

Loppuseminaari 19.11.2025

SARA

Kotimaisen saven käyttö ympäristöystävällisenä rakennusmateriaalina



Euroopan unionin
osarahoittama



Varsinais-Suomen liitto

Ohjelma

8.45-9.15 Kahvi

9.15 SARA lyhyt esittely

9.30 GTK

9.50 TuAMK

10.20 ÅA

10.35 Tauko

10.45 Infrarakentamisen puheenvuoro, Elina Wallden, Marttilan Maanrakennus Oy

11.00 Talonrakentamisen puheenvuoro, Suveka Kymäläinen, Savimerstarit Oy

11.15 Keskustelu

11.30 Näyttely

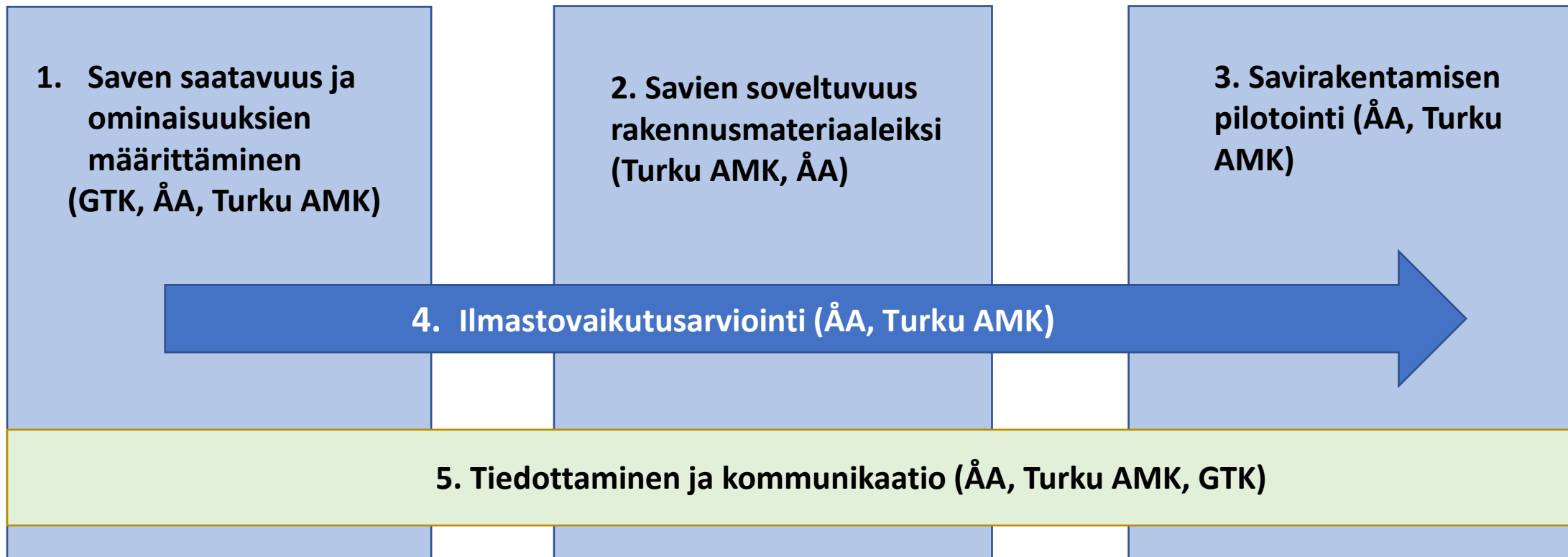
SARA – Kotimaisen saven käyttö ympäristöystävällisenä rakennusmateriaalina

- Aikataulu: 1.1.2023 - 31.12.2025
- Partnerit: Åbo Akademi, Turku AMK, GTK
- Budjetti: 679 983 € (kokonaissumma), EAKR tuki 70 %
- Virallisesti hyväksytty: 13.10.2023

Tavoitteet

- Kehittää uudenlaisia ratkaisuja kierrätettyjen savimassojen hyödyntämiseen ja maamassojen käsittelyyn.
- Tuottaa vähähiilisiä ratkaisuja, kehittää toimintamalleja, ja siten vaikuttaa hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamiseen
- Paikallisten kierrätysmateriaalien käyttö vähentää neitseellisten materiaalien käyttöä sekä kuljetusten määrää ja siten edistää hiilineutraalisuutta.
- Infrarakentamisessa on tavoitteena käyttää teollisuuden sivuvirtoja korvaamaan osa sementtitarpeesta.
- Tuottaa uutta tietoa kotimaisen saven käyttömahdollisuuksista yritysten ja teollisuuden tuote- ja kasvukehityksen tueksi.
- Kehittää ympäristöystävällisiä ja turvallisia savipohjaisia rakennusmateriaaleja edistämään savirakentamista ja lisäämään kiinnostusta savesta ympäristöystävällisenä rakennusmateriaalina.

SARA-hankkeen työpaketit



Tapahumat

- Avauswebinaari 24.1.2024
 - n. 70 osallistujaa
- Savirakentamisen työpaja 12.12.2024
 - Yhteistyössä SARA ja BIODEMO
 - n. 35 osallistujaa
- Loppuseminaari 19.11.2025
 - n. 55 osallistujaa
- 4 ohjausryhmän kokousta + 1 vielä 28.11
- Projektikokous joka toinen viikko
- Tulossa 2026: SARA-Hankeraportti, GTK raporttisarjassa

ÅA valikoidut tulokset

Kemiallinen koostumus (SARA hanke)

| Oksidi | CaO | MgO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | K ₂ O | Na ₂ O | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | S |
|------------------------|-----|-----|------------------|--------------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|-----|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| Torppala 1 | 1.5 | 3.8 | 60.8 | 18.4 | 3.6 | 2.6 | 8.5 | 0.9 | |
| Torppala 2 | 1.5 | 4.0 | 59.0 | 18.3 | 3.6 | 2.8 | 8.9 | 0.8 | 1.1 |
| Fuuga | 1.5 | 3.4 | 61.6 | 17.4 | 3.6 | 2.7 | 8.5 | 0.9 | 0.5 |
| Kirstinpuisto | 1.4 | 4.2 | 56.9 | 19.5 | 4.1 | 2.7 | 10.2 | 1.0 | |
| Pukkila 3m | 1.4 | 4.1 | 58.6 | 19.2 | 3.8 | 3.3 | 8.8 | 0.9 | |
| Pukkila surface | 1.5 | 3.8 | 60.1 | 18.0 | 3.8 | 2.6 | 9.2 | 1.0 | |
| Raisio 4m | 1.4 | 4.2 | 57.6 | 19.2 | 3.8 | 3.1 | 9.8 | 0.9 | |
| Raisio 8m | 1.5 | 4.1 | 58.2 | 19.1 | 3.9 | 3.2 | 9.2 | 0.8 | |
| Itäharju 1 | 1.5 | 4.0 | 58.4 | 18.8 | 4.3 | 2.4 | 9.7 | 0.9 | |
| Itäharju 2 | 1.3 | 4.3 | 57.0 | 19.6 | 4.1 | 3.0 | 9.7 | 1.0 | |
| Herttuankulma | 1.3 | 3.5 | 61.3 | 16.5 | 3.6 | 2.6 | 9.1 | 1.1 | 0.7 |
| Voimakatu | 1.3 | 4.0 | 58.1 | 18.7 | 4.1 | 2.8 | 9.8 | 1.1 | |
| Satama | 1.5 | 2.8 | 64.4 | 15.6 | 3.9 | 2.7 | 8.3 | 0.8 | |

Mineraloginen koostumus (SARA hanke)

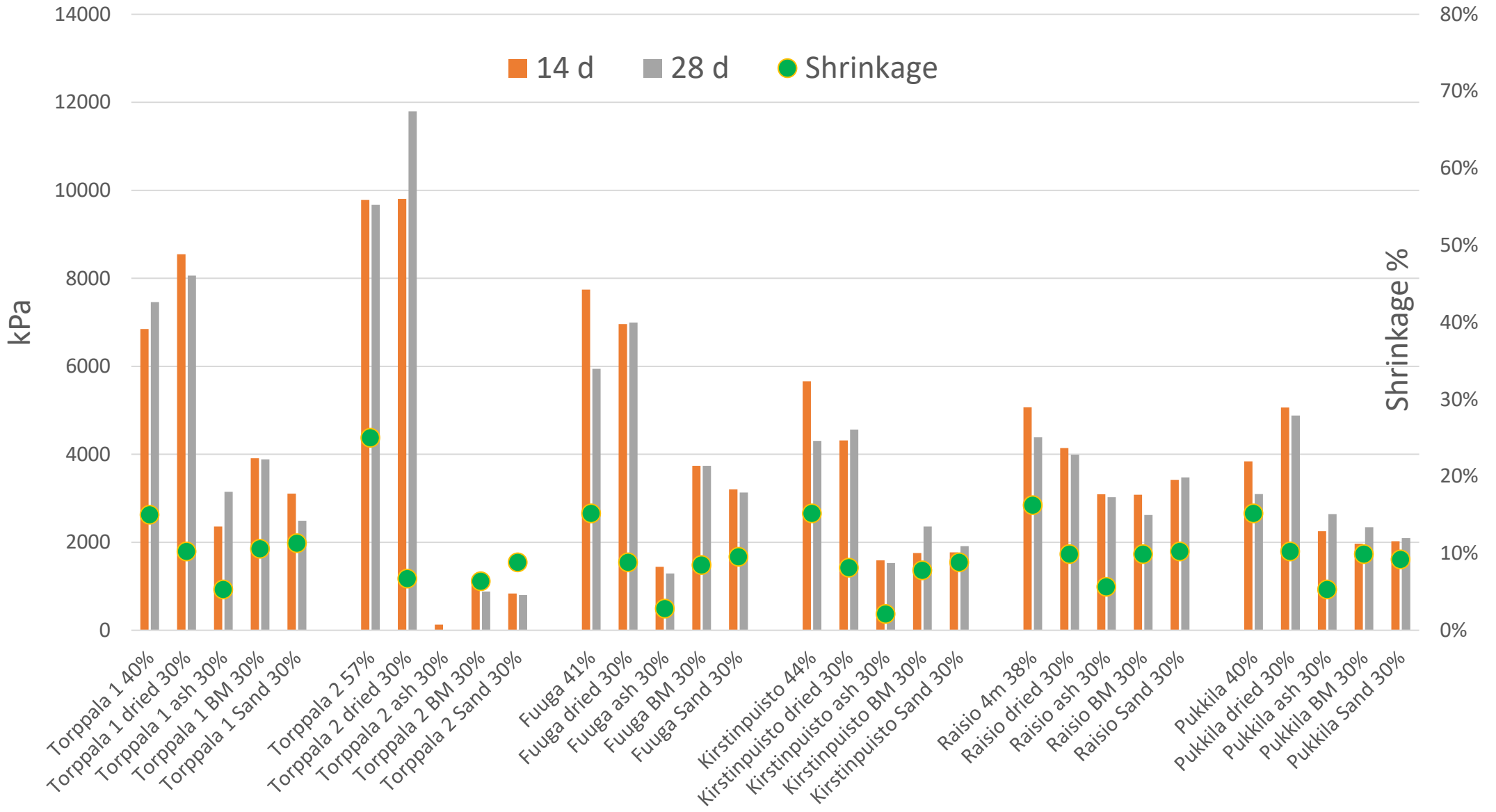
| Mineraali | Illiitti | Kloriitti | Na-maasälpä | K-maasälpä | Kvartsi | Sarvivälke | Pyriitti |
|------------------------|----------|-----------|-------------|------------|---------|------------|----------|
| | % | % | % | % | % | % | % |
| Torppala 1 | 27 | 10 | 26 | 9 | 25 | 2.4 | 0 |
| Torppala 2 | 35 | 8 | 24 | 8 | 21 | 2.8 | 1.6 |
| Fuuga | 18 | 9 | 29 | 11 | 30 | 2.7 | 0.4 |
| Kirstinpuisto | 32 | 12 | 24 | 9 | 31 | 2.7 | 0 |
| Pukkila 3m | 16 | 13 | 31 | 15 | 23 | 2.7 | 0 |
| Pukkila surface | 17 | 7 | 28 | 11 | 34 | 2.8 | 0 |
| Raisio 4m | 26 | 11 | 30 | 9 | 23 | 1.8 | 0 |
| Raisio 8m | 16 | 10 | 34 | 13 | 25 | 2.3 | 0 |
| Itäharju 1 | 19 | 8 | 22 | 13 | 36 | 1.4 | 0 |
| Itäharju 2 | 25 | 14 | 24 | 14 | 19 | 2.7 | 0 |
| Herttuankulma | 27 | 8 | 23 | 13 | 26 | 2 | 0.5 |
| Voimakatu | 18 | 12 | 22 | 14 | 31 | 2,5 | 0 |
| Satama | 13 | 4 | 25 | 19 | 39 | 0.9 | 0 |

+ Atterbergin rajat, vesipitoisuus, partikkelikoko

Saven puristuslujuus ja kutistuma



ÅA - Savien puristuslujuus/kutistuma



Hydraulisesti tiivistetyt kappaleet (CEB tiilet)

Compressed earth blocks

Laboratoriotutkimus

Sample preparation

Sekoitus

1 kg satsi

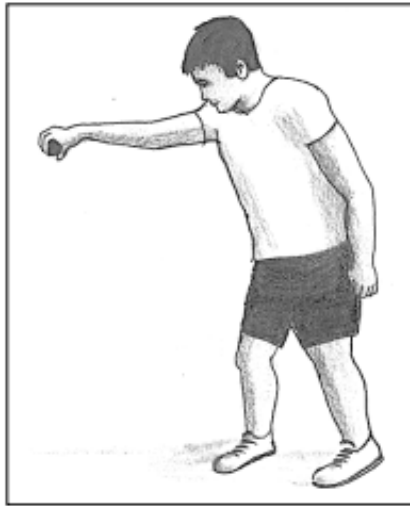
10 minuuttia



Konsistenssi testi

Nyrkki testi

Pudotus testi



CEB tiilet

Paine: 10, 20, 30 kN
-> 17, 33, 50 Mpa

1 mm/min -> 4-7 min

Paine



Puristettu näyte

Halkaisija = 28 mm
Korkeus = 40 mm

Säilytys + 22°C



Puristuslujuus

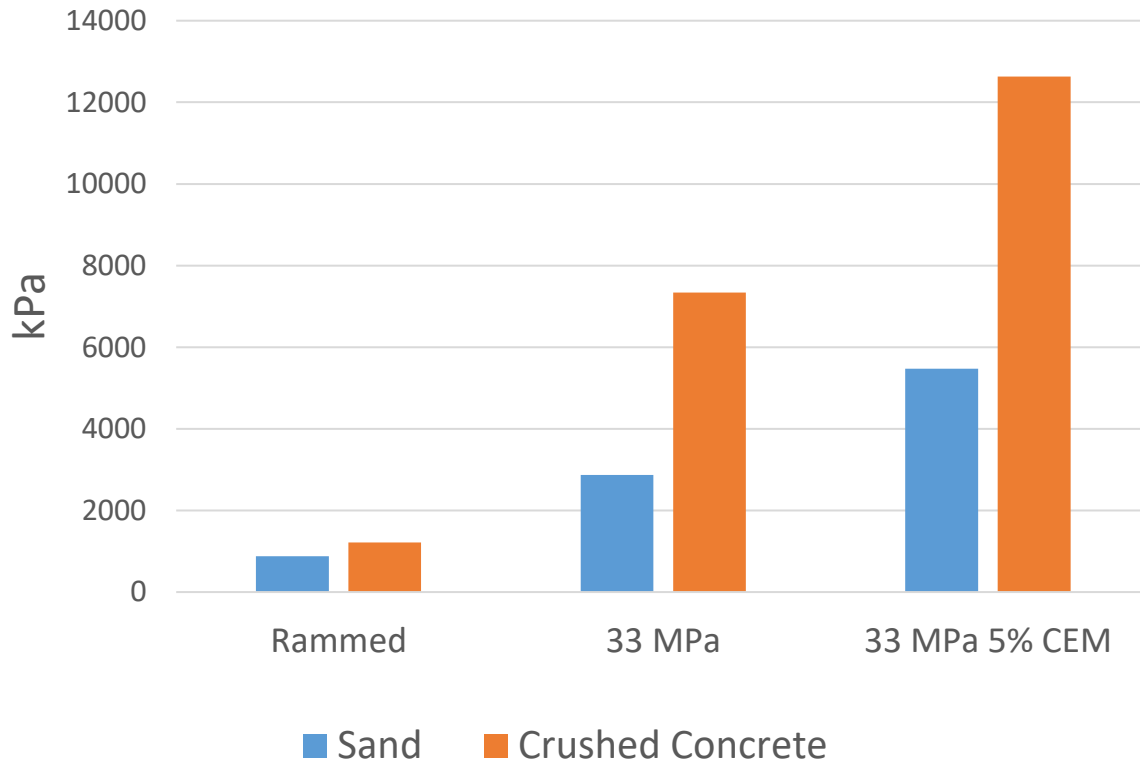
1, 7, 14 päivää

3 näytettä/päivä



Puristuslujuus – alustavat tulokset

Puristuslujuus – 14 päivää



- Hiekka 0-2 mm
- Betonimurske 0-2 mm
- 5 % sementtiä lisätty

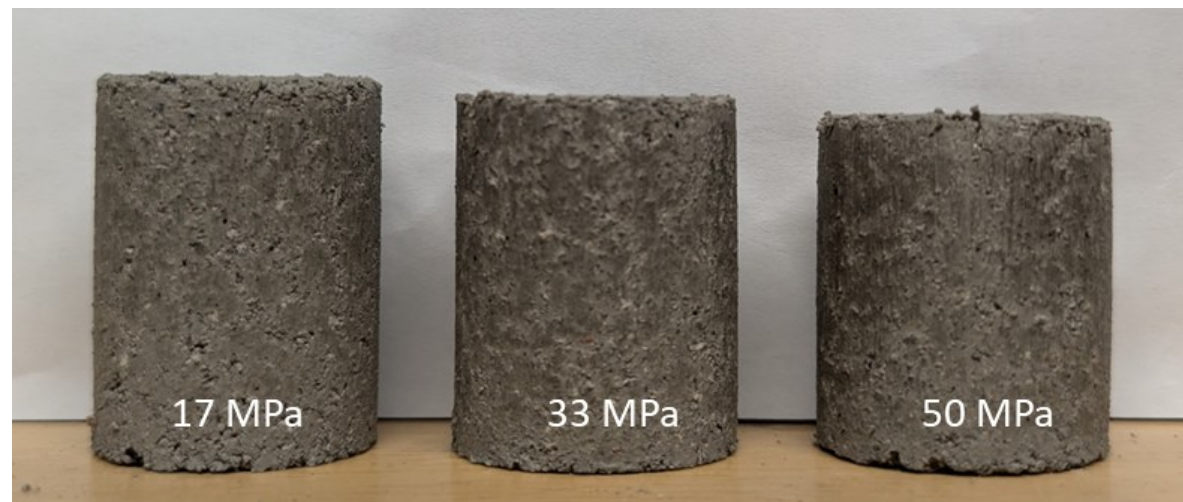
- Savi/betonimurske = 1:1.6
- Savi/hiekka = 1:2.4

Vesipitoisuus n. 18 %

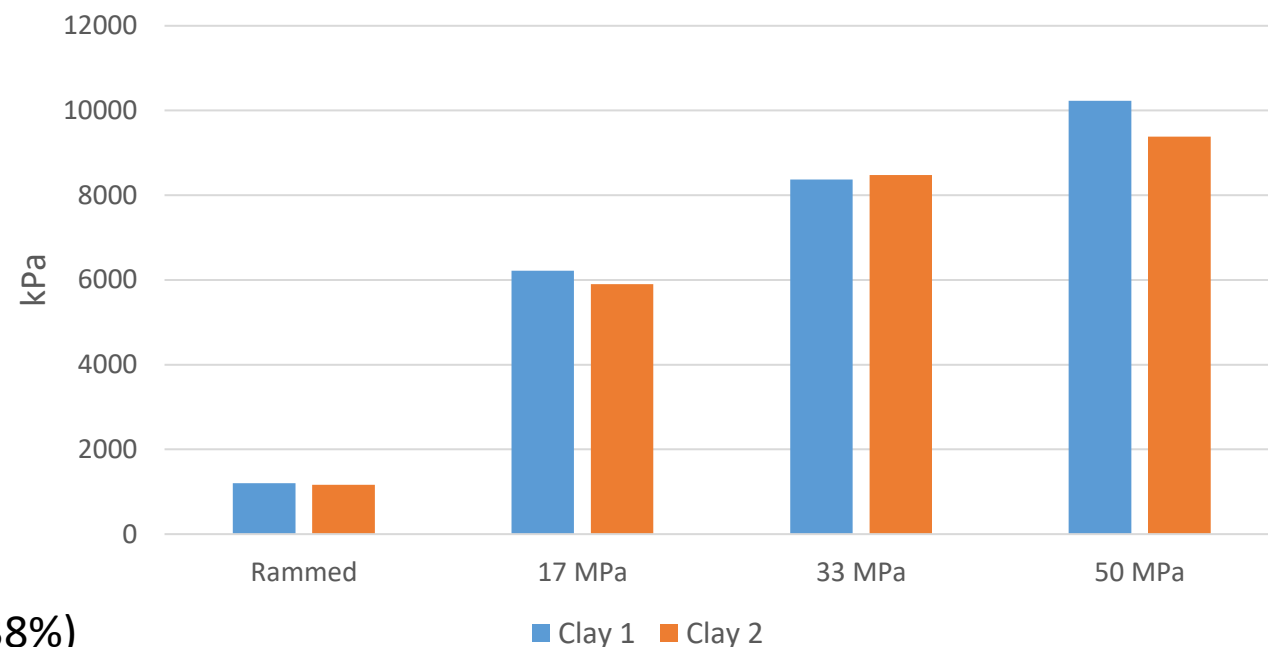
Proctor-testi (IC-testeri) osoitti myös noin 18 %.

Maan optimaalinen vesipitoisuus (OMC, optimum moisture content) tarkoittaa sitä vesimäärää, jolla maa voidaan tiivistää suurimpaan mahdolliseen tiheyteensä.

Puristuslujuus – paineen vaikutus



Puristuslujuus – 14 päivää



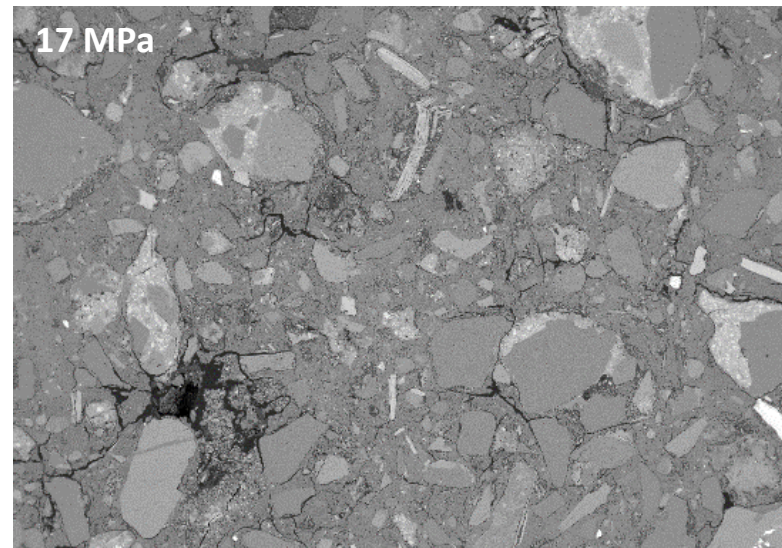
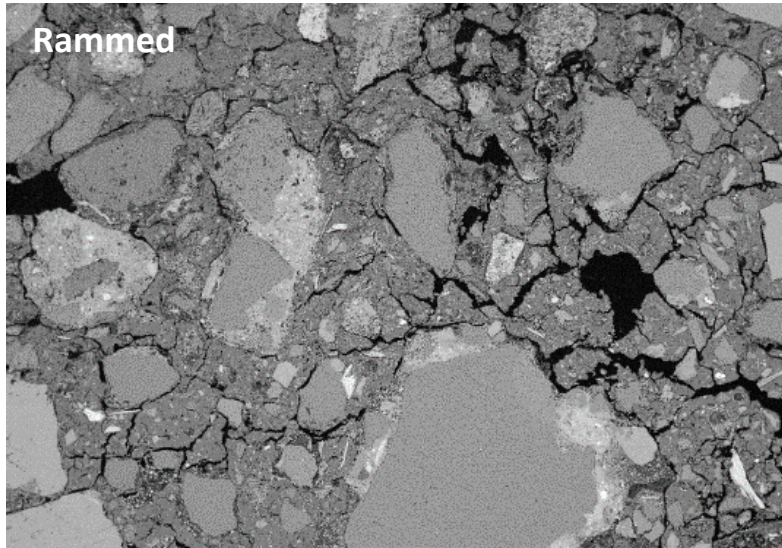
Savi 1/Savi 2 + betonimurske 0-2 mm (1:1.6, savi pitoisuus = 38%)

Optimaalinen esipitoisuus alussa n.18 %.

Vesipitoisuus pienenee paineen kasvaessa – vettä puristuu ulos näytteestä puristuksen aikana.

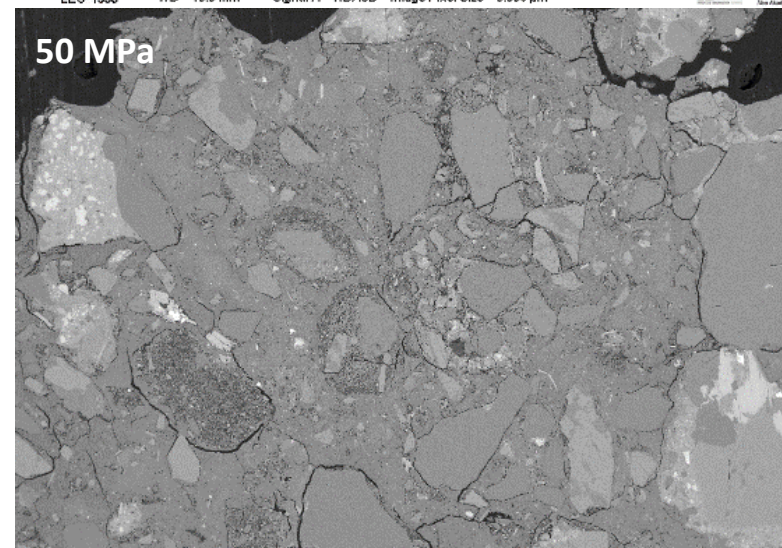
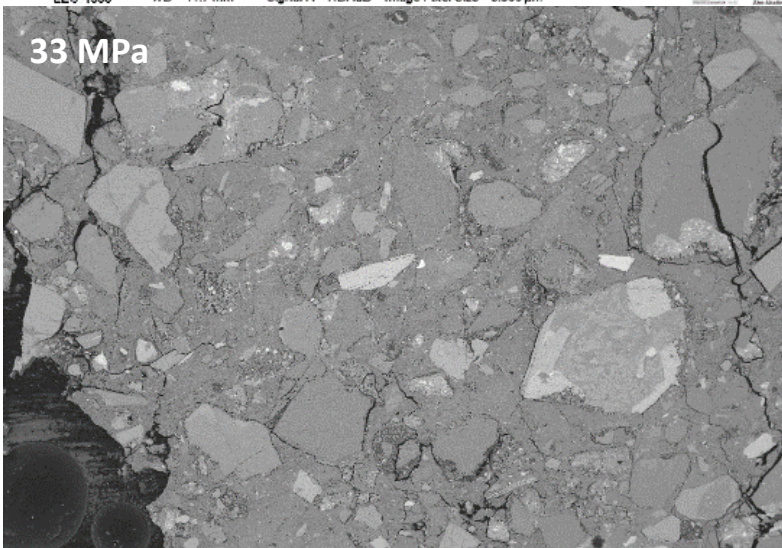
| | | | Rammed | 17 MPa | 33 MPa | 50 MPa |
|--------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vesi | % | | 18 | 14 | 13 | 11 |
| Tiheys | g/cm ³ | Savi 1 | 1.77 | 1.96 | 2.09 | 2.22 |
| | | Savi 2 | 1.76 | 1.95 | 2.10 | 2.22 |

SEM images – Compaction with increasing pressure



Crushed concrete

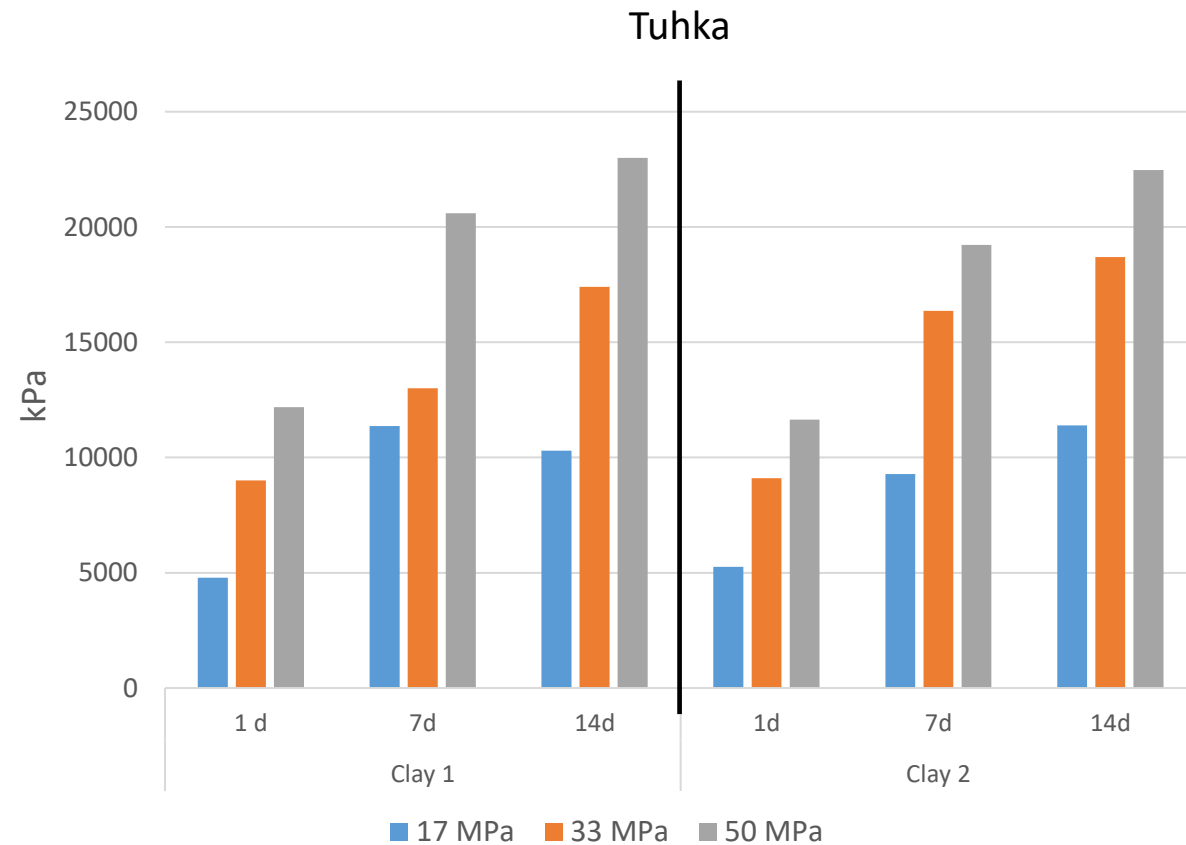
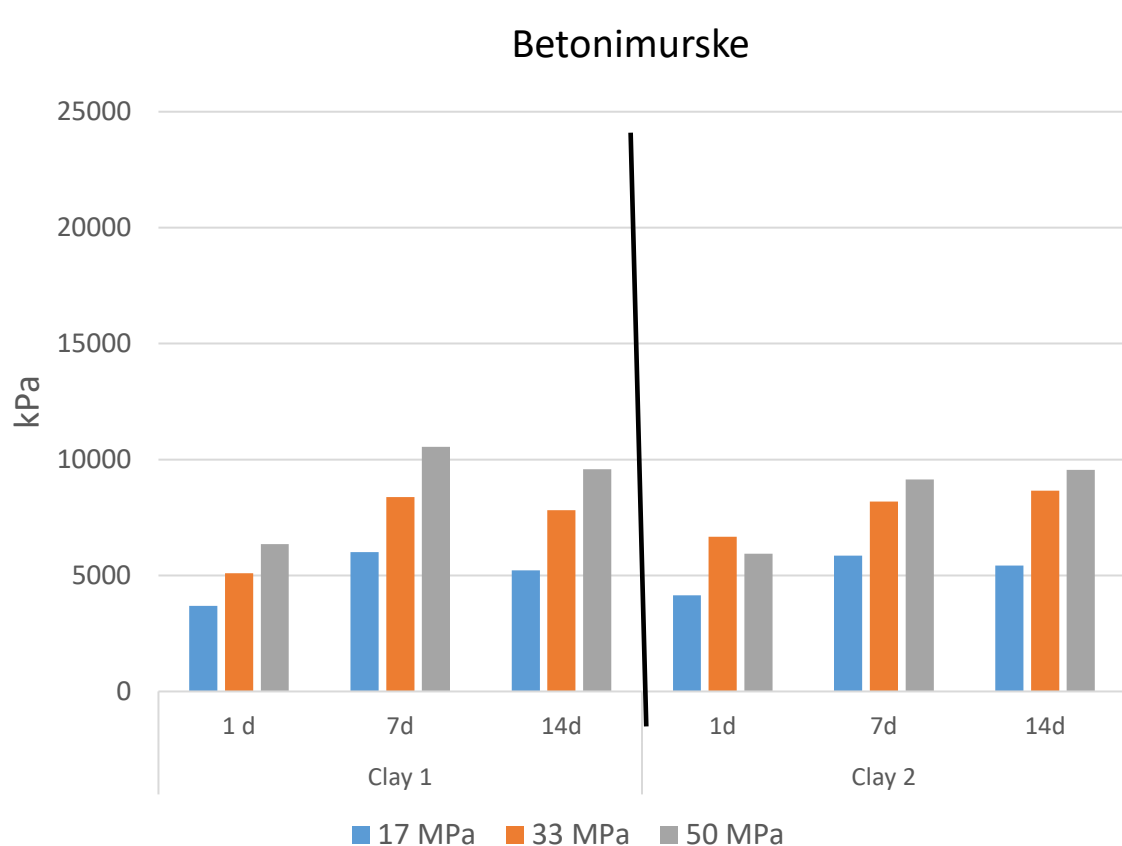
x30 magnification



Puristuslujuus - tuhka vs betonimurske

Savi + lentotuhka (50 %; 1:1) ja murskattu betoni (62 %; 1:1,6), vesipitoisuus 18 %

- Puristuslujuus kasvaa suuremmalla puristusaineella
- Päivästä 1 päivään 14 puristuslujuus kasvaa (näytteet kuivuvat, hieman pozzolaanista vaikutusta)
- Puristuslujuus on huomattavasti korkeampi, kun sideaineena on tuhka



Valomikroskopia – betonimurske vs tuhka

Betonimurske 0-2 mm



Tuhka < 100 μm



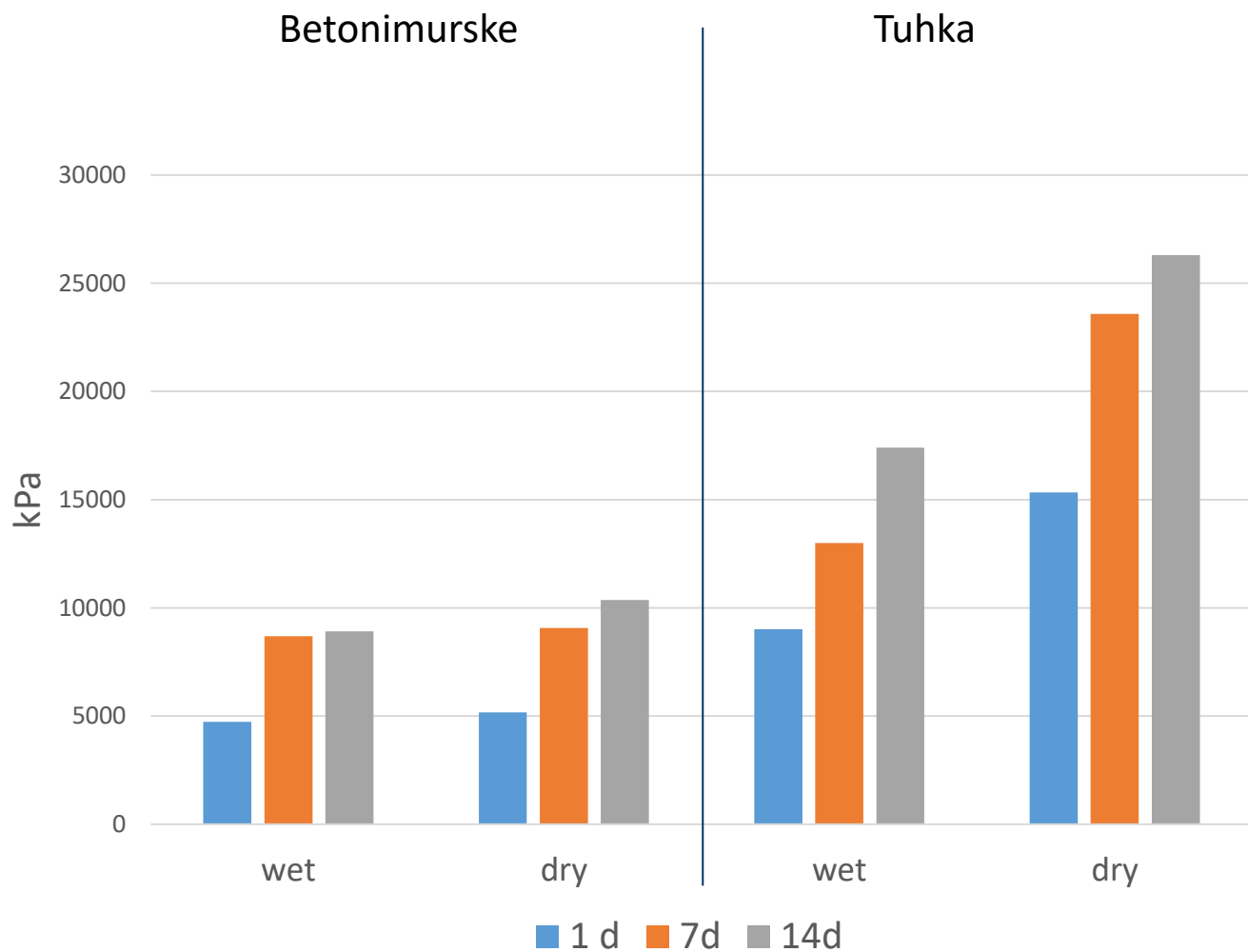
Savi – märkä vs kuivattu (lisätty vettä)

Savi kuivattiin, jauhettiin ja sekoitettiin sivuvirtojen kanssa

Vettä lisättiin sama määrä kuin märässä savessa

Kaikilla seoksilla oli suurin piirtein sama konsistenssi

Betonimurske – antaa samankaltaisia tuloksia.
Tuhka – tuottaa suuremman lujuuden kuivalle savelle.



Märkä vs kuivattu savi

Märkä savi-tuhka sekoitus

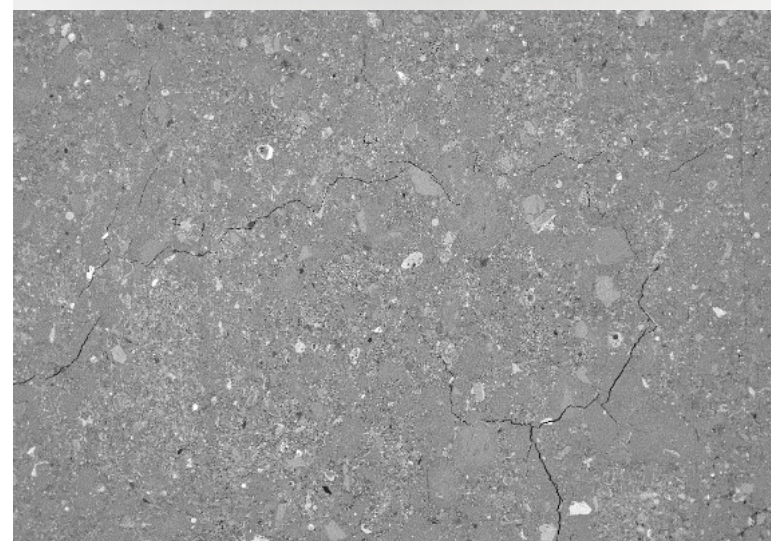
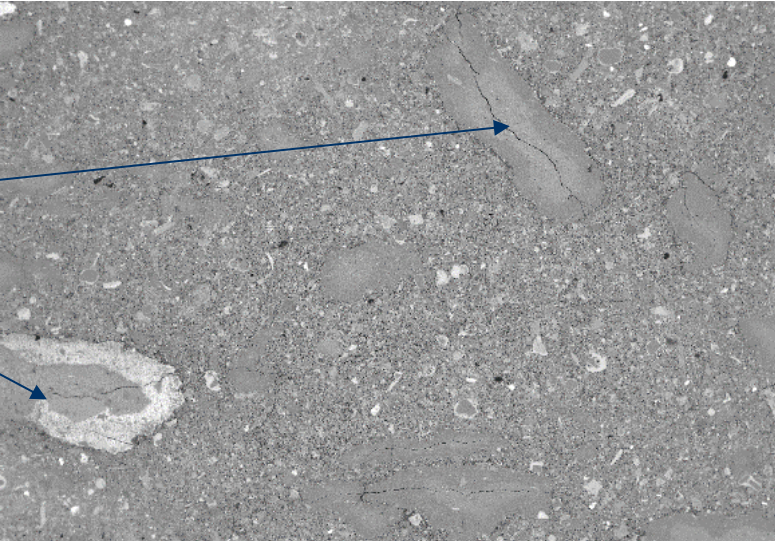


kuiva savi-tuhka sekoitus



Vaikea sekoittaa

Savi



200 μm Mag = 30 X EHT = 20.00 kV Aperture Size = 60.00 μm
LEO 1630 WD = 13.0 mm Signal A = HDAsB Image Pixel Size = 3.906 μm

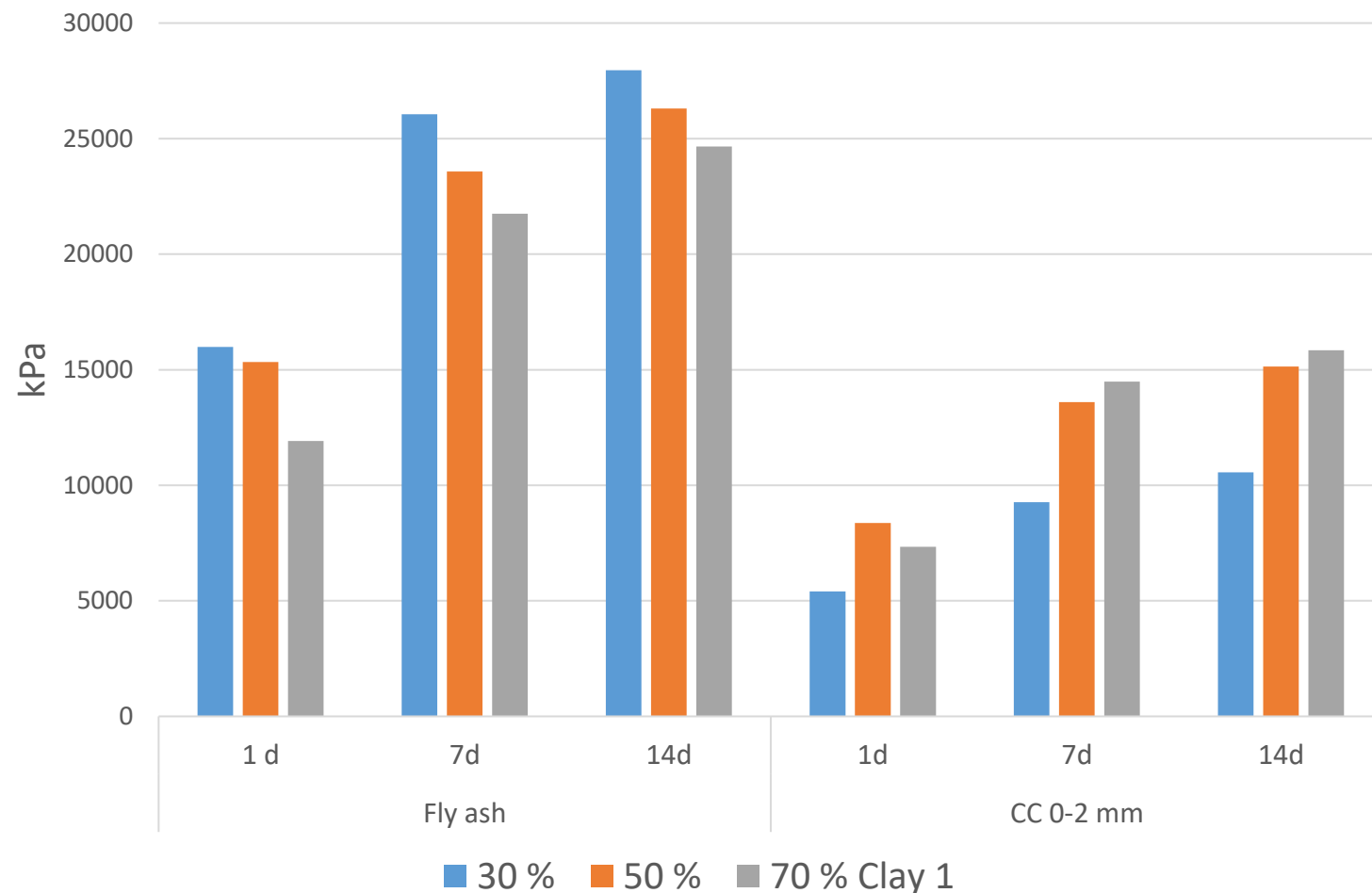
200 μm Mag = 30 X EHT = 20.00 kV Aperture Size = 60.00 μm
LEO 1630 WD = 13.0 mm Signal A = HDAsB Image Pixel Size = 3.906 μm

Kuivattu savi 1 sekoitettuna tuhkaan ja murskattuun betoniin eri suhteissa

- Savipitoisuudet 30, 50 ja 70 paino-%
- Puristusaine 33 MPa
- Vesipitoisuus 17,8–18,1 % ennen puristusta

Havainnot:

- Savipitoisuuden kasvu **pienentää hieman lujuutta**, kun sideaineena on tuhka
- Savipitoisuuden kasvu **lisää hieman lujuutta**, kun sideaineena on murskattu betoni (CC)



- Saviet sisältävät yleisesti **noin 40 % vettä**
- **18 % kosteus** antaa optimaalisen koostumuksen puristettujen maa-tiilien (CEB) valmistukseen.

Saven osuus CEB-tiilissä

- 30 % savea + hiekkaa (0–2 mm)
- 38 % savea + murskattua betonia (0–2 mm)
- 50 % savea + tuhkaa

Puristuslujuuden kehitys

- **Lujuus kasvaa** puristuspaikkeen kasvaessa
- Lujuus **kasvaa ajan myötä** (päivästä 1 päivään 14)
- **Kuivatun** saven käyttö mahdollistaa **suuremman** savipitoisuuden, mutta **ei paranna** lujuutta
- **Tuhkaa** sisältävät CEB-tiilet saavuttivat korkeimman puristuslujuuden (jopa **25 MPa**)
— verrattuna **hiekkaa tai betonimurskettä** sisältäviin tiiliin (< **15 MPa**)
- Tuhkan sekoittaminen **märkään saveen** on haastavaa työstettävyyden vuoksi

Jotko ehdotukset

- Veden imeytymisen mittaaminen
- Pilotointivaihe suuremmilla CEB-näytteillä

Kiitos!

