

# Datadreven modellering i afløbssystemer

*Voodoo eller virkelighed?*

# Agenda

- Anvendelse af data
- Metode
- Datadreven modellering - Offline
  - Vandstande
  - Overløb
  - Overløbsmængder
  - Overløbsflow
- Datadreven modellering – Online
  - Abnormalitet
  - Inløbsflow til RA
  - Oversvømmelse
- Opsummering



# Anvendelse af data

- **Historisk data**
  - Målekampagne
  - Hvad kan man med data?
- **Datadrevne modeller**
  - Konkret i kritiske punkter i afløbssystemet
  - Hurtig → Statistisk vurdering
  - System: Statisk
- **Hydraulisk model**
  - Generel
  - System: Dynamisk

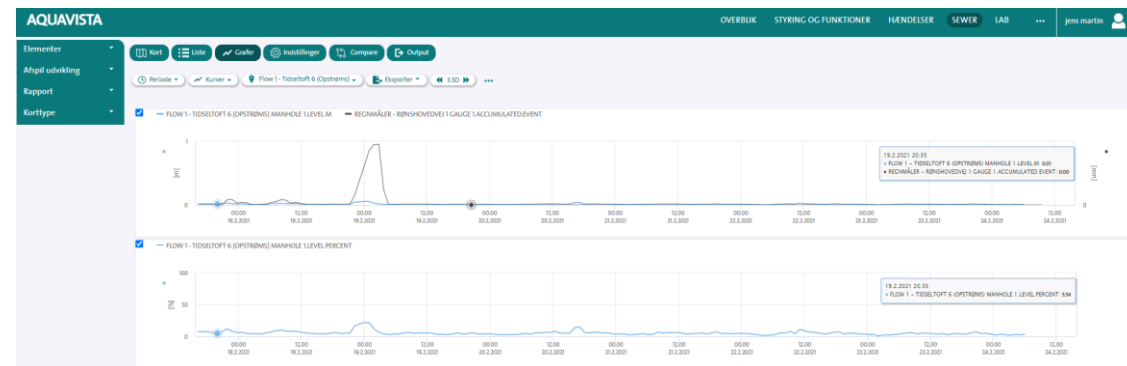
# Anvendelse af data

## Offline modellering

Vandstande  
Overløb  
Overløbsmængder  
Overløbsflow  
Lappe huller i tidsserier  
Fjerne støj

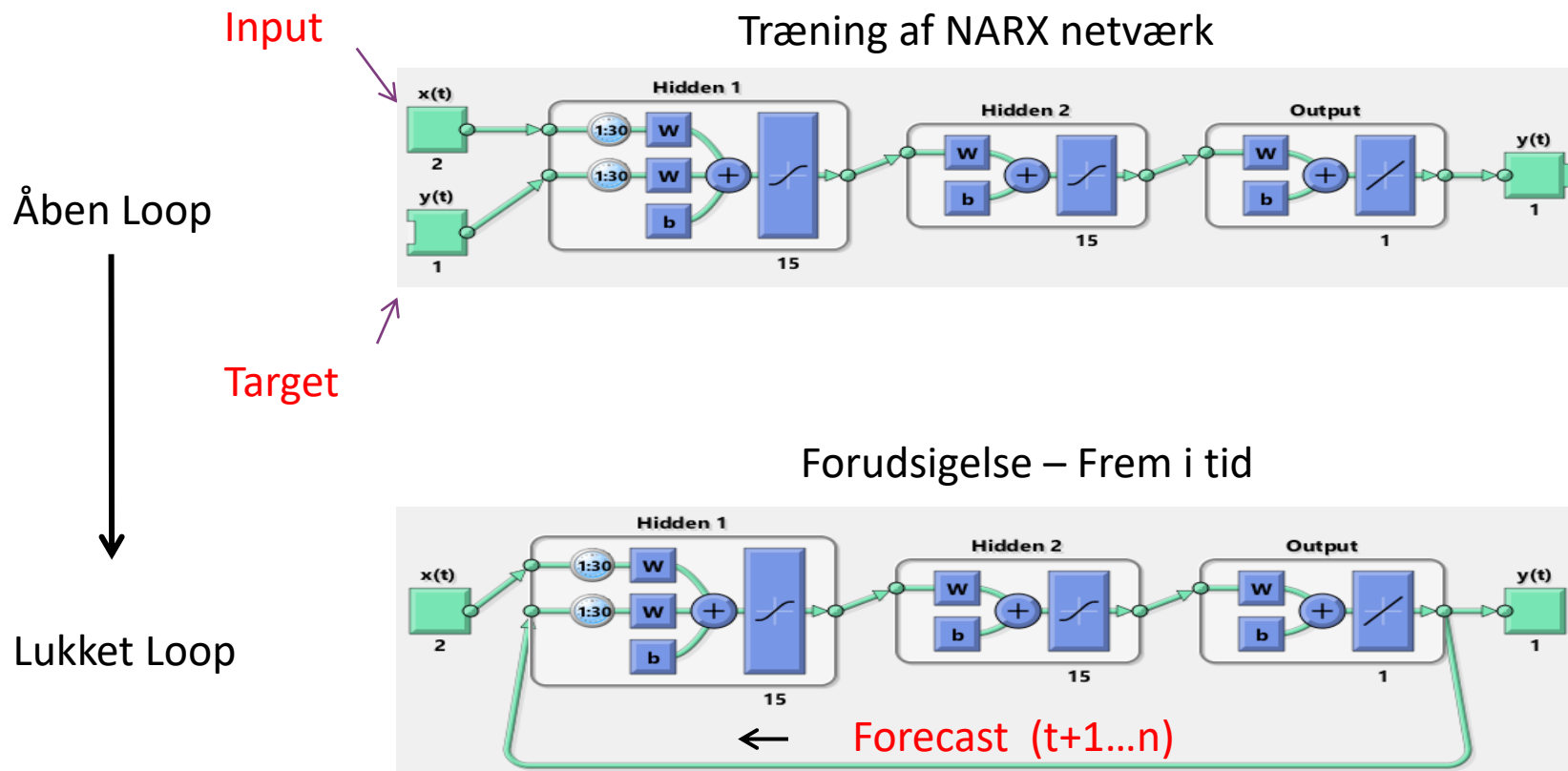
## Online modellering

Abnormalitet  
Indløbsflow til RA  
Oversvømmelsesprognose  
Forudse respons i system



```
2021-02-24 13:00:00,052 INFO sandbox_23 Module activated by id: 22 [Wed Feb 24 13:00:00 UTC 2021]
2021-02-24 13:00:00,065 INFO sandbox_23 *** LEVEL TO FLOW ***
2021-02-24 13:00:00,072 INFO sandbox_23 Nedstrøms - LOCATION 2 MANHOLE 1 || Opstrøms - LOCATION 1 MANHOLE 1 || Flow - LOCATION 2 FLOW 1
2021-02-24 13:00:00,075 INFO sandbox_23 Sidste indlæste værdi - 2021-02-19T10:06+01:00[Europe/Copenhagen]
2021-02-24 13:00:01,016 INFO sandbox_23 Flowberegning af målestation - LOCATION 2 FLOW 1 - Færdig
2021-02-24 13:00:01,016 INFO sandbox_23 Nedstrøms - LOCATION 4 MANHOLE 1 || Opstrøms - LOCATION 3 MANHOLE 1 || Flow - LOCATION 4 FLOW 1
2021-02-24 13:00:01,017 INFO sandbox_23 Sidste indlæste værdi - 2021-02-24T07:00+01:00[Europe/Copenhagen]
2021-02-24 13:00:01,053 INFO sandbox_23 Flowberegning af målestation - LOCATION 4 FLOW 1 - Færdig
2021-02-24 13:00:01,054 INFO sandbox_23 Hul i Flowberegning 3 er ikke igangsat
2021-02-24 13:00:01,054 INFO sandbox_23 Nedstrøms - LOCATION 6 MANHOLE 1 || Opstrøms - LOCATION 5 MANHOLE 1 || Flow - LOCATION 6 FLOW 1
2021-02-24 13:00:01,055 INFO sandbox_23 Sidste indlæste værdi - 2021-02-23T09:54+01:00[Europe/Copenhagen]
2021-02-24 13:00:01,235 INFO sandbox_23 Flowberegning af målestation - LOCATION 6 FLOW 1 - Færdig
2021-02-24 13:00:01,236 INFO sandbox_23 Nedstrøms - LOCATION 8 MANHOLE 1 || Opstrøms - LOCATION 7 MANHOLE 1 || Flow - LOCATION 8 FLOW 1
2021-02-24 13:00:01,236 INFO sandbox_23 Sidste indlæste værdi - 2021-02-24T08:20+01:00[Europe/Copenhagen]
2021-02-24 13:00:01,264 INFO sandbox_23 Flowberegning af målestation - LOCATION 8 FLOW 1 - Færdig
2021-02-24 13:00:01,266 INFO sandbox_23 Nedstrøms - LOCATION 10 MANHOLE 1 || Opstrøms - LOCATION 9 MANHOLE 1 || Flow - LOCATION 10 FLOW 1
2021-02-24 13:00:01,269 INFO sandbox_23 Sidste indlæste værdi - 2021-02-22T11:36+01:00[Europe/Copenhagen]
2021-02-24 13:00:01,698 INFO sandbox_23 Flowberegning af målestation - LOCATION 10 FLOW 1 - Færdig
2021-02-24 13:00:01,699 INFO sandbox_23 Nedstrøms - LOCATION 12 MANHOLE 1 || Opstrøms - LOCATION 11 MANHOLE 1 || Flow - LOCATION 12 FLOW 1
2021-02-24 13:00:01,699 INFO sandbox_23 Sidste indlæste værdi - 2021-02-24T10:00+01:00[Europe/Copenhagen]
2021-02-24 13:00:01,754 INFO sandbox_23 Flowberegning af målestation - LOCATION 12 FLOW 1 - Færdig
2021-02-24 13:00:01,754 INFO sandbox_23 *** Flowestimering af Niveaumåler 1 ***
2021-02-24 13:00:01,755 INFO sandbox_23 Sidste indlæste værdi - 2021-02-24T07:00+01:00[Europe/Copenhagen]
2021-02-24 13:00:01,774 INFO sandbox_23 Flowestimering af niveaumåler 3 - Færdig
```

# Metode - Nonlinear autoregressive neural network with external input



# Datadreven modellering - Offline

## Offline modellering

### Vandstande

Input:  
Vandføring(SCADA)  
Vandstand(ekstern)  
Nedbør

Output:  
Vandstand

### Overløb

Input:  
Nedbør

Output:  
Overløb (Ja/Nej)

### Overløbsvolumen

Input:  
Vandføring(SCADA)  
Vandstand(Ekstern)  
Nedbør  
Overløbsmodel

Output:  
Vandstand → Vol

### Overløbsflow

Input:  
Vandstand(SCADA)  
Nedbør

Output:  
Overløbsflow

# Datadreven modellering - Offline

## Eksempel

1 måned frem i tid

Indløb til renseanlæg fra SCADA system

Opstrøms niveaumålere

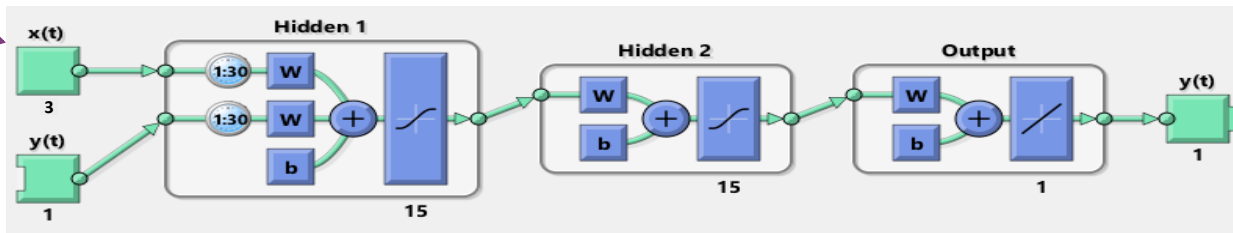
- Furesøparkalle 15 og Fyrrebakken 13



# Datadreven modellering - Offline

Nedbør  
Flow(SCADA)  
Ekstern vandstand

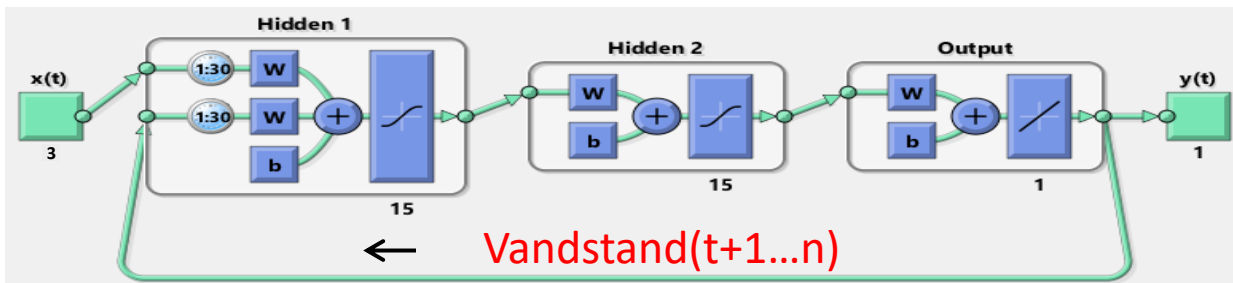
## Træning af NARX netværk



Åben Loop

Observeret vandstand

## Beregning af vandstand

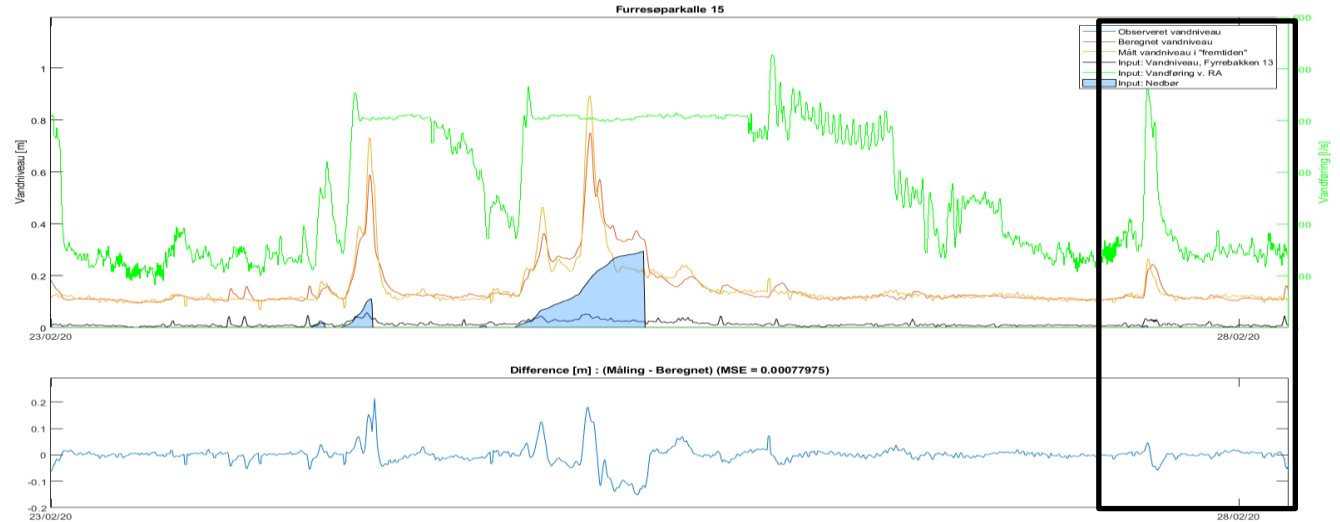


Lukket Loop



# Datadreven modellering - Offline

- 1 måned frem
- Hér med en anden niveaumåler som input.
- Man kunne lade alle niveaumålere i opland indgå.



# Datadreven modellering - Offline

## Offline modellering

### Vandstande

Input:  
Vandføring(SCADA)  
Vandstand(ekstern)  
Nedbør

Output:  
Vandstand

### Overløb

Input:  
Nedbør

Output:  
Overløb (Ja/Nej)

### Overløbsvolumen

Input:  
Vandføring(SCADA)  
Vandstand(Ekstern)  
Nedbør  
Overløbsmodel

Output:  
Vandstand → Vol

### Overløbsflow

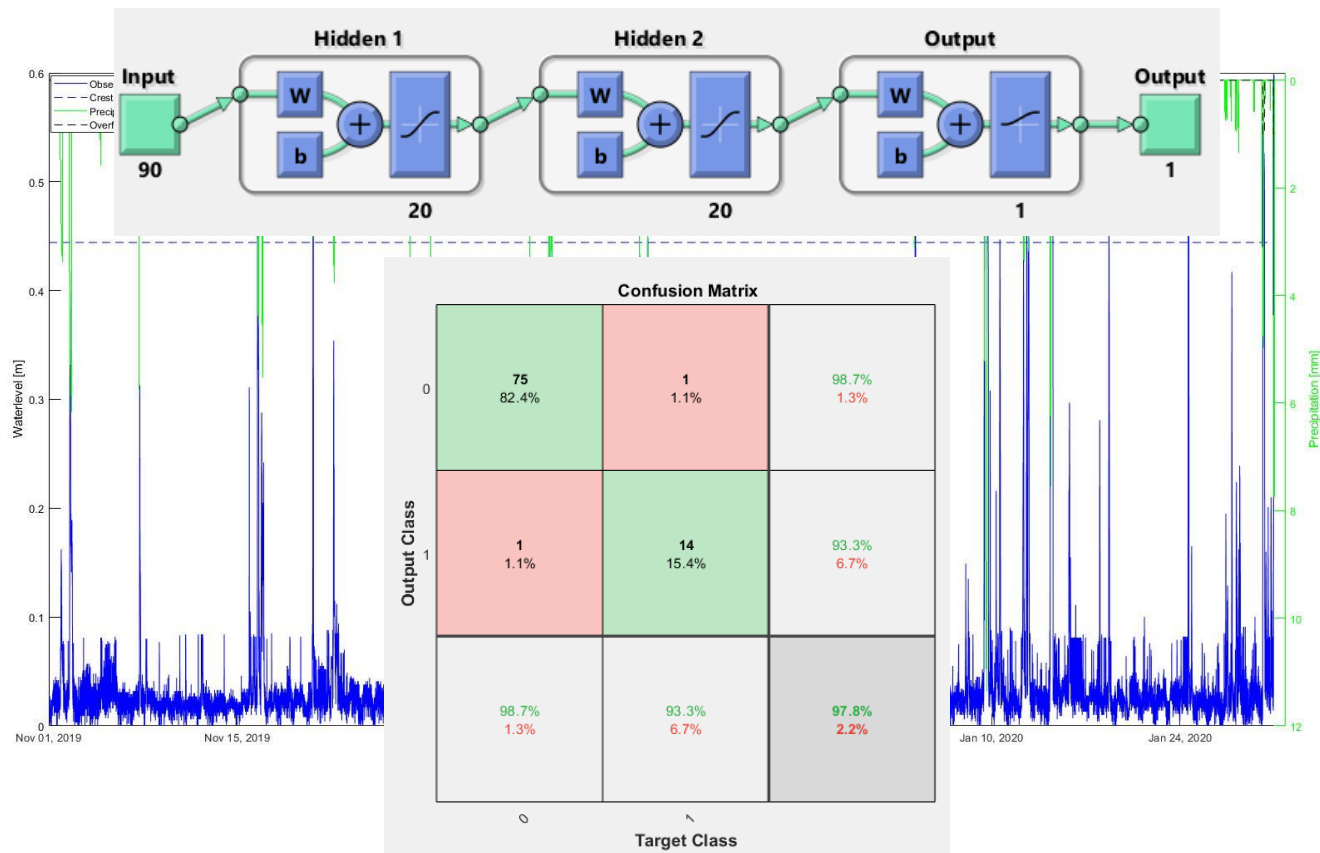
Input:  
Vandstand(SCADA)  
Nedbør

Output:  
Overløbsflow

# Datadreven modellering - Offline

Pattern recognition

Input: Nedbør  
Target: Overløb  
Output: Overløb



# Datadreven modellering - Offline

## Offline modellering

### Vandstande

Input:  
Vandføring(SCADA)  
Vandstand(ekstern)  
Nedbør

Output:  
Vandstand

### Overløb

Input:  
Nedbør

Output:  
Overløb (Ja/Nej)

### Overløbsvolumen

Input:  
Vandføring(SCADA)  
Vandstand(Ekstern)  
Nedbør  
Overløbsmodel

Output:  
Vandstand → Vol

### Overløbsflow

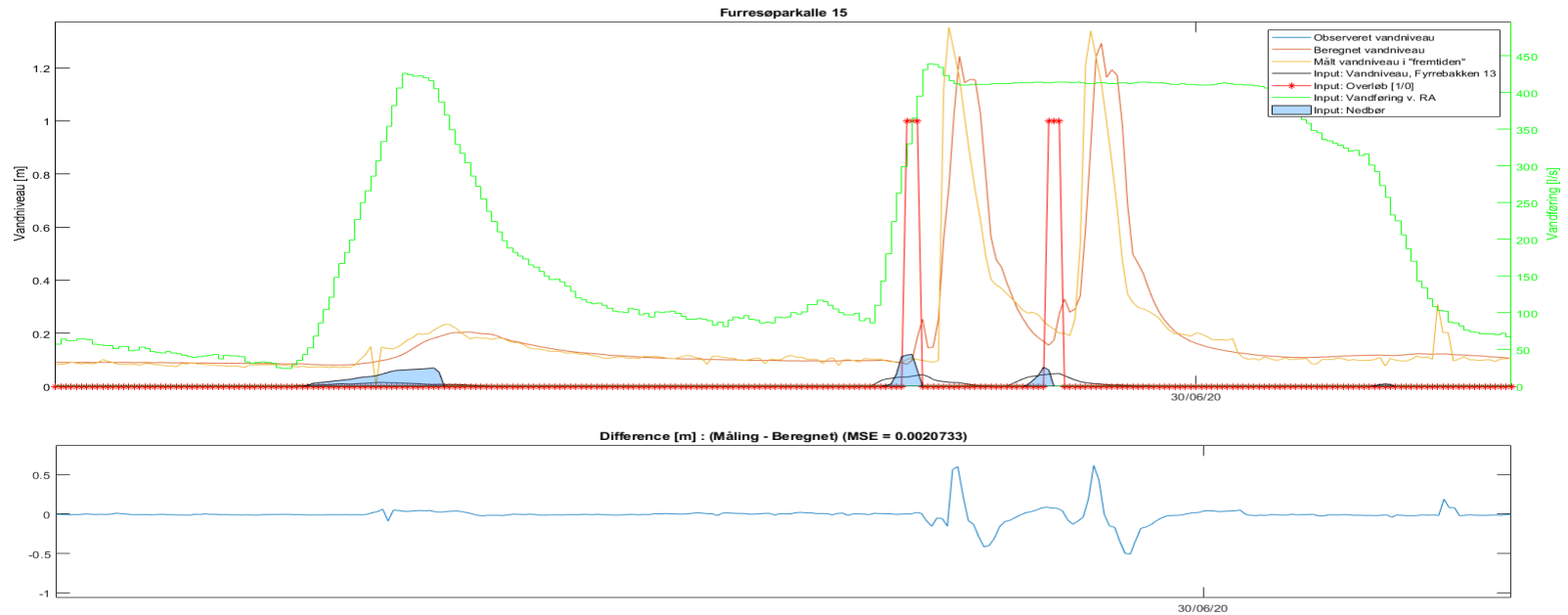
Input:  
Vandstand(SCADA)  
Nedbør

Output:  
Overløbsflow

# Datadreven modellering - Offline

Med overførselsinput vandniveau.

- Estimerer overløbshændelserne meget godt



# Datadreven modellering - Offline

## Offline modellering

### Vandstande

Input:  
Vandføring(SCADA)  
Vandstand(ekstern)  
Nedbør

Output:  
Vandstand

### Overløb

Input:  
Nedbør

Output:  
Overløb (Ja/Nej)

### Overløbsvolumen

Input:  
Vandføring(SCADA)  
Vandstand(Ekstern)  
Nedbør  
Overløbsmodel

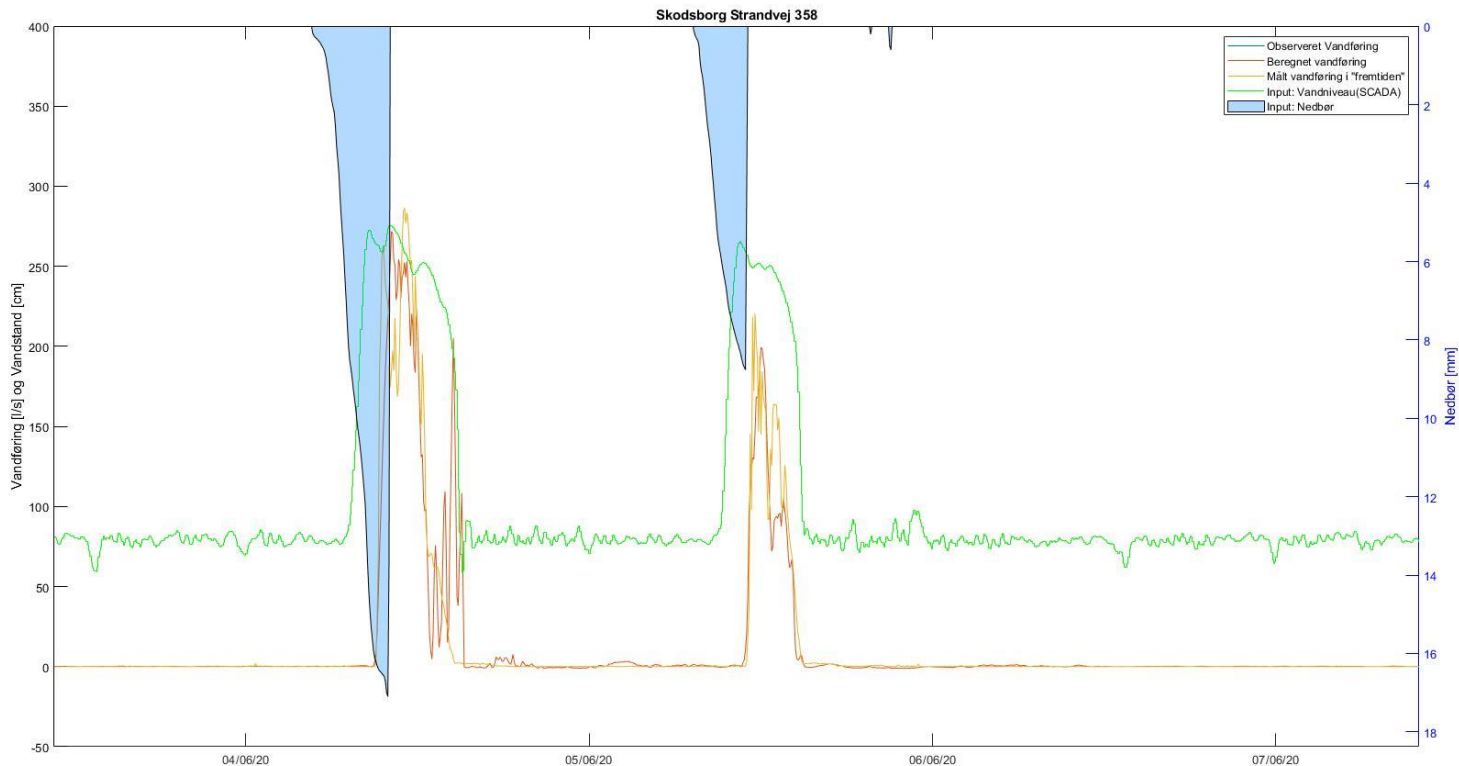
Output:  
Vandstand → Vol

### Overløbsflow

Input:  
Vandstand(SCADA)  
Nedbør

Output:  
Overløbsflow

# Datadreven modellering - Offline



# Datadreven modellering - Online

Online modellering

Abnormalitet

Overblik over  
systemet i  
daglig drift

Inflow  
forecast

Regnstyring

Oversvømmelse

Varsling

Sandsynlighed for  
oversvømmelse



# Abnormalitet

AQUAVISTA

OVERBLIK

STYRING OG FUNKTIONER

HÆNDELSER

SEWER

LAB




...

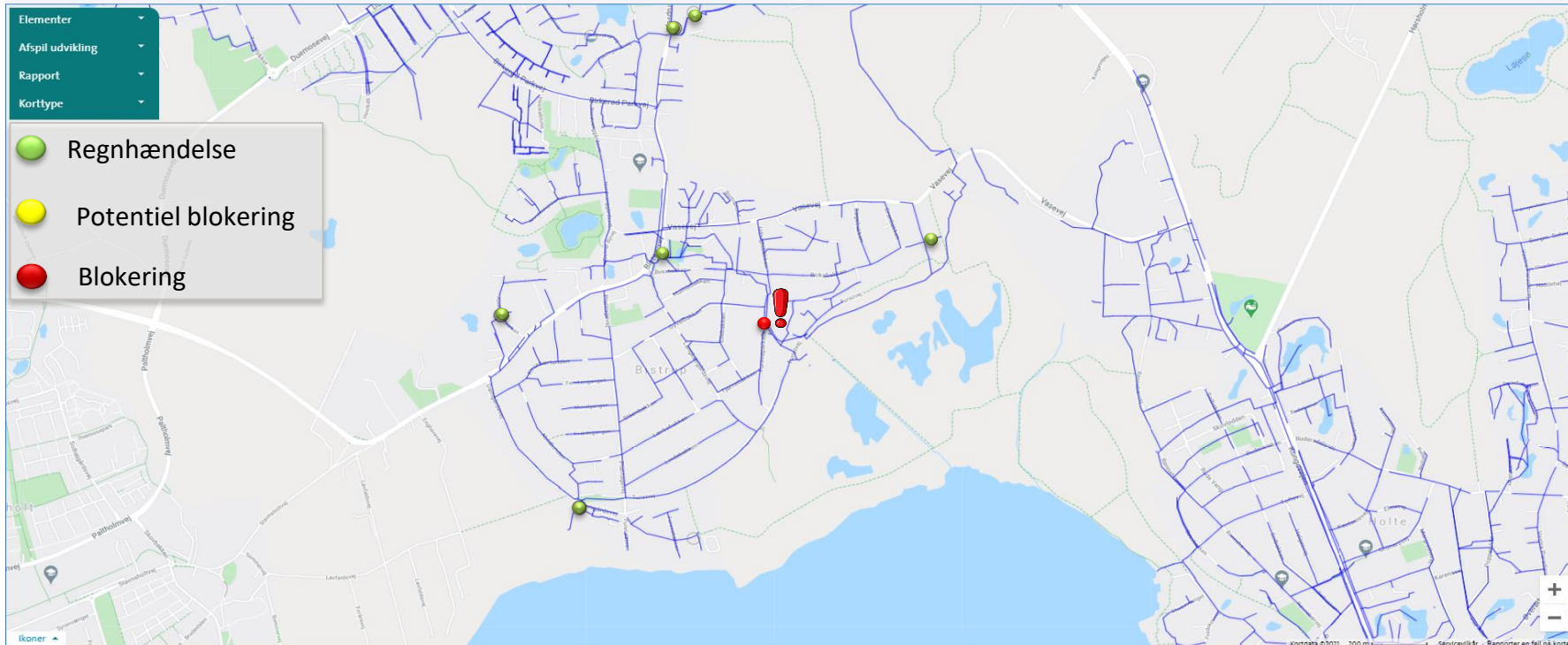
jens martin



Kort Liste Grafer Indstillinger Compare Output

Elementer  
Afspil udvikling  
Rapport  
Korttype

-  Regnhændelse
-  Potentiel blokering
-  Blokering



# Datadreven modellering - Online

Online modellering

Abnormalitet

Overblik over  
daglig drift

Inflow  
forecast

Regnstyring

Oversvømmelse

Varsling  
Sandsynlighed for  
oversvømmelse

# Datadreven modellering - Online

- Generisk løsning
- Lærer over tid
- Tilvænne sig ændringer i systemet

# Opsamling

- Potentiale i offline data
- Machine Learning er et kraftigt værktøj til mønstergenkendelse og tidsserier
- Online modellering og realtidsprognoser med statistisk vurdering
- Voodoo eller virkelighed?

# Spørgsmål