



# Del 1 – Introduktion till datadriven dammövervakning

IVL @ Energiforsk, 25 januari 2023

Anders Björk, Håkan Fridén, Dag Glebe

**Måndag 2027-04-25 kl 08:35**

Viktor satte sig vid datorn för att uppdatera sig på de dammar han ansvarar för. Går igenom översikten för alla dammar på portalen dam-AI!

Han lägger märke till att antalet händelser har ökat på Klarfors. Viktor ser snabbt att händelserna har ökat sedan förra veckan både för enkla konditionstest på givarna på dammen och för AI-modellerna som övervakar givarna. Han klickar sig fram för att kolla upp de olika händelstyperna för att se vad som kan vara orsaken.

Han ringer kollegan Hanna för att diskutera det han sett. De kommer gemensamt fram till det är inte akut men är glada det upptäck detta så här fort. Ett platsbesök planeras och en underhållsåtgärd på en givare.

# Innehåll

Seminarier fokuserar på att sammanfatta behov, nytta, möjligheter och konkreta resultat.

- Varför behövs datadriven dammövervakning
- Vad omfattar datadriven dammövervakning på en övergripande nivå
- Kort om metoder inom området
- Praktiska resultat från implementering av datadriven dammövervakning
- Visualisering
- Kurs om datadriven dammövervakning
- Diskussion och frågor

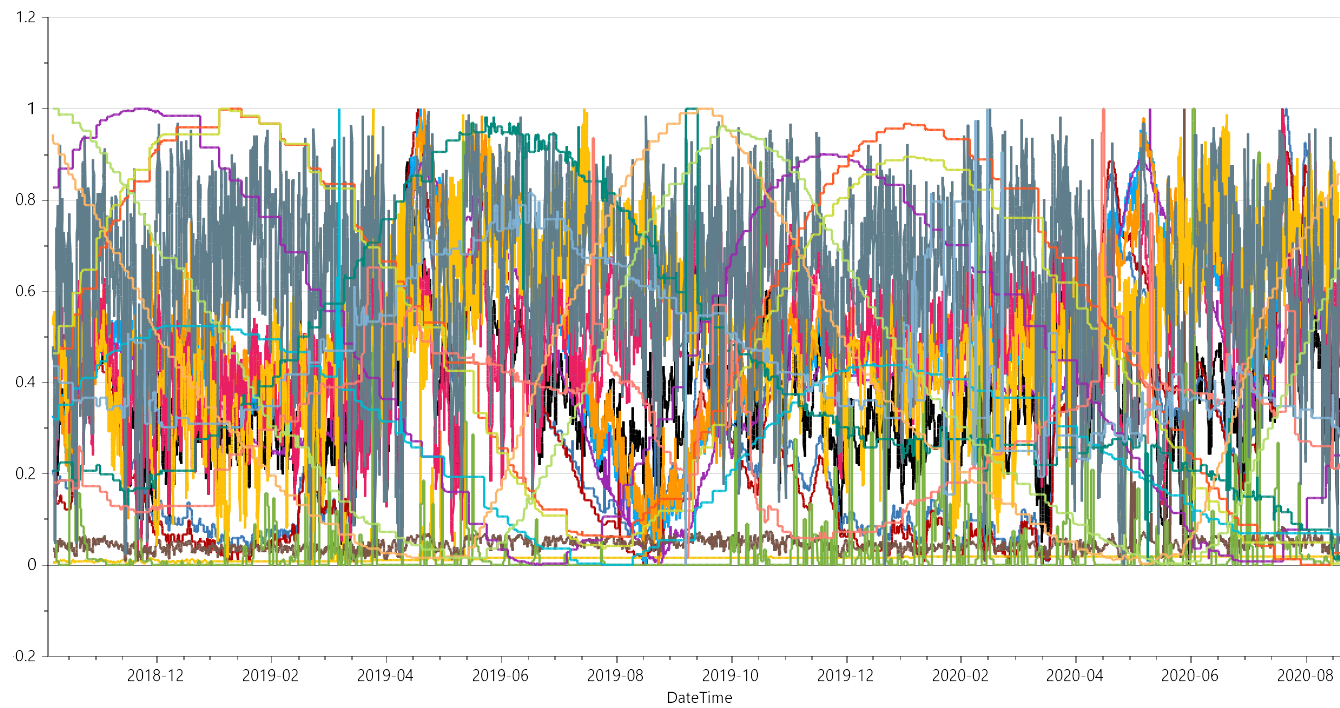
Varför behövs datadriven  
dammövervakning och vilken  
nytta kan den göra?

# Varför dammövervakning?

- Dammätning – en del av tillståndsovervakningen
- Syftet är att följa och utvärdera förändringar för att
  - ge underlag för långsiktig bedömning av anläggningens tillstånd.
  - ge en grund för bedömning av dammkonstruktionens behov av åtgärder.
  - indikera om åtgärdsnivåer överskrids.

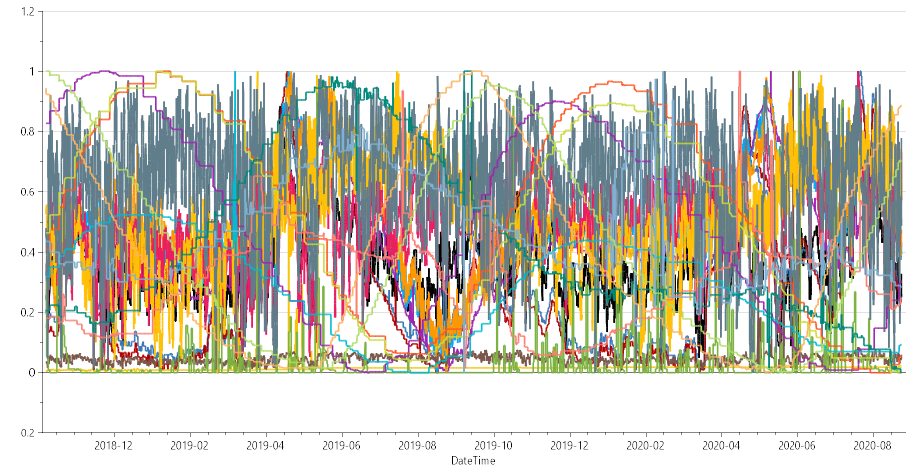


# Men vad säger insamlade data?



## Men vad säger insamlade data?

- Kan man vara säker på att insignalerna är korrekta?
- Hur tolkar man stora mängder data från många givare?
- Hur får man en översikt av viktiga händelser?
- Är slutsatser och analyser pålitliga?
- Känner vi till alla beroenden?



*Miller kom på 50-talet fram till att människor kan hantera sju plus/minus två saker samtidigt i korttidsminnet...*

# Traditionella metoder

- Signaler analyseras var och en för sig
  - Men det kan finnas ett hundratal givarsignaler per damm
- Svårt få överblick över dammtillståndet
- Fokuserar på kända problem
- Identifikation av avvikande mätvärden är svårt
  - Vad är avvikande?
    - Vad beror av förändringar i dammens tillstånd?
    - Fel hos givare eller störning av signalkedjan?
- Inget generellt sätt att validera insignaler och resultat



## Smartare lösning

Datadrivna AI-baserade metoder möjliggör att snabbt kunna

- utvärdera tillståndet hos en damm
- få en samlad överblick av beteendet hos kanske ett hundratal givarsignaler per damm
- validera att insignaler och tillstånd är trovärdiga

## Nyttor med datadrivna metoder

- Möjlighet att larma vid avvikande data
- Möjlighet att upptäcka givarfel
- Kan ge möjlighet att skilja givarfel från förändringar i dammen
- Snävare intervall för vad som är ”normalt”
- Mindre risk att missa något

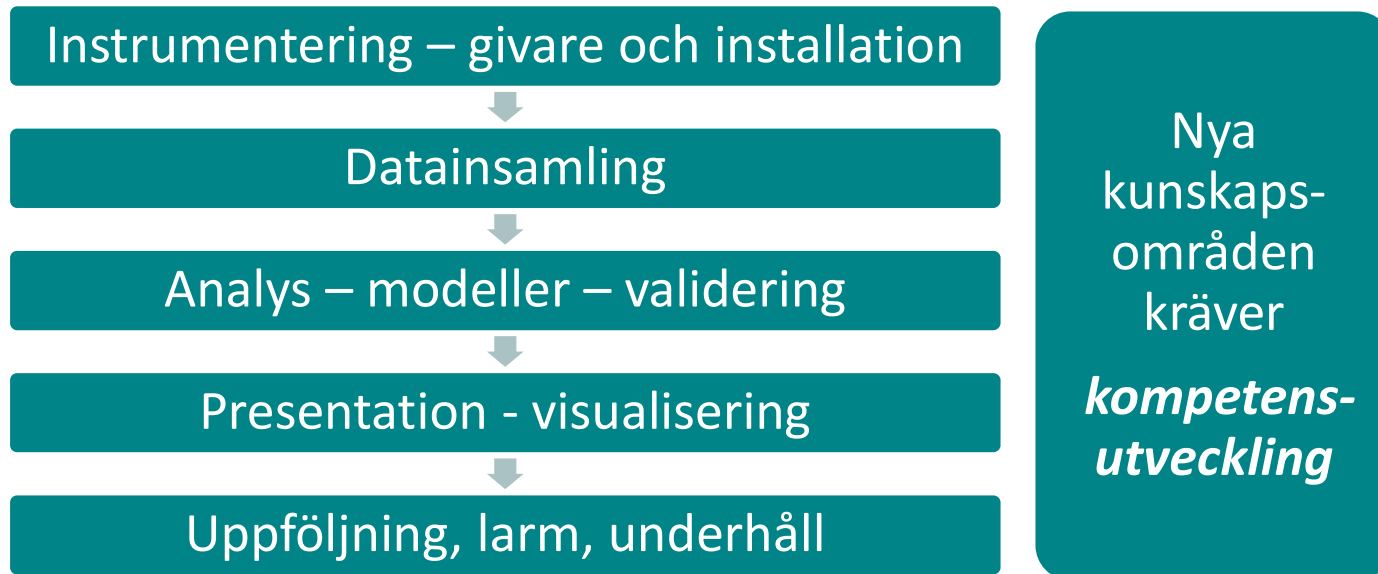
# Nyttor med datadrivna metoder

- Kan minska personberoendet vid övervakning
- Kan ge snabböversikt av en eller flera dammar
  - Men ändå mindre risk att man bortser från små händelser
- Förädlad information genom AI-metoderna
- Möjlighet till mer intelligenta varningar



Vad omfattar datadriven  
dammövervakning på en  
övergripande nivå

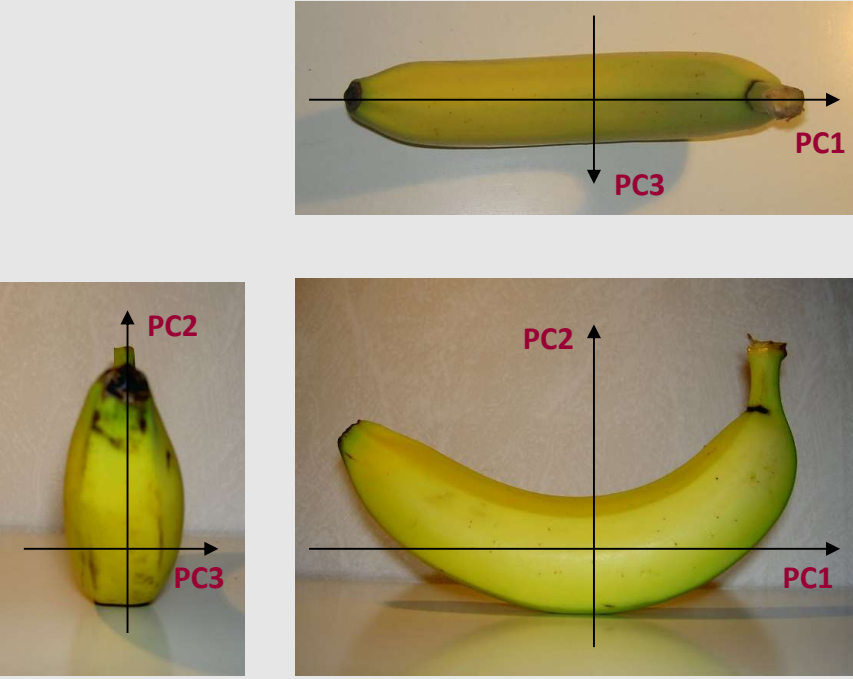
# Vad omfattar datadriven dammövervakning på en övergripande nivå



Kort om metoder vi använt

# Teckna en banan!

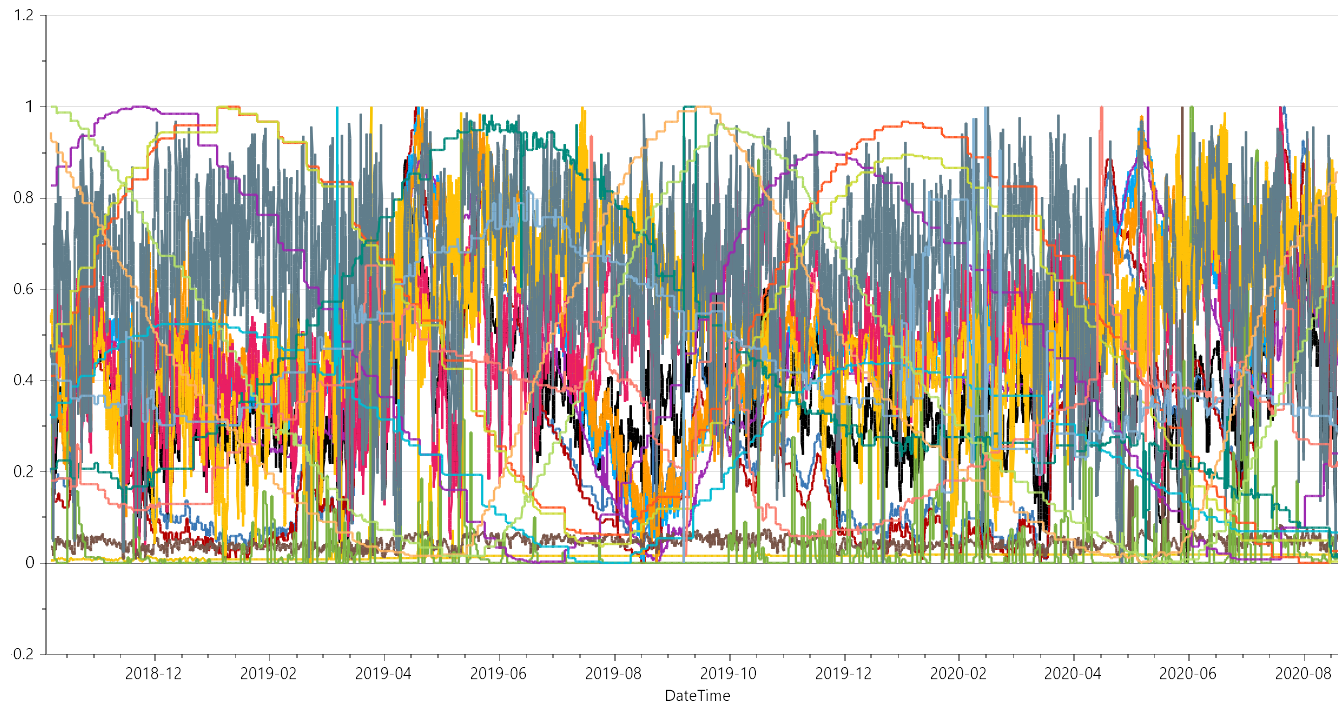
- Hur ritade du?



Källa: Fridén Infotech AB

Vi använder oftast intuitivt det perspektiv som ger bäst översikt, = störst variabilitet, = först PC1, sedan PC2

# Hur skulle du göra för dessa data?



- PCA och PLS kan projicera data så att max variabilitet uppnås i en rymd med färre dimensioner

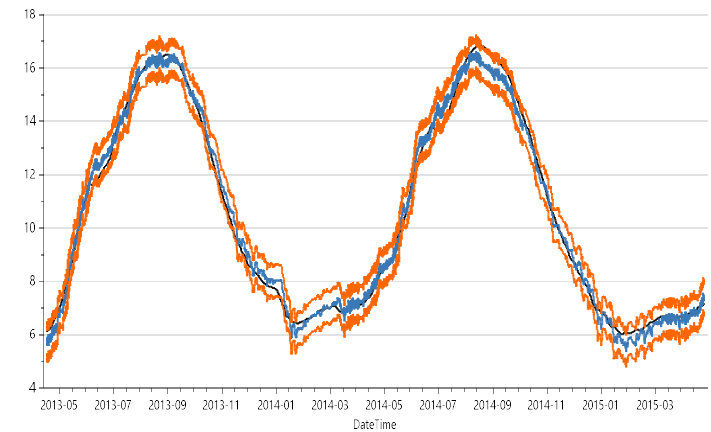
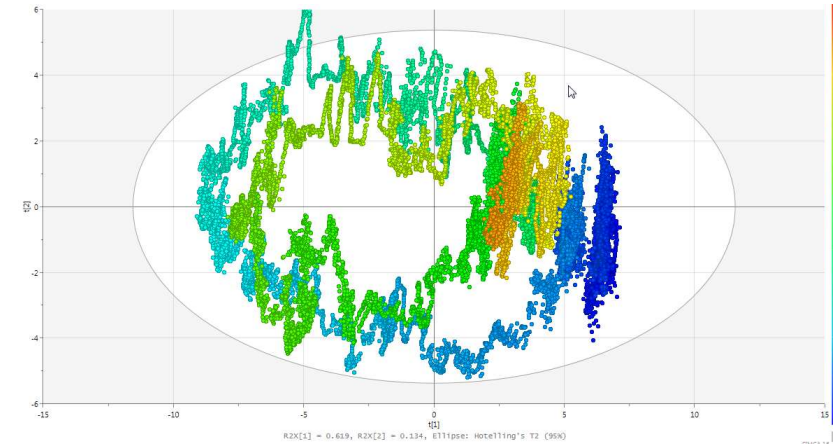


# Multivariata datadrivna metoder

- Här valdes två metoder som klarar dammdata från korrelerade givare:

1. PCA – för överblick

2. PLS – för smart signalvalidering

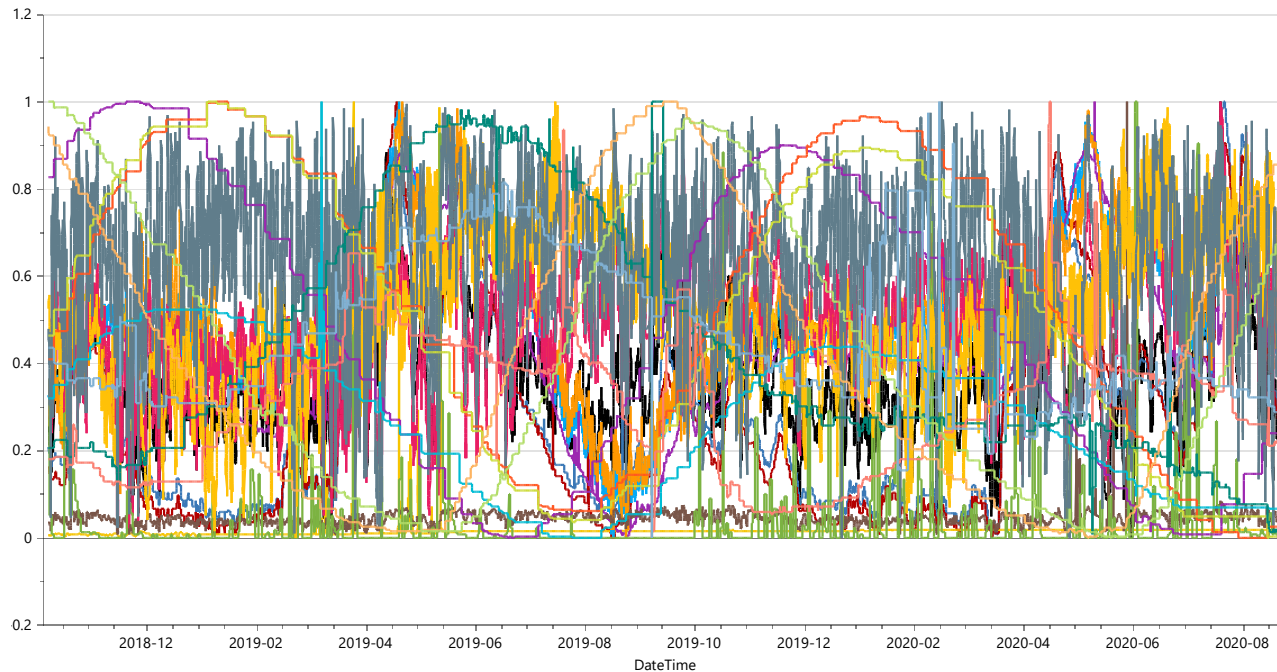


## Varför PCA & PLS

- AI-modeller presterar bra om tillräckligt med träningsdata
  - Modellerna i projektet har kunnat tränas på historiska dammdata > 5 år
- PCA & PLS kan ses som förklarbar AI, explainable AI
  - PCA & PLS ger tolkbara modeller och modellparametrar
    - Andra AI-modeller kan vara svåra att förstå
  - Varje modell har en giltighetsdomän som nya indata kan valideras mot
  - Metoderna klarar signalvärdesbortfall
  - Även det som inte kan modelleras kan visualiseras

# Praktiska resultat från implementering av datadriven dammövervakning

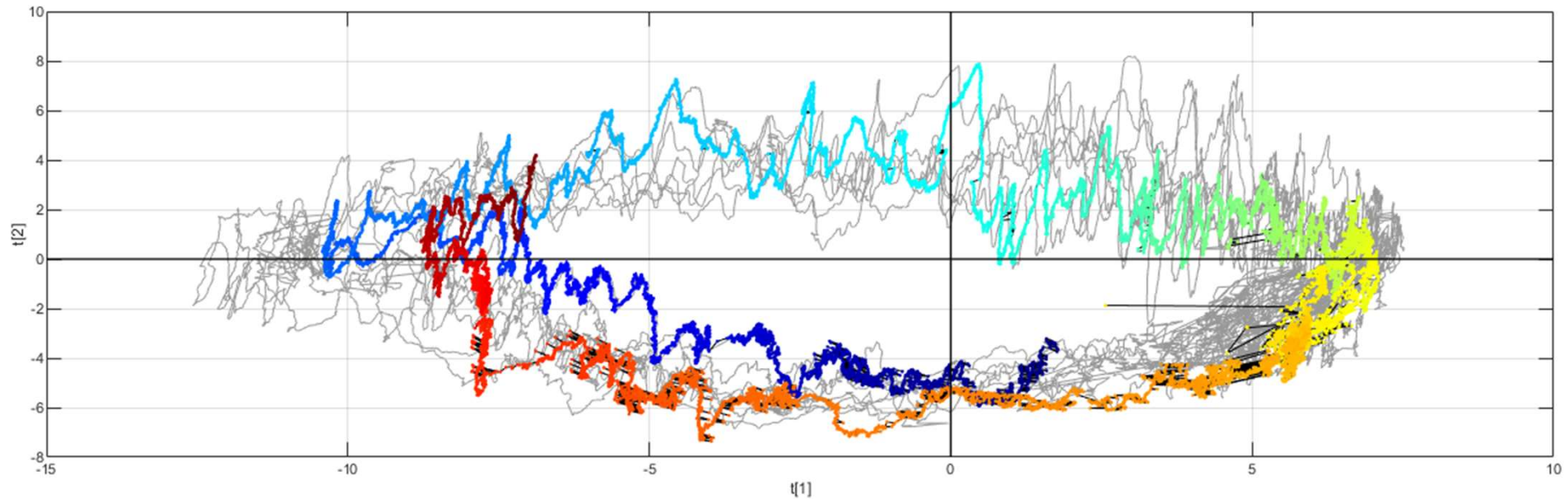
# Vi har "sjukt" mycket data – vad vill vi?



- Få koll på processläget, händer det något oväntat
- Veta om någon eller några signaler betar sig "konstigt"

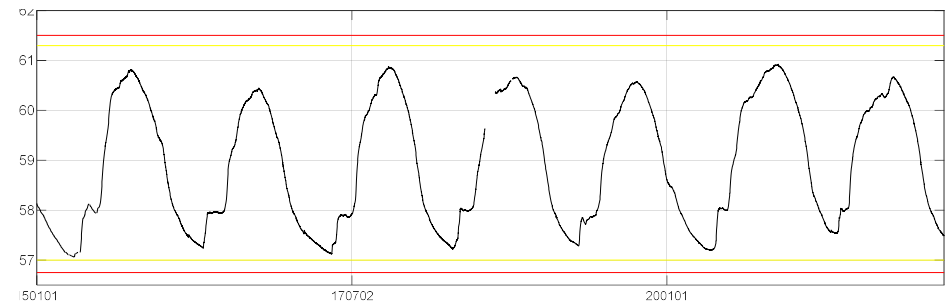
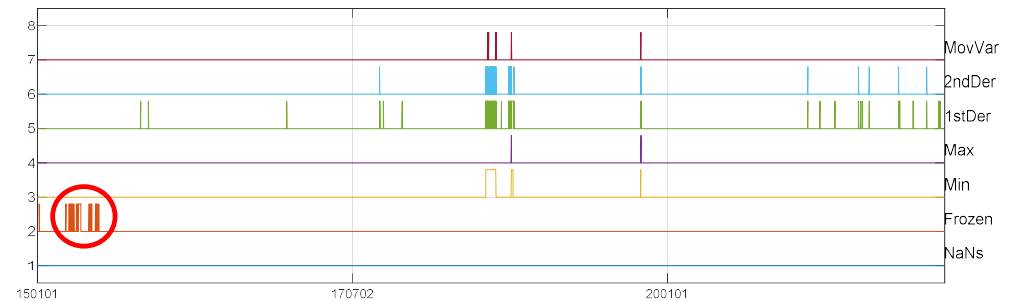
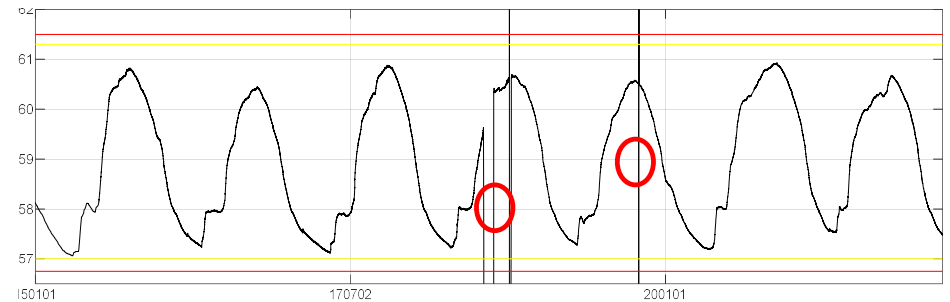
# Modellbaserat dammtillstånd

- 5 års modellägen (svart)
- Nya data 210701 (blå) – 221115 (röd)



# Gränsvärdesbaserad signalvalidering

- Inkommande signal
  - Med transienter/"spikar" och bortfall
- Detekterade signalhändelser
  - Frusen signal
  - Överskridna min- och maxgränser
  - Överskridna derivator
- Validerad signal
  - Identifierade avvikelser är bortfiltrerade

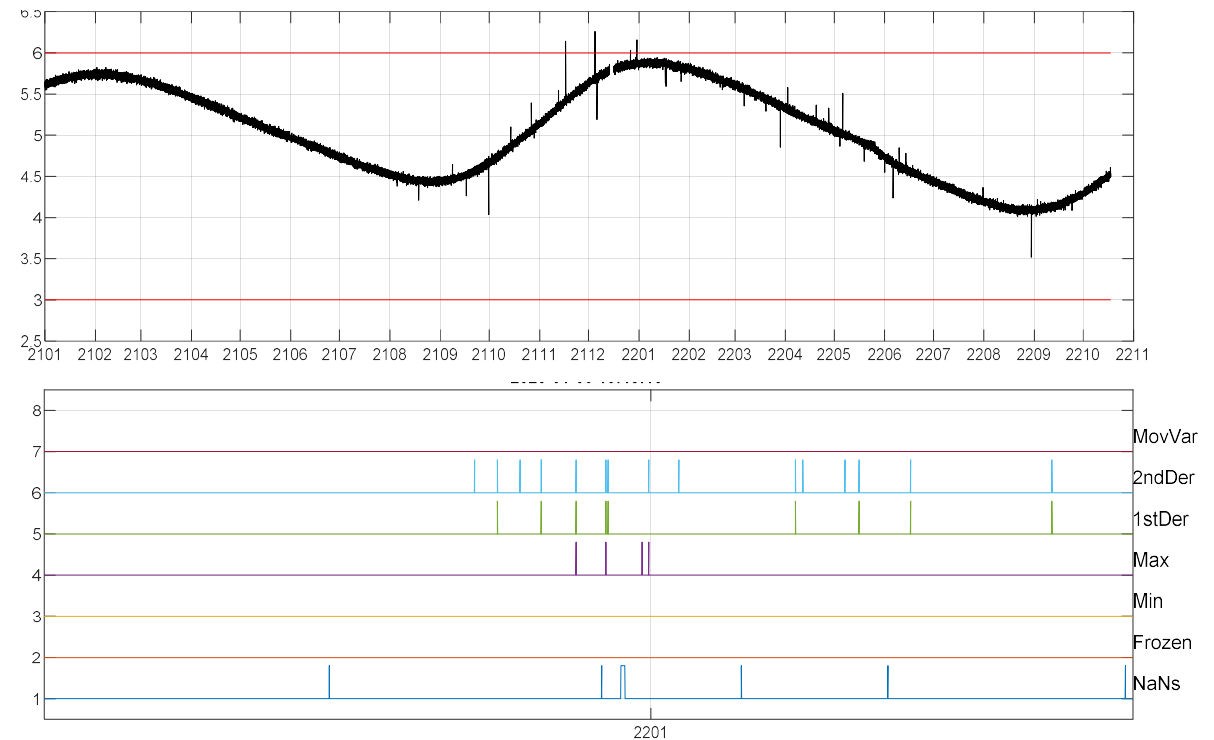


# Detekterade signalhändelser i projektet

- Omotiverade transienter
- Nivåskiften
- Bortfallsperioder
- Frusna värden
- Överskridna min och max

# Detekterade signalhändelser i projektet

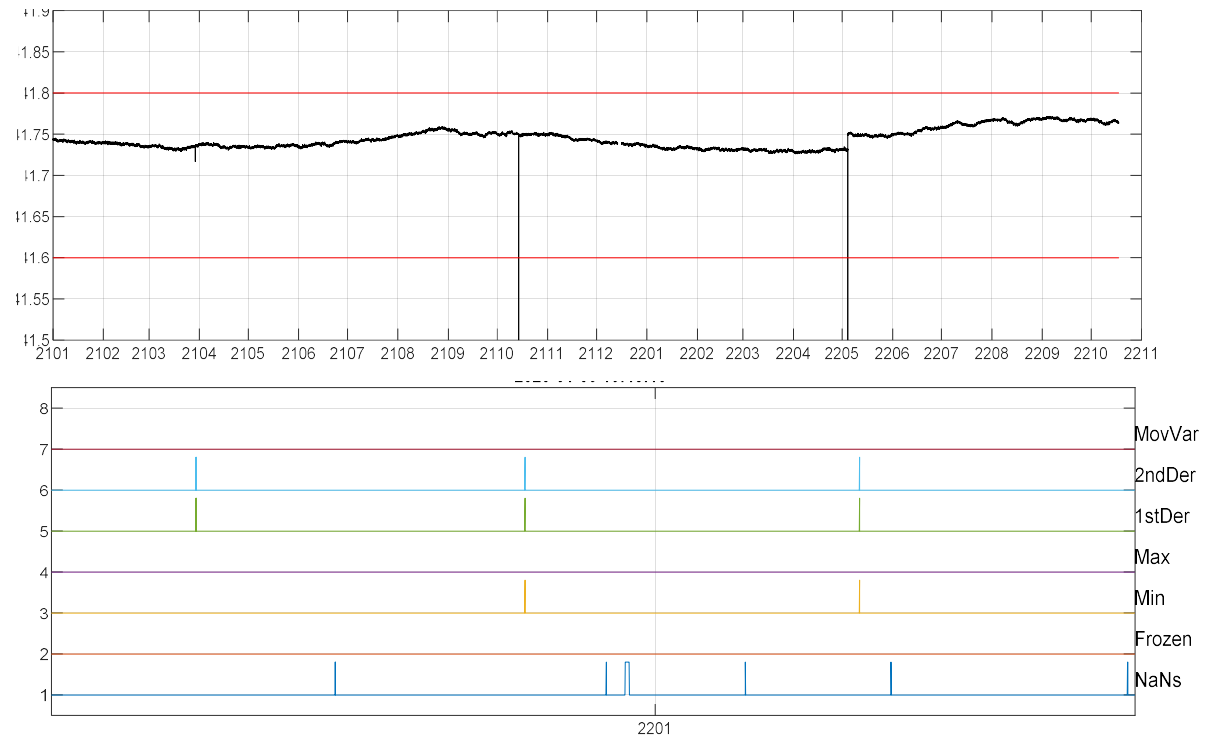
- ➔ Omotiverade transienter
- Nivåskiften
- Bortfallsperioder
- Frusna värden
- Överskridna min och max





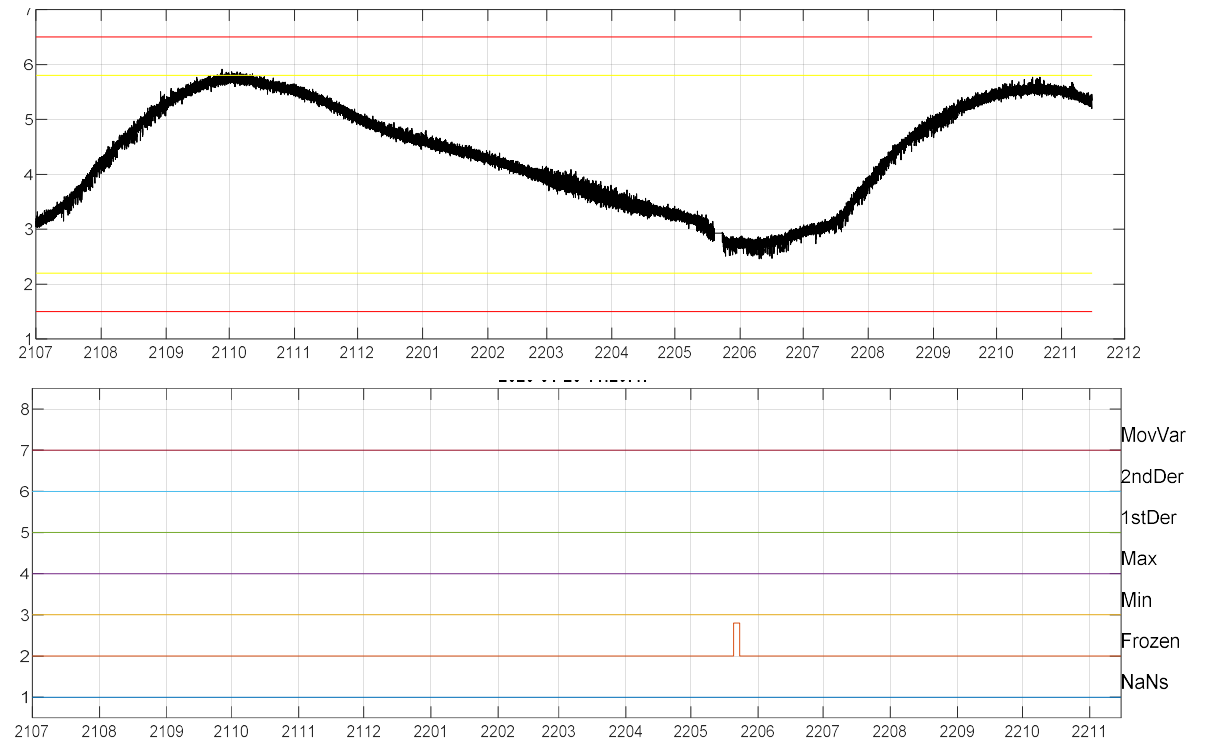
# Detekterade signalhändelser i projektet

- ➔ Omotiverade transienter
- ➔ Nivåskiften
- ➔ Bortfallsperioder
- Frusna värden
- Överskridna min och max



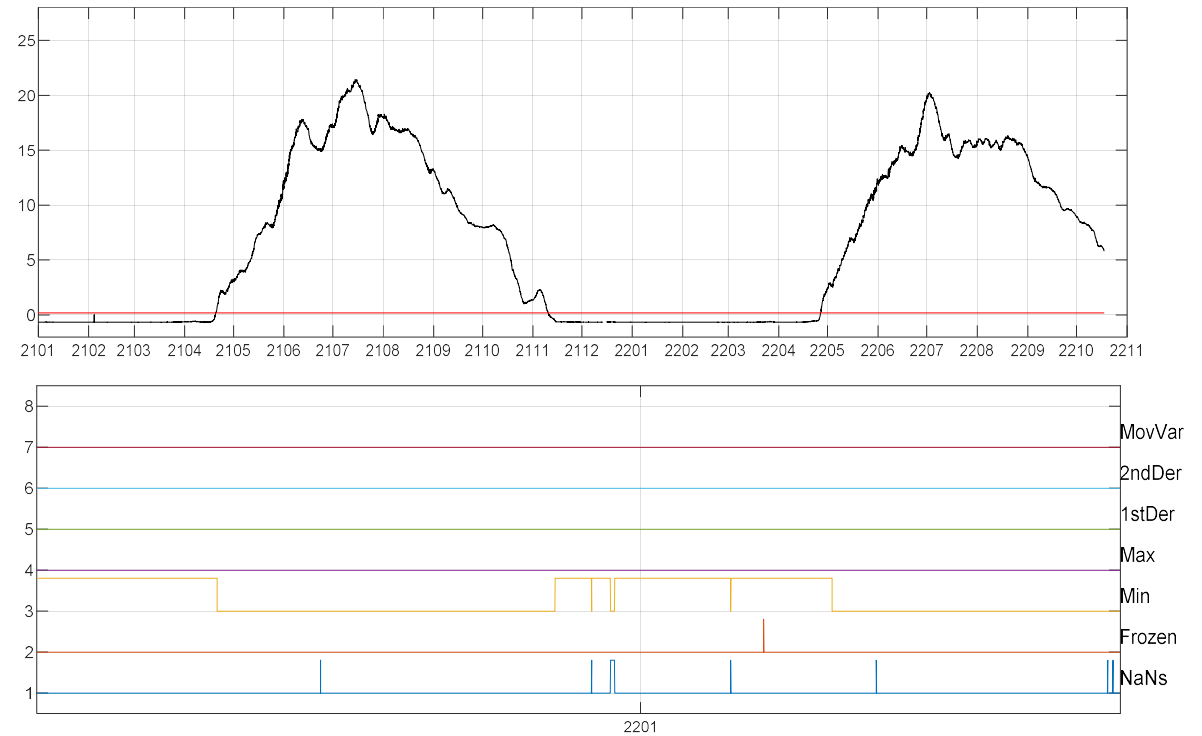
# Detekterade signalhändelser i projektet

- Omotiverade transienter
- Nivåskiften
- Bortfallsperioder
- ➔ Frusna värden
- Överskridna min och max



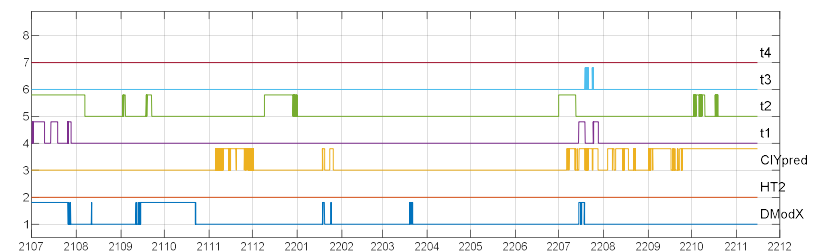
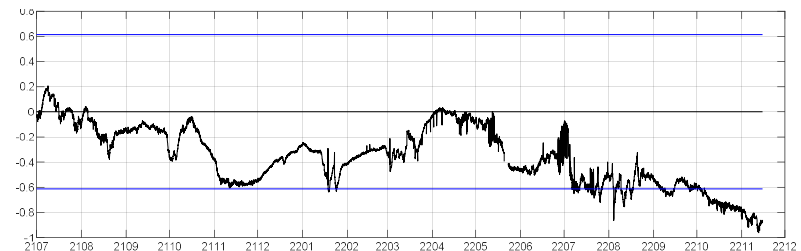
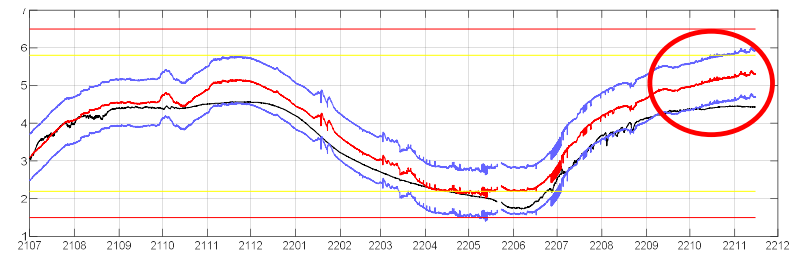
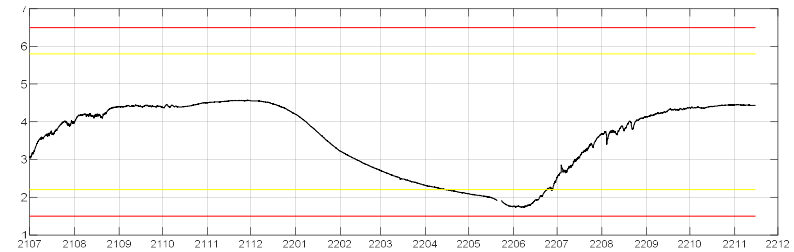
# Detekterade signalhändelser i projektet

- Omotiverade transienter
- Nivåskiften
- Bortfallsperioder
- ➔ Frusna värden
- ➔ Överskridna min och max



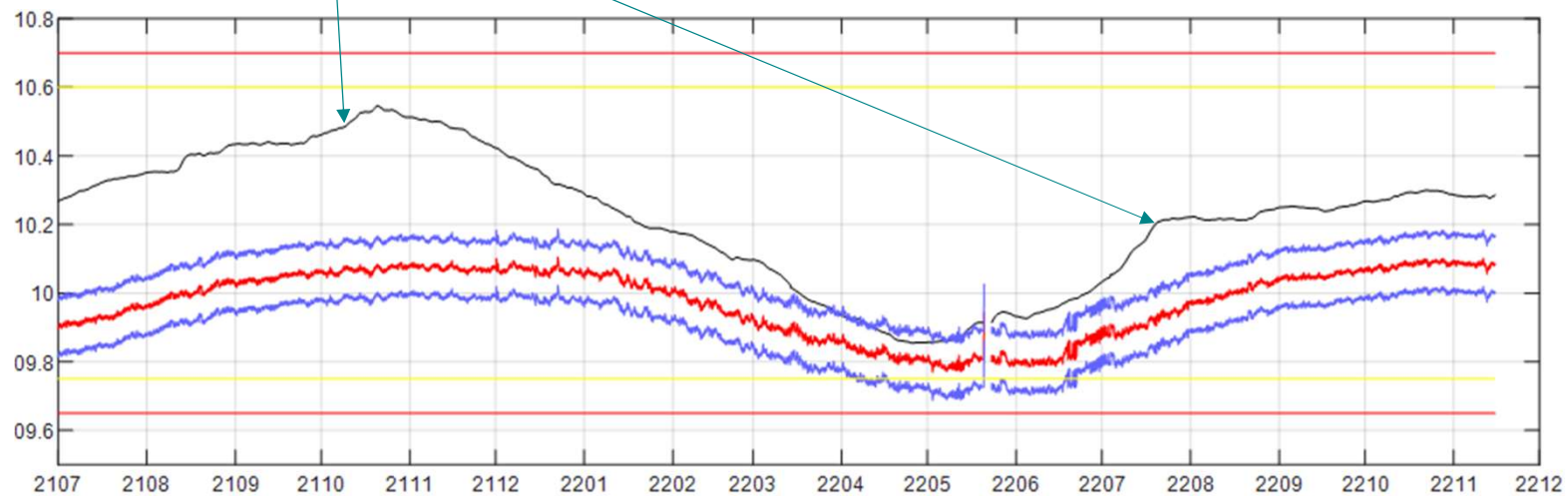
# Modellbaserad signalvalidering

- Inkommande signal (en temp)
- Observerad och predikterad signal
  - Filtreerad (svart)
  - Predikterad (röd)
  - Konfidensintervall för prediktionerna (blå)
- Skillnad observerad - predikterad
- Detekterade modellhändelser
  - Utanför konfidensintervall
  - Andra modellparameterhändelser



# Detekterade modellhändelser i projektet

- Signaldrift
- Avvikande processlägen, övergripande dammtillstånd
- Utanför konfidensintervall
- Andra modellparameterhändelser

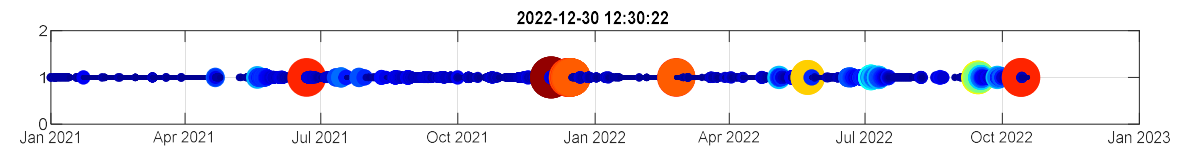
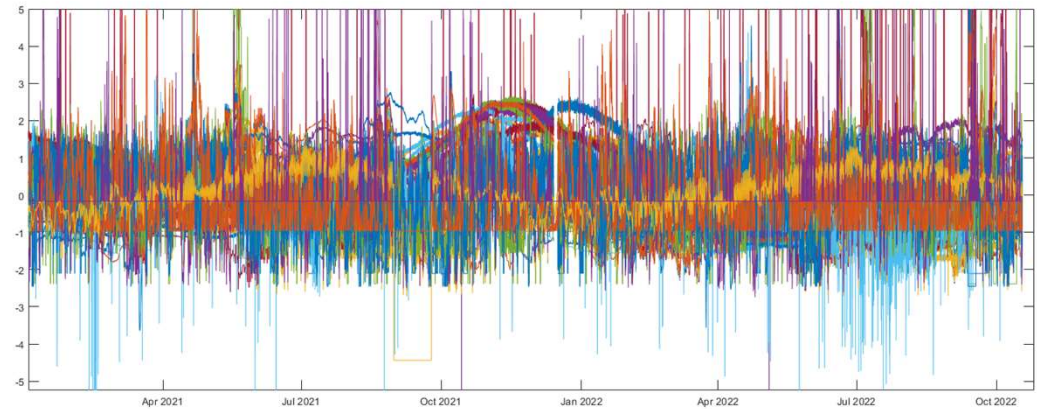


Visualisering för händelser i ett ögonkast

# Visualisering av avvikelser

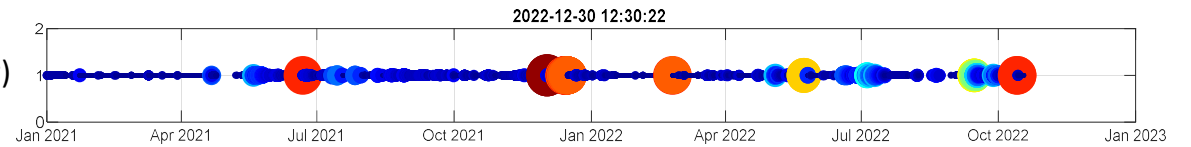
Från helheten till enskilda signalen

- I Summa signal- och modellhändelser
- II Summa signal- eller modellhändelser
- III Signal- eller modellhändelser
- IV Enskild signal eller modell
- (V Enskilda modellparametrar)



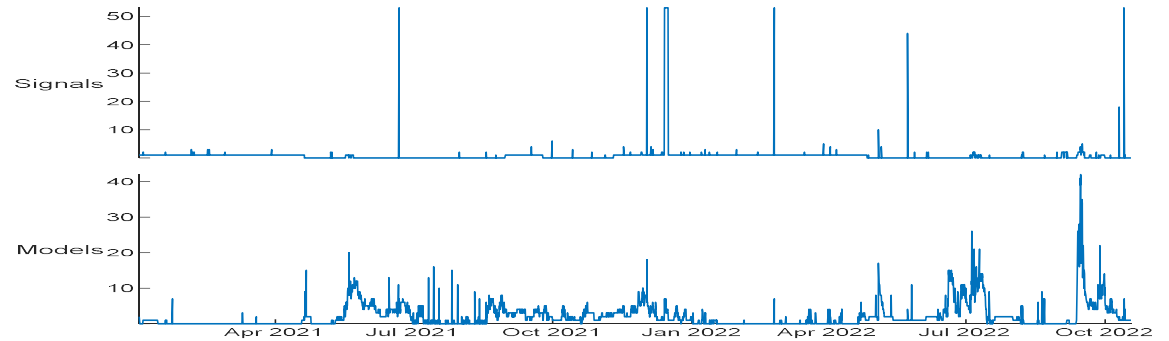
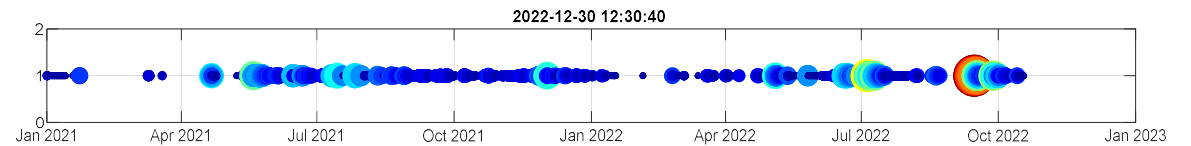
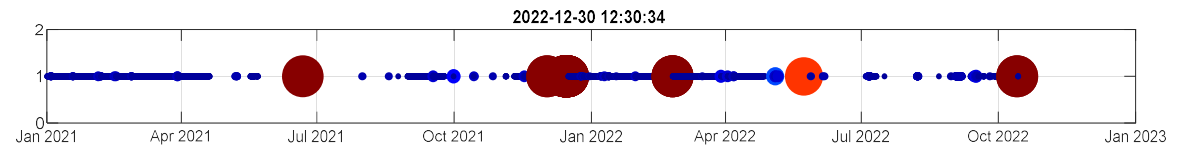
# Visualisering

Summa(signaler + modeller)



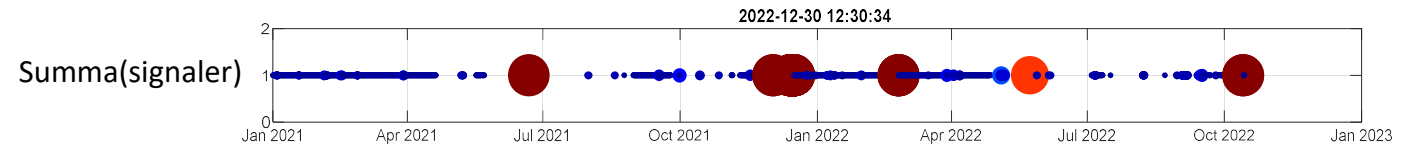
## Från helheten till enskilda signalen

- I Summa signal- och modellhändelser
- **II Summa signal- eller modellhändelser**
- III Signal- eller modellhändelser
- IV Enskild signal eller modell





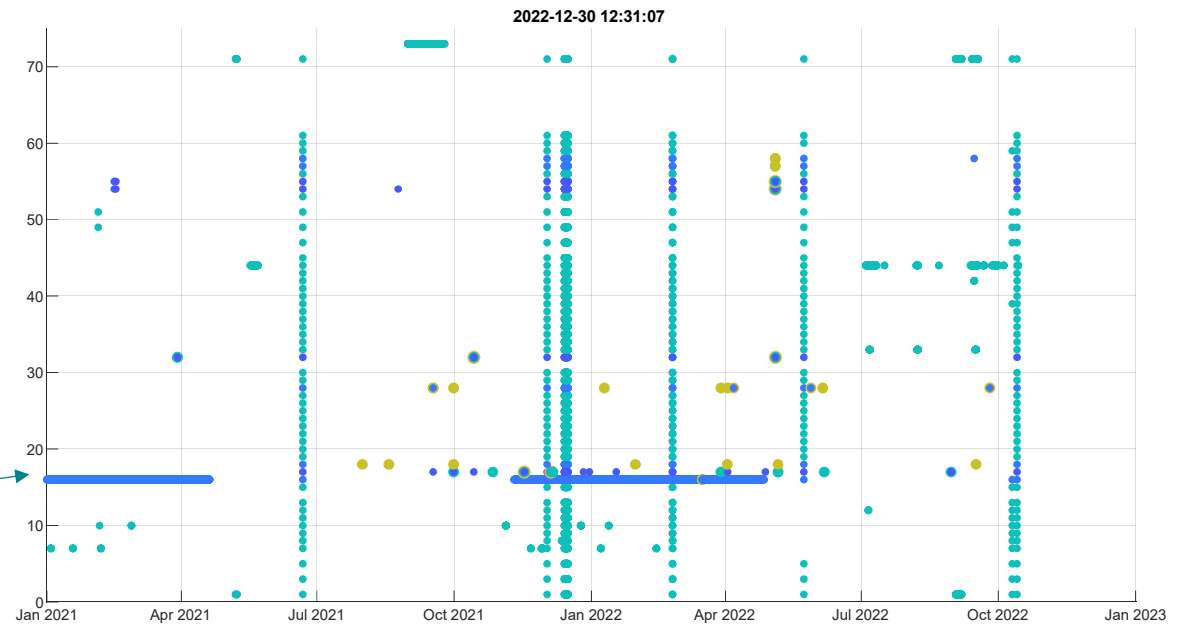
# Visualisering



## Från helheten till enskilda signalen

- I Summa signal- och modellhändelser
- II Summa signal- eller modellhändelser
- **III Signal- eller modellhändelser**
- IV Enskild signal eller modell

Signal 17

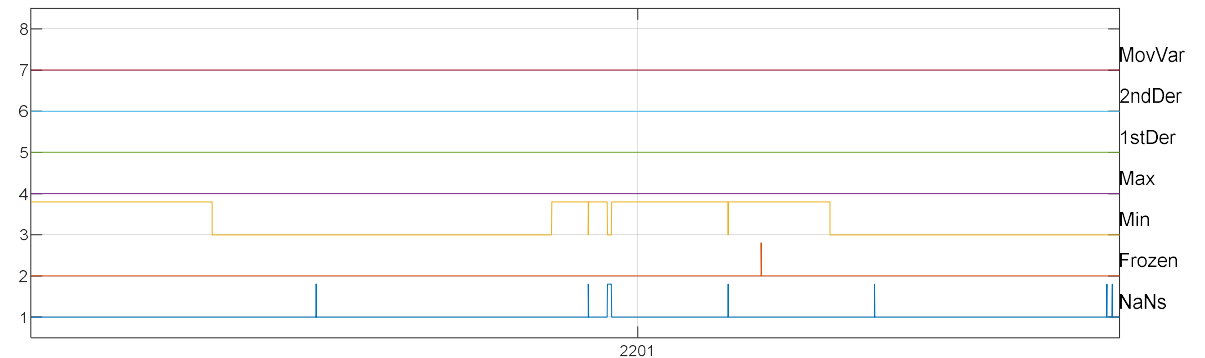
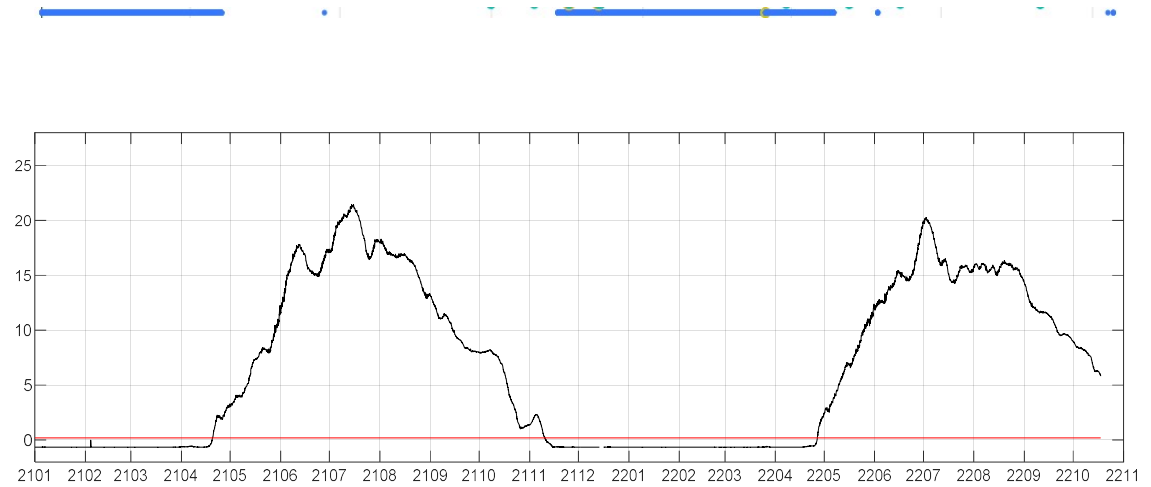


# Visualisering

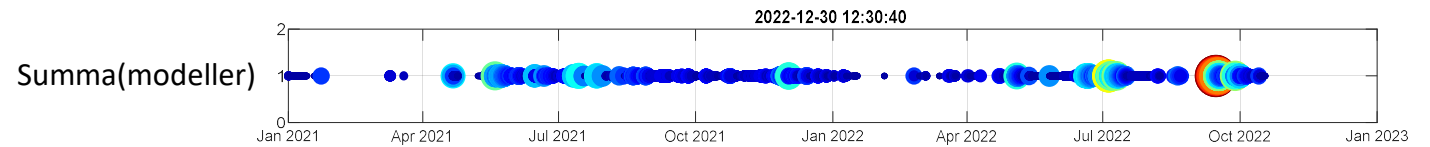
## Från helheten till enskilda signalen

- I Summa signal- och modellhändelser
- II Summa signal- eller modellhändelser
- III Signal- eller modellhändelser
- **IV Enskild signal eller modell**

Signal 17



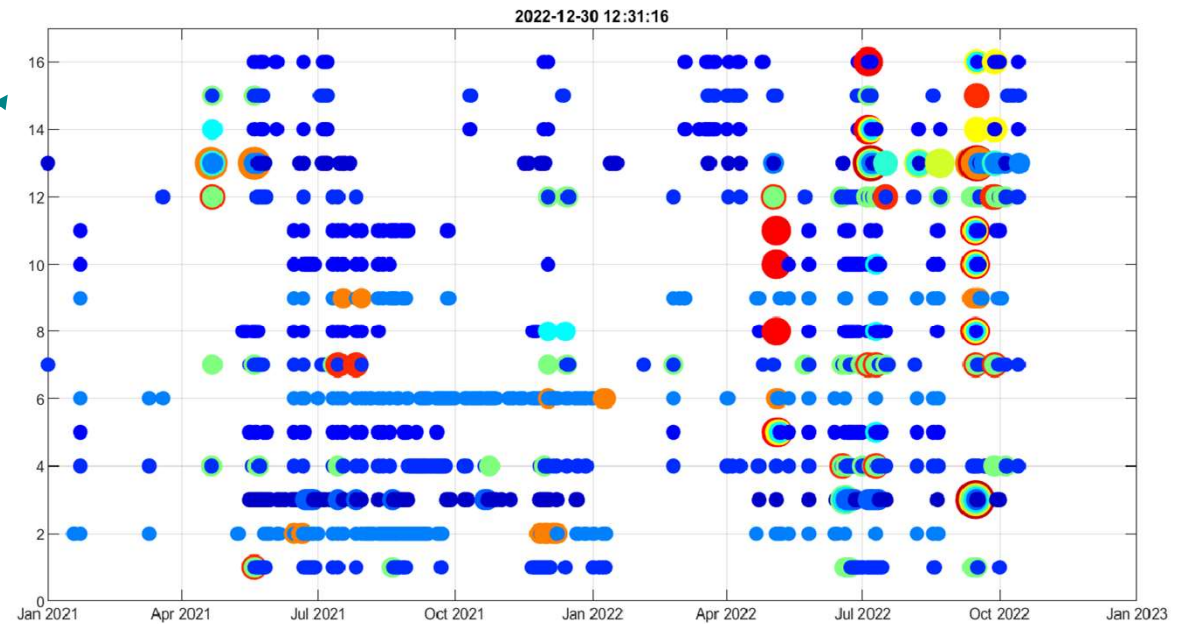
# Visualisering



## Från helheten till enskilda signalen

- I Summa signal- och modellhändelser
- II Summa signal- eller modellhändelser
- **III Signal- eller modellhändelser**
- IV Enskild signal eller modell

Modell 15



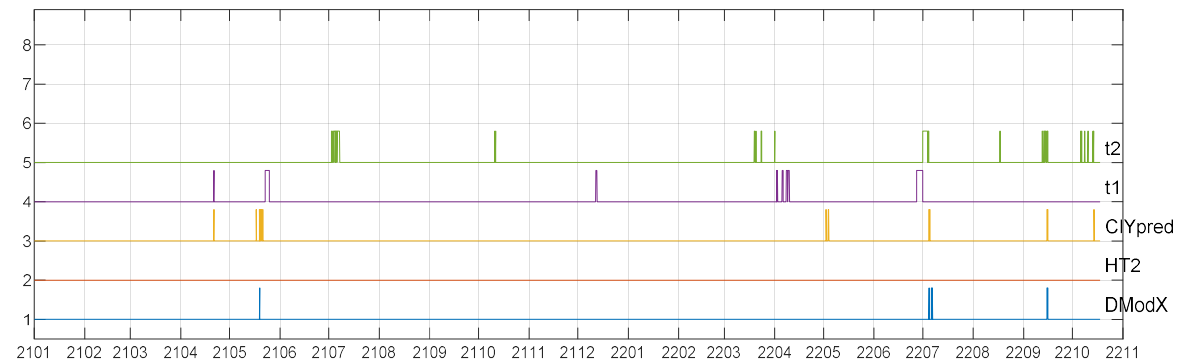
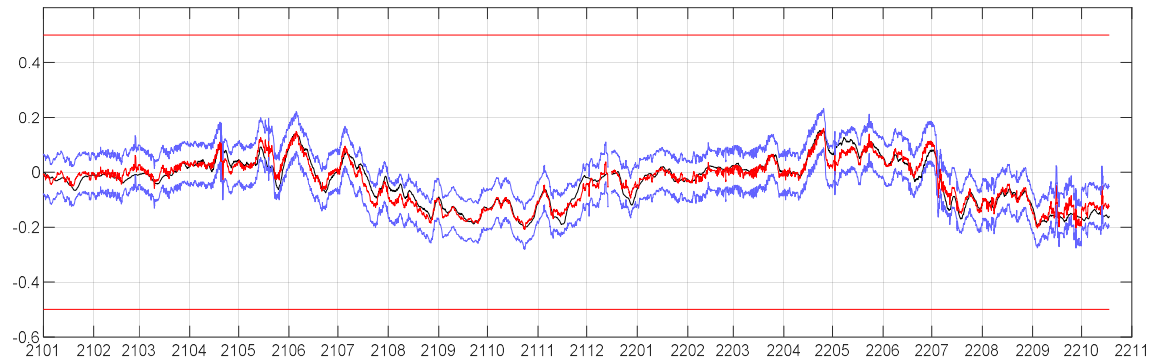
# Visualisering

Modell 15



## Från helheten till enskilda signalen

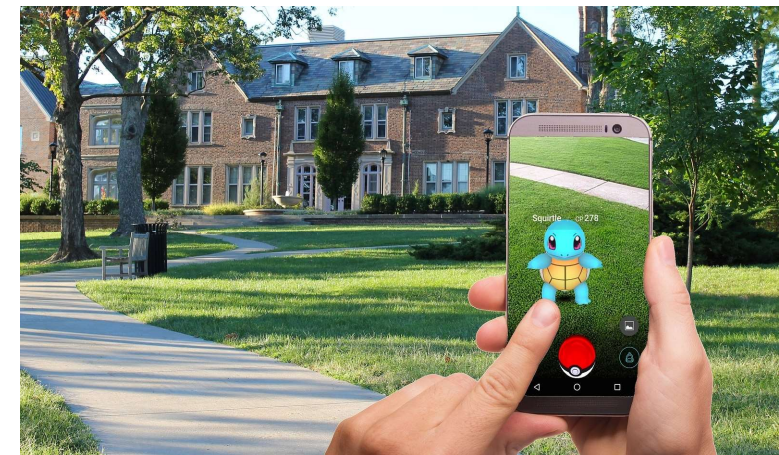
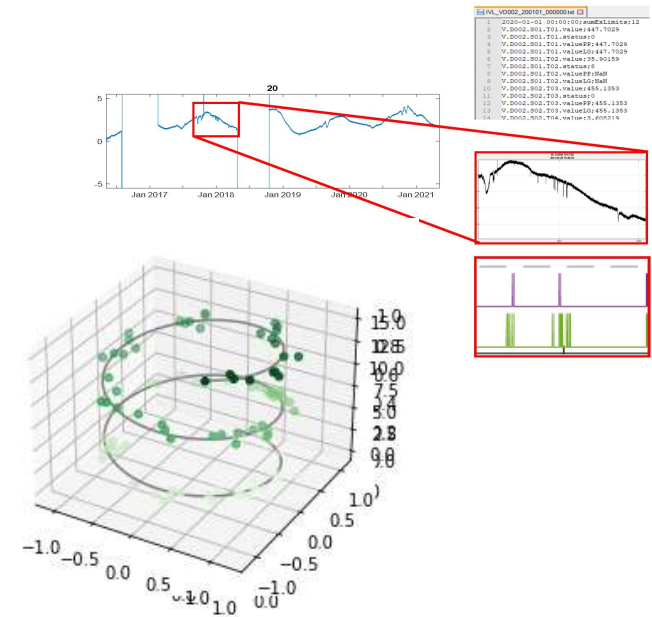
- I Summa signal- och modellhändelser
- II Summa signal- eller modellhändelser
- III Signal- eller modellhändelser
- **IV Enskild signal eller modell**



Visioner

# Tekniker som kommer eller redan finns inom visualisering

- Status-at-a-glance
- Click-drill-down
  - Direkt växla från översiktsvy till detaljerad vy med klick i diagram
- 3D
  - Roterbara plottar
  - Georelaterade smart pins
- Augmented Reality, AR
  - Interaktiv koppling modell – verklighet



# Utvecklingen inom dammövervakning har bara börjat

- Intåget av AI i dammövervakningsvärlden har börjat
- Utökad datorstöd ger nya möjligheter till översikt och diagnos
- Nya visualiseringsmetoder förenklar arbetet
- Smartare identifiering av felmoder med AI
- Många lärdomar att bygga vidare på från projekten
  - Iterativ utveckling, tumregler och metodik
- Fortbildning är ett måste

# Kurs om datadriven dammövervakning



# Kurs om datadriven dammövervakning

| Datum                  | Moment                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23-03-01               | Material för inläsning tillsammans med mindre datorövning i Excel.                                                                                                                                                                                                  |
| 23-03-09               | Fysisk kursdag 1<br>Introduktion till verktyg för att genomföra datorövningar, följt av datorövning.<br>Teori och användandet av PCA och PLS.                                                                                                                       |
| 23-03-10 -<br>23-03-27 | En datorövning att genomföra på egen hand med PLS, på data från en damm.                                                                                                                                                                                            |
| 23-03-20               | Kort avstämning via Teams i grupp kring datorövningen.                                                                                                                                                                                                              |
| 23-03-27 –<br>23-03-29 | Avrapportering datorövningsarbetet. Granskning av andras rapporter.                                                                                                                                                                                                 |
| 23-03-30               | Fysisk dag 2<br>Genomgång av metoder för att detektera avvikelser med hjälp av PLS modeller.<br>Diskussion om datorövningen och de erfarenheter man fått, en kort datorövning om avvikelседetektion samt summering av kursen och behov kursdeltagarna identifierat. |
| 23-04-18               | Kort uppföljningsmöte via Teams                                                                                                                                                                                                                                     |

Diskussion och frågor

# Många möjligheter när data visualiseras

- Vad funkar i verksamheten?
- Vilka frågeställningar?
- Funktionalitet vs. Komplexitet?
  - Interaktivitet? 3D? ...
- Vad har organisationerna investerat i
  - vad är man villig att investera i?
    - Risk att investera resurser i för komplexa system?
    - Framtiden ger svar om vad som är rimligt/eftersträvansvärt/kostnadseffektivt på sikt

```
1 Dnmn_210611_000000.txt
2021-06-11 00:00:00;sumSignalExLimits;2;sumModelExLimits;46
S01.T01.value;47.382
S01.T01.status;0
S01.T01.valuePP;47.382
S01.T01.valueLG;47.382
S01.T02.value;2.957946
S01.T02.status;0
S01.T02.valuePP;2.957946
S01.T02.valueLG;2.957946
.S02.T03.value;54.2964
.S02.T03.status;0
S02.T03.valuePP;54.2964
S02.T03.valueLG;54.2964
SN? T04.value? 58776R
...
M010.status;97
M010.DModXpred;2.342
M010.t1pred;-0.689
M010.t2pred;-0.575
M010.HT2pred;0.252
M010.T04.pred;3.207
M010.T04.CuSumH;0.000
M010.T04.CuSumL;0.000
M011.status;32
M011.DModXpred;1.324
M011.t1pred;-0.345
M011.HT2pred;0.031
M011.T70.pred;12.657
```

