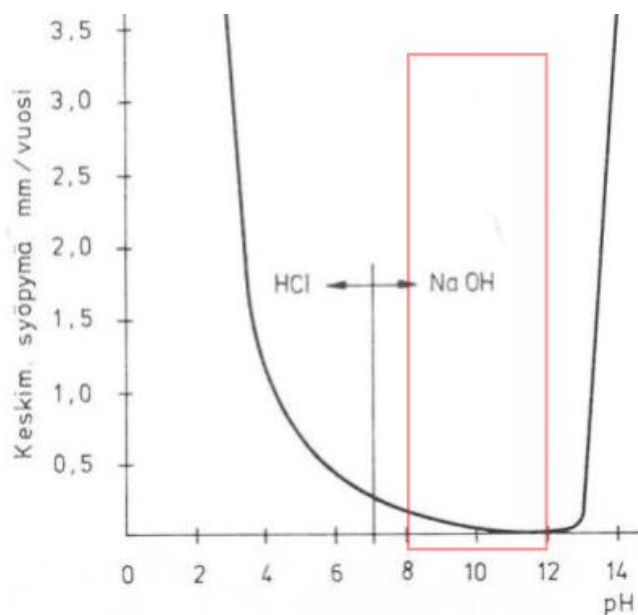
Kuva L3.2. Teräksen korroosionopeus veden pH:n funktiona (SKY 1988). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8–12 (betonimurskeella 11-12,5).

Verkostorakenteissa valurautaputket ja muut metallivarusteet, mutterit suojataan usein korroosiolta uhrautuvalla sinkkipinnoitteella. Sinkkipinnoite suojaa terästä kahdella tavalla:

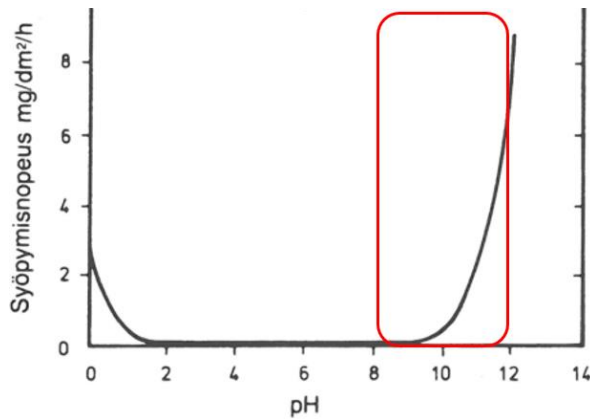
- Sinkkipinnoite muodostaa sulkukerroksen, joka estää hapen ja kosteuden pääsyn valuraudan pinnalle ja
- Sinkki muodostaa katodisen suojan naarmuissa, kolhuissa, iskujäljissä, leikkausreunoissa ja muissa vastaavissa kohdissa.

Sinkki on epäjalo metalli, jolla on suuri korroosiotaipumus. Sinkki syöpyy teräksen sijaan uhrautamalla muodostaen tiukasti kiinnittyviä, emäksisiä korroosiotuotteita, jotka hidastavat korroosiota. Sinkin korrosio on nopeaa, kun pH on alle 6 tai yli 12,5 (kuva L4.3). Sinkki on siis sähkökemiallisesti stabiili, kun pH on välillä noin 6–12,5. (SKY 1988)

Puhdas alumiini on sähkökemiallisesti stabiili pH-alueella, joka ulottuu pH-tasolta 4 noin tasolle 8 (kuva L3.4). Tätä korkeammassa pH:ssa alumiini syöpyy, joskin alumiinin koostumus (seostaminen) vaikuttaa korroosionkestävyyteen merkittävästi.



Kuva L3.3. Sinkin syöpymisnopeus pH:n funktiona (SKY 1988). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8–12 (betonimurskeella 11-12,5).



Kuva L3.4. Alumiinin syöpymisnopeus pH:n funktiona (SKY 1988). Kuvaan on lisätty punaisella rajauksella uusiomateriaaleille tyypillinen pH-alue 8-12 (betonimurskeella 11-12,5).

Betonin turmeltuminen

Maaperän alhaisen pH:n (<6,5) katsotaan vaikuttavan syövyttävästi betonimateriaaleihin. Betonimurske on pH-tasansa puolesta suotuisa ympäristö betonille.

Polymeerien (muovit) turmeltuminen:

Muovista valmistetut tuotteet joutuvat maarakenteissa alttiiksi ympäristötekijöille, jotka saattavat vaikuttaa haitallisesti tuotteen ominaisuuksiin. Tämän vuoksi tuotteilla täytyy olla riittävä kestävyys ainakin seuraavien ominaisuuksien osalta (Liikennevirasto 2012):

- kemiallinen kestävyys (hydrolyysi, hapettuminen),
- mikro-organismien ja bakteerien vastustuskyky,
- terminen kestävyys (lämpö, routa) ja
- auringonvalon kestävyys (ennen asentamista).

Polymeerien kestävyys erilaisissa olosuhteissa vaihtelee materiaalikohtaisesti (taulukko L3.1). Tyypillisesti muovimateriaalit polyeteeni ja polypropeeni kestävät hyvin maaperän kemiallista ympäristöä. (Liikennevirasto 2012) Betonimurskeen korkea pH on haitallinen polyesterille.

Taulukko L3.1. Polymeerien kestävyys eri ympäristötekijöiden suhteen (Liikennevirasto 2012).

Polymeerityyppi	Vastustuskyky										
	Korkea lämpötila	Veden absorboituminen	Hapot	Emäkset	Biologinen hajoaminen	Suolavesi	Mineraaliöljyt	Lentobensiini	Liukeminen	UV-säteet, stabiloimaton polymeeri	UV-säteet, stabiloitu polymeeri
Polyesteri	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko
Polyamidi	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	XXXX	Heikko
Polyeteeni	XXXX	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	XXXX	Heikko	XXXX	Heikko
Polypropeeni	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	Heikko	XXXX	Heikko	XXXX	Heikko


Heikko
 Kohtalainen
 Hyvä
 Erittäin hyvä

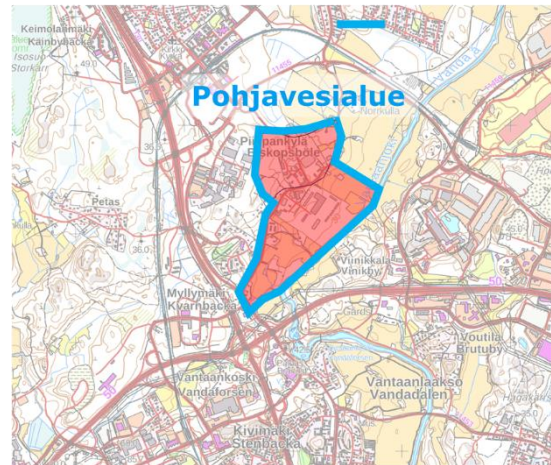
MARA- ja EEJ-betonimurskeen hyödyntämisen erot, periaatteita

MARA-asetus ("mara BeM")

Päällyys- tai pintarakenne ≥ 10 cm
Kantava kerros
Jakava kerros
Suodatinrakenne
Pohjamaa
▽ Pohjaveden pinta

MARA betonimurskeen hyödyntäminen ei ole mahdollista 1- ja 2-luokan pohjavesialueilla.

 Kerrokset, joissa betonimursketta on mahdollista hyödyntää



MARA-asetuksen mukaisen betonimurskeen käyttö **on kielletty** pohjavesialueilla


Kuva L4.1. MARA-asetuksen mukaisen betonimurskeen hyödyntäminen 1- ja 2-luokan pohjavesialueilla (=vedenhankintakäyttöön varten tärkeät tai soveltuvat pohjavesialueet).

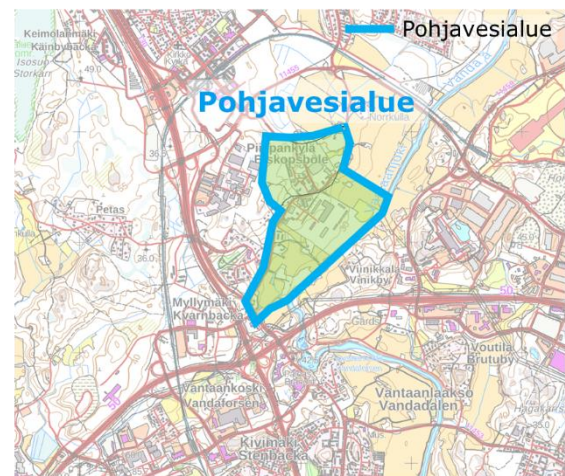
EEJ-asetus ("EEJ BeM")

Päällyys- tai pintarakenne
Kantava kerros
Jakava kerros
Suodatinrakenne
Pohjamaa
▽ Pohjaveden pinta

≥ 2 m

1- ja 2-luokan pohjavesialueilla EEJ-betonimursketta on mahdollista hyödyntää, kun pohjaveden enimmäiskorkeuden ja BeM-rakenteen alapinnan välinen etäisyys on pysyvästi väh. 2 m. BeM-rakenteen kerrospaksuudelle ei ole rajoituksia. Murskeen raekoko max. 90 mm.

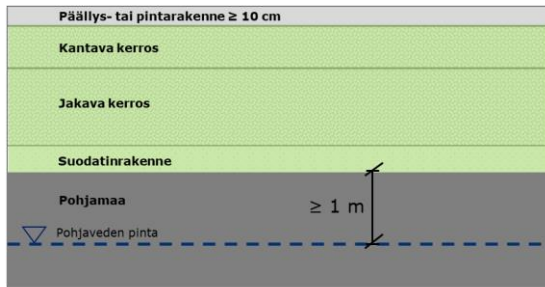
 Kerrokset, joissa betonimursketta on mahdollista hyödyntää



EEJ-asetuksen mukaisen betonimurskeen käyttö **on sallittu** pohjavesialueilla.

Kuva L4.2. EEJ-betonimurskeen hyödyntäminen 1- ja 2-luokan pohjavesialueilla (=vedenhankintakäyttöön varten tärkeät tai soveltuvat pohjavesialueet).

MARA-asetus ("mara BeM")




Betonimurskeen hyödyntäminen on mahdollista, kun pohjaveden enimmäiskorkeuden ja BeM-rakenteen alapinnan välinen etäisyys on väh. 1 m. BeM-rakenteen yhteenlaskettu kerrospaksuus on max. 1,5 m ja murskeen raekoko max. 90 mm.

EEJ-asetus ("EEJ BeM")



BeM-rakenteen kerrospaksuudelle ja etäisyydelle pohjaveden pinnasta ei ole rajoituksia. Murskeen raekoko max. 90 mm. Ei saa sijoittaa pohjaveden pinnan alapuolelle.

 Kerrokset, joissa betonimursketta on mahdollista hyödyntää

Kuva L4.3. MARA- ja EEJ-betonimurskeen hyödyntäminen pohjavesialueiden ulkopuolella ja E-luokan pohjavesialueilla (=pohjavesialue, jonka pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemi on suoraan riippuvainen).