

Koostumuksen vaikutus betonin tiivistettävyyteen

Good Vibrations-projekti

BETONITUTKIMUSSEMINAARI 2018



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Jouni Punkki

31.10.2018

Sisältö

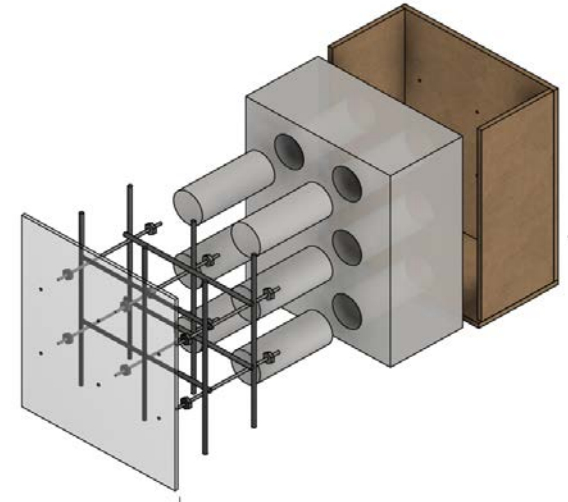
- **Good Vibrations-projekti**
- **Tiivistämisen kaksi perusongelmaa**
- **Betonin tiivistäminen tiivistetysti**
- **Käytännön suosituksia**

Good Vibrations-projekti

- Porakoeleikkaleiden tiheydet jää joskus reilusti tuoreen betonin tiheydestä (100...150 kg/m³)
- Ongelmia betonin tiivistyvyydessä?
- Nykyinen ohjeistus tiivistyksestä ei välttämättä ajan tasalla

Projektin tavoitteena selvittää:

1. Betonin koostumuksen vaikutukset betonin tiivistettävyyteen
2. Tarvittava tiivistysteho erilaisilla betonin koostumuksilla



Betoniteollisuus ry / VB-j.
SBK-säätiö
Finnsementti Oy
Liikennevirasto
BASF Oy
Destia Oy

Betonin tiivistäminen

Kaksi perusongelmaa

1. Tiivistyykö betonin riittävästi?

- *Projektin lähtökohta*
- *Ehtiikö tiivistysilma poistumaan betonista?*
- *Tarvittava tiivistysaika*
- *Miten betonin ominaisuudet vaikuttavat?*

2. Erottuuko betoni?

- *Tullut esille projektin alussa, havaittiin tosin jo Robust Air-projektissa*
- *Millaisilla tiivistysajoilla betoni erottuu?*
- *Miten betonin ominaisuudet vaikuttavat?*

Tiivistyykö betoni?

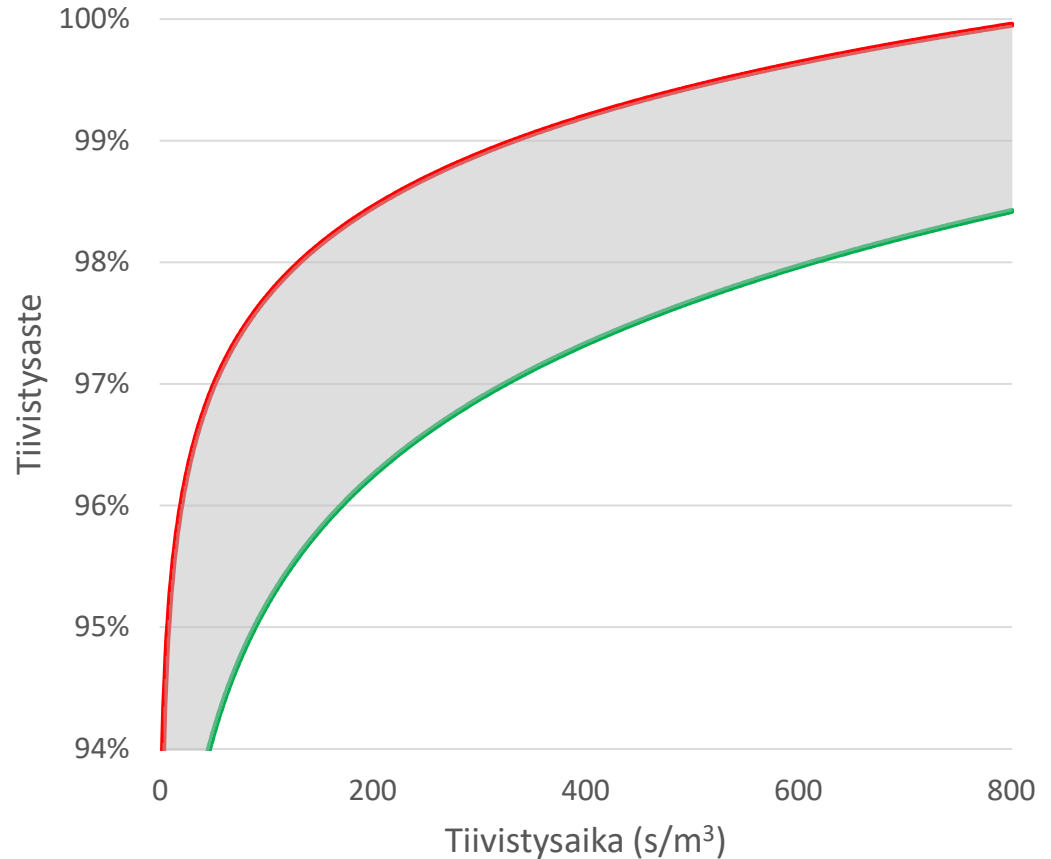
- Arvioitu vertaamalla koerakenteiden keskimääräistä tiheyttä laboratorikoelieriöiden tiheyteen
 - *Vertailutiheyden valinta on jossain määrin haasteellinen*
- Tiheyserojen avulla laskettu tiivistysaste
 - *100% tarkoittaa, että on saavutettu sama tiheys kuin lab.koekappaleilla*
- Myös puristuslujuuksia analysoitu
 - *Vertailuna lab.koekappaleiden lujuus (muunnettu 150 mm lujuudeksi)*
 - *Porakappaleiden lujuudet korjattu 85% vaatimuksella, lujuusarvot siten suoraan vertailukelpoisia*
 - *Porakappaleiden puristuslujuustuloksissa voi olla ylimääräistä hajontaa*

Tiivistysaste

Yksinkertaistettu malli

- Huokostamattomat betonit lähellä verhokäyrän yläreunaa
- Notkeusluokat hieman epäloogisia

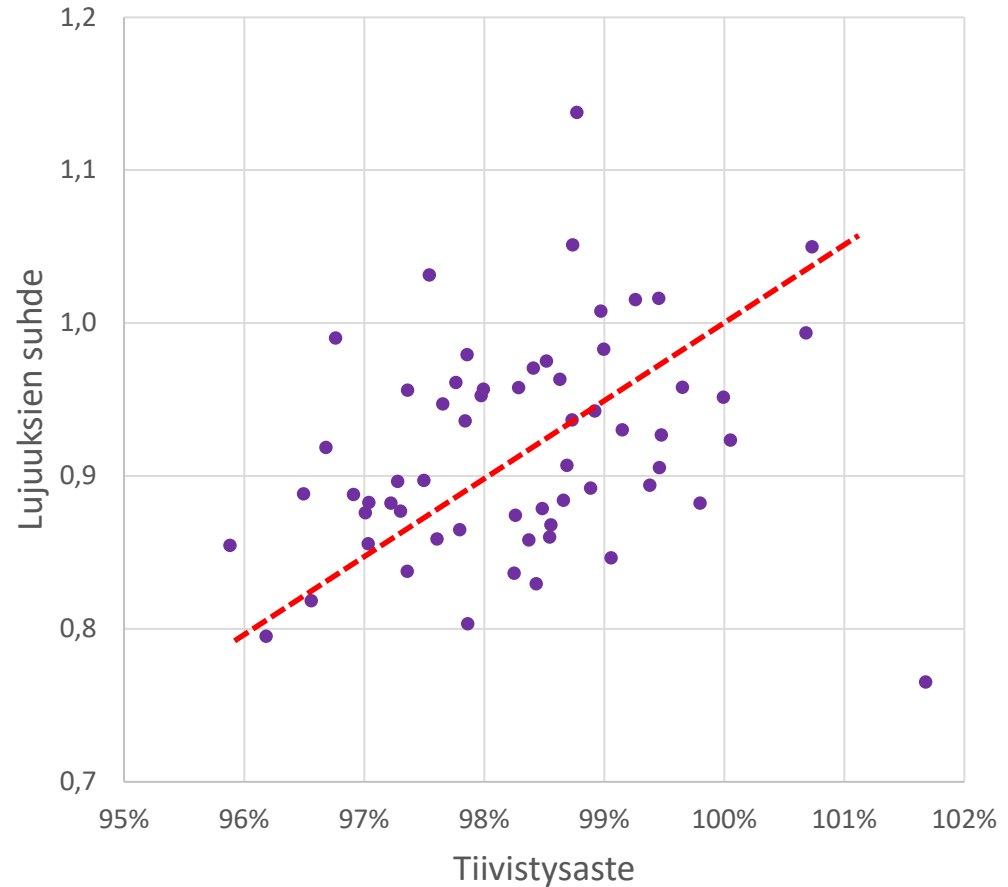
Hajontaa voi tulla myös vertailuarvon hajonnasta (lab.koekappaleiden tiheys)



Tiivistysaste vs. lujuuksien suhde

Runsaasti hajontaa

Toisaalta sopii keskimäärin
hyvin malliin: 1% ilmaa vastaa
5% lujuudessa.



Erottuuko betoni?

- Havaittiin ensimmäisissä testeissä, sitä kautta mukaan koeohjelmaan
- Selkeä tendenssi: Tärytysajan kasvaessa alimman rivin tiheys kasvaa ja vastaavasti ylimmän rivin tiheys alenee
- Arvioitu koerakenteista porattujen lieriöiden (6 kpl) tiheyden keskihajontaa
 - *Keskihajonnalle ei ole referenssitaso*
 - *Betonissa on aina jonkin verran hajontaa (tiheys, lujuus ym)*

TÄRYTYSAIKA

Lyhyt 140 s/m³

2216 36.9	2203 44.7
2228 46.6	2225 46.4
2238 47.6	2232 47.7

Tiheys, KA.= 2224

Tiheys, KH.= 12.5

PL, KA.= 45.0

PL, KH.= 4.1

Ylipitkä 800 s/m³

2169 43.9	2167 44.9
2285 47.7	2312 48.7
2349 52.4	2337 50.4

Tiheys, KA.= 2270

Tiheys, KH.= 81.9

PL, KA.= 48.0

PL, KH.= 3.2

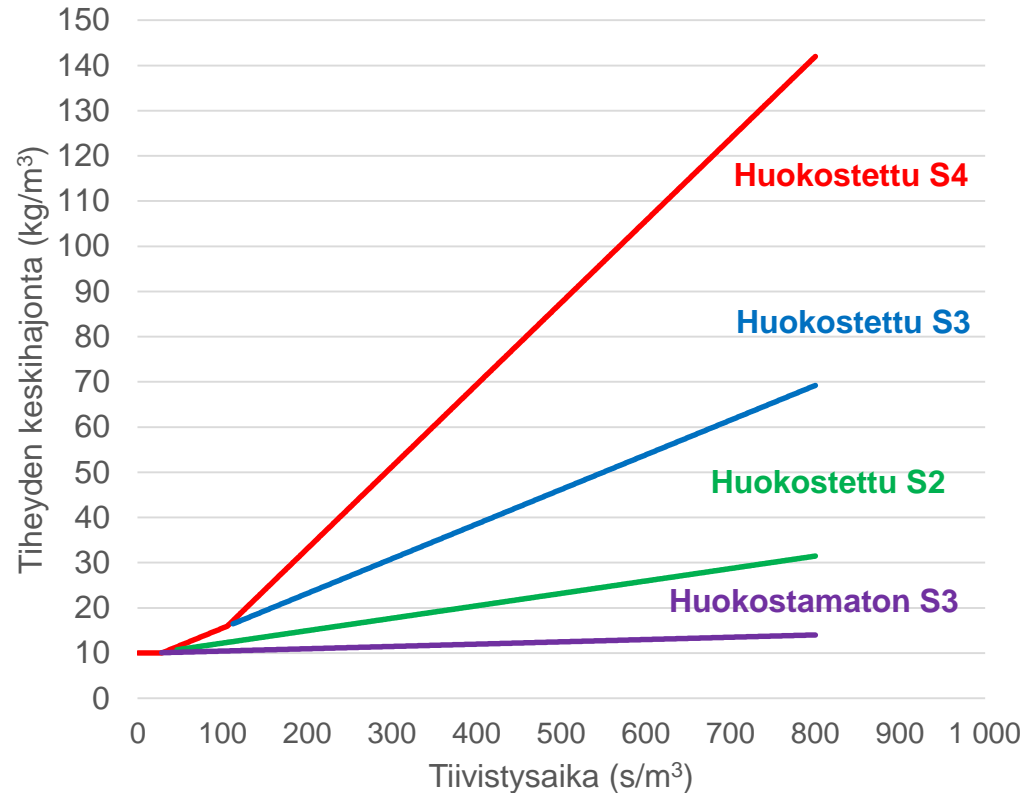
Erottumis-herkkyys

Yksinkertaistettu malli

Notkeusluokalla selkeä vaikutus.

Huokostetulla betonilla erottumisriski, erityisesti kun notkeusluokka S4 (S3).

Käytännön tärytysajat ovat aika lyhyitä (200 s/m³ tai allekin) ja siten erottumisriski on rajallinen.



Yhteenveto

Tämänhetkinen ymmärrys betonin tiivistämisestä

1. Muotti saadaan täytettyä jo lyhyellä tiivistysajalla

- ”Jos betoni saadaan pois autosta, se kyllä saadaan tiivistettyä”
- ”Jos rakenteessa rotankoloja, vibra ei ole käynyt kohdassa”

Painuma: 55 mm (ei tule autosta ilman apua)
Muotti täyttyy hyvin jo 5 s tärytyksellä



Yhteenveto

Tämänhetkinen ymmärrys betonin tiivistämisestä

2. Tiivistysilmaa vaikea saada poistettua kokonaisuudessaan betonista

- *Normaalit tiivistysajat (n. 200 s/m³) jättää betoniin yleensä 1...4% tiivistysilmaa*
- *85%:n vaatimustaso rakennekoekappaleilla on haastava*
- *Valukerrosten paksuuteen tulee kiinnittää huomiota*

Ilmakuplien nousunopeutta arvioitu videoilta.
Kuplat liikkuvat hitaasti (2...3 cm/s)



Yhteenveto

Tämänhetkinen ymmärrys betonin tiivistämisestä

3. Erottumisriski on olemassa

- *Huokostetut, notkeat betonit erottuvat helposti pidemmällä tiivistysajoilla*
- *Huokostamattomilla betoneilla erottumisriski on vähäinen*
- *Käytännön tiivistysajoilla (200 s/m³) erottumisriski on kohtuullisen pieni*
- *Erottuminen ei välttämättä alenna lujuutta merkittävästi*

Notkea massa: S4, 210 mm
Erottuminen alkaa jo lyhyen tärytyksen aikana.



Käytännön suosituksia

1) Tärysauvan valinta

- Riittävän tehokas
- Tärysauva määrää myös tärytysvälin

2) Suositeltava valukerroksen paksuus

- 30 cm huokostetuilla betoneilla
- 50 cm huokostamattomilla betoneilla

3) Tärytetään mieluummin lyhyempiä aikoja useammasta kohtaa

4) Notkeiden (huokostettujen) massojen kanssa varovaisuutta

- Tulisi harkita IT-betonin käyttöä
- Leviämä olisi parempi mittari notkeudelle kuin painuma



KIITOS

Good Vibrations
projekti valmistuu
syksyn aikana.