

Betonimurskeen hienomman
aineksen käyttö
maanparannuksessa

CO₂NCRETE SOLUTION

Meren pohjaan kerrostui aikoinaan runsaasti sulfidimuotoista rikkiä. Nämä muinaisen merenpohjan alueet ovat nyt n. 100 m merenpinnan yläpuolella olevalla vyöhykkeellä. Nämä happamat sulfidimaat happamoittavat maaperää kuivuessaan ja päästessään ilman kanssa tekemisiin.

Sulfaattimaat ovat maa- ja pohjarakentamisen kannalta hankalia ja aiheuttavat ongelmia lujuuden ja kantavuuden suhteen. Happamien sulfaattimaiden kemiallinen koostumus myös altistaa mm. teräsrakenteita korroosiolle. Erittäin happamat ja metallipitoiset valumavedet ovat yksi merkittävimmistä haitoista.

Nämä monet haastavat ominaisuudet maamassassa johtavat siihen, että sulfaattimaat usein päätyvät läjitettäväksi maankaatopaikoille. Samalla nämä massat joudutaan maanrakennushankkeissa korvaamaan muualta tuoduilla maa-aineksilla. Myös läjittämisessä kohdataan haasteita johtuen sulfaattimaiden happamoitumisesta kuivassa ja ilmakontaktissa.

Happamien sulfaattimaiden esiintymisalue kattaa koko Suomen rannikkoalueen, joka on kokonaisuudessaan entistä merenpohjaa. Muinaisen Litorinameren hapettomille pohja-alueille kerrostui aikoinaan pieneliöstön toiminnan tuloksena runsaasti sulfidimuotoista rikkiä. Maan kohoamisen seurauksena muinainen merenpohja on nyt kuivalla maalla noin 100 metriä merenpinnan yläpuolella sijaitsevalla vyöhykkeellä. Happamiin sulfaattimaihin liittyvät riskit todennäköisesti lisääntyvät ilmastonmuutoksen seurauksena, kun kuivat kaudet edistävät maaperän happamoitumista ja happamuuden huuhtoutumista.

Jotta sulfaattimaamassoja voidaan hyötykäyttää, tulee niitä neutraloida ja stabiloida, minkä jälkeen niitä voidaan hyödyntää erilaisissa täytöissä tai maisemoinneissa sekä rakennuspohjana. Happamien sulfaattimaiden neutralointi estää maaperän happamoitumisen ja näin vähentää happamien valumavesien muodostumista sekä maan sisässä olevien rakenteiden korroosiota.

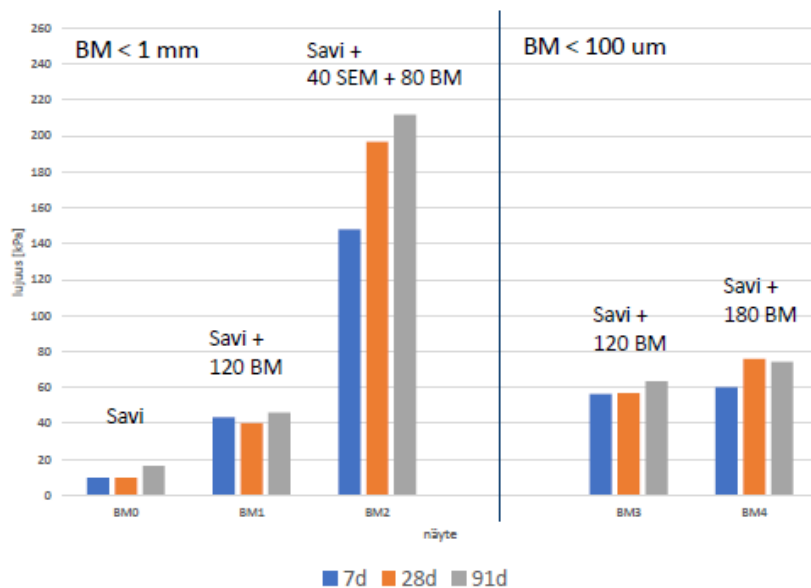
Useimmiten maa-ainesmassojen neutraloinnissa ja stabiloinnissa käytettävät mineraalit ovat sementti- ja kalkkipohjaisia, mikä aiheuttaa korkeita hiilidioksidipäästöjä.

Stabilointikokeet

Stabilointitutkimuksen ensimmäinen kierros tehtiin murskaamalla kierrätysbetonin suurempia kappaleita laboratoriossa leukamurskaimella ja seulomalla tehdystä murskeesta fraktioita 0-1 mm ja 0-100 µm. Stabilointitestejä tehtiin kaivetulla varsinaissuomalaisella savella sekoittamalla stabiloiva aine ja pakkaamalla massa stabilointiputkeen. Eri kuivumisaikojen jälkeen syntyneen kappaleen puristuslujuutta mitattiin.

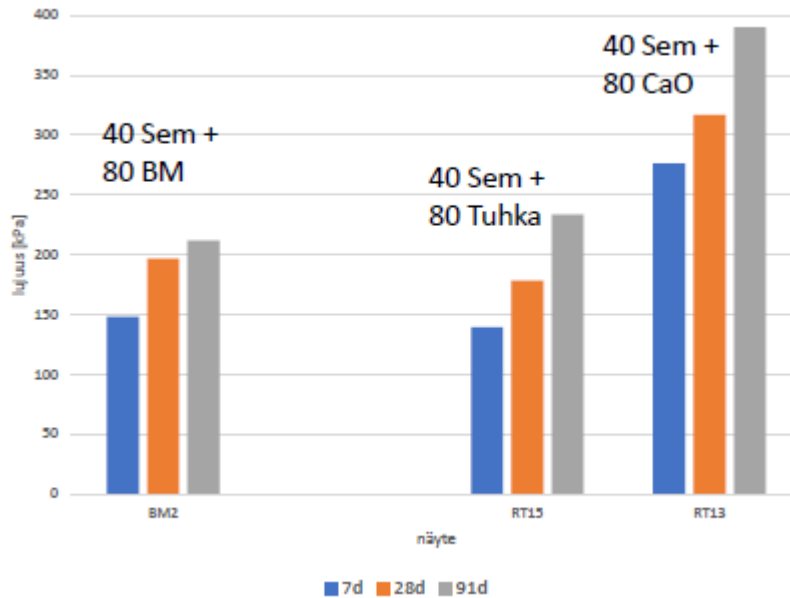
Verrattuna kovettuvaan saveen pelkästään, saatiin 0-1 mm betonimurskefraktiolla (120 kg/m³) nostettua puristuslujuus yli 40 kPa, kun pelkkä savi jäi n. 10 kPa:n lujuuteen. Kävelyä ja kevyttä liikennettä kestäväksi maaksi, esimerkiksi puistoalueilla, voidaan tässä menetelmässä mitattua arvoa 50-60 kPa. Lisäämällä saveen 40 kg/m³ sementtiä ja 80 kg/m³ <1 mm betonimursketta, nousi puristuslujuus yli 200 kPa:n 91 päivän kohdalla. Saveen sekoitettu hienompi <100 µm murske nosti puristuslujuuden yli 60 kPa:n 91 päivän mittauksessa 120 kg/m³ sekä 180 kg/m³ lisäyksillä.



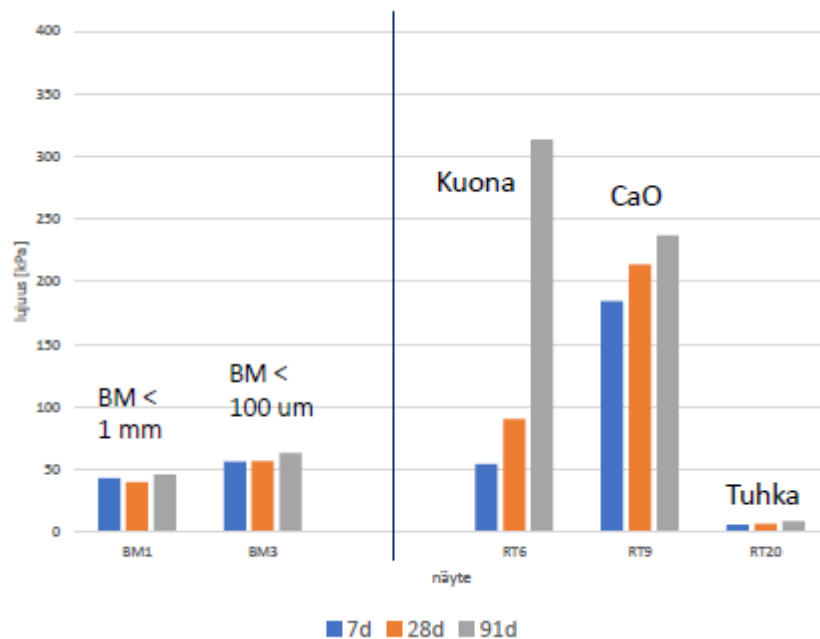


Betonimurskeella (<1 mm) ja lisäsementillä tehtyä stabilointikoetta verrattiin vastaaviin testeihin, jossa sementin lisäksi oli käytetty teollista tuhkaa sekä poltettua kalkkia, joka on yleisesti käytetty kaupallinen tuote maan stabiloinnissa. Betonimurskeella tehty stabilointi vastasi lähelle sementillä ja tuhalla saavutettuja tuloksia mutta jäi selkeästi poltetun kalkin ja sementin stabilointikyvystä.





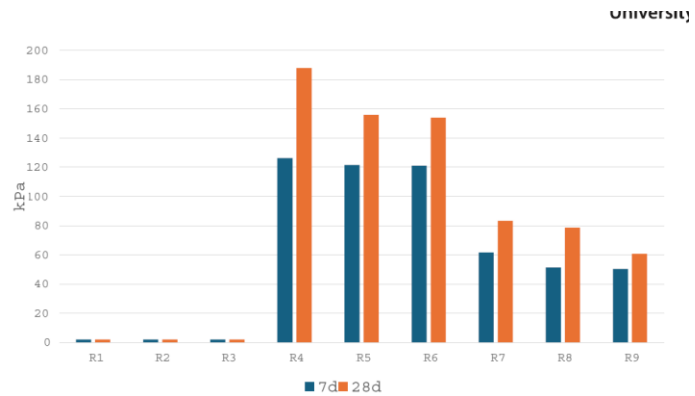
Vertailtaessa pelkän betonimurskeen eri fraktioiden stabilointikykyä masuunikuonaan, poltettuun kalkkiin sekä pelkkään teolliseen tuhkaan, saavutettiin selkeästi pelkkää tuhkaa korkeampia puristuslujuuksia molemmilla testatuilla partikkelikoolla mutta jäätin selkeästi masuunikuonan ja kalkin stabilointikyvystä.



Stabilointikokeita jatkettiin seulomalla valmiista betonimurskeesta 0-2 mm fraktio, jolla tavoiteltiin teollisesti helpommin saavutettavaa partikkelijakaumaa. Betonimursketta lisättiin ruoppausmassaan eri suhteissa, minkä lisäksi sementin määrällä tehtiin lisäpermutatioita. Tulokset ovat nähtävissä kuvaajassa alla. Betonimurskeella tällä fraktiolla ei saatu aikaan stabiloivaa vaikutusta.



		0-2 mm	Oiva
	Lauttaranta	rudus1	Sementti
R1	1346	300	
R2	1346	500	
R3	1346	700	
R4	1346	0	100
R5	1346	300	100
R6	1346	500	100
R7	1346	0	50
R8	1346	300	50
R9	1346	500	50

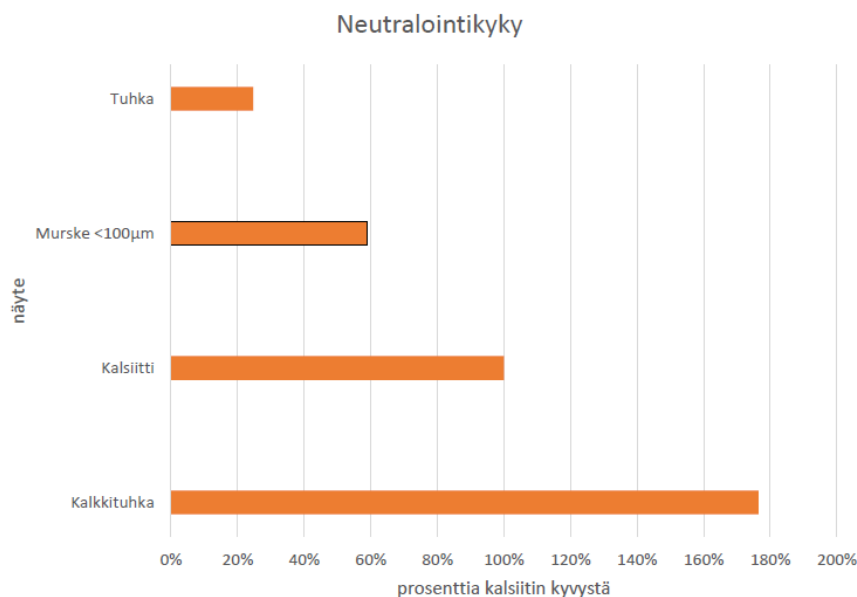


Betonimurskeen hienompi fraktio antaa viitteitä, että sillä olisi käyttökohteita myös maamassojen stabiloinnissa. 1 mm pienemmillä fraktioilla päästiin mittaustuloksiin, joiden perusteella kierrätysbetonia voitaisiin käyttää maan stabilointiin, esim. puistoalueratkaisuissa. 2 mm ja pienemmillä partikkeleilla betonimurske sisältää enemmän hiekkaa ja hienoa kiviainesta, että hienon sementtipastan suhteellinen määrä vähenee ja näin stabilointikykyä ei käytännössä ole. Mitä hienompaa kierrätysbetoni on, sitä enemmän sillä on stabilointikykyä; tämä herättää voimakkaan mielenkiinnon betonimurskan hienomman aineksen jatkokäsittelyyn.

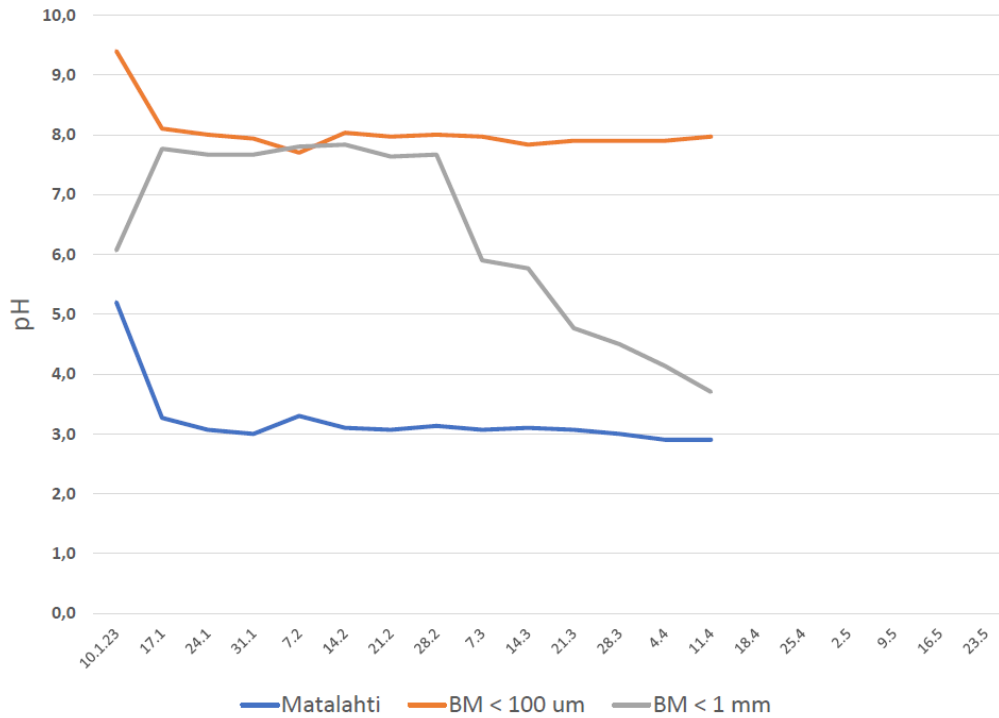
Neutralointi

Stabilointikokeita vastaavilla betonimurskejakeilla tutkittiin myös niiden neutralointikykyä happamien sulfidisavien kanssa. Kalsiitti, eli tässä tapauksessa hienoksi jauhettu kalkkikivi on yleisimmin tavanomaisissa sovelluksissa käytetty neutralointiaine, jonka vaikutuksiin betonimursketta on näissä kokeissa verrattu.

0-100 µm fraktiolle sen neutralointikykyä oli mitattu titraamalla ja siitä laskettu tarvittava määrä. Kuvaajassa kalsiitin neutralointikyky on 100 % ja sitä on verrattu betonimurskeen lisäksi teolliseen tuhkaan ja kalkkituhkaan (kaupallinen tuote vaikeampiin neutralointikohteisiin). Betonimurskeen tällä fraktiolla saavutettiin n. 60 % kalsiitin neutralointikyvystä.



Neutraloitavien massojen pH:ta mitattiin ajan funktiona ja seurattiin betonimurskeen neutralointikykyä. Lisätty betonimurskeen määrä oli 51 kg/m³ ruoppausmassaa, joka oli Naantalin Matalahdesta. Laskettu tarvittava neutralointikyky oli laskettu <100 µm fraktion mukaan ja siksi <1 mm fraktion neutralointikyky loppui kesken, koska vaikuttavan hienon sementtipastan määrä jäi liian alhaiseksi. Pienempi fraktio puolestaan piti neutraloivan vaikutuksensa koko mittausjakson ajan.

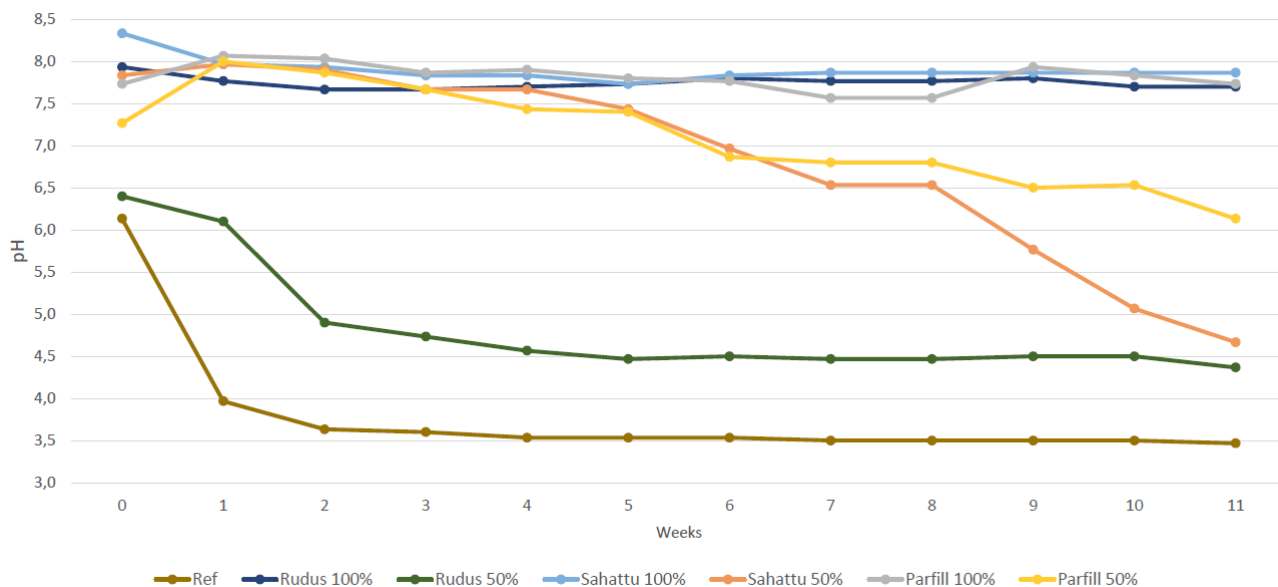


Neutralointikokeiden seuraava kierros tehtiin 0-2 mm kierrätysbetonimurskeella sekä betonituotetehtaalta saadusta sahauslietteellä, johon oli lisätty tiilimurskaa. Verrokkinä toimi jälleen kalsiitti ja hapan sulfidisavi oli peräisin Kaarinan Torppalasta. Neutralointitarve laskettiin titraamalla ja tulokset suhteutettiin kalsiitin vastaavaan tulokseen. Neutralointiaineen tarvittavat määrät tutkittiin 100 % ja 50 %, jolloin varmistetaan mittauksen toimivuudesta. Alla on taulukoituna testatut neutralointiaineet ja määrät.

Torppala 2	Rudus 2	Sahattu	Kalsiitti (Parfill)	
	0-2 mm	Rudus		
g	g	g	g	
100	4.8			100 %
100	2.4			50 %
100		2.2		100 %
100		1.1		50 %
100			0.8	100 %
100			0.4	50 %
100				Ref



Kuvaajassa alla "Rudus" viittaa 0-2 mm fraktioon betonimurskeesta, "Sahattu" tarkoittaa betonituotetehtaan sahauslietettä ja "Parfill" on kaupallinen kalsiitti. Kuvaajasta nähdään, että molemmat betonimurskenäytteet, 0-2 mm seulottu hienompiaines sekä sahausliete neutraloivat hapanta sulfidisavea yhtä hyvin kuin kaupallinen tuote. Kaikkien neutralointiaineiden 50 %:sen seoksen pH laski mittauksen edetessä, kuten oli tarkoituskin, eli mittaus toimi.



Betonimurskeen neutralointikyky voidaan siis todeta erittäin hyväksi. Haasteen käytännön sovelluksille heittää jätelainsäädäntö, jos kohta EEJ-asetuksen mukaista betonimursketta voisi käyttää tämän tyyppisesti. Erittäin mielenkiintoisen betonimurskeesta tekee se, että mikäli se on varastoitu optimaalisesti ja sen varastointiolosuhteet voidaan todentaa, on kyseessä hiilinegatiivinen tuote.

