

# LOIKKA

---

Tavoitteena puolittaa betonin CO<sub>2</sub>-päästöt



Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

Jouni Punkki, prof.

17.5.2022

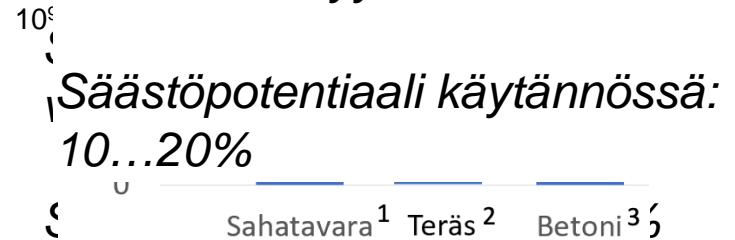
# BETONIN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

## Betonin päästöjen vähentämismahdollisuudet

- Betoni korvaaminen muilla materiaaleilla
- Betonin määrään vähentämisessä rakenteissa
- Sementin määrän vähentäminen betonissa
- Betonin ominaispäästöjen alentaminen, käytännössä lähinnä sideaineen ominaispäästöjen alentaminen

*Korvaavia materiaaleja ei ole riittävästi tarjolla.*

*Tietyissä käyttökohteissa ei ole potentiaalisia vaihtoehtoja betonille. Betonin määrää voidaan jossain määrin vähentää, mutta usein rakennuksen ominaisuuksien kustannuksella, esimerkkinä ääneneristävyys.*



<sup>1</sup> FAO

<sup>2</sup> World Steel Association

<sup>3</sup> International Energy Agency IEA

# LOIKKA-projekti



Aalto-yliopisto  
Aalto-universitetet  
Aalto University

**LOIKKA**

## Yleistä

- Tavoitteena puolittaa betonin valmistuksen CO<sub>2</sub>-päästöt
  - Kokonaisuutena n. 600 000 tn päästövähennys vuodessa
  - Päästövähennys vuoteen 2028 mennessä
- Lähtökohtana vähähiilisten sideaineiden laajamittainen käyttö
  - Ensisijaisesti kuonasideaineet

- **LOIKKA-hanke koostuu**
  - Aalto-yliopiston tutkimushankkeesta
  - 5 yrityshankkeesta
    - *Finnsementti Oy*
    - *Elematic Oyj*
    - *Lammin Betoni Oy*
    - *Betolar Oyj*
    - *Joutsenon Elementti Oy*
  - Tutkimusyhteistyötä Norjan Teknillisen Yliopiston kanssa (NTNU)

## Rahoitus ja aikataulu

- **Rahoitus**

- Business Finland
  - *Co-Innovation hanke*
  - *RRF-Haku, Vähähiilinen rakennettu ympäristö*
- Yritysten oma rahoitus
- Aallon tutkimushankkeessa rahoittajina myös:
  - *Betoniteollisuus ry*
  - *Talonrakennusteollisuus ry*
  - *Väylävirasto*

- **Aikataulu:**

- 1.3.22 – 29.2.24

- **Kokonaiskustannukset**

- n. 3,4 Milj.€



Euroopan unionin rahoittama –  
NextGenerationEU

## Tavoitteet

- **Loikan päästövähennystavoite on todella merkittävä**
  - **600 000 tn/v**
    - *Tulevaisuudessa kustannusvaikutus: 60 M€/v*
      - *Päästöoikeus: 100 €/tn*
      - *Ei ilmaisia päästöoikeuksia*
  - *>1% Suomen kokonaispäästöistä*
  - *Rakennusosalalla tuskin mahdollisuuksia suurempaan päästövähennykseen*

- **Vertailuesimerkkejä**

- a) Jos Suomen kerrostaloista 50% rakennettaisiin puurakenteisina
  - > **Päästövähennys: 200 000 tn/v**
    - *Kuninkaantammi, Helsinki, betoni- ja puurakenteisen kerrostalon ero oli 93 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>*
- b) Suomen tuulivoima, 2021
  - *962 tuulimyllyä, yht. 3257 MW*
  - *Tuotto 8,1 TWh/v*
  - > **Päästövähennys: 1 130 000 tn/v**
    - *vuoden 2022 sähkön päästöllä*
  - > **Päästövähennys: 405 000 tn/v**
    - *vuoden 2050 oletetulla sähkön päästöllä (CO2Data.fi)*

## Aallon tutkimushanke

- **Osaprojektit**

- 1. Vähähiilisten betonien lujuudenkehitys
  - 2. Vähähiilisten betonien säilyvyysominaisuudet
  - 3. Betonien optimointi CO<sub>2</sub>-päästöjen kannalta
  - 4. Vähähiilisten betonien tuotantotekniikka
  - 5. Tulevaisuuden ratkaisut betonin CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämiseksi
- Primääriset tutkimuspanostukset**
- Lisämahdollisuus päästöjen alentamiseksi**
- Tutkimustulosten hyödyntäminen**
- Tulevaisuuden mahdollisuudet**

## Vähähiilisten betonien lujuudenkehitys

- **Kuonasideaineet väistämättä hidastaa alkulujuudenkehitystä**
- **Tavoitteena on varmistaa vähähiilisten betonien riittävän nopea lujuudenkehitys**
- **Lämpökäsittelyn ja/tai kiihdyttimien avulla**
  - Riippuu sideaineesta
  - Riippuu käyttökohteesta
- **Resurssit:**
  - Post-doc tutkija: Anna Antonova
  - 2 diplomityötä
  - Diplomityö käynnissä:
    - *Ioanna Orfanoudaki: Early strength development of low carbon concretes*

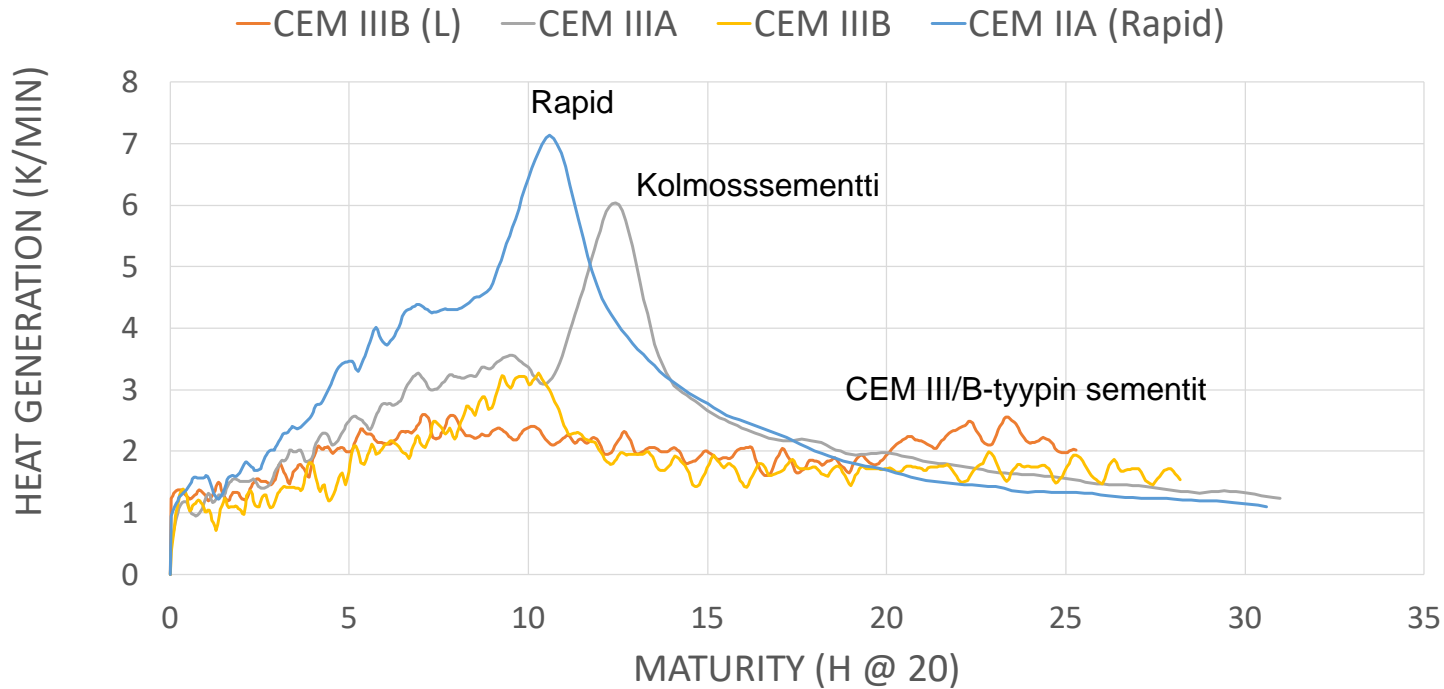


## Kiihdyttimien vaikutukset

- **Tutkittavana 9 sideainetta**  
(kuonan osuus sideaineesta)
  - FS: Pika (0%)
  - FS: Rapid (0%)
  - FS: Oiva (17%)
  - FS: Oiva + 25% MK (38%)
  - FS: Kolmossementti (42%)
  - FS: Oiva + 50% MK (59%)
  - FS: CEM III/B (69%)
  - Scan.Cem: CEM III/B (70%)
  - FS: Oiva + 75% MK (79%)
- Tutkitaan laastin lämmöntuottoa semi-adiabaattisella kalorimetrillä
  - *Eri sideaineet*
  - *Kiihdyttimen vaikutus, 4 erilaista kiihdytintä*
- Tavoitteena nopeuttaa kuonasementtien lujuudenkehitystä (lämmöntuottoa) niin, että päästään Referenssi-sementin tasolle

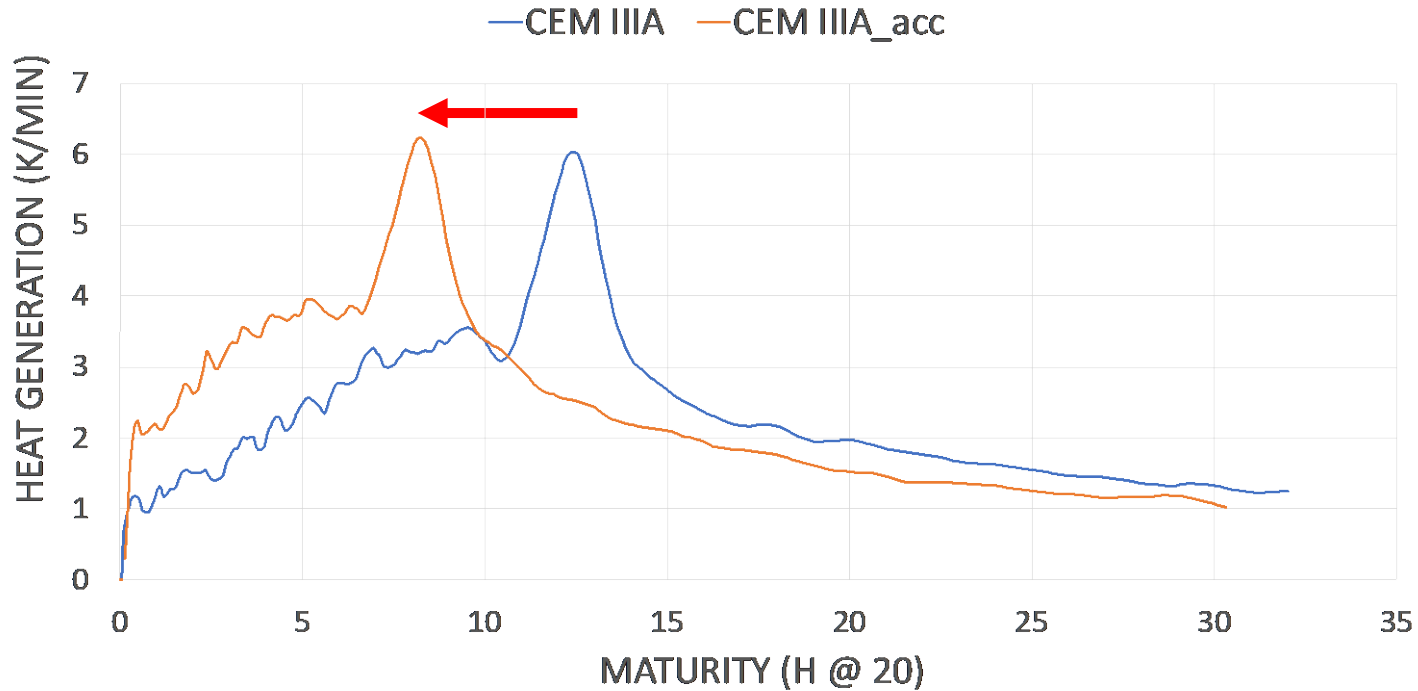
## Kiihdyttimien vaikutukset

### BINDERS WITHOUT ACCELERATORS



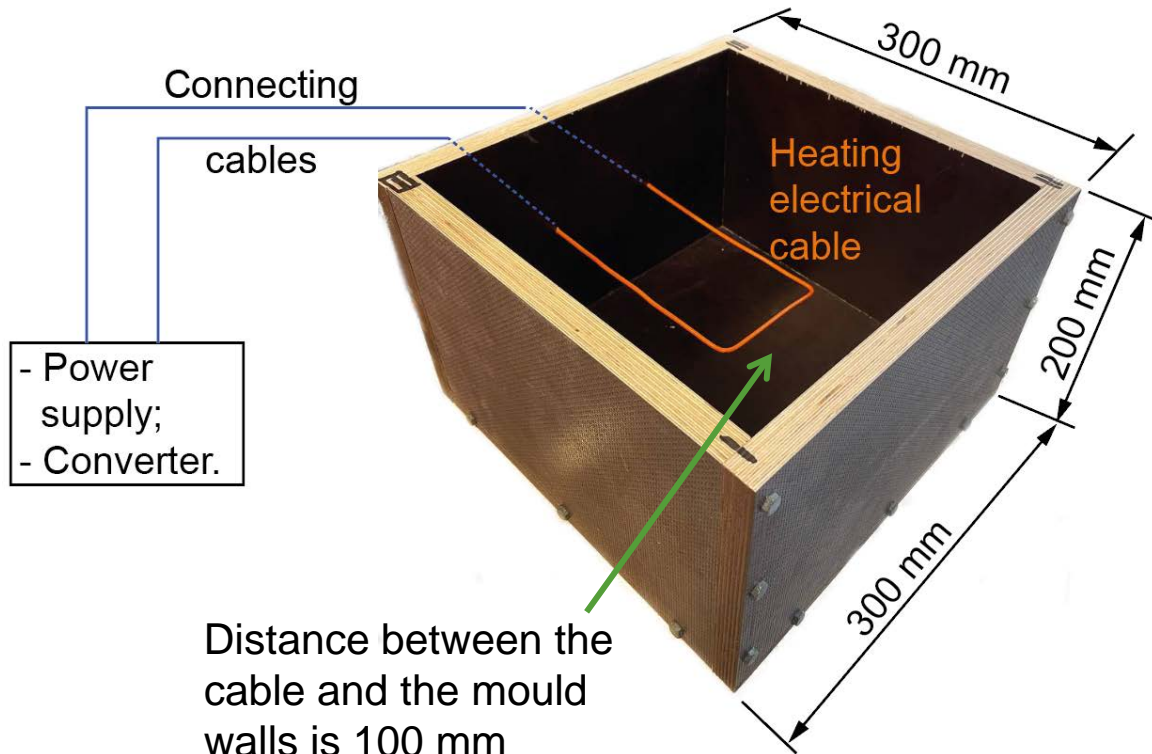
## Kiihdyttimien vaikutukset

CEM IIIA WITH MASTER X-SEED 3%



## Lämpökäsittely

### Muottisysteemi lämpökäsittelykokeisiin



Mitataan myös:

- Lämpötila eri kohdissa muottia
  - Myös langan lämpötila
- Lujuudenkehitys
  - 1, 2 ja 3 vrk
  - Kimmovasara

## Näkymät alkulujuuden osalta

- **Seossementtien alkulujuutta voidaan nopeuttaa:**
  - Kiihdyttimillä
  - Lämpökäsittelyllä
- **Lämpökäsittely on yleensä kustannustehokkaampaa**
  - Määritetään paljonko lämpöenergiaa tarvitaan ( $\text{kWh/m}^3$ )
  - Joissakin tilanteissa voidaan tarvita sekä lämpöä että kiihdytintä
- Perinteinen lankalämmitys vaikuttaa potentiaaliselta ratkaisulta
  - *Tehokas, lämpö kohdentuu betoniin*
  - *Helposti säädettävä*
- Myös muita lämmitystekniikoita tullaan hyödyntämään
  - *Muottilämmitys*
  - *Huputus*
- Lämmityksen aiheuttamat päästöt huomioitava
  - *Yleensä pienet (<5%)*

## Vähähiilisten betonien säilyvyysominaisuudet

- **Tavoitteena on varmistaa vähähiilisten betonien säilyvyysominaisuudet**
  - Pakkassuolakestävyys
  - Pakkaseenkestävyys
  - Karbonatisoituminen
- **Kuonan tiedetään heikentävän pakkassuolakestävyyttä**
  - 50% kuonamäärä pidetään kriittisen raja-arvona
  - Ikääntymisellä selkeä vaikutus
- **Resurssit:**
  - 2 diplomityötä
  - Diplomityö käynnissä:
    - *Ahsan Iqbal: Durability properties of low carbon concretes*

## D-työ Pakkassuolakestävyys, Ahsal Iqhal

- **Tutkittavana 9 sideainetta**  
(kuonan osuus sideaineesta)
  - FS: Pika (0%)
  - FS: Rapid (0%)
  - FS: Oiva (17%)
  - FS: Oiva + 25% MK (38%)
  - FS: Kolmossementti (42%)
  - FS: Oiva + 50% MK (59%)
  - FS: CEM III/B (69%)
  - Scan.Cem: CEM III/B (70%)
  - FS: Oiva + 75% MK (79%)

- **Betonit**
  - Vesi-sideainesuhde: 0,45
  - Ilmamäärä: n. 5%
  - Notkeusluokka: S3
- **Testimenetelmät:**
  - Puristuslujuus; 7, 28, 91 ja 365 vrk
  - Laatta-koe, Pakkassuolakestävyys
    - *Rapauma: CEN/TS 12390-9*
    - *Sisäinen vaurio: CEN/TR 15177*
  - Kapillaarinen vedelläimukoe ja painekyllästys
  - Huokosanalyysi

## D-työ Pakkassuolakestävyys, Ahsal Iqhal

- **Diplomityössä valmistetaan koekappaleet**
  - Kiihdytetty karbonatisoituminen (CO<sub>2</sub>-kammio, 56 vrk)
  - 1 vuoden ikääntyminen (65% RH)
- **Karbonatisoitumisella merkittävä vaikutus kuonabetonien pakkassuolakestävyyteen**
  - Ruotsissa uudet ohjeet rasitusluokassa XF4

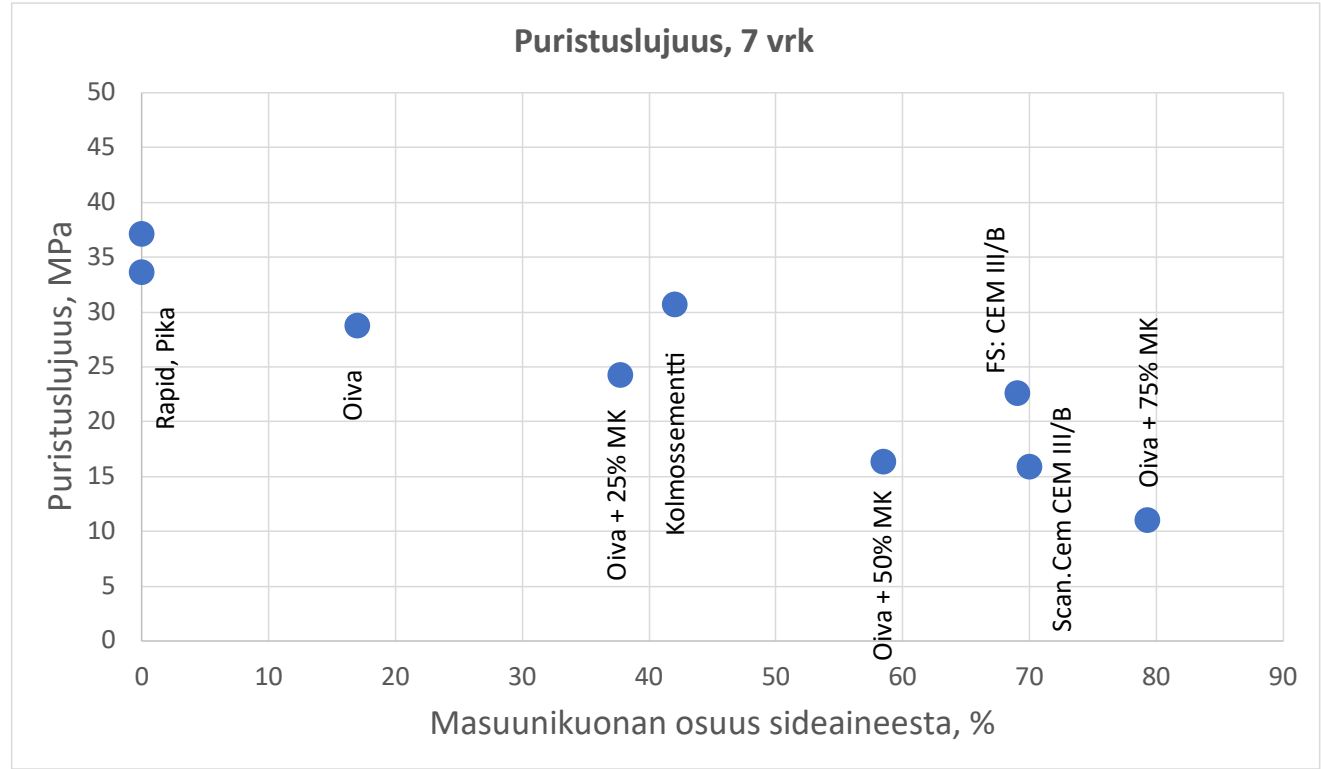




## D-työ Pakkassuolakestävyys, Ahsal Iqhal

Testibetonien  
puristuslujuus

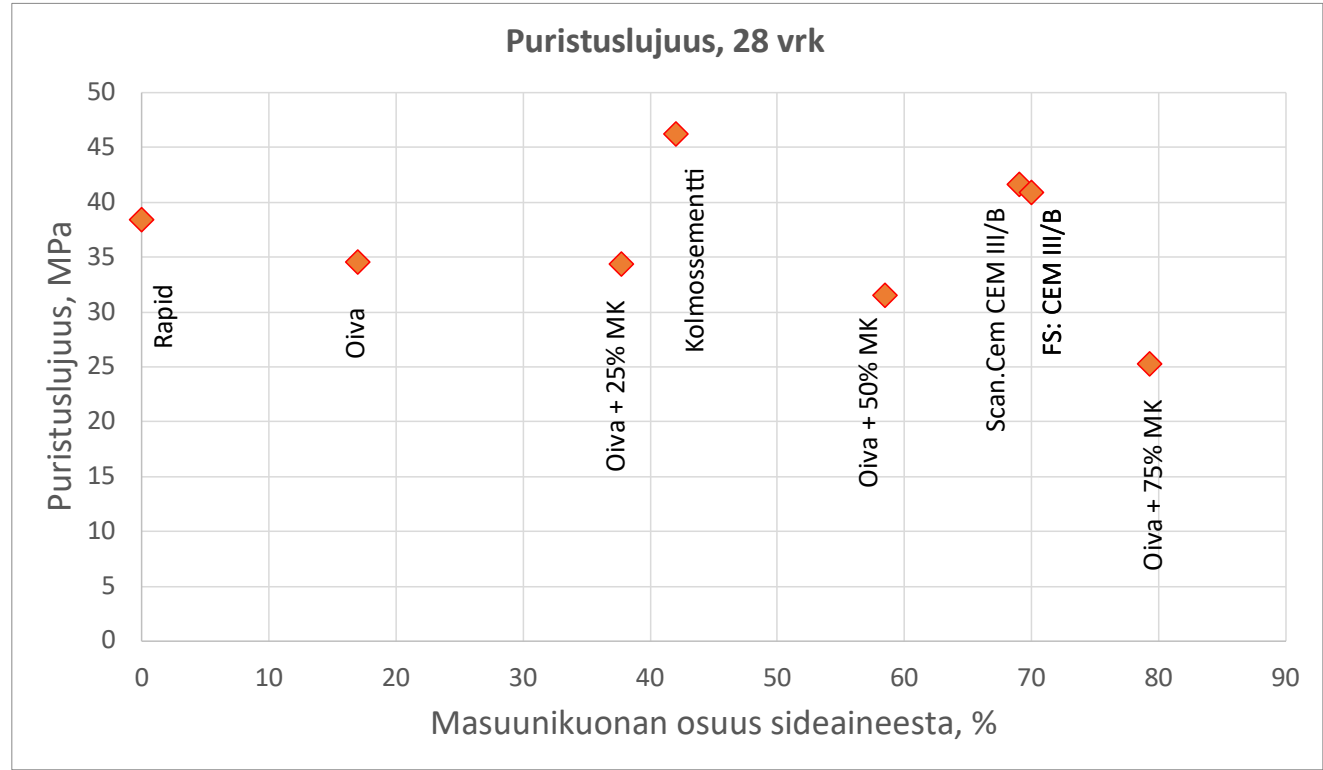
- Sama koostumus, notkistimen määrä vaihtelee
- Sementeillä erilaiset lujuusluokat (32,5 – 52,5)



## D-työ Pakkassuolakestävyys, Ahsal Iqhal

Testibetonien puristuslujuus

- Sama koostumus, notkistimen määrä vaihtelee
- Sementeillä erilaiset lujuusluokat (32,5 – 52,5)



## Betonien optimointi CO<sub>2</sub>-päästöjen kannalta

- **Tavoitteena saavuttaa päästövähennyksiä reseptioptimoinnilla**
  - Tavoitteena -10%
- **Kiviaineksen laadulla merkittävä vaikutus vedentarpeeseen ja siten sementin määrään (CO<sub>2</sub>)**
  - Particle Matrix Model (NTNU)

### Resurssit:

- Väitöskirjatutkija: Ville Repo
  - D-työ: *Fine grained crushed stone aggregate in concrete, 2017*
  - Väitöskirjatutkimus insinööri-geologiasta, prof. Jussi Leveinen

## Vähähiilisten betonien tuotantotekniikka

- **Tavoitteena optimoida tuotantotekniikka vähähiilisille betoneille**
  - Paikallavalu
  - Elementtirakentaminen
  - Betonituotteet
- **Painopistealueet**
  - Lujuudenkehitys
  - Betonien työstettävyysominaisuudet

### Resurssit:

- 2 diplomityötä
  - a) Selvitys vähähiilisen käyttöön liittyvistä haasteista
    - Aloitus n. 5/22
  - b) Vähähiilisen betonin käytön kehittäminen
    - Hyödynnetään tutkimustuloksia
    - Aloitus n. 5/23
- **Yhteistyö järjestöjen kautta:**
  - Talorakennusteollisuus ry
  - Betoniteollisuus ry

## Tulevaisuuden ratkaisut päästöjen vähentämiseksi

- **Hankkeen lähtökohtana vähähiilisten sideaineiden laajamittainen käyttö**
  - **Kartoitetaan myös muita mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseksi**
  - **Tarkastelujänne 10...20 vuotta**
    - Käyttöönotto 2030...2040
  - **Tutkittavia tekniikoita mm.:**
    - Vaihtoehtoiset sideaineet (ei-portlandsementti pohjaiset)
    - Hiilidioksidin talteenotto ja sähköinen kalsinointi
    - Tuhkat, mm. biotuhkat
    - Hiilidioksidia sitovat betonit
- Resurssit:**
- Post-doc tutkija
    - Tuomas Alapieti
  - Anna Antonova