



# Betoroc<sup>®</sup>-murskeohje

1/2017

Käyttöohje rakentamiseen ja suunnitteluun

**Rudus**

# Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	3
<b>2. Betoroc-murskeet</b> .....	4
2.1 Betoroc-murskeiden luokitus .....	4
2.2 Tekniset ominaisuudet ja laatuvaatimukset .....	4
2.3 Betoroc-murskeen pitkäaikaistoimivuus tie- ja katurakenteissa.....	5
2.4 Ympäristökelpoisuus .....	5
2.5 Toimintaketju .....	6
<b>3. Betoroc-murskeen käyttö maarakentamisessa</b> .....	7
<b>4. Rakentaminen Betoroc-murskeella</b> .....	8
4.1 Betoroc-murskeen toimitus ja vastaanotto .....	8
4.2 Työohjeita .....	8
4.3 Erot luonnon maa- ja kiviaineksiin .....	8
4.4 Ilmoitusmenettely .....	9
<b>5. Rakenteen suunnittelu Betoroc-murskeella</b> .....	10
<b>6. Betoroc-murskeen tilaaminen ja saatavuus</b> .....	11
<b>7. Betoroc-murskeen kierrätettävyys ja käytöstä poisto</b> .....	11
<b>8. Betoroc-murskerakenteen taloudellisuus</b> .....	11
<b>Liite 1. Betonimurskeella rakentaminen</b> .....	13
<b>Liite 2. Kirjallisuusluettelo</b> .....	14
<b>Yhteystiedot</b> .....	15

# 1. Johdanto

Betoroc-murske on Ruduksen valmistama, tuotteistettu betonimurske, jota käytetään luonnon maa- ja kiviaineksen tapaan. Betoroc on Ruduksen rekisteröity tuotemerkki, eli kyseistä nimitystä voidaan käyttää vain Ruduksen toimittamasta betonimurskeesta. Betoroc-murske valmistetaan siten, että sen ominaisuudet ja laatu vastaavat ”Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa” vaatimuksia [VNa 591/2006 ja sen päivitykset].

Betoroc-murskeen pääasialliset käyttökohteet ovat katu-, tie- ja kenttärakenteiden jakavat ja kantavat kerrokset. Betoroc-murskeita voidaan käyttää myös mm. erilaisissa täytöissä sekä putkijohtokaivantojen lopputäytönä.

Betoroc-murskeella on lujittuneena mahdollista saavuttaa parempia kantavuuksia kuin vastaavalla kalliomurskeella. Lujittuminen perustuu murskauksessa syntyvien sitoutumattoman sementin reaktiopintojen sitoutumiseen. Käytännössä suurin osa Betoroc-murskeesta käytetään luonnon maa- ja kiviaineksen tavoin.

Tämä ohje on Ruduksen käyttöohje Betoroc-murskeen hyödyntämiseen maarakentamisessa VNa:n vaatimusten mukaisesti. Rakennettaessa infrarakenteita tai talonrakennuksen maatöitä Betoroc-murskeella, käytetään ensisijaisesti tätä ohjetta.

Muita betonimursketta ja sen käyttöä käsitteleviä ohjeita ovat mm. *InfraRYL, ”Betonimurske, Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon”* [HSY 2014], *”Betonimurskeen hyödyntäminen infrarakentamisessa pääkaupunkiseudulla”* [Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki 2015], *”Betonimurske kadun päällysrakenteessa 2000”* [Suomen Kuntaliitto 2000], *”Betonimurskeen käyttö tien päällysrakennekerroksissa”* [Tiehallinto 2000] ja *”Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa”* [Tiehallinto 2007]. Betonimurskeen hyödyntäminen talonrakentamisen maatöissä on esitetty julkaisussa *”Talonrakennuksen maarakenteet – yleinen rakennusselostus ja laatuvaatimukset”* [RIL 132].

Betoni sitoo elinkaarensa aikana hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) karbonisaatioreaktiossa. Betonijätteen murskaamisen jälkeen tämä reaktio kiihtyy, koska reaktioon on käytettävissä enemmän vapaata pinta-alaa. Betoroc-murske pystyy sitomaan jopa puolet sementin valmistuksessa aiheutuneista hiilidioksidipäästöistä. Betonimurske toimii siis hiilidioksidinieluna.

## 2. Betoroc-murskeet

### 2.1 Betoroc-murskeiden luokitus

**Betoroc-murskeet ovat murskaamalla valmistettuja tuotteita ja seulomalla materiaalin raekoko voidaan säätää halutuksi.** Betoroc-murskeen raaka-aine on peräisin rakennustyömailta, purkutyömailta tai betoniteollisuudesta. Betoroc-murskeet jaetaan teknisten ominaisuuksien perusteella luokkiin Betoroc BeM I, BeM II, BeM III, BeM IV, Betoroc Hk, Betoroc Sr ja Betoroc Lo. Betoroc BeM I, II ja III toimitetaan yleensä raekoossa #0/45. Betoroc BeM II mursketta toimitetaan myös raekoossa #0/90. Rakeisuutta lukuun ottamatta Betoroc BeM II #0/90 murskeen ominaisuudet vastaavat BeM II #0/45 murskeen ominaisuuksia.

### 2.2 Tekniset ominaisuudet ja laatuvaatimukset

Betoroc-murskeiden ominaisuuksia on esitetty taulukossa 1. Taulukossa esitetty E-moduuli on Odemark-mitoitusta varten. Analyttisessä mitoituksessa käytettävät moduulit ja kestävyysmallit on esitetty julkaisussa "Tietoa tien-suunnitteluun nro 71D" (julkaisu on saatavissa osoitteesta [www.liikennevirasto.fi/ohjeluetelo](http://www.liikennevirasto.fi/ohjeluetelo)). Mikäli Betoroc BeM I -murskeen lujittuminen hyödynnetään mitoituksessa, suositellaan tarkistamaan ko. lajitteen saatavuus ennakkoon. Myös muita tarkempia tietoja materiaalin ominaisuuksista voi tiedustella Rudukselta.

Betoroc-murskeiden laadunvalvonnan vaatimukset, tiheydet ja menettelytavat on esitetty Betoroc-murskeen laadunhallintajärjestelmässä (Rudus). Betoroc-murskeet ovat CE-merkittyjä Rakennustuoteasetuksen 305/2011 ja standar-

	RAKEISUUS [MM]	LUJITTUMINEN	ROUTIVUUS	E-MODUULI* [MPA]	PÄÄASIAALLINEN KÄYTTÖKOHDE
Betoroc BeM I	0/45	lujittuu*	routimaton*	700	kantava kerros
Betoroc BeM II	0/45	lujittuu*	routimaton*	500	kantava - / jakava kerros
Betoroc BeM II #0/90	0/90	lujittuu*	routimaton*	500	jakava kerros
Betoroc BeM III	0/45	vaihtelee	routimaton*	280 (tie) / 300 (katu)	jakava kerros
Betoroc BeM IV	vaihtelee	vaihtelee	vaihtelee	-	pengertäyte
Betoroc Hk	0/8...0/12	vaihtelee	vaihtelee	50...70	täyte
Betoroc Sr	0/20...0/65	vaihtelee	vaihtelee	70...150	jakava kerros / pengertäyte
Betoroc Lo	0/90...0/150	vaihtelee	routimaton*	150...200	pengeri

\* normaaleissa käyttöolosuhteissa ohjeen mukaisesti riittävän kantavan kerroksen päälle rakennettuna sekä ohjeen mukaisessa vesipitoisuuksissa ja tiiveydessä

	OPTIMIVESI-PITOISUUS [%]	MAKSIMIKUIVATILAVUUS-PAINO [KN/M <sup>3</sup> ]	PURISTUSLUJUUS 28D [MPA]	VEDEN** LÄPÄISEVYYS [M/S]
Betoroc BeM I	10 ± 2	19,5 ± 0,5	> 1,2*	
Betoroc BeM II	10 ± 2	19,0 ± 1,0	> 0,8*	10 <sup>-5</sup>
Betoroc BeM III	11 ± 3	19,0 ± 1,5	-	
Betoroc BeM IV	11 ± 4	19,0 ± 1,5	-	-
Betoroc Hk	vaihtelee	18,0 ± 1,5	-	-
Betoroc Sr	vaihtelee	19,0 ± 1,5	-	-
Betoroc Lo	vaihtelee	19,0 ± 1,5	-	-

\*\* sora- ja kalliomurskeiden vedenläpäisevyys on yleensä 10<sup>-3</sup>...10<sup>-4</sup> m/s

Taulukot 1a ja 1b. Betoroc-murskeiden ominaisuuksia.

din SFS-EN 13242 (Maa- ja vesirakentamisessa käytettävät sitomattomat ja sidotut kiviainekset) mukaisesti. Betoroc BeM I ja BeM II (O/45) murskataan siten, että rakeisuus on InfraRYL:n esittämien kantavan kerroksen kiviainemurskeen ohjekäyrien alueella. Betoroc BeM II (O/90) murskataan rakeisuudeltaan InfraRYL:n jakavan kerroksen ohjekäyrien alueelle. Betoroc BeM IV, Betoroc Hk, Betoroc Sr ja Betoroc Lo rakeisuusvaatimukset asetetaan tapauskohtaisesti.

Betoroc-murskeen sisältämän tiilen ja muiden materiaalien maksimiosuudet on esitetty taulukossa 2. Muiden materiaalien osuudet määritetään Ruduksen laadunhallintajärjestelmän mukaisesti.

	TIILEN MAX. OSUUS [PAINO-%] *	MUIDEN MATERIAALIEN OSUUS [PAINO-%] **
Betoroc BeM I	0	0,5
Betoroc BeM II	10	1
Betoroc BeM III	10	1
Betoroc BeM IV	30	1
Betoroc Hk	10	1
Betoroc Sr	30	1
Betoroc Lo	10	1
* tiili, laasti, kevytbetoni		
** puu, muovi, yms. ja tämän lisäksi erityisen keveitä materiaaleja ei saa olla haitallisessa määrin		

**Taulukko 2.** Betoroc-murskeen sisältämän tiilen ja muiden materiaalien maksimiosuudet.

## 2.3 Betoroc-murskeen pitkäaikaistoimivuus tie- ja katurakenteissa

Betoroc-murskeen lujittuminen perustuu murskauksessa syntyvien sitoutumattoman sementin reaktiopintojen sitoutumiseen. Sementin sitoutuminen betonimurskeessa saa aikaan materiaalin lujittumisen, jonka on havaittu lisäävän Betoroc-murskeen pitkäaikaiskestävyyttä tie- ja katurakenteissa. Betoroc-murskeiden kestävyttä on tutkittu tie- ja katurakenteissa jo kaksi vuosikymmentä jatkuneilla seurantamittauksilla - 1995 (ja myöhemmin) rakennettuja kohteita on edelleen seurantamittauskohteina. Pitkäaikais-tutkimuksissa Betoroc-rakenteiden päällysteen päältä on mitattu jopa 15...25 %:a suurempia kantavuuksia kuin vastaavalla tavallisella kiviaineksella rakennetun päällysrakenteen päällysteen päältä. [Dettenborn 2013]

Betoroc-murskeen lujittuminen ja suuri E-moduuli voidaan hyödyntää rakentamisessa ohuempina rakennekerroksina tai tavannaomaista suurempana tierakenteen kantavuutena. Suurempi kantavuus vähentää mm. tierakenteen urautumista ja vaurioitumista.

## 2.4 Ympäristökelpoisuus

Betoroc-murskeet on valmistettu siten, että ne täyttävät Valtioneuvoston asetuksen [VNa 591/2006] vaatimukset. VNa:ssa esitetyt betonimurskeen laadunvalvontatutkimusten haitallisten aineiden pitoisuuden ja liukoisuuden raja-arvot on esitetty taulukossa 3.

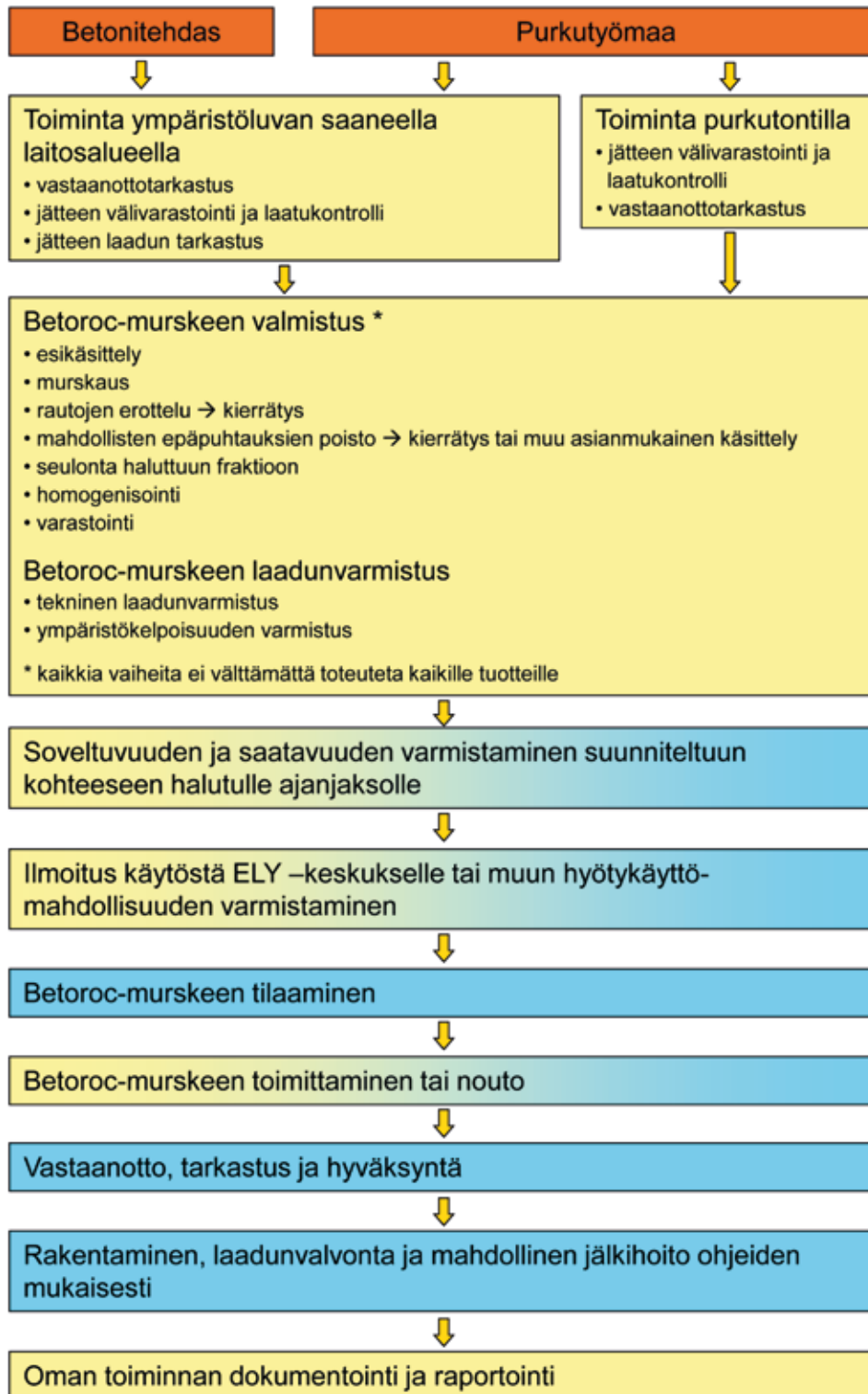
HAITALLINEN AINE	RAJA-ARVO, MG/KG KUIVA-AINETTA, LAADUNVALVONTATUTKIMUKSET		
	PITOISUUS *	LIUKOISUUS * (L/S = 10 L/KG) PEITETTY RAKENNE	LIUKOISUUS * (L/S = 10 L/KG) PÄÄLLYSTETTY RAKENNE
PCB	1,0		
Arseeni (As)	50		
Kadmium (Cd)	10	0,02	0,02
Kromi (Cr)	400	0,5	0,5
Kupari (Cu)	400	2,0	2,0
Lyijy (Pb)	300	0,5	0,5
Sinkki (Zn)	700		
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		1 000	6 000

\* laadunvalvontatutkimusten määrittäminen on esitetty VNa:ssa

**Taulukko 3.** Betonimurskeen haitallisten aineiden pitoisuuden ja liukoisuuden raja-arvot laadunvalvontatutkimuksissa [VNa 591/2006].

## 2.5 Toimintaketju

Betoroc-murskeella rakentamisen toimintaketju on esitetty kuvassa 1. Jätteen käsittelyyn on ympäristönsuojelulain mukaan oltava ympäristölupa, mikä tarkoittaa sitä, että betonimurskeen valmistus purkutyömaalla on käytännössä mahdollista vain hyvin suurissa kohteissa.



**Kuva 1.** Betoroc-murskeella rakentamisen toimintaketju. Sinisellä värillä on esitetty tilaajan toimenpiteet ja keltaisella Ruduksen. Punaisella on esitetty Betoroc-murskeen alkuperä.

# 3. Betoroc-murskeen käyttö maarakentamisessa

**Betoroc-mursketta käytetään yleensä samalla tavalla kuin luonnon maa- ja kiviainesta.** Betoroc-murskeen pääasialliset käyttökohteet ovat katu-, tie- ja kenttärakenteiden jakavat ja kantavat kerrokset. Betoroc-mursketta voidaan käyttää myös erilaisissa täyttötöissä ja putkijohtokaivantojen lopputäyttönä.

Vaikka betonimurskerakenteissa tapahtuu lujittumista, vanhojen Betoroc-murskekohteiden (BeM I ja II) aukikaivukokeissa on havaittu, että lujittuneen Betoroc-murskekerroksen aukikaivaminen on tehtävissä tavanomaisella kalustolla lujittumisesta huolimatta.

Betoroc-murskeita voidaan käyttää ilmoitusmenettelyllä VNa 591/2006 mukaisissa käyttökohteissa, kuten esimerkiksi:

- yleiset tiet, kadut, pyörätiet ja jalkakäytävät sekä niihin välittömästi liittyvät tienpitoa tai liikennettä varten tarpeelliset alueet pois lukien meluesteet
- pysäköintialueet
- urheilukentät sekä virkistys- ja urheilualueiden reitit
- ratapihat sekä teollisuus-, jätteenkäsittely- ja lentoliikenteen alueiden varastointikentät ja tiet

Betoroc-murskeen käytöstä maarakentamisessa on tehtävä ilmoitus luvun 4.4 mukaisesti. Pienissä määrin (ei ammattimaisesti) Betoroc-mursketta on mahdollista käyttää myös kuntakohtaisten ympäristönsuojelu- tai jätehuoltomääräysten mukaisilla ilmoitusmenettelyillä.

Betoroc mursketta on teknisesti mahdollista käyttää kaikissa alus- ja päällysrakenteen kerroksissa, pengertäytteestä ja suodatin-kerroksesta kantavaan kerrokseen saakka. Betoroc-murskeiden eri laatuluokkien soveltuvuutta eri rakennekerroksiin on esitetty taulukossa 4.

Esimerkkejä Betoroc-murskeiden käytöstä maarakenteissa:

- kantava kerros Betoroc BeM I tai II,
- jakava kerros Betoroc BeM II tai III,
- varastokentän pengertäyte tai jakavan kerroksen alaosa Betoroc BeM IV tai Betoroc Sr (lajite kohteen vaatimuksen huomioiden),
- putkijohtokaivannon lopputäyttö kohteen päällysrakenteen vaatimukset täyttävällä Betoroc-lajitteella Betoroc BeM I ... Betoroc Lo.

RAKENNEKERROS	KANTAVA KERROS	JAKAVA KERROS	TÄYTTÖMATERIAALI
Betoroc-luokka	Betoroc BeM I Betoroc BeM II Betoroc BeM III *	(Betoroc BeM I) Betoroc BeM II Betoroc BeM II #0/90 Betoroc BeM III Betoroc BeM IV * Betoroc Sr *	(Betoroc BeM I) (Betoroc BeM II) (Betoroc BeM II #0/90) (Betoroc BeM III) Betoroc BeM IV Betoroc Hk Betoroc Sr Betoroc Lo
* käyttö suunnitellaan tapauskohtaisesti kohteen olosuhteet, vaatimukset ja muut rakennekerrokset huomioiden			

**Taulukko 4.** Betoroc-murskeiden soveltuvuus rakennekerroksiin. Sulkuihin merkityt luokat ovat soveltuvia mutta eivät teknisesti tai taloudellisesti suositeltavia.

# 4. Rakentaminen Betoroc-murskeella

## 4.1 Betoroc-murskeen toimitus ja vastaanotto

Rudus toimittaa tai asiakas noutaa työmaalle Betoroc-mursketta tilauksen ja Ruduksen kierrätystuotteiden toimitusehtojen mukaisesti. Murskeen toimittajana Rudus vastaa siitä, että materiaalin ominaisuudet vastaavat toimittaessa Ruduksen laatudokumenteissa esitettyjä. Tilaaaja vastaanottaa, tarkastaa ja hyväksyy materiaalin laadun Ruduksen kiviainestoimitusehtojen mukaisesti. Lisätietoja: [www.rudus.fi](http://www.rudus.fi)

Betonimurskeet luokitellaan lain mukaan jätteeksi. Betoroc-murskeiden toimituksesta laaditaan kuormakirja, joka sisältää materiaalin toimitusta koskevat tiedot. Jätteen haltijan on tarkistettava, että jätteiden kerääjä ja kuljettaja on hyväksytty ja merkitty jätehuoltorekisteriin (Pirkanmaan ELY) ja että hyväksyntä kattaa myös kyseisen jätteen kuljetuksen.

## 4.2 Työohjeita

### Kuljetus, välivarastointi ja levitys

Betoroc-murskeen kuljetus, levitys ja tiivistys tehdään kuten luonnon maa- tai kiviainesta käytettäessä tämä ohje ja mahdolliset suunnitelmissa esitetyt tarkennukset huomioiden.

Kaikissa työvaiheissa on huolehdittava siitä, että Betoroc-murskeen lajittumista ei tapahdu. Mikäli näin kuitenkin tapahtuu, on materiaalia sekoitettava työmaalla riittävästi tai korvattava lajittunut materiaali uudella.

### Tiivistäminen ja jälkihoito

Tiivistystyö Betoroc-murskeelle tehdään kuten luonnon maa- ja kiviaineksille. Rakenteen tiiviys varmennetaan laadunvalvonnalla. Tiivistystyö on tehtävä optimivesipitoisuudessa, jotta saavutetaan vaadittu tiiviysaste.

Betonimurskekerros tulisi tiivistää mahdollisimman nopeasti sen levityksen jälkeen, jotta se ei pääse kastumaan tai kuivumaan liiaksi. Mikäli Betoroc-murskeen lujittuminen hyödynnetään rakenteessa, on jälkihoitona huolehdittava kerroksen riittävän kosteuden ylläpitämisestä.

### Liittyminen muihin rakennekerroksiin

Betoroc-kerroksen päällä voi liikkua työkoneilla, kun rakenteen kantavuus on todettu suunnitellun mukaiseksi. Ennen liikenteelle avaamista tai ennen raskasta työmaaliikennettä tulee betonimurskekerros peittää kantavan kerroksen laatuvaatimukset täyttävällä murskeella tai asfalttipäällysteellä.

### Laadunvalvonta työmaalla

Betoroc-murskeesta tehdyn rakenteen laadunvalvonnassa käytetään pääsääntöisesti samoja menetelmiä ja laatuvaatimuksia kuin käytettäessä luonnon maa- ja kiviaineksia. Rakenteen tiiviysaste voidaan todeta tiiviyksmittauksilla (volymetrikoe, Troxler) ja/tai kantavuusmittauksilla (Loadman, levykuormitus- tai pudotuspainokoe) todettavan tiiviyssuhteen perusteella.

Mahdollisten kaivutöiden jälkeen Betoroc-murskeiset päällysrakenteet on uusittava siten, että päällysrakenteen kerrokset ovat kantavuudeltaan vastaavat kuin alkuperäiset rakennekerrokset.

Valokuvia betonimurskeesta ja -murskeella rakentamisesta on esitetty liitteessä 1.

## 4.3 Erot luonnon maa- ja kiviaineksiin

Betoroc-murskeella rakentaminen poikkeaa luonnon maa- ja kiviaineksella rakentamisesta seuraavasti:

### VNa:n vaatimuksia:

- betonimursketta ei saa käyttää I-II -luokan pohjavesialueella
- betonimurskerakenne tulee päällystää (esim. asfaltilla, jonka tyhjätila  $\leq 5\%$ ) tai peittää kiviaineksilla (paksuus  $\geq 10$  cm)
- betonimurskerakenteen kerrospaksuus on rajoitettu enimmillään 1,50 m
- hyödyntämispaikan haltijan on hyväksyttävä betonimurskeen käyttö
- betonimurskeen käyttö edellyttää ilmoituksen tekemistä luvun 4.4 mukaisesti



Edellä esitetystä poikkeavasti Betoroc-mursketta on mahdollista käyttää, mikäli haetaan poikkeavalle käytölle ympäristölupa. Betoroc-mursketta on pienissä määrin (ei ammattimaisesti) mahdollista käyttää myös kuntakohtaisten ympäristönsuojelu- tai jätehuoltomääräysten mukaisilla ilmoitusmenettelyillä.

### Teknisiä käyttöohjeita:

- betonimurske ei sovellu käytettäväksi vedenpinnan alaisissa täyttötöissä, koska hienoaines saattaa liettyä ja kulkeutua veden mukana,
- lujittuvaa Betoroc-mursketta ei voi käyttää putkikaivantojen alkutäytössä (lopputäytössä voidaan käyttää mm. HSY:n betonimurskeohjeiden mukaisesti, käyttömahdollisuus on selvittävä putken omistajalta),
- betonimursketta ei suositella käytettävän kohteissa, joissa kerroksen läpi voi virrata merkittäviä määriä vettä rakenteen sivusta (esim. rinteiden alla tms.), jolloin vesi voi mahdollisesti liuottaa betonin hienoaineksesta kalsiumia,
- betonimurskeen korkea alkaalisuus (pH > 11) saattaa kosteissa olosuhteissa aiheuttaa suorassa kontaktissa alumiinin korroosion,
- joustavalle alustalle kuten turpeelle, rengasrouheelle, tms. rakennettaessa, on huolehdittava riittävästä Betoroc-murskeen kerros-paksuudesta ja mitoituksessa on käytettävä alhaista kantavuusmoduulia, jonka maksimiarvo määritellään alemman kerroksen kantavuuden perusteella,
- kuivalle alusrakenteelle rakennettaessa (louhe, kevytsora, yms.) on rakentamis- ja jälkihoitovaiheessa huolehdittava riittävästä kerroksen kastelusta, koska päällystykseen jälkeen Betoroc-murske ei saa kapillaarisesti vettä pohjamaasta,
- tiivistystyötä voidaan nopeuttaa ja tehostaa kastelemalla Betoroc-murske lähelle optimivesipitoisuuttaan ja antamalla veden imeytyä murskeeseen jonkin aikaa (5...15 min) ennen tiivistämistä,
- Betoroc-murskeen lujittuminen tulee ottaa huomioon lopullisen muotoilun ja tasauksen tekemisessä. Mikäli betonimurskekerros pidetään pitkään peittämättömänä työmaaliikenteelle, niin lujittuneen betonimurskeen lopullisen tasauksen ja muotoilun tekeminen voi olla hankalampaa. Betoroc-murskekerroksen pinnan lopullinen muotoilu suositellaan tehtävän heti murskeen levittämisen jälkeen tai vaihtoehtoisesti rakennettavan n. 50 mm paksuisen luonnonkiviaineskerroksen päältä.

## 4.4 Ilmoitusmenettely

Betoroc-murskeen käytöstä on tehtävä ilmoitus alueelliselle ELY -keskukselle VN:n mukaisesti. Rudus on varautunut tekemään ilmoituksen asiakkaansa puolesta, mutta asiakas voi tehdä sen myös itse. Asiakas vastaa ilmoittamiensa tietojen oikeellisuudesta. Ilmoituksen tulee sisältää mm. seuraavat tiedot:

- hyödyntämispaikan haltijan sekä omistajan nimi ja yhteystiedot, sekä näiden suostumus murskeen hyödyntämiseen kohteessa
- hyödyntämispaikan sijainti sekä selvitys lähialueen pohjavesialueista ja niiden luokista sekä vedenottoaikoista ja vesistöistä
- tiedot maarakentamista koskevasta maankäyttö- ja rakennuslain, yleisistä teistä annetun lain tai maantielain mukaisesta suunnitelmasta, ilmoituksesta tai luvasta
- Ruduksen yhteyshenkilön nimi ja yhteystiedot
- jätenimike ja laadunvalvontatiedot materiaaliomittajalta
- käytettävän Betoroc-murskeen määrä
- selvitys Betoroc-mursketta sisältävästä rakenteesta, peittämiseen tai päällystämiseen käytettävästä materiaalista, varastoinnista ja muusta toiminnasta hyödyntämispaikalla
- ajankohta, jolloin hyödyntäminen maarakentamisen aikana alkaa ja päättyy

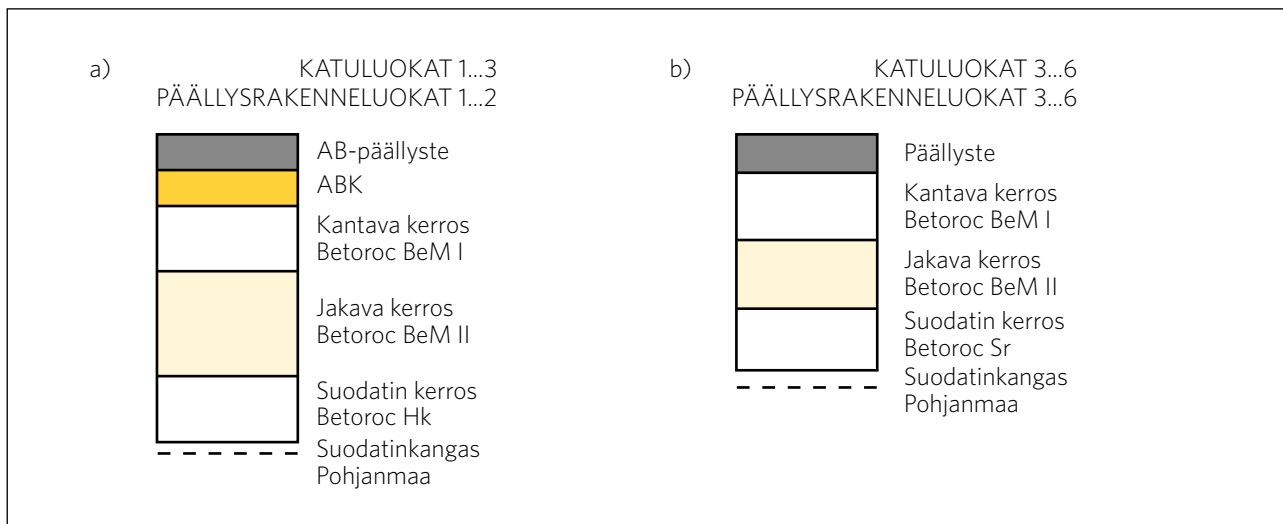
# 5. Rakenteen suunnittelu Betoroc-murskeella

Betoroc-murskerakenteiden suunnitteluun riittävät samantasoiset lähtötiedot ja korjauskohteissa myös nykytilan tiedot kuin luonnon maa- ja kiviainesrakennetta suunniteltaessa. Betoroc murskeen käyttäjä vastaa mitoituksen teosta ja sen oikeellisuudesta.

**Betoroc BeM I ja II soveltuvat kantavaan ja jakavaan kerrokseen tämän ohjeen mukaisesti rakennettaessa.** Betoroc BeM III voidaan käyttää jakavassa kerroksessa ja tapauskohtaisesti suunniteltuna kantavassa kerroksessa kohteen olosuhteet, vaatimukset ja muut rakennekerrokset huomioiden. Rakenne-esimerkkejä kaduille ja teille on esitetty kuvissa 2a ja 2b.

Betoroc-mursketta käytettäessä voidaan lujittumisesta huolimatta päällysrakennetta pitää joustavana päällysrakenteena. Mitoitus tehdään Odemarkin menetelmällä tai analyttisellä menetelmällä. Odemarkin menetelmää käytettäessä on Liikenneviraston ohjeissa betonimurskeen BeM I (Betoroc BeM I) E-moduuli 700 MPa ja BeM II (Betoroc BeM II) 500 MPa. Ko. moduulien käyttäminen edellyttää betonimurskerakenteen huolellista ohjeiden mukaista rakentamista ja betonimurskeen lujittumista.

Betoroc-murskeen sitoutuminen voi kestää jopa kuukausia vuodenajasta riippuen. Ennenaikainen liian suuri kuormitus sitoutumisaikana voi rikkoa sidoksia, jos alkukantavuus ei ole riittävä. Alhainen lämpötila hidastaa lujittumista ja saattaa heikentää saavutettavaa puristuslujuutta (ja E-moduulia).



**Kuva 2.** Rakenne-esimerkki katuluokille 1...3 ja päällysrakenneluokille 1...2 (kuva 2a) sekä katuluokille 3...6 ja päällysrakenneluokille 3...6 (kuva 2b). Asfalttibetonipäällystettä (AB) suositellaan käytettäväksi vilkasliikenteisillä pääkaduilla. Betoroc Hk ja Betoroc Sr on oltava routimatonta kuvan 2a ja b käyttötarkoituksessa.

Betoroc-murskeen kerrospaksuudeksi suositellaan vähintään 0,15 m. Betoroc-murskeen lujittumisominaisuutta hyödynnettäessä tulee kerrospaksuuden olla vähintään 0,20 m laattavaikutuksen varmistamiseksi.

Jos Betoroc-mursketta käytetään runsaasti suolattavilla tie- ja katualueilla, on rakenne suojattava esim. tiiviillä (tyhjätila < 3 %) ja vähintään 70 mm paksulla asfalttibetonikerroksella (vedenläpäisevyys < 10<sup>-9</sup> m/s). Lisäksi on käytettävä riittäviä kallistuksia. Koska Betoroc-murskeen vedenläpäisevyys on pienempi kuin sora- ja kalliomurskeella, tulee Betoroc-murskepinnan sivukallistuksen olla ≥ 3 % (myös tien painumisen jälkeen).

Routamitoitus tie- ja katurakenteille, joissa on käytetty Betoroc-mursketta, tehdään kuten luonnon maa- ja kiviaineksia käytettäessä.

Alusrakenteet ja täyttötööt Betoroc-murskeella suunnitellaan tätä ohjetta soveltaen. Putkikaivantojen lopputätyöissä Betoroc-mursketta käytetään HSY:n betonimurskeohjetta noudattaen.

## 6. Betoroc-murskeen tilaaminen ja saatavuus

Lisätietoja Betoroc-murskeiden ominaisuuksista, suunnittelu- ja työohjeita Betoroc-murskeiden käyttöön sekä suunnitteluun liittyvää teknistä neuvontaa saa Ruduksen henkilökunnalta.

Betoroc-murskeita myydään eri puolella maata sopimuksen mukaan. Betoroc-murskeiden varastotilanne vaihtelee vastaanotettavan raaka-aineen määrän vaihtelun ja käynnissä olevien kohteiden johdosta. Tilaaminen ja reaaliaikainen murskeiden saatavuus paikkakunnittain selviää Ruduksen yhteyshenkilöiltä.

## 7. Betoroc-murskeen kierrätettävyys ja käytöstä poisto

Betonimurskekerrokseen kaivetun kaivannon täyttämiseen käytetään ensisijaisesti betonimursketta, mutta mikäli betonimursketta ei ole saatavilla, voidaan kaivanto täyttää murskeella ja tiivistää murske erityisen huolellisesti.

Betoroc-murskeen uudelleenkäyttö on mahdollista ja suositeltavaa. Rakenteesta kaivettu puhdas Betoroc-murske on mahdollista vastaanottaa Ruduksen kierrätysasemille vastaanottoehtojen mukaisesti.

Mikäli Betoroc-mursketta ei pystytä kierrättämään tai käyttämään kohteessa uudelleen, se luokitellaan betonijätteeksi ja voidaan toimittaa Ruduksen betonijätteen vastaanottopisteisiin. Mikäli Betoroc-murskeeseen on sekoittunut muuta materiaalia tai se on pilaantunutta, sen vastaanottomahdollisuuksista saa lisätietoa Ruduksen edustajilta.

## 8. Betoroc-murskerakenteen taloudellisuus

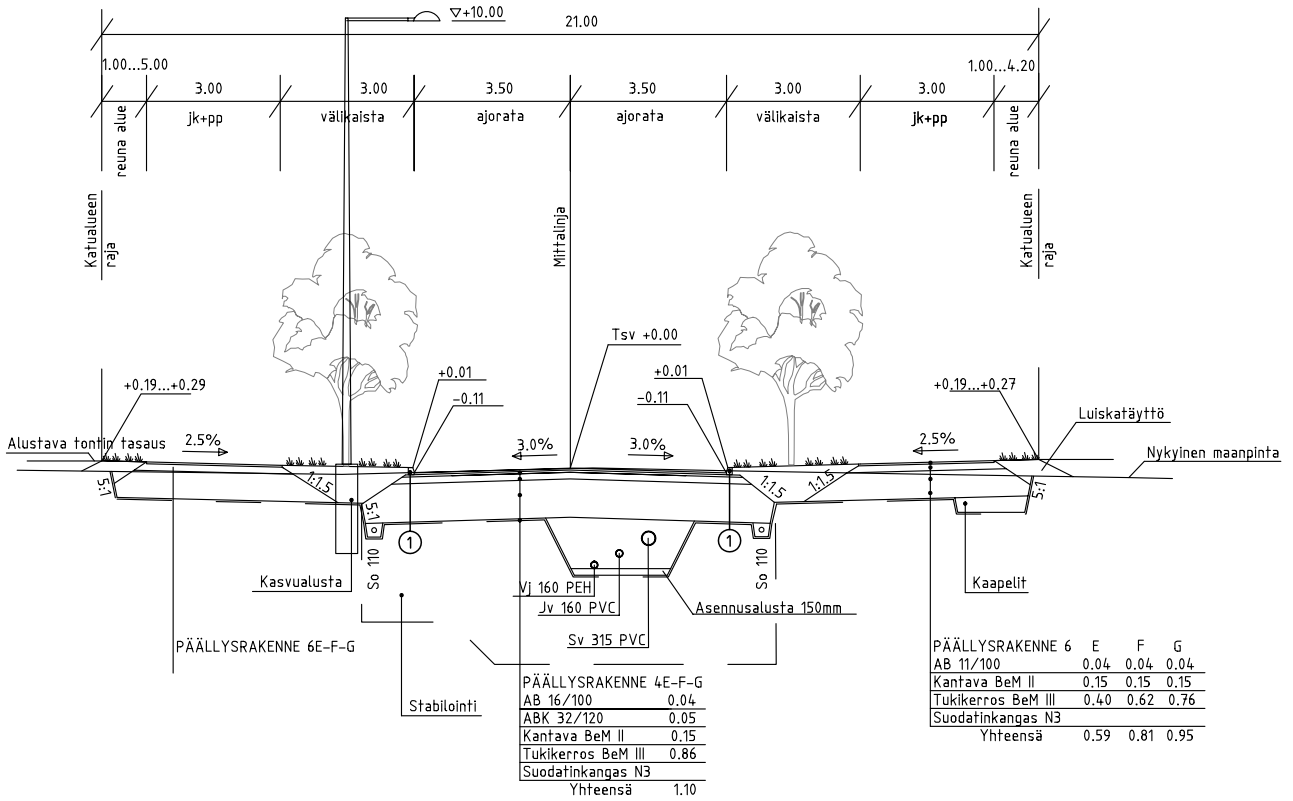
Ruduksen Betoroc-murskeita hyödyntämällä voidaan rakentaa kestäviä ja laatuvaatimukset täyttäviä rakenteita, jotka ovat myös edullisempia, kuin vastaavat luonnon kiviaineksella rakennetut. Toteutettujen katu- ja tierakennuskohteiden perusteella on tehty vertailulaskelmia, joissa eri rakennekerrosten luonnon kiviaines on korvattu betonimurskeella. Laskelmien kohteet sijaitsevat pääkaupunkiseudulla. Kohteissa on käytetty kustannuslaskennan perusteena kiviaineksen ammattinoutohinnastoa lähimmältä Ruduksen kiviainestoimipisteeltä ja ammattinoutohinnastoa lähimmältä Ruduksen betonimurskeen kierrätystoimipisteeltä.

Taulukossa 5 on esitetty Betoroc-murskerakenteen taloudellisuuslaskelmat verrattuna kiviaineksella rakennettuun rakenteeseen. Laskelmissa kiviaines korvattiin 1:1 Betoroc-murskeella. Kun hyödynnetään Betoroc-murskeen suurempi moduuli, voidaan lisäksi ohentaa kantavaa kerrosta tai haluttaessa päällystekerroksia, jolloin kustannussäästöt ovat huomattavasti suuremmat.

BETOROC-MURSKERAKENNE	BETOROC-MURSKERAKENNE KIVIAINESRAKENNETTA EDULLISEMPI
Jakavan kerroksen materiaali korvataan Betoroc-murskeella	32...37 %
Jakavan ja kantavan kerroksen materiaali korvataan Betoroc-murskeella	38...43 %

**Taulukko 5.** Betoroc-murskerakenteen taloudellisuus verrattuna kiviainesrakenteeseen.

### SUNDETTIN PUUSTOTIE



**Kuva 3.** Kadun tyypipoikkileikkaus, jota on käytetty taulukon 5 vertailussa.

# Liite 1. Betonimurskeella rakentaminen



Betoroc-murskeen valmistus murskaamalla.



Betoroc BeM II -murske varastokasalla.



Betoroc BeM II -murskeen lastaus.



Betoroc-murskeen levitys.



Betoroc-murskeella tehty rakenne.



Aukikaivettu Betoroc-murskeella rakennettu katu-rakenne.

# Liite 2. Kirjallisuusluettelo

InfraRYL. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustieto RT 14-10878

Rudus Oy. Betoroc-murskeen laadunhallintajärjestelmä.

Dettenborn, T 2013. Betonimurskerakenteiden pitkäaikaistoimivuus. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Rakennustekniikka, pohjarakennus ja maamekaniikka. Espoo.

Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki 2015. Betonimurskeen hyödyntäminen infrarakentamisessa pääkaupunkiseudulla”, ohje 17.3.2015.

Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). 2014. Betonimurske – Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon.

Ramboll Finland Oy. 2014. Betonimurskeen kenttä- ja laboratoriotutkimukset. Raportti 24.10.2014.

Rudus Oy. Kierrätystuotteiden toimitusehdot.

RIL 132. Talonrakennuksen maarakenteet – yleinen rakennusselostus ja laatuvaatimukset

Suomen Kuntaliitto. 2000. Betonimurske kadun päällysrakenteessa 2000. Suunnitteluohje, työselostus.

Tiehallinto. 2000. Betonimurskeen käyttö tien päällysrakennekerroksissa. Mitoitus- ja työohjeet. Tielaitos 5/2000.

Tiehallinto 2007. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa, suunnitteluvaiheen ohjaus. TIEH 2100041-07.

Ympäristöseloste; Betoroc-murskeen hiilijalanjälki, EN-15804:2012+A1

VNa 591/2006 muutoksineen. 2006. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Ympäristöministeriö. Muutokset: 1825/2009 (1.1.2010) ja 403/2009 (15.6.2009)

---

## Yhteystiedot

Rudus Oy

PL 49 (Pronssitie 1)  
00441 HELSINKI  
Puh. 020 447 711  
www.rudus.fi

---

## Myynti ja neuvonta

**Tuotepäällikkö Henri Kylä-Utsuri**, puh. 020 447 7235  
henri.kyla-utsuri@rudus.fi

**Kierrätysliiketoiminnan johtaja Jani Piekseämä**, puh. 020 447 7267  
jani.pieksema@rudus.fi

**Tilauskeskus**, puh. 020 447 7400

---



ISO 14001



ISO 9001



ISO 50001