



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tuomas Kanerva

Purkutyön betonijätteen hyödyntäminen täyttöihin rakennuspaikalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-
ohjelma

Opinnäytetyö

20.10.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tuomas Kanerva Purkutyön betonijätteen hyödyntäminen täyttöihin rakennuspaikalla 35 sivua 20.10.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Talorakennustekniikka
Ohjaajat	Työpäällikkö Jaakko Hakala Lehtori Anu Ilander
<p>Betoniteollisuudesta sekä purkutyömailta tulevaa betonimursketta voidaan hyödyntää useissa eri käyttökohteissa, kuten teiden ja pihojen rakentamisessa. Betonimurskeen hyödyntämiselle rakennuspaikalla tarvitaan kuitenkin, MARA-asetuksen mukainen ilmoitus taikka ympäristölupa. Lain näkökulmasta betonimurske on jätettä.</p> <p>Tämän mestarityön tarkoituksena oli tehdä informaatiopaketti betonimurskeen käytöstä sekä siihen liittyvistä hallinnollisista aiheista kuten lupa-asioista. Mestarityö tehtiin NCC:lle ja työhön saatiin aineistoa Vantaalla sijaitsevasta Rajatorpan koulun työmaasta. Työmaalla purettiin vanha Rajatorpan koulu uuden pihan tieltä pois. Vanhan koulun betoni- ja tiilimurske hyödynnettiin koulun pihan rakentamisessa. Kohteessa tarvittiin ympäristölupaa.</p> <p>Informaatiopaketista selviää käytännöt MARA-asetuksen mukaisesta rekisteröinti-ilmoituksesta sekä ympäristöluvasta, missä ja miten betonimursketta käytetään sekä ympäristöasioita. Betonimurskeen käyttäminen on kokonaisvaltaisesti kannattavaa, vaikkakin lupa-asioissa tarvitaan aikaa.</p> <p>Paraikaa Suomessa on valmisteilla kansallinen EoW-asetus, jonka tavoitteena on betonimurskeen jätteen luokittelun päättymisen. Asetuksen tavoitteena on luoda menettely, jonka avulla jätteen luokiteltu materiaali voidaan palauttaa tuotteena takaisin markkinoille.</p>	
Avainsanat	purkubetoni, betonimurske, ympäristölupa

Author Title	Tuomas Kanerva Repurposing demolished concrete at construction site
Number of Pages Date	35 pages 20 October 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Building Construction
Instructors	Jaakko Hakala, Project Manager Anu Ilander, Senior Lecturer
<p>Crushed concrete from the concrete industry as well as demolition sites can be utilized in a number of different applications, such as the construction of roads and yards. However, the use of concrete crushed stone on site requires a notification in accordance with the MARA regulation or an environmental permit. From the point of view of the law, crushed concrete is waste.</p> <p>The purpose of this bachelor's thesis was to make an information package on the use of concrete crushed stone and related administrative issues such as permit issues. The thesis was done for NCC and the material was obtained from the Rajatorppa school site in Vantaa. At the construction site, the old Rajatorppa school was demolished out of the way of the new yard. The old school concrete and brick rubble was utilized in the construction of the school yard. An environmental permit was required at the site.</p> <p>The information package explains the practices related to the registration notification in accordance with the MARA regulation, as well as r to the environmental permit, where and how the crushed concrete is used, and environmental issues. The use of crushed concrete is generally profitable, although time is required for permit issues.</p> <p>A national EoW decree is currently being prepared in Finland, the aim of which is to end the classification of crushed concrete as waste. The purpose of the regulation is to establish a procedure for returning material classified as waste to the market as a product.</p>	
Keywords	demolished concrete, concrete crunch, environmental permit

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Betonimurske	3
2.1	Yleistä	3
2.2	Betonimurskeen hyödyntämiskohteet	6
2.3	MARA-asetus	8
2.4	Betonimurskeen tuottajat	10
2.4.1	Saatavuus	10
2.4.2	Murskeen hinta	11
2.5	Laadunvarmistus	12
3	Rajatorpan koulu	14
3.1	Kohteen suunnitelmat	14
3.2	Kalusto	17
3.2.1	Purkaminen	18
3.2.2	Murska	19
3.2.3	Tiivistys	21
3.2.4	Jätteet	22
3.3	Ympäristöasioiden huomioiminen	24
3.4	Urakka	25
3.5	Lupa-asiat	26
4	Pohdintaa betonimurskeen hyödyntämisestä	27
5	Yhteenveto	29
	Lähteet	32

Käsitteet

AHA-kartoitus	Asbesti- ja haitta-ainekartoitus
CE-merkintä	Merkintä, jolla tuotteen valmistaja tai valtuutettu edustaa vakuuttaa, että tuote täyttää tuotetta koskevien EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset
CO2-ekv.	Ilmastotieteessä käytetty suure, joka kuvaa ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusta
E-moduuli	Tierakenteen tai pohjamaan näennäinen kimmokerroin
EoW	End-of-Waste (Jäteluokituksen päättyminen)
MARA-asetus	Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa.
Pulverointi	Esikäsittely, jossa poistetaan suurin osa metallista ennen murskaamista.

1 Johdanto

Betonia valmistetaan maailmassa vuosittain noin 13 miljardia kuutiometriä. Suomessa vuotuinen käyttö on noin 5 miljoonaa kuutiometriä. Tavanomaisten rakennusten käyttöiksi suunnitellaan 50 vuotta. Arvorakennuksille käyttöikä suunnitellaan 100 vuodeksi, ja Euroopassa on nähty rakennusten suunnitelmia jopa 1000 vuoden käyttöiälle. [1.]

Rakennuksen suunnitellun käyttöiän jälkeen se yleensä puretaan ja siitä syntyy jätettä. Onneksi nykypäivänä pystytään hyödyntämään suurin osa purkujätteestä. Betonin uusi elämä alkaa sen murskaamisella. Tätä betonimursketta voidaan käyttää maanrakentamisessa kiviaineksen tapaan. Yleisesti betonimurskeen käyttökohteita löytyy rakennuspaikan läheltä, tällöin kuljetuksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt pienevät lyhyiden välimatkojen takia. Myös neitseellisen kallion murskaamatta jäämisestä säästyy hiilidioksidipäästöjä.

Euroopan unionin jätedirektiivi (2008/98/EY) vuodelta 2008 velvoittaa jäsenvaltiot tehostamaan jätteen kierrätystä. Jätedirektiivin mukaan vuoteen 2020 mennessä on lisättävä vaarattoman rakennus- ja purkujätteen valmistelua uudelleenkäytettäväksi ja materiaalihyödyntämistä vähintään 70 prosenttiin. [2.]

Tässä työssä on tarkoitus perehtyä betonimurskeeseen sekä sen kannattavuuteen rakennusmateriaalina. Työtä on myös tarkoitus käyttää tulevaisuudessa NCC Suomen toimitilarakentamisessa informaatiopakettina betonimurskeesta ja sen hyödyntämisestä täyttöihin, koska yrityksessä ei ole käytetty betonimursketta aiemmin.

Työssä käsitellään tarkemmin NCC Suomi Oy:n purkukohdetta Vantaan Rajatorpassa. NCC:n tärkeimpiä rakentamisen osa-alueita ovat infra-, talo- ja toimitilarakentaminen. NCC:n historia juontaa 1800-luvun loppuun, Göteborgin laivanvarustajiin. Logossa oleva tähti taas Nordstjärnan sukuun - Pohjantähti on näyttänyt tietä jo pitkään. Nyky-
muotoinen NCC alkoi muodostua vuoden 1987 lopulla. Asiakkaita ovat yritykset, yksityishenkilöt ja valtiot. [3.]

NCC Building ja NCC Infrastructure vastaavat uudis- ja korjausrakentamisesta sekä infrarakentamisesta. NCC Industry keskittyy erityisesti kiviainestoimintaan ja asfaltin tuotantoon. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2018 lähes 5,6 miljardia euroa ja henkilöstömäärä 16 300. [3.]

Joulukuussa 2019 Rajatorpan uusi koulu valmistui Vantaalle. Samalla tontilla sijaitseva vanha koulu purettiin uuden koulun pihan tieltä pois. Keväällä 2020 aloitettiin Rajatorpan vanhan koulun purkutyöt. Purkutöissä syntynyt betonijäte murskattiin ja käytettiin uuden koulun pihan täyttöihin.

Betonimurske kuuluu osana valtioneuvoston asetusta eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakennuksessa 591/2006. Tätä kyseistä asetusta kutsutaan MARA-asetukseksi. Tässä työssä käydään tarkemmin MARA-asetus läpi ja analysoidaan sen vaikutukset murskeen käyttöön maanrakentamisessa.

2 Betonimurske

2.1 Yleistä

Betoni on rakennusaine, jolla voidaan valaa haluttuja rakenteita muottien avulla. Kosteudenkestävyys, suuri rakenteellinen lujuus ja pitkäikäisyys ovat betonin etuja verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. [4.]

Betoni koostuu kolmesta pääaineesta, sideaineesta, runkoaineesta ja vedestä. Sementti toimii sideaineena ja kalliomursketta käytetään runkoaineena. Osa-aineiden suhteilla keskenään on tärkeä merkitys betonin kaikkiin ominaisuuksiin. Pääaineiden lisäksi on olemassa joitakin seos- sekä lisäaineita, joilla saadaan muokattua massasta haluttunlaista. Näillä aineilla voidaan myös vaikuttaa betonin valettavuuteen ja kovettumisaikaan. [4.]

Tutkimusten mukaan alkuperäisellä betonin lujuudella on todennäköisesti vähäinen vaikutus betonimurskeen ominaisuuksiin. [22.]

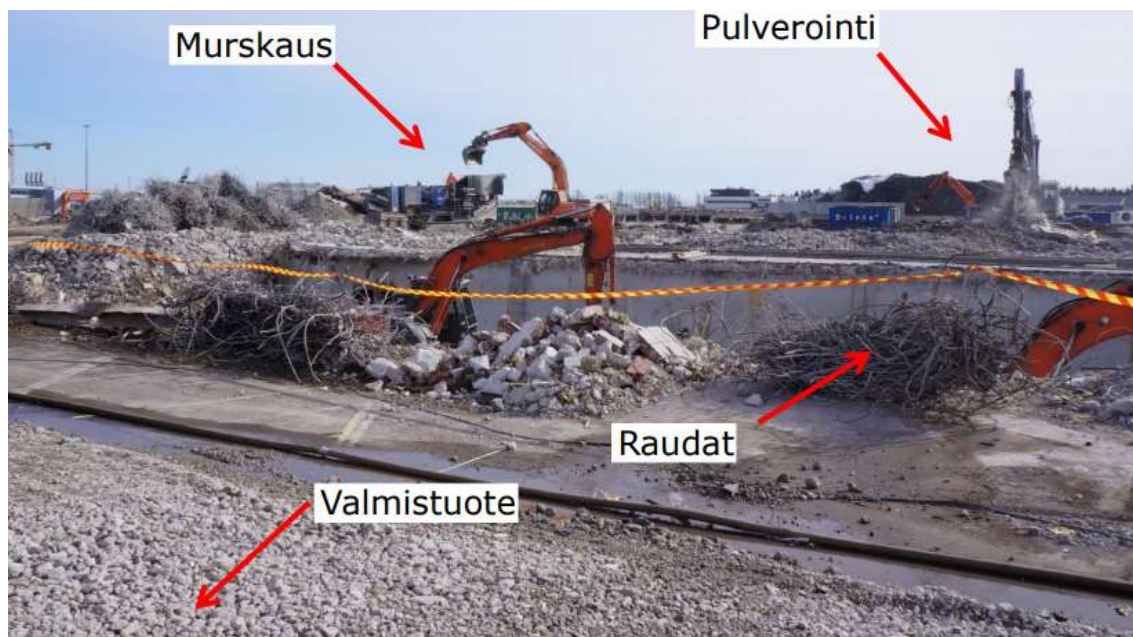
Uudisrakentamisesta, vanhojen rakennusten purkamisesta sekä betoniteollisuudesta syntyy betonijätettä, josta voidaan valmistaa murskaamalla betonimursketta. Betonimurske on jaoteltu neljään erilliseen laatuluokkaan (taulukko 1). Luokitukset menevät asteikolla BeM I – BeM IV. Karkeasti jaoteltuna BeM I laatuluokka on betoniteollisuudesta tullutta jätettä, jossa ei ole mukana epäpuhtauksia. Laatuluokat BeM II-IV on purkutyömailta tullutta betonijätettä, ja ne saavat sisältää tietyn prosenttiosuuden verran tiilijätettä sekä sekajätettä.

Betoni sitoo elinkaarensa aikana hiilidioksidia karbonisaatioreaktiossa. Tämä reaktio tapahtuu käytännössä ilman hiilidioksidi kontaktin kanssa. Betonimurskaamisessa tämä reaktio kiihtyy, koska reaktioon on käytettävissä enemmän vapaata pinta-alaa. Maarakenteisiin tiivistettynä kontaktia ilman hiilidioksidiin ei juurikaan ole, jotenka karbonisoituminen on hidasta. Suomen hiilidioksidipäästöistä n 1,5 % muodostuu betonin tarvitseman sementin valmistuksesta. [5.]

Sementti tonnin valmistus tuottaa 700–800 kilogrammaa hiilidioksidia. Itse sementtiklinkkerin polttamisessa vapautuu hiilidioksidia noin 530 kilogrammaa. Loput hiilidioksidista on peräisin polttoaineista. [6.]

Jätelaki (646/2011) määrittelee jätteellä aineen tai esineen, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä. Tämän tulkinnan mukaan käytännössä kaikki purettava materiaali muuttuu viimeistään purkuhetkellä jätteeksi. Jätelain mukaan betonimurske säilyttää kuitenkin jätestatuksensa, vaikka se olisi jalostettu, ympäristökelpoinen ja CE-merkitty. [7.]

Kuvassa 1. eriteltynä betonimurskeen valmistusvaiheet purkamisesta valmistuotteeksi.



Kuva 1. Betonimurskeen matka rakenteesta valmistuotteeksi. [8.]

Taulukko 1. Betonimurskeen BEM-laatuiluokkien ominaisuudet sekä epäpuhtaudet. [9.]

	Rakeisuus	Lujittuminen	Routivuus	E-moduuli
BeM I	Epäpuhtauksista vapaa betonijäte, joka on peräisin esim. betoniteollisuudesta			
	0 - 50 mm	Lujittuu	Routimaton	700 MPa
BeM II	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte			
	0 - 50 mm	Lujittuu	Routimaton	500 MPa
BeM III	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, jonka uudelleenlujittuminen on epävarmaa			
	0 - 50 mm	Epävarmaa	Routimaton	280...300 MPa
BeM IV	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, joka ei lujitu rakenteseen tiivistettynä ja voi olla routivaa			
	Vaihtelee	Ei lujitu	Vaihtelee	...200 MPa*

	Tiilen max. osuus [paino-%]	Muiden materiaalien max. Osuus** [paino-%]	Liukoisuuskokeet murskausvaiheessa
BeM I	0	0,5	ei vaadita
BeM II	10	1	vaaditaan
BeM III	10	1	vaaditaan
BeM IV	30	1	vaaditaan

- * Harkittava tapauskohtaisesti
- ** puu, muovi, yms. Tämän paino-% vaatimuksen lisäksi erityisen keveitä materiaaleja (esim. solumuovi- ja vuorivillaeristeet) ei saa olla haitallisessa määrin



Kuva 2. BeM II luokan betonimurskettä kasalla varastoituna. [10.]

2.2 Betonimurskeen hyödyntämiskohteet

Betonimurskeen käyttöön on kaksi vaihtoehtoa. Hyödyntämispaikan omistaja/rakentaja murskaa betonimursketta itse tai sitä ostetaan paikallisilta toimittajilta. Betonimurskeella voidaan saavuttaa parempia kantavuuksia kuin luonnonkiviaineksilla. Mikäli ei tarvitse mitoittaa rakennekerroksia routaa varten, voidaan rakentaa ohuempia rakennekerroksia. Betonimurskeen ja kiviaineksen työsaavutuksissa ei ole juurikaan eroa toisiinsa nähden. [11.]

Betonimurskeen hyödyntäminen ei vaadi erityiskalustoa. Tiivistämättömän betonimurskeen päällä on mahdollista liikkua kuorma-autolla tai kaivinkoneella. Ennen kuin betonimurskeella täytetty väylä tai alue avataan liikenteelle tai paikalla on raskasta työmaa-liikennettä, tulee betonimurskekerros päällystää asfaltilla taikka kalliomurskeella. Jos käytettävä betonimurske sisältää paljon erottelusta huolimatta esimerkiksi teräskappaleita, voi työmaalla aiheutua viivästyksiä rengasrikkojen vuoksi. Teräskappaleet voivat aiheuttaa harmia myös, jos rakennuspaikalla joudutaan joskus etsimään kaapeleita tai muita metallisia esineitä kaapelinhakulaitteilla tai metallinpaljastimilla. [12.]

Betonimurskeen pääasiallisia käyttökohteita ovat katu-, tie- ja kenttärakenteiden jakavat ja kantavat kerrokset (taulukko 2). Betonimursketta on myös mahdollista käyttää esim. erilaisissa täytöissä sekä putkijohtokaivantojen lopputäytöinä. Käytännössä siis betonimursketta käytetään luonnon maa- ja kiviaineksen tavoin. [13.]

Betonimurskeella on lujittuneena mahdollista saavuttaa parempia kantavuuksia kuin vastaavalla kalliomurskeella. Lujittuminen perustuu murskauksessa syntyvien sitoutumattoman sementin reaktiopintojen sitoutumiseen. Huolellisesti tiivistetty, mutta rakenteesta auki kaivettu betonimurske lujittuu uudelleen lähes vastaavasti kuin ensimmäistä kertaa materiaalilla rakentaessa. [13.]

Lujittunut betonimurske irtoaa kaivannosta talvi- ja kesäolosuhteissa rakeisena (kuva 3), siihen siis muodostuu kovia lujittuneita kappaleita. HSY:n kenttäkokeiden perusteella sulan ja jäätyneen betonimurskeen kaivuvastus on suurempaa kuin luonnon kiviaineksen, mutta kaivu on silti suoritettavissa samalla kalustolla. [12.]



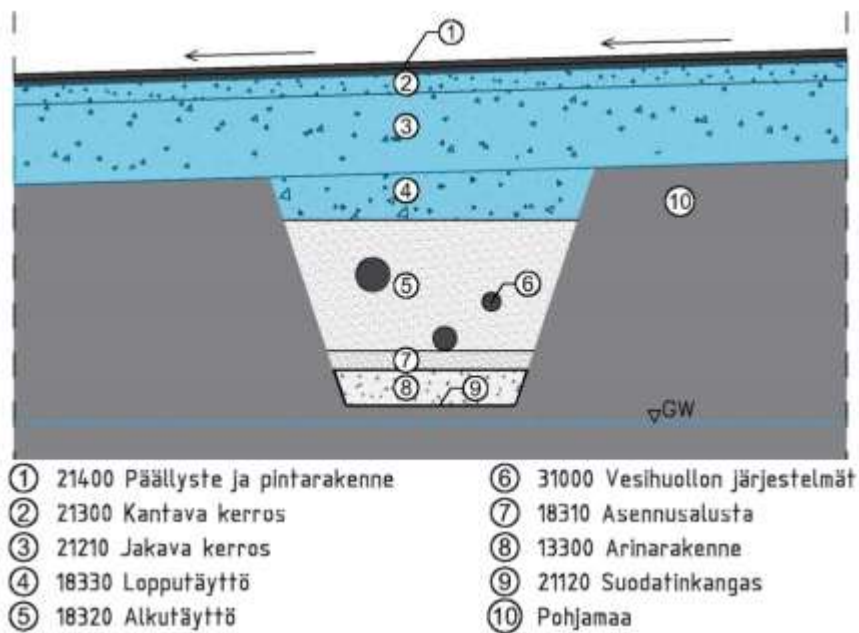
Kuva 3. Auki kaivettu betonimurske kaivanto [8.]

Taulukko 2. Taulukossa on esitetty, kuinka eri laatuluokkien betonimurskeita voidaan käyttää missäkin parhaan tuloksen saavuttamiseksi. [7.]

Rakennekerros	BeM I	BeM II	BeM III
Kantava kerros	+ ⁽¹⁾	+ ⁽¹⁾	-
Jakava kerros	++	++	+
Suodatinkerros ⁽²⁾	++	++	++
Penger	++	++	++
Lopputäyttö ⁽³⁾	-	+	+
Alkutäyttö ⁽⁴⁾	-	-	-
Arina ⁽⁴⁾	-	-	-

++	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.

Taulukosta 2. selviää että parhaiten betonimurske soveltuu penkereisiin, sekä jakaviin että kantaviin kerroksiin. Alkutäyttöihin sekä arinoihin se ei sovellu ollenkaan.



Kuva 4. Johtokaivanto, sinisellä osuudet missä betonimursketta mahdollista hyödyntää. [7.]

Kun betonimurske poistetaan käytöstä, siitä tulee betonijätettä. Tämä voi johtua siitä, ettei sitä enää pystytä kierrättämään tai betonimurskeeseen on sekoittunut muuta maainesta tai jätteitä. Ennen kaatopaikalle toimittamista materiaali on hyväksyttävä kaatopaikalle sijoitettavaksi. Betonijätettä ei voi sijoittaa maankaatopaikan käyttöön. [7.]

2.3 MARA-asetus

Jätteen hyödyntämistä maanrakennuksessa pyritään edistämään lainsäädännön avulla. Tätä valtioneuvoston asetusta kutsutaan nimellä MARA-asetus.

Yleisesti betonimursketta voidaan hyödyntää VNa 843/2017 "Valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa" mukaisella rekisteröinti ilmoituksella. MARA-asetuksessa määritellään perusteet, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden ammatti- tai laitospäiseen käyttöön maanrakentamisessa ei tarvita ympäristölupaa. [15.]

MARA-asetuksen mukaisesti betonimurskeen käyttö on sallittua väylä- ja kenttärakenteissa sekä teollisuus ja varastorakennusten pohjarakenteissa. Asetus sallii betonimurskeen käytön yksityisillä, että julkisilla alueilla.

Väyliä, joissa MARA-asetuksen mukaisesti voidaan käyttää betonimursketta

- yksityiset sekä yleiset tiet sekä kadut,
- johto- ja putkikaivantojen lopputäytöt väylillä
- jalkakäytävät sekä pyörätiet
- maasto- ja ulkoliikunta reitit sekä metsäautotiet

Kenttiä, joissa MARA-asetuksen mukaisesti voidaan käyttää betonimursketta

- jätteenkäsittely -, teollisuus-, satama- ja lentoliikenteen alueiden varastointikentät
- pysäköintialueet ja ratapihat
- ulkoliikuntapaikkojen kentät
- erityisurheilualueiden kentät esimerkiksi ampurata-alueet.
- eläinurheilualueiden kentät

Pakollisia vaatimuksia betonimurskeen käytöstä, jos sitä aiotaan hyödyntää MARA-asetuksen mukaisesti, on esitetty alla:

1. Betonimurskekerros saa olla maksimissaan 1.5 m paksu ja murskeen maksimirae-koko 90 mm
2. Betonimurskeen haitallisten aineiden liukoisuus ja pitoisuus eivät saa ylittää raja-arvoja. Betonimurske saa sisältää enintään seuraavanlaisesti
 - 1 paino-% vedessä kellumatonta ainesta kuten puuta, kumia tai metallia.
 - 10 cm³/pai vettä kevyempiä materiaaleja kuten muovia ja eristysmateriaaleja.
 - 30 paino-% tiili- ja kaakelijätettä.
3. Betonimursketta sisältävät maarakentamiskohteet peitetään vähintään 10 cm paksuisella kerroksella pilaantumaton luonnon maa- tai kiviainesta tai päällystetään.
4. Etäisyys betonimurskekerroksesta pohjaveden enimmäiskorkeuteen on vähintään 1 m, sekä etäisyys vesistöistä, talousvesikäyttöön tarkoitettuun kaivostaan tai lähteestä on yli 30 m.
5. Väliaikainen varastointi järjestetään siten, että jätettä ei päädy ympäristöön eikä aiheuta vaaraa terveydelle tai ympäristölle.

Hyödyntämispaikan haltija tekee ilmoituksen rekisteröintiä varten ympäristösuojelun tietojärjestelmään. Rakenteen periaatepoikkileikkaus on esitettävä ilmoituksessa. Poikkileikkauksesta on selkeästi tultava ilmi, missä rakennusosissa betonimursketta on tarkoitus hyödyntää. [15.]

Rakenteesta poistettu betonimurske voidaan hyödyntää MARA-asetuksen mukaisella rekisteröinti-ilmoituksella uudelleen samalla tavalla kuin ensimmäistä kertaa hyödynnettävä betonimurske. Uudelleen hyödyntäessä betonimurskeen tulee täyttää samalla tavalla kaikki materiaalille asetetut ympäristökelpoisuus ja tekniset vaatimukset. Nämä vaatimukset voidaan osoittaa pääsääntöisesti käyttämällä rekisteröinti-ilmoituksessa aiemman rekisteröinti-ilmoituksen mukana toimitettuja tietoja. [16.]

2.4 Betonimurskeen tuottajat

Betonimursketta CE-merkinnöillä valmistaa Uudellamaalla ainakin Rudus, Delete, Purkupiha sekä Talosiirto Oy. Uudenmaan toimijoista selvästi suurin on Rudus Betorocmurskeellaan. Pienempiä toimijoita, jotka purkavat taloja ja tekevät betonimursketta on monia. Rudus toimittaa vuosittain 250 000–350 000 tonnia betonimursketta. Tällä määrällä se on yksi Uudenmaan suurimmista toimittajista. Helsingin Talosiirto Oy valmistaa ja toimittaa 30 0000–60 000 tonnia betonimursketta vuosittain.

2.4.1 Saatavuus

Betonijätettä muodostuu Suomessa vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia, josta noin miljoona tonnia pk-seudulla. Suurin osa betonijätteestä muodostuu purkutyömailla. Lajitteleva purkutekniikka on kehittynyt paljon, joten edellytykset betonin kierrätykselle ovat hyvät. Purkubetoni pystytään yleensä hyödyntämään täysin. [11.]

Tärkein saatavuuteen vaikuttava tekijä on tarjonnan ja kysynnän suhde. Esimerkiksi jos pk-seudulla on paljon purkukohteita, näin ollen betonimurskaa on paljon tarjolla, mutta vastaanottajia on huomattavasti vähemmän kuin normaali kiviainekselle. Tällöin myös betonimurskeen hinta putoaa. Betonimurskeen saatavuus on suurimpien toimittajien mielestä hyvä.

2.4.2 Murskeen hinta

Betonimurskeen hinta vaihtelee BEM-luokituksen mukaan. Halvimmillaan betonimurske tonnista joutuu haettuna tuottajalta maksamaan 1€ /t, kun kalleimmillaan siitä pyydetään 3€ /t.

Taulukko 3. Laskelma betonimurskeen hinnasta tuotuna työmaalle eri ajoneuvoilla. Taulukosta ilmenee kasettiauton olevan halvin tapa tuoda mursketta työmaalle. 4-, sekä 5- akselisilla kuorma-autoilla ero ei ole kovinkaan suuri. Hintatiedot saatu maanrakennusurakoisijaa haastatteleamalla.

	Tuntiveloitus	Kuormaus+purku	Ajoaika suuntaan	Työpäivä	=	Betonimurskeen hinta kuljetuksineen
KA 4-aks 18tn	69,60 €	0,2 h	0,5 h	8,5 h	=	6,19 €/tn
KA 5-aks 21tn	74,20 €	0,25 h	0,5 h	8,5 h	=	6,50 €/tn
Kasetti 49 tn	80 €	0,5 h	0,5 h	8,5 h	=	4,27 €/tn
BEM II €/tn						
1,50 €						
KA 4-aks= Kuorma-auto 4-akselinen						
KA 5-aks= Kuorma-auto 5-akselinen						
Kasetti= Kasettiauto						

Taulukko 4. Vertailussa betonimurskeen ja kalliomurskeen hintaerot. Hintatiedot saatu kyseisiin yrityksiin soittamalla.

	BEM I	BEM II	BEM III	BEM IV
Betonimurske t/€ noudettuna				
Purkupiha		1		
Rudus	3	2	1,5	1,5
Talosiirto		1,5		
Kalliomurkse t/€ noudettuna	0/32mm	0/90mm		
Rudus	8	7		
NCC	7,5	6,5		

Taulukon 4. mukaan paras saatavuus on BEM II-luokan betonimurskeella. Hinnossa eri toimittajien mukaan on pieniä eroja, mutta tarjouksia kyselemällä hinnat ovat varmasti tarkempia.

2.5 Laadunvarmistus

Betonijätteen luovuttajalla on oltava laadunvarmistusjärjestelmä, jonka tulee sisältää vähintäänkin seuraavat asiat:

- 1) Arvio vuosittain syntyvästä jätemäärästä sekä niiden nimikkeet, kun kyse on laitospainoisesta tuotannosta
- 2) laadunvalvontatutkimukset, jossa on määritelty näytteenottoajankohdat ja paikat, näytteenottomenetelmät, kokooma- ja osanäytteiden määrät ja koot sekä näytteenoton laadunvarmennus
- 3) ohjeet jätteen vastaanotosta ja käsittelystä sekä varastoinnista, jos laitoksella käsitellään monista kohteista toimitettavaa jätettä
- 4) vastuuhenkilöt ja näiden pätevyys
- 5) auditointi- ja arviointisuunnitelma
- 6) raportointi ja seuranta, mukaan lukien tutkimustulosten dokumentointi

Referenssikohteen urakoitsijalla Talosiirto Oy:llä oli MARA-asetuksen mukainen laadunvarmistusjärjestelmä käytössä. Murskausurakoitsija huolehti valmiin murskeen näytteenotosta sekä MARA-asetuksen mukaisista analyyseistä. Talosiirto Oy toimitti tulokset ulkopuoliselle valvojalle tarkastettavaksi ennen murskeen hyödyntämisen aloitusta.

Urakoitsija piti kirjaa murskeen valmistuksen ajankohdista, murskausmääristä sekä syntyneistä jätemääristä ja niiden toimitusosoitteista. Nämä kaikki tiedot toimitettiin ulkopuoliselle valvojalle loppuraporttia varten. Kyseiselle valvojalle toimitettiin myös tiedot mahdollisista onnettomuus- ja häiriötilanteista.

Betoni- ja tiilimurskeen hyödyntämisalue tarkemmitattiin rakenteen ala- ja yläpinnan osalta. Näin sijaintitiedot arkistoiitiin mahdollista myöhempää tarvetta varten.

MARA-asetuksen mukaan tehtävissä betonimurskeen hyötykäytön rekisteröinti-ilmoituksissa tulee antaa suunnitelmiin perustuva, todenmukainen kuva sen hyödyntämisestä maanrakennuskohteessa. Tämä tarkoittaa betonimurskeen sijoittumista ja määrää. [7.]

Betonimurskeen tulee olla CE-merkittyä maanrakennus käyttöön, kun käyttötarkoitukseen on olemassa harmonisoitu standardi. Maanrakentamisessa kiviainekset CE-merkittään standardin EN 13242 mukaisesti. Tämä johtaa juurensa Euroopan unionin rakennustuoteasetukseen. Virallisesti CE-merkintä tarkoittaa, että valmistaja ilmoittaa tuotteen ominaisuudet yhteisesti sovitulla tavalla. Tämä tapa perustuu kyseistä käyttökohdetta koskevaan harmonisoituun tuotestandardiin. Suomessa CE-merkintöjen valvovana viranomaisena toimii turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES. [17.]

Merkintä on mahdollista alle 90 mm maksimiraekoon murskeelle. Yli 90 mm raekoon betonimursketta ei ole mahdollista CE-merkitä. Tämä ei ole mahdollista, koska rakeisuusmääritysstandardin soveltamisala ei kata suurirakeista mursketta. Rakeisuusmääritys on vaadittu testausmenetelmä. Kuitenkin aina tulee tehdä rakennustuotteille tarvittava laadun valvonta, jolla osoitetaan tuotteen soveltuvuus käyttökohteeseen.

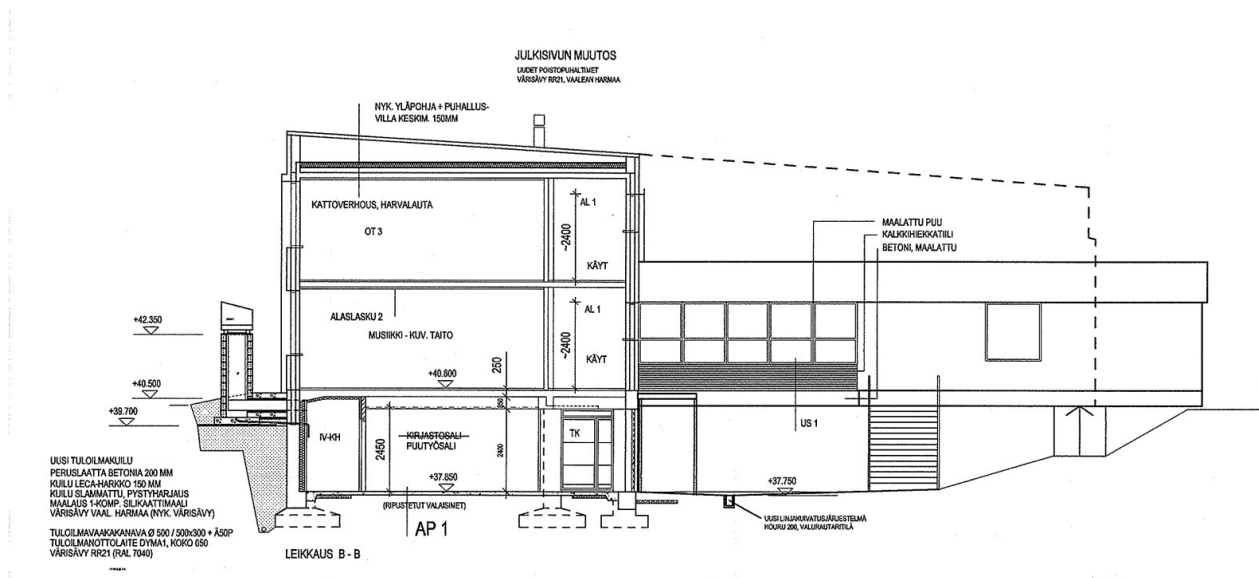
Infra RYL käsittelee betonimursketta ensimmäistä kertaa vuonna 2006 väylät ja alueet osassa. Tämä ei kuitenkaan vielä sisältänyt betonimurskeen laatuvaatimuksia. 2017 Infra RYL:iin tuli päivityskoskien betonimursketta. Silloin lisättiin betonimurskeen laatuvaatimukset sekä työohjeet.

3 Rajatorpan koulu

3.1 Kohteen suunnitelmat

Vantaan Rajatorppaan rakennettiin uusi koulu, ja se valmistui joulukuussa 2019. Samalle tontille jäi käyttämättömäksi Rajatorpan vanha koulu, joka purettiin pois uuden koulun leikkipihan tieltä. Tämän 1960-luvulla valmistuneen koulun purkutyöt aloitettiin keväällä 2020. Koulurakennuksen purkaminen ja siitä aiheutuneen montun täyttö valmistuivat huhtikuussa 2020. Tämän jälkeen alkoi koulun pihan rakentaminen betonimurskeen päälle, koulun piha valmistui ajoissa ja oli käytössä jo heti kun koululaiset riensivät kouluun elokuussa 2020.

Kuvassa 5. on Rajatorpan vanhan koulun poikkileikkaus. Seinä, jolta tuloilmakuilu tulee ulos, oli kohteen haastavin kohta purkaa. Uuden koulun anturat sekä sadevesilinja olivat lähietäisyydellä, ja pelkona oli, että penkka sortuu. Geo-suunnittelija kävi paikan päällä toteamassa tilanteen eikä hänen mielestään ollut estettä turvalliselle purkamiselle.



Kuva 5. Rajatorpan vanhan koulun poikkileikkaus.

Kuvassa 6. On poikkileikkauksen seinä todellisuudessa. Purkamista varjosti pelko penkan sortumisesta, mutta pelko osoittautui turhaksi. Taka-alalla näkyvässä vesilammikossa oli kohteen syvimmillä olleet anturat, jotka aiheuttivat purkajille ongelmia. Lumitykkiä käytettiin pölynsitomiseen kastelemalla kasoja sekä ilmaa.



Kuva 6. Rajatorpan koulun purku-urakan vaikein osuus.

Purku-urakka alkoi sisäpurkutöillä sekä haitta-ainepurulla. AHA-kartoituksesta selvisi, että vanhaa koulua rakentaessa oli käytetty asbestia sisältäviä rakennusaineita. Asbestia löytyi mm. kiinnitysliimasta, lujalevyistä, putkieristeistä sekä lämmönjakohuoneen lämmityskattilasta. Koulun sisäosien purkaminen vei aikaa noin viisi viikkoa.

Betoni- ja tiilijätteen murskaaminen suoritettiin 14.-27.4.2020. Murskaus suoritettiin vaiheittain, ja yhteensä murskauspäiviä tuli 6 kappaletta. Murskausaika ympäristöluvan mukaisesti oli 07-12 ja 14-16. Murskaus keskeytettiin viereisen päiväkodin lepoajan ajaksi.

Rajatorpan koulun työmaalla pohdittiin alun alkaen salaojaputkien asentamista täyttöön. Näin ollen betonimurske olisi saanut karbonatisoitumiseen tarvittavaa vettä ja ilman

hiilidioksidia paremmin. Tähän työhön haastateltiin Ytekki Oy:n Katja Lehtosta, joka oli kohteen ympäristöluvan mukaisuuden valvoja. Lehtosen mukaan ajatus on mielenkiintoinen, mutta sellaista ei ole vielä ilmeisesti missään kokeiltu.

Kuvassa 7. on yhteenveto Rajatorpan koulusta löytyneistä asbestia sisältävistä rakenteista. Betonimurske ei saa sisältää asbestia, joten kaikki asbesti on purettava tarkkaan pois.

Asbestipitoisia Finnflex-lattiovinyylilaattoja ja niiden mustaa kiinnitysliimaa havaittiin kaikissa kerroksissa. Uusittujen vinyylilaattojen ja muovimattojen sekä tasoitteiden alle on jätetty alkuperäinen musta kiinnitysliima. Mustasta kiinnitysliimasta on arvio massaluettelossa, jotka tulee tarkastaa ennen purkutöiden alkamista. Kaikki havaitut Finnflex-lattialaatat (250x250 mm²) sekä musta kiinnitysliima tulee purkaa asbestityönä.

Lujalevyjä havaittiin pääosin julkisivuissa pilareiden kohdalla sekä vessojen alakattojen yhteydessä. Lujalevyrakenteiden purku tulee tehdä asbestipurkutyönä.

Näkyviä asbestipitoisia putkieristeitä havaittiin vain kellarikäytävän yhdellä osuudella. 1. Kerroksen käytävän alakaton yläpuolella on asbestipahvieristeisiä putkia. Rakenteiden sisällä tai läpivienneissä voi olla asbestipitoisia eristeitä, joiden purku niitä havaittaessa tulee suorittaa asbestityönä.

Lämmönjakohuoneessa on jäljellä alkuperäinen lämmityskattila. Lämmityskattilan purkutyö tehdään asbestityönä.

Mikäli purkutöiden aikana havaitaan uusia asbestipitoisia tai epäilyttäviä materiaaleja, tulee purkutyötä suorittavan yrityksen informoida tästä purkutyön tilaajaa. Tämän jälkeen suositellaan ottamaan yhteys kartoittajaan tai purkamaan epäilyttävät materiaalit asbestipurkutyönä.

Kuva 7. AHA-kartoituksen yhteenveto.

Kuvassa 8 on Rajatorpan vanha koulu etelästä päin katsottuna. Tässä koulun päädyssä oli maan alle kaivetut kellaritilat, joihin tuli noin 4 metriä betonimursketäyttöä.



Kuva 8. Rajatorpan vanha koulu. [18.]

3.2 Kalusto

Rakennuksen purkaminen tarvitsee paljon kalustoa, jotta työ voidaan tehdä turvallisesti ja aikataulun mukaisesti. Kalustoa oli tällä työmaalla kaivinkoneesta lumityykkiin. Rajatorpan koulun purkamiseen tarkoitettu kalusto tuli kokonaisuudessaan urakoitsijalta. Urakoitsija hoiti myös työmaan aitaamisen ja lukituksen.



Kuva 9. Talosiirto Oy:n käyttämät 2 Catepillar-kaivinkonetta. Etualalla kaivinkoneessa pulverointikoura käytössä.

3.2.1 Purkaminen

Kaivinkoneina Talosiirto Oy käytti kolmea Caterpillar-kaivinkonetta (kuva 9). Malleiltaan koneet olivat Caterpillar 330D sekä Caterpillar 330F. Jälkimmäisiä työmaalla oli käytössä kaksi kappaletta. Lisävarusteita ei kaivinkoneissa juuri ollut. Rakennusten purkaminen on työkoneille rankkaa työtä verrattuna esimerkiksi normaaliin maanrakentamiseen. Esimerkiksi kaivinkoneissa ei ollut kauhanpyörittäjiä, tai muita lisälaitteita aiheuttamassa turhia kustannuksia rikki mennessään.

Purkamistyöstä aiheutuu paljon pölyä ja tuulisella säällä se voi levitä laajalle alueelle naapurustoon. Tämän estämiseksi työmaalla oli käytössä lumitykki, joka kasteli ilmaa sekä kasoja (kuva 11).

Kaivinkoneisiin oli olemassa kahta erilaista kauhaa, tasapohjaista sekä piikkikauhaa. Koneisiin oli myös olemassa hydraulivasara piikkaamiseen, purkukoura, routapiikki sekä pulverointikoura (kuva 10). Hydraulivasaraa käytettiin kaikkein isoimpien betonilohkareiden pienentämiseen. Routapiikillä sai maan sisällä olevat anturat helpommin pintaan ja tämän jälkeen murskaukseen. Polttoaineet varastoitiin kaksoisvaipallisissa säiliöissä eikä poltto- tai voiteluainevuotoja tapahtunut.



Kuva 10. Urakoitsijan käyttämä purku/lajittelukoura.



Kuva 11. Pölynhallintaa työmaalla hoiti lumitykki, joka suihkutti ilmaan vettä.

3.2.2 Murska

Urakoitsijalla oli käytössä Extec12+-murskain vuodelta 2009 (kuvat 12 ja 13). Murska tuotti kuuden murskauspäivän aikana 4600 tonnia betonimurskettä. Pulveroitu ja epäpuhtauksista mahdollisimman hyvin putsattu betoni syötettiin murskaan, ja murska aloitti murskaamisen. Koneellisesti betonia puhdistettaessa sekaan jää pieniä roskia sekä tietenkin betoniraudotteita. Tämän takia murskaa oli käyttämässä kaksi "käs miestä". He valvoivat, että murskain ei mene tukkoon, ja erottelivat suurimmat jätteet pois.

Työmaalla oli ongelmia murskan sähköjen kanssa. Keskeytyksistä koitui loppujen lopuksi noin parin päivän viive lopulliseen murskauksen valmistumiseen. Vikapalvelu saatiin kuitenkin aina nopeasti lyhyellä varoitusaajalla paikalle.



Kuva 12. Kaivinkone täyttää murskainta betonilla ja käsimes erottelee raudotteita pois.



Kuva 13. Työmaalla käytössä ollut murskain.

3.2.3 Tiivistys

Betonimurskeen tiivistykseen käytössä oli Case-valssijyrä (kuva 14). Täyttöä tuli useampi metri korkeussuunnassa, joten oli tärkeää tehdä maltillisia noin metrin korkuisia täyttöjä ja sen jälkeen aina jyrällä tiivistää kerrokset tiiviiksi. Liian suuret täytöt johtaisivat siihen, että betonimurske ei tiivisty tarpeeksi ja alkaisi ajan saatossa painumaan.

Maa- ja pohjarakennustöiden työselostuksessa annettiin jakavalle sekä kantavalle kerrokselle kantavuusarvot. Jakavan kerroksen päältä mitattujen kantavuusarvojen E2 tuli olla 90NM/m^2 . Kantavan kerroksen päältä mitatun E2 arvon tuli olla 122MN/m^2 . Kantavuusarvojen E2/E1 suhde sai olla molemmissa enintään 2,2.



Kuva 14. Betonimurskeen tiivistykseen käytetty valssijyrä

3.2.4 Jätteet

Jätteet lajiteltiin työmaalla korkeareunaisille siirtolavoille. Jätetyypeille oli olemassa omat siirtolavansa. Urakoitsijan oma kuorma-auto haki täyttyneet siirtolavat pois ja vei tyhjentäväksi kaatopaikalle. Tietyissä purkuvaiheissa lavat täyttyivät todella nopeasti. Esimerkiksi betonin murskaamisessa, kun siitä eroteltiin metallit. Suurin osa betonin raudoitteista saatiin tällä tavalla pois, kuitenkin raudoitteita kulkeutuu myös murskaimeen asti (kuvat 12 & 13). Murskattaessa työntekijä valvoo sekä erottelee yksittäisiä raudoitteita käsin pois.



Kuva 15. Korkealaitainen vaihtolava jätteelle.

Purkujätteitä muodoistui seuraavanlaisesti. Asbestia purettiin 7,5 tonnia, tämä jäte vietiin Suomen Erityisjäte Oy:lle Forssaan. 106,3 tonnia kertyi sekalaista metallijätettä ja se toimitettiin Romu Keinänen Oy:lle. Pelkkää rakennusjätettä syntyi hieman yli 46 tonnia sekä erikoiskäsiteltävää jätettä melkein 30 tonnia. Erikoiskäsiteltävään jätteeseen kuuluu villa, styroksi, lasi ja lasikuitu, kipsilevyt, kovat muoviputket sekä PVC-muovit. Sekalaista puujätettä kertyi 121 tonnia ja puhdasta puuta 5,5 tonnia. Asfalttia 95 tonnia.

Betonimursketta tuli yhteensä kaikkiaan 4600 tonnia. Tämä kaikki murskattiin Rajatorpan koulun työmaalla. Tästä määrästä 3254 tonnia hyödynnettiin Rajatorpan koulun pihan maanrakennustöihin. Ylimääräiset 1346 tonnia ajettiin Talosiirto Oy:n laitokselle Vantaalle.

Taulukossa 3 esitetään jätemäärät tonneittain lajiteltuina. EWC-koodi on niin sanottu jätekoodi. Taulukosta selviää, että selvästi eniten purkujätettä muodostui betonista sekä tiilestä yhteensä 4600 tonnia.

Taulukko 5. Purkujätteet ja määrät eroteltuina.

Purkujätteen määrät ja sijoituspaikat

JÄTE	EWC	MÄÄRÄ	YKSIKKÖ	KÄSITTELY / SJOITUSPAIKKA
Betoni ja tiili	170107	3254,1	t	Murskattu ja sijoitettu vanhan koulun paikalle
Betoni ja tiili	170107	1345,86	t	Helsingin Talosiirto Oy, Vantaa
Sekalainen metalli	170405	106,3	t	Romu Keinänen Oy, Espoo
Rakennusjäte	170904	46,5	t	Delete Oy, Espoo
Erikoiskäsiteltävä jäte	170904	29,1	t	Delete Oy, Espoo
Purkupuu	170201	121,1	t	Destaclean Oy, Espoo
Puhdas puu ja risut	170201	5,5	t	Destaclean Oy, Espoo
Asfaltti	170302	94,68	t	Asfalttikallio Oy, Vantaa
Asbesti	170605	7,5	t	Suomen Erityisjäte Oy, Forssa

3.3 Ympäristöasioiden huomioiminen

Ympäristösuojelulaki on säädetty ympäristön pilaamisen ehkäisemiseksi. Lakia sovelletaan toimintaan, joka voi aiheuttaa tai josta aiheutuu ympäristön pilaantumista. Ympäristösuojelulain pykälän 16. mukaan maahan ei saa jättää tai päästää jätettä tai ainetta, josta voi aiheutua maaperän huononemista tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Pykälään 17. on kirjattu pohjaveden pilaamiskielto. [19.]

Yleisesti luullaan, että betonin murskaaminen on todella äänekästä työtä, mutta tässä kohteessa huoli osoitettiin turhaksi. Purkutoiminnasta tuli vain yksi meluvalitus, eikä murskaamisesta tullut ollenkaan valituksia. Aika ajoin purkuvaiheessa purettava betoni pölysi voimakkaasti, mutta paikalla ollut lumitykki kasteli koko ajan kasoja sekä ilmaa. Näin saatiin pöly sidottua, eikä se lähtenyt leijailemaan naapurustoon. Työmaalla ei tapahtunut purkamisen eikä murskauksen aikana vahinko- tai onnettomuustilanteita.

Betoni- ja tiilmurskeesta tehtiin kaksi erillistä näytteenottoa osanäytteillä. Ensimmäiseen näytteenottoon kerättiin 10 ämpärillistä osanäytteitä. MARA-asetuksen mukaan alle 10 000 tonnin näytemäärä olisi voitu tutkia vain yhdellä ympäristökelpoisuusnäytteellä, mutta työn etenemisen ja betonimurskeen hyödyntämisen aikataulun vuoksi näytteenotto tehtiin kahdessa erässä. Tämän ansiosta ensimmäinen erä pystyttiin hyödyntämään mahdollisimman nopeasti eikä välivarastointia tarvinnut tehdä läheiselle urheilukentälle.

Haitta-aineiden pitoisuudet ja liuotintestien tulokset täyttivät MARA-asetuksen peitetyn kenttärakenteen raja-arvo vaatimukset.

Osanäytteet otettiin murskauksen yhteydessä hinnakuljettimen päästä, kun materiaali oli putoamassa alaspäin. Näyttemateriaali putosi suoraan keräimeen, josta näyte kaadettiin säilytysastiaan.

Näytteenotossa noudatetaan standardien EN 933-11 ja SFS-EN 14899 peruseriaatteita ja Euroopan standardoimisjärjestön (CEN) teknisten raporttien periaatteita sekä maarakentamistoimialan omia standardeja.

Kohteen ympäristöluvan mukaisuuden valvontaa suoritti Ytekki Oy.

3.4 Urakka

Valmistunut betonimurske hyödynnettiin puretun koulun alueella. Puretun koulun montun maanpinta tarkemittattiin ennen betonimurskeen levittämistä. Betonimurske tiivistettiin rakenteeseen kerroksittain valssiyrällä. Lopullinen betonimurskeen pinta tarkemittattiin ennen pintakerrosten levitystä.

Betonimurskekerroksen paksuus vaihteli täyttötarpeen mukaan. Alun perin luultiin, että betonimursketta tulee tarpeeseen nähden liian vähän, joten pihasuunnittelijan kanssa yhteistyössä oli pihalle tehty leikkivälinesyvennys. Tähän monttuun laski liukumäki, sekä erilaisia muita leikkivälineitä. Paksuimmillaan betonimursketta pienellä alueella tuli 4 metriä. Pääsääntöisesti betonimurskeen kerrospaksuus oli enimmillään 3 metriä tai sen alle. Betonimurskekerros peitettiin vähintään 0,5 metrin maakerroksella piha-alueen rakennussuunnitelman mukaisesti.

Kuvassa 14 on koulun pihalle tehty leikkiväline syvennys. Syvennykseen asennettiin yhteensä 7 leikkivälinettä mm. ketteryysverkko ja liukumäki.



Kuva 16. Leikkivälineille tehty monttu.

3.5 Lupa-asiat

Tällä työmaalla tehtäviä töitä ei olisi pystynyt tekemään MARA-asetuksen vaatimalla ilmoituksella. MARA-asetuksen mukaan betonimurskekerros saa olla maksimissaan 1,5 m paksu ja tässä kohteessa paksuimmillaan betonimursketta tuli lähemmäs 4 m. MARA-asetus myöskään ei koske betonimursketta silloin, kun maanrakennuskohde on asumiseen tai lasten leikkipaikaksi tarkoitettulla alueella. Koulun piha on selvästi lasten leikkipaikka. Tyypillisiä ympäristöluvalla tehtäviä kohteita kaupunkirakentamisessa ovat meluvallit, puistojen täytöt sekä putkikaivantojen lopputäytöt puistoissa.

Ympäristölupahakemuksessa luvan hakija hakee lupaa betonimurskeen hyödyntämiselle tietyille sijainnille ja hyödyntämiskohteelle. Viranomaisen myöntää luvan lupamääräyksessä esitetyillä edellytyksillä tai jättää luvan myöntämättä. Betonimurskeen hyödyntämisluvan edellytyksenä on aito hyödyntäminen. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kohde toteutettaisiin, vaikka kyseistä jätemateriaalia ei olisi saatavilla. Jos ympäristölupa viranomaisen katsoo toiminnan tarkoituksen olevan vain jätteestä eroon pääsy, eli lopusijoitus voidaan lupa siltikin myöntää, mutta eri perusteilla ja silloin noudatetaan kaatopakoista annettua lainsäädäntöä.

Ympäristöluvan käsittelee kunnan ympäristösuojeluviranomainen, kun käsiteltävä jätemäärä on alle 50 000 tonnia vuodessa. Aluehallintavirasto käsittelee yli 50 000 tonnia vuodessa sisältävät jätemäärät. [7.] Vantaalla kyseinen ympäristölupa maksaa listahinnan mukaan 4900e. Tästä voi kuitenkin saada alennusta puolet kohtuullistamisperustein. Lisähintaa lupaan voi kertyä, jos ulkopuolinen konsultti tekee luvan rakennuttajan toimesta. Vantaan kaupungilla tällä hetkellä ympäristöluvan myöntämisaika on minimissään 3kk, jos ympäristölupa on täydellisesti haettu, eikä se lähde takaisin puutteiden takia.

Vantaan kaupungin tilakeskukselle myönnettiin ympäristölupa (VD/557/11.01.01.00/2020) murskata Rajatorpan koulun vanhan koulurakennuksen purkamisesta syntyvää purkubetonia ja -tiiltä, välivarastoida betoni- ja tiilimursketta piha-alueella sekä hyödyntää murske maanrakentamisessa paikan päällä osoitteessa Vapaalanpolku 13. Lupa myönnettiin ympäristölautakunnan toimesta 26.3.2020

Luvan mukaisesti sallittu maksimiraekoko oli 150 mm. Kohteessa päätettiin valmistaa kuitenkin murske pienemmäksi. Kokeiden mukaan maksimiraekoko oli 90 mm, tämä johtui siitä, että näin betonimursketta on mahdollista hyödyntää myös MARA-asetuksen mukaisesti muissa kohteissa.

Betonimursketäytön lopputarkastus pidettiin 2.6.2020 maarakennustöiden valmistumisen jälkeen. Lopputarkastuksessa käytiin läpi ympäristöluvan mukainen betoni- ja tiilijätteen murskaus sekä hyödyntäminen tontilla.

4 Pohdintaa betonimurskeen hyödyntämisestä

Riskinä betonimurskeen hyödyntämiselle voi olla itse betonissa olevat epäpuhtaudet. Sementissä on luonnostaan pieniä määriä vesiliukoisessa muodossa esiintyvää kromia. MARA-asetus on antanut kromille raja-arvot hyödyntämisen suhteen. Nämä arvot riippuen siitä, onko rakenne päällystetty vai peitetty. Teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa sekä väylissä kromia saa esiintyä 10 kertaa enemmän kuin esimerkiksi vallirakenteessa. [20.] Itse betonissa voi olla myös asbestia, eikä asbestille ole annettu raja-arvoja. Tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että asbestia sisältävä betoni ei sovellu betonimurskeeksi. Suomessa valmistettiin 1950 ja 1970 lukujen välillä magnesiainmassalattioita. Magnesiainmassalattiat sisältävät asbestia. Näitä lattioita käytettiin kovaan kulutukseen joutuviissa julkisissa tiloissa sekä teollisuudessa. Magnesiainmassalattioita valmistettiin esimerkiksi 10-25 mm paksuista valmislaatoista. [21.]

Lähtökohtaisesti betonimurske kannattaa ostaa toimittajalta kuljetettuna, näin tehdessä riski kuljetuksesta jää aina toimittajalle.

Ajallisesti sekä hallinnollisesti betonimurskeella rakentaminen on haastavampaa kuin normaalilla kiviaineksella, varsinkin kun tässäkin tapauksessa ensin purettiin vanha koulu sekä se murskattiin työmaalla. Näin tehtäessä joudutaan hakemaan lupia sekä odottamaan niitä, selvittämään betonimurskeen vaatimuksia ja käyttämään aikaa tähän hallinnolliseen puoleen. Tästä syystä betonimurske ei ole kaikkein paras rakennusmateriaali, jos hankkeella on hyvin kiire aikataulu. Tiedostamalla betonimurskeen käytössä tarvittavan alkutyön määrän sekä, asiansa osaavat henkilöt voivat tehdä huomattavia säästöjä yritykselle, verrattuna siihen, että täytetään monttu ennestään totuttuun tyyliin

normaalilla kiviaineksella ja maksetaan siitä suurempi hinta. Kuitenkin lupa-asiat oli tehty asianmukaisesti, ja suunnitelmat olivat selvät ei ollut mielestäni liikaa vaivaa betonimurskeella rakentamisesta. Tietenkin pieniä viivästyksiä tuli murskaimen sähkövikojen takia, sekä betonimurskeen tutkimustuloksia odotettiin inhimillisten virheiden takia, mutta aikataulussa oli joustoa muutaman päivän verran. Vanhan koulun murskaaminen ja maanrakennustyöt suoritettiin alkukevästä, joten sääkin oli työlle otollinen.

Betonimurskeella rakennettaessa on myös huomioitava murskeen pH-arvo, joka on luonnonkiviainesta korkeampi. Betonimurskeen pH-arvo vaihtelee 11-12,5 välillä. Kalkkipitoiset sidosaineet nostavat murskeen pH-arvoa, tästä syystä yhteensopivuus putki- ja johtoverkkojen materiaalien kanssa tulee varmistaa. Esimerkkinä betonimurske vähentää rautametallien korroosiotaipumusta, mutta alumiinia ei tule käyttää betonimurskeen yhteydessä ilman emäksisyyttä kestävää suojapinnoitusta. [23.]

Betonimurskerakenteiden läpi suodattava vesi muuttuu tietenkin myös emäksiseksi, tämän takia mursketta ei tulisi käyttää rakenteissa, joissa läpi suodattuu merkittäviä määriä vettä.

Taulukko 6. Hintavertailua perinteisen sekä betonimursketäytön välillä. Taulukosta selviää betonimursketäytön olevan halvempi vaihtoehto kuin perinteinen täyttö kiviaineksella.

VAIHTOEHTO 1	€/t	VAIHTOEHTO 2	€/t
'PERINTEINEN'		MURSKETÄYTYÖ	
Betonijätteen poiskuljetus	5	Murskaus	7
Vastaanottomaksu	25,43	Välivarastointi (ei aina välttämätön)	
Kiviaineksen hankintakustannus	6,5	Täyttö	20,5
Kiviaineksen kuljetuskustannus	5	Ympäristölupa	2 450 €
Täyttö	7,5	Kokeet, koe kattaa 10 000tn	2400
YHTEENSÄ	49,43	YHTEENSÄ	27,5
VAIHTOEHTO 1 YHTEENSÄ	49,43		
VAIHTOEHTO 2 YHTEENSÄ		27,5	
EROTUS €/t	21,93		
EROTUS €/m3	31,7985		
TÄYTÖN KOKO t	3254		
KOKONAISEROTUS	66 510 €		
5-Akselinen Kuorma-auto	74,2 €/h		
Ajoaika 30min/suunta. Lastaus ja purku 15min.			

Betonimurske on taloudellinen ja ympäristöystävällinen vaihtoehto kalliosta tuotetulle, mikäli betonimurske syntyy paikan päällä.

Betonimurskeen muuttaminen tonneista kuutioiksi onnistuu kertoimella 1,45 (taulukko 6). Puhelinhaastattelujen mukaan tämä on yleisesti käytössä maanrakentamisessa.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tehdä NCC:lle raportti betonimurskeen hyödyntämisestä maarakentamisessa ja kerätä kustannustietoa, onko tällainen toiminta taloudellisesti kannattavaa. Tässä työssä seurattiin Rajatorpan vanhan koulun purkamista ja sen rakenteiden murskaamista betonimurskeeksi, ja sen hyödyntämistä Rajatorpan uuden koulun pihan rakennekerrosten tekemisessä.

Ilmastoasiat ovat koko ajan esillä ja elämme yli maapallon varojen kulutustottumuksilamme, on siis tietenkin hyvä asia kaikkien kannalta, jos rakennusmateriaaleja pystytään kierrättämään ja näin vähentämään ylikulutusta. Betonin karbonatisoituminen jatkuu myös pidempään kierrätettäessä, joten se omalta osaltaan sitoo myös sementin tekemisessä aiheutuneita hiilidioksidipäästöjä. Käyttämällä uusiomateriaaleja erilaisissa maanrakentamisen kohteissa säästetään luonnonvaroja ja ehkäistään käyttökelpoisten rakennusmateriaalien päätymistä toisarvoisiin käyttökohteisiin tai kaatopaikalle.

Betonimurskeella rakentaminen on taloudellista, ympäristöystävällistä ja laadullisesti voidaan saada parempia kantavuuksia pienemmällä kerrospaksuudella kuin luonnonkiviaineksella rakennettaessa. Parhaiten betonimurske soveltuu Infra RYL:n mukaan kantaviin sekä jakaviin kerroksiin, suodatinkerroksiin, vastapenkereisiin, maapenkereisiin, jotka ovat joko liikennekuormitettuja esim. tiet ja kadut. Betonimurske sopii myös hyvin ei liikennekuormitettuihin maapenkereisiin kuten esimerkiksi meluvalleihin.

MARA-asetuksen mukaan betonimursketta voi hyödyntää, vaikka ilman ympäristölupaa väylillä, kentillä sekä teollisuus- ja varastorakennuksilla. MARA-asetuksen vaatimuksia näihin hyödyntämispaikkoihin on muun muassa, ettei kohde sijaitse I tai II-luokan pohjavesialueella, etäisyyttä vesistöön tai talousvesikaivoon on yli 30 m sekä betonimurskeen yhteenlaskettu kerrospaksuus ei ylitä 1,5 metriä. Myöskään betonimursketta ei saa käyttää MARA-asetuksen mukaisesti, jos hyödyntämispaikka on asumiseen tai lasten leikki- paikaksi tarkoitettulla alueella.

Betonimursketta voidaan hyödyntää myös vaikka nämä reunaehdot eivät täyty. Silloin tarvitsee hakea ympäristölupaa. Betonimurskeen hyödyntämisluvan edellytyksenä on aito hyödyntäminen. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kohde, toteutettaisiin vaikka kyseistä jättemateriaalia ei olisi saatavilla. Rajatorpan koululla tarvittiin ympäristölupaa, koska betonimurskeen kerrospaksuus oli enimmillään melkein 4 metriä sekä koulun piha on lasten leikkipaikka. Ympäristöluvan saaminen riippuu haettavasta kunnasta, mutta Vantaalla 2020 vuoden syksyllä aika oli noin 3 kuukautta.

Taulukko 7. Tavaraliikenteen CO₂ ekv. g/km päästöt LIPASTO-tietokannasta. [23.]

Keskimääräinen kulutus 2016	Tyhjä kuorma	Täysi kuorma	Kantavuus t
Puoliperävaunu, maantieajo	630	962	25
Puoliperävaunu, katuajo	965	1662	25
Maansiirtoauto 32t, maantieajo	558	761	19
Maansiirtoauto 32t, katuajo	838	1384	19
Puoliperävaunu täytenä työmaalle		1793	g
Puoliperävaunu tyhjänä hakemaan kuorma		1112,5	g
	Yhteensä	2905,5	g

Taulukko 7. mukaan edestakainen matka betonimursketta tuotuna, aiheuttaa 2905,5 g CO₂-ekv. päästöjä. Koulun pihaan käytettiin 3254 tonnia betonimursketta, joten pelkätään kuljetuksista tuli 378 kilon CO₂-ekv. päästösäästöt. Noin saman verran päästöjä vapautuu 500 kilogramman sementin valmistuksesta.

Parhaan taloudellisen hyödyn betonimurskeella rakennettaessa saa, kun betonimurske tuodaan rakennuspaikalle läheltä tai murskataan tontilla. Näin ollen kuljetusmatkat lyhenevät ja häviävät olemattomiin. Ympäristölaki vaatii betonijätteen murskaukselle ympäristöluvan sekä asianmukaisen laadunhallinnan, kuitenkin käytännössä tulkinta on se, että työmaalla murskausta voidaan tehdä pelkällä meluilmoituksella, jos kunnan ympäristösuojeluviranomainen sen hyväksyy. Helsingissä, Espoossa, Tampereella ja Turussa tämä oli mahdollista ainakin vuonna 2019, Vantaalla kuitenkin vaaditaan ympäristölupa. Edellä mainituissa betonijätteen pulverointiin ei missään tarvitse meluilmoitusta.

Betonimurskeen jäteluokitus herättää varmasti joissain ihmisissä pelkoa ja kummastusta betonimurskeen käytöstä. Asiasta tietämätön voi kuvitella lastensa leikkipaikan tai tiensä

olevan rakennettu jätteestä ja näin ollen saada väärän käsityksen esimerkiksi rakentamisen laadusta. Kuitenkin kun betonimursketta tuotetaan ja hyödynnetään nykyisten lakien ja määräysten vaatimalla tavalla, ei pitäisi olla mitään syytä pelkoon ympäristöasioiden taikka rakentamisen laadun kannalta.

Parhaillaan Suomessa valmistellaan kansallista EoW-asetusta. End-of-Waste-asetuksen ajatuksena on sanansa mukaisesti jätteeksi luokittelun päätyminen. Näin ollen jättepohjaista tuotetta voidaan käyttää samalla tavalla kuin ei-jättepohjaista, näillä olisi myös samat vaatimukset. Tavoitteena tällä kansallisella asetuksella on luoda menettely, jonka avulla jätteeksi luokiteltu materiaali voidaan palauttaa tuotteena takaisin markkinoille sekä tehdä selvä pesäero ”jättemailman” ja ”tuotemailman” välille.

Lähteet

- 1 Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma. Verkkolähde. Ympäristöministeriö.

<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra_17_%202014.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
Luettu 19.08.2020
- 2 Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma. Verkkolähde. Ympäristöministeriö.

<<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE58AC617-F1E2-4E44-95EA-80B812912774%7D/119455>> Luettu 19.08.2020
- 3 NCC. Verkkolähde. Wikipedia

<https://fi.wikipedia.org/wiki/NCC> Luettu 18.09.2020
- 4 Mitä betoni on? Verkkolähde. Rakentaja.fi

<https://www.rakentaja.fi/artikkelit/8989/mita_betoni_on.htm> Luettu 21.8.2020
- 5 OHJE BETONIMURSKEEN HYÖDYNTÄMINEN INFRARAKENTAMISESSA PÄÄKAUPUNKISEUDULLA. Verkkoaineisto. Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki. Luettu 25.08.2020
- 6 Hiilidioksidipäästöjä vähennetään. Verkkolähde. Elementtisuunnittelu.fi

<<https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/ymparistominaisuudet/semntti> Luettu 21.09.2020> Luettu 25.08.2020
- 7 BETONIMURSKE KAUPUNKIEN JULKISESSA MAARAKENTAMISESSA. Verkkolähde. Helsinki, Espoo, Tampere, Turku, Vantaa.

<http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2019_04_Betonimurske_kaupunkien_julkisessa_maarakentamisessa.pdf> Luettu 25.08.2020

- 8 ABSOILS-HANKE JA PÄÄKAUPUNKISEUDUN BETONIMURSKEOHJE. Verkkolähde. Taavi Dettenborn / Ramboll Finland Oy
- http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/Taavi%20Dettenborn%20Absoils-hanke%20ja%20p%C3%A4%C3%A4kaupunkiseuden%20betonimurskeohje_0.pdf Luettu 23.09.2020
- 9 Betonimurskeen käyttö Uudellamaalla. Verkkolähde. Tatu Penttinen
- https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88247/Penttinen_Tatu.pdf?sequence=1&isAllowed=y Luettu 31.08.2020
- 10 Betonimurskeen tuotteistaminen ja tasalaatuisuuden tarkastelu teknisten laadunvalvontatulosten avulla. Verkkolähde. Jani Pieksemä.
- https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/228110/Pieksema_Jani.pdf?sequence=3&isAllowed=y Luettu 01.09.2020
- 11 UUSIOMATERIAALIT LIIKUNTAPAIKKARAKENTAMISESSA. Verkkolähde. A.Mäkinen, M. Koivulahti, P. Lahtinen, J. Forsman, Tuomas Suikkanen, H. Jyrävä.
- <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2018--UUMA%202--Uusiomateriaalit%20liikuntapaikkarakentamisessa.pdf#overlay-context=uusiomateriaalirakentaminen-ohjejulkaisu> Luettu 03.09.2020
- 12 BETONIMURSKKE Käyttöohje suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. Verkkolähde. HSY
- <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2014--HSY-Betonimurskeohje.pdf> Luettu 15.09.2020
- 13 Betoroc®-murskeohje. Verkkolähde. Rudus
- <https://www.rudus.fi/Download/24032/Betoroc-murske%20ohje.pdf> Luettu 01.09.2020
- 14 Betonimurskeen käyttö. Verkkolähde. Ida Smedlund.
- <https://www.vasek.fi/assets/Files/Kiertotalous/Betonimurskeen-kaytto-Kasikirja.pdf> Luettu 28.08.2020

- 15 Soveltamisohje. Verkkolähde. Ympäristöministeriö.
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B5925E94C-828D-42BC-8023-BBABC7E03AFE%7D/135698> Luettu 20.08.2020
- 16 BETONIMURSKE KAUPUNKIEN JULKISESSA MAARAKENTAMISESSA. Verkkolähde. Helsinki, Espoo, Tampere, Turku, Vantaa
<http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2019_04_Betonimurske_kaupunkien_julkisessa_maarakentamisessa.pdf> Luettu 27.08.2020
- 17 Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä. Verkkolähde. Ympäristöministeriö.
https://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/rakentamisen_ohjaus/rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/cemerkinta Luettu 15.09.2020
- 18 Rajatorpan koulu. Verkkolähe. Wikipedia.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Rajatorpan_koulu> Luettu 23.09.2020
- 19 Ympäristönsuojelulaki. Verkkolähde. Finlex.
<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527> Luettu 22.09.2020
- 20 Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Verkkolähde. Finlex
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843> Luettu 10.09.2020
- 21 Asbesti rakennusmateriaaleissa. Verkkolähde. Työterveyslaitos.
<https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/asbesti-rakennusmateriaaleissa.pdf>
Luettu 19.09.2020
- 22 Betonimurskerakenteiden pitkäaikaistoimivuus. Verkkolähde. Dettenborn Taavi.
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/30175/master_dettenborn_taaavi_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y Luettu 06.10.2020

- 22 Liite T18 2017 Sitomattoman kantavan kerroksen ja jakavan kerroksen vaatimukset betonimurskeelle sekä suositukset testaustiheydeksi. Verkkolähde. Rakennustieto.

https://ryl-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/ryl/Infra-RYL/2020_1/Liite_T18_2017_Vaatimukset_betonimurskeelle_28f9d9bd-2fe4-4a2b-9ff9-b733df9f1bfe.html Luettu 06.10.2020

- 23 Lipasto yksikköpäästöt. Verkkolähde. VTT.fi

http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/tavara_tie.htm
Luettu 07.10.2020