

Notkeuden automaattinen mittaaminen

Väitöskirjatutkimus



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

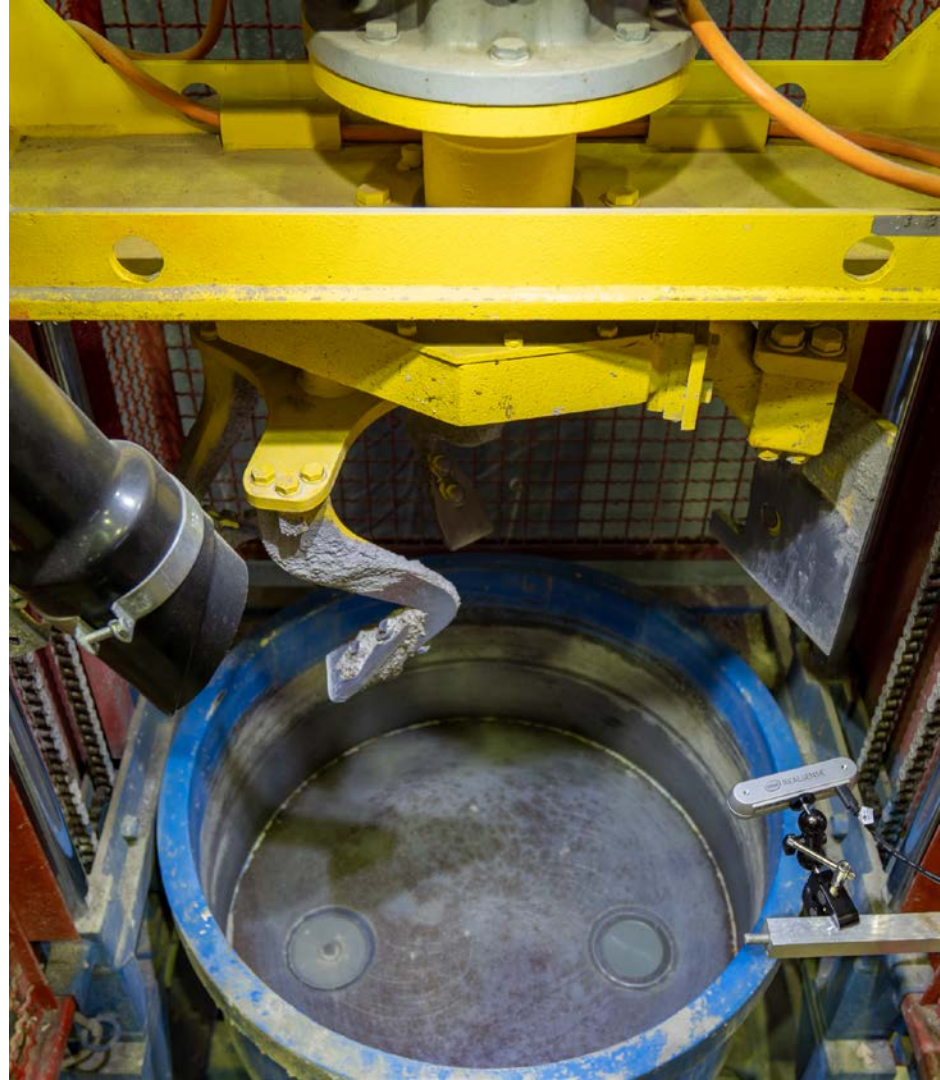
Teemu Ojala

Doctoral Candidate

17.5.2022

Sisällys

1. Esittely
2. Miksi mitata automaattisesti?
3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta
4. Yhteenveto



1. Esittely

- Teemu Ojala,
Tohtorikoulutettava Aalto-
yliopistossa
Rakennustekniikan laitoksessa
- Kandi- ja DI-opinnot myös
Aallossa
 - DI-työ “Analyzing the air-
entrainment of fresh concrete
with an acoustic measurement
system”
- Väitöskirjatutkimus
aiheena tuoreen betonin
automaattinen mittaaminen
- Osa-alueita:
 - Ilmamäärän mittaus
 - Vesimäärän mittaus
 - Tiivistyksen monitorointi
 - Työstettävyyden mittaus



CiDRA Airtrac



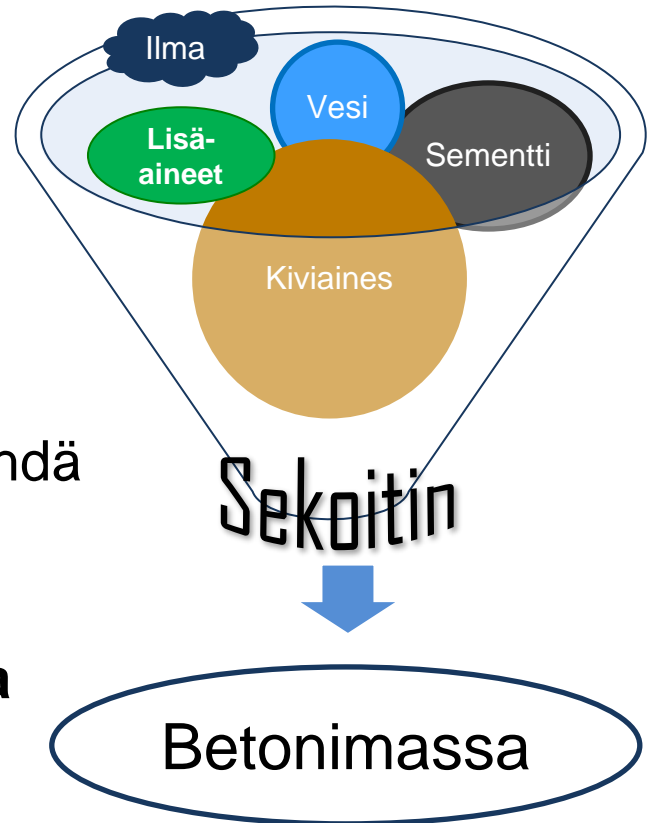
Hydronix



IMKO

2. Miksi mitata automaattisesti?

- **Tuotannossa esiintyy laadunvaihtelua**
 - Raaka-aineiden luonnollinen vaihtelu
 - Tuotantotavoista riippuvat vaihtelut
- **Automaattisella mittauksella voidaan**
 - Korvata ”antiikkiset” testit
 - Vähentää betonin laadunvaihtelua
 - Huomata mahdolliset epäkohdat ja tehdä korjaavat toimenpiteet
 - Pienentää tuotannon kertoimia
- **Parantaa tiedon liikkumista eri vaiheissa**



3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Tutkimuskysymys

- Asiantuntija pystyy arvioimaan betonin työstettävyyden suoraan sekoittimesta tai sitä valaessa.
- Voiko tietokone arvioida betonin notkeuden / leviämän?

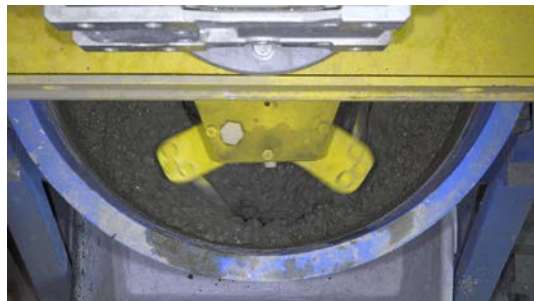


3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Valut

- **Tehtiin 13 betonimassaa**
 - Notkistettiin useaan kertaan → 42 tuoreen betonin mittausta
- **Betonit**
 - Plus- tai Oivaseementti
 - Huokostamattomia
 - V/S-suhteet 0,35–0,55
 - Notkeudet 10–230 mm
 - Leviämät 200–550 mm



3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Mallin luonti



Spider-lapa



Scoop-lapa

Koodin luominen



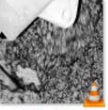

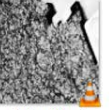

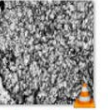







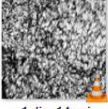

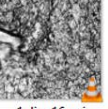
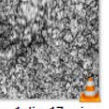





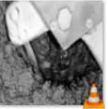

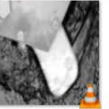
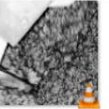
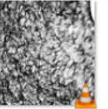
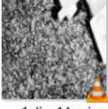

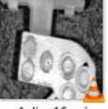




Tekoälymallin opettaminen



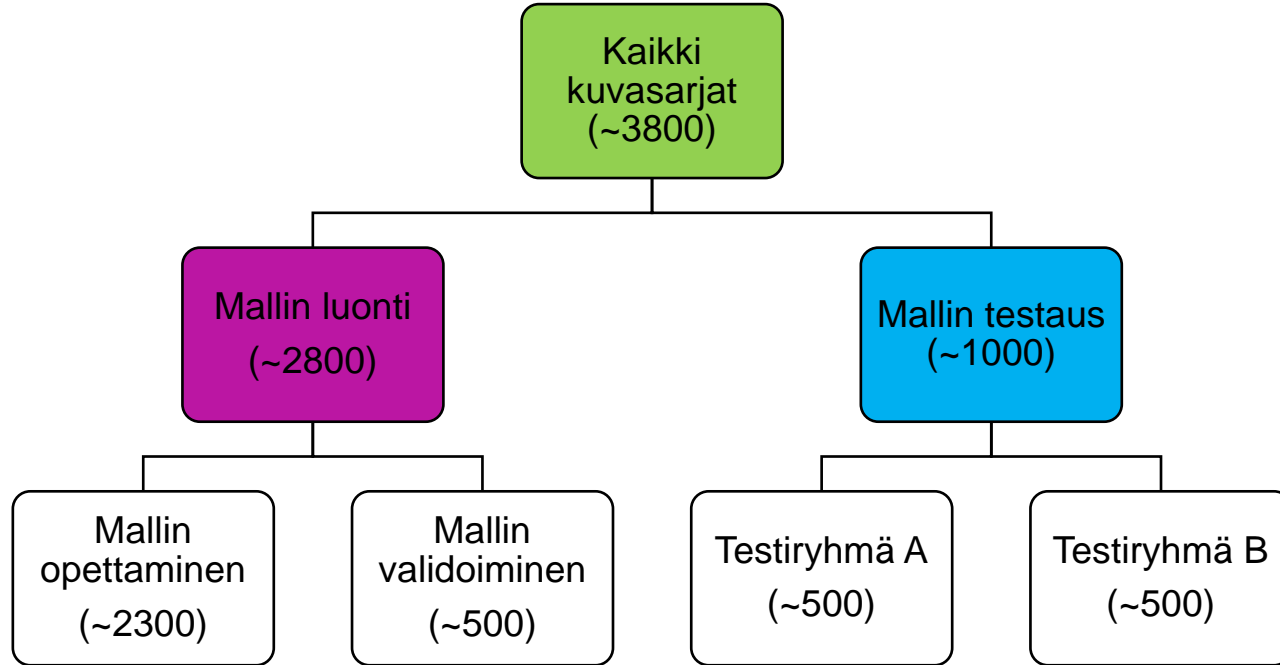
Videoiden käsittely kuvasarjoiksi

Tekoälymallilla ennustaminen

3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Optimointi

Prosessointimenetelmä, PM	Kuvasarjassa olevat kuvat
1	       1clip_14.avi 1clip_15.avi 1clip_16.avi 1clip_17.avi 1clip_18.avi 1clip_19.avi 1clip_20.avi
2	       1clip_14.avi 1clip_15.avi 1clip_16.avi 1clip_17.avi 1clip_18.avi 1clip_19.avi 1clip_20.avi
3	       1clip_14.avi 1clip_15.avi 1clip_16.avi 1clip_17.avi 1clip_18.avi 1clip_19.avi 1clip_20.avi
4	       1clip_14.avi 1clip_15.avi 1clip_16.avi 1clip_17.avi 1clip_18.avi 1clip_19.avi 1clip_20.avi
5	       1clip_14.avi 1clip_15.avi 1clip_16.avi 1clip_17.avi 1clip_18.avi 1clip_19.avi 1clip_20.avi

3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Datajoukot



3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Mitä malli oppii?

- Opetuksen aikana mallille syötetään datajoukon kuvasarjat useaan kertaan.
 - Kone ennustaa luvun (painuma / leviämä) malliin opetettujen painoarvojen mukaan.
 - Opetettavan mallin suorituskykyä arvioidaan virheen suuruudella.
 - Kun saadaan parempi tulos, mallissa olevia painoarvoja päivitetään.
- Meidän mallissa on noin 180 000 opetettua parametria.
- Malli ottaa myös huomioon ennusteessa koko kuvasarjan.

3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Tulokset

Testiryhmä A

Painuma	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
RMSE	45.4	40.5	45.4	35.0	41.0
R ²	0.275	0.424	0.275	0.550	0.417
Leviämä					
RMSE	54.0	40.7	45.1	40.0	44.1
R ²	0.056	0.464	0.343	0.482	0.377

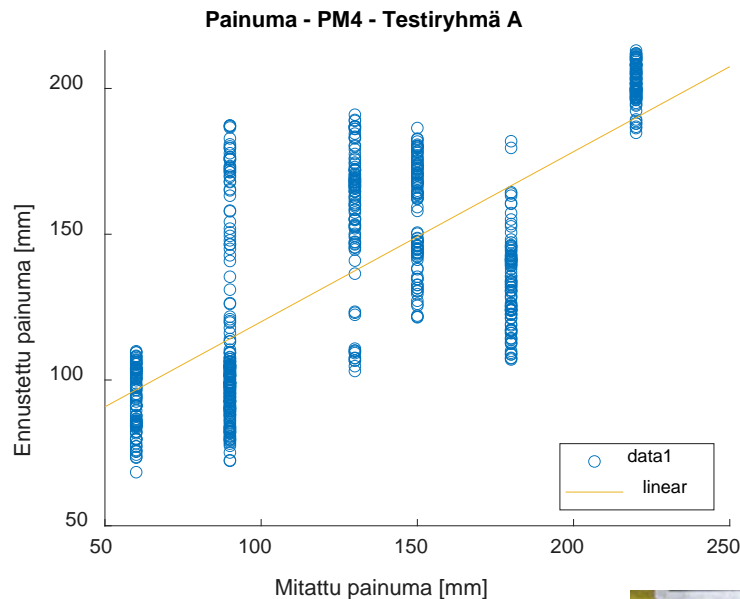
Testiryhmä B

Painuma	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
RMSE	47.6	55.8	45.5	48.3	43.3
R ²	0.541	0.368	0.581	0.527	0.619
Leviämä					
RMSE	61.0	66.8	63.2	64.4	53.6
R ²	0.451	0.343	0.412	0.391	0.576

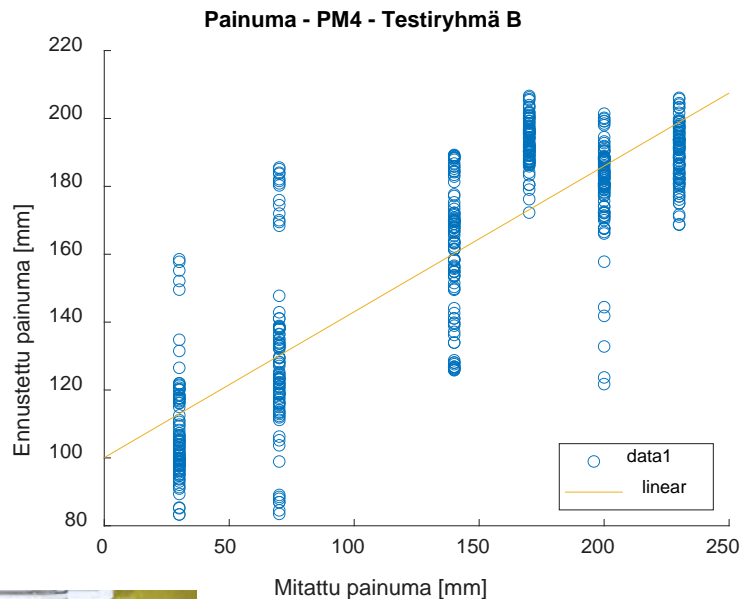
RMSE = keskineliövirheen neliöjuuri

R² = selitysaste

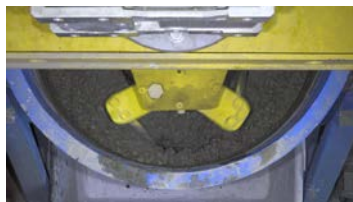
3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Tulokset, Painuma



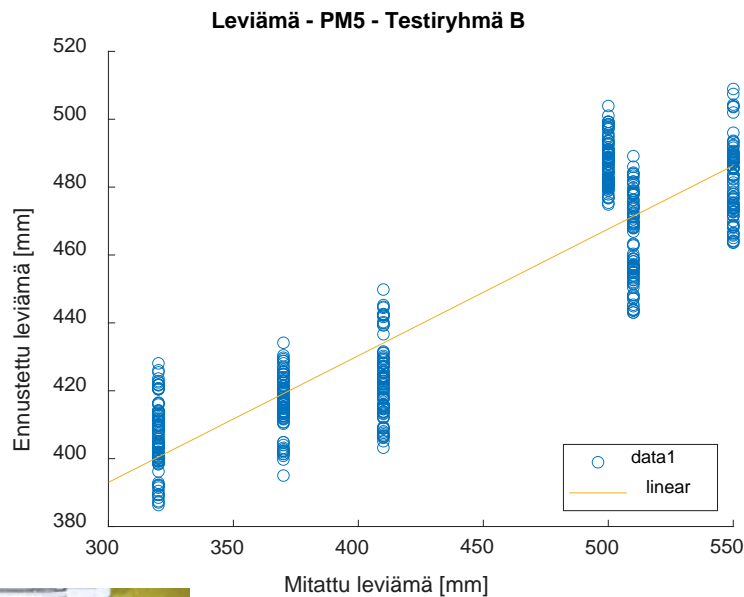
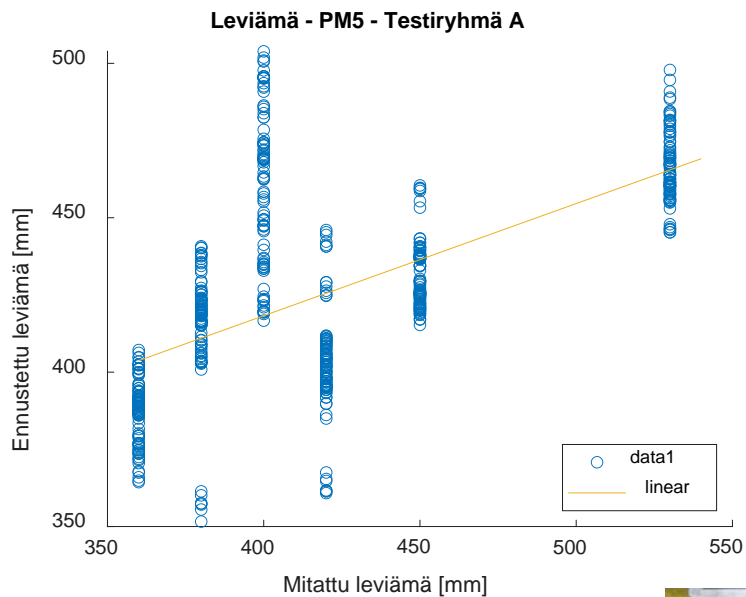
RMSE = 35.0
 $R^2 = 0.55$



RMSE = 48.3
 $R^2 = 0.53$



3. Notkeuden mittaaminen videokuvasta – Tulokset, Leviämä



RMSE = 44.1

$R^2 = 0.38$



RMSE = 53.6

$R^2 = 0.58$

4. Yhteenveto

- **Rajallisella määrällä dataa tulokset näyttävät hyviltä**
 - Optimoitu prosessointimenetelmä pienentää ennusteiden hajontaa
 - Käytännössä kannattaa laskea usean kuvasarjojen keskiarvo
 - Painuma ja leviämisen luotettavuus
- **Tulevaisuuden tutkimusaiheita**
 - Seuraava askel olisi kerätä data betoniasemalta
 - Tutkia muita videointitekniikoita
 - Yhdistää muita mittauksia malliin



Kiitos!

Yhteystiedot

Teemu Ojala

Doctoral Candidate

teemu.ojala@aalto.fi

Department of Civil Engineering

Rakentajanaukio 4

02150, Espoo