

# “Control of Concrete Compaction Using Machine Learning”



Aalto University  
School of Engineering

Tohtorikoulutettava  
Hassan Ahmed



# Hassan Ahmed



- Alexandrian yliopisto, Egypti

*Kandidaatin tutkinto (2016)*

- Aalto-yliopisto, Suomi

*Maisterin tutkinto (2018 – 2020)*

*“Use of Electrical Impedance Spectroscopy (EIS) for Online Monitoring of Concrete Compaction”*

- Aalto-yliopisto, Suomi

*Tohtorin tutkinto (2020 – )*

*“Control of Concrete Compaction Using Machine Learning”*



# Esityksen sisältö

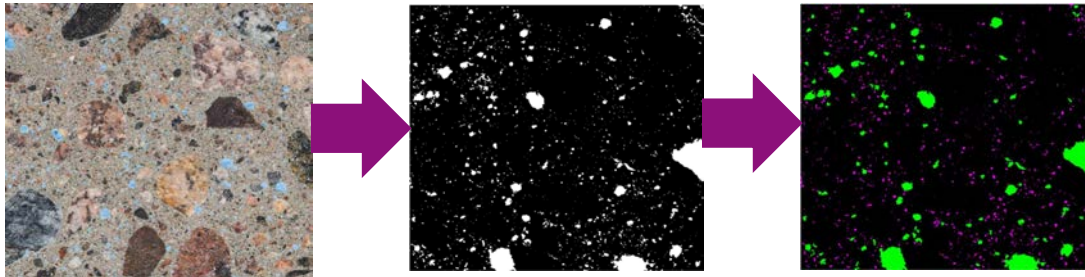
1. Miten arvioida tiivistystä?
2. Betonin erottumisen arviointi sähköisen mittauksen avulla
3. Kuplien analysointi betonin pinnalla
4. Yhdistetty koneoppimismalli

# 1. Miten arvioida tiivistystä?



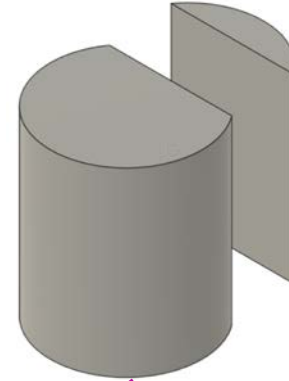
# Betonin ominaisuudet ja tutkimusmenetelmät

- 28 valua; 12 tärysauvalla ja 16 tärypöydällä.
- Painuman keskiarvo = 187 mm (S4).
- Ilmamäärän keskiarvo = 6,6 %.
- Mitattiin kiekkojen tiheydet ja tiivistysshuokosmäärä.

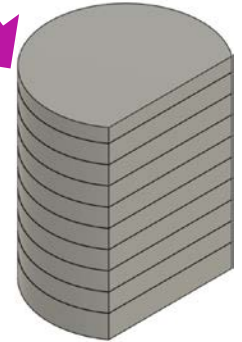


- Pinta hiottiin
- Levitettiin väriainetta
- Suodatettiin pikselit
- Valittiin halkaisijat > 0,8 mm

“Pystysuuntainen näyte”



“Vaakasuuntaiset kiekot”



# Pystysuuntaiset näytteet



Alitiivistetty



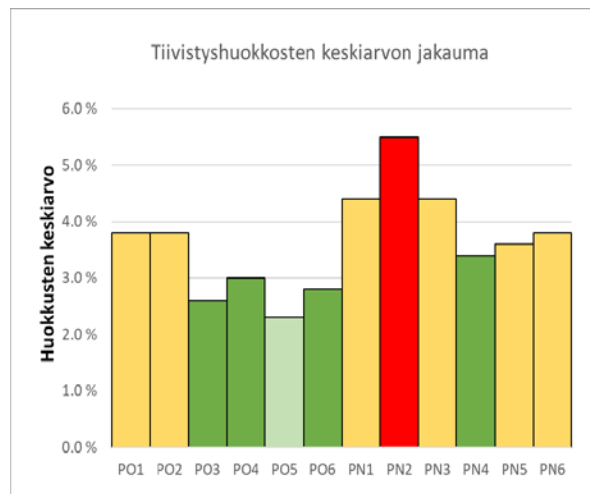
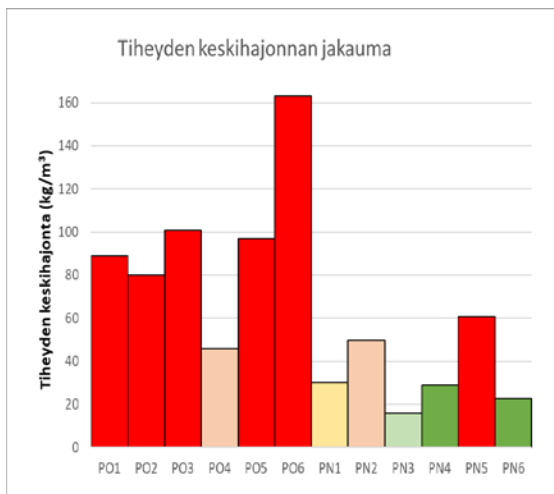
Hyvin tiivistetty



Ylitiivistetty

# Erottumisen ja tiivistyshuokosten arvioidut raja-arvot

Taso	Keskijajonta
Erittäin matala	$\leq 20$ kg/m <sup>3</sup>
Matala	20 – 30 kg/m <sup>3</sup>
Kohtalainen	30 – 40 kg/m <sup>3</sup>
Korkea	40 – 50 kg/m <sup>3</sup>
Erittäin korkea	$\geq 50$ kg/m <sup>3</sup>



Taso	Keskiarvo
Erittäin matala	$\leq 2.5\%$
Matala	2.5% – 3.5%
Kohtalainen	3.5% – 4.5%
Korkea	4.5% – 5.5%
Erittäin korkea	$\geq 5.5\%$

- Kiekoista tiheyksien keskihajonta → Erottumistaso
- Kiekoista tiivistyshuokosten keskiarvo ja vaihteluväli → Tiivistysilmamäärä

# Tiivistyksen laatu – kovettunut betoni

Koekappale	Tiivistyksen laatu	
	Erottumistaso	Tiivistysilmamäärä
PO1	5	3
PO2	5	3
PO3	5	2
PO4	4	3
PO5	5	1
PO6	5	2
PN1	3	3
PN2	4	4
PN3	1	3
PN4	2	2
PN5	5	3
PN6	2	2

Esimerkit:

PO3 : Erittäin korkea erottuminen & matala tiivistysilmamäärä.

PN3: Erittäin matala erottuminen & kohtalainen tiivistysilmamäärä.

**Kysymys!**

Miten voimme arvioida erottumista ja tiivistysilmamäärä tuoreessa betonissa?

1 Erittäin matala	2 Matala	3 Kohtalainen	4 Korkea	5 Erittäin korkea
----------------------	-------------	------------------	-------------	----------------------



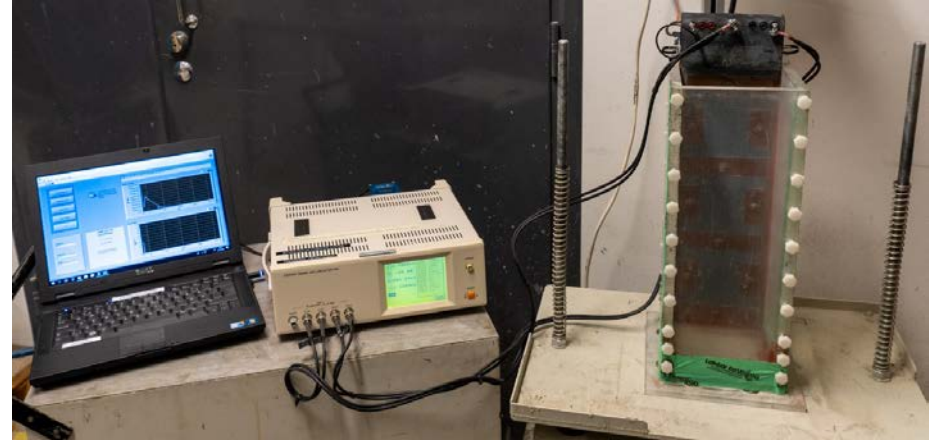
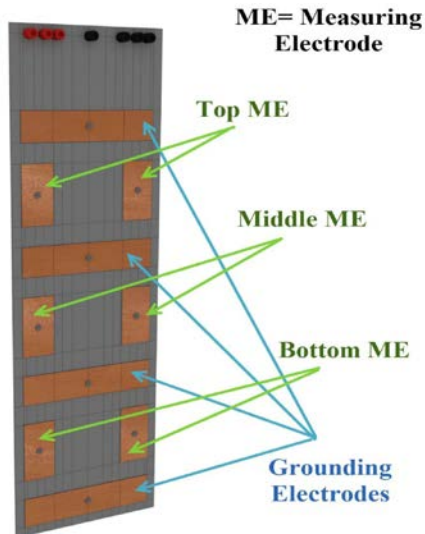
# 2. Betonin erottumisen arviointi sähköisen mittauksen avulla



Aalto University  
School of Engineering

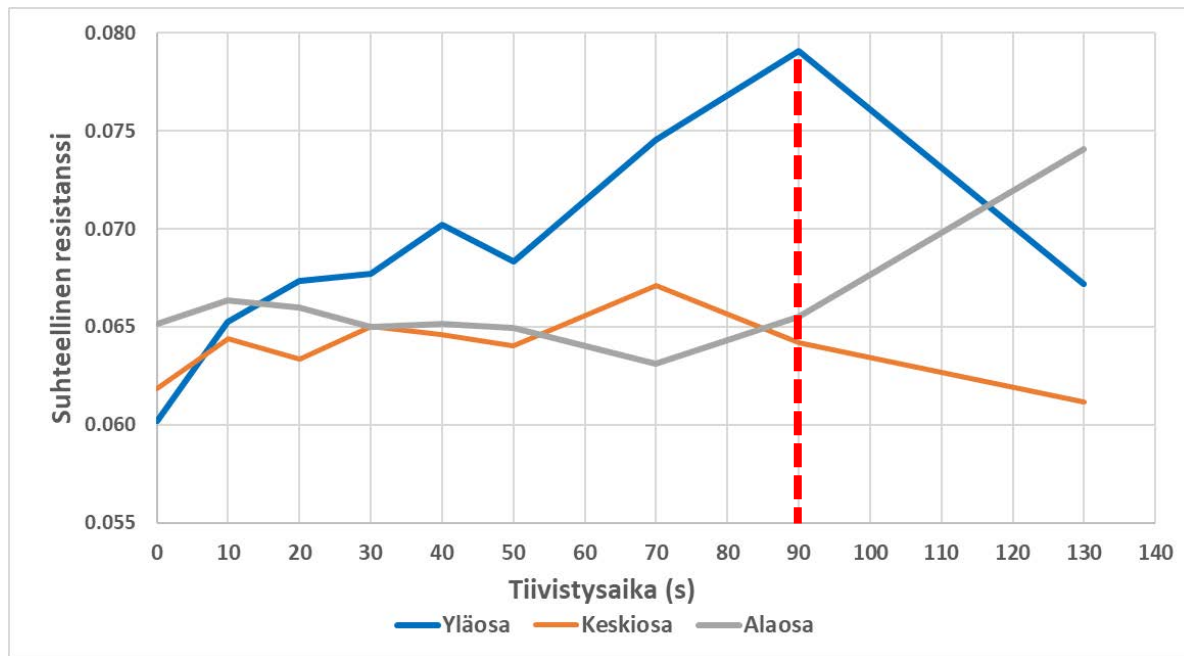
# Sähköiset mittaukset – teoria & asetus

- Sementtipasta on johde.
- Kivet ja ilmakuplat on eristeitä



- Mittaukset tehtiin tiivistysten välissä
- Tuloksia verrattiin kovettuneen betonin testeihin

# EIS:n tulokset ja analyysi



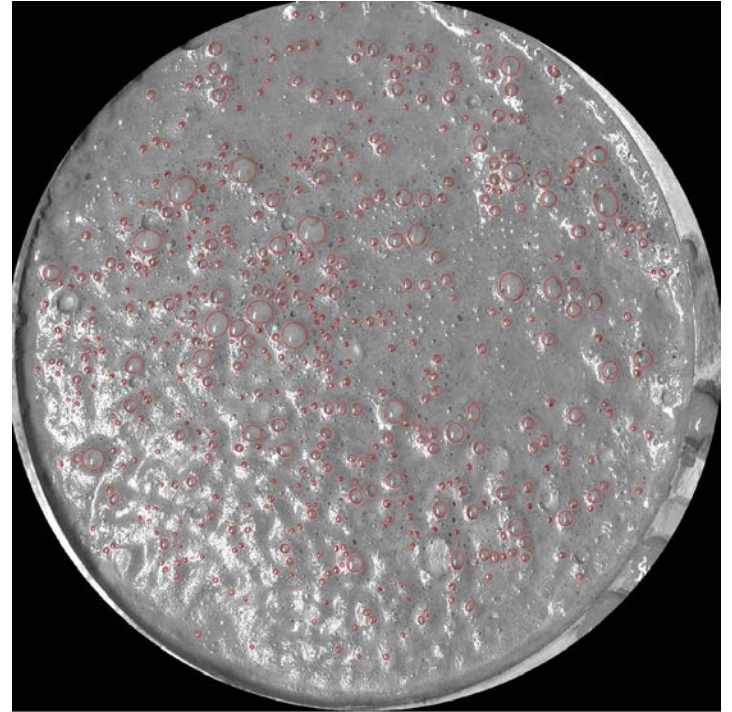
# 3. Kuplien analyysi betonin pinnalla



Aalto University  
School of Engineering

# Pintakuplien seuranta

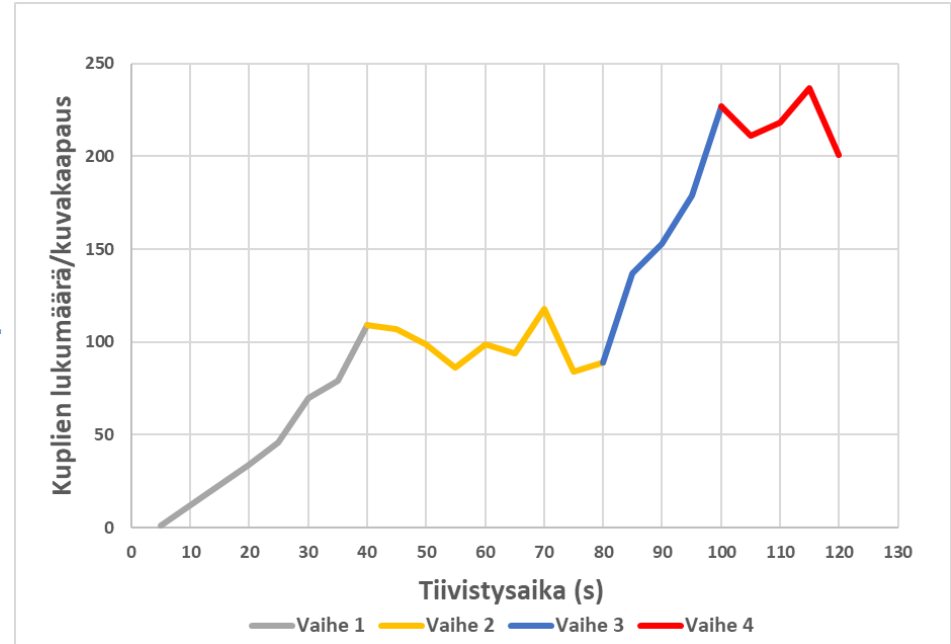
- Perinteisesti tiivistystä seurataan pinnasta silmämääräisesti.
- Tiivistys lopetetaan pinnan tasaisuuden ja kuplien nousumäärän mukaan.
- Pintaa videoitiin tiivistyksen aikana ja kuplat valittiin manuaalisesti.
- Kuplien lukumäärää käytettiin analyysiin



“Käsin valitut kuplat”

# Pinnan kuplamäärä – Analyysi

- Kuvakaappaus joka 5. sekunti.
- Samanlainen kuvio kuudessa videossa.
- Tiivistys pitäisi lopettaa 3:ssa vaiheessa.
- Kuplat tullaan havaitsemaan automaattisesti tekoälyn avulla.



# 4. Yhdistetty Koneoppimismalli

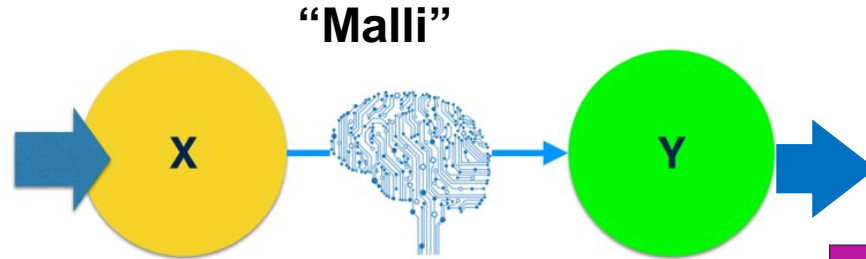


Aalto University  
School of Engineering

# Tulevaisuuden tiivistysmalli

## Input:

- Videot/Kuvat
- Sähköiset mittaukset



**Output:**  
Tiivistyslaatu



Koekappale	Tiivistyksen laatu	
	Erottumistaso	Tiivistysilman määrä
PO1	5	3
PO2	5	3
PO3	5	2
PO4	4	3
PO5	5	1
PO6	5	2
PN1	3	3
PN2	4	4
PN3	1	3
PN4	2	2
PN5	5	3
PN6	2	2



# Kiitos!

Hassan Ahmed

[Hassan.ahmed@aalto.fi](mailto:Hassan.ahmed@aalto.fi)

+358 452 577 811



Aalto University  
School of Engineering