

# Sensorer i Femerns felteksponeringsplads - de første erfaringer



**Henrik Erndahl Sørensen**  
**Teknologisk Institut**

SensoByg seminar, 10 november 2010

# Disposition

- Sensorer
- Betonblokke
- Eksponeringspladsen
- Feltinstallation
- De første data
- Tidlige konklusioner



# Sensorer til Femern-blokke

## Type 1 - med intern antenne

- Intern antenne
  - Internt batteri
  - Ekstra tætning af hus (Tempress)
  - Gore-tex forsegling af fugtsensor
- 
- + Nem at montere
  - + Svær at ødelægge (f.eks. ved hærværk)
- 
- Begrænset levetid
  - Lille rækkevidde i beton



# Sensorer til Femern-blokke



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

## Type 2 – med ekstern antenne

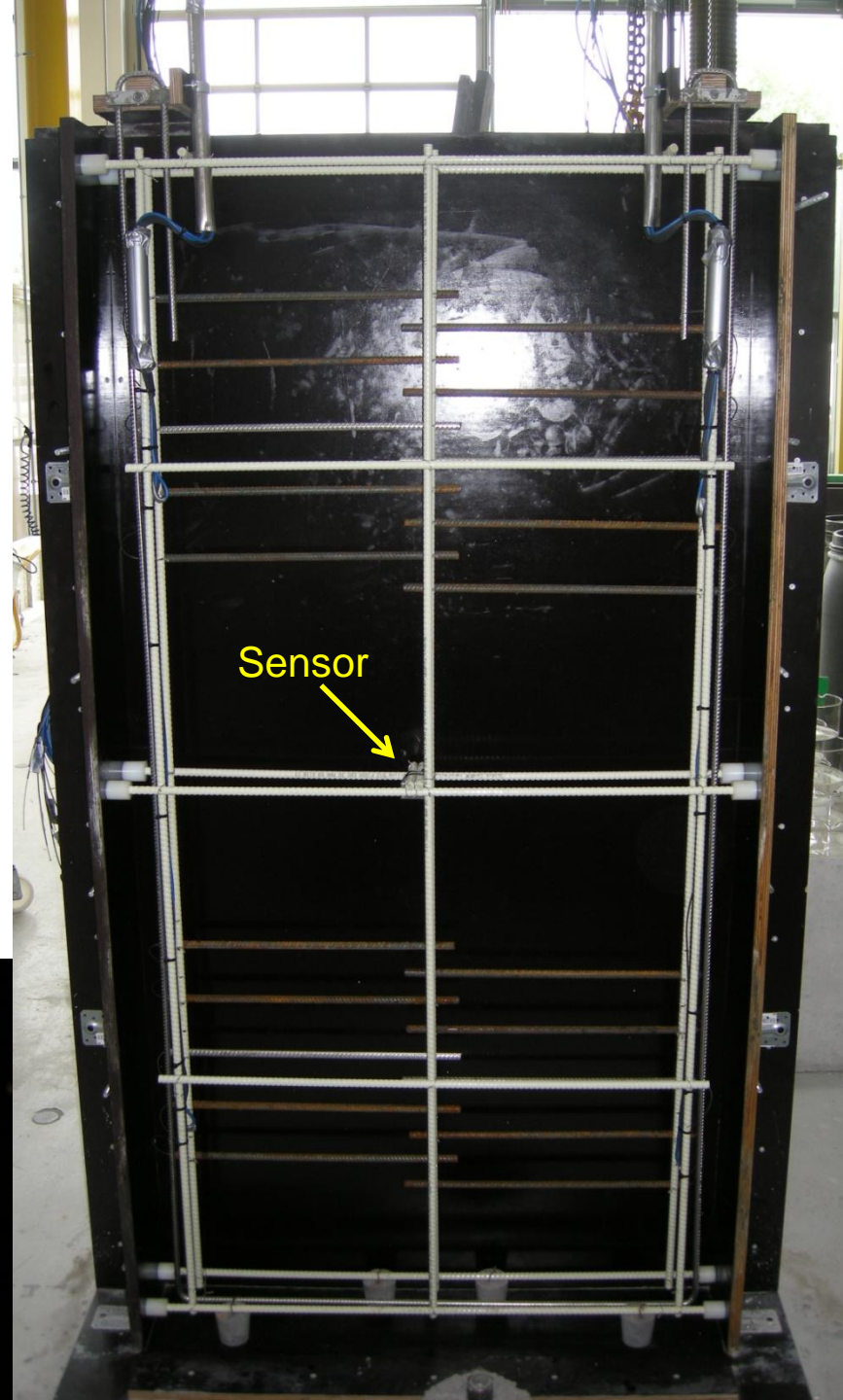
- Ekstern antenne
  - Eksternt batteri
  - Ekstra tætning af hus (Tempress)
  - Gore-tex forsegling af fugtsensor
- +
  - +
  - 
  -
- Ubegrænset levetid
  - Forbedret rækkevidde
  - Kræver ledningsføring
  - Behov for sjældne batteriskift



# Betonblokke

## 3 blokke hver med 1 sensor

- 3 forskellige bindertyper:  
A-M = Lavalkali portlandcement  
F-M = 3-pulver blanding "Storebæltbeton"  
K-M = Slaggecement
- Alle 3 blokke har v/c-forhold på 0,40 og samme delmaterialer i øvrigt
- Ingen Gore-tex forsegling af fugtsensor
- 2 lodrette revner i hver blok



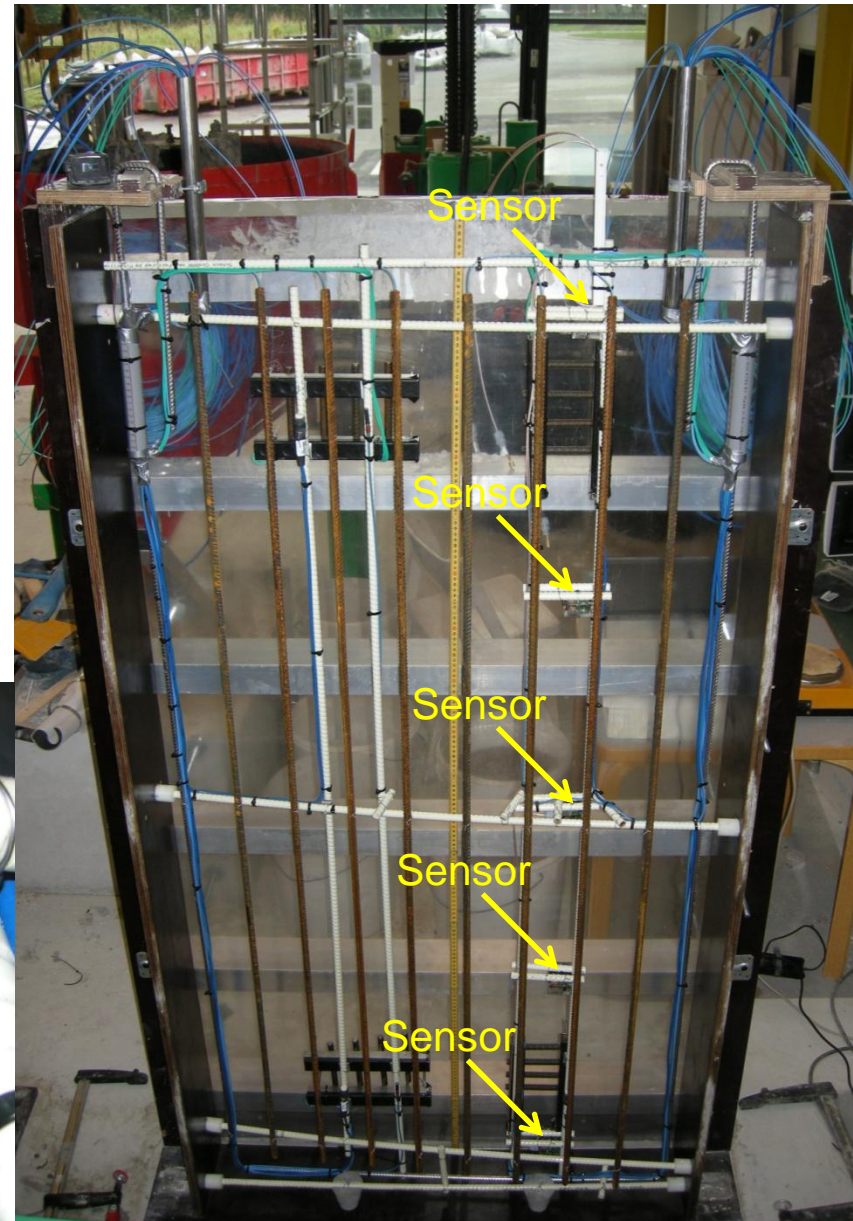
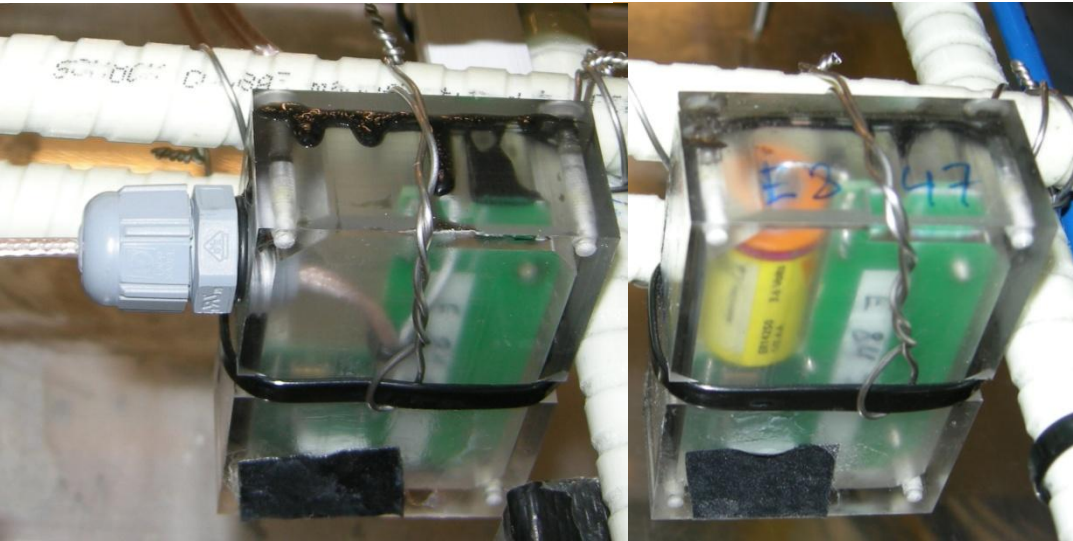
# Betonblokke



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

## 3 blokke hver med 5 sensorer

- Samme 3 betontyper som tidligere
- Gore-tex forsegling af fugtsensorer
- 3 sensorer med ekstern antenne  
Afstand fra top: 30cm, 100cm og 170cm
- 2 sensorer med intern antenne  
Afstand fra top: 65cm og 135cm



# Betonblokke

## Udstøbning

- Betonblokke måler 0,2m x 1m x 2m
- Udstøbning sker fra top af form
- Vibrering for hvert lag på ca. 40 cm



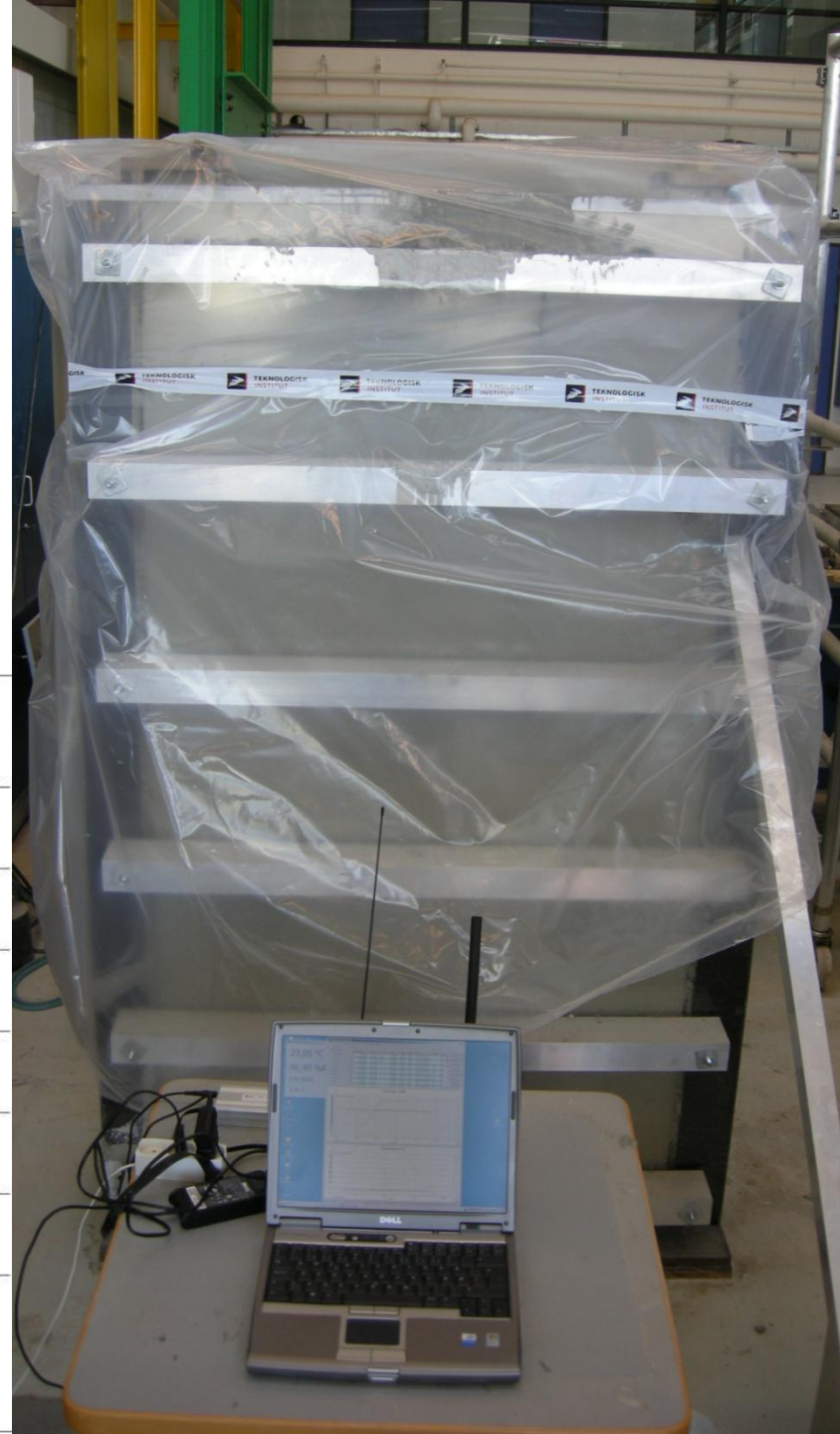
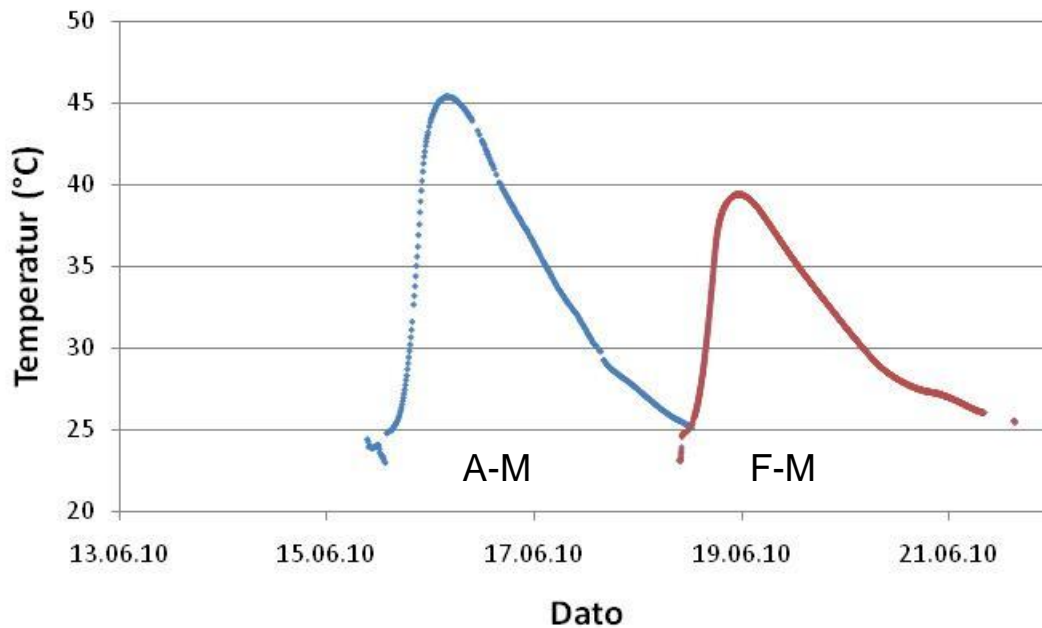
# Betonblokke

## Sensordata fra udstøbning

Trådløs måling af temperatur i hærdeforløb

(Fugtigheden stiger meget hurtigt til 100%RF)

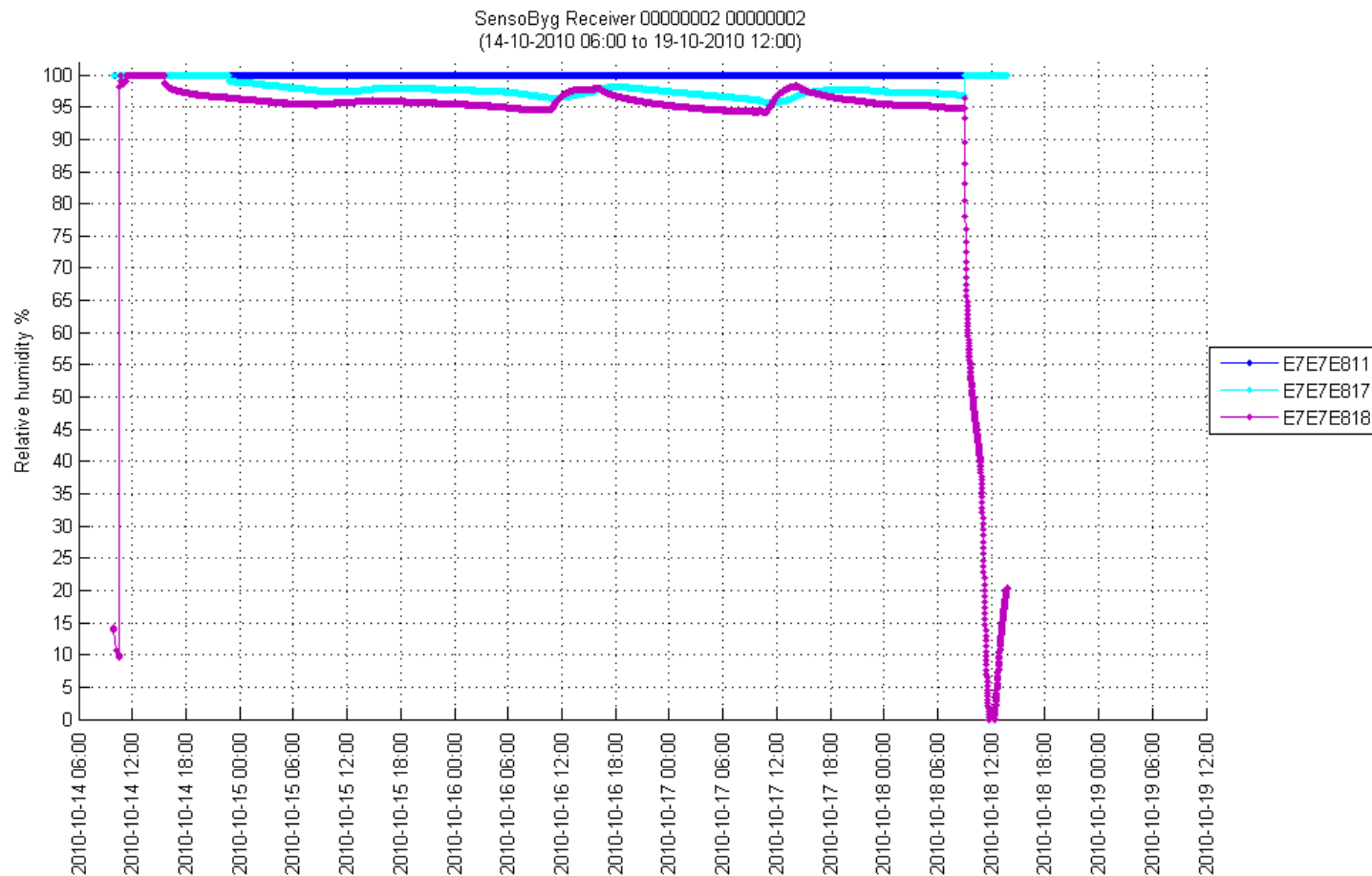
### Blok A-M og F-M - hærdetemperatur





## Forsøg med sensoropvarmning

Opvarmning af de indstøbte sensorer E811, E817 og E818 med den indbyggede sensorfunktion giver ca. 3 graders temperaturstigning. Fugtdata ses herunder.

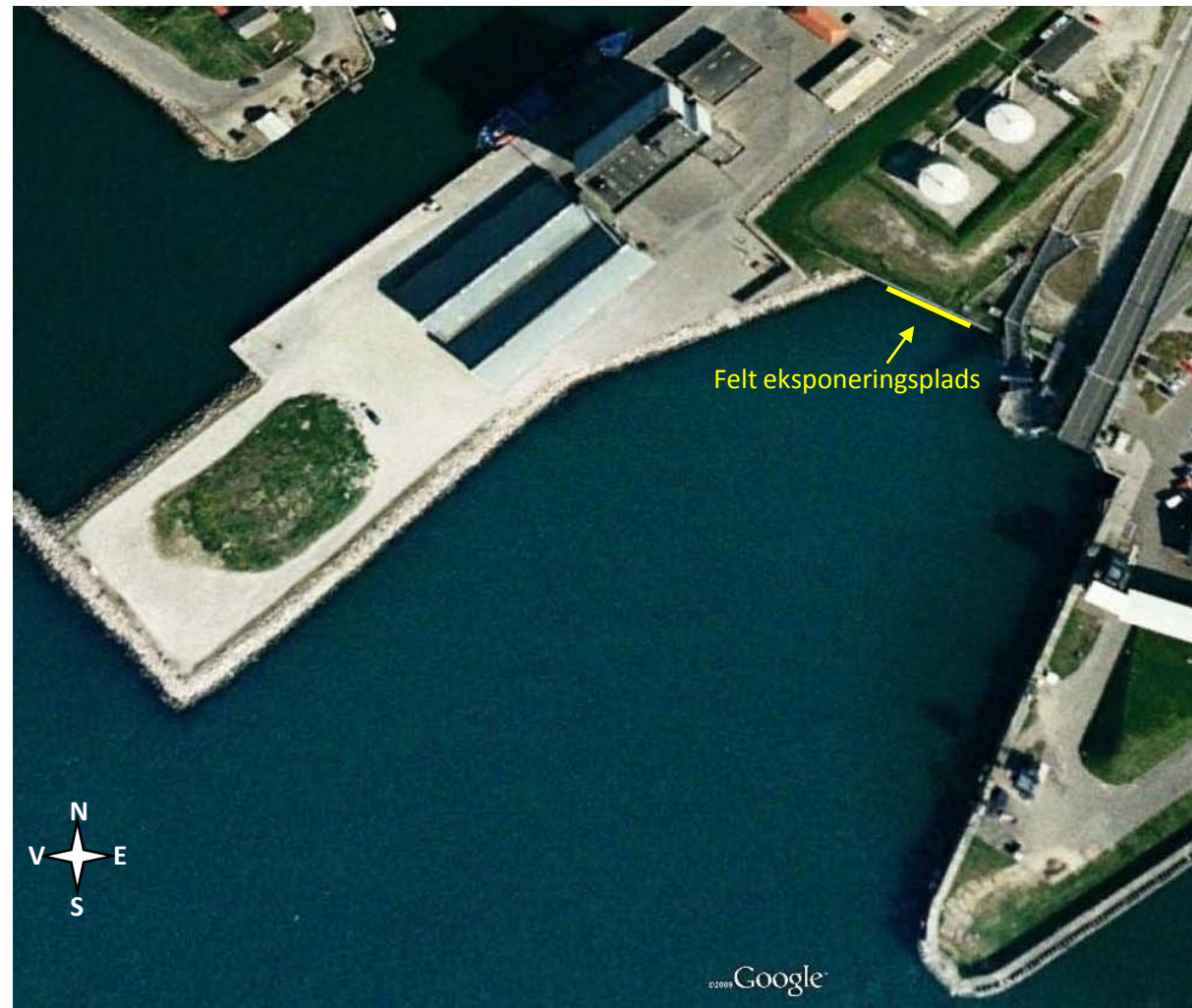




# Femerns felteksponeringsplads i Rødby Havn

- Placeret på Scandlines arealer
- Pladsen findes i en indhegnet sikkerhedszone
- God beskyttelse mod hærværk
- Kaj med spunsvæg placeret lige ved siden af færgeleje nr. 3
- Kajen vender mod sydvest

*Placering af felteksponeringsplads ved færgeleje nr. 3*





## Femerns felteksponeringsplads i Rødby Havn

- Kajen består af en spunsvæg, der er ca. 30 meter lang og 5 meter høj målt fra normalvandstanden. Vanddybden er ca. 4,4m tæt på spunsvæggen.
- Der er monteret 5 eksponeringsrigge med plads til i alt 25 betonblokke.





# Femerns felteksponeringsplads i Rødby Havn

- Pladsen bag spunsvæggen er græsbeplantet og kuperet, hvilket besværliggør adgangen til felteksponeringspladsen





# Femerns felteksponeringsplads i Rødby Havn

- Vandet i havnen er generelt forholdsvis stille, fordi havnen er beskyttet af to lange moler.





# Femerns felteksponeringsplads i Rødby Havn

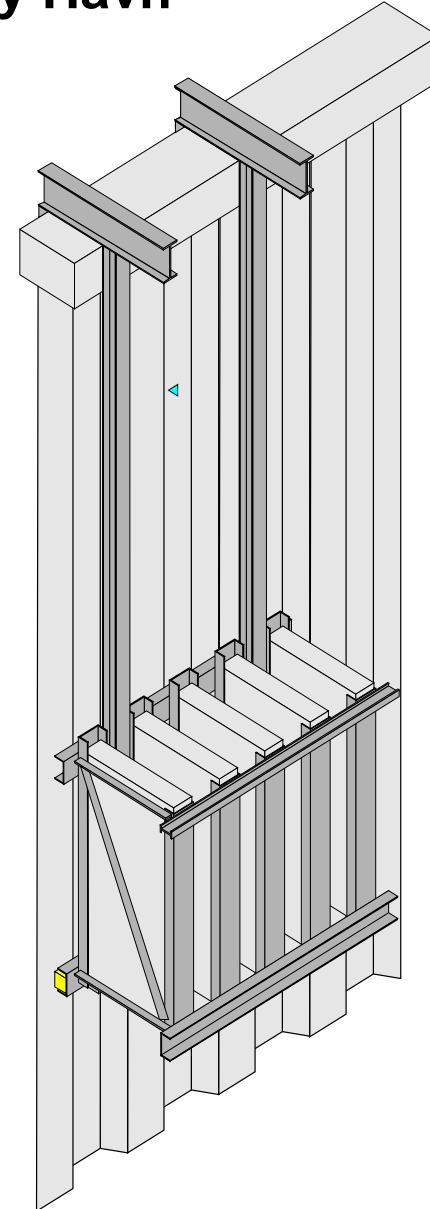
- Der dannes en del turbulens, hver gang en færge anløber færgeleje nr. 3.





## Femerns felteksponeringsplads i Rødby Havn

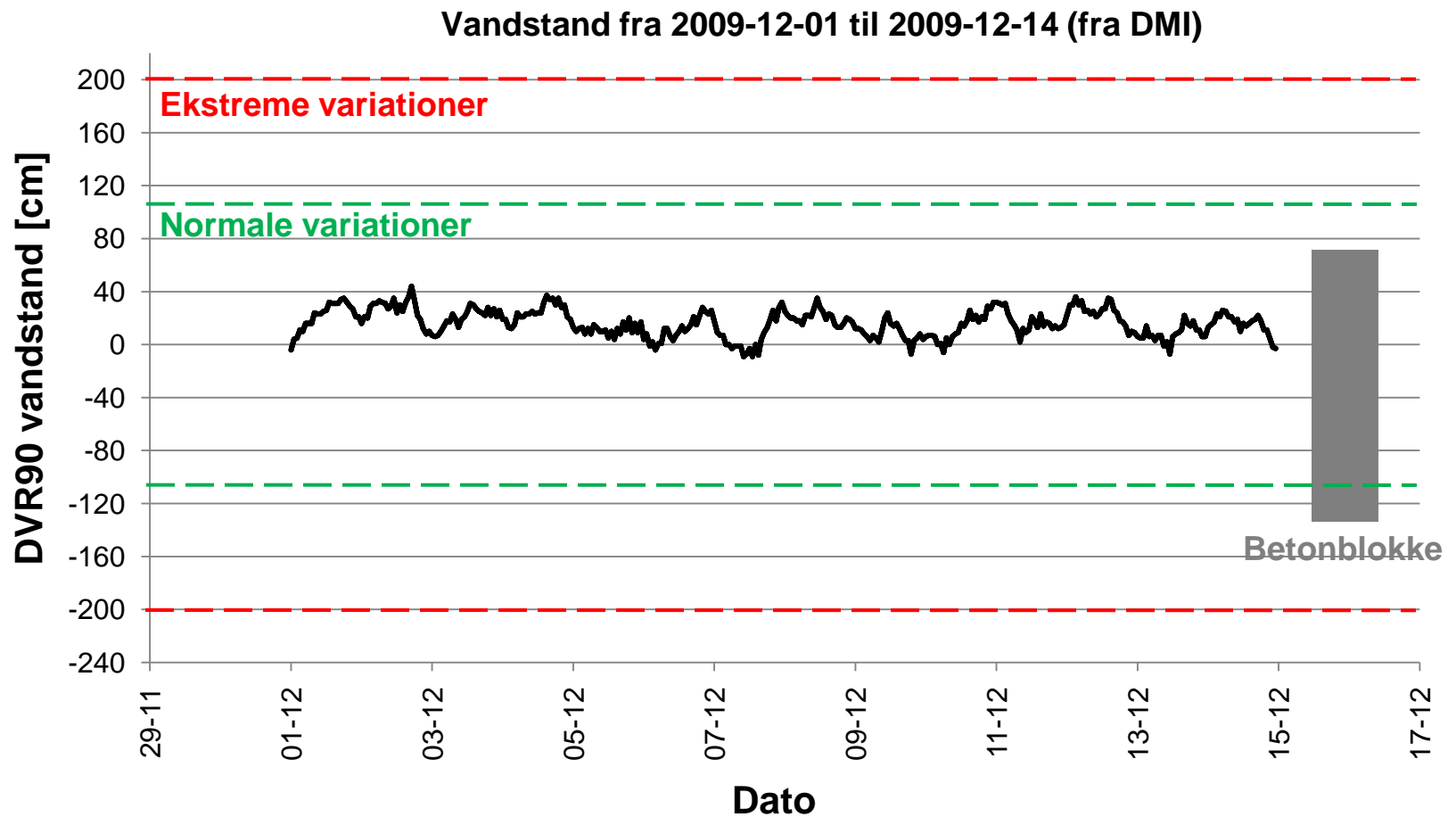
- De 5 eksponeringsrigge er fremstillet af galvaniseret stål
- En eksponeringsrig kan indeholde 5 stk. 1x2x0,2m betonblokke
- Betonblokken placeres med de øverste 70cm over normalvandstanden
- Betonblokkenes indbyrdes afstand er 30cm
- Det er muligt enten at løfte hver betonblok individuelt eller en hel eksponeringsrig samlet





# Felteksponering i Rødby Havn - vandstandsvariationer

- Det normale tidevand er kun 0,1m, men normale vandstandsvariationer er  $\pm 1.1$ m og ekstreme variationer er  $\pm 2.0$ m.







# Femerns felteksponeringsplads i Rødby Havn

- Eksponering af 15 betonblokke den 8. april 2010  
Internet TV fra DR:  
<http://www.dr.dk/Regioner/Sjælland/Nyheder/Lolland/2010/04/08/231208.htm>
- Eksponering af 6 instrumenterede betonblokke den 28. oktober 2010.



# Feltinstallation



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

## Placering af betonblokke, transciever og antenne



# Feltinstallation

## Indbyrdes placering af betonblokke

### Blok nr.    Sensorer

K-U        **E855**, E8BA, **E81F**, E8CF, **E856** (fra top til bund)

K-M        E804

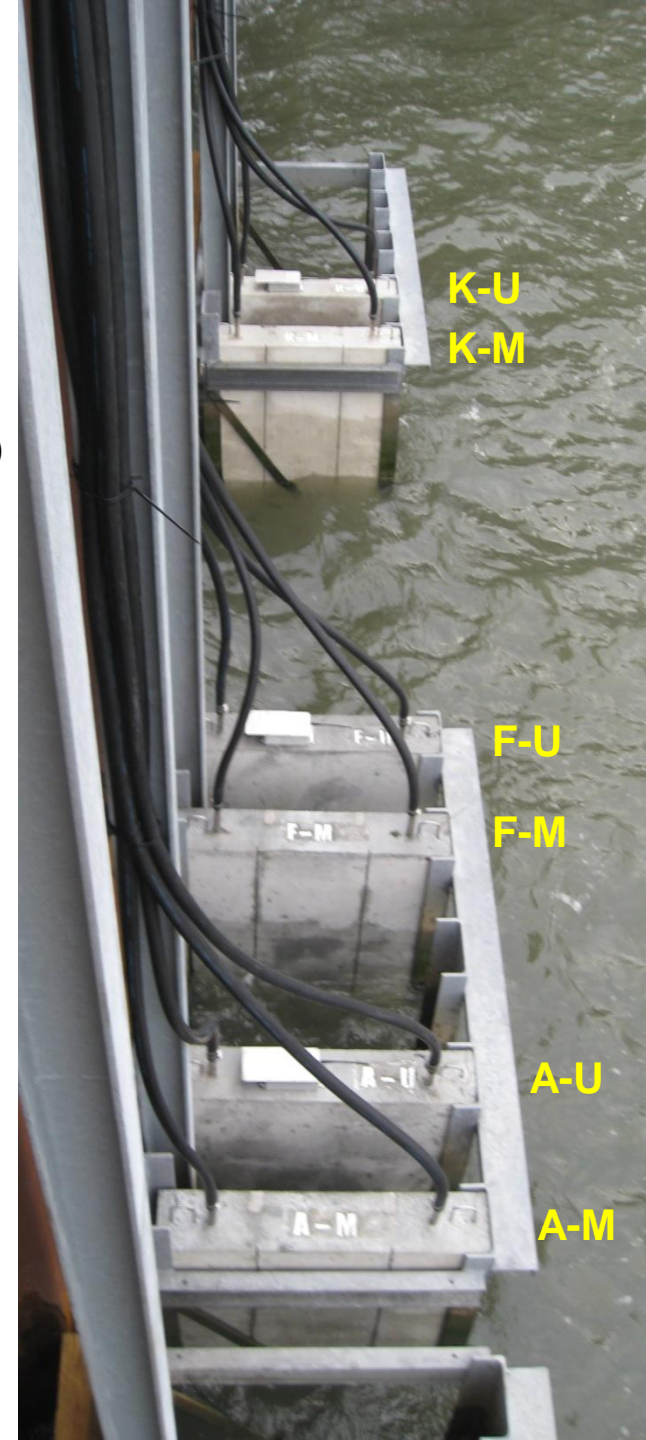
F-U        **E811**, E849, **E817**, E8BD, **E818** (fra top til bund)

F-M        E841

A-U        **E81C**, E847, **E81A**, E846, **E81B** (fra top til bund)

A-M        E805

Sensorer noteret med **rødt** er med ekstern antenne

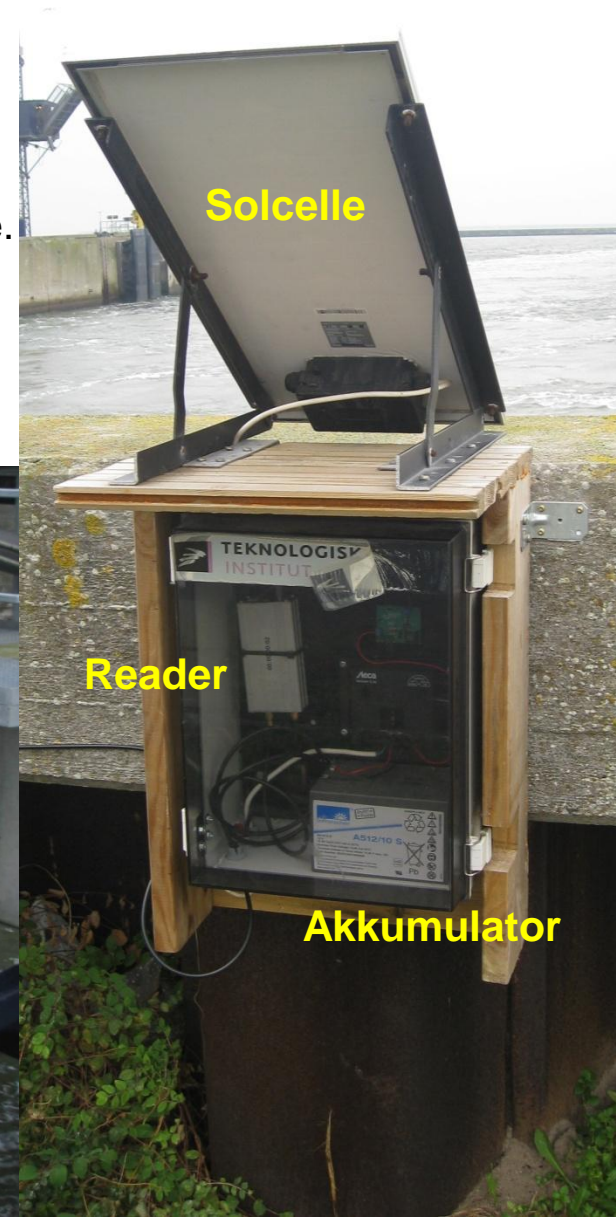
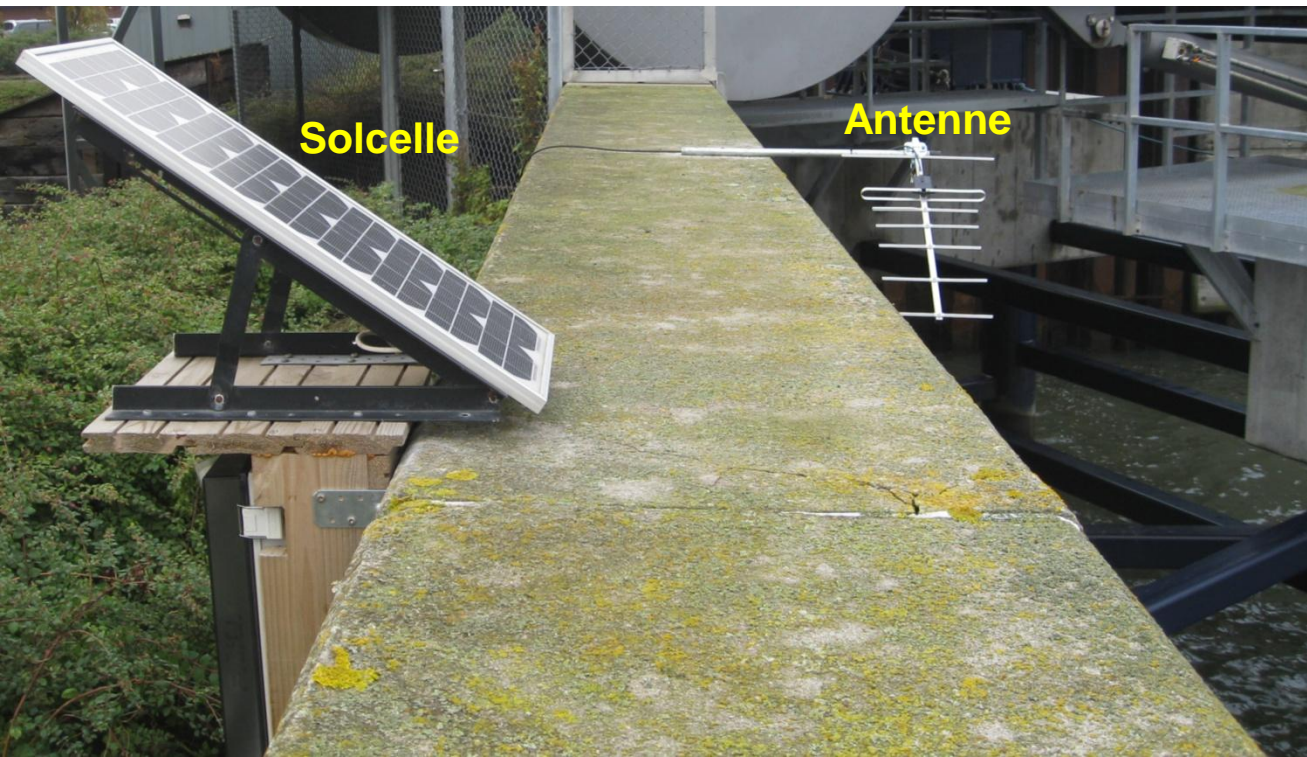


# Feltinstallation

## Placering af transceiver

Transceiver-enheden er strømforsynet fra en solcelle, og systemet er således uafhængig af en ekstern spændingskilde.

Data opsamles med antenne monteret på hammerhovedet og sendes videre til TI-server via GSM-nettet.



# De første erfaringer

## Sensorkontakt

Der er løbende kontakt med fremhævede sensorer.

Der er periodisk kontakt med understregede sensorer.

### Blok nr.   Sensorer

K-U        **E855**, **E8BA**, **E81F**, E8CF, **E856** (fra top til bund)

K-M        E804

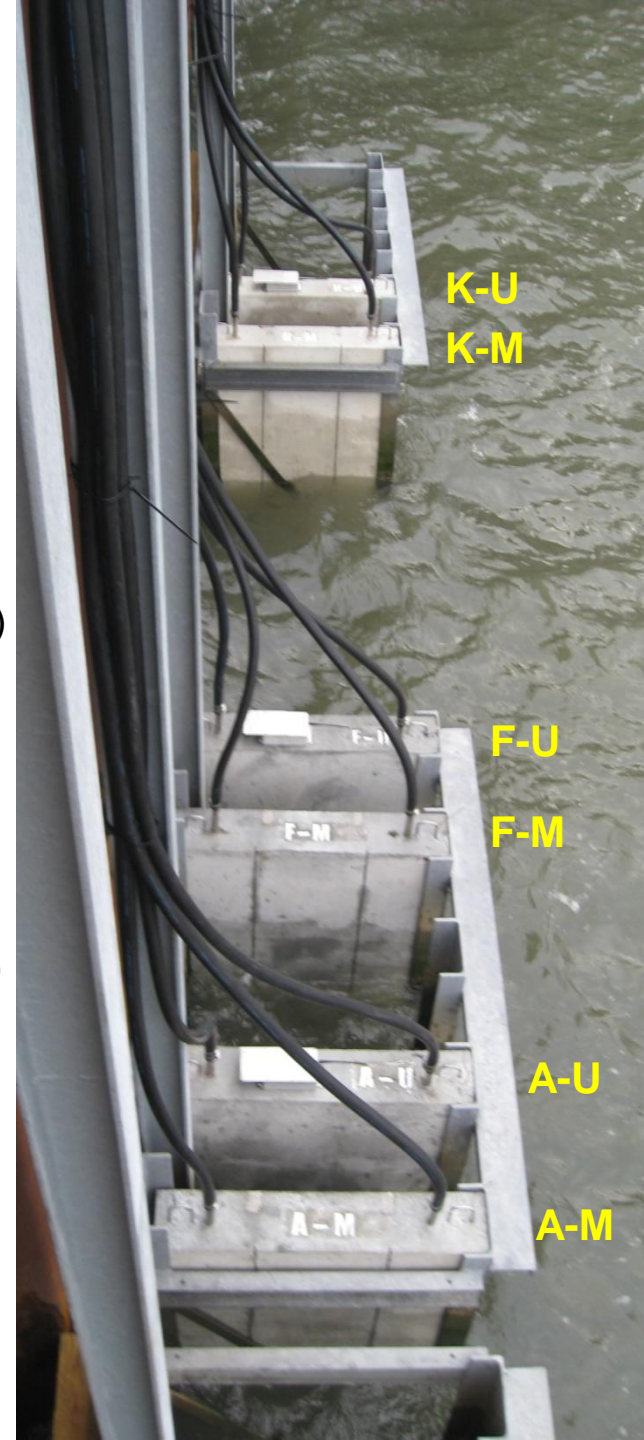
F-U        **E811**, **E849**, **E817**, E8BD, **E818** (fra top til bund)

F-M        E841

A-U        **E81C**, E847, **E81A**, E846, **E81B** (fra top til bund)

A-M        E805

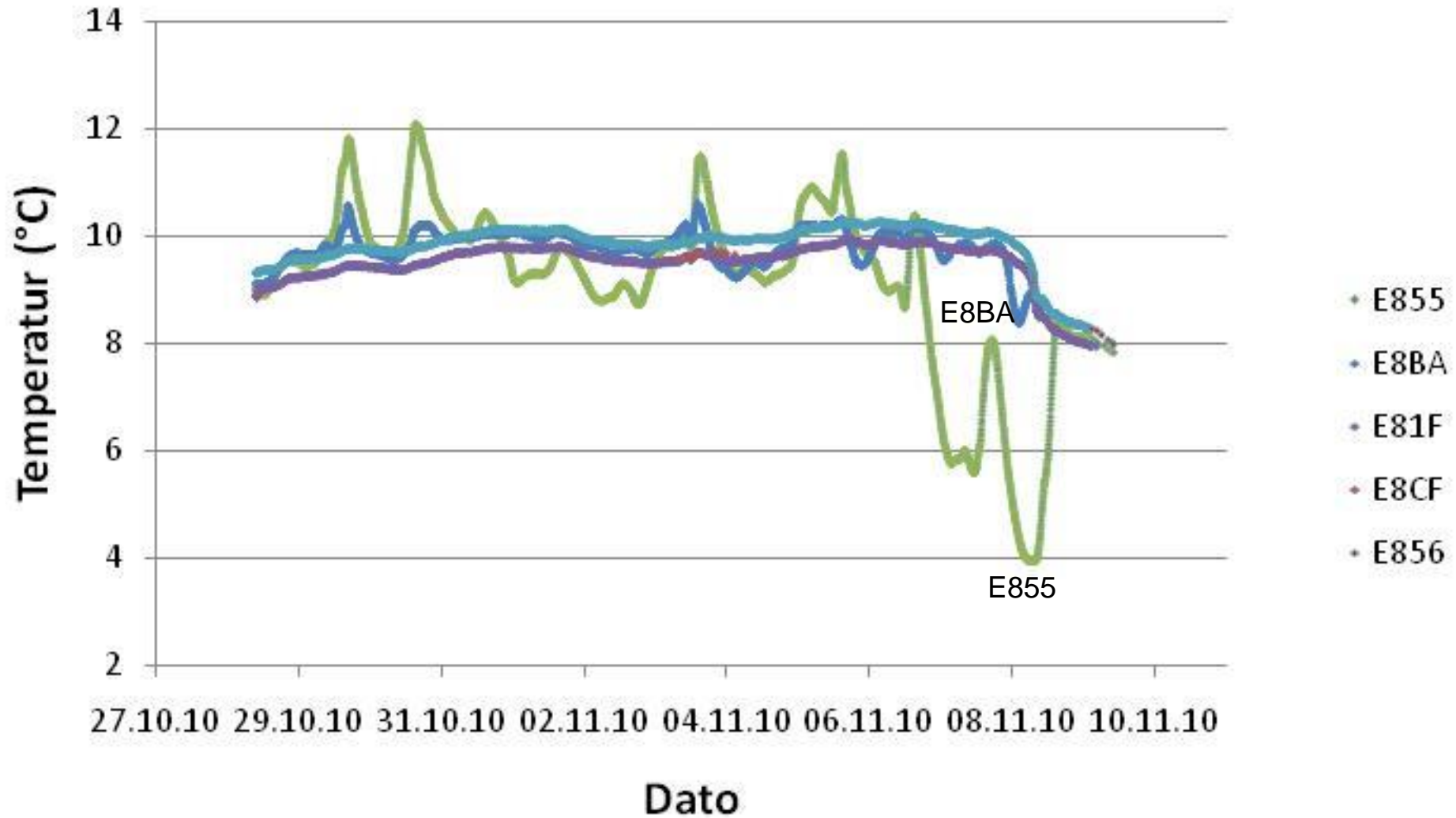
Sensorer noteret med **rødt** er med ekstern antenne



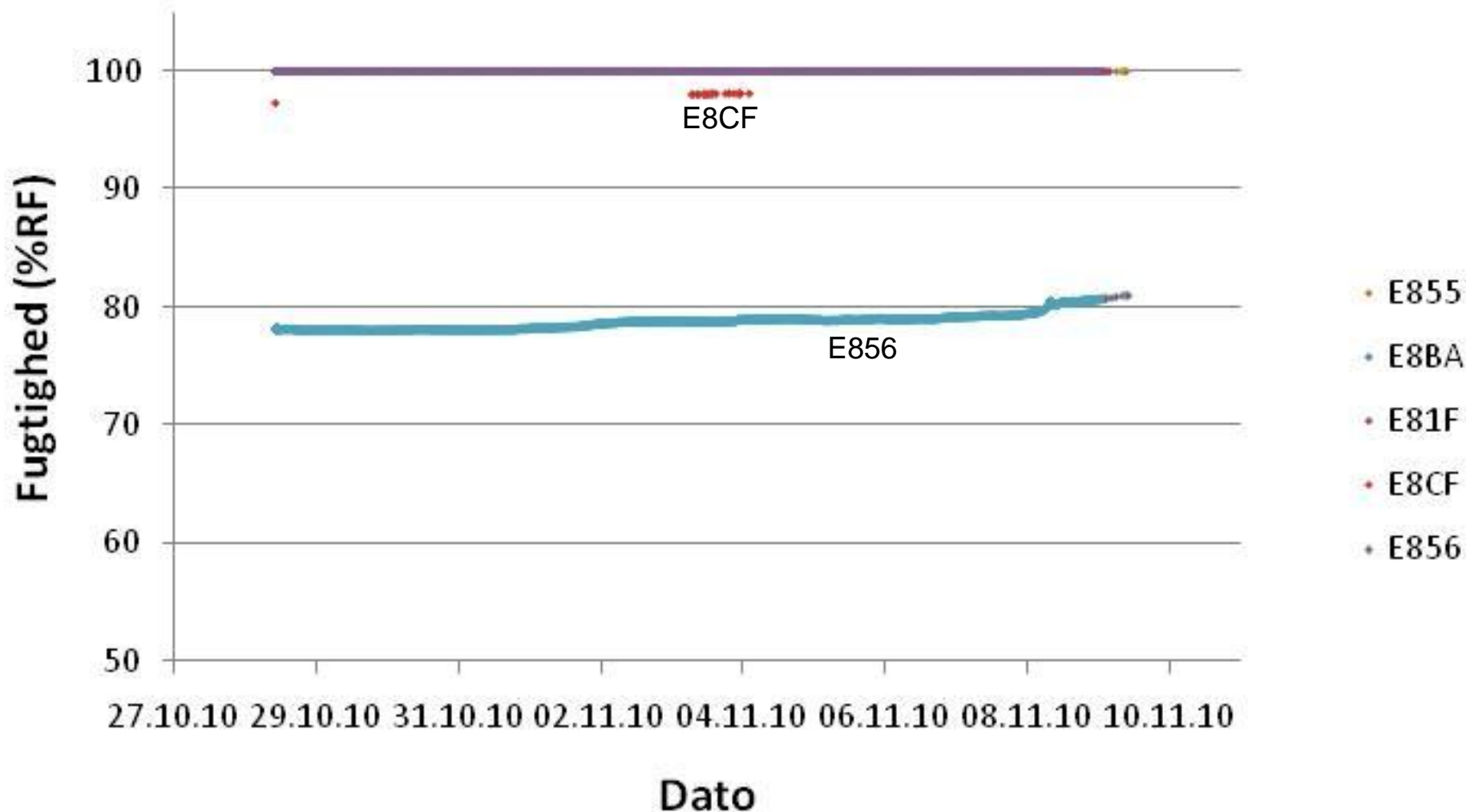
# De første erfaringer



## Blok K-U - temperatur



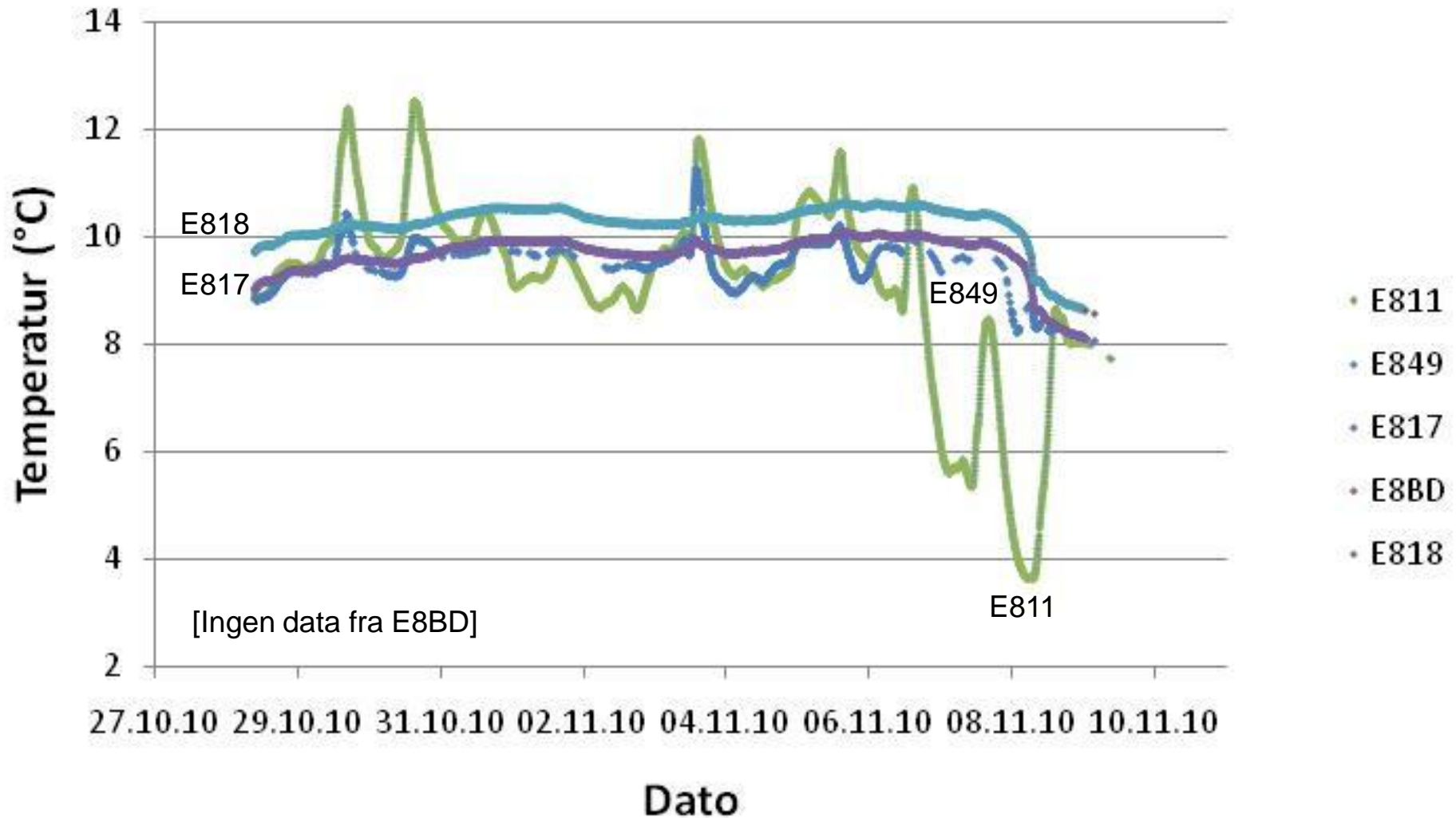
## Blok K-U - fugtighed



# De første erfaringer



## Blok K-U - temperatur

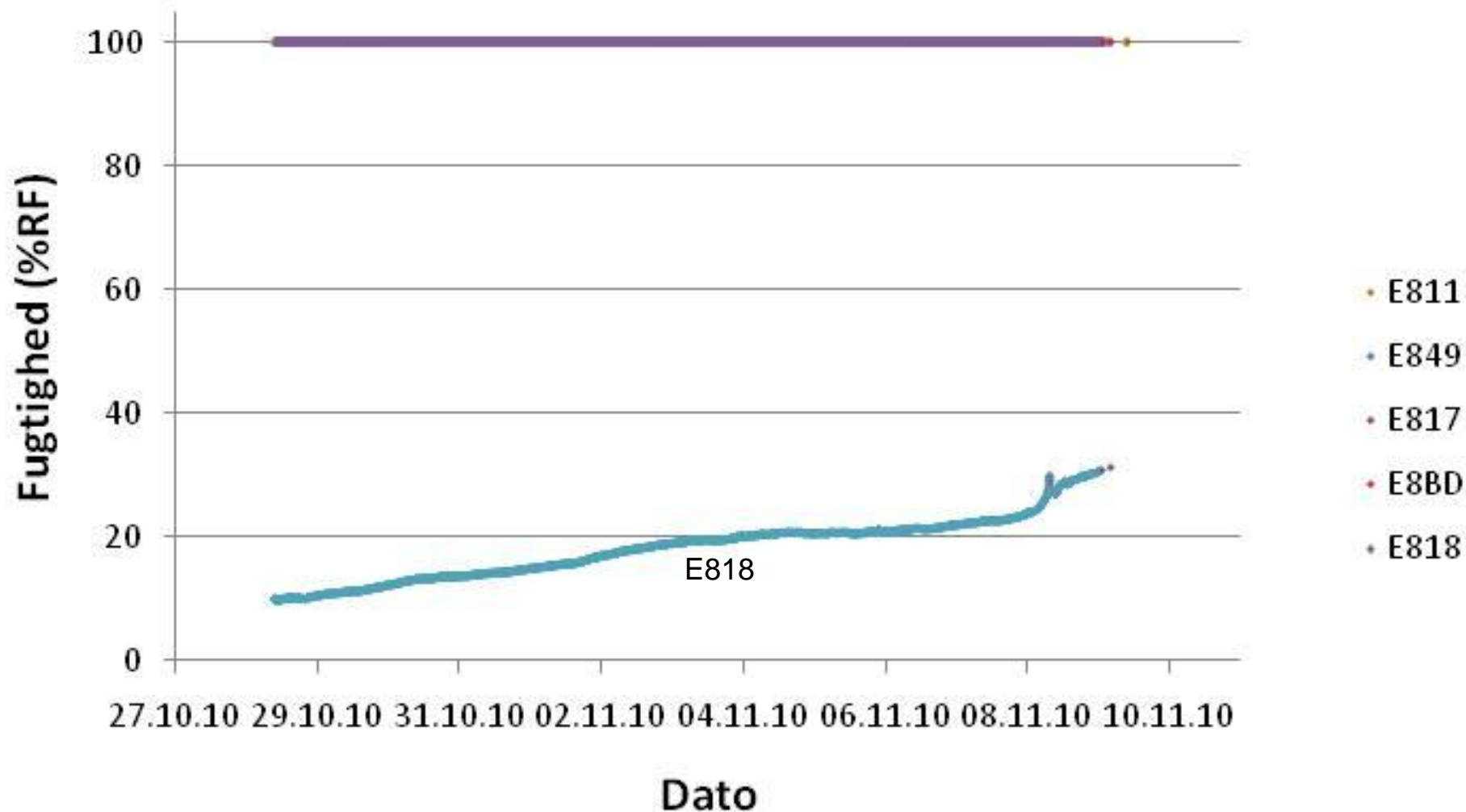




# De første erfaringer



## Blok K-U - fugtighed





## Arbejdet med Femern-blokkene giver følgende tidlige konklusioner:

- SensoByg-sensorerne kan ved indstøbning i frisk beton give pålidelige temperatur-målinger. Fugtmålingerne virker ikke pålidelige på kort sigt. Enkelte sensorer klarer ikke indstøbningen i beton.
- Med de valgte parametre på felteksporeringspladsen i Rødby Havn kan den trådløse SensoByg-sensor med intern antenne række 15-20 meter. Ved neddykning i vand bliver rækkevidden mindre.
- SensoByg-sensorernes levetid og trådløse rækkevidde er blevet betydeligt forbedret ved montering af udskifteligt batteri og ekstern antenne. Sensoren bliver dog “mindre trådløs” på denne måde, og monteringen bliver mere besværlig.
- Den benyttede tranceiver-enhed med egen energiforsyning fra solcelle fungerer udmærket.