



hoogheemraadschap  
Hollands  
Noorderkwartier

# Rioolvriemd water tool





# Introductie

## **HHNK Data science team**

- Anna Keune
  - Ontwikkelen model
- Jeroen Baars
  - Opzetten modelstructuur

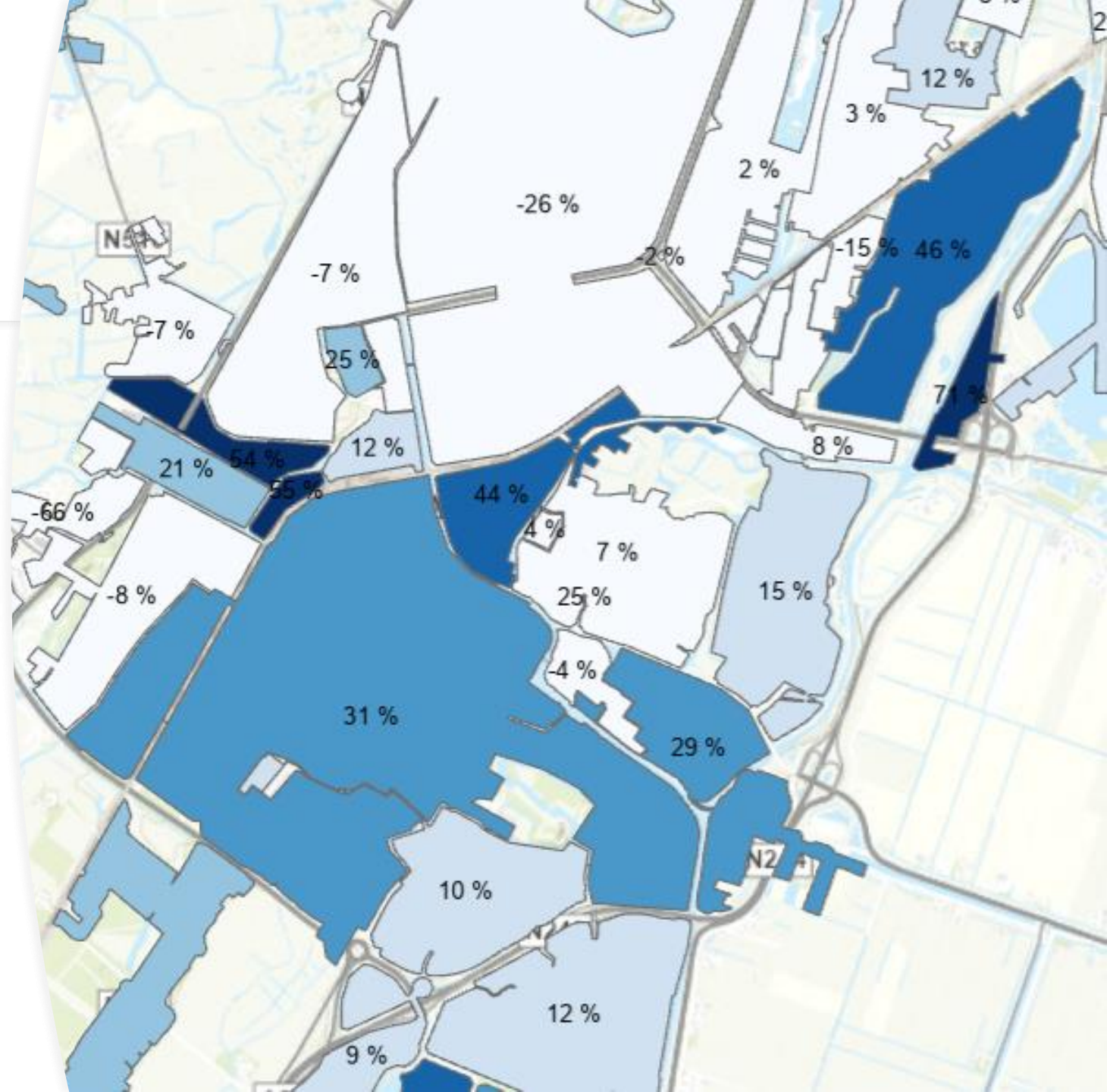
## **HHNK Waterketen**

- Mark Lamers
  - Evaluatie en gebruik
- Milan Kant
  - Evaluatie en gebruik



# Introductie

- Huidige methode voorspelling riolvreemd water
  - Volume (m3) en percentage
  - Dagwaarden
  - Jaargemiddelde
  - Goede eerste indicatie
- Riolvreemd water op neerslag dagen?
- Wanneer precies riolvreemd water?



# Waarom deze tool?

- Continue monitoring op verdenking rioolvreemd water
  - Op uurbasis
  - Automatische melding





Waarom deze tool?

- **Wanneer precies rioolvreemd water?**

- Welk tijdstip van de dag?
- Welke dagen van de week?
- Welke weersomstandigheden?
- Afhankelijk van seizoen?
- Etc...



# Waarom deze tool?

Tijdstip van de dag

Illegale lozingen op constante tijdstippen?

VGS stelsel

Dag van de week

In het weekend minder rioolvreemd water dan doordeweeks?



# Waarom deze tool?

## Weersomstandigheden

Meer rioolvreemd water tijdens/net na neerslag?

Meer rioolvreemd water bij een bepaalde windrichting?

## Seizoen

Variatie grondwaterstand

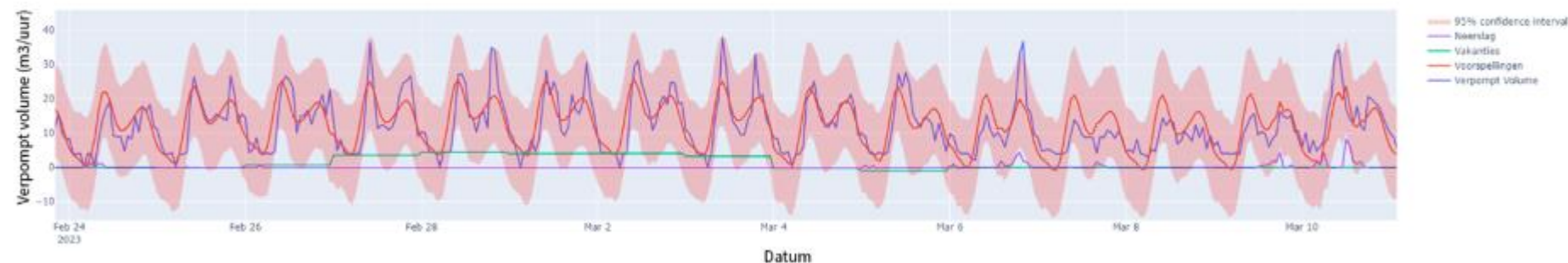
Variatie oppervlaktewaterpeil

Temperatuur (bevroren grond)

# Hoe werkt de tool?

- Voorspelling verpompt volume
  - Op basis van zelflerend model
  - m3/u
- Vergelijking met gemeten verpompt volume
  - [Rioolvreemd water] = [Gemeten debiet] - [Voorspeld debiet]
- FEWS analyse tool
- BI dashboard (in ontwikkeling)

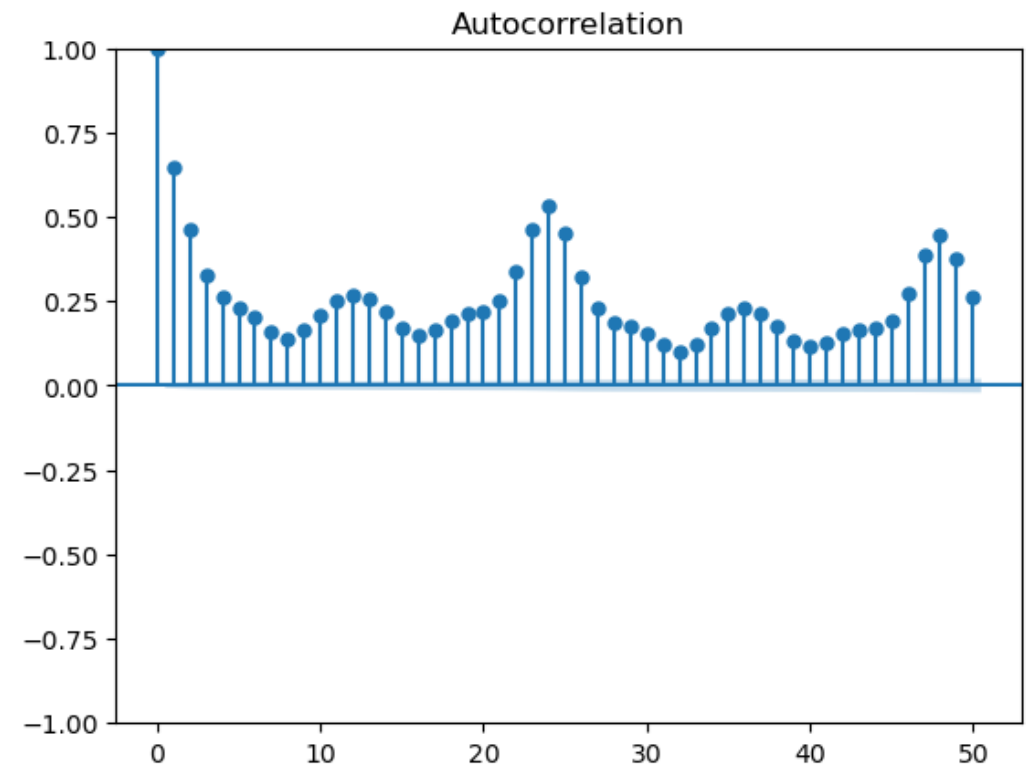
Rioolgemeal: De Krim



- RVW Prognose
  - > Alkmaar
  - > Beemster
  - > Beverwijk
  - > Den Helder
  - > Geestmerambacht
  - ▼ Heiloo
    - ✗ Rg. Akersloot, BBB
    - Rg. Akersloot, kelder
    - Rg. Boekelermeerweg, totaal
    - Rg. Diamantweg-Noord, kelder
    - Rg. Diamantweg-Zuid, totaal
    - ✗ Rg. Limmen, BBB
    - Rg. Limmen, kelder
    - Rg. RWZI Heiloo, kelder
    - Rg. Romp-Zuid, totaal
    - Rg. Smaragdweg, totaal
    - Rg. Toermalijnstraat, totaal
    - Rg. Willem de Zwijgerlaan, kelder
  - > Katwoude
  - > Oosthuizen
  - > Stolpen
  - > Texel
  - > Ursem
  - > Velsen
  - > Westpoort
  - > Wervershoof
  - > Wieringen
  - > Wieringermeer
  - > Zaandam-Oost

# Model voor Voorspellingen: NeuralProphet

- **NeuralProphet:** brug tussen statistiek en deep learning
- Deep learning methode met autocorrelatie
- Interpreteerbaar
- Simpele configuratie



# Benodigde data



**Debiet (m<sup>3</sup>/uur)**



**Neerslag (mm/uur)**



**Speciale dagen**

Feestdagen  
Schoolvakanties

# Testset rioolgemalen

Rioolgemeal	Aantal pompen	Type	Afnameverplichting	Opmerking
De Krim	2	Nat opgesteld	50 m <sup>3</sup> /uur	Seizoenseffect op Texel
Eendracht	2	Nat opgesteld	2 m <sup>3</sup> /uur	Naast een bierbrouwerij
Nevelpanter	2	Nat opgesteld	39 m <sup>3</sup> /uur	Gescheiden stelsel
Jan de Heemstraat	2 x 2 kelders	Droog opgesteld	1070 m <sup>3</sup> /uur	Liep een rioolvreemdwater onderzoek naar
Jan van Scorelkade	2	Nat opgesteld	51 m <sup>3</sup> /uur	Is rioolvreemd water geweest

# Code

	ds	y	neerslag	weekend	weekday
43580	2020-01-01 01:00:00	0.90	0.0	0	1
43581	2020-01-01 02:00:00	0.00	0.0	0	1
43582	2020-01-01 03:00:00	0.90	0.0	0	1
43583	2020-01-01 04:00:00	0.00	0.0	0	1
43584	2020-01-01 05:00:00	0.97	0.0	0	1
...	...	...	...	...	...
74557	2023-07-16 19:00:00	0.93	0.0	1	0
74558	2023-07-16 20:00:00	0.93	0.0	1	0
74559	2023-07-16 21:00:00	0.00	0.0	1	0
74560	2023-07-16 22:00:00	0.93	0.0	1	0
74561	2023-07-16 23:00:00	0.93	0.0	1	0

30982 rows × 5 columns

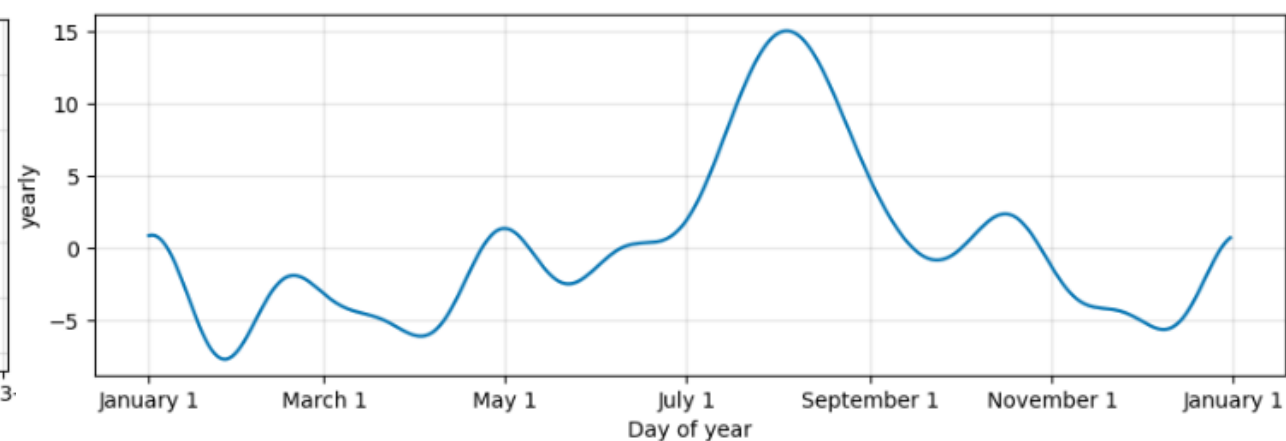
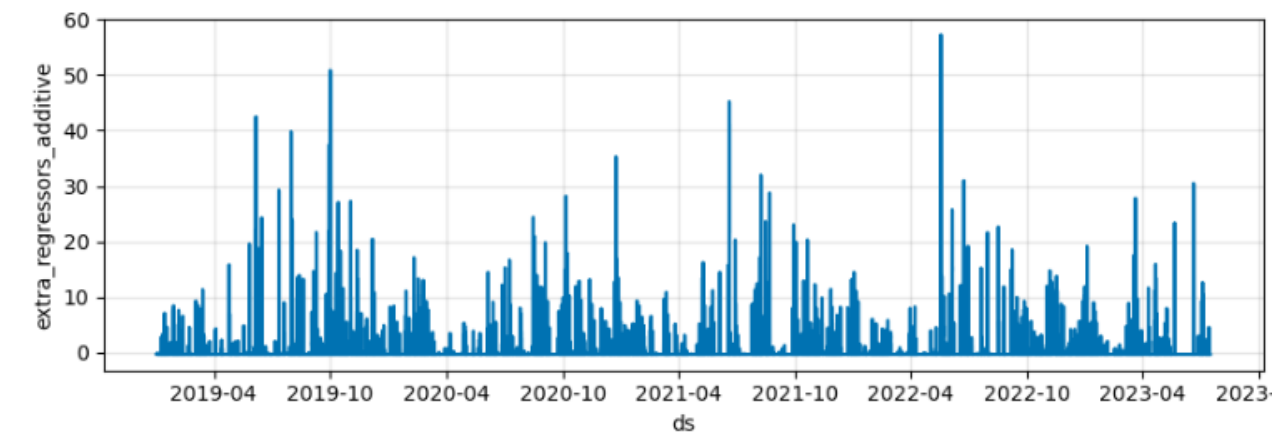
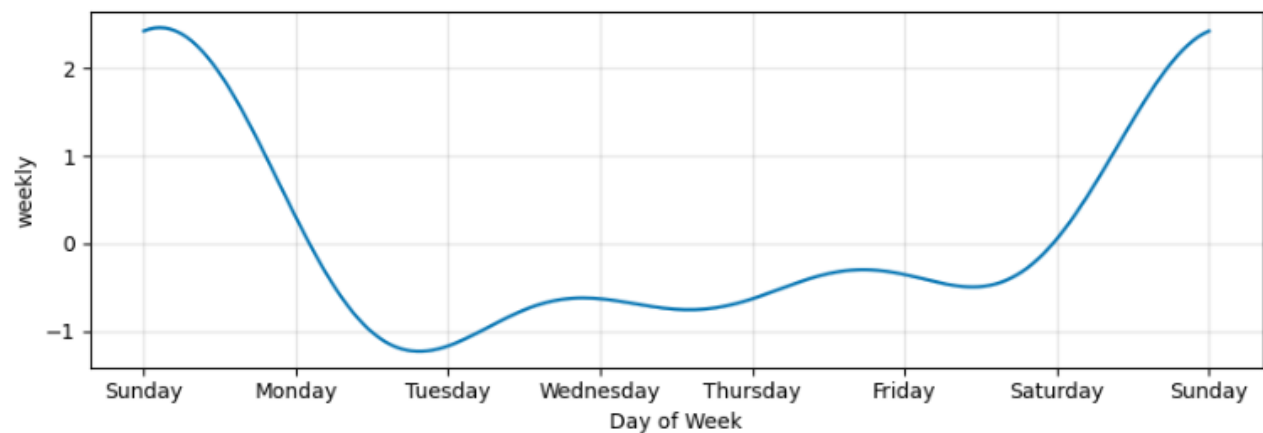
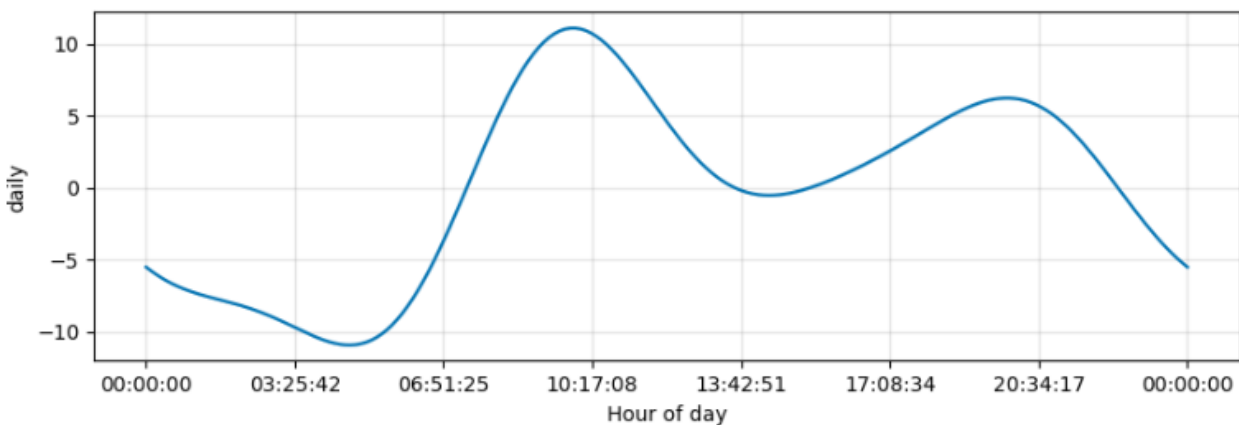
```
# Create a NeuralProphet model with default parameters
m_daily = NeuralProphet(daily_seasonality=False)
m_daily.add_future_regressor("neerslag")
m_daily.add_country_holidays("NL")
m_daily.add_seasonality(name="daily_summer", period=1, fourier_order=3, condition_name="summer")
m_daily.add_seasonality(name="daily_fall", period=1, fourier_order=3, condition_name="fall")
m_daily.add_seasonality(name="daily_winter", period=1, fourier_order=3, condition_name="winter")
m_daily.add_seasonality(name="daily_spring", period=1, fourier_order=3, condition_name="spring")
m_daily.add_events("schoolvakanties")

# Use static plotly in notebooks
m_daily.set_plotting_backend("plotly")

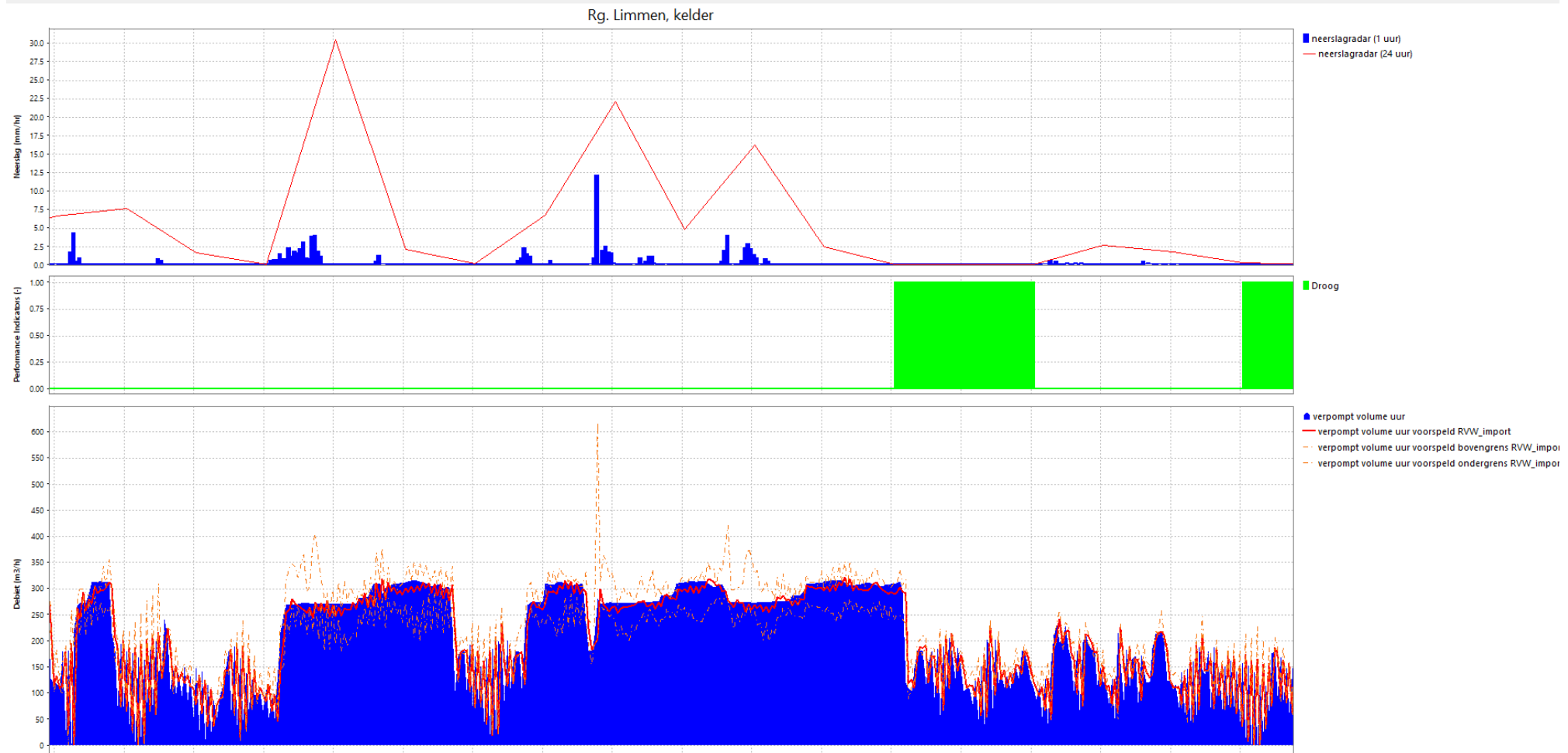
# Add special events (school holidays) to the data
df_all_seasonal = m_daily.create_df_with_events(df_seasonal, df_events)

# Fit the model on the dataset (this might take a bit)
metrics_daily = m_daily.fit(df_all_seasonal)
```

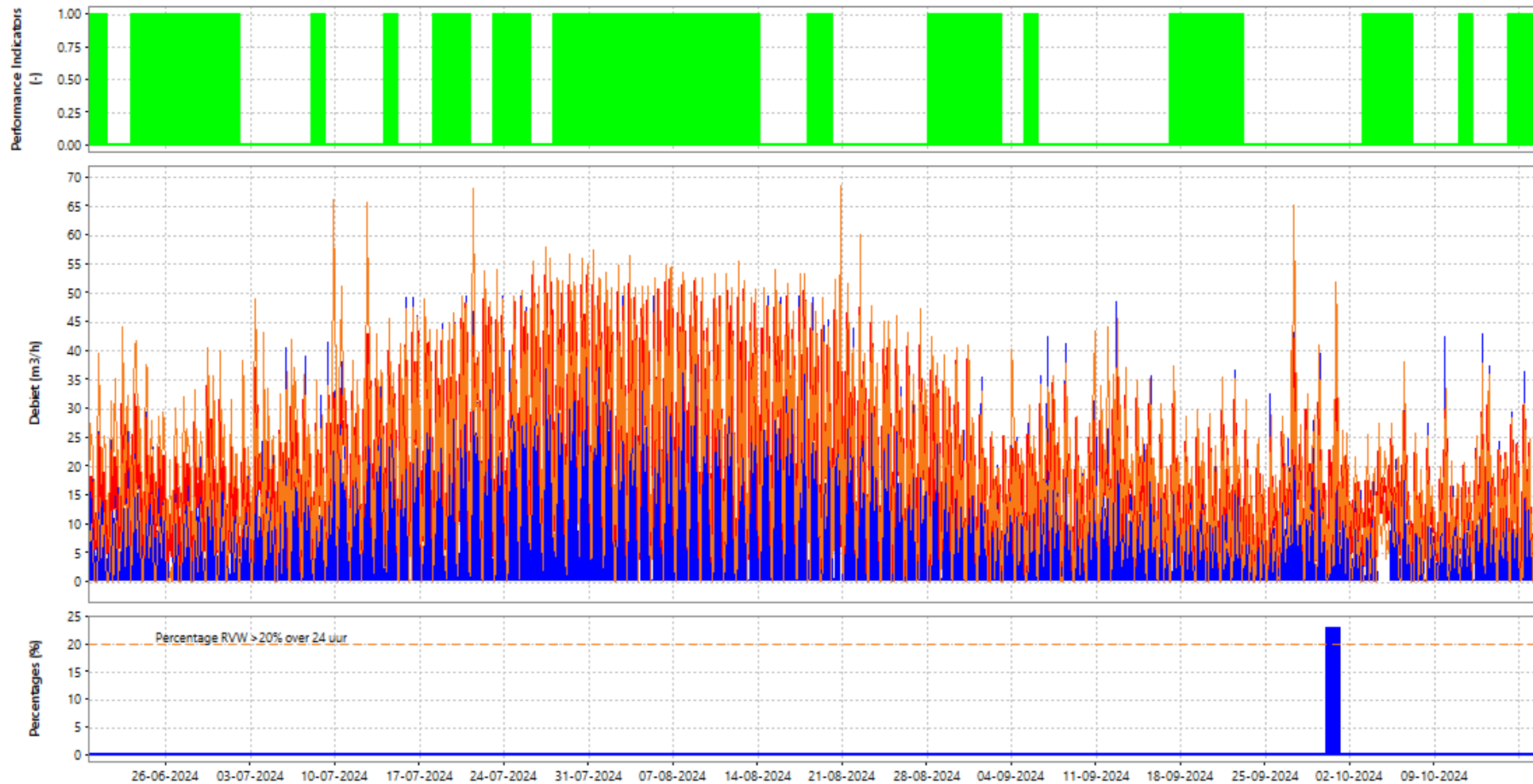
# Patronen (De Krim)



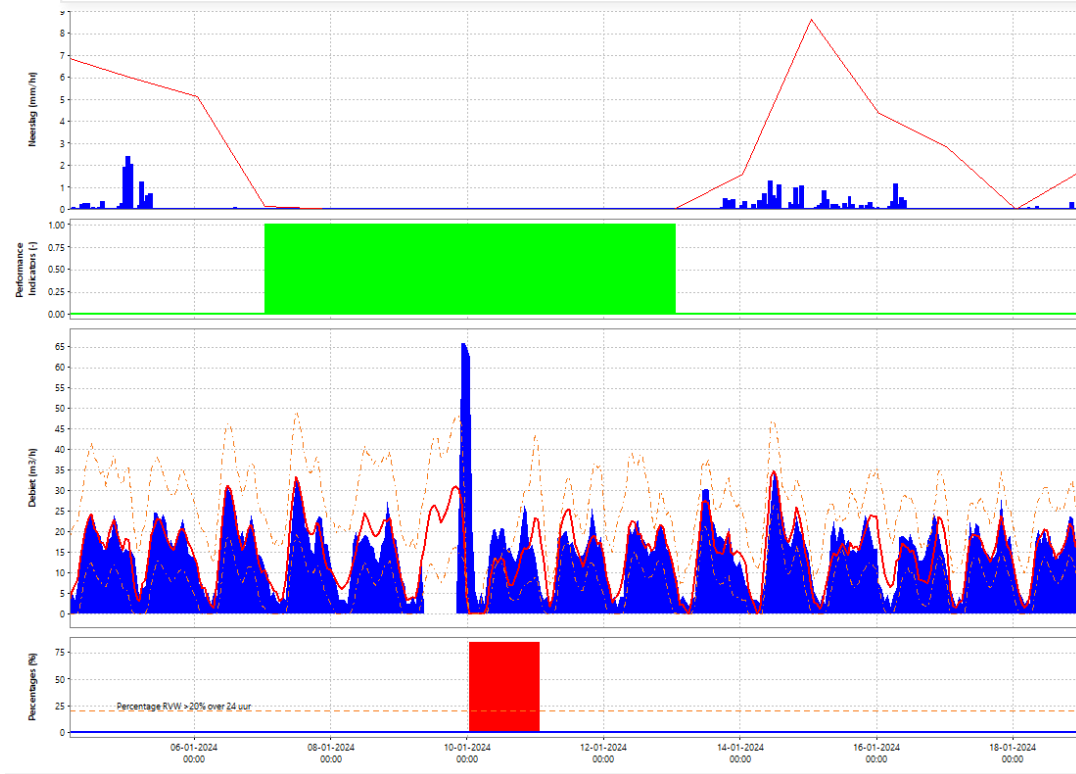
# Voorbeeld: neerslag (Limmen)



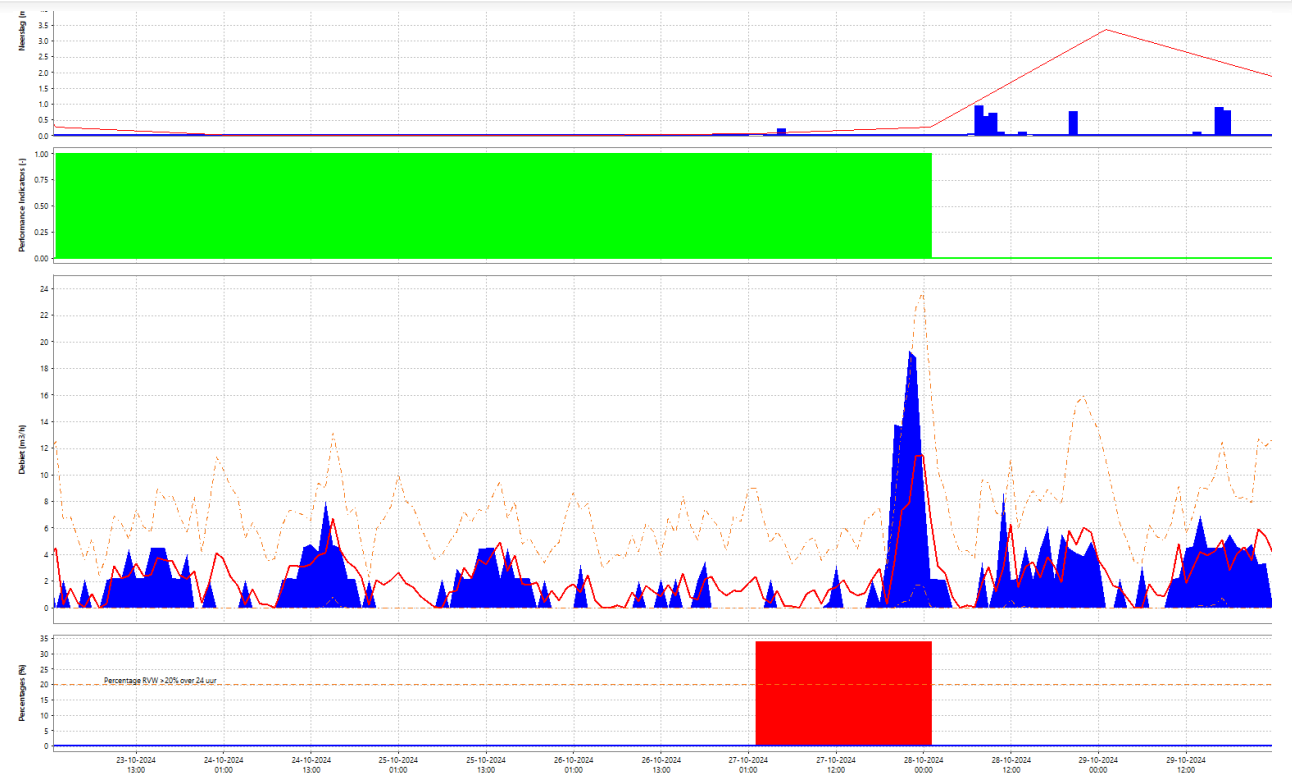
# Voorbeeld: seizoenspatroon (De Krim)



# Voorbeelden: rioolvreemd water



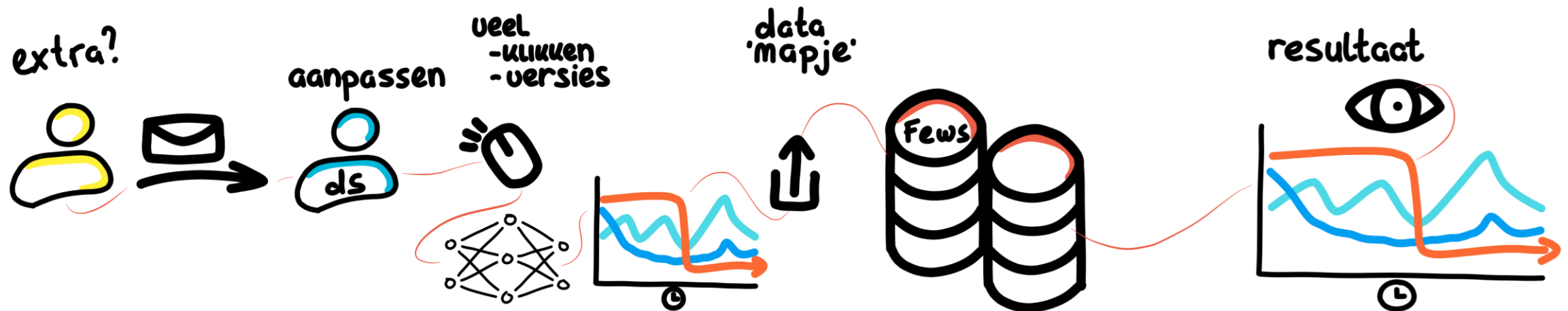
Rg. Nevelpanter



Rg. Smaragdweg

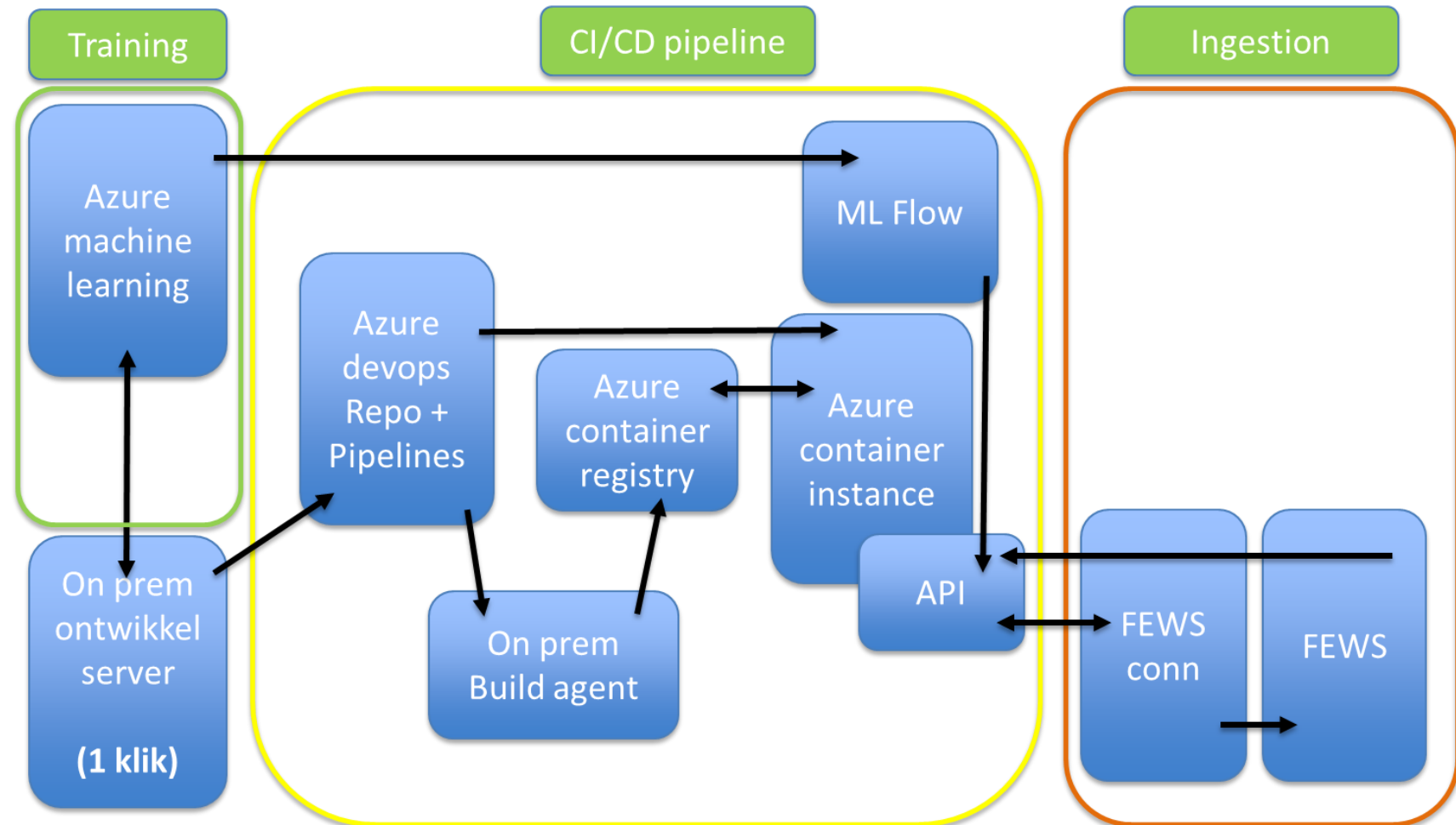
# Uit de PoC - robuust & adaptief scripts draaien

- Start
  - Veel afhankelijkheden
  - Lastig schaalbaar of aanpasbaar
  - Opschalen - 300 modellen programmeren & doorklikken



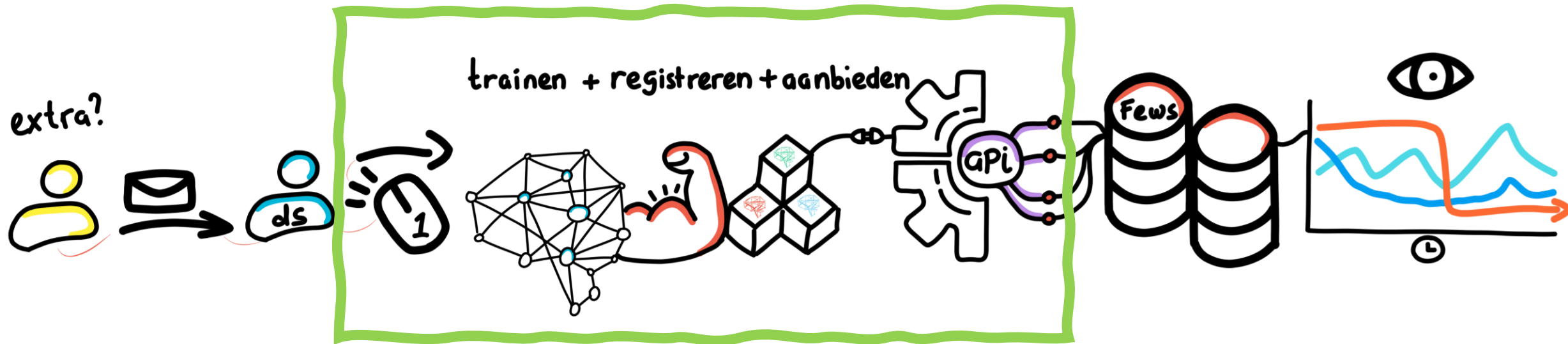
# Opzet volwassen omgeving - de tekentafel

- Data scientist
  - Trainen
  - Registreren
  - Opzetten
- FEWS
  - Koppeling opzetten



# Verbeterde nieuwe modelstructuur

- Makkelijk opschalen & aanpassen
- Op basis van wensen zo toe te voegen



# Modellen trainen

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier > Azure Machine Learning HHNK > Jobs > DS\_WK\_RVW

DS\_WK\_RVW ☆

+ Create job Refresh Export Cancel Delete View options Default

Search

Display name (25 visualized)	Parent job name	Status	Created on ↓	☆	Duration	Created by
Model training ZRG-L-0450		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		9m 27s	Jeroen Baars
Model training ZRG-L-0449		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		7m 28s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-2221		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		7m 29s	Jeroen Baars
Model training ZRG-L-0447		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		7m 16s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-23925		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		7m 16s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-22645		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		9m 44s	Jeroen Baars
Model training ZRG-L-0501		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		7m 23s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-7630		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		7m 11s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-17508		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		7m 28s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-7320		Completed	Oct 22, 2024 4:34 PM		7m 18s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-7321		Completed	Oct 22, 2024 4:33 PM		9m 33s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-7324		Completed	Oct 22, 2024 4:33 PM		9m 25s	Jeroen Baars
Model training ZRG-IB-7323		Completed	Oct 22, 2024 4:33 PM		9m 43s	Jeroen Baars

```
438 <neuralprophet.forecaster.NeuralProphet object at 0x14555d800550>
439 | | | | MAE RMSE Loss RegLoss epoch
440 0 95.474419 117.397766 1.916779 0.0 0
441 1 73.521873 90.022034 1.182978 0.0 1
442 2 54.068989 66.737373 0.726144 0.0 2
443 3 36.464333 45.696667 0.417975 0.0 3
444 4 25.834064 32.915649 0.261922 0.0 4
445 .. ... .. ... ..
446 84 7.053732 9.905976 0.013053 0.0 84
447 85 7.014534 9.871076 0.012876 0.0 85
448 86 7.011712 9.844256 0.012865 0.0 86
449 87 7.024159 9.863145 0.012892 0.0 87
450 88 7.014266 9.868740 0.012863 0.0 88
451
452 [89 rows x 5 columns]
453 start data loading
454 FEWS 1
455 FEWS 2
456 Done FEWS
457
458 Predicting: 272it [00:00, ?it/s]
459 Predicting: 0% | 0/1 [00:00<00:00, -6338059.38it/s]
460 Predicting DataLoader 0: 0% | 0/1 [00:00<?, ?it/s]
461 Predicting DataLoader 0: 100% [██████████] 1/1 [00:00<00:00, 346.35it/s]
462 Predicting DataLoader 0: 100% [██████████] 1/1 [00:00<00:00, 303.96it/s]INFO - (NP.df_u
463
464 Alive[#####] 100.0000%
465 Finished[#####] 100.0000%
466 {
467   "content_md5": "0xaa0xe90xa20x2a0x8d0x680x5d0xf90x430xa00x420x780xca0x720xeb0xee",
468   "date": "2024-10-22T14:46:24+00:00",
469   "etag": "\"0x8DCF2A84D624896\"",
470   "file_last_write_time": "2024-10-22T14:46:24.6482070Z",
471   "last_modified": "2024-10-22T14:46:24+00:00",
472   "request_id": "ea1537e1-601a-0042-5391-24ca86000000",
473   "request_server_encrypted": true,
474   "version": "2024-08-04"
475 }
476
477 ../models/ZRG-IB-7321_kelder.np
478
```

# Via API, helder qua rollen en documentatie

Execute

Responses

Curl

```
curl -X 'POST' \
'http://172.25.22.5:5000/forecast_timeseries' \
-H 'accept: application/json' \
-H 'Content-Type: application/json' \
-d '{
  "forecast_days": 0,
  "forecast_hours": 23,
  "forecast_start": "2024-01-01T00:00:00Z",
  "pump_name": "ZRG-L-0519_kelder"
}'
```

Request URL

```
http://172.25.22.5:5000/forecast_timeseries
```

Server response

Code	Details
200	Response body

```
{
  "datetime": "2024-01-01T00:00:00Z",
  "pump_volume": 8.26,
  "precipitation": 1.092624545097351,
  "prediction": 1.35204017162323,
  "upperbound": 4.178664684295654,
  "lowerbound": 0.4400791823863983,
  "model_version": "RG model V.2024-07-31 10:50"
},
{
  "datetime": "2024-01-01T01:00:00Z",
  "pump_volume": 3.1,
  "precipitation": 1.8273202180862427,
  "prediction": 4.667876243591309,
  "upperbound": 10.274717330932617,
  "lowerbound": 2.0819056034088135,
  "model_version": "RG model V.2024-07-31 10:50"
}
```

## Request body required

```
{
  "forecast_days": 0,
  "forecast_hours": 23,
  "forecast_start": "2024-01-01T00:00:00Z",
  "pump_name": "ZRG-L-0519_kelder"
}
```

FastAPI 0.1.0 OAS 3.1

[/openapi.json](#)

## default

**POST** `/forecast_timeseries` Request Forecast Pump

**POST** `/trained_models` Request List Trained Models

**POST** `/interval_models` Request List Interval Models

Execute

Responses

Curl

```
curl -X 'POST' \
'http://172.25.22.5:5000/trained_models' \
-H 'accept: application/json' \
-H 'Content-Type: application/json' \
-d ''
```

Request URL

```
http://172.25.22.5:5000/trained_models
```

Server response

Code	Details
200	Response body

```
[
  "ZRG-IB-2221_kelder",
  "ZRG-IB-7320_totaal",
  "ZRG-IB-7321_kelder",
  "ZRG-IB-7322_totaal",
  "ZRG-IB-7323_kelder",
  "ZRG-IB-7324_totaal",
  "ZRG-IB-7630_totaal",
  "ZRG-L-0447_kelder",
  "ZRG-L-0449_kelder",
  "ZRG-L-0451_kelder",
  "ZRG-L-0452_kelder",
  "ZRG-L-0454_kelder",
  "ZRG-L-0457_kelder",
  "ZRG-L-0459_kelder",
  "ZRG-L-0460_kelder",
  "ZRG-L-0489_kelder",
  "ZRG-L-0500_kelder",
  "ZRG-L-0501_kelder",
  "ZRG-L-0519_kelder",
  "ZRG-P-0500_kelder",
  "ZRG-S-0184_kelder",
  "ZRG-S-0191_kelder"
]
```

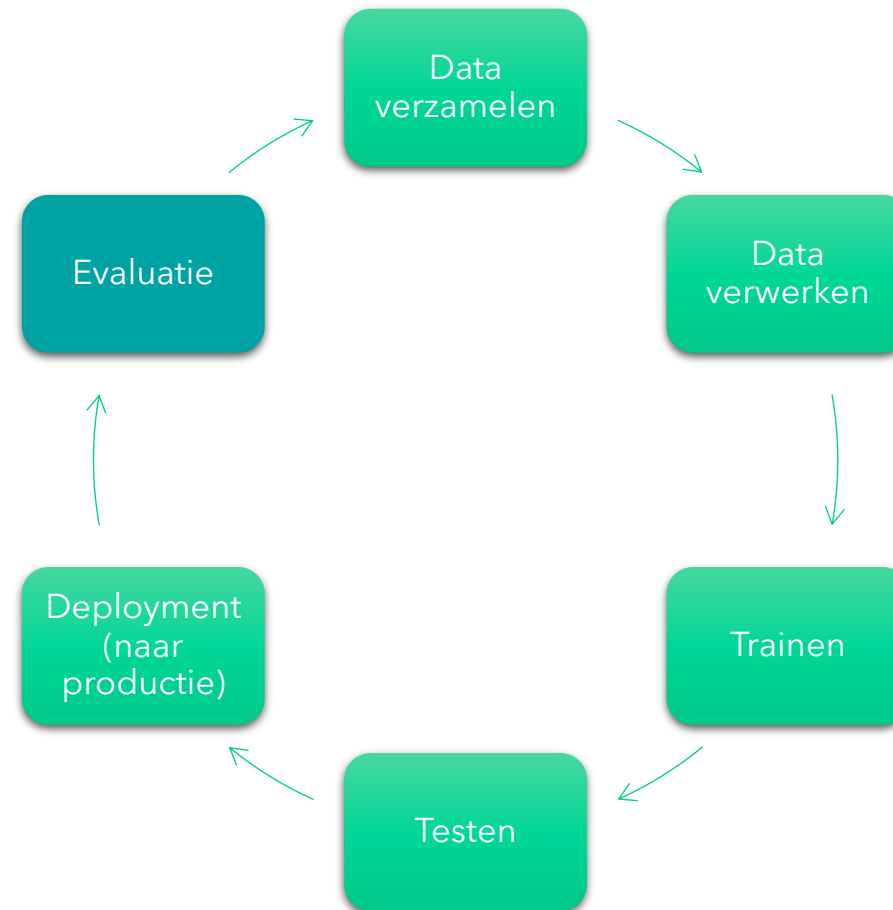
# Hoe nu verder?

- Trainen huidig model

- Feedback op modelresultaten
- Opnieuw draaien model met feedback

- Model uitbreiden

- Welke data kan voorspellingen verfijnen?



## Uitdagingen

- Langdurige constante instroom rioolvreemd water
  - Model kan dit zien als regulier
- Kwaliteit van data
  - Slechte data - Slecht model
- Black box
  - Altijd kritisch blijven op model voorspellingen
  - Uitlegbare AI via dashboard

## Bijvangst

- Tijds patroon per rioolgemeal
  - DWA aanbod per uur
  - Kan relevant zijn voor werkzaamheden
  - Per dag, week, seizoen etc.
- Nieuwe opzet datastructuur
  - Kan gebruikt worden bij andere HHNK tools