

**CO₂NCRETE
SOLUTION**



Betonin hiilensidonta: CO2ncrete Solution –hanke

Betonitutkimusseminaari 2024



LIFE17 IPC/FI/000002
LIFE-IP CANEMURE-FINLAND
The LIFE-IP CANEMURE-FINLAND project has received
funding from the LIFE Programme of the European Union.

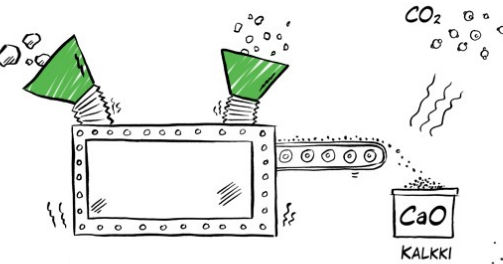
Karbonatisoituminen

Betonin hiilensidonta

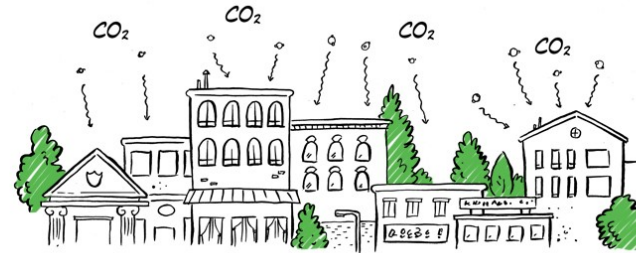
1 Betonin tarina alkaa louhoksesta. Betonin sidosainetta, sementtiä, varten kaivoksesta louhitaan kalkkipitoista kiviainesta.



3 Sementistä, kiviaineksesta, vedestä ja muista seosaineista tehdään betonia, joka on maailman käytetyin rakennusaine.



2 Sementtiä valmistettaessa kalkkikiveen sitoutunutta fossiilista hiilidioksidia vapautuu ilmaan.

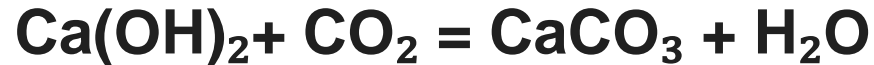


5 Koko olemassa oleva betonirakennuskanta sitoo siis jatkuvasti hiilidioksidia siltä osin kun se on kosketuksissa ilmaan.

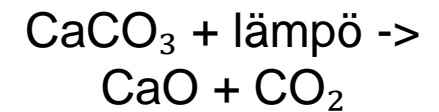


4 Ilman hiilidioksidi reagoi betonin kalsiumhydroksidin kanssa ja sitoutuu näin pysyvästi betoniin. Tätä ilmiötä kutsutaan **karbonatisoitumiseksi**.

kalsiumhydroksidi + hiilidioksidi -> kalsiumkarbonaatti (=kalkkikivi)



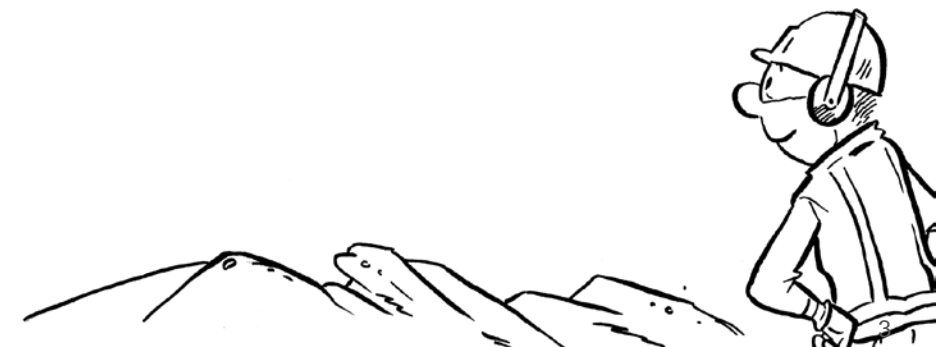
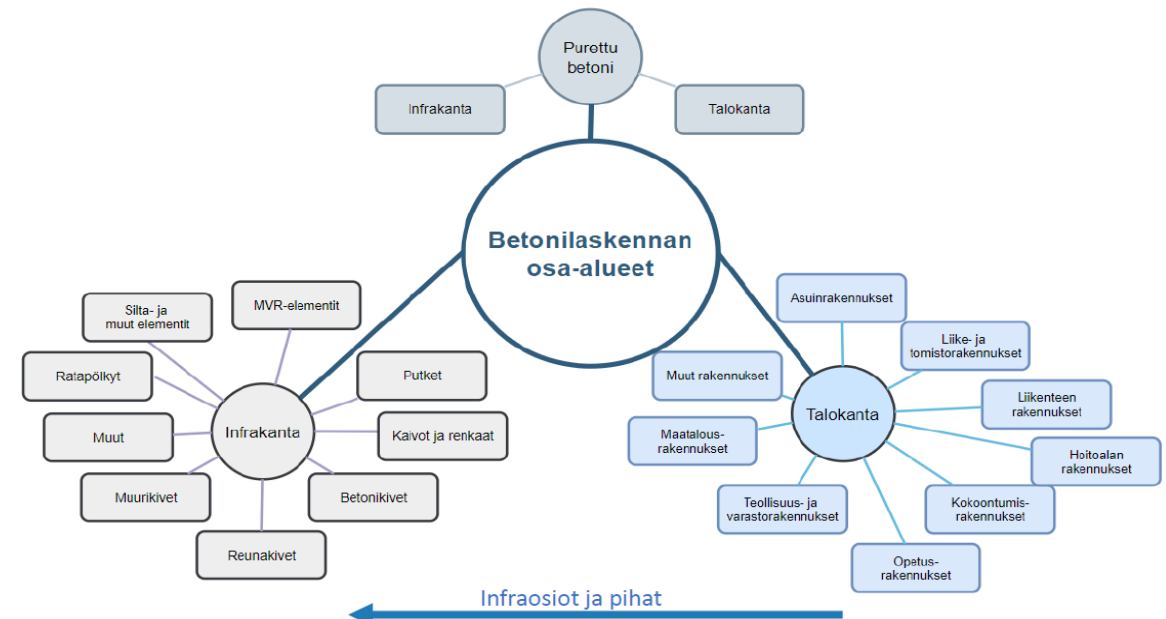
sementin valmistus:



BETONIKANTA-ANALYYSI

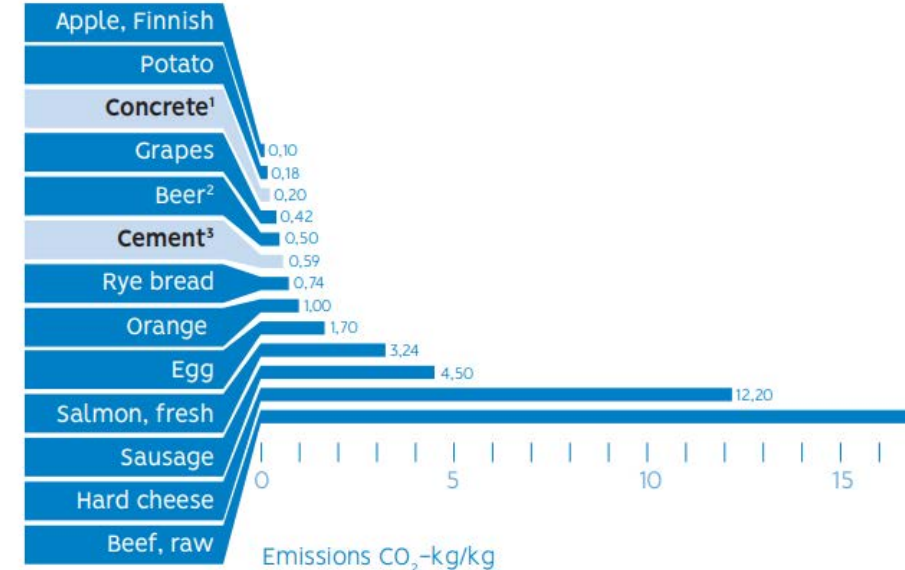
- Forecon mallinsi Suomen betonikantaa rakennuskannan ominaisuustietojen sekä sementin käytön pohjalta
- Betonille määriteltiin altistumisolosuhteet pinta-alle ja tilavuudelle
 - Ulkoilmassa: suojattu/suojaamaton
 - Sisäilmassa: pinnoitettu/pinnoittamaton
 - Ei ilmakontaktia
- Hiilensidonta laskettiin standardin EN16757 mukaisesti

→ Tason 3+ analyysi



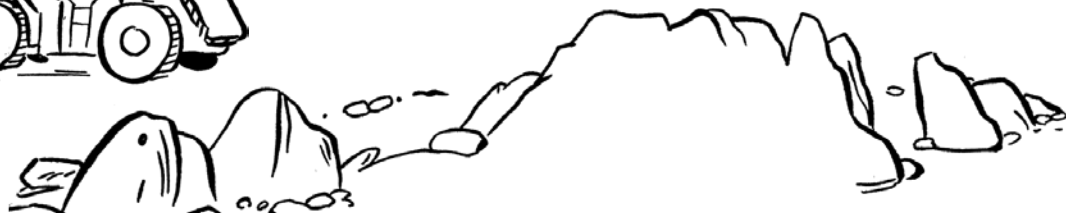
SUOMEN BETONIKANNAN SITOMA HIILI

- Suomessa on betonirakenteita n. 330 miljoonaa m³
- Vuosittain betonia puretaan n. 1,5 miljoonaa m³
- Suomen betonikanta sitoo pysyvästi n. 4 miljoonaa tonnia hiilidioksidia
 - Tämä on luokkaa 10 % betonikannan kalsinoinnin päästöistä
- Betonikannan vuotuinen hiilinielu on 56000 tonnia hiilidioksidia
 - Tämä on luokkaa 7 % Suomen sementtiteollisuuden päästöistä
- OBS: laskenta ei sisällä purkubetonin osuutta
- Purettavan betonin hiilinielupotentiaali on 76000 tonnia hiilidioksidia vuodessa



BETONIMURSKEEN HIILENSIDONTA

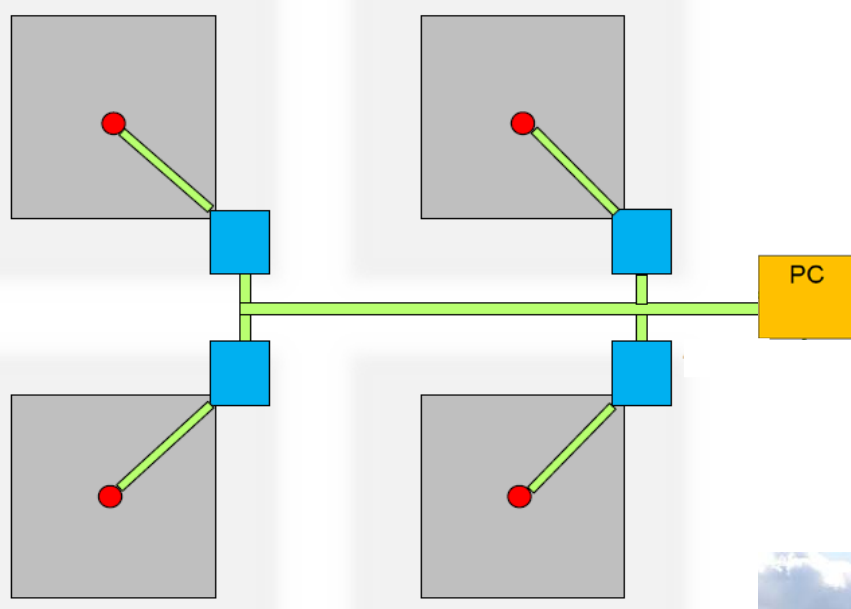
- Kun betonirakenne puretaan, se useimmiten murskataan
 - Tällöin paljastuu yli 1000-kertaisesti reaktiivista pinta-alaa ja partikkelikoko pienenee huomattavasti ja näin ollen hiilensidonta tehostuu
- Betonimurskeen karbonatisoituminen parantaa sen mekaanisia ominaisuuksia (ei haittaa)
- 1 m³ betonia voi sitoa n. 100 kg hiilidioksidia



TOPINOJA – "THE MOTHER PILOT"

0-90 mm/unsheltered

0-90 mm/sheltered



20-90 mm/unsheltered

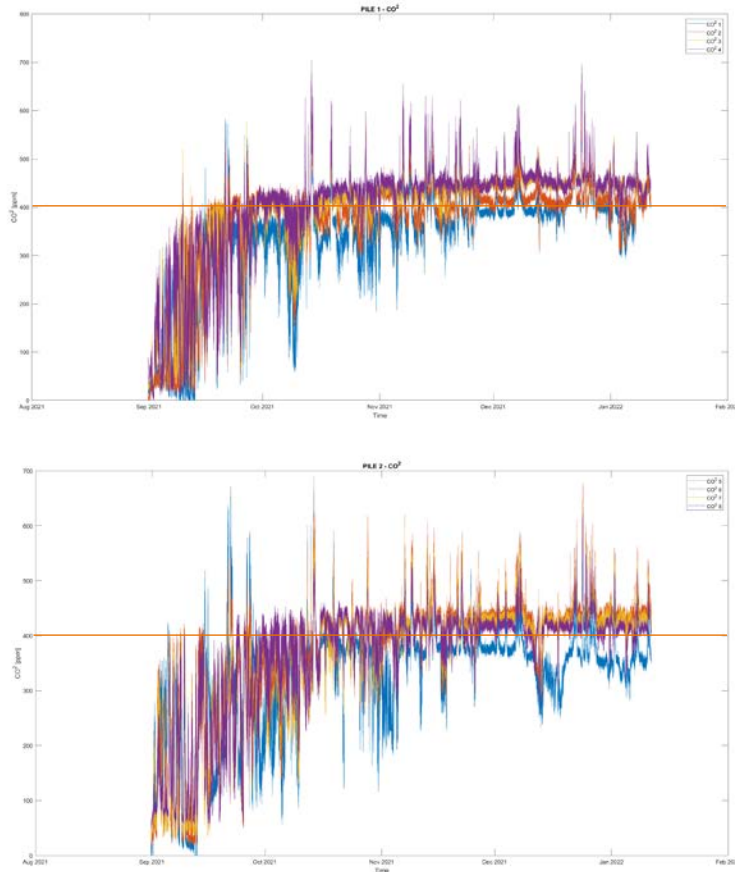
20-90 mm/sheltered

Mittaukset

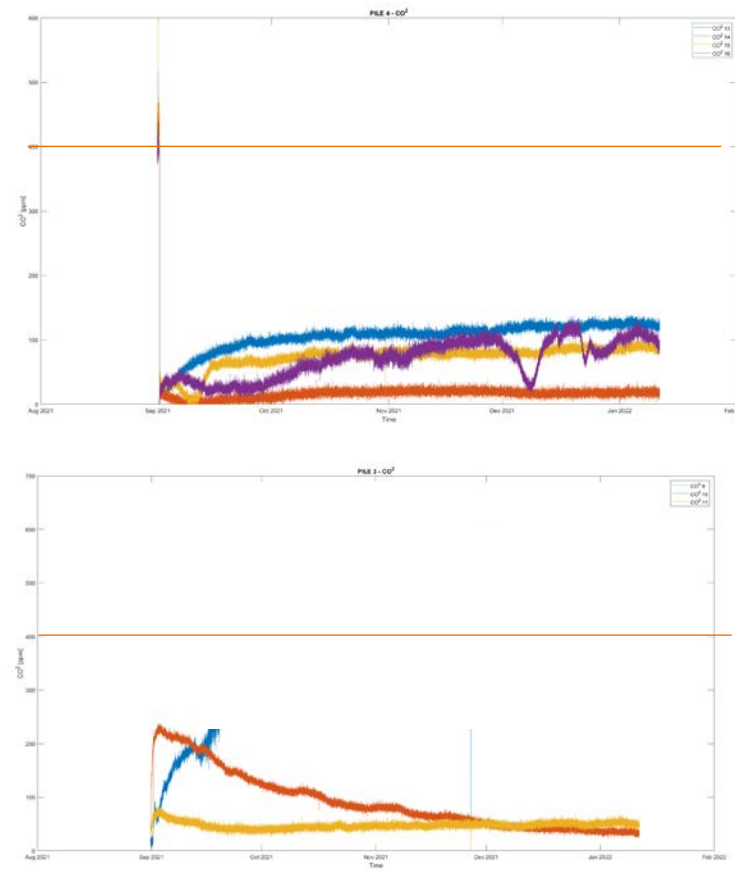
- 0,25 m, 0,5 m, 1 m, 2 m
- CO₂-pit., lämpö, kosteus



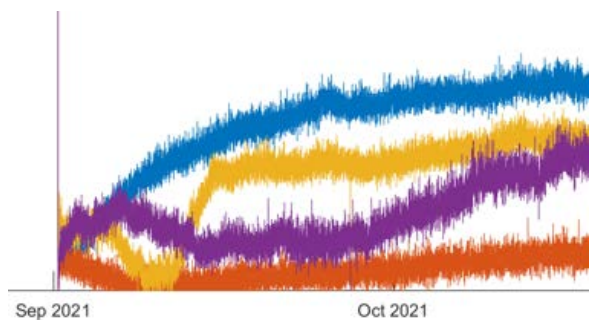
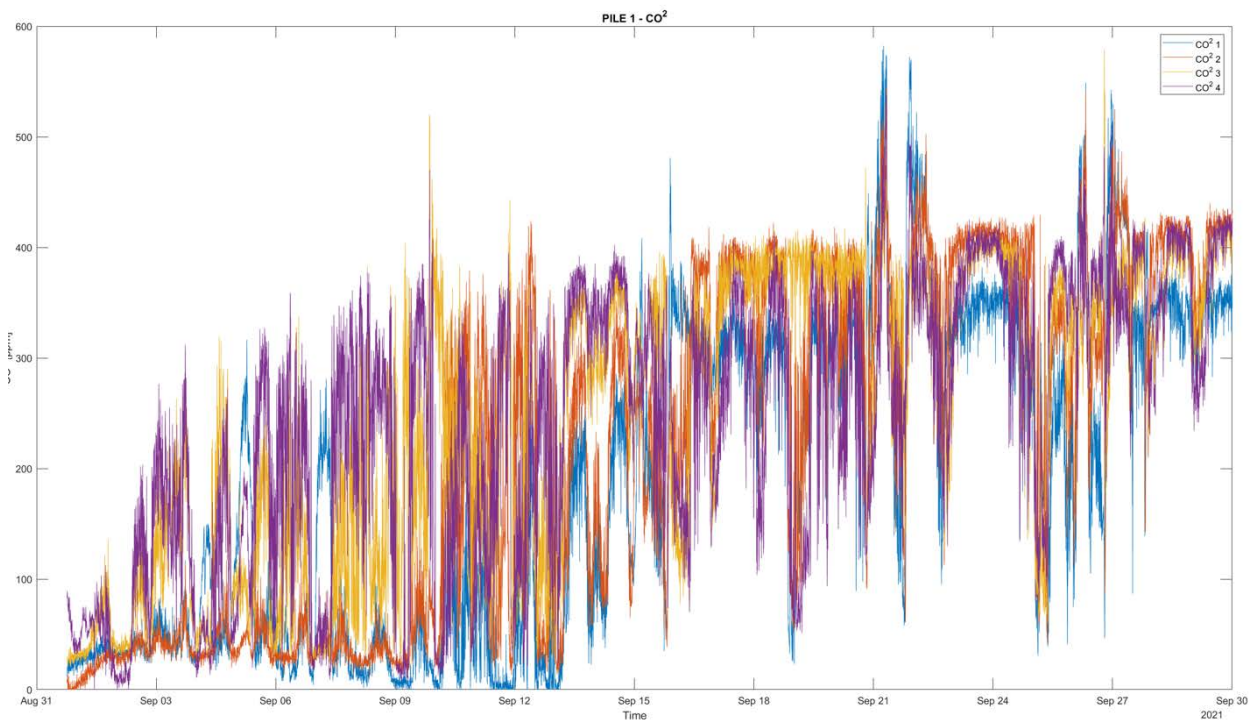
Seulottu



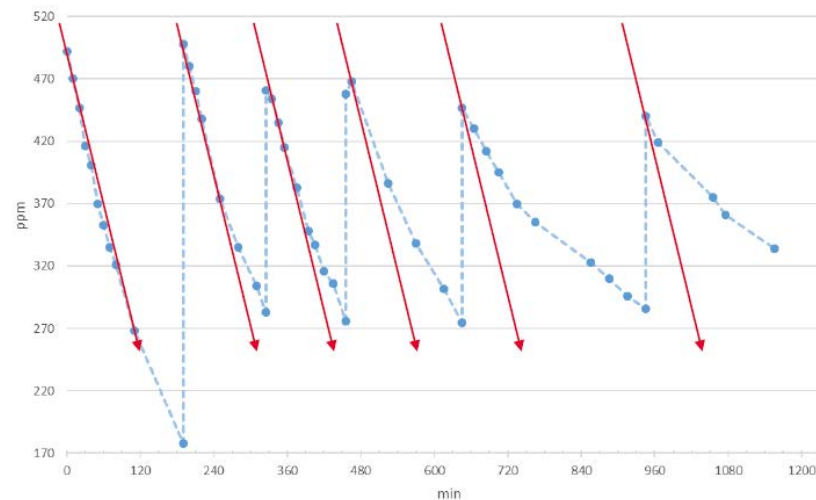
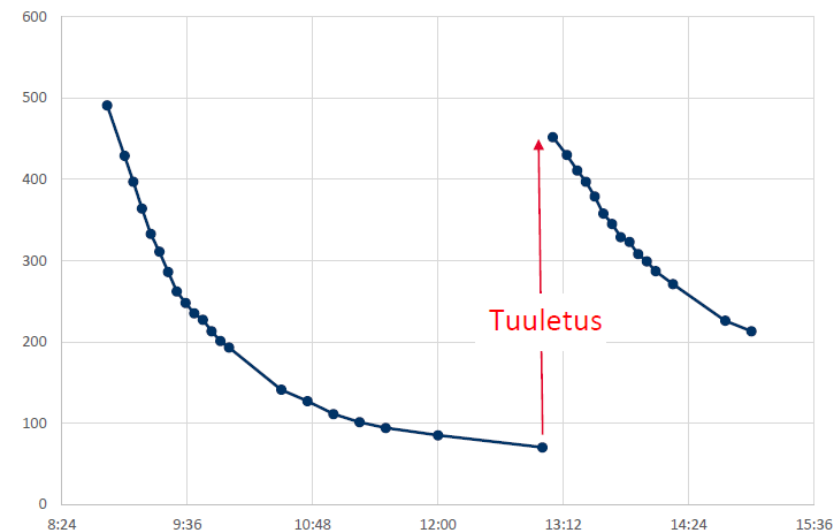
Seulomaton



TIHEÄN IMUN KAUSI

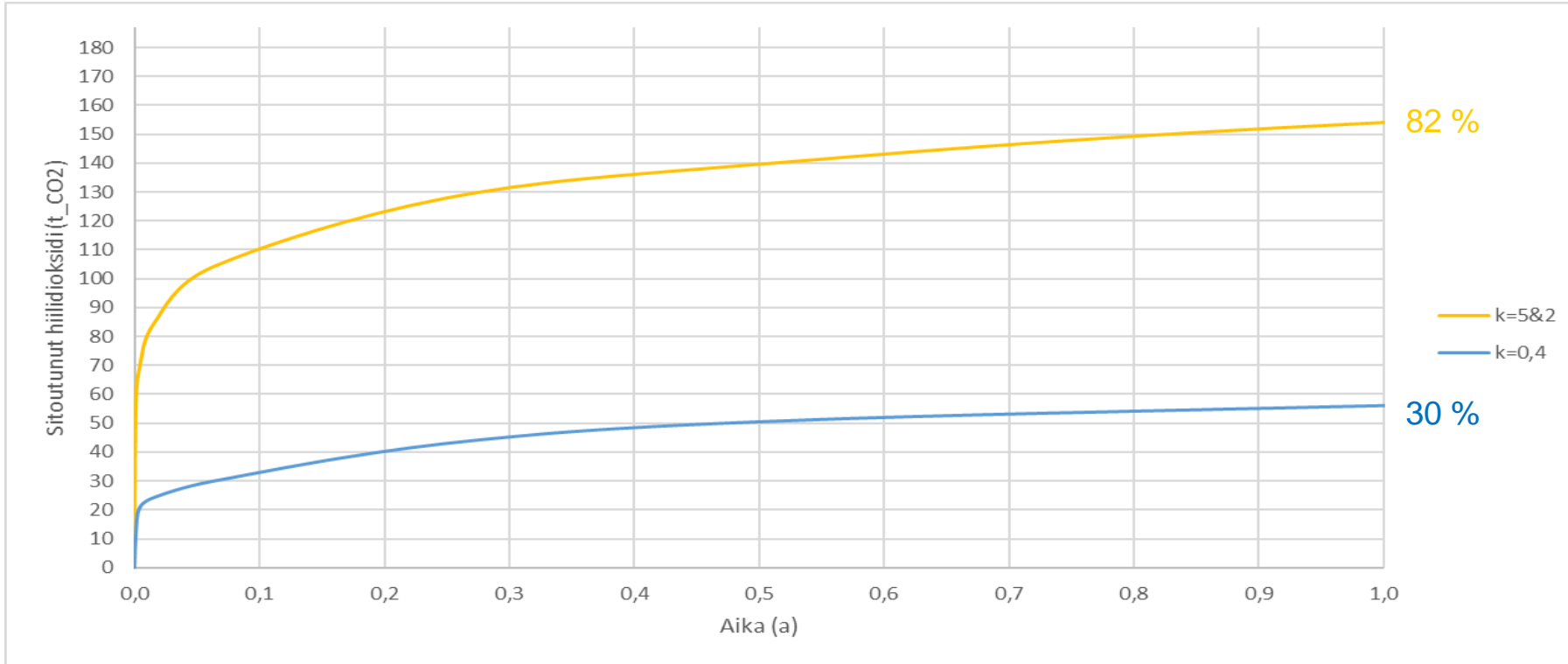


”Tuore” betonimurske on erittäin reaktiivista
Hiilensidonta hidastuu matalammilla CO₂-pitoisuuksilla



CO₂NCRETE SOLUTION -METODI

Seula [mm]	Läpäisy [%]
0,063	3,70 %
0,125	6,00 %
0,25	8,00 %
0,5	11,00 %
1	15,00 %
2	21,00 %
4	27,00 %
5,6	31,00 %
8	36,00 %
11,2	42,00 %
16	51,00 %
22,4	60,00 %
31,5	71,00 %
45	89,00 %
56	100,00 %



avg	hcp m%	aggregate m%
0,15	65 %	35 %
0,25	64 %	37 %
0,3	52 %	49 %
0,5	43 %	58 %
1	33 %	67 %
2	24 %	76 %
4	22 %	79 %
8	22 %	78 %
11,2	20 %	80 %
16	18 %	82 %
22,4	16 %	85 %
32	15 %	85 %
45	14 %	87 %

1 m³ betonia voi sitoa n. 100 kg CO₂:a

Suojaamalla suoralta sateelta ulkona (avg. RH 80 %) vaikutetaan CO₂:n diffuusion betoniin.

Seulomalla suuremmat kappaleet (<10 mm) vaikutetaan ilmakontaktiin.



KORVAUSRAKENTAMISEN ESIMERKKI

Nyt purettavat rakennukset on taannoin tehty CEM I-tyyppin betoneilla

- paljon klinkkeriä
- suuri hiilensidontapotentiaali

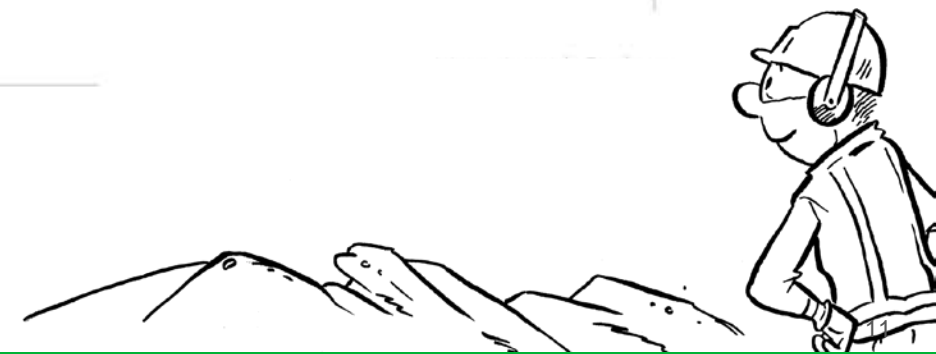
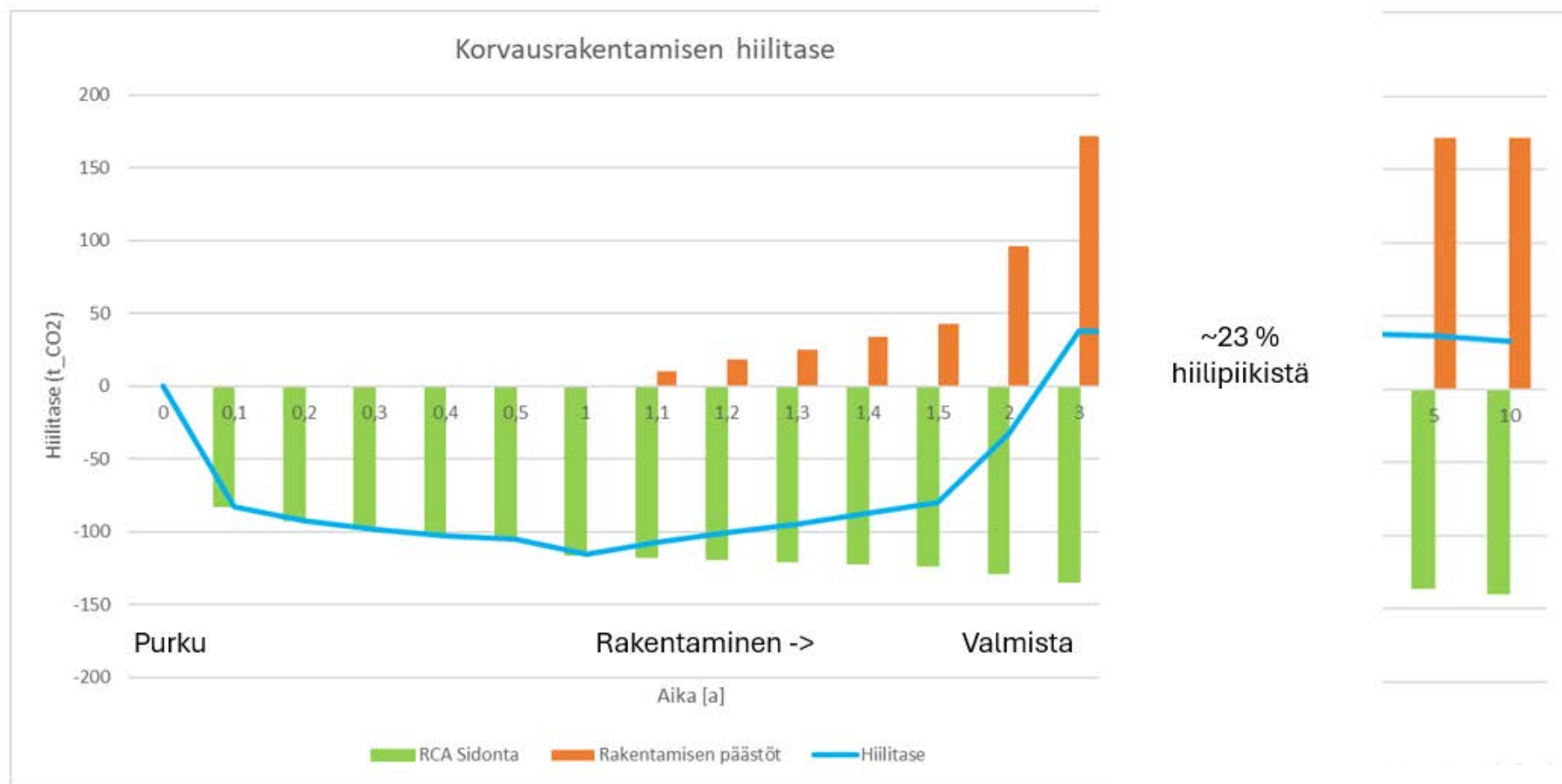


Nyt rakennettavat rakennukset voidaan rakentaa CEM III/B – tyyppin betoneilla

- vähän klinkkeriä
- pienet päästöt

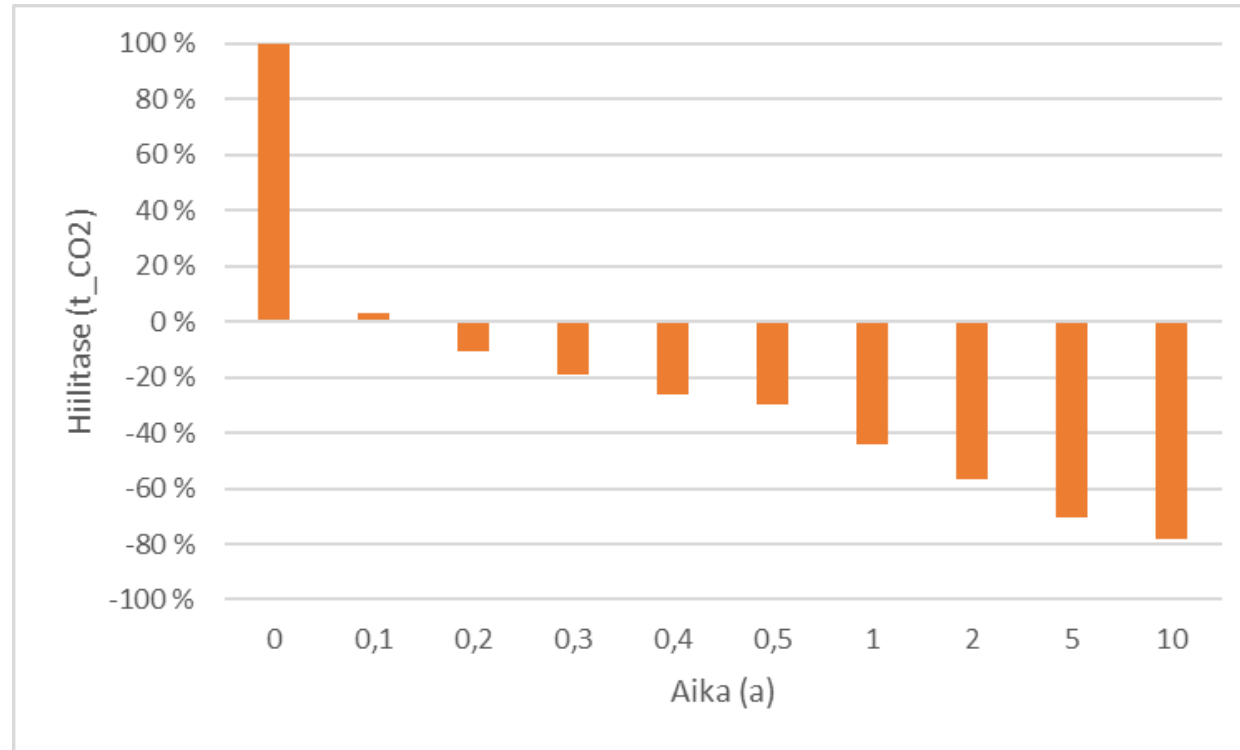


KORVAUSRAKENTAMINEN - HIILITASE



HUOMISEN BETONI, CEM I/CC

Tarina korostuu, kun sementin valmistuksen päästöt otetaan talteen ja betoni tekee oikein kierrätettynä rakennusprojektista hiilinegatiivisen jo rakentamisen aikana



Purku/varastointi ja rakentaminen ”samaan aikaan”

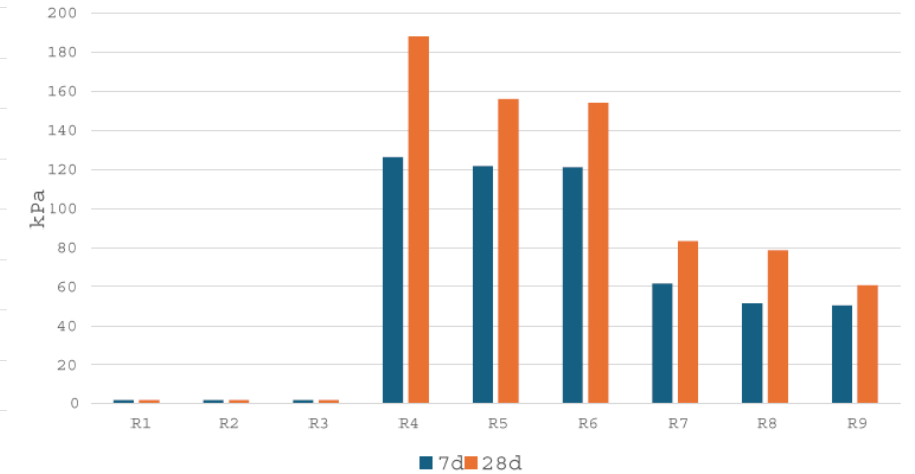
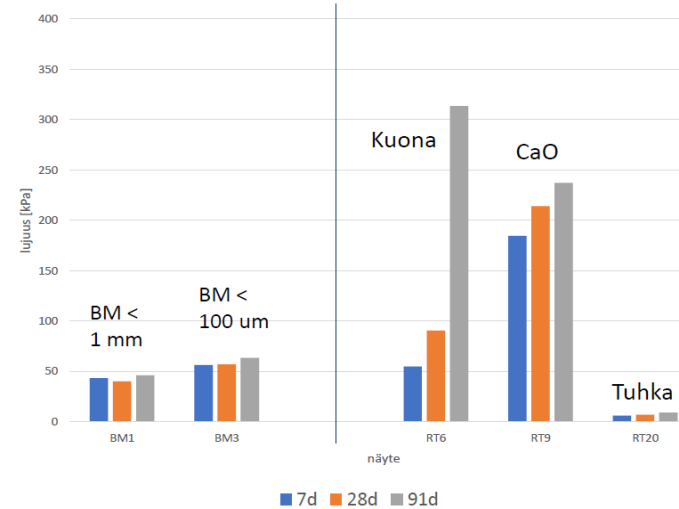
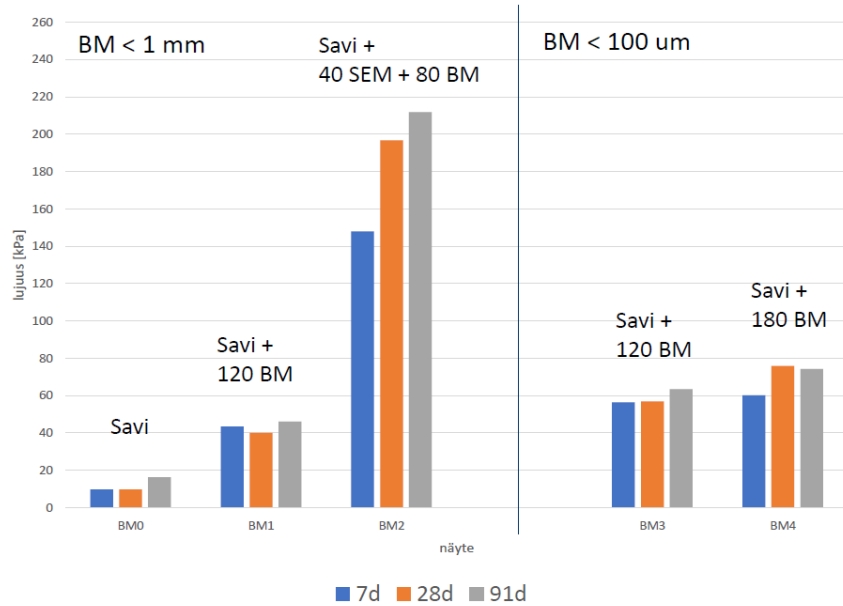
Hiilipiikki tässä 77 t_CO2

Toki tässä vaiheessa muutkin päästöt, esim. teräs → 0, eli ”hiilipiikki” kutistuu

- Mallinnettu saavutettavaksi 75 % sidonnan teoreettisesta maksimista
- Mallinnettu ”CO₂ncrete Solution –metodilla” (k=4&1) käsiteltyä CE45 murskemassaa



STABILOINTI BETONIMURSKEEILLA



- CE45-murskasta suurempia kappaleita murskattiin, seulottiin fraktioihin <1 mm ja <100 µm ja sekoitettiin ruoppausmassaan.
- Puristuslujuuksia verrattiin kaupallisiin sovelluksiin.

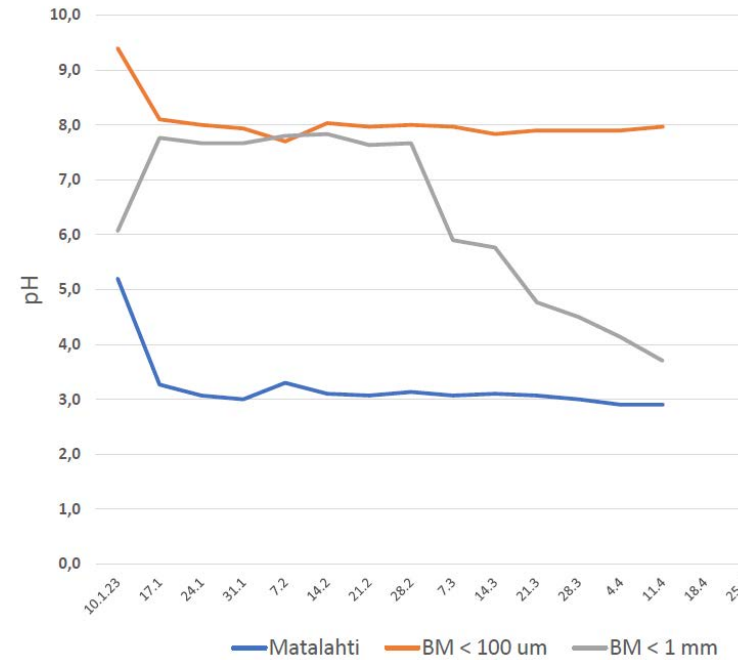
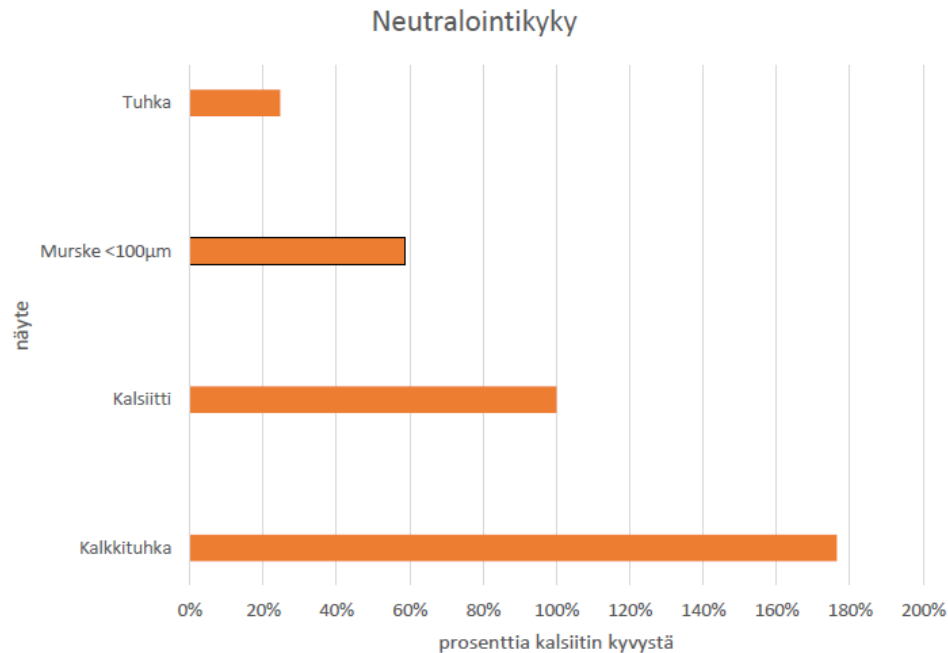
Pelkällä betonimurskeella päästiin 60 kPa puristuslujuuteen, mikä vastaa n. vaatimuksia esim. puiston nurmialueelle. Stabilointiominaisuudet paremmat kuin teollisella tuhkalla (käytetään harvoin).

- Kokeiltiin ”realistisempaa” fraktiota 0-2 mm, joka oli seulottu valmiista 0-16 mm betonimurskeesta
- Tällöin betonimurskeella ei ollut stabiloivaa vaikutusta, oletettavasti runsaasta kiviainepitoisuudesta johtuen

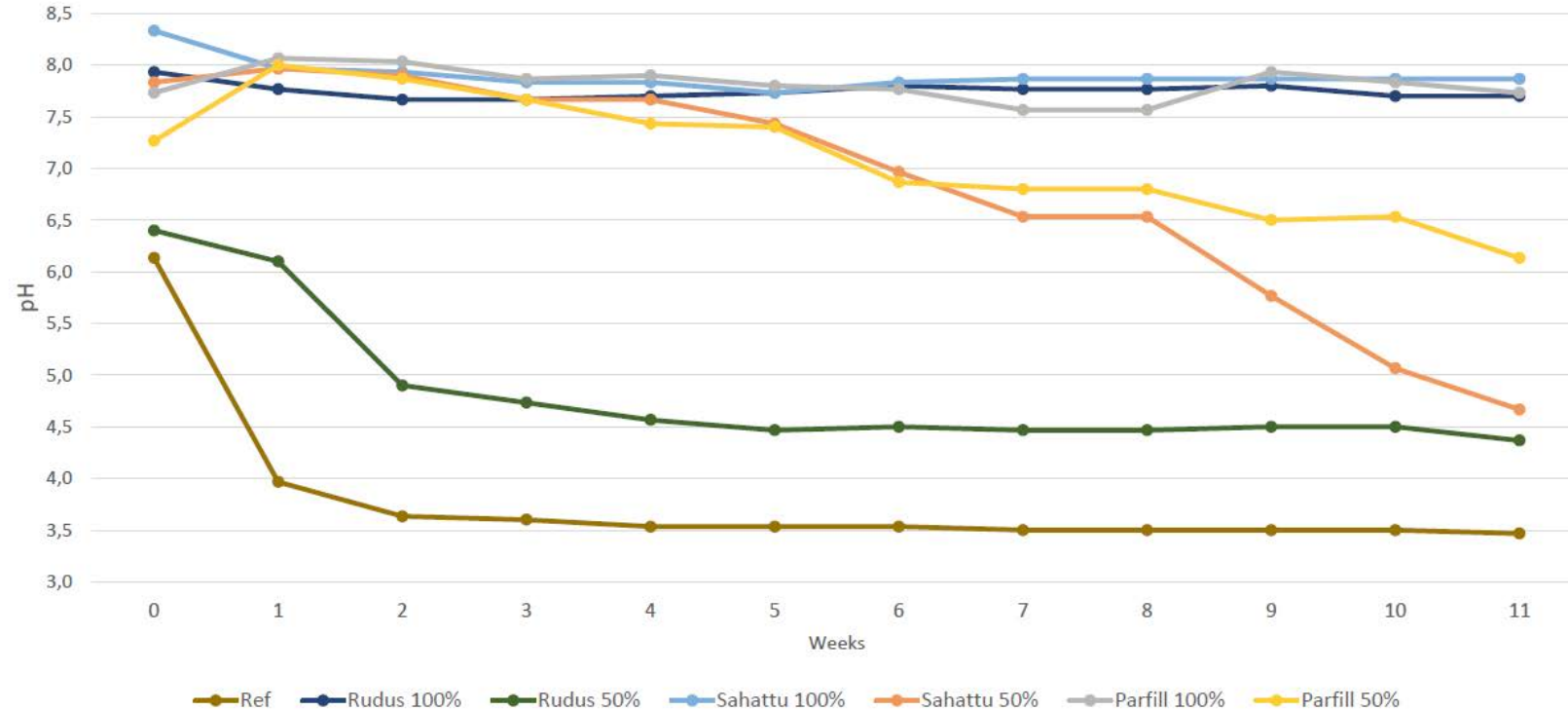
NEUTRALOINTI BETONIMURSKEELLA, R1

- Neutralointikyky titraamalla (<100 µm)
- pH 11,5
- Saavutettiin 60 % kalsiitin puskurointikyvystä

- 51 kg bm/m³
- Laskettu <100 µm näytteelle (siksi <1 mm jää vajaaksi)



NEUTRALOINTI BETONIMURSKEELLA, R2



- Hapan sulfaatti savi
- Vesipitoisuus 57 %
- TIA= 368 mmol H⁺/kg → 18,4 kg CaCO₃/t neutralointitarve
- BM neutralointitarve laskettu titraamalla ja tulos suhteutettu kalsiitin vastaavaan tulokseen
- Teoreettinen 100 % ja 50 % käytetty tutkimuksessa

OPPEJA JA ILOJA

Betoni sitoo hiilidioksidia ilmakehästä

Kun betoni kierrätetään ja murskataan, tehostuu hiilensidonta merkittävästi

Suomen betonikanta varastoi pysyvästi n. 4 miljoonaa tonnia CO₂

Suomen betonikannan vuosittainen hiilinielu on n. 56 000 t CO₂

Suomen purkubetonin hiilensidontapotentiaali on n. 76 000 t CO₂

Betonimurskeen hiilensidontaan voidaan vaikuttaa optimoimalla olosuhteita:

- Hiilidioksidipitoisuus (=ilmakontakti)
- Sisäinen kosteus (=suojaaminen suoralta sateelta)



OPPEJA JA ILOJA

Suojaamalla sateelta ja seulomalla hienompi aines (<8 mm) erikseen voidaan ensimmäisen varastointikuukauden aikaista hiilensidontaa tehostaa n. 3,4-kertaiseksi ja ensimmäisen – vuoden n. 2,7

-n. 58 kg CO₂/t betonia 1. kk ja n. 82 kg CO₂/t betonia 1. a aikana

Kierrätysbetonin käyttöä voidaan potentiaalisesti monipuolistaa ja nostaa lisäarvoa myös hiilensidontaominaisuuden lisäksi hyödyntämällä hienomman aineksen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia

-Maamassojen neutraloinnissa

-Jopa maamassojen stabiloinnissa



CO₂ NCRETE SOLUTION



LIFE17 IPC/FI/000002
LIFE-IP CANEMURE-FINLAND
The LIFE-IP CANEMURE-FINLAND project has received
funding from the LIFE Programme of the European Union.

KIITOS!

Tommi Kekkonen
+358503508820
tommi.kekkonen@concretia.fi