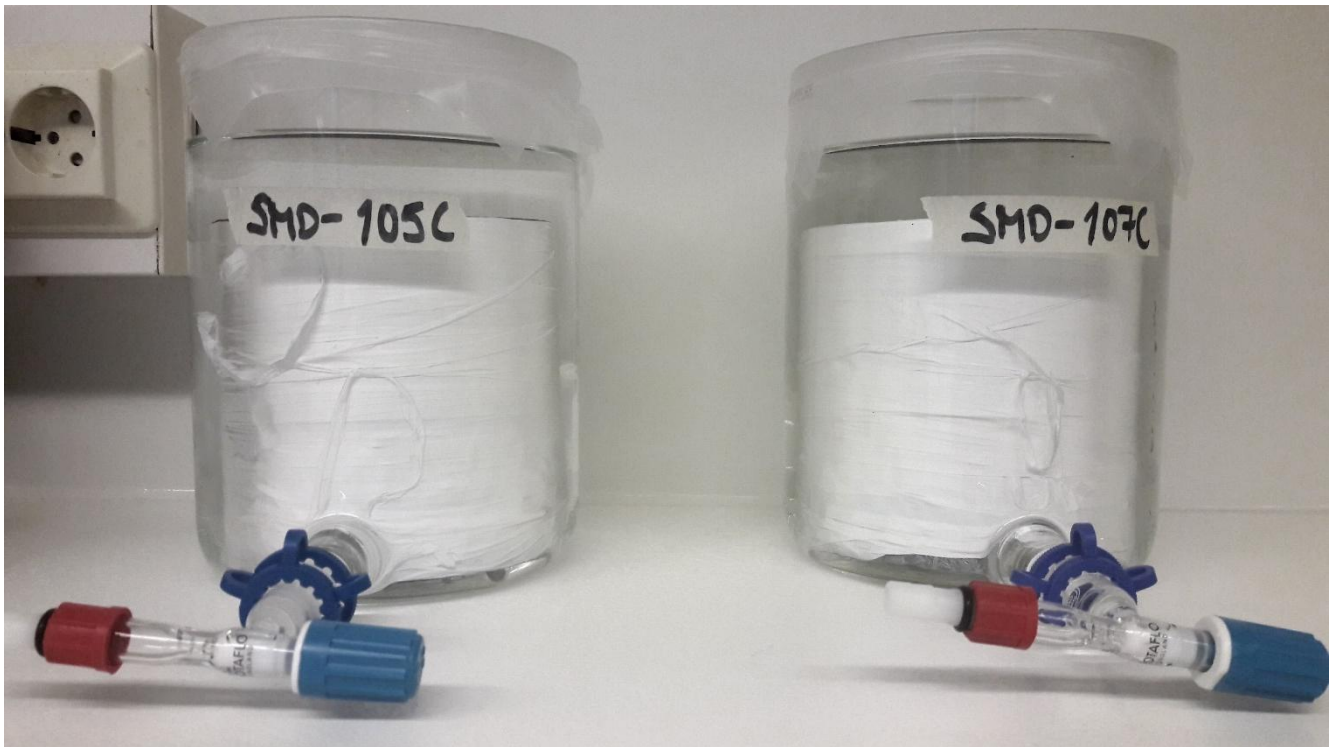


Päivämäärä
4/2020



Life-IP CIRCWASTE Finland (LIFE15 IPE/FI/004, osahanke C.10)
ENVIRONMENTAL ELIGIBILITY REPORT
CIRCWASTE, SAMPAANALANLAHTI



Versio 1.4.2020
Kirjoittaja Tuomas Suikkanen
Tarkastaja Noora Lindroos

Viite 1510029697-001

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	3
2.	Koestabilointi 2018	4
2.1	Stabiloitavien massojen perusominaisuudet	5
2.2	Stabilointi	6
2.3	Liukoisuustestauksen näytteet	6
2.4	Liukoisuustestaus modifioidulla diffuusiotestillä	6
3.	Liukoisuustestien tulokset	7
3.1	Eri sideainevaihtoehtojen vaikutus haitta-aineiden liukoisuuteen	7
3.1.1	Kloridi	7
3.1.2	Bromidi	8
3.1.3	Molybdeeni	9
3.1.4	Seleen	10
4.	Päällysrakenteen ympäristökelpoisuustutkimukset	11
5.	Yhteenveto ja johtopäätökset	12

LIITTEET

LIITE 1 Kumulatiiviset liukoisuudet

LIITE 2 Analyysitodistukset

1. JOHDANTO

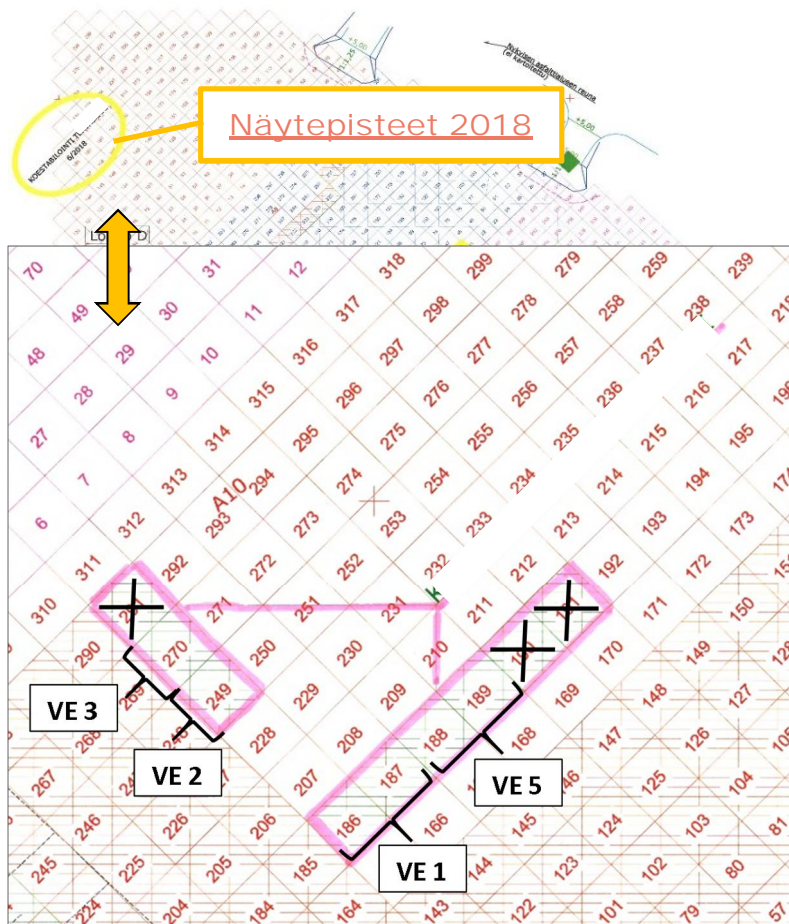
Tähän raporttiin on koostettu keskeisimmät tulokset kansallisen LIFE-IP Circwaste projektin C.10 osahankkeeseen liittyvien pilottien ympäristöseurannasta. C.10 osavaiheen pilotointi koostuu kahdesta eri osasta: Sampaanalanlahden massastabiloinnista teollisuuden jätteitä hyödyntämällä, sekä uusiomateriaaleilla toteutetusta kenttärakenteesta. Massastabilointipilotointia on tehty Sampaanalanlahden B-altaalla vuosina 2017 ja 2018. Päälysrakennepilotointi on tarkoitus toteuttaa 2020-2021 aikana.

Ympäristöseurannan tavoitteena oli todentaa massastabiloinnissa pilotoitujen uudentyyppisten osittain teollisuuden jätteistä koostuvien sideaineiden ympäristökelpoisuus. Tämä raportti sisältää selvitykset eri resepteillä stabiloidun allasmassan liukoisuusominaisuuksista, joita tutkittiin modifioidun diffuusio-testin avulla stabiloidusta allasmassasta. Koestabiloinnissa uudentyyppisillä sideaineilla stabiloitujen näytteiden liukoisuuksia verrattiin lentotuhka-sementti sideaineella stabiloitujen näytteiden liukoisuuksiin sekä hollantilaisiin kiinteytetylle materiaalille annettuihin raja-arvoihin.

Päälysrakenteita koskevat ympäristökelpoisuustutkimukset päivitetään tähän raporttiin myöhemmin pilotoinnin valmistuttua.

2. KOESTABILOINTI 2018

2018 pilottistabilointialue sijaitsi B-altaan lohkolla D, jossa päästiin stabiloimaan kaikissa koealueen ruuduissa viiden metrin syvyyteen asti. Koestabilointi on toteutettu alueella voimassa olevan ympäristöluvan (ESAVI/21/04.08/2010) mukaisesti. Koealueen stabilointityö toteutettiin 13.6.-15.6.2018. Liu-koisuustestinäytteiden näytepisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Ympäristökelpoisuusseurannan näytepisteiden sijainti Sampaanalanlahden B-altaan lohossa D.

Näytepisteiden alueella käytetyt reseptit on esitetty taulukossa 1. Stabilointityö eteni altaassa blokki kerrallaan (ala noin 5x5 m, stabilointisyvyys 5 m => 125 m³/blokki). Pilotoinnissa käytettiin sideaineina/lisärunkoaineina seuraavia komponentteja:

- PlusSe = Plussementti (CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N)
- LT = seospolton kuiva lentotuhka, Rauman Biovoima Oy
- KT = seospolton kostutettu (w=21 %) lentotuhka ("kasatuhka"), Rauman Biovoima Oy
- KP20 = Jätepohjainen sideaineseos 1
- KP30 = Jätepohjainen sideaineseos 2
- AI10 = Jätepohjainen sideaineseos 3

Taulukko 1. Näytepisteissä käytettyjen sideaineiden reseptit

Testattu vaihtoehto ¹⁾	Ruutu-numerot	Sideaineet [kg/m ³]	Huom.
1	186-187	PlusSe+LT 50+100	Sideainesyöttö kokonaisuudessaan massastabilointikalustolla, yhtäaikaisesti kahdesta säiliöstä.
2	249	PlusSe+LT+(KP20+AI10) 40+100+80	Sideainesyöttö kokonaisuudessaan massastabilointikalustolla, yhtäaikaisesti kahdesta säiliöstä (Lentotuhka toisesta säiliöstä ja muu sideaineseos toisesta).
3	270	PlusSe+LT+(KP20+AI10) 25+150+50	Sideainesyöttö kokonaisuudessaan massastabilointikalustolla, yhtäaikaisesti kahdesta säiliöstä (Lentotuhka toisesta säiliöstä ja muu sideaineseos toisesta).
4	-	LT+(KP20+AI10) 150+150	Vaihtoehtoa ei päästy toteuttamaan lainkaan sideainen toimitusongelman vuoksi.
5	188-189	PlusSe+LT+KP30 30+100+100	Sideainesyöttö kokonaisuudessaan massastabilointikalustolla, yhtäaikaisesti kahdesta säiliöstä (sementti sisältyy jo valmiiksi KP30 sideaineseen).

1) Ennen varsinaista stabilointia lisättiin kaikissa vaihtoehdoissa kosteaa tuhkua tilavuussuhteessa runkoaine+tuhka 3:0,5 eli noin 0,7-0,8m paksu kerros blokin päälle. Tuhka esisekoitettiin allasmassaan kaivinkoneella.

2.1 Stabiloitavien massojen perusominaisuudet

Ennen stabilointia ja kostean tuhkan lisäämistä allasmassoista otetuista 0-näytteistä määritetyt perusominaisuudet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Koealueen allasmassoista määritetyt luokitteluominaisuudet

Näytteet allasmassoista ennen kasatuhkan levitystä ("0-massat")					
Alueella testattu vaihtoehto	Ruutu	Syvyys [m]	ρ_m [kg/m ³]	w [%]	Hh [%]
1	187	0-2	1280	169	12,1
		2-4	1280	164	-
5	189	0-2	1260	183	11,1
		2-4	1250	177	-
-	191	0-2	1280	163	8,7
		2-4	1260	178	-
2	249	0-2	1320	150	12,5
		2-4	1310	154	-
3	270	0-2	1280	163	8,5
		2-4	1270	170	-
-	291	0-2	1290	158	8,7
		2-4	1300	152	-

Laboratoriossa ennakkoon tehdyissä stabiloituvuuskokeissa käytetyn runkomateriaalin vesipitoisuus oli noin 165 % ja orgaanisen aineksen määrä noin 10 % suuruusluokkaa. Pilotointialueella massan ominaisuudet olivat suhteellisen tasalaatuisia ja suhteellisen lähellä ennakkotesteissä käytettyjä määrisoja.

2.2 Stabilointi

Ennen varsinaista stabilointia ruutuihin levitettiin pintaan kostutettua lentotuhkaa eli ns. kasatuhkaa ($w \approx 21\%$) tilavuussuhteessa 3:0,5 stabiloitavaan massaan nähden eli noin 0,7 m kerros. Tuhka oli kostutettu silosta purettaessa ja varastoitu aumana kentälle stabilointialueen läheisyydessä. Tämä kasatuhka esisekoitettiin allasmassaan pitkäpuomisella kaivinkoneella. Kasatuhkan lisäys ajoitettiin siten, että kyseinen ruutu ehdittiin stabiloida valmiiksi saman päivän aikana.

Varsinainen stabilointityö tehtiin massastabilointilaitteistolla. Kuivat sideaineet eli sementti, kuiva lentotuhka ja jätöpohjaiset sideaineet KP20, Al10 ja KP30 tuotiin työmaalle säiliöautoilla. Autoista sideaineet siirrettiin pneumaattisesti stabilointilaitteiston omiin erillisiin kahteen säiliöön. Näistä säiliöistä sideaineet syötettiin paineilman avulla letkuja pitkin stabilointikoneelle, jolla kaivinkoneen puomiin asennetun sekoitinkärjen avulla tehtiin varsinainen sekoitus stabiloitavaan massaan.

Stabiloitujen blokkien päälle levitettiin viimeistään seuraavana päivänä suodatinkangas ja sen päälle painopenkereeksi ja työpediksi noin 1 m kerros kattilahiiekkaa ja kosteaa lentotuhkaa.

2.3 Liukoisuustestauksen näytteet

Koeruuduista otettiin näytteitä stabiloinnin jälkeen kahdelta eri syvyydeltä, joista valmistettiin koekappaleet liukoisuustestejä varten. Liukoisuustesteihin valittiin kaikista koeruuduista samasta syvyydestä otetuista näytteistä valmistetut koekappaleet. Tulosten vertailussa on käytetty B-altaasta tehtyjen tuotantostabiloitujen näytteiden SMD-105C- ja 107C liukoisuuksia. Testatut koekappaleet, koeruudut ja koeruutujen stabiloinnissa käytetyt sideaineet on listattu taulukkoon 3.

Taulukko 3. Liukoisuustestin näytteet

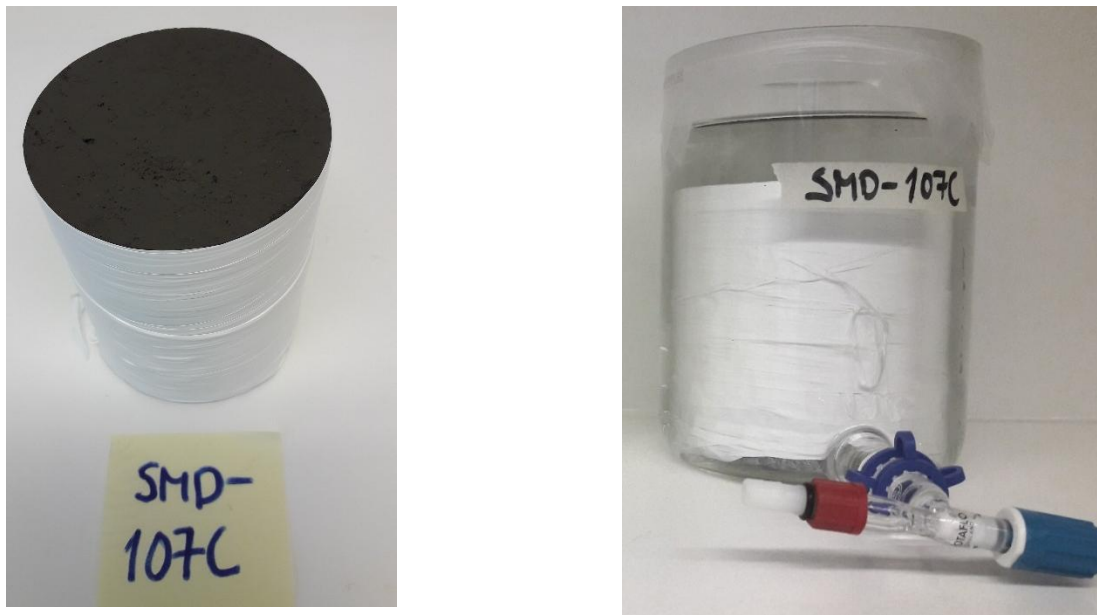
Sideaineresepti	Sideainemäärä [kg/m ³]	Koeruutu ja näytesyvyys	Koekappalenumero	Koekappaleen halkaisija [mm]
PlusSe+LT (tuotantostabilointi)	70+130	R105 / 3,5m	SMD-105C	100
PlusSe+LT (tuotantostabilointi)	70+130	R107 / 3,5m	SMD-107C	100
PlusSe+LT	50+150	R186 / 2,5m	SKL-2A	110
PlusSe+LT+KP30	30+100+100	R188 / 2,5m	SKL-8A	110
PlusSe+LT+[KP20+Al10]	40+100+80	R249 / 2,5m	SKL-14A	110
PlusSe+LT+[KP20+Al10]	25+150+50	R270 / 2,5m	SKL-18A	100

2.4 Liukoisuustestaus modifioidulla diffuusiotestillä

Haitta-aineiden liukoisuuksia stabiloiduista koekappaleista tutkittiin modifioidulla diffuusiotestillä (EA NEN 7375:2004). Testin tuloksena ilmoitetaan päätyypinnalta liuenneiden haitta-aineiden kumulatiivinen määrä (mg/m²) aikayksikössä. Testin tulokset kuvastavat ehjästä rakenteesta diffuusion ja pinta-liukenemisen kautta vapautuvien haitta-aineiden määrää.

Modifioidussa testissä tutkittavan lieriönmallisen koekappaleen ulkopinnat päällystetään teflonteipillä lukuun ottamatta päätyypintaa, joka jätetään avoimeksi. Kappale upotetaan ionivaihdettuun pH-arvoltaan neutraaliin veteen (kuva 2.). Standardin mukaisessa diffuusiotestissä analysoidaan 8 vesinäytettä tietyin aikaväleihin testin aloituksesta (0,25 vrk; 1 vrk; 2,25 vrk; 4 vrk; 9 vrk; 16 vrk; 36 vrk; 64 vrk). Modifioidussa diffuusiotestissä vettä vaihdetaan testin aikana kahdesti, 4 ja 16 vuorokauden kuluttua

testin aloituksesta ja testin lopussa otetaan vesinäyte 64 vuorokauden kuluttua testin aloituksesta. Näytteenottoajankohdan sallittu vaihtelu on seuraava: 4 vrk \pm 10 %, 16 vrk \pm 1 vrk ja 64 vrk \pm 1 vrk.



Kuva 2. Valmisteltu diffuusiotestikappale (vasen) ja käynnissä oleva diffuusiotesti (oikea).

3. LIUKOISUUSTESTIEN TULOKSET

Eri sideaineilla stabiloitujen koekappaleiden modifioitujen diffuusiotestien kumulatiiviset tulokset ja vertailu on esitetty liitteessä 1. Analyysitodistukset on esitetty liitteessä 2.

3.1 Eri sideainevaihtoehtojen vaikutus haitta-aineiden liukoisuuteen

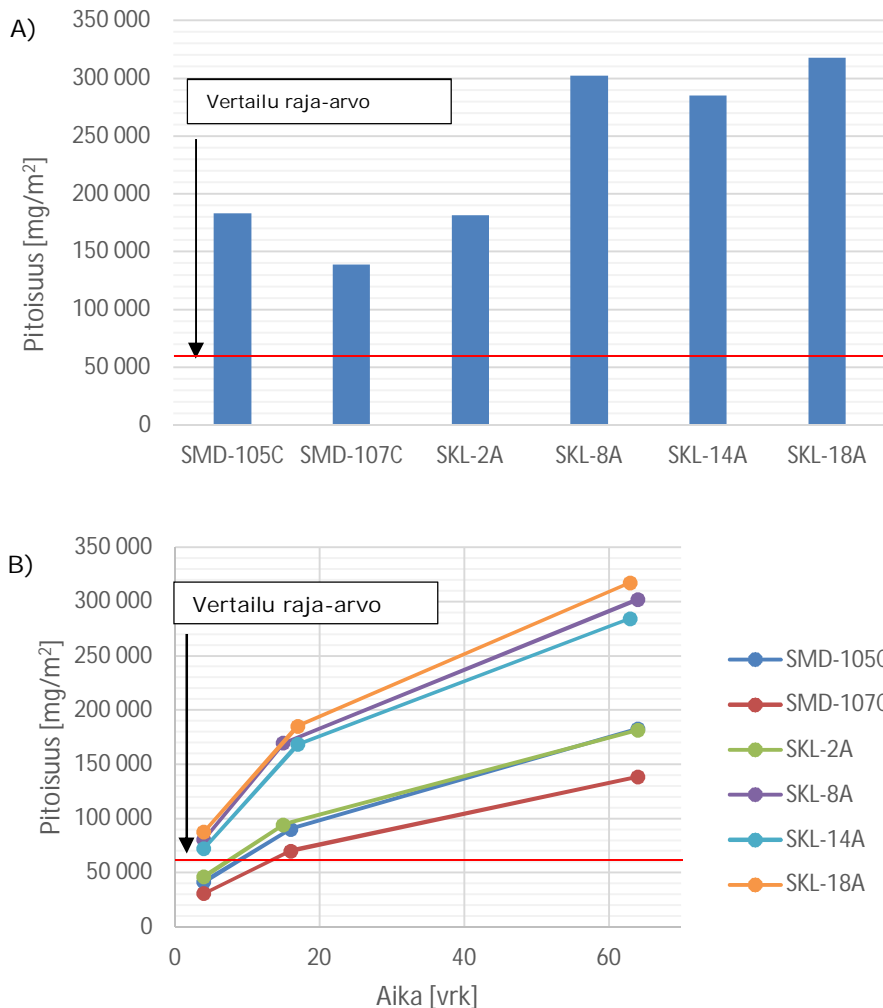
Stabiloitavan massan liukoisuustestituloksia verrattiin Hollannissa kiinteytetyle maa-ainekselle annettuihin raja-arvoihin¹. Liitteen 1 vertailutaulukosta voidaan nähdä, että kriittisimmiksi haitta-aineiksi ovat osoittautuneet kloridi, bromidi ja molybdeeni. Näiden aineiden liukoisuuksia on tarkasteltu lähemmin seuraavissa kappaleissa. Lisäksi seleenin laskennallinen pitoisuus ylitti laadunvalvontasuunnitelman raja-arvon. Tutkituista haitta-aineista fluoridin, arseenin, bariumin, elohopean, kadmiumin, kobolttin, kromin, lyijyn, raudan, sinkin ja tinan kumulatiiviset pitoisuudet pysyivät suuruusluokaltaan samalla tasolla kaikilla tutkituilla kappaleilla. Muutama selvä poikkeavuus havaittiin SKL-14A näytteellä kuparin, nikkelin ja vanadiinin liukoisuuksien osalta sekä SKL-18A näytteellä sulfaatin osalta. Näiden yhdisteiden 64 vrk:n kumulatiivinen liukoisuus oli jonkin verran muita tutkittuja näytteitä korkeampi. Kyseiset pitoisuudet alittivat kuitenkin selvästi hollantilaiset raja-arvot.

3.1.1 Kloridi

Kloridin kumulatiiviset pitoisuudet on esitetty kuvassa 3. 64vrk kumulatiivisten tulosten perusteella voidaan nähdä, että normaalisti Sampaanalanlahden stabiloinnissa käytettävä lentotuhka-sementti sideaineella (SMD-105C ja 107C sekä SKL-2A) kloridin liukoisuudet ovat olleet alle 200 000 mg/m². Pilotissa testattujen uusien sideainereseptien SKL-8A, 14A ja 18A modifioidun diffuusiotestin 64 vrk:n kumulatiiviset kloridipitoisuudet olivat korkeampia (200 000-330 000 mg/m²). Aikaisempien

¹ Aalbers, Th.G., de Wilde, EG.M., Rood, G.A., Vermij, PH.M., Saft, R.J., van de Beek, A.LM., Broekman, M.H., Masereeuw, E, Kamphuis, Ch., Dekker, EM. ja Valentijn, E.A. 1996. Environmental quality of primary and secondary construction materials in relation to re-use and protection of soil and surface water Bilthoven, Rijksinsituut voor volksge zondheid en mffieu. RWM-report no. 771402007.

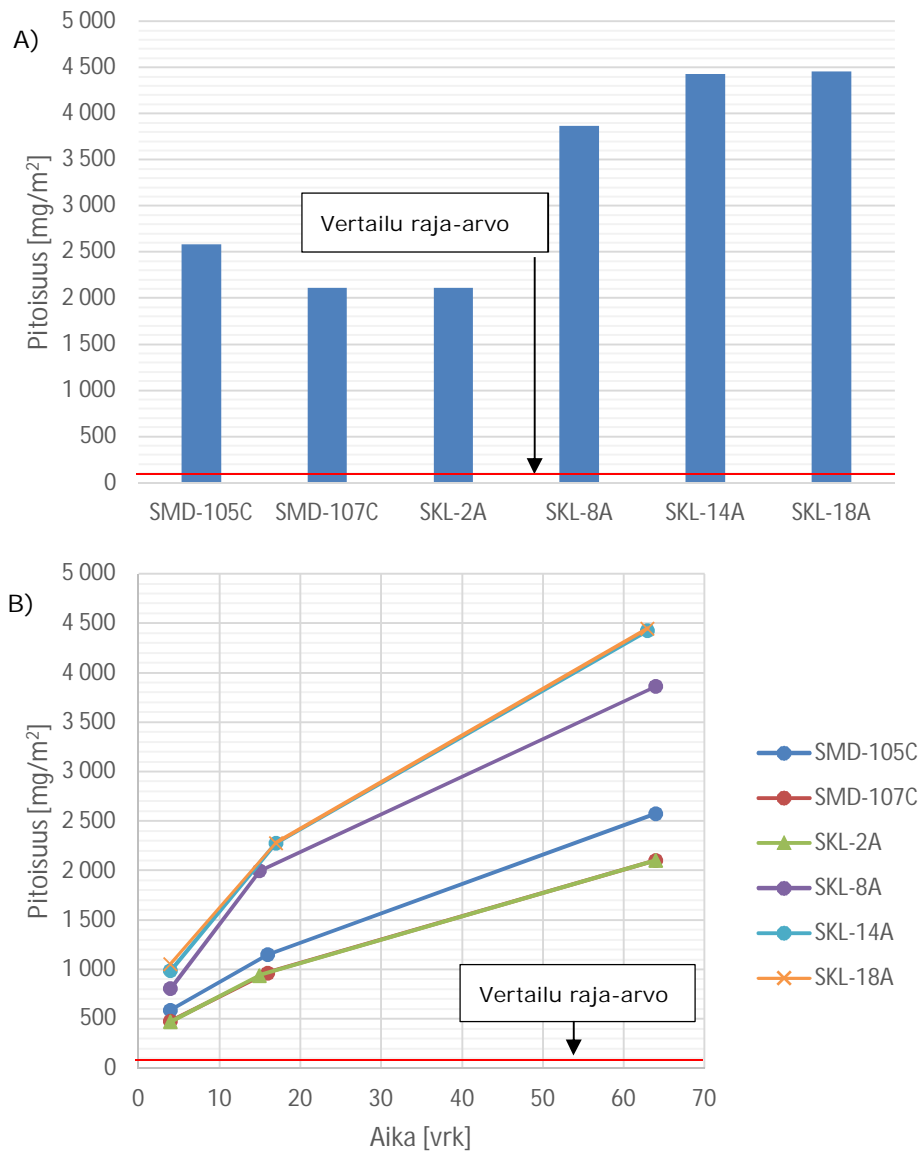
selvitysten perusteella kloridin suuri pitoisuus alueen näytteissä on johtunut pääasiallisesti meren läheisyydestä ja se selittää myös kloridipitoisuuden suuren vaihtelun stabiloidussa sedimentissä. Liuenneen kloridin määrä diffuusiotestinäytteissä on ollut alhaisempi kuin alueen meriveden keskimääräisen kloridin määrä.



Kuva 3. A) Kloridin 64 vrk kumulatiivinen pitoisuus B) Kloridin 4, 16 ja 64 vrk kumulatiiviset pitoisuudet. Punainen viiva kuvaa Hollannissa kiinteytyille materiaaleille asetettua raja-arvoa.

3.1.2 Bromidi

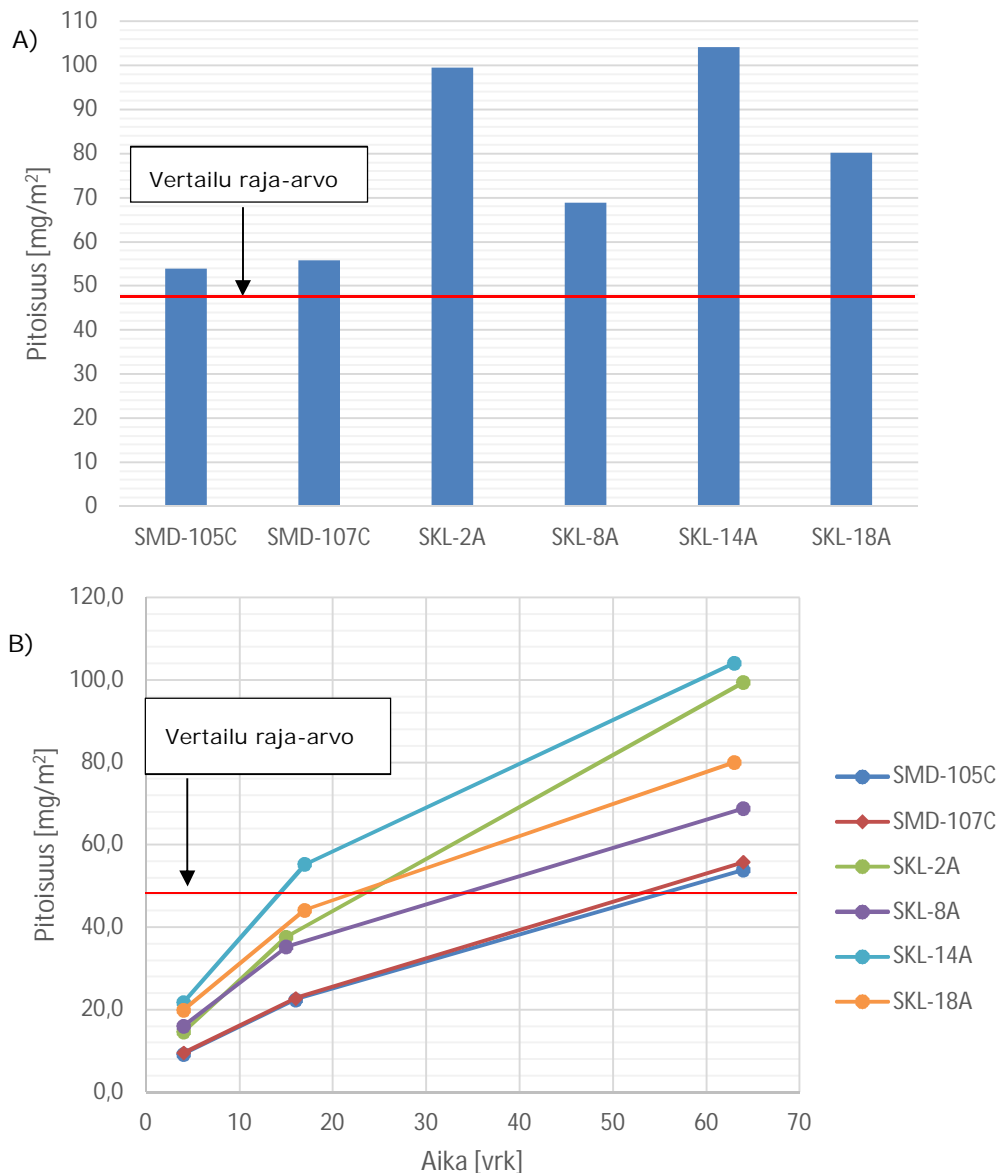
Bromidin kumulatiiviset pitoisuudet on esitetty kuvassa 2. 64vrk kumulatiivisten tulosten perusteella voihaan nähdä, että normaalisti Sampaanalanlahden stabiloinnissa käytettävä lentotuhka-sementti sideaineella (SMD-105C ja 107C sekä SKL-2A) bromidin liukoisuudet ovat olleet alle 3 000mg/m². Pilotissa testattujen uusien sideainereseptien SKL-8A, 14A ja 18A modifioidun diffuusiotestin 64 vrk:n kumulatiiviset bromidipitoisuudet olivat korkeampia (3 500-4 500 mg/m²). Aikaisemman selvityksen perusteella bromidin suuri pitoisuus on johtunut meren läheisyydestä ja se selittää varmasti myös bromidipitoisuuden suurta vaihtelua stabiloidussa sedimentissä. Bromidin liukoinen pitoisuus diffuusiotestin vesinäytteissä on aiemman selvityksen perusteella samaa tasoa tai alhaisempi kuin alueen meriveden bromidipitoisuus.



Kuva 4. A) Bromidin 64 vrk kumulatiivinen pitoisuus B) Bromidin 4, 16 ja 64 vrk kumulatiiviset pitoisuudet. Punainen viiva kuvaa Hollannissa kiinteytetyille materiaalille asetettua raja-arvoa.

3.1.3 Molybdeeni

Stabiloidun allasmassan molybdeeni on todennäköisimmin peräisin lentotuhkasta. Molybdeenin liukoisuuteen voi vaikuttaa käytettyjen sideaineiden lisäksi myös allasmassoihin sekoitetun kasatuhkan laatu (esim. ikäännyttämis aika) sekä allasmassan laadunvaihtelu. Molybdeenin kumulatiiviset pitoisuudet on esitetty kuvassa 3. Molybdeenin liukoisuus vaihteli stabiloinnissa normaalisti käytettävillä lentotuhka-sementti seoksilla (SMD-105C ja 107C sekä SKL-2A) huomattavasti. Vaihteluväli 64 vrk:n kumulatiivisissa liukoisuuksissa oli ko. näytteillä 54-99 mg/m². Tuotantostabiloinnin yhteydessä tehdyillä liukoisuustestikappaleilla SMD-105C ja 107C molybdeenin liukoisuus on matalampi kuin koestabiloinnin yhteydessä. Yksi selittävä tekijä tälle voi olla näytesyvyys: tuotantostabilointikappaleet SMD-105C ja 107C olivat otettu n. 3,5m syvyydeltä ja muut koestabilointikappaleet n. 2,5m syvyydeltä. Molybdeeni on todennäköisimmin peräisin tuhkasta, jota on käytetty runkoaineen lisäaineena sekä stabiloinnin sideaineena. Allasmassaan kaivinkoneella sekoitettu kasatuhka ei sekoitu todennäköisesti kovin hyvin kuin altaan pintaosaan, jolloin syvemmällä altaassa tuhkan määrä on pienempi kuin lähempänä pintaa. Teollisuuden jätejakeita sisältäneissä kappaleissa SKL-8A, 14A ja 18A molybdeenin 64vrk:n kumulatiivisen liukoisuuden vaihteluväli oli 69-104 mg/m².



Kuva 5. A) Molybdeenin 64 vrk kumulatiivinen pitoisuus B) Molybdeenin 4, 16 ja 64 vrk kumulatiiviset pitoisuudet. Punainen viiva kuvaa Hollannissa kiinteytetyille materiaalille asetettua raja-arvoa.

3.1.4 Seleenin

Seleenin liukoisuus ylittää SMD-105C ja 107C sekä SKL-18A näytteillä hollantilaiset raja-arvot, vaikka seleenin liukoisuus on ollut kaikilla tutkituilla näytteillä ollut alle määritysrajan. Raja-arvon ylityksen selittää se, että em. koekappaleilla halkaisija on ollut pienempi (100mm), jonka vuoksi laskennassa kumulatiivinen tulos (mg/m²) on ollut suurempi kuin muilla koekappaleilla, joiden halkaisija oli 110mm. Kumulatiivisten tulosten laskennassa kaikilla kappaleilla on käytetty samaa analyysilaboratorion antamaan määritysrajan raja-arvoa (0,01 mg/l), jos tulos on ollut alle määritysrajan. Sелеenin osalta suurempi analyysitarkkuus ts. pienempi analyysin määritysraja poistaisi todennäköisesti tämän laskennallisen epäkohdan.

4. PÄÄLLYSRAKENTEEN YMPÄRISTÖKELPOISUUSTUTKIMUKSET

Päivitetään, kun tutkimukset valmistuvat.

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Life-IP CIRCWASTE Finland (LIFE15 IPE/FI/004) osahankkeen C.10 tavoitteena on löytää teollisuuden jätejakeille hyötykäyttökohteita massastabiloinnin sideaineena sekä erilaisissa päällysrakenteissa. Jättemateriaalien soveltuvuutta arvioidaan sekä teknisen toimivuuden että ympäristökelpoisuuden kannalta. Tässä raportissa keskityttiin ympäristökelpoisuuden selvittämiseen.

Eri sideaineresepteillä stabiloitujen allasmassojen ympäristökelpoisuutta arvioitiin modifioidun diffuusiotestin, EA NEN 7375:2004, avulla. Tarkoituksena oli selvittää, eroaako uusilla sideaineresepteillä stabiloitujen allasmassojen liukoisuudet tavanomaisella sideainereseptillä stabiloidun massan liukoisuuksista. Vertailussa käytetyt sideaineet olivat perusreseptinä käytetty PlusSe+LT sekä näiden lisänä käytetyt jätepohjaiset sideaineet KP30, KP20 sekä AI10.

Perusreseptillä (PlusSe+LT) havaittiin selkeä liukoisuusero aiemmin tehtyjen tuotantostabilointikappaleiden SMD-107C ja 105C sekä nyt koestabiloinnin yhteydessä tehdyn SKL-2A kappaleen välillä erityisesti molybdeenin osalta. Yksi selittävä tekijä tälle voi olla näytesyvyys: tuotantostabilointikappaleet oli otettu n. 3,5m syvyydeltä ja koestabilointikappale n. 2,5m syvyydeltä. Molybdeeni on todennäköisimmin peräisin lentotuhkasta, jota on käytetty runkoaineen lisäaineena sekä stabiloinnin sideaineena. Allasmassaan kaivinkoneella sekoitettu kasatuhka ei sekoitu todennäköisesti kovin hyvin kuin altaan pintaosaan, jolloin syvemmällä altaassa tuhkan määrä on pienempi kuin pinnassa. Muilta osin sementti-lentotuhka sideaineella stabiloitujen kappaleiden kumulatiiviset liukoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa.

PlusSe+LT sideaineen lisänä käytettyjen jätepohjaisten sideaineiden KP30 ja [KP20+AI10] kanssa havaittiin kohonneita kloridin ja bromidin liukoisuuksia verrattuna pelkkään PlusSe+LT sideaineeseen. Merivesi sisältää luontaisesti suuria pitoisuuksia kloridin ja bromidin suoloja, joten testeissä todetut bromidin ja kloridin liukoiset pitoisuudet eivät aiheuta ympäristöhaittaa meren välittömässä läheisyydessä, koska mitatut pitoisuudet olivat alhaisempia kuin keskimääräiset pitoisuudet merivedessä. Jättepohjaisilla sideaineilla stabiloitujen näytteiden liukoisuuksissa havaittiin myös muutama muu poikkeavuus: SKL-14A näytteellä (PlusSe+LT+[KP20+AI10] 40+100+80 kg/m³) kuparin, nikkelin ja vanadiinin liukoisuudet sekä SKL-18A näytteellä (PlusSe+LT+[KP20+AI10] 25+150+50 kg/m³) sulfaatin liukoisuus olivat korkeampia verrattuna muihin vertailunäytteisiin. Näillä näytteillä 64 vrk:n kumulatiiviset liukoisuudet olivat jonkin verran muita tutkittuja näytteitä korkeampia. Kyseiset pitoisuudet alitivat kuitenkin selvästi vertailussa käytetyt hollantilaiset raja-arvot.

Epävarmuutta tulosten tulkintaan tuo tutkittavan allasmassan mahdollinen epähomogeenisuus, joka voi johtua allasmassan laadunvaihtelusta sekä sideaineen epätasaisesta sekoittumisesta. Nämä tekijät voivat korostua yksittäisistä näytteistä tehdyssä liukoisuustestauksessa.

Päällysrakenteiden ympäristökelpoisuustutkimusten tulokset päivitetään niiden valmistuttua tähän raporttiin.p