

Uusiosideaineet koheesiomaiden stabiloinnissa

-käyttökokemukset ja ympäristövaikutukset

UUMA4 ohjelma

UUMA4 2013 vuosiseminaari
15.11.2023
Merja Autiola

Tuotenimi	Valmistaja	Valmistus- paikka	Seosaineet ja niiden %-osuudet (paino)		
			aine 1	aine 2	aine 3
Terra GTC	Nordkalk	Lohja Tytyri	sammutettu kalkki / 33 %	Kipsi / 33 %	CEM IIIA / 33 %
Terra GREEN	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 50 %	CEM IIIA / 50 %	-
Terra POZ	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 33 %	CaO / 33 %	CEM IIIA / 33 %
Terra KC30	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM IIIA / 70 %	CaO / 30 %	-
Terra KC50	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM IIIA / 50 %	CaO / 50 %	-
SR-CEM I	Finnsementti	Lappeenranta	CEM I (C3A < 3,0 %)	sivuosaa-aine / 0-5 %	-
CEM I	Finnsementti	Parainen	sementti / 95-100 %	sivuosaa-aine / 0-5 %	-
CEM II Oiva	Finnsementti	Lappeenranta, Parainen	sementti / 65-79 %	maKu / 6-25 %	kalkkikivi / 6-20 %
CEM III/A Kolmossementti	Finnsementti	Parainen	sementti / 35-64 %	maKu / 36-65 %	sivuosaa-aine / 0-5 %
CEM III/B KolmosBerta	Finnsementti	Parainen	sementti / 20-34 %	maKu / 66-80 %	sivuosaa-aine / 0-5 %
CEM I - III	useita	EU	sementtistandardin EN 197-1 mukaisia		

Tuote	Sivutuote	Sementtistandardin mukainen	Luonnonmateriaali
-------	-----------	-----------------------------	-------------------

Taulukko 4.2 Syvästabiloinnissa käytettyjen / käytettävissä olevien joidenkin tuotteistamattomien sideaineiden koostumuksia. Useille taulukossa esitetyille jättemateriaaleille on käynnissä / suunnitella lupaprosessi sivutuote / EEJ / ... -statuksen saamiseksi. Värikoodit taulukossa ovat samat kuin taulukossa 4.1.

Sideaineseos	Valmistaja	Valmistus- paikka	Seosaineet		
			aine 1	aine 2	aine 3
LT + CEM	UPM	Jämsänkoski	lentotuhka	CEM II **	-
LT + CEM	Rauman Blovoima	Rauma	lentotuhka	CEM II **	-
LT + CEM	Kaukaan Voima	Lappeenranta	lentotuhka	CEM II **	-
LT + CEM	Kymin Voima	Kouvola	lentotuhka	CEM II **	-
pohjakuona	Suomen Erityisjäte	Tampere	lentotuhka	CEM II **	-
TapoEko	Tapojärvi	Valkeakoski	lentotuhka	CEM II **	-
InfraStabi 100, 80, 65	Ecolan	Nokia, valmistus 2018-2021	pohjakuona	CEM II **	-
LohjaMix ****	Lohja Rudos	Virkkala, valmistus 1990-luku	uunituote (soodasakka)	CEM II **	-
****	****	****	lentotuhka	CEM III **	lisäaine x
****	****	****	lentotuhka	CEM II **	-
****	****	****	lentotuhka	CEM	-

aineiden seossuhteet valitaan tarpeen mukaan, esim. LT:CEM -suhteena on käytetty 7:3
sementin laji voi olla muukin sideaineseoksen valmistajan valintojen mukaan
InfraStabin valmistus loppui 2021 sen jälkeen, kun Yara Oy oli ostanut Ecolan Oy:n. Vastaavan tuotteen valmistus on jatkumassa 2024 Hämeenlinnassa
**** sideainetta käytettiin vapaasti syvästabiloinnin sideaineena, erilaisia seoksia oli useita sisältäen lentotuhkaa, muita energiateollisuuden jätteitä ja kuonajauhetta

Sementtistandardin mukainen Jäte

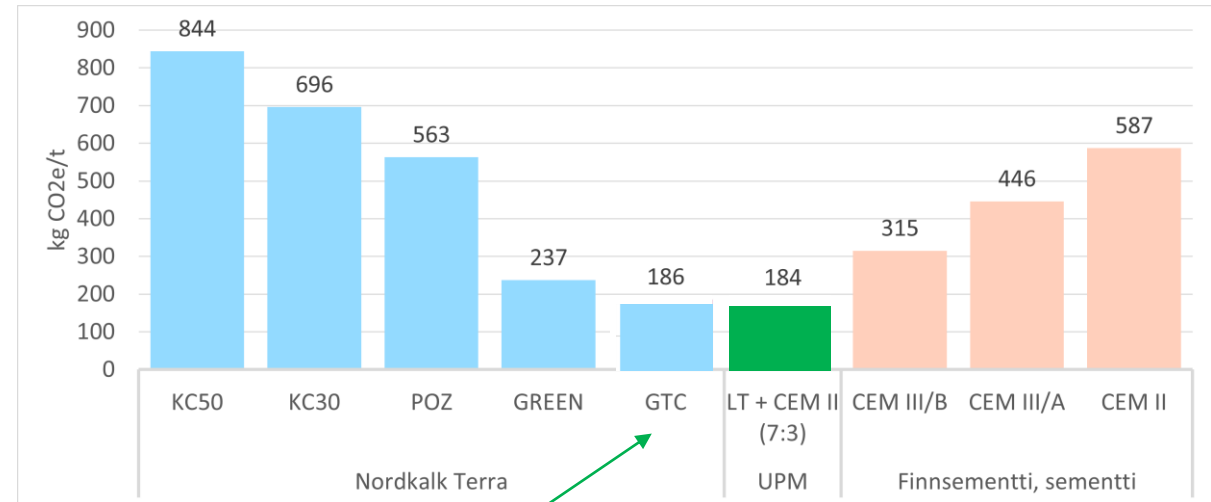


UUMA4

Koosteraportti uusiosideaineista syvästabiloinnissa

UUMA 4, työryhmä 7 Syvästabiloinnin uusiosideaineet

- Tarkoitus: lisätään tilaajien, viranomaisten ja sideainekehittäjien tietoa syvästabilointimenetelmästä ja käynnissä olevasta sideaineiden kehitystyöstä
- Ilmastotavoitteet on huomioitava myös syvästabiloinnissa, joka on perinteisillä kalkki- ja sementtituotteilla hyvin hiilidioksidi-intensiivistä
- Uusiosideaineiden käytössä on törmätty varsin kirjavaan menettelyyn. Ympäristöluvan tarve on osin jäänyt epäselväksi.
- Tavanomaisessa infran syvästabiloinnissa hankekohtainen ympäristöluvitus ei ole realismia, joten kaikki teknisesti toimivat ja ympäristölle turvalliseksi osoitetut uusiosideaineet tulisi jatkossa saada riittävän vapaasti käytettäviksi.



Tapojärvi Oy
EcoIntellect Oy
PVO

...

1.	Johdanto	4
2.	Syvästabilointimenetelmä	5
2.1	Syvästabiloinnin periaate ja tavoite	5
2.2	Syvästabilointi pohjanvahvistuksena	6
2.2.1	Pilaristabilointi	6
2.2.2	Massasyvästabilointi	7
2.3	Syvästabilointi massojen jalostamisessa	8
2.3.1	Massastabilointi	8
2.3.2	Prosessistabilointi	9
2.4	Sideaineen kuljetus ja välivarastointi	10
3.	Syvästabiloinnin geotekninen suunnittelu	11
3.1	Ohjeistus	11
3.2	Stabiloidun maan tekniset ominaisuudet	11
3.3	Ennakkotutkimukset	12
3.4	Suunnittelu	13
3.5	Laadunvalvonta	13
4.	Syvästabiloinnin sideaineet	14
4.1	Sideaineet 1970–2010-luvuilla	14
4.2	Sideaineet ja niiden raaka-aineet	14
4.3	Syvästabiloinnissa käytössä olevat sideaineet	16
4.4	Stabiloidun maan lujittuminen eri sideaineilla	17
4.5	Sideaineiden CO ₂ e-päästöt	18
4.6	Sideaineiden kokonaispitoisuudet	18
5.	Syvästabilointi pohjanvahvistuksena, ympäristövaikutukset	21
5.1	Vaikutusmekanismit	21
5.2	Ympäristöseurantatuloksia (Taavi)	23
6.	Massa- ja prosessistabilointi maa-ainesten jalostamisessa	25
6.1	Jalostamisen tavoite	25
6.2	Jalostettavat runkoaineet	25
6.3	Jalostuksen vaikutus aineiden liukoisuuteen	25
6.4	Laadunvarmistus pilaantuneen maan tai ruoppausmassan massastabiloinnissa	25
6.5	Ympäristöseurantatuloksia	26
6.5.1	Pintaliukenemistesti	28
6.5.2	Kokonaispitoisuudet	28
6.5.1	Liukoiset pitoisuudet	32
7.	Stabiloidut kaivumassat ja niiden hyödyntäminen	36
7.1	Stabiloitujen kaivumassojen muodostuminen	36
7.2	Stabiloitujen kaivumassojen jäteluonne ja ympäristöluvan tarve	36
7.3	Stabiloidut kaivumassat happamilla sulfaattimailla	38
7.4	Esimerkkejä stabiloidun kaivumassan hyödyntämiskohteista	38
7.5	Toteutettuja kohteita	38
8.	Stabilointi neutralointimenetelmänä	40
8.1	Neutraloitavat maa-ainekset	40
8.2	Neutralointi aineet	40
8.2.1	Neutraloivat aineet kaupalliset	40
8.2.2	Neutraloivat aineet jätejakeet	41

Sisältö

1. Syvästabilointimenetelmä
 2. Syvästabiloinnin geotekninen suunnittelu
 3. Syvästabiloinnin sideaineet
 4. Syvästabilointi pohjanvahvistuksena, ympäristövaikutukset
 5. Massa- ja prosessistabilointi maa-ainesten jalostamisessa
 6. Stabiloidut kaivumassat ja niiden hyödyntäminen
 7. Stabilointi neutralointimenetelmänä
 8. Ympäristöominaisuuksien viitearvoja
 9. Sideaineet ja ympäristölainsäädäntö
 10. Yhteenveto
- Liitteenä kohde-esimerkkejä

Sideaineet

Taulukko 4.1 Syvästabiloinnissa käytettyjen tuotteistettujen sideaineiden koostumuksia. Värikoodien selitteet ovat taulukon alla. (LKD = kalkkiuunin sähkösuodinpöly – Lime Kiln Dust, maKu = masuunikuona).

Tuotenimi	Valmistaja	Valmistus- paikka	Seosaineet ja niiden %-osuudet (paino)		
			aine 1	aine 2	aine 3
Terra GTC	Nordkalk	Lohja Tytyri	sammutettu kalkki / 33 %	Kipsi / 33 %	CEM IIIA / 33 %
Terra GREEN	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 50 %	CEM IIIA / 50 %	-
Terra POZ	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 33 %	CaO / 33 %	CEM IIIA / 33 %
Terra KC30	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM IIIA / 70 %	CaO / 30 %	-
Terra KC50	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM IIIA / 50 %	CaO / 50 %	-
SR-CEM I	Finnsementti	Lappeenranta	CEM I (C3A < 3,0 %)	sivuosaa-aine / 0-5 %	-
CEM I	Finnsementti	Parainen	sementti / 95-100 %	sivuosaa-aine / 0-5 %	-
CEM II Oiva	Finnsementti	Lappeenranta, Parainen	sementti / 65-79 %	maKu / 6-25 %	kalkkikivi / 6-20 %
CEM III/A Kol- mossementti	Finnsementti	Parainen	sementti / 35-64 %	maKu / 36-65 %	sivuosaa-aine / 0-5 %
CEM III/B Kol- mosBertta	Finnsementti	Parainen	sementti / 20-34 %	maKu / 66-80 %	sivuosaa-aine / 0-5 %
CEM I - III	useita	EU	sementtistandardin EN 197-1 mukaisia		

Tuote	Sivutuote	Sementtistandardin mukainen	Luonnonmateriaali
-------	-----------	-----------------------------	-------------------

LUONNOS

Sideaineet

Taulukko 4.1 Syvästabiloinnissa käytettyjen tuotteistettujen sideaineiden koostumuksia. Värikoodien selitteet ovat taulukon alla. (LKD = kalkkiuunin sähkösuodinpöly – Lime Kiln Dust, maKu = masuunikuona).

Tuotenimi	Valmistaja	Valmistus- paikka	Seosaineet ja niiden %-osuudet (paino)		
			aine 1	aine 2	aine 3
Terra GTC	Nordkalk	Lohja Tytyri	sammutettu kalkki / 33 %	Kipsi / 33 %	CEM IIIA / 33 %
Terra GREEN	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 50 %	CEM IIIA / 50 %	-
Terra POZ	Nordkalk	Lohja Tytyri	LKD / 33 %	CaO / 33 %	CEM IIIA / 33 %
Terra KC30	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM IIIA / 70 %	CaO / 30 %	-
Terra KC50	Nordkalk	Lohja Tytyri	CEM IIIA / 50 %	CaO / 50 %	-
SR-CEM I	Finnsementti	Lappeenranta	CEM I (C3A < 3,0 %)	sivuosaa-aine / 0-5 %	-
CEM I	Finnsementti	Parainen	sementti / 95-100 %	sivuosaa-aine / 0-5 %	-
CEM II Oiva	Finnsementti	Lappeenranta, Parainen	sementti / 65-79 %	maKu / 6-25 %	kalkkikivi / 6-20 %
CEM III/A Kol- mossementti	Finnsementti	Parainen	sementti / 35-64 %	maKu / 36-65 %	sivuosaa-aine / 0-5 %
CEM III/B Kol- mosBertta	Finnsementti	Parainen	sementti / 20-34 %	maKu / 66-80 %	sivuosaa-aine / 0-5 %
CEM I - III	useita	EU	sementtistandardin EN 197-1 mukaisia		

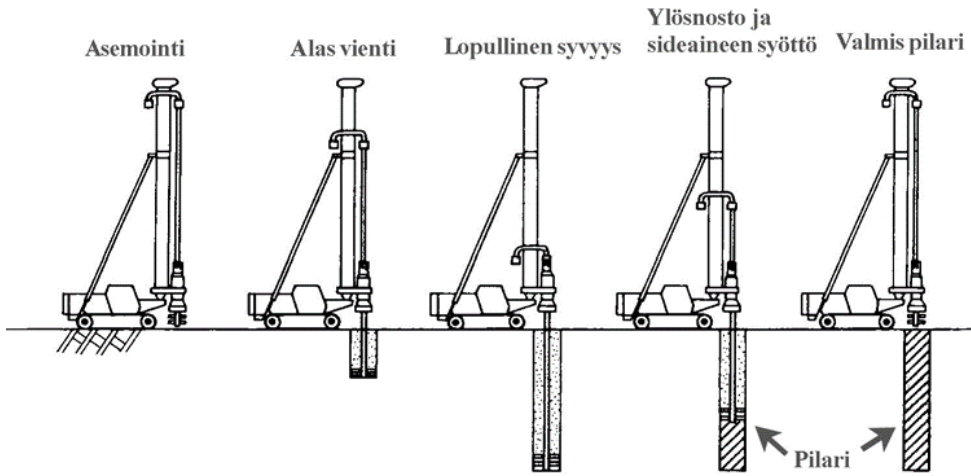
Tuote	Sivutuote	Sementtistandardin mukainen	Luonnonmateriaali
-------	-----------	-----------------------------	-------------------

Taulukko 4.2 Syvästabiloinnissa käytettyjen / käytettävissä olevien joidenkin tuotteistamattomien sideaineiden koostumuksia. Useille taulukossa esitetyille jättemateriaaleille on käynnissä / suunnitteilla lupaprosessi sivutuote / EEJ / ... -statuksen saamiseksi. Värikoodit taulukossa ovat samat kuin taulukossa 4.1.

Sideaineseos	Valmistaja	Valmistus- paikka	Seosaineet		
			aine 1	aine 2	aine 3
LT + CEM	UPM	Jämsänkoski	lentotuhka	CEM II **	-
LT + CEM	Rauman Biovoima	Rauma	lentotuhka	CEM II **	-
LT + CEM	Kaukaan Voima	Lappeenranta	lentotuhka	CEM II **	-
LT + CEM	Kymin Voima	Kouvola	lentotuhka	CEM II **	-
pohjakuona	Suomen Erityisjäte	Tampere	pohjakuona	CEM II **	-
TapoEko	Tapojärvi	Valkeakoski	uunituote (soodasakka)	CEM III **	lisäaine x
InfraStabi *** 100, 80, 65	Ecolan	Nokia, valmistus 2018-2021	lentotuhka	CEM II **	-
LohjaMix *****	Lohja Rudus	Virkkala, valmistus 1990-luku	lentotuhka	CEM	-

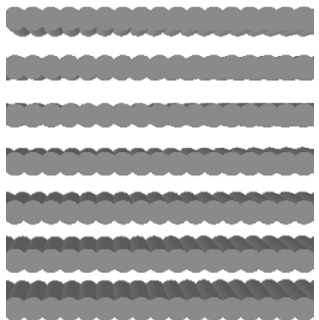
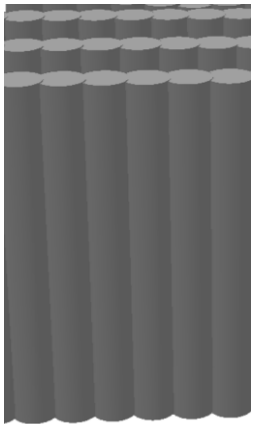
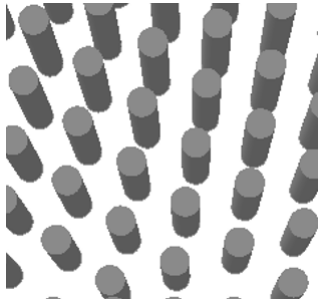
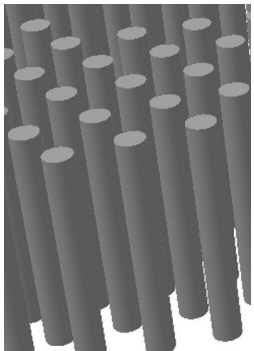
- * aineiden seossuhteet valitaan tarpeen mukaan, esim. LT:CEM -suhteena on käytetty 7:3
- ** sementin laji voi olla muukin sideaineseoksen valmistajan valintojen mukaan
- *** InfraStabin valmistus loppui 2021 sen jälkeen, kun Yara Oy oli ostanut Ecolan Oy:n. Vastaavan tuotteen valmistus on jatkumassa 2024 Hämeenlinnassa
- ***** sideainetta käytettiin vapaasti syvästabiloinnin sideaineena, erilaisia seoksia oli useita sisältäen lentotuhkaa, muita energiateollisuuden jätteitä ja kuonajauhetta

Sementtistandardin mukainen	Jäte
-----------------------------	------



Syvästabilointi pohjanvahvistuksena Ympäristövaikutukset

- Stabilointipilarit voidaan asemoida yksittäisiksi pilareiksi tai pilarilamelleiksi.
- Pilareiden maksimipituus on noin 24 m, yleensä paljon lyhyempiä.
- Savikerroksen alapuoliseen kantavaan kerrokseen ulottuvat pilarit läpäisevät savikerroksen ulottuen hiekka- tai moreenikerrokseen, kun taas määrämittaisten pilareiden alapäät ovat savikerroksessa ja alapäiden alle jää savea.
- Syvästabiloinnin paikallisia vaikutukset ovat pääsääntöisesti stabiloinnissa käytettyjen sideaineiden leviäminen ennakoitua laajemmalle alueelle, sekä stabiloinnin pH-tason muutoksesta johtuva maaperän raskasmetallien liukeneminen ja mahdollinen kulkeutuminen pohjaveden mukana.



Pilaristabiloinnin liukoiset pitoisuudet, Helsinki, Kuninkaantammi

Parametri	Kaatopaikkakelpoisuuden viitearvot		Kuninkaantammen savi (2,5 m)	TerraGreen (2,4-3,4 m)	UPM LT JAM (2,1 m)	UPM LT KAI (1,9-2,7 m)	TerraPOZ C312 (2-3 m)	Ecolan stabi80 (2-3m)	GTC (2-3 m)
	Pysyvä jäte	Tavanom ainen jäte							
	L/S 10	L/S 10							
Antimoni	0,06	0,7	<0,05	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]	[0.00862; 0.0132]	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]
Arseeni	0,5	2	<0,1	0,015	0,0136	0,044	[0.00800; 0.0120]	0,0303	[0.00819; 0.0123]
Barium	20	100	<4,0	0,741	0,647	0,328	1,05	0,503	0,217
Elohopea	0,01	0,2	<0,002	[0.0000800; 0.000120]	[0.0000800; 0.000120]	[0.0000800 ; 0.000120]	[0.0000800; 0.000120]	[0.0000800; 0.000120]	0,000161
Kadmium	0,04	1	<0,01	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]	[0.00400; 0.00600]
Kromi	0,5	10	<0,1	[0.0400; 0.0600]	[0.0400; 0.0600]	0,136	[0.0400; 0.0600]	0,0729	[0.0432; 0.0635]
Kupari	2	50	<0,4	0,121	0,115	0,229	0,094	0,0843	0,137
Lyijy	0,5	10	<0,1	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]	[0.00800; 0.0120]	0,0145	[0.00800; 0.0120]	0,0169
Molybdeeni	0,5	10	<0,1	0,619	0,513	0,807	0,105	2,16	0,351
Nikkeli	0,4	10	<0,1	0,05	[0.0279; 0.0402]	0,113	0,0441	[0.0268; 0.0394]	0,0958
Seleeni	0,1	0,5	<0,03	[0.0400; 0.0600]	[0.0400; 0.0600]	0,0685	[0.0400; 0.0600]	[0.0442; 0.0650]	[0.0400; 0.0600]
Sinkki	4	50	<0,8	0,477	0,0975	0,272	0,409	0,169	0,143
Vanadiini				0,101	0,148	1,03	[0.0400; 0.0600]	0,409	0,097
DOC	500	800	<100	32,3	41,8	47,5	55,9	41,7	40,6
Kloridi	800	15000	<160	64,4	34,6	37,5	18,6	60,9	19
Sulfaatti	1 000	20000	451	153	110	327	[5.58; 8.19]	418	998
Fluoridi	10	150	<2,0	5,82	5,01	10,4	2,78	4,1	4,97

- Vain molybdeenin ja fluoridin pysyvän jätteen liukoisuusarvon lieviä ylityksiä
- Stabiloidun maan pH välillä 10-12

Pilaristabiloidun maan liukoiset pitoisuudet Turku Topinpuisto

Parametri	Yksikkö	Jätteen kelpoisuuskriteerit		Topinpuiston savi 3-4 m syksy 2021	KAU LT + CEMII 2,5-3,5	Terra Green 2,75-3,25	TerraPOZ 2,75-3,25	GTC 2,75-3,25	GTC3 2,75-3,25
		Pysyvä jäte	Tavonomainen jäte						
		Liukoisuus L/S 10	Liukoisuus L/S 10						
Antimoni	mg/kg ka	0,06	0,7	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Arseeni	mg/kg ka	0,5	2	<0,1	0,8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Barium	mg/kg ka	20	100	<4,0	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Elohopea	mg/kg ka	0,01	0,2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Kadmium	mg/kg ka	0,04	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Kromi	mg/kg ka	0,5	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kupari	mg/kg ka	2	50	<0,4	0,6	0,8	1	<0,4	1,1
Lyijy	mg/kg ka	0,5	10	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,7
Molybdeeni	mg/kg ka	0,5	10	0,1	0,6	0,3	0,4	<0,1	0,7
Nikkeli	mg/kg ka	0,4	10	<0,1	0,3	0,5	0,3	<0,1	0,8
Seleen	mg/kg ka	0,1	0,5	<0,03	0,04	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Sinkki	mg/kg ka	4	50	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
Vanadiini	mg/kg ka			<0,4	1,7	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
Koboltti	mg/kg ka			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
		Muut ominaisuudet							
DOC	mg/kg ka	500	800	<100	<100	<100	106	<100	232
Kloridi	mg/kg ka	800	15000	612	732	514	364	168	665
Sulfaatti	mg/kg ka	1 000 ⁽¹⁾	20000	397	1862	<200	<200	1657	3370
Fluoridi	mg/kg ka	10	150	2,2	3,5	3,4	<2	<2	<2
pH, alku (L/S 2)				7,9	10,8	12,1	12,4	11,3	11,7

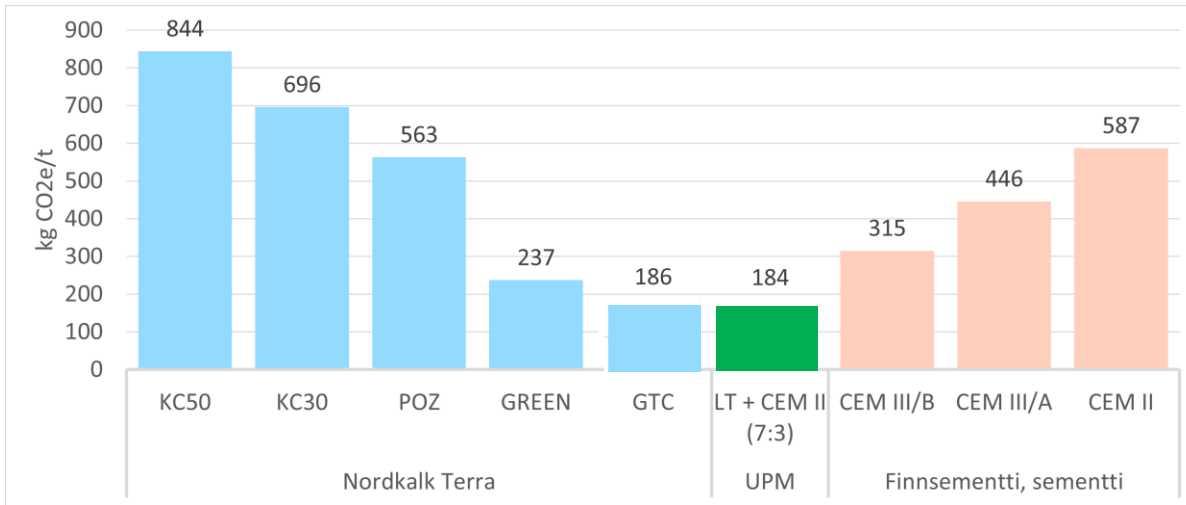
- Arseenin, lyijyn, molybdeenin, nikkelin ja sulfaatin pysyvän jätteen raja-arvon lieviä ylityksiä
- Stabiloidun maan pH välillä 10,8-12,1

Yhteenveto käytetyistä viite-arvoista

Parametri	Kaatopaikkakelpoisuuden viitearvot		MASA-asetusluonnos	Koetoiminta päätös Topinpuisto	Lauttaranta	Pilaristabilointi-kohteet		Massastabilointi-kohteet	
	Pysyvä jäte	Vaaraton jäte				min	maks	min	maks
	Liukoisuus (mg/kg, L/S 10)								
Antimoni	0,06	0,7	0,7	0,7	--	<0,03	<0,05	<0,01	<0,01
Arseeni	0,5	2	2	2	1	<0,05	0,8	0,011	0,8
Barium	20	100	100	100	20	0,328	1,05	0,25	2,7
Elohopea	0,01	0,2	0,03	0,03	0,01	<0,002	<0,004	<0,004	<0,004
Kadmium	0,04	1	0,06	0,06	0,04	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005
Kromi	0,5	10	10	10	1	<0,06	0,136	<0,01	0,48
Kupari	2	50	50	50	4	0,084	1	0,12	3,2
Lyijy	0,5	10	10	10	1	0,0145	0,7	<0,005	0,016
Molybdeeni	0,5	10	10	10	10	<0,1	2,16	0,13	1,8
Nikkeli	0,4	10	10	10	10	<0,1	0,8	0,87	1,6
Seleeni	0,1	0,5	1	1	0,5	0,04	0,068	<0,04	0,16
Sinkki	4	50	50	50	4	0,143	<0,8	<0,05	0,1
Vanadiini			10	10	5	<0,1	1,7	0,03	1,2
DOC	500	800			2000	32,3	232	190	880
Kloridi	800	15000	15000	15000	--	18,6	732	260	4500
Sulfaatti	1 000	20000	20000	20000	--	8	3370	140	4300
Fluoridi	10	150	150	150	--	<2,0	10,4	<5	11
pH			--	--	--	10,8	12,4	10,3	11,9

- Pilaristabiloiduissa kohteissa pysyvän jätteen ylitykset maltillisia:
 - Arseeni, Lyijy, Molybdeeni
 - Nikkeli, Kloridi, Sulfaatti
- Massastabiloiduissa kohteissa pysyvän jätteen ylitykset myös kohtuullisia, vaikka runkoaineessa enemmän haitta-aineita kuin pilaristabilointikohteissa
 - **Arseeni**, Kupari, **Molybdeeni**
 - **Nikkeli**, Seleen, DOC
 - **Kloridi**, **Sulfaatti**, Fluoridi
- Merellinen ympäristö vaikuttaa mm. Kloridin ja Sulfaatin pitoisuuksiin luontaisesti
- Mitatut liukoisuudet jäävät selvästi alle MASA-asetusluonnoksen ja Lauttarannan kohdekohtaisella riskinarviolla määritettyjen raja-arvojen alle.

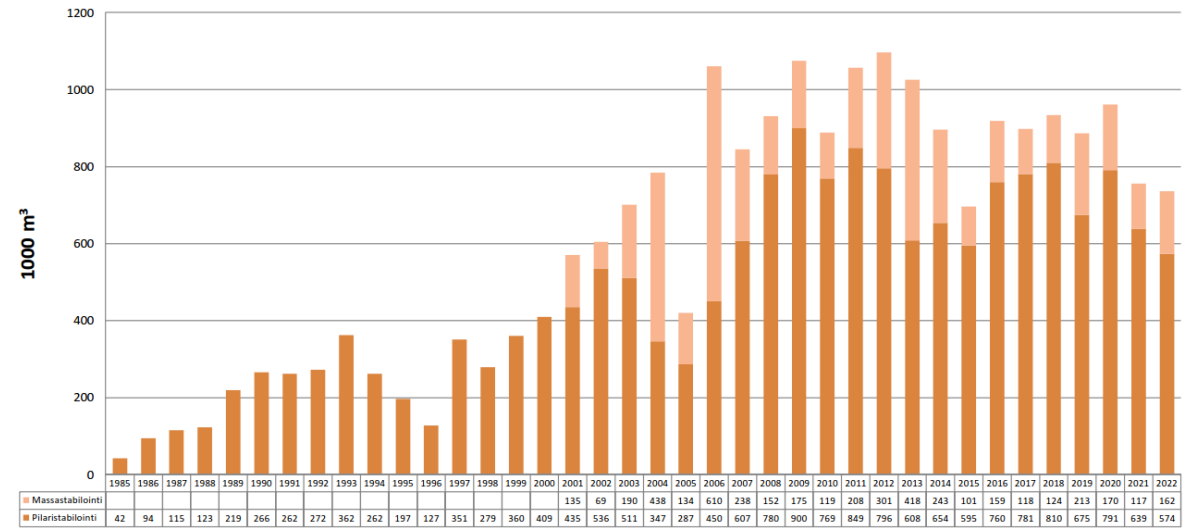
Sivutuotestatus tai EEJ-menettely



Tulevaisuudessa suositaan vähäpäästöisempiä sideaineita

Syvästabilointimäärät Suomessa

Sarja 1 = massa- ja Sarja 2 = pilaristabilointi (Kuusipuro 2023).



Vähäpäästöisille sideaineille on olemassa markkinat. Syvästabilointi on vakiintunut pohjanvahvistusmenetelmä

Raportti julkaistaan syksyn 2023 aikana
Kiitos mielenkiinnostanne!