

# Betonimurskeen laadunhallinta

Laura Mikkola

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen

MIKKOLA, LAURA  
Betonimurskeen laadunhallinta

Opinnäytetyö 75 sivua, joista liitteitä 18 sivua  
Toukokuu 2020

---

Euroopan Unioni määrittää Suomen jätelainsäädännön vaatimuksia, jonka perusteella koostetaan Suomen jätelainsäädäntöä. Rakentaminen alana tuottaa suurimman osan Suomessa syntyvistä jätteistä. Uudelleenkäytön ja kierrättämisen merkityksen kasvun myötä lainsäädännön kehittämisen merkitys on kasvanut. Betonimurske on uusiomateriaali, joka on valmistettu jätebetonista. Betonimurskeella rakentaessa saavutetaan taloudellista etua samalla hyödyntäen sen äärimmäisen hyviä teknisiä ominaisuuksia. Betonimurskeen laitosten käsittely vaatii aina ympäristöluvan ja sitä voidaan hyödyntää MARA-ilmoituksella tai ympäristöluvalla. Jatkuvasti päivittyvä lainsäädäntö aiheuttaa välillä ristiriitaisuuksia ja siksi olisikin tärkeää, että kaikilla on selvät ja yhteiset säännöt ja tavoitteet. Tärkeää on luoda selkeät toimintaedellytykset alaa kehittäville toimijoille.

Jätebetonin uusiokäyttö on kokonaisuudessaan kannattavaa vaikkakin sen käyttöä koordinoivat luvat ottavat aikaa. Laatujärjestelmää lähdettiin tekemään yrityksen tavoitteiden ja siihen kantaa ottavien asetusten ja standardien mukaisesti. Näytteenottosuunnitelman merkitys kokonaiskuvan kannalta on merkittävä. Tarkoituksena on tuottaa laadukasta betonimursketta.

Opinnäytetyö on tehty Forssan Ympäristöurakointi Oy:lle, jolle on myönnetty ympäristöluva jätebetonin ja betonilietteiden vastaanottoon. Opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa yritykselle laadunhallintaprosessiin työkalut. Laadunvalvontajärjestelmä on toteutettu niin, että sillä on mahdollista hakea kolmannen osapuolen sertifiointia betonimurskeen tuotannolle. Työssä käydään laajasti läpi betonijätteen elinkaari aina CE-merkityksi tuotteeksi asti. Työssä tarkastellaan betonimurskeen hyviä ominaisuuksia, jotka se saavuttaa uusiokäytön myötä. Samalla käsitellään siihen vaikuttavia lakeja ja asetuksia, jonka mukaan toimitaan. Luotamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta raportista.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Civil Engineering

MIKKOLA, LAURA  
Quality Management of Crushed Concrete

Bachelor's thesis 75 pages, appendices 18 pages  
May 2020

---

Building and construction generate most of the waste in Finland. With the increased importance of reusing and recycling materials all over the world, the need for developing relevant Finnish legislation has grown substantially.

Crushed concrete is a recycled material that has been produced from waste concrete. Building with crushed concrete is economical and the recycled concrete also has the benefit of having extremely good technical features. The treatment of crushed concrete always has to be done in a facility with an environmental permit and utilising the material requires a MARA declaration procedure.

Legislation is revised constantly and the updates sometimes cause contradictory practises and therefore it would be important that everybody has the same clear guidelines and aims. It is important to establish clear operational preconditions for those developing the field. The reuse of crushed concrete is profitable on the whole, even though acquiring the permits co-ordinating its use take time and effort.

The development of the quality system was done in accordance with the company's goals and the decrees and standards affecting those goals. The importance of the sampling plan is important part for of quality management. The aim is to produce high-quality crushed concrete.

This thesis was done for the company Forssan Ympäristöurakointi Oy which has an environmental permit to receive waste concrete and concrete sludge. The purpose of this thesis was to create tools for quality management for the company. The quality control system was implemented in a way that gives the company the option to seek third party certification for crushed concrete production.

Discussion is also provided on the waste life cycle of crushed concrete, all the way to becoming a CE-marked product, and the good technical features the material has. In addition, this thesis deals with the laws and decrees governing the use of recycled concrete. Confidential material was omitted from the public report.

---

Key words: crushed concrete, MARA-regulation, concrete waste, quality management

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	JÄTEBETONI JA BETONILIETE .....	10
	2.1 Betoni jätteenä .....	10
	2.1.1 Kierrätysbetonista valmistettujen murskeiden hyödyt .....	13
	2.2 Betoniliete .....	15
	2.2.1 Betonilietteen uusiokäytön hyödyt .....	16
3	HYÖDYNTÄMISEEN LIITTYVÄT SÄÄDÖKSET JA OHJEISTUS .....	19
	3.1 Lainsäädäntö ja asetukset suunnannäyttäjänä .....	19
	3.2 EU-lainsäädäntö ja jätedirektiivi .....	21
	3.3 Jätelaki ja jäteasetus .....	22
	3.4 EoW- End of Waste .....	23
	3.5 Ympäristönsuojelulaki .....	24
	3.6 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä eli MARA -asetus .....	25
	3.6.1 MARA:n mukaiset käyttökohteet ja pitoisuus- ja laatuvaatimukset .....	26
	3.6.2 MARA -ilmoitusmenettelyn vaiheet ja sisältö .....	28
	3.7 InfraRYL 2017 .....	30
	3.8 Jätevero .....	31
4	BETONIMURSKEEN LAADUNVALVONTA .....	32
	4.1 Laadunvalvontajärjestelmä SFS 5884:2018 mukaisesti .....	34
	4.2 Betonimurskeen CE-merkintä ja kelpoisuus .....	35
	4.3 Tyyppitestaus SFS- EN 13242 .....	36
	4.4 Näytteenotto .....	37
	4.4.1 Näytteenoton vaatimukset SFS 5884:2018 standardissa ...	37
	4.4.2 MARAN:n mukainen näytteenottosuunnitelma .....	39
	4.5 MARA ja laadunhallinta .....	40
	4.6 Betonimurskeen laatuluokitukset .....	41
5	JÄTEBETONISTA BETONIMURSKEEKSI .....	44
	5.1 Rakennuksen purkaminen ja lajittelu .....	44
	5.2 Betonin vastaanotto, jalostus betonimurskeeksi ja varastointi .....	45
	5.3 Betonimurskerakenteiden suunnittelu .....	47
	5.4 Tekniset ominaisuudet ja lujittuminen .....	48
	5.5 Betonimurskerakenteen rakentaminen .....	49
	5.6 Betonimurskekaivantojen luiskakaltevuudet ja tuentojen tarve ...	50
	5.7 Betonimurskeen tiivistystyöt ja kastelun merkitys .....	50

5.8 Betonimurskerakenteiden aukikaivu ja korjaus .....	50
5.9 Betonimurskeen ja luonnonkiviaineksen keskeiset eroavaisuudet.....	51
6 YHTEENVETO .....	52
LÄHTEET.....	54
Liite 1. Jätteen luokittelun päätyminen, EoW - kulkukaavio .....	58
Liite 2. Betonijätteen jalostaminen betonimurskeeksi ja jalostuksen periaatteet .....	59
Liite 3. Betonimurskeen laatuluokitus.....	60

**LYHENTEET JA TERMIT**

Betonimurske	On valmistettu kierrätetystä teollisuus- tai purkubetonista. Se murskataan enintään 90 mm rakeisuuteen.
CE	Conformité Européene. Tuotteet CE-merkitään sen valmistajan puolesta ja se on vakuutus asianmukaisesta laadunhallista ja tuotteen kelpoisuudesta.
EoW -kriteerit	Kriteerit, joiden perusteella jäte lakkaa olemasta jäte. Kriteerit on antanut Euroopan parlamentin ja neuvoston jätedirektiivistä
Etusijajärjestys	Etusijajärjestys on jätehuollon periaate, jossa pyritään ensisijaisesti välttämään jätteen syntymistä, lisättävä uudelleen käyttöä ja viimeisimpänä vaihtoehtona sijoittamista kaatopaikalle.
MARA-asetus	Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017)
Neutralointikyky	Neutralointikyvyllä kuvataan materiaalin kykyä vaikuttaa esimerkiksi maassa sen pH:ta nostavasti

## 1 JOHDANTO

Päästöttömyys, kiertotalous ja vihreät arvot ovat merkittävä osa nyky-yhteiskuntaa ja tämän takia meillä kaikilla on koko rakentamisen ketjussa velvollisuus miettiä ympäristöä vähemmän kuormittavia toimenpiteitä, työmenetelmiä ja materiaaleja. Uusiomateriaalien käyttö tulisi ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheissa, jotta hyväksyttäväksi esitettävissä suunnitelma-asiakirjoissa mahdollistetaan betonimurskeen käyttö.

Kesällä 2018 osana kiertotalouden toimenpideohjelman Euroopan komissio hyväksyi jätesäädöspaketin. Jätesäädöspaketin keskeinen tavoite on tehostaa jätehierarkian eli etusijajärjestyksen noudattamista sekä lisätä materiaalien kierrätystä ja käyttöä resurssitehokkaasti. Jätesäädöspakettiin kuuluu neljä jätealan direktiiviä, joista kaatopaikkadirektiivi ja jätedirektiivi vaikuttavat osaltansa betonijätteen kierrätykseen. Edellä mainitut asetukset tulivat voimaan vuonna 2018 ja ne on pantava toimeen 5.7.2020 mennessä. (EU:n jätesäädöspaketin täytäntöönpano 2019)

Kasvava kierrätyksen merkitys on samalla ohjannut kehittämään materiaalien uusiokäytön tekniikoita ja uusiomateriaalin käyttöön soveltuvia kohteita. Uusien ja jatkuvasti päivittyvien vaatimusten myötä on jouduttu tekemään kehitystyötä kaikkien normien ja vaatimusten osalta. Jokaisen jätteen hyödyntämisellä on kunnianhimoiset tavoitteet tuleville vuosille, mutta se vaatii kaikilta meiltä kiinnostusta kehittää asiaa eteenpäin kokonaisvaltaisesti. Lainsäädäntö, ohjeet ja asetukset elävät jatkuvassa kehityksessä ja murroksessa.

Betonijätettä syntyy betoniteollisuudesta ja purkutyömailta kaiken aikaa. Yhteismäärä kohoaa kahteen miljoonaan tonniin vuodessa ja vuodessa 700 000 – 1 000 000 tonnia päätyy hyötykäyttöön (Infra Ry 2020). Lainsäädäntö ja asetukset ohjaavat Suomessa kierrättämistä ja uusiokäyttöä. Tuotteistamisen ansiosta markkinoille on tuotu vaatimukset täyttäviä uusia kierrätysmateriaaleja. Betonimurske on ominaisuuksiensa ansiosta hyvä tuote luonnonkiviaineksien korvaamiseen.

Kierrätystä ei saisi ajatella sen vaativuutena tai hitautena, vaan asenne pitäisi kääntää pääläelleen. Ympäristötietoisuus kasvaa vuosi vuodelta ja siksi olisi meidän kaikkien tärkeää puhaltaa yhteen hiileen ja ottaa jätteistä kaikki hyöty irti, mitä saatavissa on.

Uusia työkaluja on luotu infrarakentamisen saralle uusiomateriaalien käyttöön. InfraRYL päivitettiin vuonna 2018 vastaamaan kiertotalouden kehitystä ja helpottamaan rakentamista ja suunnittelua. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) eli MARA-asetus päivitettiin vuonna 2018 ja sen myötä laadunhallinnan merkitys kasvoi.

Tämä opinnäytetyö on tehty Forssan Ympäristöurakointi Oy:lle, joka on perustettu vuonna 1999. Betonijätteen vastaanotolle ja murskaustoiminnalle haettiin ympäristölupaa ja lupa betonin vastaanotolle myönnettiin vuoden 2019 lopussa. Vastaanotto ja tuotanto tapahtuvat Forssan Kiimassuon Envitech-alueella.

Kierrätyslaitoksella on tarkoitus vastaanottaa ja käsitellä betoniteollisuuden ylijäämäbetonia (jätenimikkeet 10 13 14, 17 01 01, 17 01 07 ja 19 12 12) ja hylkytuotteita sekä rakentamisessa ja purkamisessa syntyvää esilajiteltua betonijätettä. Toiminnan tarkoitus on tuottaa betoniteollisuudessa sekä rakennus- ja purkukohteissa syntyvästä betonijätteestä maarakentamiskäyttöön soveltuvia kierrätysbetonimurskeita.

Laitoksen toimintaan kuuluvat betonijätteen vastaanotto, välivarastointi raaka-aineena tai valmiina murskeena, käsittely sekä materiaalin siirtely, kuormaus ja kuljetukset. Käsittelytoimintoja ovat murskaus, seulonta ja pulverointi sekä tarvittaessa tehtävä suurempien lohcareiden rikotus iskuvasaralla. Tuotetut murskeet toimitetaan muualle hyödynnettäväksi hakijan omissa tai muiden toimijoiden rakentamiskohteissa.

Tavoitteena on toteuttaa kierrätyslaitoksen betonin- ja betonilietteiden käsittelyn osalta laadunhallinta- ja näytteenottosuunnitelma. Suurena osana raportissa on haluttu käsitellä betonia materiaalia ja sen hyödynnettävyyttä sekä luoda kattava



opas betonijätteiden- ja betonilietteiden käsittelyyn aina betonijätteen laadunhallinnasta betonimurskeella rakentamiseen. Tarkoitus on käsitellä betonirakentamista koko sen elinkaaren aikana, sen purkamisesta uudelleen hyödyntämiseen.

## 2 JÄTEBETONI JA BETONILIETE

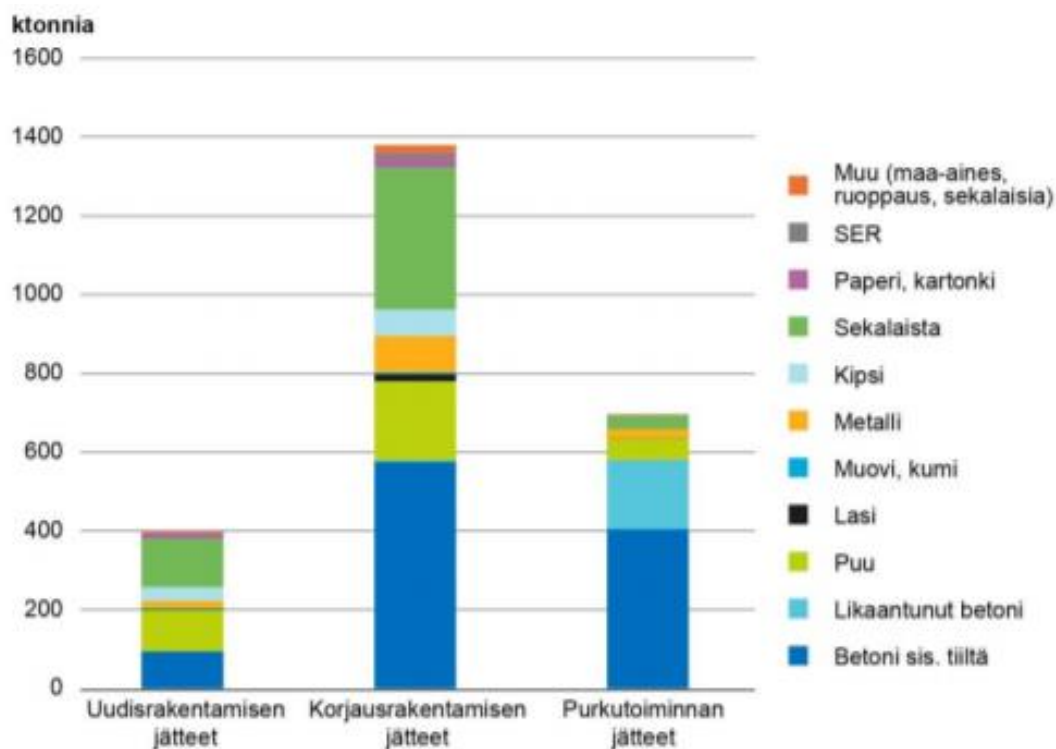
### 2.1 Betoni jätteenä

Betonijäte koostuu pääasiassa luonnon kiviaineksesta, sementistä ja vedestä sekä mahdollisista siihen käytetyistä lisäaineista. Nykyajan lisäaineet eivät sisällä vaarallisia aineita. Vanhoissa rakennuksissa saattaa olla ainejäämiä, joihin se on altistunut käytön aikana kuten erilaisia öljyjä ja kemikaaleja. Vanhoista purettavista kohteista voi betonirakenteista kuitenkin löytyä haitallisia aineita kuten asbestia ja PCB:tä, jota siirtyy materiaaliin purun yhteydessä. Ennen purkamista selvitetään betonin ympäristökelpoisuus ja tässä kohdassa purkutyömaalla lajittelun merkitys korostuu. (Lahden kaupunki & Hollolan kunta 2018)



KUVA 1. Kasalle varastoitua teollisuudesta peräisin olevaa jätebetonia (Laura Mikkola 2020)

Betonijäte on käytöstä poistettua betonia, joka on syntynyt hukkana betoniteollisuudesta tai se on syntynyt purettaessa olemassa olevia rakenteita tai rakennuksia. Jätettä syntyy jatkuvasti ja sitä arvioidaan syntyvän vuositasolla 1,7 - 2,7 miljoonaa tonnia. Jätteen muodostuminen suurimmilta osin keskittyy kasvukeskuksiin ja betoniteollisuuden keskittymiin. (Lahden kaupunki & Hollolan kunta 2018)

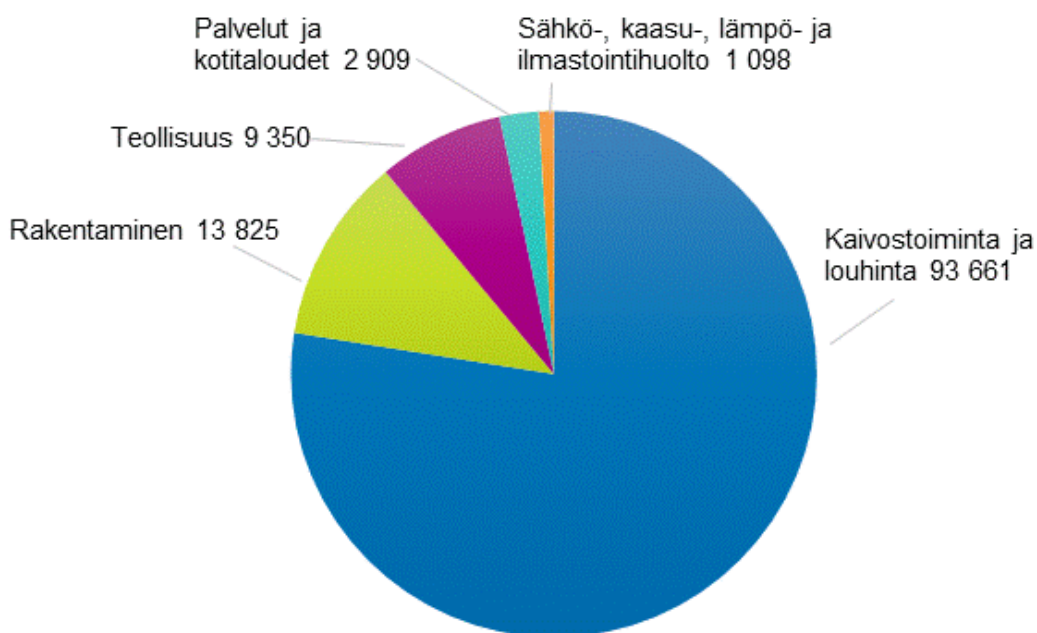


KUVIO 1. Arvio jättekertoimiin perustuvasta jätemäärien ja sen koostumuksen jakautumisesta eri rakentamistoimille (Valtioneuvosto 2016)

Betoniteollisuus hyödyntää prosesseissaan kierrätysbetonia monin eri tavoin. Pesuvedestä tai betonimassasta erotellaan kiviaines erilleen ennen kuivumista ja se itsessään soveltuu jo teknisesti uusiokäyttöön maarakentamisessa. Se voidaan myös uudelleen käyttää betonituotteessa. (Heilä 2011)

Betoniteollisuus ry on tutkinut suoraan tehtaalta tulevan jätebetonin haitta-ainepitoisuuksia. Näytteitä otettiin noin 25 kappaletta. Pitoisuudet ylittyivät vain noin 10 % sallituista arvoista. Johtopäätöksenä tästä heidän mielestään betoniteollisuudesta tulevan murskattavaksi kohdennetun betonin käyttöä tulisi sallia myös pohjavesialueilla ja mittauksia vähentää. Tehtaiden ylijäämäbetoni luokitellaan Suomessa Suomen lainsäädännön mukaisesti jätteeksi. Tämä on ongelmallista, koska esimerkiksi betonimurske ei millään tavoin saastuta maaperää. (Heilä

2011) Lainsäädännön kehityssuunta on pyrkinyt helpottamaan tätä ongelmaa. Ongelmanratkaisuksi on sivutuotteen ja End of Waste -prosessin läpikäynti myös jätebetonin osalta.



KUVIO 2. Jätteiden määrät jätelajeittain vuonna 2016, 1000 tonnia vuodessa (Tilastokeskus 2016)

Jätelain mukaan jätteellä tarkoitetaan tässä tapauksessa ainetta, jonka sen haltija aikoo poistaa käytöstä. Tarkoitus on ensisijaisesti ehkäistä jätteen syntymistä, edistää sen hyödyntämistä sekä vähentää jätehuollosta aiheutuvia haittoja. Edellä mainittujen keinojen avulla pienennetään oleellisesti kasvihuonekaasupäästöjä ja ympäristövaikutuksia. Huomionarvoista on, että kaikki kaatopaikalle päätyvä jäte on hukkaan heitettyä energiaa ja materiaalia. Tärkeää on pyrkiä materiaalitehokkuuteen. (Jätelaki 646/2011)

EWC-koodi (European waste catalogue) on jättekoodi. Kaikille jätteille on oma koodi, joka tulee jäteasetuksen liitteestä 4. Jäteluettelo on koottu esimerkkiluettelona ja siinä mainitut jätteet eivät aina ole jätteitä. Esine tai aine muuttuu jätteeksi sen jälkeen, kun se täyttää jätelain 5 § mukaisen jätteen tunnusmerkit. Taulukkoon 1 on koottu jättekoodit:

TAULUKKO 1. Jätekoodit betonin ja betonilietteiden osalta (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, liite 4)

EWC- jätekoodi	Selite
10 13	sementin, kalkin ja laastin sekä näistä valmistettujen tuotteiden valmistuksessa syntyvät jätteet
10 13 14	<i>betonijäte ja betoniliete</i> , joka syntyy sementin, kalkin ja laastin sekä näistä valmistettujen tuotteiden valmistuksessa syntyvät jätteet
17 01	betoni, tiilet, laatat ja keramiikka, jätteet, jotka syntyvät purkamisen yhteydessä.
17 01 01	betoni
17 01 07	muut kuin nimikkeessä 17 01 06 mainitut betonin, tiilten, laattojen ja keramiikan seokset

### 2.1.1 Kierrätysbetonista valmistettujen murskeiden hyödyt

Uudelleenkäytön ja kierrättämisen merkitys on kasvanut vuosi vuodelta. Erityisesti rakentamisessa ja purkamisessa syntyvä jäte tuottaa suurimman osan Suomessa syntyvistä jätteistä. Jäte on peräisin suurimmaksi osin mineraaleista. Näitä mineraalipitoisia jätteitä syntyy paljon louhinnasta ja kaivostoiminnasta. Kuvion 2 selviää Suomessa syntyvien jätteiden määrä ja sen jakautuminen vuonna 2016. Kuvion mukaan rakentamisesta, louhinnasta ja kaivostoiminnasta syntyvien jätteiden osuus on noin 85 prosenttia kokonaismäärästä.

Sora, hiekka ja kalliosta irti louhittu kiviaines on Suomen eniten hyödynnetty uusiutumaton luonnonvara. Esimerkiksi soranotto lisää pohjaveden pilaantumisriskiä, aiheuttaa vaurioita maisemassa ja vähentää alueen viihtyisyyttä sekä jälki-käyttömahdollisuuksia. Betonimurskeella voidaan korvata neitseellisten kiviaineksien käyttöä ja sitä kautta voidaan vähentää luontoon kohdistuvia ympäristövaikutuksia. (Sivenius 2019a)

Betonimurske on taloudellinen ja ympäristöystävällinen kierrätyskiviaines. Sen käyttö Suomessa on dokumentoidusti alkanut 1990-luvun alussa. Betonimurskeen käyttömahdollisuudet ovat laajentuneet ja mahdollisia käyttökohteita ovat muun muassa varasto- ja teollisuushallien pohjarakenteissa sekä väylä- ja kenttärakentamiskohteissa. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019)

Betonimurske on jätebetonista valmistettu tuote eli uusiomateriaali, sillä se koostuu jätebetonista ja betoniteollisuudesta syntyvästä betonijätteen sivuvirrasta. Tuote CE-merkitään ja se on täysin kilpailukykyinen tuote esimerkiksi normaaleihin kalliomurskeisiin verrattuna. Betonimurske on luokiteltu neljään eri laatuluokkaan, jolla kohdennetaan betonimurskeen käyttöä.

Usein betonimurskerakenteet tehdään normaalin kiviaineksien suunnitelluilla kerrospaksuuksilla. Todellisuudessa betonimurskeella rakentamisessa rakennekerrokset voitaisiin rakentaa ohuemmillä kerrospaksuuksilla. Betonimurskerakenteet lujittuvat materiaalissa olevan sementin takia ja tämän vuoksi rakenteen kantavuus paranee. (Saarinen 2016a) Betonimurskerakenteessa on parempi kantavuus. Se luo etulyöntiasemaa kierrätyskiviainekselle niin teknisesti kuin hinnasakin. Betonimurske on edullisempaa luonnonkiviainekseen verrattuna ja rakennekerrokseen kuluva määrä on pienempi. (Saarinen 2014b) Taavi Dettenbornin diplomityöstä käy ilmi, että kantavuuden olevan 15-25 % suurempi verrattuna tavallisiin kiviaineksiin. Rakenteen kantavuus paranee huomattavasti, kun se tehdään betonimurskeella. Betonimurske on kevyempää kuin neitseelliset kiviainekset. Tämä tuottaa säästöjä kuljetuskustannuksissa ja rakennemenekeissä eli tilavuuspainon ollessa pienempi on tonnikohtainen menekki alhaisempaa. (Dettenborn 2013, Saarinen 2016a)

Usein betonirakentamista pidetään puurakentamiseen verrattuna hyvin ympäristöä kuormittavana rakentamisena, koska sementin valmistus tuottaa paljon hiilidioksidipäästöjä. On syytä muistaa myös sen kyky sitoa hiiltä. Hiiltä sitoutuu karbonatisoitumisen ansiosta ja murskattuna se kiihtyy entisestään. (Saarinen 2016a) Murskattaessa jätebetonia sen pinta-ala moninkertaistuu ja samanaikaisesti sen karbonatisoituminen kiihtyy. Hiilidioksidi palaa takaisin tuotteeseen betonin karbonatisoitumisreaktiossa. Betonimurske on siis hiilinielu, koska se jatkaa

hiilen sitoutumista. Kolmekymmentä vuotta rakenteessa ollut betonimurske on saavuttanut 66 % maksimikarbonatisoitumispotentialistaan. (Saarinen 2014b)

## 2.2 Betoniliete

Betonilietettä syntyy betoniteollisuuden tuotantoprosesseista ylijäämänä. Se sisältää reagoimatonta sementtiä, sillä on korkea kalkkipitoisuus ja neutralointikyky sekä korkea pH. Sitä syntyy vuosittain Suomessa noin 300 000 tonnia. Betonilietteen jatkohyödyntämismahdollisuudet ovat huomattavasti heikommat kuin betonilla, koska sen vesipitoisuus on suuri ja se on hyvin hienojakoista. Se heikentää kuljetusmahdollisuuksia ja aineen käsiteltävyys heikkenee suuresti. Hienoraakeisuutensa takia se on myös routivaa, joka ei puolla sen käyttöä esimerkiksi sellaisenaan rakennekerroksissa. (Saarinen 2014) (Lehtonen 2016)



KUVA 2. Betonilietteen saapumisesta kulunut 1 vuorokausi (Laura Mikkola 2020)

Betonilietteen analyysillä pystytään selvittämään sen kemialliset ja tekniset ominaisuudet ja sen mukaan pystytään kohdentamaan ja selvittämään lietteen jatko-

käyttömahdollisuuksia lannoitevalmisteena. Analyysien mukaan neutralisointikyky on lähes sama, jopa parempi kuin Suomessa markkinoilla olevien maanparannuskalkkien. (Saarinen 2016b)

Betonilietteen osalta merkittävää on sen puhtaus ja saasteettomuus. Sitä ei saisi luokitella jätteeksi, koska se ei esimerkiksi saastuta maaperää eikä sisällä haitallisia aineita. Betoniliete tulisi ajatella tuotteena tai raaka-aineena eikä jätteenä. Usein lietteitä joudutaan jatkoprosessoimaan sen uusiokäytön lisäämiseksi. Se taas kuluttaa resursseja ja lisää kustannuksia. Mitä enemmän käsitellään, sitä enemmän se maksaa. (Lehtonen 2016) (Heilä 2011)



KUVA 3. Betonilietteen saapumisesta kulunut 1 kuukausi (Laura Mikkola 2020)

### **2.2.1 Betonilietteen uusiokäytön hyödyt**

Betonilietteen potentiaalisia käyttökohteita ovat muun muassa aineen käyttö stabiloinnissa, käyttö sideaineena erilaisissa tuotteissa tai mahdollinen uusiokäyttö betonin tai sementin valmistuksessa. (Lehtonen 2016) Betonilietettä voidaan käyttää maarakennuskohteiden täytöissä ja pengerryksissä. Routivuutensa



vuoksi se ei sovellu rakennekerrokseen vaan potentiaalisia käyttökohteita ovat esimerkiksi pengertäytöt. (Heilä 2010)



KUVA 4. Betoniliete kasalle varastoituna (Laura Mikkola 2020)

Ympäristöystävällisyyden merkityksen kasvu, ilmastonmuutos ja neitseellisten raaka-aineiden ehtyminen ovat tämän ajan suurimpia haasteita ja huolenaiheita maailmanlaajuisesti. Normaali pellon kalkitseminen siihen maaperästä louhittavalla kalkkikivellä lisää ilmastokuormitusta. Neitseellisen kalkkikiven korvaaminen betonilietteellä kalkitusaineena säästää luontoa ja vähentää siitä aiheutuvaa ympäristökuormitusta.

Betoniliete on oiva tuote pH:n säätelyssä ja siksi se sopii hyvin maanparannus- ja kalkitusaineeksi. Tonni betonilietettä sisältää noin 50 kg kalkkia. Tämä tuottaa vuositasolla noin 15 000 tonnin edestä mahdollisuuksia maanparannukseen. Maanparannustuotteena hyödytään betonilietteen hienojakoisuudesta, koska se on nopeaa neutralointikykyä ansiosta. (Saarinen 2016b) Kalkituksella on mer-

kittävä vaikutus kasvien kykyyn käyttää ravinteita ja sitä kautta maan tuottavuuteen. Kalkitus vaikuttaa maan mururakenteeseen sitä parantavasti kuohkeuttaen maan rakennetta. Modernissa viljelyksessä tarvitaan kalkitsemista osana pellon ekosysteemiä: pH:n nostaminen lisää kasvien kykyä hyödyntää maassa olevat ravinteet. Kalkitus parantaa maan biologista aktiivisuutta pH:n noston ohella. (Nordkalk n.d.b)

Maanparannuskalkituksessa viljelysmaan pH:n tavoitearvo on 6,5 jolloin viljavuusluokka on tällöin hyvä ja optimaalinen. Peltojen kalkitukseen joudutaan turvautumaan Suomessa, koska maaperä on luontaisesti hapanta ja happamuus heikentää sadon tuottavuutta. Pellon ylläpitokalkitusmäärä on 5 - 7 tonnia hehtaarille. (Nordkalk n.d.b) Korvattaessa neitseellistä kalkkikiveä betonilietteellä päästään samalla kohti ilmastoystävällistä viljelyä. VTT:n tutkimuksen mukaan kaikkien Suomen betonitehtaiden lietteet täyttivät lannoitelain mukaiset vaatimukset maanparannusaineeksi käyttämisen osalta. (Heilä 2011)

Neutralointikyvyllä mitataan käytettävän tuotteen reagointia maaperässä. Neutralointikyvyn perussääntö on: mitä karkeampaa kalkki on, sitä hitaammin se liukenee maahan eli sitä huonompi neutralointikyky tuotteella on. Eli maan pH nousee sitä hitaammin, mitä karkeampaa tuote on. Neutralointikykyä mitataan erimittareilla tuotteiden mukaan. Nopean neutralointikyvyn omaava tuote on rae-kooltaan maksimissaan 6,3 mm ja sen avulla kuvataan tuotteen neutralointipotentiaalia eli nopeutta ja tehokkuutta reagoida maaperän kanssa. Kalkitusaineen todellisen pH:n nostokyvyssä on tuotteen hienojakoisuudella iso merkitys. Tuotteen kokonaisneutralointikyky kuvaa sen kokonaisliukoisuutta hienoksi jauhetuna. Kalkitusaineen tulee täyttää neutralointikyvyn osalta lannoitelain vaatimukset, jotta sitä voidaan käyttää lannoitevalmisteena maataloudessa. (Nordkalk n.d.a)

Betonilietteellä on hyviä ominaisuuksia ja uusiokäytölle pitäisi löytää uusia käyttökohteita. Olisi tärkeää pystyä tehostamaan sen uusiokäyttöä. Haitta-ainepitoisuudet ovat olemattomat ja siksi sitä on turvallista käyttää. (Saarinen 2016b)

### 3 HYÖDYNTÄMISEEN LIITTYVÄT SÄÄDÖKSET JA OHJEISTUS

Suomen jätelainsäädännön tavoitteena on edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja varmistaa, että jätteistä ei aiheudu haittaa terveydelle ja ympäristölle. Isossa roolissa on myös luonnonvarojen kestäväään käyttöön ohjaaminen ja kannustaminen. Etusijajärjestys ohjaa Suomen jätehuoltoa ja sitä ovat tukemassa lainsäädännöt, direktiivit ja asetukset. Ne ohjaavat jätteiden uusiokäyttöä ja loppusijoittamista. Jätelainsäädännön keskeiset tavoitteet ovat ehkäistä jätteen syntymistä ja edistää sen hyödyntämistä, sekä vähentää jätehuollosta aiheutuvia haittoja. Näin edistetään luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja torjutaan ympäristöongelmia. (Jätelaki 646/2011)

Suomen Ympäristöministeriö vastaa valtakunnallisesta ympäristöpolitiikasta, hallinnonalan ohjauksesta sekä strategisesta suunnittelusta. Ympäristöministeriön tehtävänä on asettaa tavoitteet ympäristönsuojelulle, valmistella ja kehittää ympäristöön liittyvää lainsäädäntöä ja johtaa kansainvälistä yhteistyötä. (Sivenius 2019b)

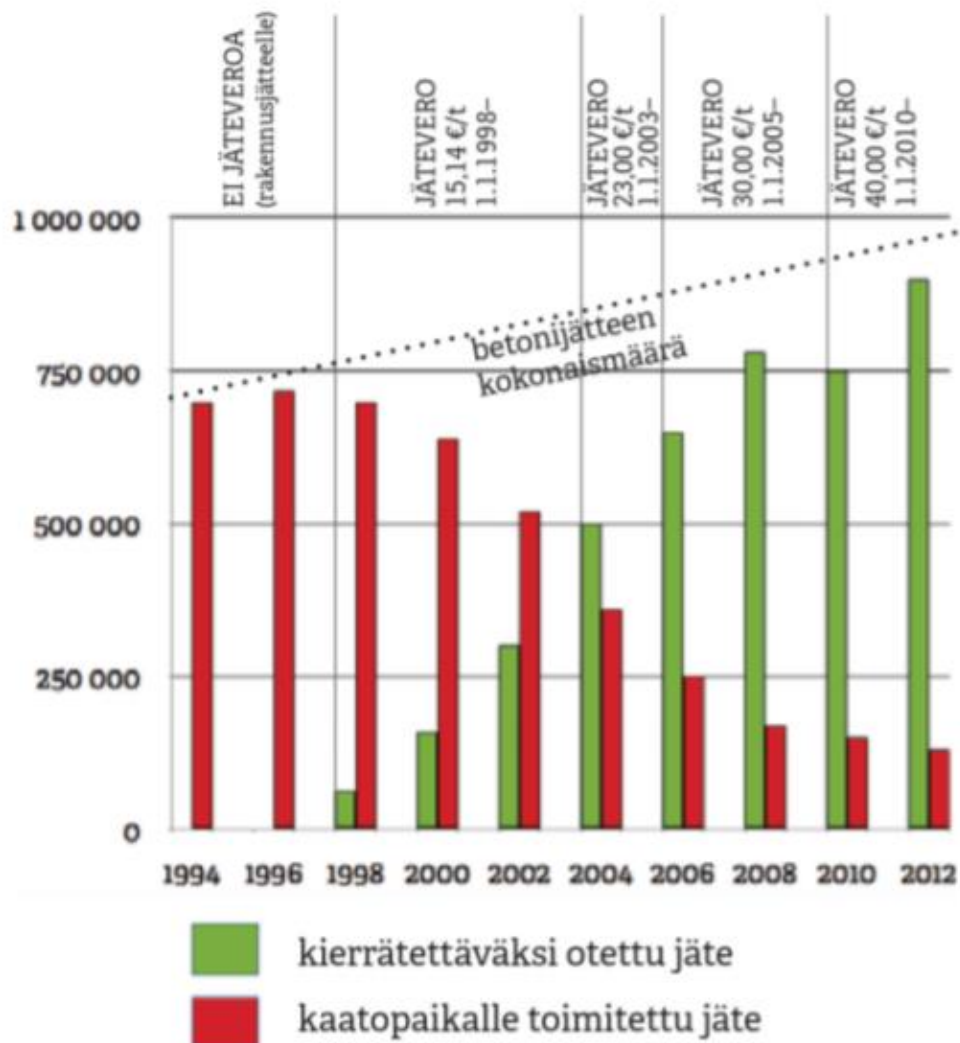
Jätteiden kierrätysastetta pyritään lainsäädännöllisesti nostamaan. Se luo painetta myös rakennusalan toimintaan ja tavoitteet ovat kunnianhimoisia. Jätteen tuottajalle se luo mahdollisuuksia, mutta velvollisuudet kasvavat. Vuonna 2008 Euroopan unioni asetti direktiiveissään tavoitteeksi saavuttaa 70 paino-% kierrätysaste vuoteen 2020 mennessä rakennusjätteen osalta. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019)

#### 3.1 Lainsäädäntö ja asetukset suunnannäyttäjinä

Jätelainsäädännön tavoite on vähentää ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia ja pyrkiä vähentämään niistä aiheutuvia terveysriskejä. EU:n eli eurooppalaisen jätelainsäädännön sisältö määritellään jätedirektiivissä ja sen pohjalta koostetaan Suomen jätelainsäädäntö sekä jätteisiin ja niiden syntyyn ja uusiokäyttöön vaikuttavat säädökset. Suomessa uusi jätelaki ja jäteasetus astui voimaan vuonna 2012 ja se on kehittänyt jätteiden hyödyntämismahdollisuuksia,

kohdistaan samalla täysin uudenlaisia vaatimuksia rakentamisesta aiheutuvien jätteiden käsittelyyn. (Jätelaki 646/2011)

Kaatopaikalle menevästä jätteestä maksetaan jätevero ja sitä on korotettu hiljalleen, jonka myötä esimerkiksi betonijätteen ohjautuminen uusiokäyttöön on lisääntynyt merkittävästi. Kun rakentamisen energiatehokkuus on vuosien ajan ollut keskeisesti otsikoissa, on syytä alkaa huomioida materiaalien tehokas käyttö, resurssitehokkuus sekä kestävä rakentamisen elinkaaren huomiointi. Vuonna 2013 voimaan tulleen valtioneuvoston asetus kaatopaikoista tiukensi jätteiden loppusijoitusvaatimuksia. (Vuorinen 2012)



KUVIO 3. Betonijätteen kierrätyksen kehitys Suomessa vuosina 1994-2012 (Saarinen 2014)

Jätelaki, jäteasetukset ja jätedirektiivit ohjaavat ja velvoittavat materiaalitehokkuuden lisäämistä rakentamisessa ja ne pyrkivät lisäämään sitä oleellisesti kokosen elinkaaren aikana. Valtioneuvoston asetus ottaa kantaa jätteiden uusiokäyttöön maarakentamisessa ja asettaa vaatimuksia ja sallittuja enimmäispitoisuuksia uusiotuotteille.

### **3.2 EU-lainsäädäntö ja jätedirektiivi**

Ympäristöministeriön tavoite on nostaa Suomi kierrätyksen kärkimaaksi. EU:n asettama jätesäädöspaketti on toimeenpantu vuonna 2018 ja sen tarkoitus on vähentää oleellisesti jätteen määrää sekä lisätä sen uusiokäyttöä ja kierrätystä. Rakennus- ja purkujätteen direktiivi täydentyi. Direktiivissä kehitetään rakennus- ja purkujätteen kierrätystä ja pyritään lisäämään sitä. (EU:n jätesäädöspaketin täytäntöönpano 2019)

Jätedirektiivi asettaa rakennusjätteiden hyödyntämistä koskevat raportointivelvoitteet. Aiemmin komission täytäntöönpanopäätös (C(2012) 2384 lopullinen) edellytti raportointi vain rakentamis- ja purkujätteen hyödyntämisasteesta. Tämän päätös on sittemmin kumottu ja sen korvasi (EU) 2019/1004. Nykyisen päätöksen mukaan raportoidaan lisäksi erikseen syntyneen, uudelleenkäyttöön valmistellun, kierrätetyn, maantäyttöön käytetyn ja muutoin materiaalina hyödynnetyn rakennus- ja purkujätteen määrä. Tämän takia myös laadunvalvonta on lisääntynyt jätteitä vastaanottavilla ja hyödyntävillä tahoilla. (EU:n jätesäädöspaketin täytäntöönpano 2019)

Komission täytäntöpäätös (EU)2019/1004) asettaa rakennus- ja purkujätteen raportoinnin ja laaduntarkastusraportoinnin sisältövaatimukset. Raportointitietojen mukana on toimitettava yksityiskohtainen laaduntarkastusraportti. ”Jätedirektiivin mukaan yhdyskuntajätteiden ja rakennusjätteiden osalta on raportoitava erikseen syntynyt, uudelleenkäyttöön valmisteltu ja kierrätetty jäte sekä jätteen muu materiaalihyödyntäminen. Rakennusjätteiden osalta on lisäksi raportoitava erikseen maantäyttö ja muu materiaalihyödyntäminen.” (EU:n jätesäädöspaketin täytäntöönpano 2019)

### 3.3 Jätelaki ja jäteasetus

Jätelainsäädännön uudistuksen ja jatkuvan kehittämisen takia lainsäädäntö on jatkuvassa murroksessa. Jätelainsäädäntöön vaikuttava uudistus EU:n jätedirektiivin osalta astuu voimaan viimeistään heinäkuussa 2020. Kierrätysasteen tulisi olla rakennusjätteiden osalta 70 prosenttia vuoden 2020 loppuun mennessä. (EU:n jätessäädöspaketin täytäntöönpano 2019)

Jätelain (646/2011) säädännön tavoite 1 § mukaisesti: ”Tämän lain tarkoituksena on ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnonvarojen kestävästä käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista.” Jätelain 5 §:ssä määritellään sivutuotteiden ja jätteen eroavaisuus.

Jäteasetus (179/2012) määrittelee jätteen käsittelyyn, ohjaa jätteenkäsittelijän lajittelua ja velvollisuuksia. Jätelain 15 §:n mukaan rakennus- ja purkujätteen määrä ja haitallisuutta on vähennettävä. Lisäksi kaikki purkutoimenpiteissä syntyvä jäte on mahdollisuuksien mukaan kierrätettävä mahdollisimman pitkälle. Työt on suunniteltava ja toteutettava siten, että toiminnasta syntyy mahdollisimman vähän haitatonta purkujätettä. Asetuksen mukaisesti mm. betoni- ja tiilijäte tulee kierrättää ja näin ne tulee kerätä erikseen. Jätelaki velvoittaa 6 §:n mukaisesti erilliskeräyksestä ja kierrätyksestä. (Jäteasetus 179/2012)

Jäteasetus ja jätelaki yhdessä määräävät jätteiden vastaanoton velvollisuudet, kuten kirjanpidon ja viranomaisraportoinnin. Laki velvoittaa monelta osin jätteen hyödyntämistä ja sen kirjanpito- ja raportointivelvollisuudesta sekä asiasisällöistä. Jätelaki velvoittaa moniin toimiin ja jäteasetuksen tarkoitus on selvittää ja avata toimia. Jätelaki uudistui vuonna 2012 ja se toi tiukennuksia jätteiden käsittelyyn ja kierrätykseen.

### 3.4 EoW- End of Waste

Jätelainsäädännön näkökulmasta on vain jätettä tai ei-jätettä. Ympäristöministeriö on valmistelemassa lakia, jonka avulla saadaan jätteiden status muutettua. Pyrkimyksenä on muuttaa jäte tuotteeksi (End of Waste = EoW). Eli jätteeksi luokittelu voi päättyä, mikäli se täyttää jätelain (646/2011) 5.4 § mukaiset määrittelyt. Betonijäte- ja betoniliete ei vielä kuulu niihin jätejakeisiin, jotka olisi hyväksytty End of Waste -listalle. Jätteeksi luokittelu voi kuitenkin päättyä, mikäli toimivaltainen viranomais on ratkaissut sen olevan hyödyntämistoimen seurauksena lakannut olemasta jätettä. (Ympäristö.fi 2020) Betonimursketta koskien on valmisteilla End of Waste-asetus, jonka mukaan ympäristökelpoisuuden täyttävä murskeen jäteluonne voi päättyä (Lehtonen 2019). Määrittelytyö ja asetusvalmistelu betonimurskeen osalta on käynnistynyt vuonna 2019 (Väylävirasto 2020).

Jätelain 5.4 §:ssä määritellään jätteen säännöksiä siitä, milloin aine tai esine ei enää ole jätettä. Se ei enää ole jätettä mikäli:

1. se on käynyt läpi hyödyntämistoimen
2. sillä on markkinat tai kysyntää
3. sillä on käyttötarkoitus
4. se täyttää tekniset vaatimukset ja on vastaaviin käyttötarkoituksen mukaisiin tuotteisiin sovellettavissa ja
5. sen käyttö ei aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

(Jätelaki (646/2011))

Kerran jätteeksi luokitellun esineen tai aineen tulee läpikäydä hyödyntämistoimi, jotta jätteeksi luokittelu voidaan poistaa. Jos käsittely on materiaalin loppukäsittelytoimi eikä hyödyntämistoimi, on kyseessä aina jäte. Vaikka jäte kävisi läpi yhden tai useamman hyödyntämistoimen se voi lakata olemasta jäte. EoW - koodin saadakseen on tämä vain yksi osa-alue kokonaisuudessa. Sen muita kriteereitä ovat sen tosiasiallinen käyttötarkoitus, joka on oltava. Betonimurskeen käyttö maarakentamisessa tulee olla hyödyntämistoimen mukaista eikä loppusijoittamista. Yleinen käyttötarkoitus on olemassa, jos materiaalia käytetään aina samaan käyttötarkoitukseen. Betonimurskeella sijoitus on häilyvää, kun taas esimerkiksi EoW -listalle päätyneestä kupariromusta on todellinen pula ja sille on selkeä käyttötarkoitus. EoW - kriteeristö vaatii aineelta ja esineeltä kysyntää ja

markkinoita. Markkinoiden kehittymiseen vaikuttaa oleellisesti neitseellisen materiaalin saatavuus ja siihen kuluva energia sekä hinnan ja laadun väliset erot vertailtaessa neitseellisen ja jäteperäisen materiaalin välillä. Neljäntenä vaatimuksena säädetään tuotteen teknisistä vaatimuksista ja sen verrattavuutta muihin vastaavalaisiin tuotteisiin. Tämän kriteerin merkittävyys on siinä, että materiaalin käyttäminen suunnitellussa ja käyttötarkoituksenmukaisessa toiminnassa ei ole lainvastaista. Neljäs vaatimus liittyy osin viidenteen vaatimukseen, jossa määrätään materiaalin käyttöturvallisuudesta. Materiaali ei saa aiheuttaa vaaraa eikä haittaa terveydelle tai ympäristöön. Viides kriteeri on merkitsevin kokonaisuuden kannalta. Sen tarkoitus on ratkaista vaikeissa tilanteissa päätöksiä, mikäli se on epävarmaa vielä neljännen kriteerin jälkeen. (Ympäristöministeriö 2018b)

EoW:n kriteeristön tärkeimpinä kriteereinä voidaan pitää, että jäteperäisen aineen tai esineen (tässä tapauksessa materiaalin) aiheuttamat ympäristö- ja terveysriskit voidaan hallita ja jäte menee oikeaan hyötykäyttöön, eikä EoW-menettelyä käytetä keinona kiertää jätteen säilyttämistä tai loppukäsittelyä koskevaa lainsäädäntöä. Opinnäytetyön liitteessä 1 on kuvattu EoW- kulkukaavio prosessista, jossa jätteeksi luokittelusta päästään eroon ja mitä kriteeristöä siihen liittyy. (Ympäristöministeriö 2018b)

### **3.5 Ympäristönsuojelulaki**

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 1 § mukaisesti tavoitteena on suojella luontoa ihmisen aiheuttamalta kuormitukselta, turvata terveellinen sekä viihtyisä luonnontaloudellisesti kestävä ja monipuolien ympäristö. Sen tarkoitus on edistää ja ottaa kantaa luonnonvarojen kestäväan käyttöön ja vähentää jätteiden määrää ja siitä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia.

Ympäristönsuojelulaki ottaa kantaa myös jätteisiin ja niiden sijoittamiseen. Lain mukaan jätteitä ei saa sijoittaa siten, että se voisi aiheuttaa ongelmia tai haitta-vaikutuksia maaperään tai pohjaveteen. Huomioitavaa on, että MARA-asetus ei anna lupaa käsitellä jätebetonia, vaan se on ympäristöluvan alaista toimintaa



Ympäristösuojelulain mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava ympäristölupa. Aluehallintovirastot käsittelevät suurten ja keskikokoisten tuotantolaitosten luvat sekä jätteenkäsittelyn luvat. Pienien laitosten ja tarvitsemat luvat hoitaa kuntien ja kaupunkien ympäristöviranomaiset. (Siveenius 2019b) Aluehallintovirasto myöntää kaikki luvat, jotka ovat yli 50 000 tonnia vuodessa. Kun määrä jää alle 50 000 tonnin myöntää luvat kuntien tai kaupunkien ympäristöviranomaiset. YVA-menettely astuu kuvioon, kun käsittelymäärä on vuorokaudessa enemmän kuin 100 t. (HSY 2015)

### **3.6 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä eli MARA-asetus**

Uusi valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) eli MARA-asetus (jäljempänä MARA) tuli voimaan 1.1.2018 ja korvasi näin entisen asetuksen 591/2006. Siirtymäsäännöksen mukaisesti vanhan asetuksen mukaan toimitaan kaikissa niissä kohteissa, jotka on myönnetty ennen uuden asetuksen voimaantuloa. Asetuksen ydin on jätteen suunnitelmallinen hyödyntäminen maarakennuskohteissa, jotka joka tapauksessa toteutettaisiin huolimatta siitä, onko kierrätyskiviaineksia tarjolla vai ei. Asetuksen tarkoitus on lisätä jätteen uusiokäyttöä maarakentamisessa luonnonkiviaineksien sijasta sekä edistää olennaisesti kiertotaloutta. Uusi MARA on luonut uusia mahdollisuuksia jätebetonin käytölle. MARA:n ansiosta tiettyjä jätteitä voidaan hyödyntää ilmoitusmenettelyllä ilman mutkikasta ja aikaa vievää ympäristölupaprosessia. Suuri muutos on tapahtunut rakennekeskeisyyteen siirtymisessä. Eli lyhyesti: maarakennuskohteisiin haetaan sopivaa materiaalia, eikä jätemateriaalille haeta sijoituspaikkaa. (Huppunen 2019)

Teollisuus hyötyy oleellisesti MARA-asetuksen päivityksestä, sillä asetus antaa paremmat ja helpommat mahdollisuudet hyödyntää teollisuudessa pakostakin syntyviä sivuvirtoja. Käytännössä mahdollisuudet laajenivat:

1. uusia materiaaleja ja laajentuneita hyödyntämismahdollisuuksia
2. haitta-ainepitoisuuksien raja-arvot on määritelty rakennuskohteelle, joka oli aiemmin materiaalikohtaista

3. haitta-ainepitoisuudet rajoja on nostettu
4. laadunhallinta ja sen vaatimukset lisääntyneet, mutta selkeytyneet.

(Ramboll n.d.)

MARA-asetus määrittelee jätebetonin hyödyntämismahdollisuudet niin, että betonimurske voidaan hyödyntää murskeena ilman ympäristölupaa. MARA:n vaatimuksien täytyessä voidaan betonimursketta hyödyntää pelkällä rekisteröinti-ilmoituksella.

### 3.6.1 MARA:n mukaiset käyttökohteet ja pitoisuus- ja laatuvaatimukset

MARA asettaa pakollisia vaatimuksia rakenteisiin ja käyttömääriin. MARA-asetuksen liitteessä kaksi määritellään sallitut haitta-aineiden pitoisuudet eri rakenteilla. Vaatimukset ovat asetettu eri maarakentamiskohteille kuten väylille, kentille ja valleille. Jos betonimursketta valmistetaan seoksella, joka sisältää lisäksi jotakin muuta jätettä esimerkiksi tiiltä, on sen myös täytettävä kaikki MARA-asetuksen määrittämät vaatimukset. MARA -kelpoisia materiaaleja ei saa käyttää pohjavesialueilla. Sen käyttö on rajallista myös asuinalueilla, lasten leikkipaikoilla, luonnonsuojelualueilla ja sisämaan tulva-alueilla. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012)

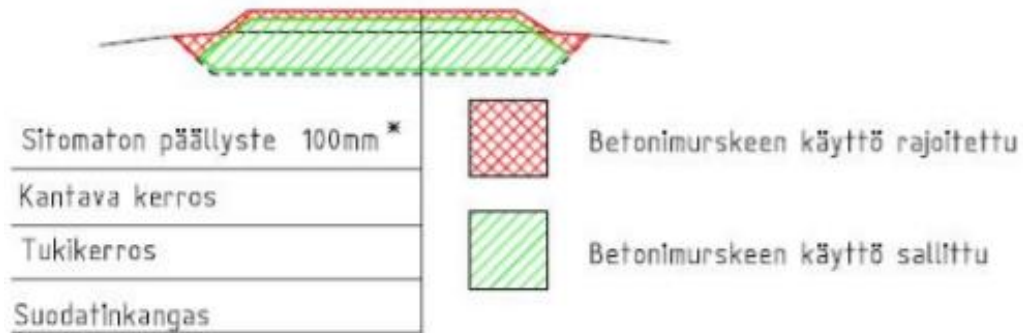
MARA-asetus määrittelee betonimurskeen käyttökohteet ja niiden kohdekohtaiset vaatimukset sekä asettaa raja-arvot haitta-ainepitoisuuksille sekä murskeen tekniset laatuvaatimukset. Asetus (843/2017) määrittelee sen liitteessä 2 haitta-ainepitoisuuksien raja-arvojen lisäksi hyödynnettävää jätettä koskevia muita laatuvaatimuksia:

- jätteen on täytettävä kohteen rakennusosien tekniset ja toiminnalliset vaatimukset. Vaatimuksia määrittelee ohjeet, rakennuttajan kohdekohtaiset suunnitelmat sekä säädökset ja niitä täydentävät määräykset
- betoni- ja tiilimurske saa sisältää enintään yhden painoprosentin verran siihen kuulumatonta vedessä kellumatonta jätettä. Jäte voi olla esimerkiksi puuta tai metallia. Tämän lisäksi murske voi sisältää enintään 10 cm<sup>3</sup>/kg

vettä kevyempää materiaalia. Tällaisia materiaaleja on esimerkiksi eristämateriaalit

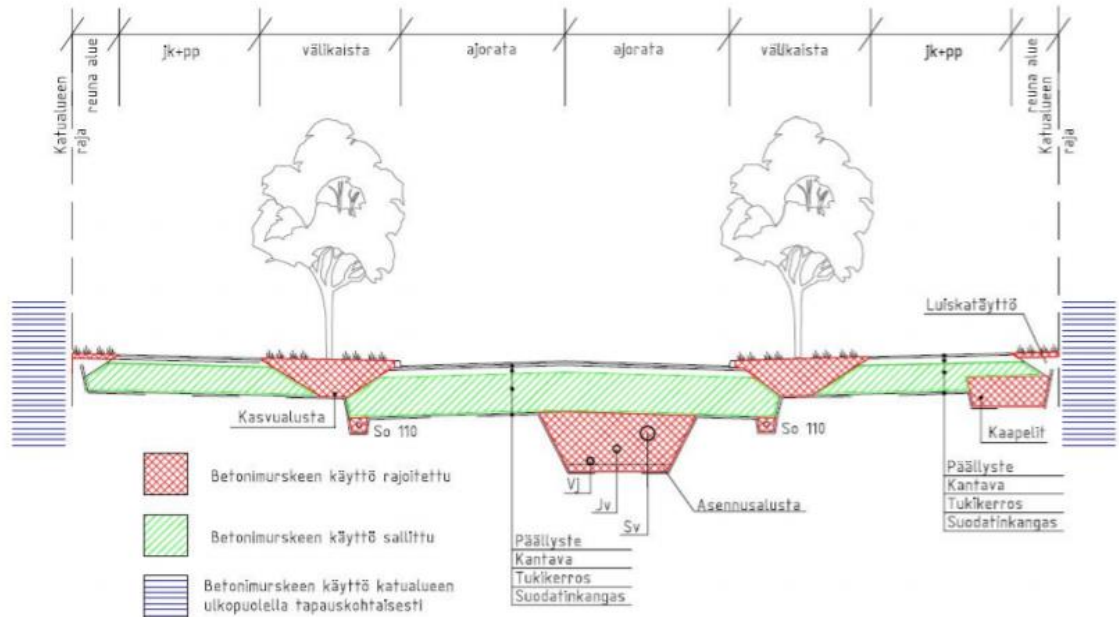
- betonijäte saa sisältää enintään 30 painoprosenttia tiili- ja kaakelijätettä.

(Valtioneuvoston asetus 843/2017, liite 2)



KUVA 5. MARA:n mukainen betonimurskerakenne väylillä ja kentillä (HSY 2015)

Maarakentamiskohteita on MARA-asetuksen mukaisesti väylät, kentät, vallit ja edellä mainitut rakennekerrokset sekä teollisuus- ja varastorakennuksien pohjarakenteet. Käytettäessä MARA:n sallimia materiaaleja rakenteita tulee peittää tai päällystää luonnonkivimateriaaleilla. Kentissä ja väylissä peittosyvyys on vähintään 10 cm kun taas valleissa 50 cm, jonka tulee olla pilaantumaton luonnon maa- tai kiviainesta. Peittämisellä estetään rakenteen leviäminen tai sille mahdollinen altistuminen. Päällystäminen on tehtävä niin, että enintään 5 % sadevedestä imeytyy rakenteeseen. Tämä tapahtuu joko asfaltilla, jonka tyhjätila on enintään 5 % tai muulla vastaavalla materiaalilla, jolla tavoite saavutetaan. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012) (VNA 843/2017)



KUVA 6. Betonimurskeen poikkileikkaus sen hyödyntämisen osalta (HSY 2015)

### 3.6.2 MARA -ilmoitusmenettelyn vaiheet ja sisältö

MARA-ilmoitus tehdään jätteen hyödyntämispaikan mukaan sille ELY-keskukselle, jonka alueella toimitaan. ELY-keskus päättää ja myöntää hyödyntämishakemukset ja tavallisesti käsittely vie noin viikon, mikäli lomake on asianmukaisesti täytetty. Jätteen hyödyntämisen on tapahduttava asetuksen mukaisesti ja hankkeista raportoidaan hankkeen toteutumisesta. ELY-keskus tarkastaa jätteiden hyödyntäjien laadunvarmistusmenetelmät ja kohteen asetuksenmukaisuuden. (Pajunen 2018) Uuden MARA-asetuksen mukaan on ilmoitettava hyödyntämisen jälkeen määrät ja jätteen hyödyntämispaikan sijainti.

MARA-ilmoitusmenettelyn kulku:

1. ilmoituksen laatimista varten vaadittavat tiedot
2. ilmoituksen laatiminen ELY-keskukselle
3. ilmoituksen käsittely ELY-keskuksessa, kestää tavallisesti noin viikon
4. kohteen toteuttaminen puoltavan luvansaannin jälkeen ja jätteen hyödyntäminen
5. hankkeen toteutumisen raportointi ELY-keskukselle ja mahdollisesti jälkitoimenpiteet.

(Pajunen 2018)

Kuviossa 4 on selkeä ja informatiivinen MARA-menettelyn kulkukaavio kuvattuna rakennuttajan näkökulmasta. MARA-menettelyssä tärkeää on täyttää lomake asianmukaisesti liitteineen. On hyvä muistaa, että jättää itselleen liikkumavaraa, koska se helpottaa oleellisesti käytännössä toimimista. Jos esimerkiksi rakenteeseen menevä menekki on alkuperäistä suurempaa tai sitä joudutaan tekemään normaalia pidemmälle, on joustovara helpompi kirjata jo alkuvaiheessa, eikä hakea luvan päivitystä kesken hankkeen. Tästä syystä kannattaakin laittaa laskennallinen menekki MARA-ilmoituksessa puolitoistakertaiseksi. (Nurmi 2019)

MARA-ilmoituksessa on hyvä huomioida käsittelyä helpottavia seikkoja:

- välivarastointia voidaan käyttää hankkeessa, mutta se on työlästä
- jos materiaali ajetaan suoraan rakenteeseen helpottaa MARA-ilmoituksen tekoprosessi oleellisesti
- lupaa kannattaa hakea aina suunniteltua isommalle määrälle
- MARA-kelpoisen materiaalin hyödyntämisaikaa kannattaa laittaa suunniteltua pidempikestoiseksi.

(Nurmi 2019)

Jätteen hyödyntäminen voidaan aloittaa heti kun ELY-keskus on hyväksynyt ilmoituksen. Loppuraportointi on uudistuneen MARA-asetuksen pakollinen osa betonimurskeen hyödyntämisestä. Loppuraportoinnin tekee hyödyntämispaikan haltija tai sen voi valtuutuksella siirtää esimerkiksi rakennuttajalle tai pääurakoitsijalle. (Pajunen 2018)



KUVIO 4. MARA-ilmoitusmenettelyn kulkukaavio rakennuttajan näkökulmasta (Smedlund 2019)

### 3.7 InfraRYL 2017

Betonimurskerakenteiden suunnitteluun kantaa ottaa ”InfraRYL Päällys- ja pintarakenteet 2017”, jossa käsitellään yleiset laatuvaatimukset infrarakentamiselle ja käytettäville materiaaleille Suomessa. Julkaisun päivitys vuonna 2017 mahdollisti betonimurskeella rakentamisen laajemmin ja se huomioitiin yhtenä kiviainesmateriaalina. Materiaalin käyttö jakavissa ja kantavissa kerroksissa on nyt esitetty kattavasti ja selkeästi. (Lahden kaupunki & Hollolan kunta 2018)

InfraRYL ottaa kantaa myös kierrätyskiviaineisiin ja niiden vaatimuksiin. Se määrittelee rakennekerroksien tekniset vaatimukset ja testaustiheydet betonimurskeelle. InfraRYL:n mukaan käytettävän materiaalin tulee olla riittävän tasalaatuisia ja teknisiltä ominaisuuksiltaan maarakennuskelpoista. Vaatimukset on

määritelty rakennekerroskohtaisesti. Materiaalit, joilla on käyttöhistoriaa Suomessa, voidaan käyttää luonnonkiviaineksien tavoin. Niiden on kuitenkin täytettävä standardin EN 13242 soveltamisalaan kuuluvien materiaali-kohtaiset tekniset- ja ympäristökelpoisuusvaatimukset. (InfraRYL 2017)

### 3.8 Jätevero

Jäteverolaki astui voimaan vuonna 1996. Jäteveroa maksetaan kaikesta kaatopaikalle menevästä jätteestä. Veron keräys tapahtuu jäteverolain (1126/2010) mukaisesti. Verohallinto huolehtii veron kantamisesta. Betoni ei ole jäteveron alaista, mikäli se sijoitetaan esimerkiksi pohjarakenteisiin. Jäteverotusta sovelletaan vain kaatopaikoille sijoitettavaan materiaaliin. Jätettä saa säilyttää maksimissaan kolme vuotta välivarastointialueella ennen sen muualla tapahtuvaa hyödyntämistä tai jatkokäyttöä. Mikäli jätettä välivarastoidaan, täytyy sillä olla hyödyntämis- tai käsittelytarkoitus selvillä. Enimmäisaika on jäte-eräkohtainen ja se säilytysaika menee FIFO-periaatteen mukaisesti (first in-first-out). Enimmäisajan täytyessä ylittyessä yhdenkin jäte-erän osalta, katsotaan sen olevan jäteverolain mukaisesti kaatopaikka ja sen jälkeen kaikki varastossa oleva materiaali on jäteveronalaista materiaalia. (Verohallinto n.d.)

Kun jätettä käsitellään ja hyödynnetään muualla kuin kaatopaikalla sovelletaan ympäristöluvan mukaisia ehtoja ja sen mukaisesti määräytyy jätteen veroton hyödyntäminen. Materiaalin on oltava siinä muodossa, että sitä voidaan hyödyntää kyseisessä kohteessa. Jätevero toimii tässä tapauksessa samalla tavalla, kuin MARA:n ajatustyyli: jätteen hyödyntäjän on osoitettava kelpoisuutensa hyödyntämisen osalta. Hyödyntämisen ensisijainen tarkoitus on korvata neitseellisiä raaka-aineita. (Verohallinto n.d.)

## 4 BETONIMURSKKEEN LAADUNVALVONTA

Yrityksen laadunhallintajärjestelmän tavoitteena on parantaa prosessien tehokkuutta ja antaa työkalut, jolla parannetaan asiakastytyvyyttä. Laadunhallintajärjestelmä tehdään yrityskohtaisesti vastaamaan sen toimintatapoja. Se on organisaation, prosessien, menettelyjen ja resurssien kokonaisuus ja osa tehokasta johtamista. (Honkavaara 2018)

Asetukset, säädökset ja lait ottavat kantaa ja omalla tavallaan vaikuttavat yrityksen laadunvalvontajärjestelmän kehittämisessä. Suomen Standardisoimisliitto toimii suunnannäyttäjänä ja raamien antajana laadunvalvontajärjestelmän laati- misessa. Laadunvalvontaprosessi on tehtaan tai toimijan sisäinen laadunvalvon- nan menettely. Sen avulla varmistetaan, että valmistettavat tuotteet täyttävät standardin mukaiset vaatimukset. Laadunvalvontatutkimuksien tarkoitus on to- dentaa tuotteiden tekninen- ja ympäristökelpoisuus. Laadunhallinnan- ja valvon- tatoimenpiteiden kautta jätettä pystytään selkeämmin jäljittämään ja voidaan tuot- taa yksilöityä tuotetta eli betonimursketta. (Suomen Standardisoimisliitto n.d.)

Taulukon 2 ovat yhdessä koonnettu Suomen suurimmat kaupungit koonneet yhteenvetona siitä, miten monella tavalla vaikutetaan betonimurskeen koko elinkaaren aikaiseen hyödyntämiseen. Aina tehtaiden jätesivuvirroista laadunvalvontaan ja markkinoille saattamiseen. Taulukko antaa hyvin kuvan siitä, miten moni asia vaikuttaa betonimurskeen uusiokäyttöön sen hyödyntämisen aikana.



TAULUKKO 2. Betonimurskerakentamiseen vaikuttavat tahot sekä esimerkkejä siihen vaikuttavista ohjeista, säädöksistä ja laeista (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019)

<p>EU:n, Valtion ja Rakennuttajan tahtotila</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- EU:n jätedirektiivi</li> <li>- Valtakunnallinen jätesuunnitelma 2017</li> <li>- Helsingin kaupunki: Kaivumaiden, kiviaineksen ja purkumateriaalien hyödyntäminen maarakentamisessa periaatteet 2018</li> <li>- Tampereen kaupunki: Uusiomaarakentamisen vuosisuunnitelma</li> <li>- Rakennuttajan tahtotilan jalkautetaan erilaisilla ohjeilla ja malliteksteillä suunnittelijalle esim.: Helsingin kaupunki, "<i>Mallialueen suunnittelu, suunnitteluohjelma</i>"</li> </ul>
<p>Ympäristölaki ja asetukset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ympäristönsuojelulaki 2014</li> <li>- Jätelaki 2011</li> <li>- MARA - Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, 2017 + Soveltamisohje 2018</li> </ul>
<p>Standardit ja laatuvaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SFS 5884 Betonimurskeen maarakennuskäytön laadunhallintajärjestelmä, 2018</li> <li>- SFS-EN 13242+A1 Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset</li> </ul>
<p>Julkiset suunnitteluohjeet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Katu 2002, Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet (SKTY, tulossa KATU 2020)</li> <li>- Verkostosuunnittelukäytännöt, HSY:n vesihuolto, 2016 (sisältää liitteen "<i>BeM-ohjeet 2014 vesihuoltoverkoston suunnitteluun</i>")</li> </ul>
<p>Yleiset työselitykset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- InfraRYL, Päälyys- ja pintarakenteet, 2017</li> <li>- InfraRYL, Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, 2018</li> </ul>
<p>Muut ohjeet ja ohjekortit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa, 2019</b></li> <li>- Betonimurskeen laadunvalvontalomakkeet. Purkutyömaalla murskatun betonimurskeen laadunvalvonta maarakennuskohteessa, 2017</li> </ul>
<p>Materiaalitoimittajien ohjeet ja tuotekortit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- esim. Betoroc-murskeohje, Rudus Oy, 2017</li> </ul>
<p>Kaupunkien sisäiset ohjeet ja määräykset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kuntien ympäristönsuojelumääräykset</li> </ul>
<p>Raportoinnin ohjeet ja vaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MARA 2017 + Soveltamisohje 2018 (esitetty vaatimus toteumatiedolle)</li> <li>- Kaupunkien ohjeet toteumatietojen raportointiin on esitetty luvussa 5.7</li> </ul>

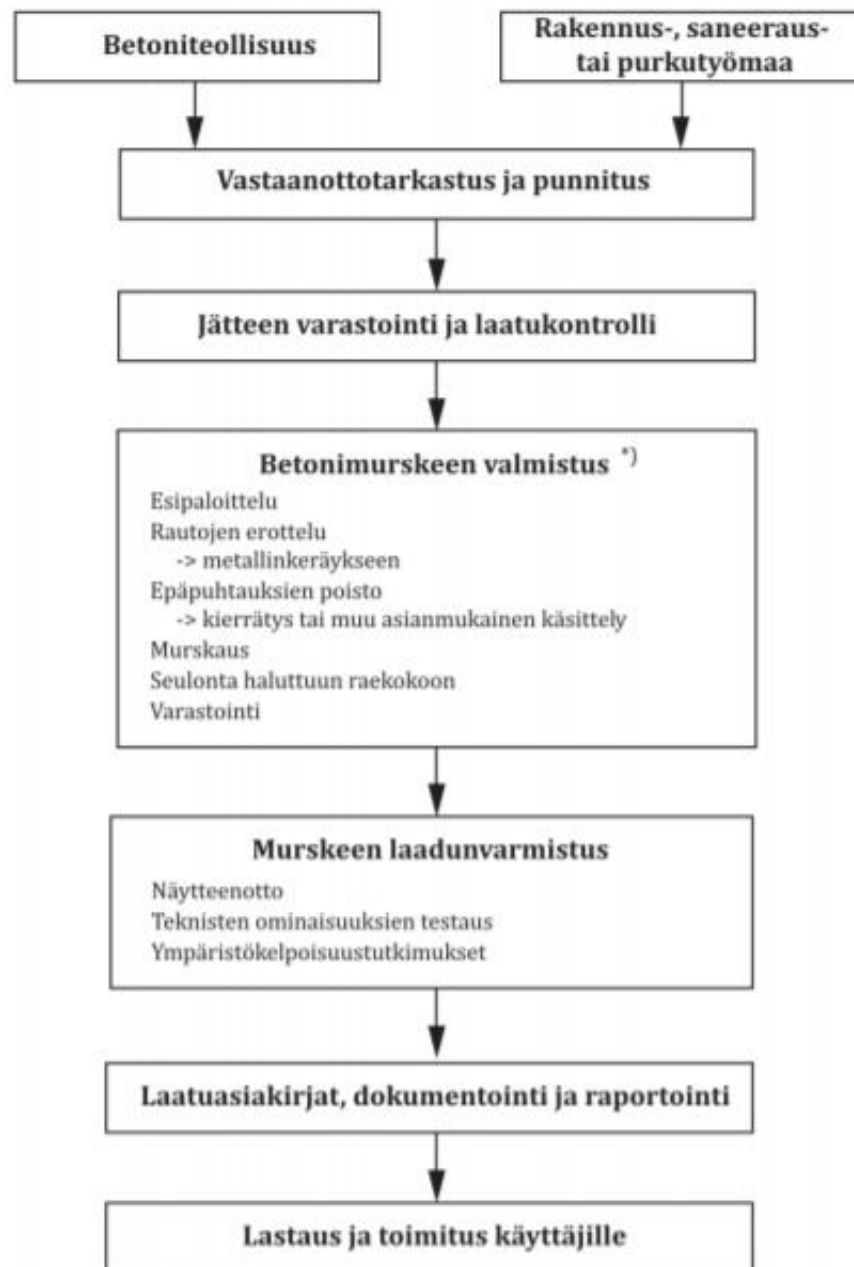
Jättemateriaalin tulee täyttää betonimurskeen laadunhallintaprosessin sekä standardin SFS 5884:2018 mukaiset vaatimukset. Betonimurskeen on sen täytettävälle asetetut tekniset vaatimukset kuin ympäristökelpoisuuttakin osoittavat laatuvaatimukset. Betonimurskeen tulee olla CE-merkittyä, mikäli sitä käytetään kiviaineksenä maarakentamiskäytössä. Tästä voidaan poiketa vain hankekohtaisella päätöksellä tai mikäli omistaja on sama aina jätteen käsittelystä sen hyödyntämiseen asti. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019)

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä eli MARA-asetus ja standardi SFS 5884:2018 kulkevat käsi kädessä laadunhallintaprosessissa ja yhdessä antavat laadunhallinnan toteuttamiseen työkaluja ja vaatimuksia. SFS 5884:2018 mukaisesti tehty laadunvalvonta ja sen mukaan suoritettavat toimenpiteet tuottavat laadukkaan ja oikeanlaisen betonimurskeen. MARA-asetuksen mukaiset kokeet ja laadunvalvonta varmistavat tuotteen ympäristökelpoisuuden ja SFS 5884:2018 antaa ohjeen laadunhallinnan toteuttamiseksi.

#### **4.1 Laadunvalvontajärjestelmä SFS 5884:2018 mukaisesti**

Standardi SFS 5884:2018 määrittelee laadunvalvontajärjestelmää, kun betonimursketta suunnataan maarakennuskäyttöön. Standardin on laatinut Rakennustuoteteollisuus RTT ja sen on tarkoitus tukea turvallista hyötykäyttöä. Se määrittelee laadunhallinnan yleiset periaatteet, laadunvalvontajärjestelmän vaatimukset sekä menettelytavat. (SFS 5884:2018)

Valmistajan laadunhallintajärjestelmän tulee sisältää koko jätteenkäsittelyprosessi jätteen vastaanotosta tai purkamisesta aina sen toimittamiseen käyttäjille. Betonimurskeen valmistajan on varmistuttava vastaanotettavasta materiaalista ja sen riittävän laadun täyttymisestä. Standardin mukainen betonimurskeen valmistusprosessi laitosmaisessa tuotannossa on kuvattu kuviossa 5.



KUVIO 5. Betonimurskeen valmistusprosessi (SFS-EN 5884:2018)

#### 4.2 Betonimurskeen CE-merkintä ja kelpoisuus

CE-merkintä on tullut voimaan 1.7.2013. Rakennusteollisuudessa käytettävissä kiviaineksissa ja uusiomateriaaleissa on oltava CE-merkintä ja se on menettelyistä ensisijainen. Muita hyväksyttäviä toimenpiteitä ovat tyyppi hyväksyntä, varmennustodistus varmistuksen laadunvalvonta ja kohdekohtainen selvitys. CE-merkki on vaatimuksenmukaisuusmerkintä, jonka tehtävänä on ilmoittaa tuotteen

harmonisoidun tuotestandardin mukaiset ominaisuudet. Se on tuotteen valmistajan vakuutus siitä, että tuote täyttää direktiivien vaatimukset. Tuotteita ei tarvitse CE-merkitä, jos niitä käytetään esimerkiksi omissa kohteissa, niin että sen omistajuus ei muutu missään vaiheessa. (Ympäristöministeriö 2019b, Kunnas 2017)

Pelkkä uusiomateriaalien CE-merkintä ei ole riittävä osoittamaan rakennustuotteen teknisiä- ja ympäristökelpoisuusominaisuuksia. Rakennustuotteiden soveltuvuuden osoittamisessa toimitaan lisäksi InfraRYL:n laatuvaatimusten mukaisesti. Betonimurskeen CE-merkintä on mahdollista raekooltaan alle 90 mm murskeelle, mutta raekoko voi olla pienempi esimerkiksi työselostuksen ja InfraRYL:n mukaisesti. CE-merkintä tehdään, mikäli tuotetta luovutetaan ulkopuoliselle toimijalle ennen sen uusiokäyttöä.

### **4.3 Tyypistestaus SFS- EN 13242**

Uusiomateriaalit kuten betonimurske kuuluvat CE-merkinnän alaiseksi, koska CEN on määritellyt sen rakennusmateriaaliksi. Betonimurske kuuluu standardin EN 13242 alaiseksi. Standardin alaisena on materiaalit, joita on käytetty jo vuosien ajan Suomessa ja niitä voidaan käyttää neitseellisten kiviaineksien tavoin. Oleellista on, että ne täyttävät niille annetut vaatimukset. (UUMA3-hanke 2020) Standardi SFS-EN 13242 mahdollistaa uusiokiviainesten CE-merkinnän.

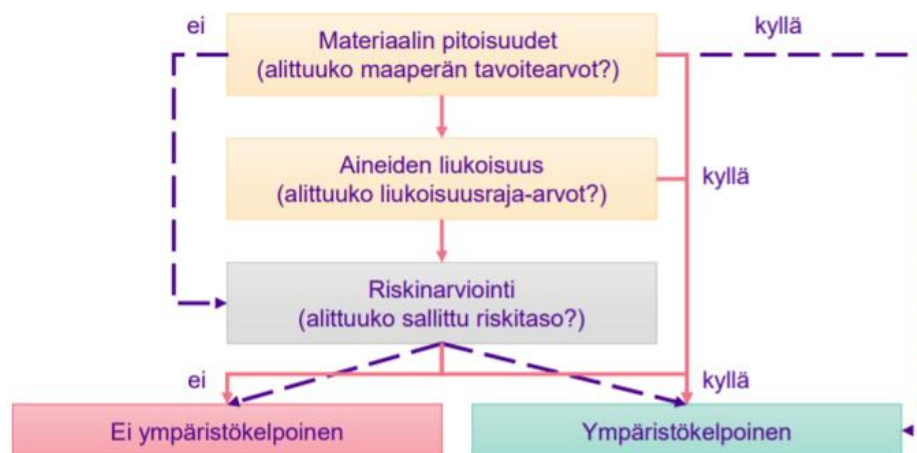
SFS 5884:2018 mukaan betonimurskeen kelpoisuus osoitetaan SFS-EN 13242 mukaisella CE-merkinnällä olettaen, että tuotteen laadunvarmistus on tehty edellä mainitun standardin SFS-EN 13242 mukaisesti. Vaikka tuotetta ei CE-merkittäisi tulee sen laadunvarmistus toteuttaa joka tapauksessa SFS 5884:2018 mukaisesti ja sen tuoteominaisuudet on oltava standardin mukaiset. (SFS 5884:2018)

Tyypistestaus EN 13242 käsittää maa- ja vesirakentamisessa ja tierakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset. Tyypitestauksen tarkoitus on määritellä tuote, joka tehdään sen suoritustasoilmoituksen annetta-

vien suoritustasojen mukaisesti. Tyyppitestaus tehdään usein heti tuotannon alkaessa. Mikäli tuotanto-olosuhteet muuttuvat merkittävästi tai raaka-aineessa on laadullisia muutoksia, on se tehtävä uudelleen. (Kunnas 2017)

#### 4.4 Näytteenotto

Näytteenoton merkitys on tärkeä koko tuotteen elinkaaren aikana. Sen avulla määritetään tuotteiden kelpoisuus markkinoille. Näytteenottoa joudutaan toteuttamaan kahdessa eri laajuudessa. Tuotetta on tarkasteltava niin teknisiltä ominaisuuksiltaan kuin ympäristöominaisuuksiltaan. Laadunvarmistamiseksi otetaan näytteitä valmistuksen aikana aina sen valmistajan näytteenottosuunnitelman mukaisesti. Valmistuksen aikaiset näytteet otetaan aina sen loppupään betonimurskevirrasta. Näyte on mahdollista ottaa myös kasalla olevasta betonimurskeesta. Kuviossa 6 on selkeytetty näytteenoton kulkukaavio. Ympäristökelpoisuuden osoittamiseksi tehdään kokeita, joiden perusteella jätteen luovuttaja osoittaa ympäristökelpoisuuden. (Nieminen 2019)



KUVIO 6. MARA:n mukainen ympäristökelpoisuuden määrittäminen (Nieminen 2019)

##### 4.4.1 Näytteenoton vaatimukset SFS 5884:2018 standardissa

SFS 5884:2018 mukaisesti näytteitä on otettava riittävä määrä ja ne on otettava riittävän edustavasti niin, että koko tutkittava erä on tasaisesti esillä näytteissä.

Standardi SFS-EN 932-1 ottaa kantaa riittävään näytemäärän ja se tulisi tehdä sen pohjalta.

SFS:n mukaan toimitaan, kun tutkitaan betonimurskeen teknisiä ominaisuuksia. Jokainen jäljempänä luettelossa mainittu koe tehdään omien standardien mukaisesti laboratorioissa. Betonimurskeesta tutkitaan seuraavia teknisiä ominaisuuksia:

- rakeisuus
- routivuus
- maksimikuivatilavuuspaino ja optimivesipitoisuus
- puristuslujuus
- kiintotiheys
- Los-Angeles-luku (LA)
- murskeen osa-aineiden luokittelu.

(SFS 5884:2018)

Liitteessä 3 on ote standardista SFS 5884:2018 liitteestä A, jossa ilmenee betonimurskeen latuluokitukset ja niiden mukaiset raja-arvot. Betonimurskeen on täytettävä kaikki liitteen mukaiset raja-arvot kaikilta osakohdilta (1–8) samanaikaisesti. (SFS 5884:2018)

SFS 5884:2018 mukaan jätteen ympäristökelpoisuus tutkitaan MARA:n tai mahdollisen ympäristölupaehtojen mukaisesti. Standardi ottaa kantaa seuraavasti näytteenottoon ja sen vaatimukseen ”Laitosmaisessa betonimurskeen tuotannossa, jossa betonimurske on CE-merkitty ja jossa tehdään jatkuvaa teknisten ominaisuuksien laadunvalvontaa, osa-aineiden luokittelutesti (EN933-11) ja siten kelluvien ja kellumattomien epäpuhtauksien määrittäminen voidaan tehdä kiviainesstandardin ja InfraRYL yleisten laatuvaatimuksien mukaisella näytteenottotiheydellä ja näytteenottomenettelyllä”. Tässä tapauksessa standardin mukaisesti ympäristökelpoisuus osoitetaan taas MARA:n näytteenoton mukaisesti, mikäli ympäristölupa ei muuta vaadi. Ympäristökelpoisuuden osoittaminen tehdään valmista murskeesta otetuina pitoisuus- ja liukoisuusnäytteinä. (SFS 5884:2018)

#### 4.4.2 MARAN:n mukainen näytteenottosuunnitelma

Näytteenotto on osa laadunvalvontatutkimuksia. Jätteen ympäristökelpoisuus tutkitaan siitä otettavien näytteiden perusteella. Osanäytteitä voidaan tarvittaessa jauhaa tai murskata. Näytteenoton suunnittelussa sovelletaan MARA:n mukaisesti standardin SFS-EN 14899 ja Euroopan standardoimisjärjestön (CEN) teknisten raporttien periaatteita ja maarakentamistoimialan omia standardeja. (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017)

Betonimursketta tutkitaan jätteentuottajan mukaisesti:

1. Jätteet laitosmaisesta tuotannosta
  - ympäristökelpoisuutta tutkitaan säännöllisesti
  - tutkimukset kohdennetaan joko jatkuvaan virtaan tai käsiteltäväksi toimitettavaan jätteeseen
  - haitta-ainepitoisuudet on tutkittava vähintään yhdestä kokoomanäytteestä ennen sen toimitusta käsiteltäväksi
  - mikäli laitokselta tuleva jäte ei täytä Valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa mukaista liitteessä 2 annettuja vaatimuksia: voidaan sitä joko ikäännyttää tai käsitellä sitä eri tavoin vaatimuksien saavuttamiseksi
    - o käsittelyn jälkeen otetaan uudet kattavat kokoomanäytteet, jotka on koottu eri osanäytteistä.
  
2. Rakentamisen tai purkamisen yhteydessä syntyvä betoni ja tiilimurske
  - ympäristökelpoisuus tutkitaan kohdekohtaisesti ja purku tehdään lajittelevana, purussa jaoteltava hyödynnettäväksi kelpaamattomat betoni- ja tiilirakenteet
  - purkukohteessa tuotetun valmiin murskeen haitta-aineiden liukoisuudet ja pitoisuudet, materiaali jakauma ja epäpuhtauksien määrä tutkitaan valmiista murskeesta
  - kokoomanäytteet otetaan kattavasti koko jätemäärästä ja nekin jaotellaan purku- tai rakentamiskohtaisesti. (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017)

## 4.5 MARA ja laadunhallinta

Standardi SFS 5884:2018 huomioi betonimurskeen laadunvalvonnassa valtioneuvoston asetuksen jätteiden hyödyntämisestä: ”Standardin mukainen laadunvalvonta ei poista betonimurskeen jätestatusta ja siitä johtuvaa ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014, 27 §) mukaista ympäristölupavelvollisuutta. Betonimurske kuuluu valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä (843/2017) soveltamisalaan. Asetus vapauttaa velvollisuudesta hakea hyödyntämiselle ympäristölupaa. Kun betonimurske ja käyttökohde täyttävät asetuksessa säädetyt edellytykset, hyödyntäminen tapahtuu rekisteröintimenettelyllä. (SFS 5884:2018)

Laadunvarmistusjärjestelmällä pyritään riittävään ja asetuksen mukaiseen jätteen hyödyntämiseen. MARA esittää liitteessään 3 yleiset periaatteet sekä vaatimukset laadunhallinnalle, mikäli jätteitä tullaan hyödyntämään asetuksen mukaisesti. Jätteen luovuttajalla tulee olla laadunvarmistusjärjestelmä. MARA:n mukaisesti jätteen on täytettävä liitteen 2 mukaiset vaatimukset eli ympäristökelpoisuusvaatimukset. Laadunvalvontatutkimuksien perimmäinen tarkoitus on selvittää jätteen ympäristökelpoisuus ja jatko-ohdyntämismahdollisuudet. Laadunhallinnan on oltava suunnitelmallista ja järjestelmällistä. (VNA 843/2017)

MARA:n uudistamisen jälkeen laadunhallintaa ja sen varmistustoimenpiteitä selkeytettiin. Asetus täyttää täysin tarvittavat laadunvarmistustoimet ja asetuksen pykälien mukaisesti toimittaessa saa tuottaja tuotettua täysin ympäristökelpoista tuotetta. Asetus määrittelee jätteiden laadunvalvontatoimia ja niitä tulee käsitellä asetuksen mukaisesti yrityksiensä riskien- ja laadunhallinnassa. Laadunhallintaprosessi on vaatimuksiltaan kasvanut MARA-uudistuksen myötä, mutta ohjeistus on selkeytynyt. (Ramboll n.d.)

MARA-asetuksen liitteessä 3 selvitetään jätteen laadunhallintaprosessi. Liite 3 määrittelee periaatteet ja vaatimukset laadunhallinnalle, kun jätettä hyödynnetään asetuksen mukaisella tavalla. Asetuksen mukaisesti: ”Laadunhallinnalla tarkoitetaan tässä toimenpiteitä, joita hyödyntämispaikan haltijan on edellytettävä jätteenluovuttajalta sen varmistamiseksi, että jäte soveltuu asetuksen mukaiseen käyttöön.” (VNA 843/2017)



Laadunhallinta koostuu kahdesta asiakohdasta:

1. laadunvarmistusjärjestelmästä, joka sisältää
  - jäte ja -nimikkeet
  - vuosittain syntyvät määrät
  - laadunvalvontatutkimukset
  - vastaanotto-, varastointi-, ja käsittelyohjeet
  - vastuuhenkilöt ja heidän pätevyytensä
  - arviointi- sekä auditointisuunnitelma ja
  - tutkimustulosten seuranta, raportointi ja dokumentointi
  
2. laadunvalvontatutkimuksista, joka sisältää näytteenottosuunnitelman ja jätteestä otettavat näytteet.  
(Smedlund 2019)

#### **4.6 Betonimurskeen laatuluokitukset**

Betonimurske jalostetaan kierrätysbetonista murskaamalla ja seulomalla ja se jaetaan laatuluokkiin I–IV. Laatuluokkien avulla betonijäte pystytään luokittelemaan ja sen mukaan määräytyy sen jatkokäyttömahdollisuudet. Laatuluokkaan I kuuluva betoni on peräisin teollisuudesta, kun taas loput kolme ovat peräisin purkutyömailta. Laadukkaista raaka-aineista valmistettu betonimurske on täysin verrattavissa esimerkiksi kallio- ja soramurskeisiin ja joissain ominaisuuksissa se jopa voittaa luonnonkiviainekset. Taulukossa 3 on selkeä ja informatiivinen kuvaus betonimurskeen laatuluokista ja betonin lähteestä.

TAULUKKO 3. Betonimurskeen laatuluokitukset taulukoituna ominaisuuksiensa mukaisesti, suluissa mainitut luvut ovat CE-merkinnän alaiset ominaisuuksien ilmoitustavat. (Lahden kaupunki & Hollolan kunta 2018)

Ominaisuus	BeM I	BeM II	BeM III	BeM IV
Raaka-ainelähde	Betoniteollisuus	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa
Rakeisuus	EN 13242, käyttökohteen vaatimukset	EN 13242, käyttökohteen vaatimukset	EN 13242, käyttökohteen vaatimukset	EN 13242, käyttökohteen vaatimukset
Hienoainespitoisuus	< 7 % ( $f_7$ )	< 7 % ( $f_7$ )	-	-
Routivuus	Routimaton	Routimaton	Routimaton tai routiva	Routimaton tai routiva
Puristuslujuus	> 1,2 Mpa	> 0,8 Mpa	-	-
Osa-aineet	Betoni > 90 % ( $Rc_{90}$ ) tiili < 10 % ( $Rb_{10}$ )	Betoni, lasi, kiviaines yht > 90 % ( $Rcug_{90}$ ) tiili < 10 % ( $Rb_{10}$ )	Betoni, lasi, kiviaines yht > 90 % ( $Rcug_{90}$ ) tiili < 10 % ( $Rb_{10}$ )	Betoni, lasi, kiviaines yht > 70 % ( $Rcug_{70}$ ) tiili < 30 % ( $Rb_{30}$ )
Epäpuhtaudet	< 1 paino-% ( $X_1$ )	< 1 paino-% ( $X_1$ )	< 1 paino-% ( $X_1$ )	< 1 paino-% ( $X_1$ )
Kelluvat epäpuhtaudet	< 5 cm <sup>3</sup> /kg ( $FL_5$ )	< 10 cm <sup>3</sup> /kg ( $FL_{10}$ )	< 10 cm <sup>3</sup> /kg ( $FL_{10}$ )	ei vaatimusta ( $FL_{NR}$ )

Betonimurske on erityisen turvallinen materiaali niin teknisesti kuin ympäristöominaisuuksiltaan, kun se on peräisin suoraan teollisuudesta. Tierakenteissa suositellaan käytettäväksi luokan I betonimursketta kantavuusominaisuuksien ja routimattomuutensa ansiosta. Käyttöluokitus on selkeä; mitä parempi betonimurskeluokitus sitä paremmat käyttömahdollisuudet ja sitä lähemmäksi kulutuskerrosta se sijoittuu. Luokkiin BEM I ja BEM II olevat betonimurskeet sijoittuvat päällystettävillä teillä kantavaan ja jakavaan kerrokseen. Luokan BEM III- betonimurske on soveltuvaa jakavaan kerrokseen ja BEM IV-sijoittuu penkereisiin tapauskohtaisen harkinnan perusteella. (Tiehallinto 2007) Taulukkoon 4 on määritelty betonimurskeen soveltuvuutta eri rakennekerroksissa ja muutamia huomioon otettavia asioita rakentamisen aikana.

TAULUKKO 4. Betonimurskeluokituksen mukaisten murskeiden käyttökohteet rakenneosakohtaisesti. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019)

<b>Rakennekerros</b>	<b>BeM I</b>	<b>BeM II</b>	<b>BeM III</b>
Kantava kerros	+ <sup>(1)</sup>	+ <sup>(1)</sup>	-
Jakava kerros	++	++	+
Suodatinkerros <sup>(2)</sup>	++	++	++
Penger	++	++	++
Lopputäyttö <sup>(3)</sup>	-	+	+
Alkutäyttö <sup>(4)</sup>	-	-	-
Arina <sup>(4)</sup>	-	-	-
++ Soveltuu hyvin + Soveltuu kohtalaisesti - Ei sovellu (1) ++ Rakenteen aukikaivun 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 2016)). (4) Lujittuvia materiaaleja ei käytetä alkutäytössä. Käyttöä arinassa rajoittaa yleensä pohjavesipinnan läheisyys.			

## 5 JÄTEBETONISTA BETONIMURSKEEKSI

Betonimurskeella rakentamiseen kohdistuu koko sen rakentamisen elinkaaren aikana vaatimuksia, jotka on hyvä pitää mielessä. Betonimurskeella rakentaminen ei ole suoraan verrattavissa kiviaineksella rakentamiseen. Betonimurske on ominaisuuksiltaan jonkun verran luonnonkiviaineksista eroavaa ja se tulee huomioida aina suunnittelusta rakentamiseen asti.

Kuivan betonimurskeen käsittelyn aiheuttama pöly saattaa ärsyttää silmiä ja limakalvoja. Pitkäaikainen ihokosketus saattaa aiheuttaa ihon halkeilua ja kuivumista. Betonimurskeesta rakennetuilla alueilla kuljettaessa jalan on huolehdittava riittävästä henkilökohtaisista suojaamista. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019)

### 5.1 Rakennuksen purkaminen ja lajittelu

Rakennuksia purettaessa työhön on haettava purkulupa, jonka myöntää kunnan tai kaupungin viranomainen. On tärkeää pyrkiä mahdollisimman laadukkaaseen uusiomateriaaliin. Betonin murskaaminen betonimurskeeksi edellyttää sen jokaisessa työvaiheessa suunnitelmallista työtä. Purkuvaiheessa lajittelun merkitys korostuu ja purku tehdään lajittelevana purkuna. Hyvä lopputulos koostuu mahdollisimman vähäisestä ylimääräisestä jätteestä ja hyvästä lajittelusta. (Ekokymppi 2020)

Ennen rakenteiden ja rakennuksien purkua on tehtävä mahdolliset asbesti- ja haitta-ainetutkimukset. Betonijätteen hyödyntämiskelpoisuus tutkitaan purkamattomasta rakenteesta. Tärkeää purun yhteydessä on huomioida, että kaikki mahdolliset haitalliset aineet on poistettu ja mahdollisesti pilaantuneet betonirakenteet puretaan erilleen omiin kasoihinsa. Purun aikana tulisi mahdollisuuksien mukaan välttää betonin sekoittumista muihin materiaaleihin kuten muoviin ja puuhun. Purkujätteen toimitetaan vastaanottopaikkoihin, joilla on ympäristölupa betonijätteen hyödyntämiseen. (Lahden kaupunki & Hollolan kunta 2018)

## 5.2 Betonin vastaanotto, jalostus betonimurskeeksi ja varastointi

Jätelain (646/2011) 121 § velvoittaa siirtoasiakirjan laadintaa jätteen tuottajalta. Siirtoasiakirjassa on oltava: ” valvonnan ja seurannan kannalta tarpeelliset tiedot jätteen lajista, laadusta, määrästä, alkuperästä, toimituspaikasta ja -päivämäärästä sekä kuljettajasta.” Jätteiden kuljettajalla on oltava jätteen mukana siirtoasiakirja, jonka on laatinut jätteen tuottaja. Siirtoasiakirjana voi toimia myös jätteen kuormakirja, mikäli siinä on mainittu kuljetettavan jätteen jättekoodi. (Lahden kaupunki & Hollolan kunta 2018)

Betonijäte voidaan myös murskata jo purkutyömaalla. Purkukohteessa murskaaminen on perusteltua, jos murskattava määrä on esimerkiksi suuri tai se voidaan hyödyntää lähialueilla. Betonijätteen murskaus vaatii aina ympäristöluvan ja SFS 5884: 2018 mukaisen laadunhallintajärjestelmän. Jätebetoni varastoidaan jätteen käsittelijän suunnitelmien mukaan omissa varastokasoissaan, niin että erät eivät sekoitu keskenään.

Betonijätteen palakoolla voi olla suuria vaihteluja. Suoraan teollisuudesta tulevassa jätebetonista saattaa olla kokonaisia ontelolaattoja, kun taas purkutyömailta voi tulla valmiiksi pulveroitua betonia. Betonijätettä ja palakokoa säädelään kaivinkoneiden lisälaitteilla ja murskataan siirrettävällä murskauskalustolla. Pulverointikustannukset kasvavat nopeasti ja käsitelty murske ei ole kaikista tasalaatuisina eikä lopputuotteen arvo kohoa. Sen takia pulveroitu murske on järkevintä murskata. Se lisää suuresti betonimurskeen käyttömahdollisuuksia ja sen avulla saadaan säädeltyä rakeisuuksia. MARA-asetuksen mukaisesti suurin sallittu palakoko on 90 millimetriä ja mikäli halutaan käyttää isompaa palakokoa, on siihen haettava ympäristöluva. (Väylävirasto 2019) Taulukkoon 5 on koottu keskimääräisiä ja tapauskohtaisia olettamuksia murskattaessa jätebetonia sen syntypaikalla verrattuna laitospäiseen käsittelyyn. Poikkeuksia voi esiintyä käytännössä ja taulukko kuvaa keskiarvoa. (Lahden kaupunki & Hollolan kunta 2018)

TAULUKKO 5: Purkukohteessa ja käsittelylaitoksen alueella tapahtuvan murskauksen hyötyjä. (Lahden kaupunki & Hollolan kunta 2018)

	Purkutyömaa	Käsittelylaitos
Helppous purku-urakan suunnittelussa ja kilpailutuksessa	-	++
Jätteen kuljetusmatka ja kustannukset	++	-
Kuljetusten hiilijalanjälki	++	-
Murskauksen melu- ja pölyvaikutus	-	+
Murskeen laadunhallinta ja tasalaatuisuus	+	++
Murskeen varastointimahdollisuus	-	++
Murskeen tuotannon ja käyttökohteiden aikataulujen yhteensovittaminen	-	++
Murskeen saatavuus ja saatavuuden ajallinen yhteensopivuus käytön kannalta	-	++
Kustannustehokkuus	++	+

Betonijätteen palakoolla voi olla suuria vaihteluja. Suoraan teollisuudesta tulevassa jätebetonista saattaa olla kokonaisia ontelolaattoja, kun taas purkutyömailta voi tulla valmiiksi pulveroitua betonia. Betonijätettä ja palakokoja säädelään kaivinkoneiden lisälaitteilla ja murskataan siirrettävällä murskauskalustolla. Pulverointikustannukset kasvavat nopeasti ja käsitelty murske ei ole kaikista tasalaatuisina eikä lopputuotteen arvo kohoaa. Sen takia pulveroitu murske on järkevintä murskata. Se lisää suuresti betonimurskeen käyttömahdollisuuksia ja sen avulla saadaan säädeltyä rakeisuuksia. MARA-asetuksen mukaisesti suurin sallittu palakoko on 90 millimetriä ja mikäli halutaan käyttää isompaa palakoko, on siihen haettava ympäristölupa. (Väylävirasto 2019)

Betonijätteen murskauksessa toimitaan pitkälti samoin tavoin kuin luonnonkiviaineksenkin kanssa. SFS 5884:2018 mukaisesti murskeen valmistajan on varmistettava siitä, että vastaanotettava jätebetoni on kelpollista betonimurskeen valmistukseen. Murskattavasta jäte-erästä poistetaan magneettiset materiaalit sekä muut epäpuhtaudet ja se murskataan haluttuun raekokoon. Näytteet kerätään joko linjaston loppupään murskeesta tai jälkeinpäin varastokasoista osanäyttein. Näyteenotto tehdään valmistajan näyteenottosuunnitelman mukaisesti.

Murskauksen jälkeen on huolehdittava, että laadut eivät sekoitu keskenään. Betonimurskeen säilytyksessä ja käytössä toimitaan normaalin kiviaineksien tapaan. Betonimurskeen käytössä kuten myös neutseellisillä murskeilla ja sorilla on huomioitava, että tuote ei pääse lajittumaan. (Tielaitos 1999) MARA-asetuksen mukaan betonijätettä ei tarvitse peittää tai suojata sen säilytyksen aikana. Sen sekoittuminen mahdollisten muiden materiaalien kanssa on estettävä. Valmis murske ei saa sekoittua muiden jätejakeiden kesken. Varastointi ja säilytys tapahtuu betonimurskeen kannalta sen laatua ylläpitävästi.

MARA-asetuksen mukaisesti betonimurskeen varastokasoja ei tarvitse peittää vaan hulevesien hallinta varastoalueella riittää. Betonimursketta saa säilyttää vuoden ajan murskauksesta, siksi onkin suotavaa jatkojalostaa jätebetonia vasta kun betonimurskeelle on käyttökohde varmistettu. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019)

Murskeen tuottaja vastaa materiaalin laadullisten kriteerien ja ympäristökelpoisuuden täyttymisestä. Koska betonimurske luokitellaan jätteeksi, on siitä kirjattava kuormakirja, josta selviää kuljetettavan materiaalin ominaisuudet.

### **5.3 Betonimurskerakenteiden suunnittelu**

Betonimurskerakenteiden suunnittelussa riittävät samantasoiset tutkimukset kuin normaaleja kiviainesrakenteitakin suunniteltaessa (Tielaitos 2000). Suunniteltaessa betonimurskeen kantavuuksia käytetään sen E-moduulia, jonka maksimiarvo määritellään alemman kerroksen kantavuuden perusteella. InfraRYL määrittää rakeisuusvaatimukset käyttötarkoituksen mukaisesti ja antaa ohjeita betonimurskeen ominaisuuksille, vaatimuksille ja mitoitusparametrejä. Taulukossa 7 on InfraRYL:n mukaiset suunnitteluarvot ja ominaisuudet.

Betonimurskerakenteiden suunnitteluun kantaa ottaa ”InfraRYL Päällys- ja pintarakenteet”, jossa käsitellään yleiset laatuvaatimukset infrarakentamiselle ja käytettäville materiaaleille Suomessa. Julkaisun päivitys vuonna 2017 mahdollisti betonimurskeella rakentamisen ja se rinnastettiin luonnonkiviainekseen. Taulukossa 6 on betonimurskeen ominaisuuksia InfraRYL:n mukaisesti.

TAULUKKO 6: Betonimurskeen ominaisuuksia (a,c), vaatimuksia (b) ja mitoitusparametrejä (b). (InfraRYL 2017)

a)	BeM I	Epäpuhtauksista vapaa betonijäte, joka on peräisin esim. betoniteollisuudesta
	BeM II	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte
	BeM III	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen on epävarmaa
	BeM IV	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen on epävarmaa

b) Luokka	Puristus-lujuus [MPa]	Routivuus	E-moduuli [MPa] <sup>(1)</sup>	Hieno-aines-pitoisuus [paino-%]	Tiilen max. osuus [paino-%]	Muiden materiaalien max. osuus <sup>(2)</sup> [paino-%]	Kelluvat materiaalit <sup>(3)</sup> [cm <sup>3</sup> /kg]
BeM I	≥ 1,2	Routimaton	700 <sup>(6)</sup>	f7	10	1	5
BeM II	≥ 0,8	Routimaton	500 <sup>(6)</sup>	f7	10	1	10
BeM III	-	Vaihtelee <sup>(4,5)</sup>	280 <sup>(6)</sup>	-	10	1	10
BeM IV	-	Vaihtelee <sup>(4)</sup>	Vaihtelee	-	30	1	-

1) BeM I ja II saavuttavat esitetyn E-moduulin arvon n. 1-3 kk ja BeM III n. 0-1 kk kuluttua kerroksen tiivistämisestä. Nämä edustavat edullisissa olosuhteissa ohjeiden mukaisesti rakennettuja BeM-kerroksia. Muutoin ko. kantavuuksien kehittyminen kestää pidempään.

2) esim. metallit, kellumattomat puut, muovit, kumit yms.

3) esim. solumuovit, mineraalivilla

4) mikäli hienoainespitoisuus < 7%, routivuuden arviointi tehdään rakeisuuskäyrän perusteella (SFS 5884 Liite C)

5) tie- ja katurakenteissa routimattomuutta edellytetään myös BeM III -betonimurskeelta

6) mitoituksessa on huomioitava alapuolisen kerroksen kantavuus E<sub>a</sub>. BeM III:lla voidaan käyttää katujen yms. kantavuusmitoituksessa E<sub>max</sub> 300 MPa (päällysrakenteen mitoitus on esitetty Liikenneviraston Tie-rakenteen suunnitteluohjeessa)

c) Ominaisuus	BeM I - III	Yksikkö	Ominaisuus	BeM I - III	Yksikkö
Optimivesipitoisuus, w <sub>opt</sub>	8 - 12	%	Kapillaarisuus, H <sub>c</sub>	0,2 - 0,25	m
Maksimikuivatilavuuspaino, γ <sub>dmax</sub>	17,5 - 20,5	kN/m <sup>3</sup>	Vedenläpäisevyys, k <sup>(7)</sup>	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-5</sup>	m/s
Minimikuivatilavuuspaino, γ <sub>dmin</sub>	12,7 - 14,5	kN/m <sup>3</sup>	Happamuus, pH	11 - 12,5	-
Kiintotiheys, ρ <sub>s</sub>	2,55 - 2,65	t/m <sup>3</sup>	Kitkakulma, φ *	40	°

7) Hyvin tiivistetyllä materiaalilla

#### 5.4 Tekniset ominaisuudet ja lujittuminen

Betonimurske on teknisiltä ominaisuuksiltaan lähes kuin neitseellinen kiviaines. Se on kovaa ja rakeisuuskäyriltään samanlaista neitseelliseen kiviainekseen verrattuna. Ominaista betonimurskeelle on sen karkeus ja sitoutumiskyky, jonka ansiosta materiaalikohtaiset moduulit nousevat sitomattomien kerroksien materiaaleja korkeammiksi. (Tiehallinto 2007)

Betonimurskeesta tehtyjen rakenteiden lujittuminen perustuu sitoutumattoman sementin murskauksessa syntyvien reaktiopintojen sitoutumiseen. Rakenteen ennenaikainen liian suuri kuormitus voi aiheuttaa sidosten rikkoutumista, mikäli

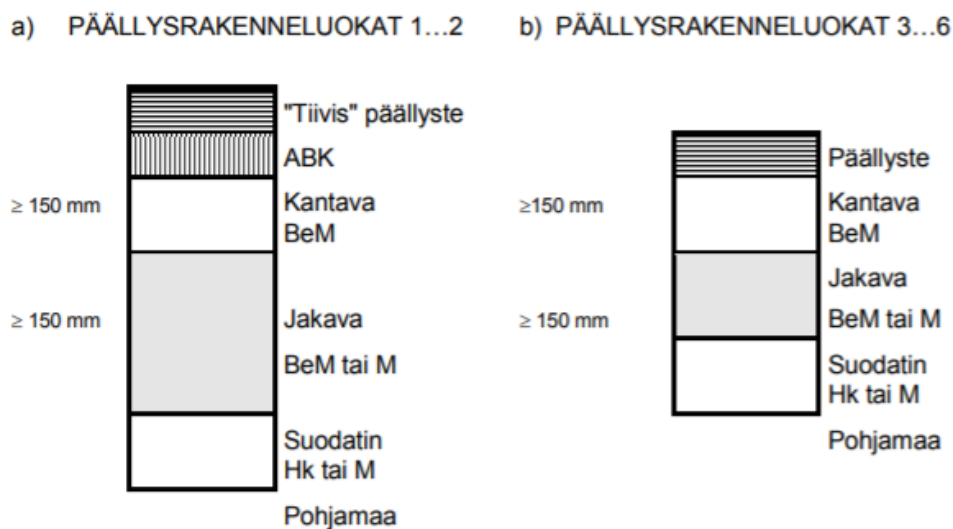


riittävää alkukantavuutta ei ole saavutettu. Alhainen lämpötila ja tiiveysaste hidastaa rakenteen lujittumista ja näin heikentää sen puristuskestävyyttä. Rakenteen tekemistä kylminä aikoina kuten myöhään syksyllä ei näin suositella, mikäli halutaan hyödyntää lujittumisesta saatavaa korkeaa moduulia. (Tiehallinto 2007)

Lujittumisen takia betonimurskerakenne lujittuu vielä noin 2-5 vuoden kuluttua rakentamisesta. Lujittuminen on rakenteessa suurinta ensimmäisien vuosien aikana. Lujittumisen takia rakenteen yläosaan muodostuu laatta ja se on toiminnaltaan kuin jäätynyt rakenne. (HSY 2015)

## 5.5 Betonimurskerakenteen rakentaminen

Betonimurskerakentamisessa toimitaan samalla tavalla kuin normaalin neitseellisen kiviaineksenkin kanssa. Betonimurskeen päällä voidaan liikkua normaalisti työkoneilla eikä se vaadi erityiskalustoa. Betonimurskerakenteella on hyvä kantavuus jo ennen sen tiivistämistä. Betonimurskeen ongelma on sen sisältämät teräkset, jotka sojottavat rakenteesta. Liikkumalla jalan rakenteella on käytettävä erityistä varovaisuutta ja nelipyöräisillä koneilla liikuttaessa renkaita saattaa puhjeta. Tämän takia ennen liikenteelle avaamista rakenteet peitetään joko neitseellisellä murskekerroksella tai asfaltilla. Kuvassa 7 on kuvattu tyyppinen rakenneleikkaus päällysrakenneluokkakokohtaisesti betonimurskeen käytöstä.



KUVA 7. Tyyppinen betonimurskerakenne eri päällysrakenneluokilla. (Tielaitos 2000)

## 5.6 Betonimurskekaivantojen luiskakaltevuudet ja tuentojen tarve

Betonimurskeen hyvän koossa pisyvyyden sekä sen korkean leikkauskestävyyskulman myötä matalat kaivannot voidaan yleensä kaivaa ilman kaivannon tuentaa. Tuennan tarve on tarkistettava kuitenkin tapauskohtaisesti, eikä voida olettaa, että kaivanto ei sorru matalissa kaivannoissa. Mikäli joudutaan käyttämään ponttitusta, on betonimurske poistettava ponttien kohdalta. Betonimurskekerroksen osalta noudatetaan kaivannon luiskakaltevuuksien osalta InfraRYL:n luiskakaltevuusohjeita tiiviin soran osalta. (HSY 2015)

## 5.7 Betonimurskeen tiivistystyöt ja kastelun merkitys

Vallitseva ilmankosteus ja säätila vaikuttaa betonimurskeen käsittelyyn tiivistystöiden yhteydessä. Betonimurskerakenteen tiivistystöitä voidaan nopeuttaa rakenteen kastelemisella lähelle sen optimivesipitoisuutta. Veden on hyvä antaa imeytyä murskeeseen varttitunnin verran ennen tiivistystyön aloittamista. Huomioitavaa on kuivina sekä hellejaksoina rakenteen riittävä kastelu. Riittävällä kastelemisella turvataan betonimurskerakenteen riittävän lujuuden kehitys. Liialla kastelulla on myös kääntöpuolensa: betonimurske liettyy. (Rudus 2017)

## 5.8 Betonimurskerakenteiden aukikaivu ja korjaus

Tulee aika, jolloin rakenteita joudutaan kaivamaan auki tai kajoamaan rakennekerroksiin. Uusiomateriaalit tuovat maarakentamiseen uusia tuulia, jonka myötä rakennustavat elävät murroksessa. Betonimurskeesta tehdyn rakenteen aukikaivaminen käy aivan samalla tavalla kuin normaalin kiviaineksista tehtyjen rakennekerroksienkin. Kaivu tehdään lajittelevasti niin, että aukikaivettavat materiaalit lajitellaan. On tärkeää, että betonimurske ja muut materiaalit säilyvät puhtaina. (Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit 2019)

Täyttö aiheuttaa kysymyksiä, koska usein betonimurske on sitoutunut laataksi ja kantavuus laskee aukikaivun jälkeen. Aukikaivetun kaivannon täyttötöihin betonimurskerakenteella tulisi käyttää ensisijaisesti betonimurskettä. Jos samaisesta

kaivannosta kaivettua materiaalia ei pystytä käyttämään tai betonimursketta ei ole saatavissa voidaan käyttää muita murskeita. Käytettäessä neitseellisiä kiviaineksia on huomioitava rakenteen riittävä ja hyvä tiivistäminen. Valmiin päällysrakenteen kantavuus on oltava vastaava kuin ennen kaivuuta. Kerran aukikaivettu betonimurske lujittuu lähes vastaavalla tavalla kuin ensimmäisellä sijoittamiskerralla. Aukikaivettavan materiaalin ei ole havaittu muuttuvan merkittävästi materiaaliominaisuuksiltaan. (HSY 2015)

## **5.9 Betonimurskeen ja luonnonkiviaineksen keskeiset eroavaisuudet**

Betonimurskeessa oleva reagoimaton sementti aiheuttaa rakenteen sitoutumista ja se on huomioitava rakentamisessa. Rakenne ei saa kuivua liian nopeasti ennen päällystämistä, sillä se heikentää rakenteen sitoutumista. Betonimurskerakenteessa sitoutumisen jälkeen tapahtuvan kaivun kanssa on oltava tarkkana painumien takia. (Tiehallinto 2007)

Betonin korkea emäksisyys ( $\text{pH} > 11$ ) on huomioitava ympäröivissä rakenteissa. Betonimursketta käytettäessä on huomioitava sen mahdollinen riski aiheuttaa korroosiota ympäröiville metallituotteille. Korkea emäksisyys lisää kosteissa olosuhteissa alumiinin ja sinkityn teräksen korroosiota. (Tiehallinto 2007)

Luonnonkiviaineksia kuten louhetta voidaan käyttää vedenalaisissa täytöissä. Betonimurske ei sovellu siihen sen hienoaineksen liettymisvaaran takia. Betonimurske saattaa myös elää veden alla kulkeutua sen mukana. (HSY 2015) Betonimurskerakenteen peittäminen ja päällystäminen tehdään ympäristölainsäädännön, MARA-asetuksen tai ympäristöluvan lupaehtojen mukaisesti.

## 6 YHTEENVETO

Kierrätys ja päästötavoitteet ovat kirjoitetuimpia ja keskustelluimpia uutisia nykypäivän yhteiskunnassa. Kaikkialla halutaan vähentää päästöä ja saavuttaa yhä ekologisempia ratkaisuja. Tavoitteiden saavuttamiseksi ja kierrätyksen lisäämiseksi tarvitaan selkeitä päätöksiä. Lainsäädännön tulisi olla tukemassa näitä tavoitteita ja helpottamassa alalla toimivien ihmisten työsarkaa. Ohjeiden ja standardien kuuluisi olla tukemassa toimijoita eikä olla työtaakkana.

Opinnäytetyön keskeisin tavoite oli tuottaa yritykselle laadunhallintaa varten laadunvalvontaohje, joka sisälsi näytteenottosuunnitelman. Tavoite saavutettiin ja tuloksena oli laadunvalvontaohje. Laadunvalvontaohje tuotettiin niin laajana, että sen avulla on mahdollisuus sertifioida betonimursketuotanto kolmannen osapuolen kanssa.

Opinnäytetyöstä tuli laaja selvitys betonimurskeesta ja sen koko elinkaaresta. Betonimurskeen tuotteistaminen on laaja käsite ja siinä on pitkä matka aina purkutyömaalta tai teollisuuden sivutuotteesta tien rakennekerrokseen. Betonimurskeen laadunvalvontaan erityisesti vaikuttavien MARA-asetuksen ja standardin SFS 5884:2018 myötä on saatu selkeät toimintamallit ja tavoitteet hyvän ja laadukkaan betonimurskeen valmistamiseksi. Asiaa on olennaisesti helpottanut molempien edellä mainittujen ohjeiden päivitystyö. Aiemmin murske velvoitettiin olemaan hyödyntämisen jälkeen raekooltaan 150 mm, kun nykyään sen on kuljetettava määrättyllä rakeisuuskäyrällä ja saavutettava ympäristökelpoisuus. Moni asia on selkeytynyt, mikä on pelkästään hyvä asia koko toimialalle. Kaikille on luotu selkeät pelisäännöt ja vaatimukset ja se on reilu peli kaikille alalla toimiville. Selkeät säännöt helpottavat myös rakennuttamista, kun tuotteen teknisyytensä ja tuotetaso on selvillä. Opinnäytetyö on sisällöltään laaja kokonaisuus ja tarkoituksena on ollut tuottaa tiivis ja selkeä tietopaketti betonimurskeen tuotantoon ja siinä huomioitaviin asioihin aina jalostuksesta suunnitteluun ja rakentamiseen.

Laadullisesta näkökulmasta katsottuna betonimurske on kestävä uusiomateriaali niin teknisyydeltään kuin ekologisuudeltaankin. Laadunhallintaprosessi on jonkin verran raskaampi ja hyödyntämismenettelyt vievät aikaa verrattaessa normaaliin

kiviainesrakentamiseen. Betonimurskeen osalta on menossa End of Waste- menettely ja sen hyväksynnällä betonimurskeen osalta voidaan muuttaa betonimurskerakentamista oleellisesti. EoW-menettelyn läpiajo tulee muuttamaan betonimurskerakentamisen kenttää merkittävästi ja alalla toimijoiden on myös pyytävä mukana tässä kehityksen kelkassa. On hyvin todennäköistä, että betonimurskeen tuotanto muuttuu ulkopuolisen auditoinnin alaiseksi.

Tärkeää olisi huomioida koko rakentamisen ketjussa syntyvät jätteet ja huomioida niiden uusiokäyttö paremmin. Uusiokäyttöä ja uudelleenhyödyntämistä tulisi lisätä kaikissa rakentamisen vaiheissa. Jo suunnitteluvaiheissa olisi tärkeä ottaa vaihtoehtoisia materiaaleja käyttöön, mikäli kohteet sen sallivat. Kun jo rakennusvalvonnan hyväksymissä suunnitelmissa on vahvistettu esimerkiksi betonimurskeen käyttö maarakentamisessa, on huomattavasti helpompaa lähteä tekemään MARA-ilmoitusta. Betonimurskeilla kun on kiistattoman hyvät ominaisuudet peitota neitseelliset kiviainekset.

Kierrätystavoitteet ja päästöjen vähentäminen on osa jokapäiväistä elämää ja uusien innovaatioiden kehittäminen tulee olemaan seuraavien vuosien tärkeimpiä tavoitteita. Pienenä osana käsiteltiin betonilietteiden syntyprosessia ja uusiokäytön mahdollisuuksia. Betoniliete on varustettu hyvillä ominaisuuksilla, vaikkakin sen vesipitoisuus hankaloittaa sen hyödyntämistä. Betonilietteen kehitysnäkymät ovat avoinna, mutta mahdollisuudet siihen olisi merkittävät esimerkiksi sen saasteettomuuden takia. Betonimurskeen osalta tulevaisuus näyttää positiiviselta. Sille on kysyntää sen äärimmäisen hyvien teknisien ominaisuuksien ansiosta. Se on täysin kilpailukykyinen tuote verrattuna neitseelliseen kiviainekseen ja sen uusiokäyttöä tulisi lisätä entisestään tulevina vuosina.

## LÄHTEET

Aurinko, H. N.d. Kiertotalous tai End of Waste- Mitä se oikeasti tarkoittaa?. Luettu 10.5.2020 <https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/kiertotalous-tai-end-of-waste-mita-se-oikeasti-tarκοittaa.html>

Betoniteollisuus ry. 2010. Betoni säästää ympäristöä ja luonnonvaroja. Luettu 10.3.2020

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23668/Betonin%20kierr%C3%A4tysesite.pdf>

Dettenborn, T. 2013. Betonimurskerakenteiden pitkäaikaistoimivuus. Rakennustekniikan laitos. Aalto-Yliopisto. Diplomityö. Luettu 5.3.2020

[https://aalto.doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/30175/master\\_dettenborn\\_taavi\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aalto.doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/30175/master_dettenborn_taavi_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ekokymppi. 2020. Ekokymppin tietopankki: Rakennusjätteet - rakennuksen purku. Luettu 5.5.2020

<https://www.ekokymppi.fi/tietopankki/rakennusjatteet/rakennusten-purku.html>

EU:n jätesäädöspaketin täytäntöönpano. 2019. Luettu 29.3.2020.

<https://www.ym.fi/download/noname/%7BDE1B404D-5E3E-49EE-B067-B912617BD6E8%7D/149561>

Helsingin, Espoon, Tampereen, Turun ja Vantaan kaupungit. 2019. Betonimurske kaupunkien julkisessa maanrakentamisessa- ohje. Luettu 20.4.2020

[http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2019\\_04\\_Betonimurske\\_kaupunkien\\_julkisessa\\_maaarakentamisessa.pdf](http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2019_04_Betonimurske_kaupunkien_julkisessa_maaarakentamisessa.pdf)

Heilä, S. 2011. Betoniteollisuus kohti suljettua kiertoa. Betoni-lehti 2/2011.

Luettu 5.3.2020 <https://betoni.com/betonilehti/22011/>

HSY. 2015. Betonimurske- Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. Luettu 20.3.2020

<https://maisemabetoni.fi/wp-content/uploads/2013/08/betonimurskeen-hydyntaminen-infrarakentamisessa-pkaupunkiseudulla.pdf>

Honkavaara, T. 2018. Laadunhallinnan merkitys yrityksen menestymisessä.

Luettu 8.5.2020 <https://www.qreform.com/ajankohtaista/laadunhallinnan-merkitys-yrityksen-menestymisessa/>

Huppunen, J. 2019. Kiertotaloutta maanrakentamiseen. Ympäristölait ja -lupajärjestelmät kurssimateriaali PDF-dokumentti. TAMK, Tabula

Infra Ry. 2020. Purku ja Kierrätys. Luettu 19.4.2020.

<https://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/Tietoa-alasta/Purku-ja-kierratys/>

InfraRYL. 2017. Päälyys- ja pintarakenteet.

Jätelaki 646/2011. Luettu 6.4.2020. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

- Kunnas, T. 2017. Kiviainesten CE-merkintä. Luettu 26.4.2020  
<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/ajankohtaista/esitysaineistot/laatupaiva/rakennusteollisuus-rt-tuuli-kunnas.pdf>
- Lahden kaupunki & Hollolan kunta. 2018. Betonimurskeohje - Betonimurskeen käyttö infrarakentamisessa Lahden ja Hollolan alueella. Luettu 16.4.2020.  
<https://www.hollola.fi/library/files/5bf3db79c91058178e000689/Betonimurskeohje.pdf>
- Lehtonen, K. 2016. Betoniliete- hankala jäte vai arvotuote. Luettu 20.3.2020  
<https://betoni.com/wp-content/uploads/2016/11/9.-Betoniliete-%E2%80%93-hankala-j%C3%A4te-vai-arvotuote-Katja-Lehtonen-Rudus-Oy.pdf>)
- Lehtonen, K. 2019. Purkubetonin hyödyntäminen Helsingin infrarakentamisessa. Luettu 29.4.2020  
[https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1745/betonimurskeiden\\_hyodyntaminen\\_ ja\\_valvonta\\_katja\\_lehtonen\\_190515.pdf](https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1745/betonimurskeiden_hyodyntaminen_ ja_valvonta_katja_lehtonen_190515.pdf)
- Nieminen, M. 2019. Jätteiden hyötykäyttö maanrakentamisessa ja ympäristökelpoisuus- kurssi- ja luentomateriaali. TAMK, Tabula.
- Nordkalk. N.d.a Jos viljelet niin kalkitset. Luettu 25.4.2020 <https://www.nordkalk.fi/tuotteet/kalkkikivijauhe/nordkalk-aito-maanparannuskalkit/>)
- Nordkalk. N.d.b Kalkitusopas. Luettu 22.4.2020.  
[https://www.nordkalk.fi/document/1/788/831b55b/Nordkalk\\_Kalkitusopas.pdf](https://www.nordkalk.fi/document/1/788/831b55b/Nordkalk_Kalkitusopas.pdf)
- Nurmi, J. 2019. Kestävää kasvua kiertotaloudesta. Luettu 14.5.2020  
[https://lab.fi/sites/default/files/2019-05/MARA-menettely\\_Jenni%20Nurmi.pdf](https://lab.fi/sites/default/files/2019-05/MARA-menettely_Jenni%20Nurmi.pdf)
- Pajunen, E. 2018. Eräiden jätteiden hyödyntäminen maarakentamisessa. Luettu 22.4.2020.  
<https://www.ym.fi/download/noname/%7BB0C084E2-6C87-4943-A4CC-0CB1F5ED14A8%7D/141613>
- Ramboll. N.d. MARA-asetus tehostaa jätteiden käyttöä maarakentamisessa. Luettu 1.4.2020.  
<https://fi.ramboll.com/media/artikkelit/ymparisto/mara-asetus-maarakentamisessa>
- Rudus. 2017. Betoroc-murskeohje. Luettu 28.3.2020.  
<https://www.rudus.fi/Download/24032/Betoroc-murske%20ohje.pdf>
- Saarinen, S. 2014. HSY julkaisu rakentamisohteistuksen Betoni kiertää purkurakenteesta rakennusmateriaaliksi. Betoni 4/2014. Luettu 16.4.2020  
[https://issuu.com/kivirakentaminen/docs/betoni\\_4\\_2014\\_koko\\_lehti\\_web](https://issuu.com/kivirakentaminen/docs/betoni_4_2014_koko_lehti_web)
- Saarinen, S. 2016a. Kaikki hyödyt käyttöön Betonimurske korvaa luonnonkiviaineksen, Betoni-lehti 3/2016.Luettu 14.3.2020  
[https://issuu.com/kivirakentaminen/docs/betoni-lehti\\_3\\_2016/90](https://issuu.com/kivirakentaminen/docs/betoni-lehti_3_2016/90)

- Saarinen, S. 2016b. Betonilietteen lujittumis- ja kalkitusominaisuudet hyötykäyttöön Betoni 4/2016. Luettu 19.3.2020  
[https://betoni.com/wp-content/uploads/2016/12/BET1604\\_74-77.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2016/12/BET1604_74-77.pdf)
- SFS - Suomen Standardisoimisliitto. 2018. Standardi SFS 5884:2018. Luettu 15.5.2020
- SFS - Suomen Standardisoimisliitto. N.d. Standardit tutuksi. Luettu 14.3.2020  
[https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi)
- Sivenius, J. 2019a. Ympäristötekniikan - kurssi- ja luentomateriaali. TAMK, Tabula
- Sivenius, J. 2019b. Ympäristölait ja lupajärjestelmät kurssi- ja luentomateriaali. TAMK, Tabula
- Smedlund, I. 2019. Betonimurskeen käyttö. Luettu 13.4.2020  
<https://www.vasek.fi/assets/Files/Kiertotalous/Betonimurskeen-kaytto-Kasi-kirja.pdf>
- Tiehallinto. 2007. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Luettu 16.4.2020  
<https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100041-v-07-sivutuoteohje.pdf>
- Tielaitos. 1999. Murskaustyöt-ohje. Luettu 22.4.2020  
[https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf2/3700\\_arvonmuutosperusteet.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf2/3700_arvonmuutosperusteet.pdf)
- Tielaitos. 2000. Betonimurskeen käyttötien päällysrakennekerroksissa. Luettu 22.4.2020  
[https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf2/tiel\\_3200594\\_betmurskeohje.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf2/tiel_3200594_betmurskeohje.pdf)
- Tilastokeskus. 2018. Kaivostoiminta ja rakentaminen kasvattivat jätteiden kokonaismäärää. Luettu 19.3.2020 [http://tilastokeskus.fi/til/jate/2016/jate\\_2016\\_2018-08-31\\_tie\\_001.fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/jate/2016/jate_2016_2018-08-31_tie_001.fi.html)
- UUMA3-hanke. N.d. Materiaalit ja niiden jalostaminen. Luettu 29.3.2020  
<http://www.uusiomaarakentaminen.fi/materiaalit-ja-niiden-jalostaminen>
- Valtioneuvosto. 2016. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta, Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 53/2016 Kohdennetut keinot kierrätyksen kasvuun. Luettu 4.4.2020  
[https://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/53\\_2016+Kohdennetut+keinot+kierr%C3%A4tyksen+kasvuun.pdf/e883402b-13dc-4d69-8126-953c80cc1b8f?version=1.0](https://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/53_2016+Kohdennetut+keinot+kierr%C3%A4tyksen+kasvuun.pdf/e883402b-13dc-4d69-8126-953c80cc1b8f?version=1.0)
- Valtioneuvosto. 2017. VNA 843/2017 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Luettu 5.4.2020  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>
- Valtioneuvosto. 2018. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, soveltamisohje. Luettu 4.5.2020  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B5925E94C-828D-42BC-8023-BBABC7E03AFE%7D/135698>



Verohallinto. 2016. Jäteverotus. Luettu 16.4.2020

<https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56196/jateverotu/>

Vuorinen, P. 2012. Resurssitehokkuuden parantaminen on osa kestävää rakentamista. Betoni 3/2012. Luettu 15.3.2020

[https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1203\\_5.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1203_5.pdf)

Väylävirasto. 2019. Siltojen ja muiden taitorakenteiden purkubetonijätteen hyödyntämien. Väyläviraston tutkimuksia 8/2019. Luettu 16.4.2020

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vt\\_2019-08\\_siltojen\\_purkubetonijatteen\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vt_2019-08_siltojen_purkubetonijatteen_web.pdf)

Ympäristö.fi. 2020. Jätteiden kansainväliset siirrot. Luettu 10.5.2020

[https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/Jatteiden\\_kansainvaliset\\_siirrot](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Jatteiden_kansainvaliset_siirrot)

Ympäristöministeriö. 2018a. Jätteeksi luokittelun haitat ja hyödyt. Luettu 4.5.2020

[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160560/YMra\\_9\\_2018.pdf](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160560/YMra_9_2018.pdf)

Ympäristöministeriö. 2018b. Kierrätyksestä kiertotalouteen- Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. Luettu 2.5.2020

[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY\\_01\\_18\\_FI\\_Kierratyksesta\\_kiertotalouteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY_01_18_FI_Kierratyksesta_kiertotalouteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

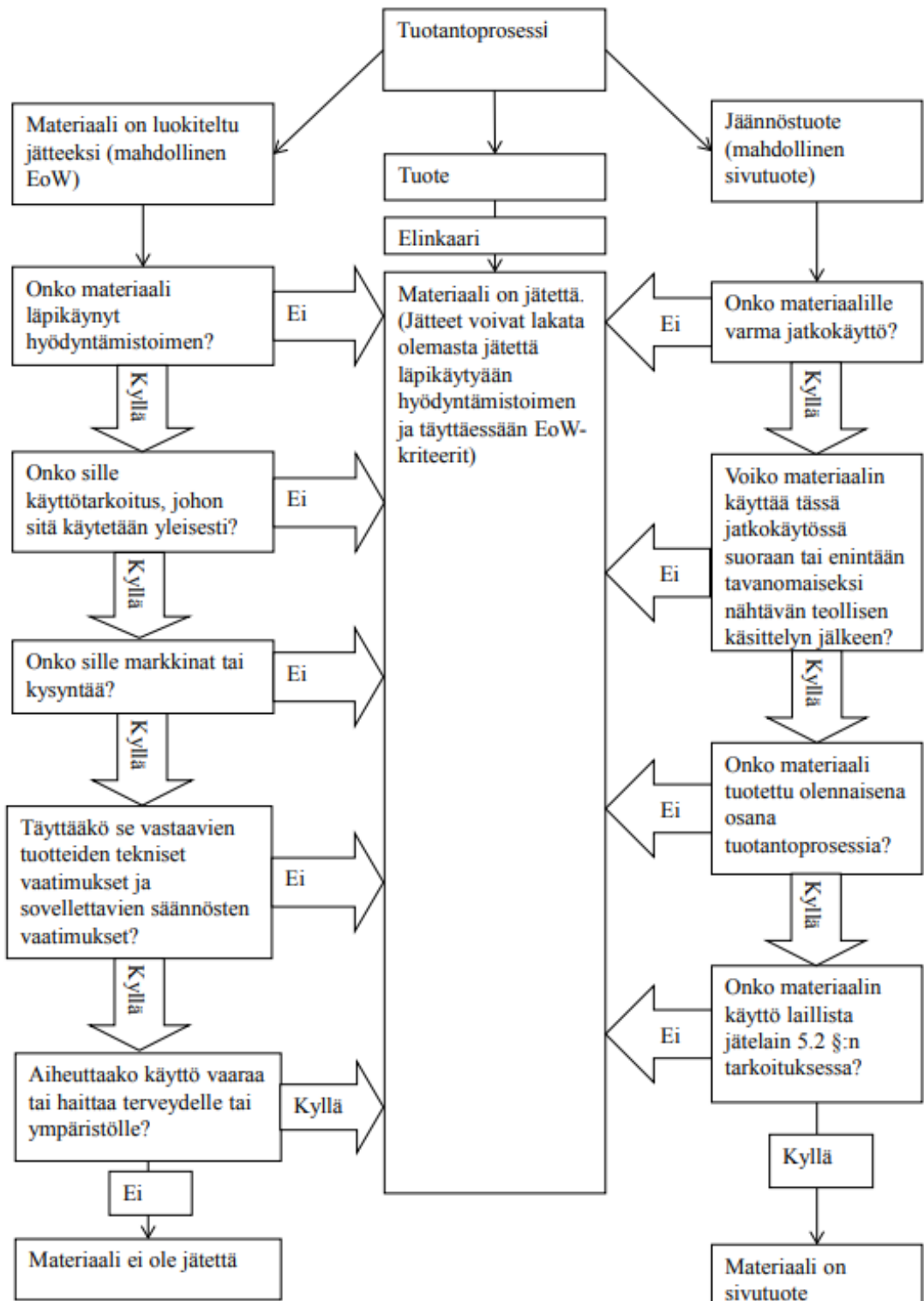
Ympäristöministeriö. 2019a. Jätteiden kierrätys kuntoon ja vauhtia kiertotalouteen – ympäristöministeriö uudistaa jätelainsäädäntöä. Luettu 18.3.2020

[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Jatteiden\\_kierratys\\_kuntoon\\_ja\\_vauhtia\\_k\(49284\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Jatteiden_kierratys_kuntoon_ja_vauhtia_k(49284))

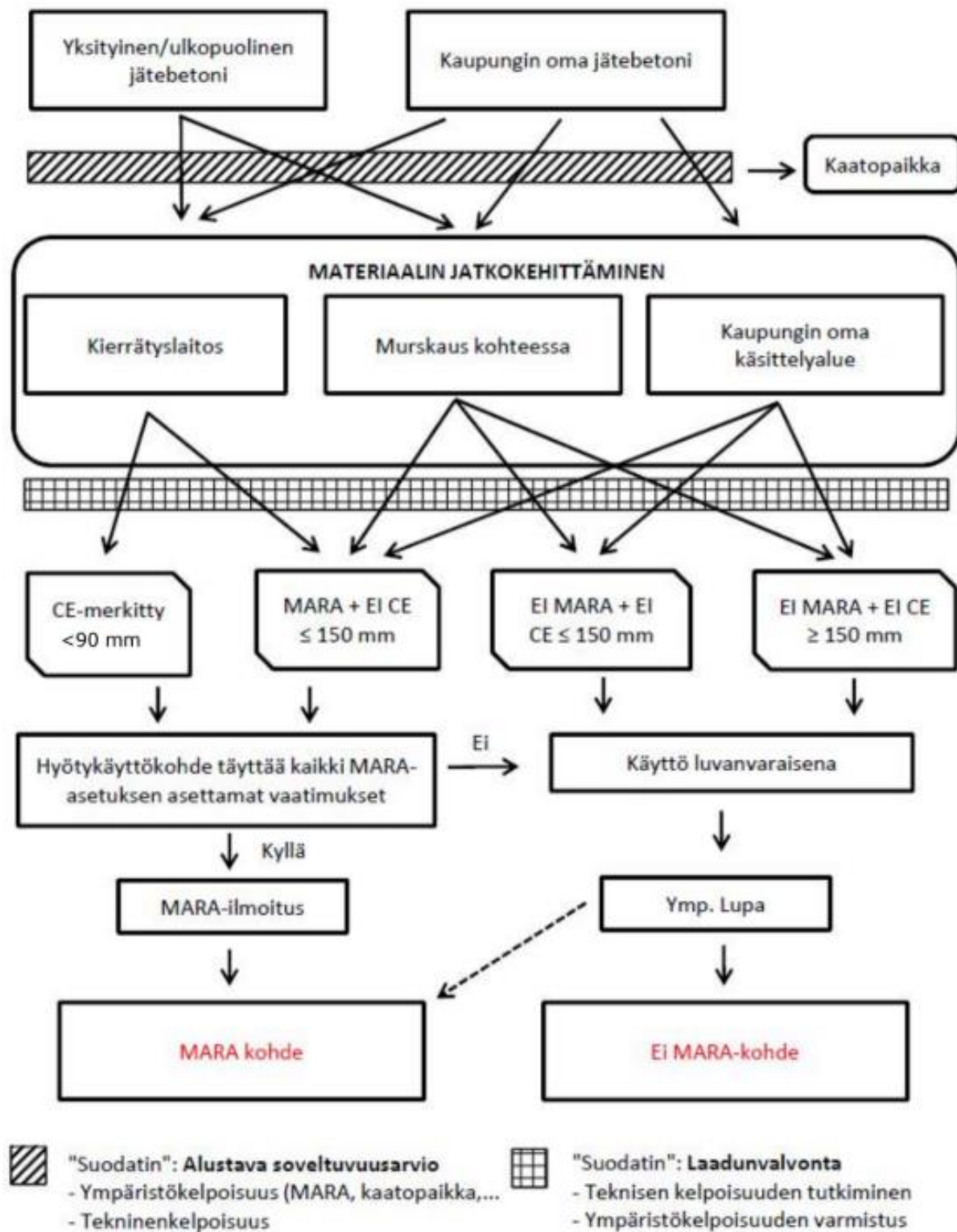
Ympäristöministeriö. 2019b. Rakennustuotteita koskeva lainsäädäntö. Luettu 4.4.2020

[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakennustuotteita\\_koskeva\\_lainsaadanto](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennustuotteita_koskeva_lainsaadanto)

Liite 1. Jätteen luokittelun päätyminen, EoW - kulkukaavio (Ympäristöministeriö 2018)



Liite 2. Betonijätteen jalostaminen betonimurskeeksi ja jalostuksen periaatteet (HSY 2014)



Liite 3. Betonimurskeen laatuiluokitus. Taulukossa on esitetty betonimurskeen laatuiluokitus ja sen raja-arvot. (SFS 5884:2018)

Kohta	Ominaisuus	Yksikkö	Betonimurske BeM I	Betonimurske BeM II	Betonimurske BeM III	Betonimurske BeM IV
1	Raaka-ainelähde		Betoniteollisuus	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa	Betoniteollisuus, rakennus- tai purkutyömaa
2	Rakeisuus EN 13242 tai (EN13825) <sup>1</sup>					
3	Hienoainespitoisuus		f <sub>7</sub>	f <sub>7</sub>		
4	Puristuslujuus	Mpa	>1,2	>0,8	-	-
5	Routivuus		Routimaton	Routimaton	Routimaton/ Routiva <sup>2,3</sup>	Routimaton/ Routiva <sup>2</sup>
6	Kiintoiheys		ilmoitettava	ilmoitettava	ilmoitettava	ilmoitettava
7	Uusiokiviaineksen osa-ainesten luokittelu (EN 933-11) - Betonin osuus Rc - Betoni + kiviaines + lasi Rcug - Tiilen maksimiosuus Rb	Paino- prosenttia	Rc 90  Rb 10-	Rcug 90  Rb 10-	Rcug 90  Rb 10-	Rcug 70  Rb 30-
8	Muiden materiaalien (4maksimiosuus X)	Paino- prosenttia	X-1	X-1	X-1	X-1
9	Kelluvat materiaalit (esim. solumuovit, mineraalivilla) FL	cm <sup>3</sup> /kg	FL5-	FL10-	FL10-	FLNR

1 Murskeen rakeisuus voi olla standardin SFS-EN 13285 mukaisesti 0/32, 0/40, 0/45, 0/56, 0/63, 0/80 ja 0/90. Lisäksi voidaan käyttää suurirakeisia murskeita.

2 mikäli hienoainespitoisuus < 7%, routivuuden arviointi tehdään [liite B:n](#) perusteella

3 Tierakenteissa routimattomuutta edellytetään myös BeM III -betonimurskeelta.

4 esimerkiksi metallit, kellumattomat puut, muovit, kumit yms.