



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

PeeHoo

Kierrätysbetonin vaikutus maaperään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Innovaatioprojekti

Loppuraportti

14.12.2018

Tekijä Otsikko	Borna Ramstedt, Krista Wang, Sami Lehti, Severi Salminen Insinööriyön otsikko
Sivumäärä Aika	21 sivua + 7 liitettä 14.12.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	Lehtori Hannu Turunen
<p>Selvitys on tehty Gles Oy:lle, joka osallistuu Mäntsälän lentokentän rakentamiseen. Selvityksessä tutkittiin 2,04 miljoonan tonnin betonimurskan ympäristökelpoisuutta maanrakentamisessa. Odotuksenamme oli, että betonimurskeen läpi suotautunut vesi on emäksistä, johtuen betonimurskan kalkkipitoisuudesta.</p> <p>Tavoitteena on tutkia betonimurskan vaikutusta ympäristöön ja koe suoritetaan pienen mittakaalan vuosittaista sadevesimäärää imitoivalla kokeella. Menetelmän avulla tutkitaan betonimurskan läpi virtaavan veden pH:n muutosta. Muuttujana kokeissa on putkeen tiivistettävän betonimurskan määrä.</p> <p>Koemenetelmänä toimi itse rakennettu kehikko, joka koostuu kolmesta akryyliputkesta joiden alapäässä on sylinteri. Suodatusta varten sylinteri koostuu kahdesta eri osasta joiden välissä on vaihdettavissa olevat tiheet teräsverkot. Gles Oy:ltä saatiin vastaavaa tutkittua betonimurskaa, jota tullaan käyttämään lentokentän maaston tasaamiseen.</p> <p>Testimenetelmänä toimi eri ajanjaksojen maksimisademäärän valuttaminen betonimurskan läpi eri paksuina kerroksina, suhteutettuna laboratoriomittakaavaan. Testejä tehtiin kolme erilaista, joissa kahdessa ensimmäisessä käytettiin tavallista neutraalia hanavettä ja kolmannessa matkittiin sadevettä happamoittamalla hanavesi rikkihapon avulla. Vesien pH-arvot mitattiin ennen ja jälkeen suodatuksen. pH:n muutos oli kokeen oleellisin tutkimuskohde, mutta haluttiin varmistaa onko alkuperäisellä pH:lla vaikutusta sen muutokseen.</p> <p>Kokeissa mitattiin myös betonimurskasta haihtuvan veden määrää pitämällä kirjaa tietyin määräajoin lisätyn ja läpi valuneen veden määrästä, sekä putkien painoista. Mittaukset antoivat suuntaa antavia vahvistaen hypoteesiamme, ettei sadevesi ehtisi lainkaan valua betonimurskan läpi maaperään, vaan se imeytyisi ja haihtuisi nopeampaan tahtiin, kuin mitä vettä sataisi lisää.</p> <p>Tutkimusten tulosten perusteella uskomme, että betonimurskan suurella määrällä ei olisi vaikutusta ympärillä olevaan maastoon.</p>	
Avainsanat	Kierrätysbetoni, pH, Ympäristö arviointi

Author Title	Borna Ramstedt, Krista Wang, Sami Lehti, Severi Salminen Title of the Thesis
Number of Pages Date	21 pages + 7 appendices 30 August 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Hannu Turunen
<p>This study was carried out for Gles Oy, which participates in the construction of Mäntsälä Airport. The study focused on examining 2,04 million tonnes of recycled concrete in earth-moving. Our presumption was that water drained through concrete would be alkaline.</p> <p>The aim is to investigate the impact of crushed concrete on the environment and to carry out a small size test that replicates the amount of rain that would come down on concrete. The method is used to investigate changes in the pH of the water flowing through the concrete. The amount of crushed concrete is the variable in the experiment.</p> <p>The test method was a self-built frame consisting of three acrylic tubes with cylinders in the bottom ends. For filtering, the cylinders consist of two different parts for which there are interchangeable dense steel meshes in between. Gles Oy provided us with the same concrete that will be used to level off the terrain of the airport.</p> <p>The test method was to drain the maximum rainfall for different periods of time through different thicknesses of concrete layers, in proportion to the laboratory scale. Three tests were performed. The first two had standard neutral tap water and the third was done by acidic water replicating rain. The neutral tap water was made acidic with sulfuric acid. The pH-values of the waters were measured before and after filtration. The change in pH was the most relevant study, but we also wanted to know how real rain can affect the change of pH.</p> <p>The experiments also measured the amount of evaporated water in the concrete by keeping track of each time water was added, the weight of concrete and water that had flown through. Measurements results led us to believe our hypothesis that rainwater would not be able to drain through the concrete at all and that it rather evaporates in time before the next rain fall.</p> <p>Based on the results of the research, we believe that a large amount of crushed concrete would have no impact on the surrounding terrain.</p>	
Keywords	Recycled concrete, pH, environmental assessment

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työn tausta ja tavoitteet	1
3	YVA ja muu lainsäädäntö	2
3.1	YVA eli ympäristövaikutusten arviointi	2
3.2	Lainsäädäntö	3
4	Maasto ja sadevesi	4
4.1	Vesistöalueet	4
4.2	Sadevesi	5
5	Kierrätysbetoni	6
5.1	Murskaus- ja laatuvaatimukset	7
5.2	Betonimurskan ominaisuuksia	7
5.2.1	Hiilidioksidin absorboijana	8
5.2.2	Kosteus	8
5.3	Näytteet ja analyysit	8
6	Mittaukset ja menetelmät	10
6.1	Laboratoriotutkimukset	11
6.1.1	Koe nro 1	11
6.1.2	Koe nro 2	11
6.1.3	Koe nro 3	12
6.2	Mittausmenetelmät	12
6.2.1	Veden pH:n mittaus	12
6.2.2	Suhteellinen kosteus	13
7	Tulosten tarkastelu	14
7.1	Betonin kosteusmittaukset ja veden haihtuminen	14
7.1.1	Koe nro 1	15

7.1.2	Koe nro 2	15
7.1.3	Koe nro 3	16
7.2	Veden ja permeaatin pH	17
7.2.1	Koe nro 1	18
7.2.2	Koe nro 2	18
7.2.3	Koe nro 3	19
8	Yhteenveto	20
	Lähteet	21
	Liitteet	
	Liite 1. Murskattu betoni, erä 1	
	Liite 2. Murskattu betoni, erä 2	
	Liite 3. Murskattu betoni, erä 3	
	Liite 4. Murskattu betoni, erä 4	
	Liite 5. Rakeisuustutkimus	
	Liite 6. Kehikon kaaviot	
	Liite 7. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus	

Lyhenteet

YVA-laki	Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994)
MARA-asetus	Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (591/2006)
VNa	Valtioneuvoston asetus

1 Johdanto

Selvitys tehdään Gles Oy:lle, Janne Kuulasvuon toimesta. GLES Oy:n yritykset koostuvat itsenäisistä yrityksistä, jotka toimivat omilla osa-alueilla, tehden omien alojensa töitä omilla vetäjillään. Jokaisen yksikön vetäjä, yrityksen omistaja, on päättäjä omassa yksikössään. Gles Oy tekee työmaapalveluja, kuten timanttiporausta, sahausta, kokonaispurkutöitä, massiivipurkuja, julkisivun purkutöitä sekä betonin käsittelyä.

Mäntsälään suunnitellaan lentokenttää, joka on suunniteltu palvelemaan ilmailuyrittäjiä. Hankealueen tavoitteena on samalla keskittää Mäntsälä Aeron alueelle huoltotoiminto, joka nykyisin toimii Helsinki-Malmin lentokentällä. Aeron lentotoiminta ei tule kuitenkaan korvaamaan Helsinki-Malmin lentokentän ilmailutoimintaa. Lentokentän sijainti on keskeisellä paikalla Etelä-Suomea, sallien näin alueen tarjoamien palveluiden vientimahdollisuuksia Venäjälle tai Baltian maihin.

Hankkeen alue täytetään kierrätysbetonilla eli kohteen rakentamisessa ei käytetä koskemattonta kiviainesta.

2 Työn tausta ja tavoitteet

Ympäristöasiantuntijoilta ja muilta virallisilta tahoilta on tullut vaatimus tehdä Mäntsälän lentopaikalle Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA). Kohteesta on tehty myös Natura-arvio 2018 ja ekologisten yhteyksien tarkastelu. YVA:n liittyen on pyydetty kirjallinen selvitys myös kohteessa käytetyn betonimurskan mahdollisista vaikutuksista ympäristöön, sillä kohteessa käytetään noin 2,04 miljoonaa tonnia kierrätysbetonia. Hankealueen koko on noin 25 hehtaaria. Huomioitavaa on, että betonin osalta näin suurta tarkastelua ei ole koskaan tehty ja YVA-lain mukaan lentopaikka ei sitä edes vaadi. Hankkeen kestosta ja mittakaavasta riippuen selvitys antaa suuntaa antavia tuloksia.

Kierrättämällä betonia, rakennusjätteen sijoitustarve kaatopaikoilla ja myös luonnonkiviaineksen louhintatarve rakennuskäyttöön vähenee. Tavoitteenamme on arvioida kierrätetyn betonin mahdollista vaikutusta hankealueen valumakohtien pH:n muutokseen. Selvityksestä hyötyy sekä itse hanke että muut rakennusalan ammattilaiset.

3 YVA ja muu lainsäädäntö

Hankkeen toteuttamisen aikana on tehty ympäristövaikutusten arviointimenettelyn lisäksi Natura-arvio, kirjaverkkoperhosselvitys vuonna 2017 ja ekologisen yhteyksien tarkastelu vuonna 2018. Ekologisen yhteyksien tarkastelun päätteeksi todettiin, että hankealueen ei katsota muodostavan vaaraa ekologiselle yhteyksille [2]. YVA:n aikataulu on vasta ohjelmavaiheessa eli YVA-ohjelma on laadittu ja hankkeen vaihtoehdot on muodostettu. Marraskuussa saapuu lausunto aiheesta ELY-keskuksen viranomaisten toimesta. YVA-selostusvaihe alkaa marraskuun keskivaiheissa ja loppuu ensi vuoden toukokuun puolella.

3.1 YVA eli ympäristövaikutusten arviointi

Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) on lakiin ja asetukseen pohjautuva ympäristöpolitiikan mukainen menettely, jossa lain velvoittamana selvitetään ja arvioidaan hankkeen aiheuttamat mahdolliset ympäristövaikutukset ja toteuttamisvaihtoehdot sekä eri osapuolten kannat niihin. Samalla pyritään löytämään keinoja haitallisten vaikutusten estämiseksi ja niiden lieventämiseksi. YVA ei ole lupamenettely eikä sen pohjalta anneta päätöksiä. Mielipiteet ja lausunnot kokoaa yhteysviranomaisen ELY-keskus. [1.]

Arviointimenettelyssä tarkastellaan hankkeen vaikutusta ympäristön laatuun, maankäyttöön, luonnonvaroihin ja eliöihin. Lainsäädännössä määritellään ne hankkeet, joista YVA on aina tehtävä. Arviointia voidaan myös soveltaa muihin hankkeisiin tarpeen vaatiessa, jos ne voivat mahdollisesti aiheuttaa välittömiä tai välillisiä vaikutuksia alueen ympäristöön. [1.]

YVA-lain 252/2017 tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia. YVA-laissa kuvataan lain tavoite, määritellään ympäristövaikutus sekä YVA-menettely, toimijat ja niiden tehtävät. Lisäksi laissa säädetään soveltamisalasta ja useista alaan liittyvistä yksityiskohdista. YVA-asetus 277/2017 mm. säätää viranomaisten tehtävistä, tarkentaa soveltamisalaa ja sisältää hankeluettelon. Lisäksi asetus sisältää sekä arviointiohjelman että arviointiselostuksen sisältövaatimukset. [3.]

Vuonna 2018 hankkeesta on tehty Natura-arvio, josta ilmenee lentokentän rakentamisen ja toiminnan vaikutukset Mustametsän Natura-alueeseen. Selvityksen mukaan Mäntsälän Aero -lentopaikan rakentamisella ja toiminnalla, kuten melu-, pöly tai liikennemäärän kasvulla ei ole merkittäviä haittavaikutuksia Natura-alueelle. [4.]



Kuva 1. Hankealue (punaisella pistekatkoviivalla) sijoittuu valtatie 25:n pohjoispuolelle. Valtatien eteläpuolella on vihreällä viivalla rajattu Natura-alue. Peruskartta © Maanmittauslaitos 2017.

3.2 Lainsäädäntö

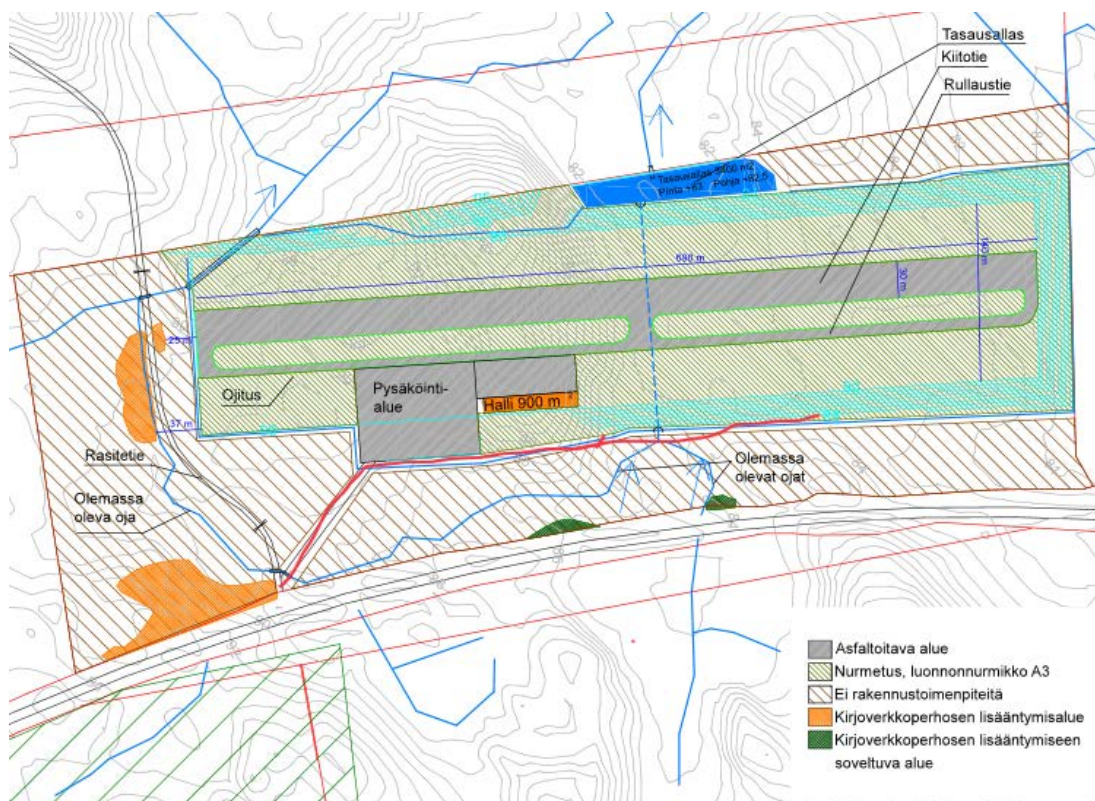
Urakkakohteessa käytetään kierrätysbetonia ja -tiiliä eli hyödynnetään murskattua betonijätettä. Valmistettu, tälle asetettujen ominaisuuksien täyttävä betonimurska voidaan hyötykäyttää MARA- tai ympäristöluvan alaisissa kohteissa. MARA-asetus 591/2006 on valtioneuvoston asetus asetuksessa eriteltyjen jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Lainsäädännön avulla pyritään edistämään jätteiden hyödyntämistä maarakentamisessa. Betonin murskauksessa, sen käytössä sekä purkutiilien hyödyntämisessä vaaditaan ympäristönsuojelulain 527/2014 mukaista ympäristö lupaa. Kallion louhinta edellyttää maa-ainesten ottamislupaa sekä ympäristölupaa sen murskaukseen. [5.]

Laboratorioanalyysien perusteella tutkitut näytteet betonimurskeesta täyttävät VNa 843/2018 ehdot. Betonikiviaineksen testausta ohjaava standardi SFS-EN 12620+A1 määrittelee kiviaineksen eri vaatimukset geometrinen, fysikaalisten, mekaanisten, kuin kemiallistenkin ominaisuuksien osalta [6]. Betonikiviaines ei saa vaikuttaa haitallisesti betonimassan, raudoituksen tai kovettuneen betonin ominaisuuksiin [7].

4 Maasto ja sadevesi

Projektin kannalta keskityimme lähinnä Mäntsälän alueen maaston tutkimiseen. Hanke alueen lähellä sijaitsevat Natura 2000 -alueet Mustametsä ja Kivilamminsuo-Pitkäistenjärvet. Hankealue sijoittuu kahden laajan yhtenäisen metsäalueiden väliin. Metsäalueiden leveys on valtatie 25:n kohdalla 3 800 metriä ja hankealueen rakennusalue sekä valmistuva osa on noin 800 metriä pitkä [3].

4.1 Vesistöalueet

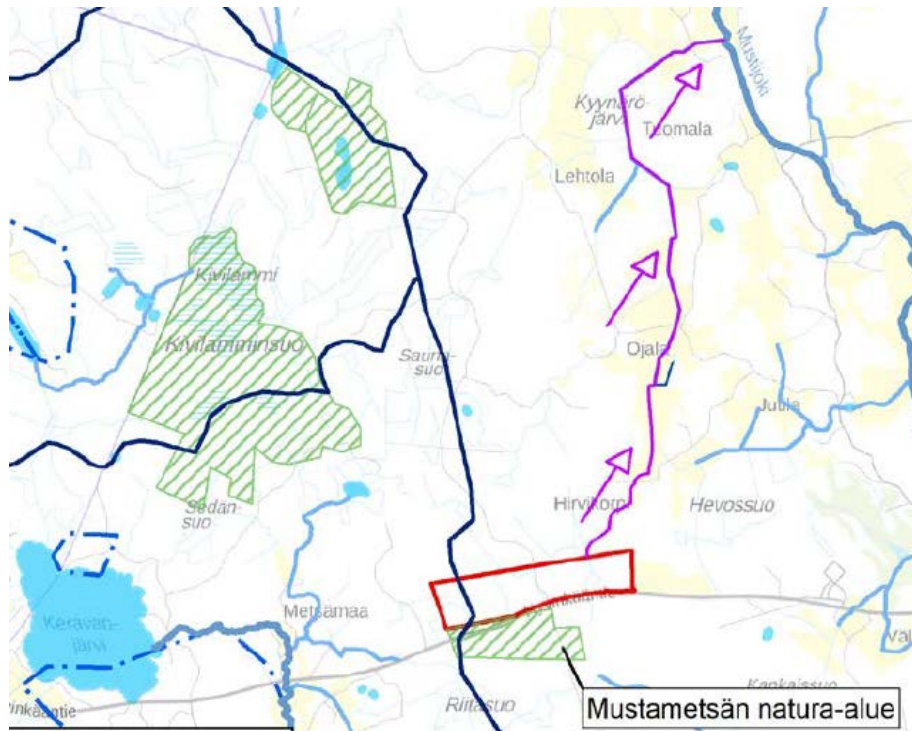


Kuva 2. Ehdotus alueesta. Asemakuva otettu 03.01.2018

Tontille rakennetaan oma 3 500 m² laaja tasausallas (kuva 2) pintavesien keräämisen ja käsittelyn helpottamiseksi. Alueen hulevedet ohjataan ojien ja viemäreiden avulla tasausaltaaseen, jossa ne käsitellään asianmukaisesti. Tämän jälkeen vedet ohjataan koillisosassa sijaitsevaan notkoon, jonka kautta pintavedet ajautuvat 4 kilometrin pituisessa

ojassa Mustijokeen (kuva 3). Hanke-alueeseen ei rakenneta hulevesiallasta hyönteisistä johtuen, sillä näiden esiintyminen voisi houkutelaa lintuja paikalle. [23.]

Alueelta ei ohjata vesiä pohjavesialueen suuntaan. Alueen läpäisee kaksi pohjoiseen laskevaa ojaa. Ojat laskevat hankealueen pohjoisosaan, josta ne puolestaan laskevat Kyyjärveen ja sieltä Mustijokeen.



Kuva 3. Lähin pintavesialue on Keravanjärvi ja pohjoispuolella sijaitsee Mustijoki, johon hulevedet ohjataan.

4.2 Sadevesi

Mäntsälä kuuluu Uudenmaan maakuntaan. Suomen sateisinta aikaa on heinä-elokuussa ja vuotuinen sademäärä Uudenmaan alueella on keskimäärin 600–700 mm [8]. Sademääriin vaikuttaa maanpinnan kohoaminen rannikolta sisämaahan mentäessä. Ilmatieteenlaitoksen sivuilla on mahdollisuus tutkia lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961 lähtien [9]. Valitsimme Lahden seudun, joka sijaitsee 46 km päässä Mäntsälästä, sillä tämä oli alueesta katsottuna lähin mittauspiste. Vuoden 2017 keskimääräinen kuukauden sademäärä oli pääosin 100–190 mm (taulukko 1).

Taulukko 1. Lahden keskimääräinen, suurin ja pienin sademäärä (mm) kuukausittain. Taulukosta näkee, että heinä-elokuu oli vuoden sateisimmat kuukaudet.

<i>kk</i>	mm	hmax	hmin
Tammikuu	49,5	89,1	11
Helmikuu	35,2	80,7	2,5
Maaliskuu	36,2	64,5	4,4
Huhtikuu	29,1	91,7	4,3
Toukokuu	43,1	85,4	3,2
Kesäkuu	65,7	130,1	16,1
Heinäkuu	79,2	180,4	16
Elokuu	77,2	191,7	7,7
Syyskuu	59,8	170,2	23
Lokakuu	67,1	141,5	13,7
Marraskuu	59,4	136,9	5,5
Joulukuu	51,5	104,5	10,1

Sadevesi on luonnostaan hieman hapanta ja se tapahtuu lähinnä ilmakehän hiilidioksidin vaikutuksesta, jolloin sadeveden pH pienenee neutraalista arvoon 5,6 [11, s. 9]. Merkittävimmät happamoittavat yhdisteet ovat typen oksidit ja rikkidioksidi, joita joutuu ilmakehään teollisen toiminnan tuloksena, ja jotka lisäävät sadeveden happamuutta [12]. Sadeveden happamuuteen vaikuttavat oleellisesti myös luonnon omat tekijät, kuten vulkaaninen toiminta.

5 Kierrätysbetoni

Projektin kohteessa käytetään Gles Oy:n murskaamaa purkutyömailta kerättyä kierrätysbetonia ja -tiiltä. Alueen pohjarakenteiden rakentamisessa käytetään betonimurskettä, jonka raekoko on alle 400mm, samalla hyödyntäen hankealueelta louhittavaa maa-ainesta. Louhinta tapahtuu kiitotien ja rullaustien kohdalta. Kalliota louhitaan yhteensä n. 130 000 m³. Hyödynnettävän betonimurskan arvioitu kokonaismäärä on 940 000 tn.

5.1 Murskaus- ja laatuvaatimukset

Betonin kierrättämiseen vaikuttaa purettavien betonirakenteiden käytön aikaiset olosuhteet sekä mahdolliset kontaminaatiot. Purkubetonin seassa on lisäksi tiiltä, laastia, kipsiä ja mahdollisesti muita kevytbetonimateriaaleja, jotka voivat vaikuttaa purkubetonin ominaisuuksiin ja ympäristökelpoisuuteen. [13.]

Murskattu betoni saa sisältää tiilimursketta maksimissaan 30 painoprosenttia [VNa 591/2006]. MARA-asetuksen mukaisille rakennuskohteille on vaatimukset betonimurskeen liukoisuuksille ja haitta-ainepitoisuuksille, joille on asetettu raja-arvot [5].

Betonijäte voidaan joko pulveroida eli murskata, poistaen sen sisältämät raudat, tai käyttää betonilouheena, sisältäen betoniraudat. Betonilouheen etuna on vähäinen käsiteltävyys, jolloin säästyy energiaa. Louheesta ei liukene murskaan nähden yhtä paljon emäksisyyttä aiheuttavia aineita. Koska betonilouhe sisältää rautaa, se on kestävä. Tavallinen kivilouhe voidaan korvata rautaa sisältävällä betonilouheella rakennettaessa.

5.2 Betonimurskan ominaisuuksia

Betonimurske soveltuu rakenteensa ja ympäristöystävällisyytensä puolesta maanrakennukseen. Betonimurskalla on luonnonkiviä parempi kantavuus, sillä murskauksen jälkeen betoni lujittuu uudelleen, tuottaen tiiviimmän pohjan. Betonin lujuus on suhteellinen sementin lujuuteen. Vuoden 1993 Federal Highway Administrationin tekemä tutkimus osoittaa, että kierrätysbetoni on erittäin kestävä ja ympäristölle turvallista käyttää [14].

Betoni koostuu sementistä, vedestä ja kiviaineksista. Sementin pääraaka-aine on kalkkikivi, kalsiumkarbonaatti ja muut mineraalikomponentit, kuten piioksidi sekä rauta- ja alumiinioksidit. Kun valmistettu sementti sekoitetaan veteen, kalkki reagoi veden kanssa, tuottaen kalsiumhydroksidia. Reaktiosta syntynyt kalsiumhydroksidi antaa betonimurskeelle emäksisen luonteen. Voimakkaan emäksisyytensä vuoksi betoni ei kestä happoja eikä tiettyjä suoloja [15].

Betonin ominaisuudet määräytyvät suurin piirtein sen huokoisuuden perusteella. Huokoisuus taas on seurausta betonin vesi-sementtisuhteesta. Huokoisuus muuttuu betonin kovettuessa, karbonatisoitussa ja massavirtausten seurauksena. Kiviaineksen kykyä kuljettaa nestevirtausta lävitseen pitkin huokosia kuvastaa permeabiliteetti [17]. [18.]

5.2.1 Hiilidioksidin absorboijana

Betonimurske toimii myös hiilidioksidivarastona, sillä betoniin sitoutuu hiilidioksidia karbonatisaatioreaktiossa. Karbonatisoituminen kiihtyy, kun betoni murskataan, koska reaktioon käytettävissä oleva pinta-ala kasvaa. Murskauksen jälkeen betonimurske pystyy sitomaan noin puolet sementin valmistuksessa aiheutuneista hiilidioksidipäästöistä. [24.]

5.2.2 Kosteus

Betoni on myös todella huokoinen materiaali, joten se voi sitoa ja luovuttaa kosteutta. Betonissa oleva vesi voidaan jakaa kahteen eri osa-alueeseen, vesi voi olla ns. vapaata vettä, joka esiintyy tiivistyshuokosissa tai kemiallisesti sitoutunutta vettä. Vapaa vesi on betonin huokosissa fysikaalisesti sitoutuneen, joka pystyy liikkumaan vapaasti ja myös poistua betonista [20]. Kemiallisesti sitoutunut vesi on seurausta hydrataatiosta eli sementin ja veden välisistä reaktioista [18]. Kyseinen vesi ei siis normaaliolosuhteissa poistuu betonista.

Veden poistumista eli haihtumista tapahtuu niin kauan, kunnes betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus on sama kuin betonia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus eli silloin, kun betoni on saavuttanut hygroskooppisen tasapainon ympäristönsä kanssa. Rakenteeltaan betoni on kuitenkin laajaa, joten kosteuden siirtyminen on hidasta ja tasapainotilan saavuttamiseen saattaa kestää useita vuosia. [19.]

5.3 Näytteet ja analyysit

Valmistettavasta betonimurskeesta (BeM 0-90) otetaan materiaalinäytteet laadunhallintakäsikirjan ohjeistuksen sekä VNa 843/2017- säädöksen mukaisesti. Näytteet otetaan

neljässä eri erässä Marjalan betonijätteen käsittelyalueelta. Laadunvalvonnan on suorittanut erillinen valvontaan sertifioitu laboratorio ja tutkimusten perusteella murskeista ei ole löydetty haitta-aineita. Tulokset löytyvät liitteistä 1, 2, 3 ja 4 ja vertaamalla niitä taulukon 2 mukaisiin raja-arvoihin, valmiit betonimurske-erät ovat hyötykäyttöön soveltuvia. Otetut näyte-erät tutkittiin raskasmetallien kokonais- ja liukoisuuspitoisuuksien, PCB- ja PAH-yhdisteiden, sekä öljyhiilivetyjen osalta. Betonimurskan ympäristökelpoisuutta arvioidaan valtioneuvoston asetuksen 591/2006 ja liitteen 1 403/2009 (taulukko 2) mukaisesti. [21.]

Taulukko 2. Taulukko, jossa määritellään asetuksen soveltamisalaan kuuluvan betonimurskan sisältämien haitallisten aineiden pitoisuuden ja liukoisuuden raja-arvot.

Haitallinen aine	Raja-arvo (mg/kg kuiva-ainetta) Perustutkimukset ¹			Raja-arvo (mg/kg kuiva-ainetta) Laadunvalvontatutkimukset ¹		
	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty rakenne	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty rakenne
PCB ²	1,0			1,0		
PAH ³	20					
Mineraaliöljyt ⁴	500					
DOC ⁵		500	500			
Antimoni (Sb)		0,06	0,06			
Arseeni (As)	50	0,5	0,5	50		
Barium (Ba)		20	20			
Kadmium (Cd)	10	0,02	0,02	10	0,02	0,02
Kromi (Cr)	400	0,5	0,5	400	0,5	0,5
Kupari (Cu)	400	2,0	2,0	400	2,0	2,0
Elohopea (Hg)		0,01	0,01			
Lyijy (Pb)	300	0,5	0,5	300	0,5	0,5
Molybdeeni (Mo)		0,5	0,5			
Nikkeli (Ni)		0,4	0,4			
Vanadiini (V)		2,0	2,0			
Sinkki (Zn)	700	4,0	4,0	700		
Seleen (Se)		0,1	0,1			
Fluoridi (F ⁻)		10	50			
Sulfaatti (SO ₄ ⁻)		1 000	6 000		1 000	6 000
Kloridi (Cl)		800	800			

Betoninäytteille on tehty myös raetutkimus, jolla kuvataan kivennäisrakeiden läpimittaja-kaumaa (liite 5). Raekokojakautuma ilmoitetaan kumulatiivisena rakeisuuskäyränä, joka

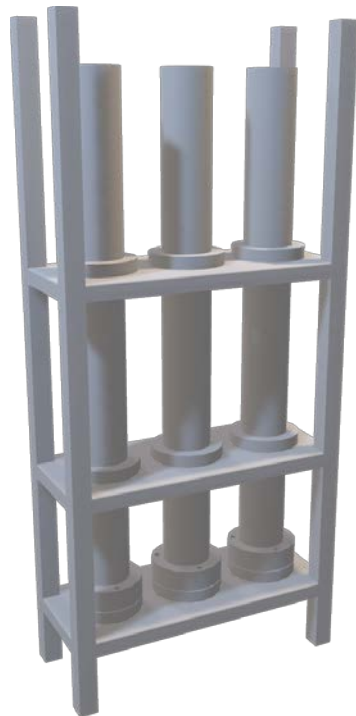
määritetään pesuseulontamentelmällä (SFS-EN 933-1:2012). Rakeisuusvaihtelut vaikuttavat betonin ominaisuuksiin, kuten tiivistettävyyteen, routivuuteen ja kapillaarisuuteen. [22.]

6 Mittaukset ja menetelmät

Koemenetelmää varten suunniteltiin kehikko (kuva 4) AutoCad -sovellusta hyödyntäen. Kehikkoa kannattaa neljä neliön muotoista ohutseinäputkea. Neliöputket sekä teräsverkot saimme hankittua oppilaitoksen kautta ja levyjen kohdalla lähetettiin tarjouspyyntö Keravan Teräsmiehet Oy:lle. Muut materiaalit tilattiin ETRA Oy:lta: kolme kappaletta akryyliputkia XT 80/70 mm, solukuminauha CR ja polyasetyylitanko.

Putkien materiaaliksi valitsimme akryylin eli pleksin, joka kestää huomattavasti paremmin iskuja kuin tavalliset lasit. Akryyli on myös hyvin inerttiä, eli se ei reagoi muiden aineiden kanssa ja täten vaikuta tuloksiin. Polyasetyylitangosta tehtiin sekä sylinteriosa että pohja sylinterille ja näiden kahden osan väliin kiristettiin teräsverkko sekä eristerengas.

Kuva 4. Vasemmalla Cad:illä suunniteltu versio ja oikealla valmis prototyyppi kokeilussa.



6.1 Laboratoriotutkimukset

Betonimurskan vaikutusta ympäristöön tutkitaan pienen mittaskaalan vuosittaista sadevesimäärää imitoivalla kokeella. Kokeen avulla tutkitaan betonimurskan läpi virtaavan veden pH:n muutosta. Muuttujana kokeissa on putkeen tiivistettävän betonimurskan määrä. Koeputkia on kolme kappaletta ja ensimmäiseen koeputkeen laitetaan 20 cm betonia, toiseen 50 cm ja kolmanteen 70 cm. Määrät vastaavat 2 m, 5 m, ja 7 m eli täydessä mittakaavassa 10 cm vastaa yhtä metriä käytettävää betonimurskaa hankealueella. Käytettävän betonimurskeen kosteus ja läpi menevän veden pH-arvo mitataan ennen testien aloittamista. Putkien läpi valutetaan suhteutetut määrät vettä kokeiden mukaisesti, jonka jälkeen läpivaluneen veden pH-arvo, määrä ja betonin kosteus tarkistetaan.

6.1.1 Koe nro 1

Koetta varten valitaan käytettäväksi vesimääräksi Ilmatieteenlaitoksen ilmoittaman Mäntsälän alueen vuosittaisen sademäärän, 630 ml. Vesimäärä pyöristettiin 600 ml, mittauksien ja laskelmien helpottamiseksi eli jokaiseen putkeen kaadettiin 600 ml vettä. Ensimmäinen koe osoittautui enemmänkin testikokeeksi, jonka tulokset olivat suuntaa-antavia. Keskityimme myös pelkästään permeaatin pH:hon, vaikka olisi ollut hyvä tutkia muitakin parametreja kuten betonin suhteellista kosteutta tai betoniin lukittuneen veden määrää.

6.1.2 Koe nro 2

Koe suoritetaan pienemmällä vesimäärällä, sillä koko vuoden sademäärän keskiarvo ei tule kuitenkaan yhdessä päivässä. Toisen kokeen tarkoituksena on tehdä suhteellisen kosteuden mittaus ennen koetta ja sen jälkeen. Koe nro 2:ssa päätettiin myös mitata koeputkien painot ilman betonia (taulukko 3) ja betonin kanssa.

Taulukko 3. Yksi koeputkista painaa enemmän ja putken ulkohalkaisija ei ole samankokoinen muiden putkien kanssa. Kyseinen putki on ostettu eri erästä kuin muut putket.

Koeputki	Paino ilman betonia (g)
20 cm	1435
50 cm	1640
70 cm	1422

Kuten testikokeessa, toinen koe suoritetaan käyttämällä samaa hanavettä, jonka pH-arvo on noin 7. Jokaiseen koeputkeen kaadetaan 180 ml vettä, joka vastaa kahden runsassateisen kuukauden maksimiarvoja. Kesken toisen kokeen päätimme myös punnita läpi tulleiden vesien painot, jolloin tulokset olisivat realistisempia haihtuvuuden vaikutusten mitigoimiseksi..

6.1.3 Koe nro 3

Koe kolme suoritetaan samalla tavalla kuin koe nro, mutta kaadetun veden pH-arvo on lähempänä sadeveden pH:ta. Sadevettä imitoidaan happamoittamalla hanavettä laimealla rikkihapolla (1 mol/L H₂SO₄) potentiometrisesti pH-arvoon 5,6.

Kolmannen kokeen tarkoituksena oli myös alentaa veden määrää, koska 180 ml kolmena päivänä putkeen kaadettuna on edelleen hieman epärealistista. Päätimme kuitenkin kokeen osalta pitää saman vesimäärän, sillä kaadetun veden määrän vähentäminen vaatisi enemmän aikaa tuloksien keräämiseen.

6.2 Mittausmenetelmät

Selvityksen puolesta tärkein mitattava arvo on läpi virranneen veden eli permeaatin pH-arvon mittaaminen. Tutkimusten ohessa mittaamme myös betonin kosteuden, jotta saamme tietää kuinka kauan vedellä kestää haihtua betonista.

6.2.1 Veden pH:n mittaus

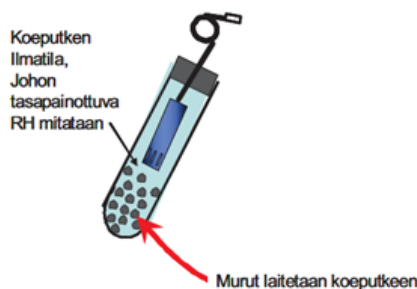
pH-arvo määritetään potentiometrisesti pH-mittarilla, johon on liitetty yhdistelmäelektrodi, joka sisältää mittaus- ja referenssielektrodin. Elektrodiin välille syntyvä jännite ja

sen suuruus riippuu nesteessä olevien vetyionien konsentraatiosta ja nesteen lämpötilasta.

Ennen käyttöä mittauselektrodi kalibroidaan käyttämällä standardia kalibroitipuskuriliuosta, jolla on tunnettu pH. Yleisin menetelmä on kaksipistekalibrointi, jossa on valittu kaksi standardipuskuriliuosta, joiden avulla tarkistetaan elektrodien mittaustarkkuus. Anturi upotetaan ensimmäiseen puskuriliuokseen ja tarkistetaan lähettimen lukema. Jos lukema vastaa pH:n oikeaa arvoa, huuhdellaan anturi huolellisesti ionisoidulla vedellä ja asetetaan seuraavaan puskuriliuokseen, tarkistaen lukeman uudelleen. Jos kalibrointi on onnistunut, näytteiden pH-arvojen mittaus voidaan aloittaa.

6.2.2 Suhteellinen kosteus

Betonin huokosten ilmatilan suhteellinen kosteus (%RH) on arvo, joka ilmoittaa rakennehuokosten ilmatilan suhteellisen kosteuden suhteessa ko. huokosten ilmatilassa olevan vesihöyryn ja lämpötilan arvoihin. Mittaus ei siis ota huomioon kaikkea fysikaalisesti sitoutunutta vettä. Betonin kosteusmittauksessa käytetään suhteellisen kosteuden mittaria (Vaisala SHM40) jolla suoritetaan ns. näytepalamittaus. Mittaus suoritetaan määräyksen RT 14-10984 mukaisesti (liite 7).



Kuva 5. Näytettä otetaan niin, että vähintään kolmasosa koeputkesta täyttyy. Kosteus tasapainottuu koeputkessa olevaan ilmatilaan.

Mittaus suoritetaan ottamalla pieni määrä näytettä koeputkeen (kuva 5.). Tutkittava osa näytettä otetaan mahdollisemman keskeltä betoninäytettä mahdollisimman homogeenisen näytteen saavuttamiseksi. Kun näytepala on laitettu koeputkeen, putkeen asennetaan suhteellisen kosteuden mittapää. Koeputken suun väli tiivistetään huolellisesti ja

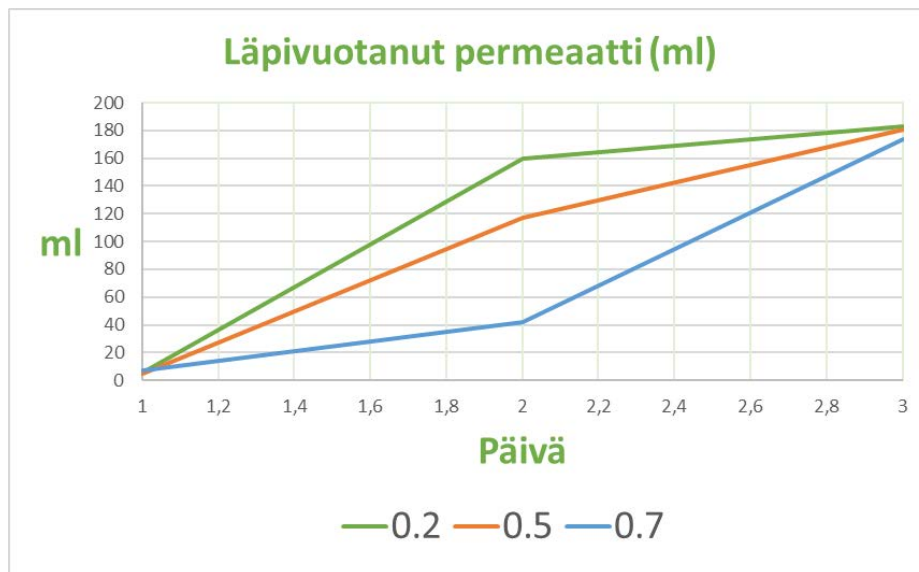
koeputken annetaan tasaantua noin kaksi tuntia vakioämpötilassa (20 °C). Tasaantumisen jälkeen mittaustulokset voidaan lukea näyttölaitteelta.

7 Tulosten tarkastelu

7.1 Betonin kosteusmittaukset ja veden haihtuminen

Betonista kerätyt kosteusmittaukset kertovat siinä sijaitsevan veden määrän sekä betonin suhteellisen kosteuden. Nämä mittaukset kertovat, kuinka nopeasti vettä haihtuu betonista sekä kuinka paljon vettä on sitoutunut betoniin (kuva 6). Kuvassa 6 näkee kuinka paljon enemmän 20 cm:n betonikerroksen läpi valuu vettä verrattuna muihin. Tietysti betoni pidättää suurempien korkeuksien kohdalla enemmän vettä.

Kuva 6. Kuvaajasta näkee, että betonimurskan korkeus ja todennäköisesti myös sekä huokoisuus että raekoko on vaikuttanut kuinka paljon kukin betonikerros päästää lävitseen vettä.



7.1.1 Koe nro 1

Suhteellisen kosteuden mittaaminen epäonnistui ensimmäisen kokeen kohdalla, koska laitetta oli käytetty väärin. Tämän vuoksi kerättyä dataa ei voitu käyttää. Veden haihtumista ei pystytty tutkimaan kunnolla, sillä läpi virranneiden vesien määrät oli punnittu vain ensimmäisen permeaatin kohdalla.

Ensimmäisen kokeen koeputkessa, jossa oli 20 cm betonia, oli tullut läpi 389,5 millilitraa vettä. Koeputkessa, jossa oli 50 cm betonia, oli tullut läpi 171 millilitraa vettä. Viimeisessä koeputkessa, jossa oli 70 cm betonia, oli tullut 169 millilitraa vettä läpi. Kaikkiin koeputkiin oli kaadettu 600 millilitraa vettä.

Tämän jälkeen 600:n millilitran kaato toistettiin kaksi kertaa niin, että kaatoajankohtien välillä oli vuorokausi eli 24 tuntia. Toisen kaadon kohdalla kaikista koeputkista tuli läpi permeaattia ja kolmannella kerralla kaikista koeputkista tuli suunnilleen koko kaadettu vesimäärä, 600 ml:ä, läpi.

7.1.2 Koe nro 2

Ennen betonimurskan laittamista koeputkiin betonimurskaerästä otettiin kuiva betoni-näyte, jonka suhteellinen kosteus oli 21°C asteessa noin 90.2 RH%. Koe aloitettiin 26.11. kello 16:00. Kaikkiin putkiin kaadettiin 180 ml:aa vettä. Ainoastaan 20 cm:n koeputkesta tuli samana päivänä permeaattia.

Seuraavana päivänä punnittiin putkien painot (taulukko 4), jotta olisi mahdollista arvioida haihtuneen sekä sitoutuneen veden määrät. Taulukon 4 mukaisista tuloksista voidaan päätellä, että vuorokaudessa oli haihtunut noin 10 ml:aa vettä kaikista putkista. 50:n ja 70:n senttimetrin putkista ei tullut permeaattia. Mittausten ja punnitusten jälkeen toistettiin 180 ml:n veden kaato kaikkiin koeputkiin. Tunnin päästä kaadosta 20:n ja 50:n senttimetrin koeputkista tuli permeaattia, mutta 70:n cm:n kohdalla permeaattia ei tullut.

Taulukko 4. 70:n cm:n koeputkesta oli tullut neljänteen päivään mennessä vain 84 ml:aa permeaattia.

Päivämäärä	Mitatut arvot	20 cm	50 cm	70 cm
26.11	koeputkenpaino tyhjänä (g)	1437	1642	1423
	kuivan betonitäyteen paino (g)	2540	4412	5168
27.11	läpituullut permeaatti (ml)	53	-	-
	märkäpaino (g)	2665	4581	5338
	haihtunut vesi (ml)	2	11	10
28.11	läpituullut permeaatti (ml)	152	36	-
	märkäpaino (g)	2683	4689	5511
	haihtunut vesi (ml)	10	36	7
29.11	läpituullut permeaatti (ml)	158	152	84
	märkäpaino (g)	2687	4697	5587
	haihtunut vesi (ml)	18	20	20

Kolmantena päivänä (28.11.) putkien painot punnittiin. Suoritimme samalla viimeisen 180 ml:n vedenkaadon. Noin minuutin kuluttua vesien kaadoista sekä 20:n cm:n että 50:n cm:n putkesta valui permeaattia läpi, mutta 70:n cm:n putkesta ei valunut vielääkään permeaattia.

Haihtunut vesimäärä saadaan laskettua kaavalla 1.

$$V_{\text{haihtunut vesi}} = 180 - \left((m_{\text{päivä } n} - m_{\text{päivä } n+1}) + V_{\text{permeaatti}} \right)$$

Kaava 1, haihtuneen veden tilavuuden laskukaava.

Tuloksissa on hyvä ottaa huomioon, että myös läpi tulleesta permeaatista on haihtunut vettä yön aikana.

7.1.3 Koe nro 3

Betonimurskaerästä otetun näytepalan suhteellinen kosteus oli noin 89,6 RH%. Alla olevasta taulukosta (taulukko 5) näkee painon muuttumisen eri testipäivinä. Kokeen tekovaiheet suoritettiin samalla tavalla kuin kokeessa kaksi: 180 ml:n veden kaato, mittaus, punnitus päivän päätteeksi koeputkiin 180 ml vettä.

Taulukko 5. Ensimmäisen kaatokerran jälkeen mistäkään koeputkesta ei valunut läpi vettä.

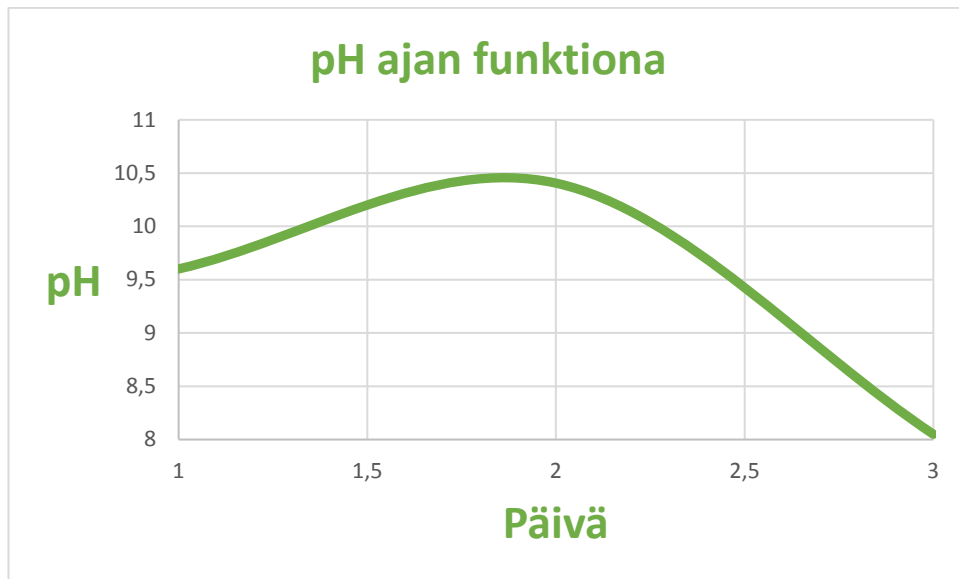
Päivämäärä	Mitatut arvot	20 cm	50 cm	70 cm
3.12	paino tyhjänä	1437	1642	1423
	paino kuiva täyte	2630	4461	5632
4.12	läpitullut permeaatti	-	-	-
	märkápaino	2804	4636	5805
	haihtunut vesi	6	5	7
5.12	läpitullut permeaatti	143	102	27
	märkápaino	2824	4699	5943
	haihtunut vesi	17	15	15
6.12	läpitullut permeaatti	151	148	136
	märkápaino	2821	4698	5949
	haihtunut vesi	32	33	38

Koe kolme oli erikoinen 20 cm:n koeputken kohdalla, sillä vuorokauden jälkeen siitä ei valunut permeaattia läpi. Ilmiö ei mahdollisesti johdu kuitenkaan betonin kosteudesta, sillä kokeiden kaksi ja kolme betonimurskaerien kosteusero oli vain 0,6 %. Mahdollisia syitä voivat olla esimerkiksi, kuinka tiiviisti betonimurska oli tampattu ja kuinka huokoista kokeen kolme betonimurskaerä oli ollut.

7.2 Veden ja permeaatin pH

Kaikissa koeeröissa oli mitattu käytetyn hanaveden pH ennen kaatoja. Koeviikon ajan mitattiin läpi tulleiden permeaattien pH:t, jotta näkisimme, kuinka paljon veden pH muuttuu betonimurskan vaikutuksesta. pH-arvojen nousu ja lasku toisti samanlaista kaavaa kaikissa kolmessa kokeessa (kuva 7).

Kuva 7. Kuvaajasta näkee selvästi, että kolmannen päivän päästä pH-arvo laskee. Keskeisin alku pH-arvo oli noin 9, mutta kolmen huuhtomisen jälkeen pH-arvo saatiin laskettua jopa kahdella pykälällä alaspäin.



7.2.1 Koe nro 1

Todennäköisesti betonimurskan huuhtomisella on tulosten perusteella (taulukko 6) ollut paljonkin vaikutusta, sillä kolmannen veden kaadon jälkeen pH oli laskenut.

Taulukko 6. Toisella kaatokerralla veden pH-arvo oli noussut korkeammaksi. Kolmannen kaadon jälkeen permeaatin pH-arvo oli laskenut.

Koeputki	1 Permeaatin pH	2 Permeaatin pH	3 Permeaatin pH
20 cm	8,85	10,40	9,38
50 cm	8,88	11,21	10,12
70 cm	9,60	11,64	10,25

7.2.2 Koe nro 2

Mittasimme käytettävän veden pH-arvon, joka oli noin 7,41. Kuten ensimmäisessäkin kokeessa, viimeisen kaadon jälkeen permeaatin pH-arvo oli laskenut (taulukko 7).

Taulukko 7. Mielenkiintoista oli 20 cm:n kohdalla, jolloin ensimmäisen permeaatin pH-arvo oli huomattavasti suurempi kuin muissa kokeissa.

Koeputki	1 Permeaatin pH	2 Permeaatin pH	3 Permeaatin pH
20 cm	9,61	10,41	8,05
50 cm	-	9,33	8,11
70 cm	-	-	7,66

Viimeisellä päivällä mittasimme mielenkiinnosta sadeveden pH:n, joka oli 5,14. Kyseinen vesinäyte oli otettu lätäköstä Mäntsälän lentokentän hankealueelta. Koska samalla hetkellä satoi, oletimme ettei maaperä ehtinyt vaikuttamaan sadeveden pH:hon. Totesimme, että jos haluamme tutkia kuinka paljon betonilla on vaikutusta ympäristön maaperään, tulisi meidän imitoida sadeveden pH:ta, sillä hanaveden pH-arvo vaihteli 6.8-7.6.

7.2.3 Koe nro 3

Ensimmäisen yön aikana putkista ei tullut yhtään permeaattia. Lisätyn veden pH-arvo oli noin 5,6.

Taulukko 8. Tässä huomataan kokeiden aikana toistuva kuvio; ensin pH-arvo nousee noin kahdella, laskeutuen tämän jälkeen hitaasti alkuperäiseen arvoonsa.

Koeputki	1 Permeaatin pH	2 Permeaatin pH	3 Permeaatin pH
20 cm	-	7,81	7,11
50 cm	-	8,45	8,15
70 cm	-	7,68	7,66

20 cm:n kohdalla permeaatin pH-arvoon on voinut vaikuttaa isommat rakeet verrattuna 50 ja 70 cm:n putkiin, joissa oli enemmän hienompaa murskettä. Jolloin todennäköisesti hienompijakoisesta oli päässyt liukenemaan enemmän emästä veteen seuraavalla kaatokerralla. Tuloksista voi myös päätellä, että tarpeeksi happamalla vedellä ja betonimurskeen oikealla raekoolla (liite 5) pH:n voisi saada neutraalimmaksi.

8 Yhteenveto

Tuloksista ilmeni, että betonimurskalla on suora pH-arvoa nostava vaikutus siitä läpi virranneeseen permeaattiin. Alustavat tutkimukset osoittivat, että betonikerroksen korkeudella on vähäinen vaikutus permeaatin pH:seen. Betonimurskan raekoolla on myös selkeä vaikutus läpi valuneeseen permeaattiin, kasvattaen arvoa suuremmaksi pienempään halkaisijaan siirtyessä. Kokeissa havaittiin myös, että veden haihtumisella sekä betonikerroksen korkeudella on merkittävä osuus permeaatin muodostumiseen.

Jotta betonimurskan vaikutusta permeaatin pH:n muutokseen saataisiin vähennettyä, ehdotamme betonimurskan esipesua, tamppaamista, päällystämistä tiheällä materiaalilla sekä esimerkiksi muottihiekan käyttöä. Betonin esipesu veisi mukanaan permeaatin pH-arvoon eniten vaikuttavat pienhiukkaset, jotka muutoin valuisivat mahdollisen läpi virranneen sadeveden mukana alueen valuma-alueisiin.

Edellä mainittujen havaintojen perusteella voidaan olettaa alustavasti, että sadevesi alhaisen virtausnopeutensa vuoksi ei ehtisi laisinkaan valua korkean betonimurskan läpi, vaan sitoutuisi itse betoniin, haihtuen sitoutumista nopeammin. Hypoteesissa ei ole kuitenkaan huomioitu esimerkiksi eroosion, päällystämisen taikka paikallisen bakteeriflooran, kasviston ja faunan vaikutusta betonin tiheyteen tai huokoisuuteen ja täten haihtumis- tai virtausnopeuteen. Vähäisen koelukumäärän vuoksi ehdotamme jatkotutkimuksia aiheesta, jossa useammat tekijät betonin korkeuden lisäksi otettaisiin huomioon.

Lähteet

- 1 Ympäristöhallinto. Ympäristövaikutusten arviointi. Verkkodokumentti. <http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi>. Päivitetty 23.10.2018. Luettu 21.11.2018
- 2 Gles Oy, Ekoyhteystarkastelu. Verkkodokumentti. <http://mantsala-aero.fi/assets/materiaalit/MantsalaAero_ekoyhteystarkastelu_2018.pdf>. Luettu 31.10.2018
- 3 Valtion säädöstietopankki Finlex. Verkkodokumentti. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170277>>. Luettu 21.11.2018
- 4 Gles Oy, Natura-arvio. Verkkodokumentti. <http://mantsala-aero.fi/assets/materiaalit/MantsalaAero_Natura-arvio_20180123.pdf>. Luettu 31.10.2018
- 5 Valtion säädöstietopankki Finlex. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>>. Luettu 23.11.2018
- 6 SFS-EN 12620 +A1. 2008. Betonikiviainekset. Suomen standardisoimisliitto. Luettu 27.11.2018
- 7 Eurofins. Kivi- ja maa-ainekset. Verkkodokumentti. <<https://www.eurofins.fi/expertservices/palvelut/testaus-ja-tarkastus/rakennusmateriaalien-testaus/kivi-ja-maa-ainekset/>> Luettu 27.11.2018
- 8 Gles Oy. Mäntsälä Aero asemakuva. Verkkodokumentti. <http://mantsala-aero.fi/assets/materiaalit/MantsalaAero_Asemakuva_030118.pdf> Luettu 31.10.2018
- 9 Ilmatieteen laitos. Tilastot vuodesta 1961. Verkkodokumentti. <<https://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>> Luettu 2.12.2018
- 10 Ilmatieteen laitos. Suomen muuttuva ilmasto. Verkkodokumentti. <<http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/fi/08848977-fd1a-4e85-8389-7ecf3ca7de7d/uusimaa-avomerelta-lohjanharjulle.html>> Luettu 2.12.2018
- 11 Howells, Gwyneth. 1990. *Acid Rain and Acid Waters*. 2. painos, s.9. New York.
- 12 Ilmatieteen laitos. Happamoituminen. Verkkodokumentti. <<https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc/Happamoituminen>> Luettu 28.11.2018

- 13 Valtioneuvoston hallintoyksikkö. Maanrakentamisen uusiomateriaalit. Verkkodokumentti. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41338/YMra11_2011_Maarakentamisen_uusiomateriaalit.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Luettu 27.11.2018
- 14 Performance of concrete pavements with RCA. Verkkodokumentti. <<http://1204075.sites.myregisteredsite.com/downloads/TS/EB043P/TS043.6P.pdf>> Luettu 25.11.2018
- 15 Betonin valmistus. Verkkodokumentti. <<https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-valmistus/>> Luettu 25.11.2018
- 16 Antila, A.-M. & Karppinen, M. & Leskelä, M. & Mölsä, H. & Pohjakallio, M. 2008. Tekniikan kemia. 10. uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.
- 17 Petrofysiikan perusteet. Verkkodokumentti. <<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/34217/petrofys.pdf>> Luettu 29.11.2018
- 18 Portlandsementin hydrataatio. Verkkodokumentti. <<https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2041.pdf>> Luettu 1.12.2018
- 19 Merikallio, Tarja. 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. 1. painos. Espoo: Multiprint Oy.
- 20 Merikallio, Tarja. 2015. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. 4. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 21 Valtion säädöstietopankki Finlex. Verkkodokumentti. <<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/2006/20060591>> Luettu 25.11.2018
- 22 Kiviaineksen tekniset laatuominaisuudet. Verkkodokumentti. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/infra-akatemia/kivianespaivat-2016/pirjo-kuula-9.00_kiviaineksen-laatu_kiviaines--ja-murskauspaivat-2016.pdf> Luettu 10.12.2018
- 23 Gles Oy. YVA-ohjelma. Luettu 1.12.2018
- 24 CO2 and the Concrete Industry: Cement and Concrete as a Carbon Dioxide Sink. Verkkodokumentti. <<https://www.cement.org/for-concrete-books-learning/concrete-technology/concrete-design-production/concrete-as-a-carbon-sink>>. Luettu 28.11.2018

Murskattu betoni, erä 1

Näytetunnus/projekti: GLES KIERRÄTYS OY MARJALA ERÄ 1/2018

Näytteenottopvm: 30.3.2018

Laboratorio: ALS Finland Oy

MARA-asetuksen(Vna 843-2017) mukainen perustutkimus betonijätteelle

KERROSVAHVUUS	VÄYLÄ		KENTTÄ		VALLI	RAK POHJA
	peitetty	päällystetty	peitetty	päällystetty		
	max: 1,5m		max:1,5m		max:5m	max: 1,5m

Liukoisuus (mg/kg LS=10 l/kg)

Analyysi	Tulos	Raja-arvot rakenteille					
Antimoni(Sb)	0,01	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7
Arseeni(As)	0,01	1	2	0,5	1,5	0,5	2
Barium(Ba)	1,36	40	100	20	60	20	100
Kadmium(Cd)	0,005	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06
Kromi(Cr)	0,0868	2	10	0,5	5	1	10
Kupari(Cu)	0,0193	10	10	2	10	10	10
Lyijy(Pb)	0,0119	0,5	2	0,5	2	0,5	2
Molybdeeni(Mo)	0,0358	1,5	6	0,5	6	1	6
Nikkeli(Ni)	0,0311	2	2	0,4	1,2	1,2	2
Seleeni(Se)	0,05	1	1	0,4	1	1	1
Sinkki(Zn)	0,0611	15	15	4	12	15	15
Vanadiini(V)	0,05	2	3	2	3	2	3
Elohopea(Hg)	0,0001	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03
Kloridi(Cl ⁻)	21,7	3200	11000	800	2400	1800	11000
Sulfaatti(SO ₄ ²⁻)	81,4	5900	18000	1200	10000	3400	18000
Fluoridi(F)	4,46	50	150	10	50	30	150
Liuennot org. Hiili (DOC)	47,7	500	500	500	500	500	500

Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)							
Bentseeni		0,2	0,2	0,02	0,2	0,06	0,02
TEX		25	25	25	25	25	10
Naftaleeni	0,01	5	5	5	5	5	5
PAH-16	0,16	30	30	30	30	30	30
Fenoliset yhdisteet		10	10	5	10	10	10
PCB-yhdisteet(7)	0,021	1	1	1	1	1	1
öljyhilivedyt C10-C40	199	500	500	500	500	500	300

Johtopäätökset: Näytteen mukainen erä kelpaa hyötykäyttöön Vna 843/2017 mukaisesti

Murskattu betoni, erä 2

Näytetunnus/projekti: GLES KIERRÄTYS OY MARJALA ERÄ 2/2018

Näytteenottopvm: 2.4.2018

Laboratorio: ALS Finland Oy

MARA-asetuksen(Vna 843-2017) mukainen perustutkimus betonijätteelle

KERROSAHVUUS	VÄYLÄ		KENTTÄ		VALLI	RAK POHJA
	peitetty	päälllystetty	peitetty	päälllystetty		
	max: 1,5m		max:1,5m		max:5m	max: 1,5m

Liukoisuus (mg/kg LS=10 l/kg)

Analyysi	Tulos	Raja-arvot rakenteille					
Antimoni(Sb)	0,01	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7
Arseeni(As)	0,01	1	2	0,5	1,5	0,5	2
Barium(Ba)	2,34	40	100	20	60	20	100
Kadmium(Cd)	0,005	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06
Kromi(Cr)	0,201	2	10	0,5	5	1	10
Kupari(Cu)	0,014	10	10	2	10	10	10
Lyijy(Pb)	0,0128	0,5	2	0,5	2	0,5	2
Molybdeeni(Mo)	0,0304	1,5	6	0,5	6	1	6
Nikkeli(Ni)	0,03	2	2	0,4	1,2	1,2	2
Seleen(Se)	0,05	1	1	0,4	1	1	1
Sinkki(Zn)	0,0691	15	15	4	12	15	15
Vanadiini(V)	0,05	2	3	2	3	2	3
Elohopea(Hg)	0,0001	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03
Kloridi(Cl ⁻)	37,8	3200	11000	800	2400	1800	11000
Sulfaatti(SO ₄ ²⁻)	62	5900	18000	1200	10000	3400	18000
Fluoridi(F ⁻)	4,18	50	150	10	50	30	150
Liuennot org. Hiili (DOC)	37,8	500	500	500	500	500	500

Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)

Bentseeni		0,2	0,2	0,02	0,2	0,06	0,02
TEX		25	25	25	25	25	10
Naftaleeni	0,01	5	5	5	5	5	5
PAH-16	0,16	30	30	30	30	30	30
Fenoliset yhdisteet		10	10	5	10	10	10
PCB-yhdisteet(7)	0,021	1	1	1	1	1	1
öljyhilivedyt C10-C40	237	500	500	500	500	500	300

Johtopäätökset: Näytteen mukainen erä kelpaa hyötykäyttöön Vna 843/2017 mukaisesti

Murskattu betoni, erä 3

Näytetunnus/projekti: GLES KIERRÄTYS OY MARJALA ERÄ 3/2018

Näytteenottopvm: 4.4.2018

Laboratorio: ALS Finland Oy

MARA-asetuksen(Vna 843-2017) mukainen perustutkimus betonijätteelle

KERROSVAHVUUS	VÄYLÄ		KENTTÄ		VALLI	RAK POHJA
	peitetty	päällystetty	peitetty	päällystetty		
	max: 1,5m		max:1,5m		max:5m	max: 1,5m

Liukoisuus (mg/kg LS=10 l/kg)

Analyysi	Tulos	Raja-arvot rakenteille					
Antimoni(Sb)	0,01	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7
Arseeni(As)	0,01	1	2	0,5	1,5	0,5	2
Barium(Ba)	2,67	40	100	20	60	20	100
Kadmium(Cd)	0,005	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06
Kromi(Cr)	0,274	2	10	0,5	5	1	10
Kupari(Cu)	0,0252	10	10	2	10	10	10
Lyijy(Pb)	0,0343	0,5	2	0,5	2	0,5	2
Molybdeeni(Mo)	0,0334	1,5	6	0,5	6	1	6
Nikkeli(Ni)	0,135	2	2	0,4	1,2	1,2	2
Seleeni(Se)	0,05	1	1	0,4	1	1	1
Sinkki(Zn)	0,134	15	15	4	12	15	15
Vanadiini(V)	0,05	2	3	2	3	2	3
Elohopea(Hg)	0,000113	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03
Kloridi(Cl ⁻)	82,9	3200	11000	800	2400	1800	11000
Sulfaatti(SO ₄ ²⁻)	79,4	5900	18000	1200	10000	3400	18000
Fluoridi(F ⁻)	8,25	50	150	10	50	30	150
Liuennot org. Hiili (DOC)	46,8	500	500	500	500	500	500

Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)							
Bentseeni		0,2	0,2	0,02	0,2	0,06	0,02
TEX		25	25	25	25	25	10
Naftaleeni	0,01	5	5	5	5	5	5
PAH-16	0,16	30	30	30	30	30	30
Fenoliset yhdisteet		10	10	5	10	10	10
PCB-yhdisteet(7)	0,021	1	1	1	1	1	1
öljyhilivedyt C10-C40	96	500	500	500	500	500	300

Johtopäätökset: Näytteen mukainen erä kelpaa hyötykäyttöön Vna 843/2017 mukaisesti

Murskattu betoni, erä 4

Näytetunnus/projekti: GLES KIERRÄTYS OY MARJALA ERÄ 4/2018

Näytteenottopvm: 6.4.2018

Laboratorio: ALS Finland Oy

MARA-asetuksen(Vna 843-2017) mukainen perustutkimus betonijätteelle

KERROSAHVUUS	VÄYLÄ		KENTTÄ		VALLI	RAK POHJA
	peitetty	päällystetty	peitetty	päällystetty		
	max: 1,5m		max:1,5m		max:5m	max: 1,5m

Liukoisuus (mg/kg LS=10 l/kg)

Analyysi	Tulos	Raja-arvot rakenteille					
Antimoni(Sb)	0,01	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7
Arseeni(As)	0,01	1	2	0,5	1,5	0,5	2
Barium(Ba)	0,623	40	100	20	60	20	100
Kadmium(Cd)	0,005	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06
Kromi(Cr)	0,267	2	10	0,5	5	1	10
Kupari(Cu)	0,0489	10	10	2	10	10	10
Lyijy(Pb)	0,0243	0,5	2	0,5	2	0,5	2
Molybdeeni(Mo)	0,037	1,5	6	0,5	6	1	6
Nikkeli(Ni)	0,134	2	2	0,4	1,2	1,2	2
Seleeni(Se)	0,05	1	1	0,4	1	1	1
Sinkki(Zn)	0,0716	15	15	4	12	15	15
Vanadiini(V)	0,05	2	3	2	3	2	3
Elohopea(Hg)	0,0001	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03
Kloridi(Cl ⁻)	38,1	3200	11000	800	2400	1800	11000
Sulfaatti(SO ₄ ²⁻)	96,8	5900	18000	1200	10000	3400	18000
Fluoridi(F ⁻)	3,14	50	150	10	50	30	150
Liuennot org. Hiili (DOC)	55,3	500	500	500	500	500	500

Pitoisuus (mg/kg kuiva-ainetta)							
Bentseeni		0,2	0,2	0,02	0,2	0,06	0,02
TEX		25	25	25	25	25	10
Naftaleeni	0,01	5	5	5	5	5	5
PAH-16	0,16	30	30	30	30	30	30
Fenoliset yhdisteet		10	10	5	10	10	10
PCB-yhdisteet(7)	0,021	1	1	1	1	1	1
öljyhilivedyt C10-C40	86	500	500	500	500	500	300

Johtopäätökset: Näytteen mukainen erä kelpaa hyötykäyttöön Vna 843/2017 mukaisesti

Rakeisuustutkimus



RAKEISUUSTUTKIMUS

Laboratoriopalvelut

PANK-hyväksytty testausorganisaatio

Laboratoriopalveluita vuodesta 1951

Asiakas	Ramo Pro Oy	Kunta	Mäntsälä
Projekti	Ramo Pro	Materiaali	BeM
Urakoitsija		Lajite	0-90
Paikka	Marjala	Diaarinro	
Yhteyshenkilö	Jari Pikkupirtti	Kasa	
Lisätieto			

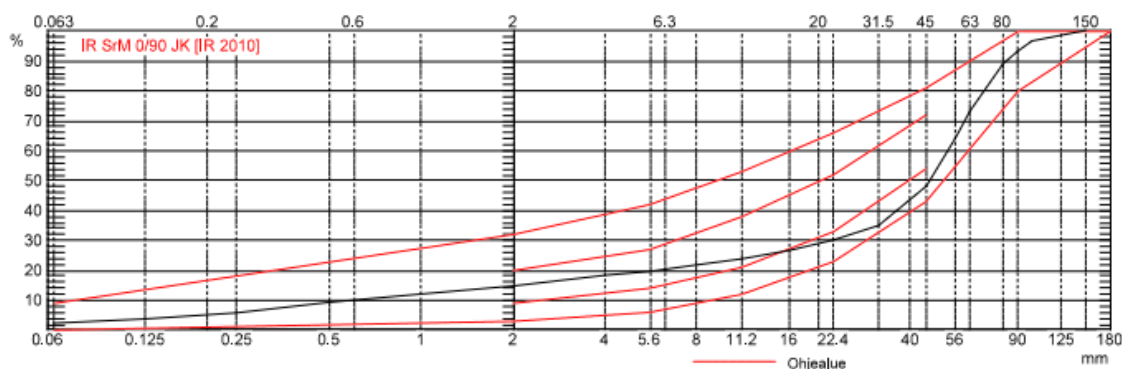
Näytetunnus	1/2018
Näytteenottopvm	23.5.2018
Näytteenottaja	Jari Pikkupirtti

Seulontatapa	Pesuseulonta (SFS-EN 933-1:2012)
E-moduli [MPa]	280
Routivuus GEO	Routimaton

Kokeen nimi (Menetelmä) [Yksikkö]	Tulos
Vesipitoisuus (SFS-EN 1097-5:2008) [%]	2.28

Seulat mm	Ohjealue min	max	Läpäisy %
150			100
100			97
90	80	100	93
80			89
63			73
56			64
45	43	81	48
31.5			35
22.4	23	66	30
16			27
11.2	12	53	24
8			22
5.6	6	42	20
4			18
2	3	32	15
1			12
0.5			9
0.25			6
0.125			4
0.063	0.0	9.0	2.5

* Poikkeaa ohjeseulalta



Huom! Testaustulos koskee ainoastaan testattua näytettä.

Jakelu	jari.pikkupirtti@ramopro.fi
--------	-----------------------------

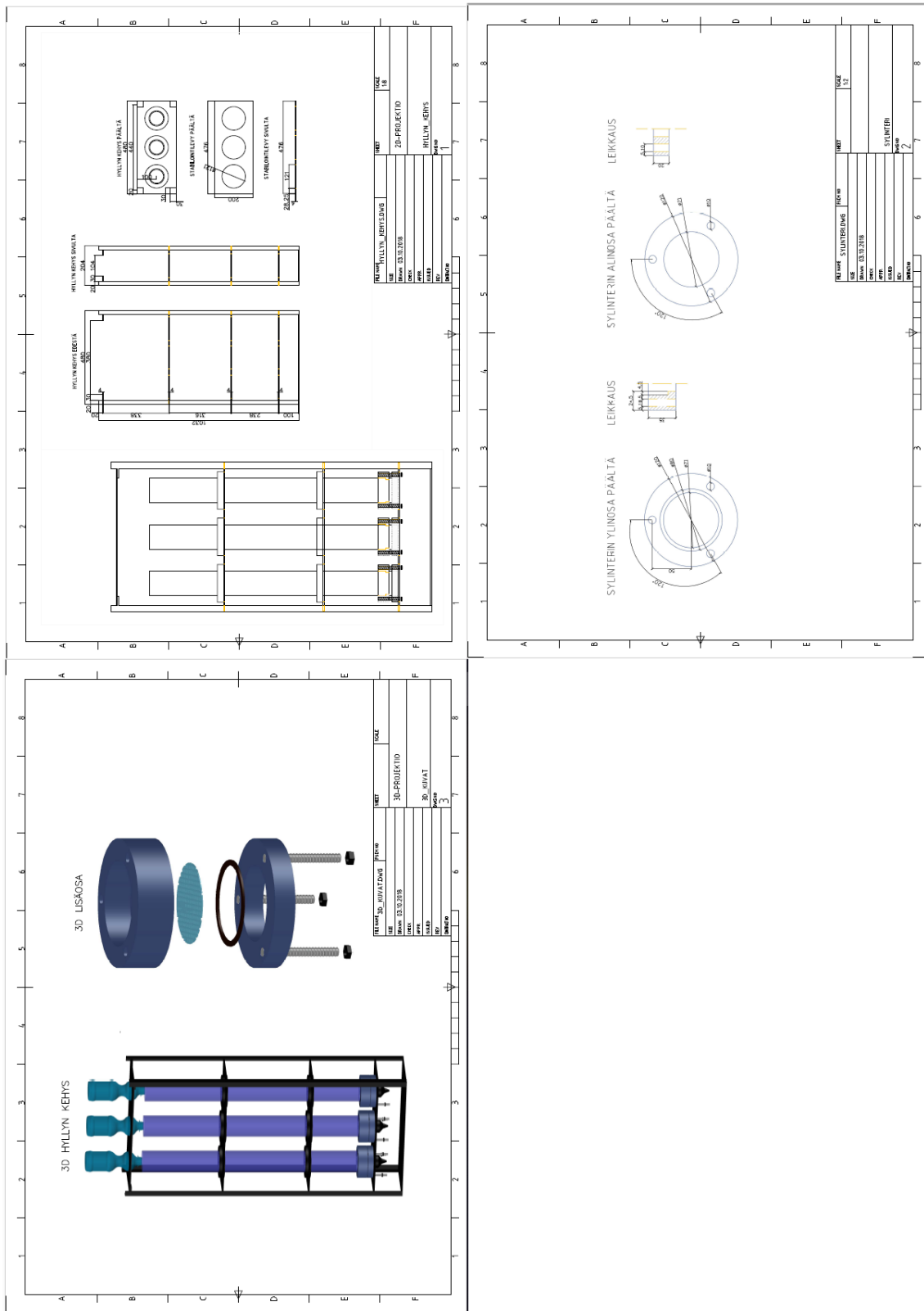
Päiväys 31.05.2018

Allekirjoitus

Sanna Turunen

Espoon laboratorio
Turuntie 207
02740 Espoo
etunimi.sukunimi@mitta.fi

Kehikon kaaviot



Betonin suhteellisen kosteuden mittaus

01-01-0008

sivut 1 - 7

6.3 Näytteenotto

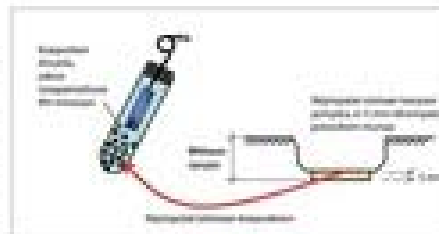
Näytteenotto

Pöytä ja näyttämönä on esitetty kuvissa 9 ja 10.

Kuoppa voidaan tehdä poraamalla terällä rinta tai tynnyrillä ja pitkäsuulla tai pyykköillä pitkäsuulla. Kuoppa on suora- ja pitkäsuulla tai pyykköillä pitkäsuulla. Kuoppa on suorakulmainen, jos betonin maksimikerroksen paksuus on yli 10 mm, samalla pyykköillä otetaan näyte useamman kerroksen tai jos kuoppa otetaan näyttämö on pyykköillä.

Päätä mahdollinen mittaustarkkuus saavutetaan, kun näyttämö otetaan jokaisesta mittauspyykköistä samankaltaisesti vähintään kaksi kerrokselta, jolloin mittaus tehdään kahdelta eri suunnalta. Tämä on tarpeellinen varmistustoimenpide, koska kuoppaan sijaitseva betoninäyte on rajallinen määräinen ja kerroksittain mittauspöytä otetaan kerroksella yksi yksi näytteenottoa varten. Näytteenotto on mahdollista ottaa kahdelta eri suunnalta.

Näytteenotto voidaan tehdä jalkain käsin.



Kuva 9. Näytteenotto oikealla pyykköillä otettuna kahdelta suunnalta otetaan näyte mittauspyykköistä kahdelta suunnalta. Näytteenotto tulee ottaa vähintään kahdelta suunnalta.



Kuva 10. Näytteenottoa varten kaiva

01-01-0008/01-01-0008/01-01-0008/01-01-0008/01-01-0008/01-01-0008/01-01-0008/01-01-0008/01-01-0008/01-01-0008

