



Deltares

Het nieuwe modelleren: D-HYDRO

Van ontwikkeling en innovatie naar toepassing in de praktijk

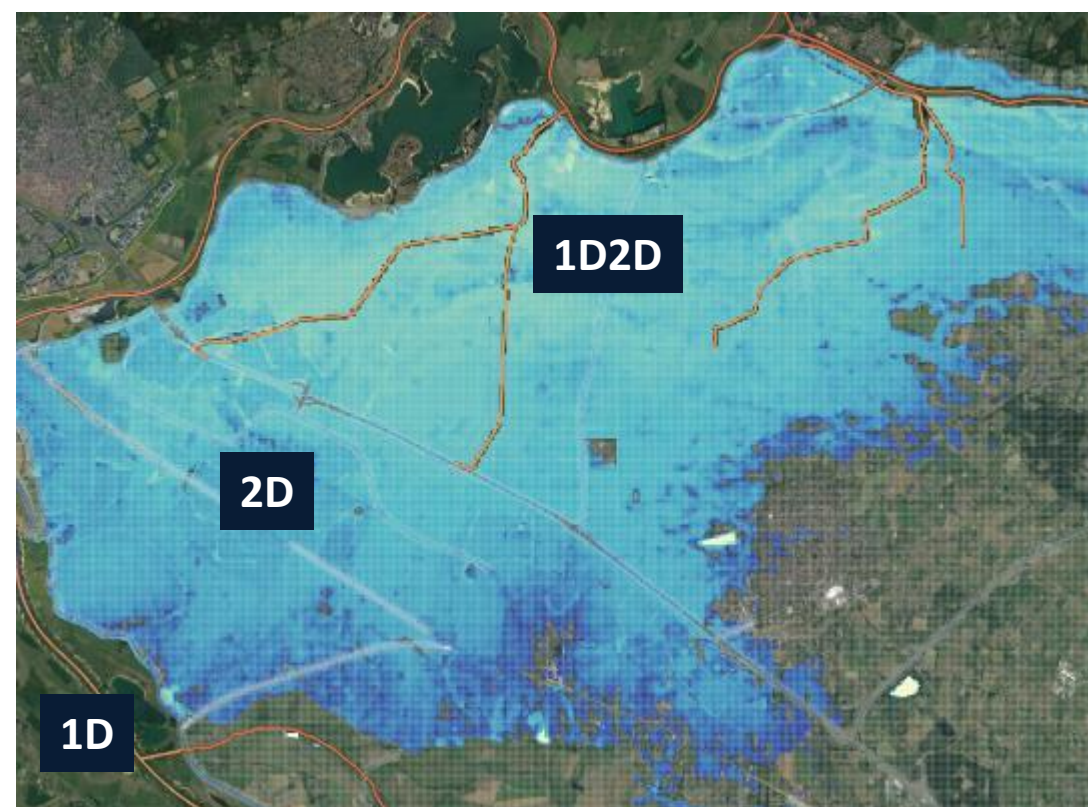
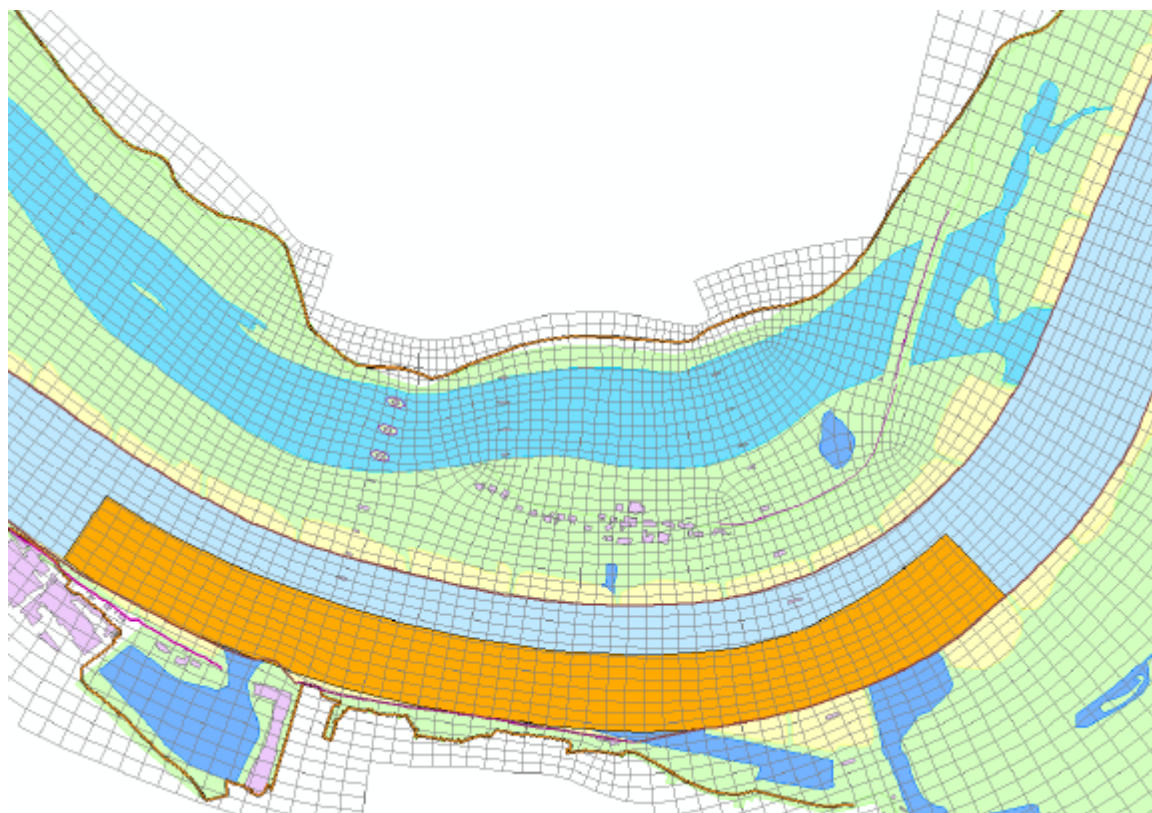
NHI-dag

21 januari 2021

Arthur van Dam (Deltares) & Bertus de Graaff (HKV)

D-HYDRO 1D2D: integrale modellering oppervlaktewater

- Rijkswaterstaat: 2D (3D) modellen van rivier- en kustsystemen.
- Later ook de 1D RWS modellen als opvolger SOBEK 3
- Waterschappen: 1D en 1D2D modellen van rivier- en polder systemen.

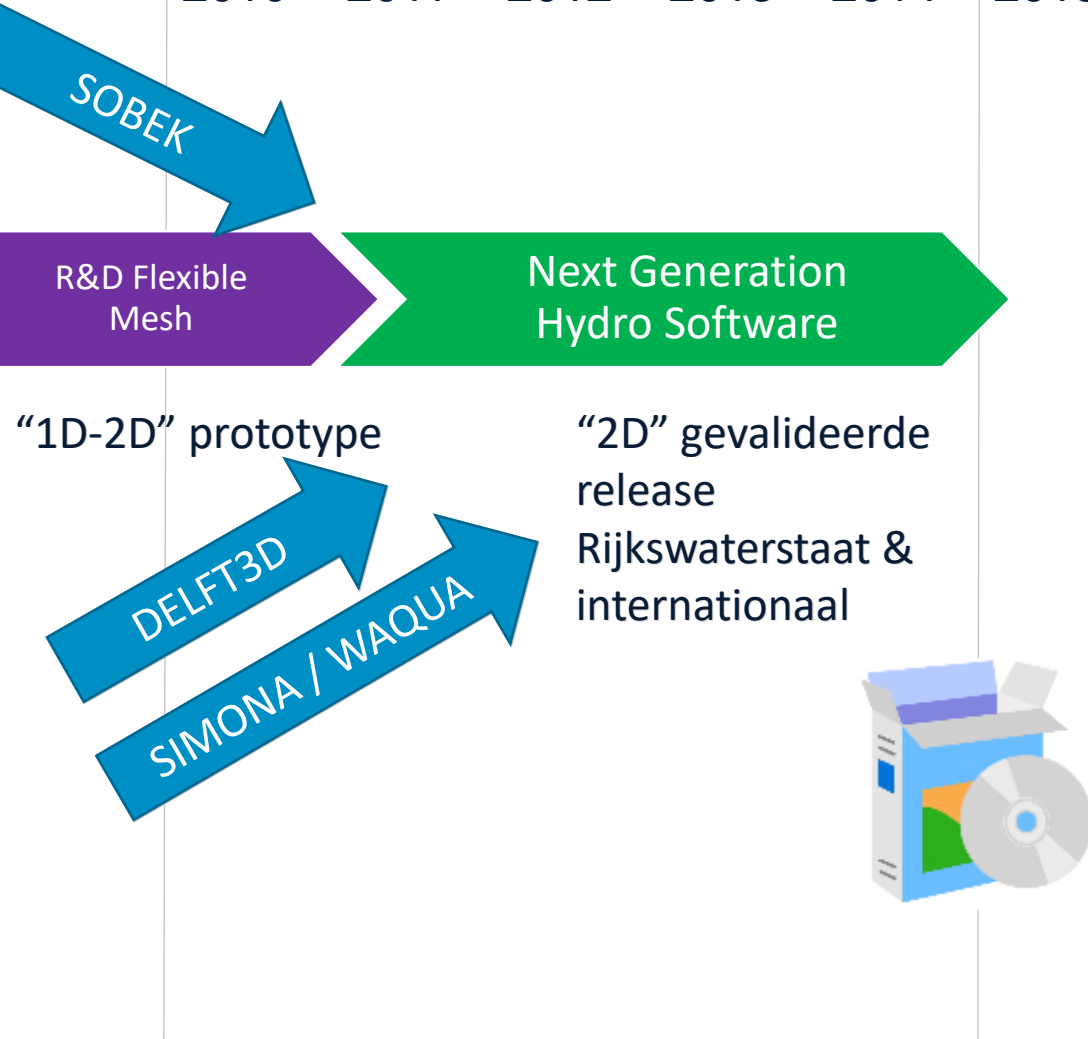


Waarom D-HYDRO?

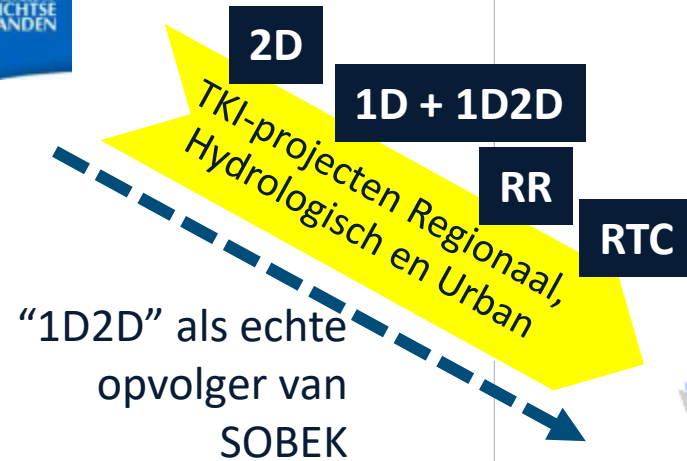
- Modelleergemak: één rekenpakket voor oppervlaktewater in 1D-2D-3D: minder pakketten koppelen = makkelijker!
- Rekensnelheid: op je eigen PC, of parallel op rekenclusters, of in de cloud.
- Open Source
- HET werkpaard voor oppervlaktewater, belangrijk voor Deltares: vervanger van SOBEK.

Een decennium D-HYDRO

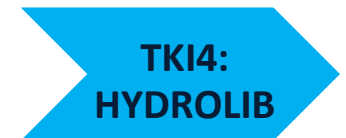
2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022



Symposium
"Inundatie?
Reken maar!"



Augustus 2021
GA-Release
D-HYDRO Suite 1D2D



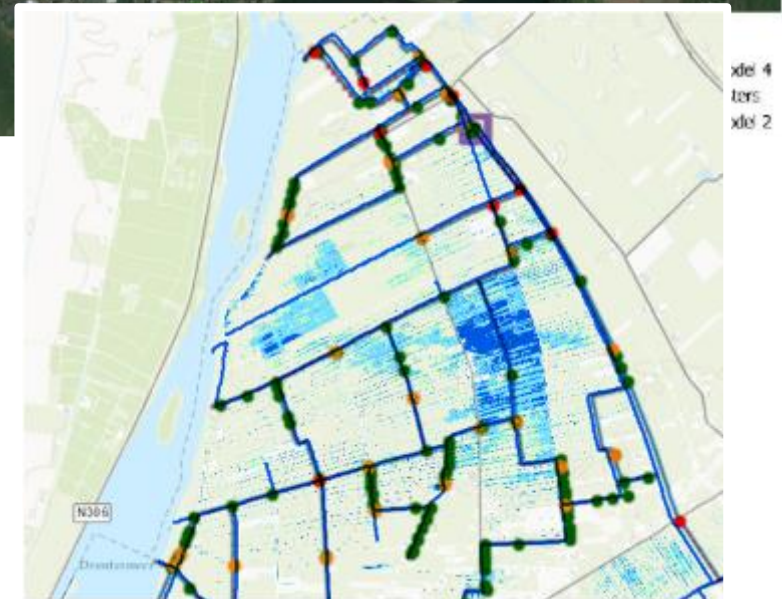
Deltares

An aerial photograph of a rural landscape. A river flows through the center, bordered by green fields and trees. Several buildings are visible, including a large white house with a red roof and a smaller dark house. The scene is bright and clear.

D-HYDRO 1D2D: oppervlaktewater Regionaal, Hydrologisch & Urban



Praktijktoepassingen D-HYDRO 1D2D



Door: bureau's
Voor: waterschappen
In: TKI-projecten

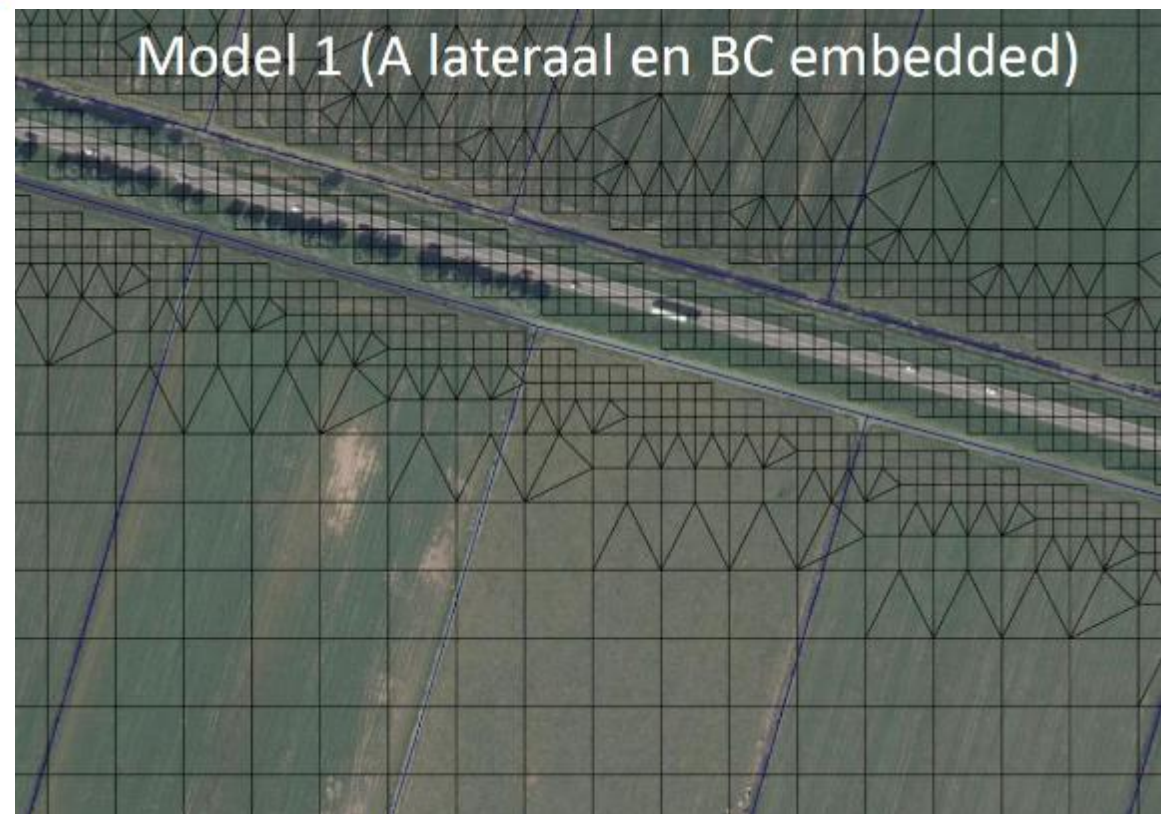
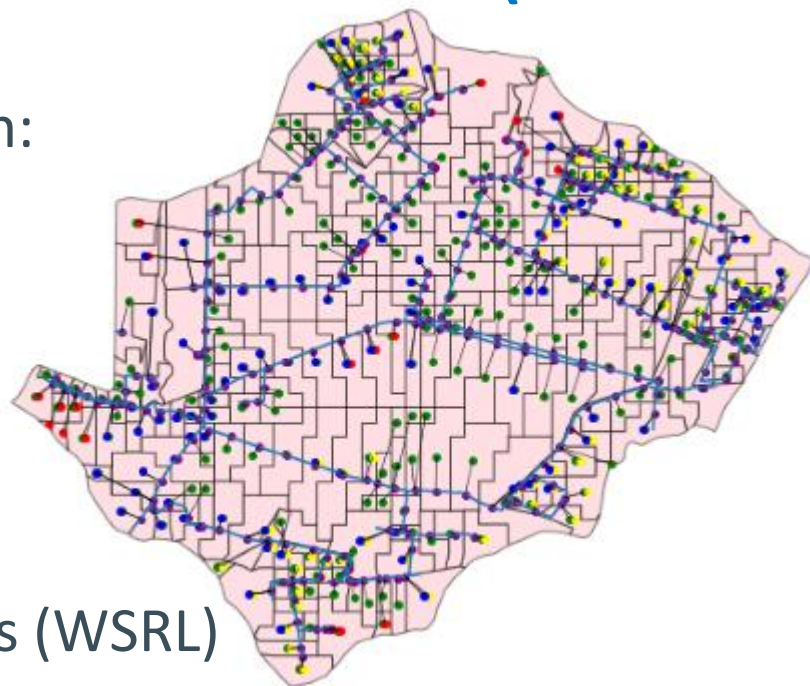
Voorbeeld 1: pilot Rivierenland (1D2D en RR, effect van modellerkeuzes)

- Werkzaamheden:

- Modelbouw
- Analyse

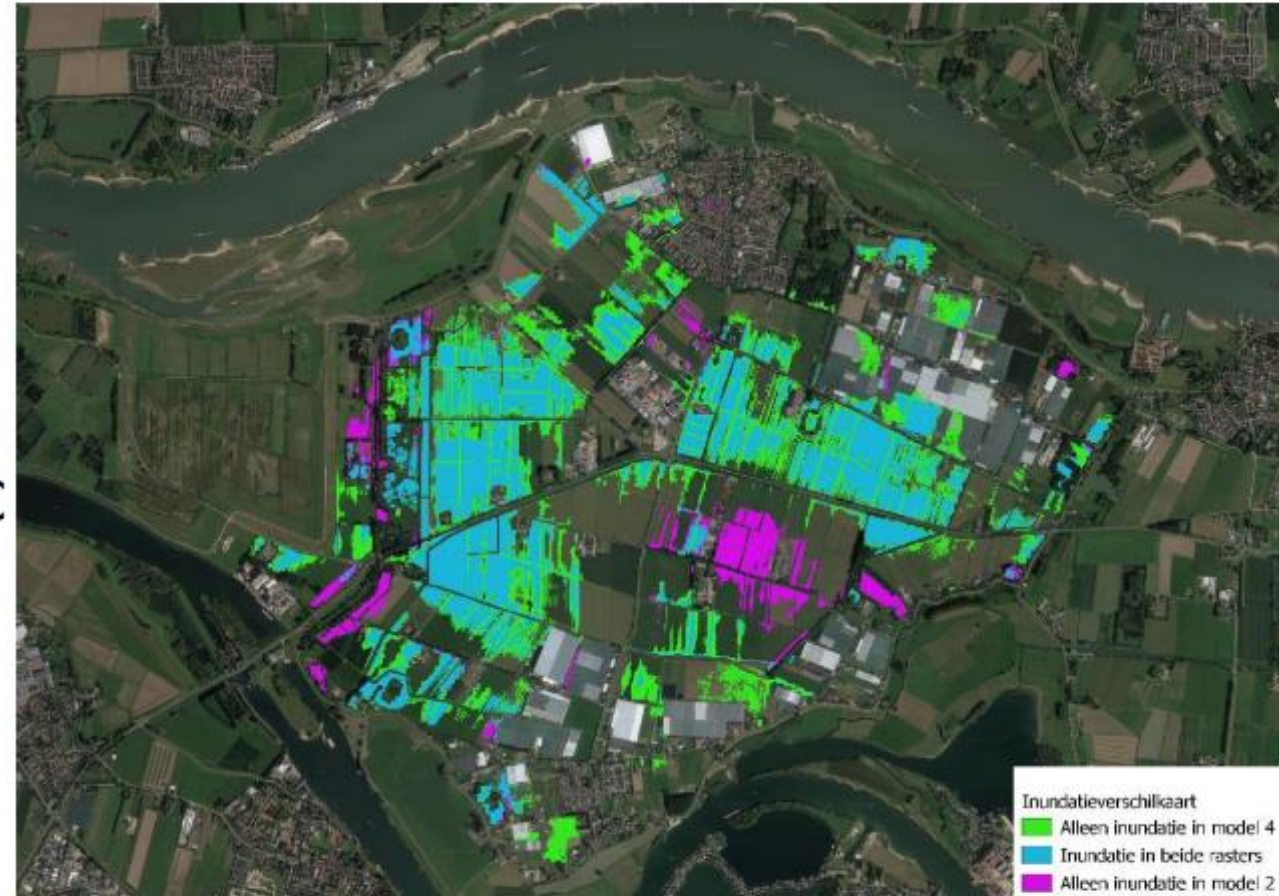
- HKV/WSRL

- Frank Weerts (WSRL)
- Hans van Gurp (WSRL)
- Marcel van de Waart (WSRL)
- Bertus de Graaff (HKV)
- Geerten Horn (HKV)



Voorbeeld 1. Meerwaarde meenemen kleinere waterlopen

- Effect van meenemen B en C watergangen (alle koppelingen lateraal)
 - AHN op watergangen opgevuld
 - RR alleen op A-watergangen
- Paars->meer inundaties met BC
- Groen->minder inundaties met BC
- Inundaties komen via BC op andere plekken



1. Meerwaarde meenemen kleinere waterlopen

- Neem de BC watergangen mee in de 1D modellering:
 - Zorgen voor verdelen wateroverlast naar andere gebieden
 - Ook bergings- en transportcapaciteit heeft meerwaarde



Modelgeneratie, D-HyDAMO en HYDROLIB

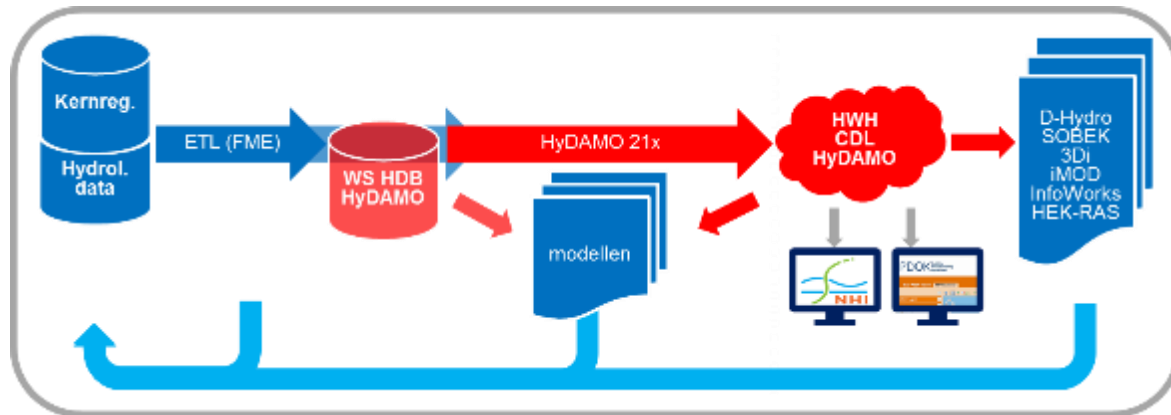
Relatie met modelgeneratie: D-HyDAMO

- Onderzoek naar modelleerkeuzes vraagt **veel schematisaties**.
- Modelinvoer **ge genereerd** door **D-HyDAMO** vanuit HyDAMO basisdata (en ook 2D databronnen).

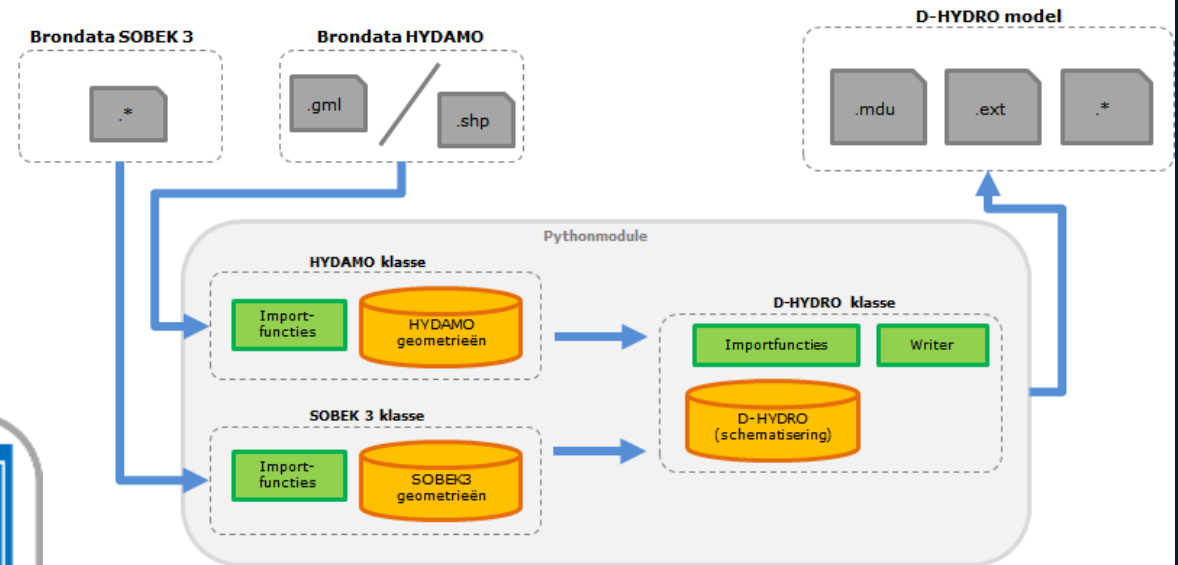
Model nr.	Watergangen 1D	Algemene resolutie 1D		Algemene resolutie 2D			Algemene vorm	Verfijnstappen naar watergangen			Koppeling lateraal			Koppeling embedded			Gridgeneratie		Doel som	Vergelijken met
		10	25	5x5	25x25	40x40		2	1	0	A	B	C	A	B	C	D-HYDAMO	SMS		
1	ABC	x			x		vierkant	x			x			X	x		x	Referentie	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	
2	ABC	x			x		vierkant	x			x	x	x				x	Effect alles lateraal vs alles embedded vs mix	1, 3	
3	ABC	x			x		vierkant	x			x		x	X	x		x	Effect alles lateraal vs alles embedded vs mix	1, 2	
4	A	x			x		vierkant	x			x	nvt	nvt		nvt	nvt	x	Effect geen B/C-watergangen meenemen	1, 10	
5	ABC	x				x	vierkant	x			x			X	x		x	Effect 2D-grid 40x40 vs 25x25	1, 11	
6	ABC	x			x		vierkant		x		x			X	x		x	Effect verfijning naar watergangen	1, 7	
7	ABC	x			x		vierkant			x	x			X	x		x	Effect verfijning naar watergangen	1, 6	
8	ABC		x		x		vierkant			x	x			x	x		x	Effect resolutie 1D	7	
9	ABC	x			x		driehoek	x			x			x	x		x	Referentie (driehoek)	1, 10, 11, 12, 13	
10	A	x			x		driehoek	x			x	nvt	nvt		nvt	nvt	x	Effect geen B/C-watergangen meenemen	9, 4	
11	ABC	x				x	driehoek	x			x			x	x		x	Effect 2D-grid 40x40 vs 25x25	9, 5	
12	ABC	x		x			driehoek	nvt	nvt	nvt	x			x	x		x	Effect nauwelijks geoptimaliseerd grid driehoek	9, 13	
13	ABC	x				x	driehoek	nvt	nvt	nvt	x			x	x		x	Effect nauwelijks geoptimaliseerd grid driehoek	9, 12	

D-HyDAMO (modelgeneratie)

- Ontwikkeld door HKV, met bijdrages van RHDHV, Deltares, D2Hydro en Siebe Bosch.
- Ontwikkeld in TKI-1, -2 en -3 projecten.
- Wordt één van de tools onder **HYDROLIB**.



- In lijn met de NHI Principes (open source, webbased) & NHI-visie rond HyDAMO. (zie ook NHI Investeringsplan 2020-2022)



HyDAMO data standaard (vanuit NHI)

- Data opgeslagen in GML bestanden:

```
<gml:featureMember>
<nhi:hydroobject>
<nhi:ruwheidstypecode>StricklerKs</nhi:ruwheidstypecode>
<nhi:ruwheidswaardelaag>30</nhi:ruwheidswaardelaag>
<nhi:ruwheidswaardehoog>15</nhi:ruwheidswaardehoog>
<nhi:administratiefgebied>stichtse rijnlanden</nhi:administratiefgebied>
<nhi:statusobjectcode>gerealiseerd</nhi:statusobjectcode>
<nhi:code>H058694</nhi:code>
<nhi:CATEGORIEOPPWATERLICHAAM>3</nhi:CATEGORIEOPPWATERLICHAAM>
<gml:lineStringProperty>
<gml:LineString srsName="EPSG:28992"><gml:coordinates>127900.74,450346.03 127900.87,450346.410000001
127901.92,450349.570000001 ... 127984.29,450575.200000004 127985.92,450579.600000002
127987.56,450584.000000002 127989.19,450588.400000002 127990.83,450592.81
127992.62,450597.770000001</gml:coordinates></gml:LineString>
/gml:lineStringProperty>
</nhi:hydroobject>
</gml:featureMember>
```

D-HyDAMO

- Genereert het 1D oppervlaktewatersysteem
- Ook: Rainfall-Runoff of Real-Time-Control indien nodig.

```
jupyter Usage_intro_coupled_RRFM Last Checkpoint: 01/09/2020 (autosaved) Logout Python 3.0
```

```
In [4]: plt.rcParams['axes.edgecolor'] = 'w'

fig, ax = plt.subplots(figsize=(18, 18))

ax.fill(*hydamo.clipgeo.exterior.xy, color='w', alpha=0.5)
ax.xaxis.set_visible(False)
ax.yaxis.set_visible(False)
ax.set_xlim(139600, 142400)
ax.set_ylim(391700, 395600)

achtergrond = plt.imread(pad+'gis/achtergrond.png')
ax.imshow(achtergrond, extent=(139517.12, 142957.76, 391606.8, 395907.6), interpolation='lanczos')

hydamo.branches.plot(ax=ax, label='Channel')
hydamo.crosssections.plot(ax=ax, color='C3', label='Cross section')
hydamo.culverts.centroid.plot(ax=ax, color='darkgreen', label='Culvert', markersize=20, zorder=10)
hydamo.weirs.centroid.plot(ax=ax, color='C1', label='Weir', markersize=25, zorder=10)
hydamo.bridges.plot(ax=ax, color='red', label='Bridge', markersize=20, zorder=10)
hydamo.orifices.plot(ax=ax, color='black', label='Orifice', markersize=20, zorder=10)
hydamo.pumps.plot(
    ax=ax, color='C4', label='Pump', marker='s', markersize=125, zorder=10, facecolor='none', linewidth=2.5)

ax.legend()

fig.tight_layout()
```

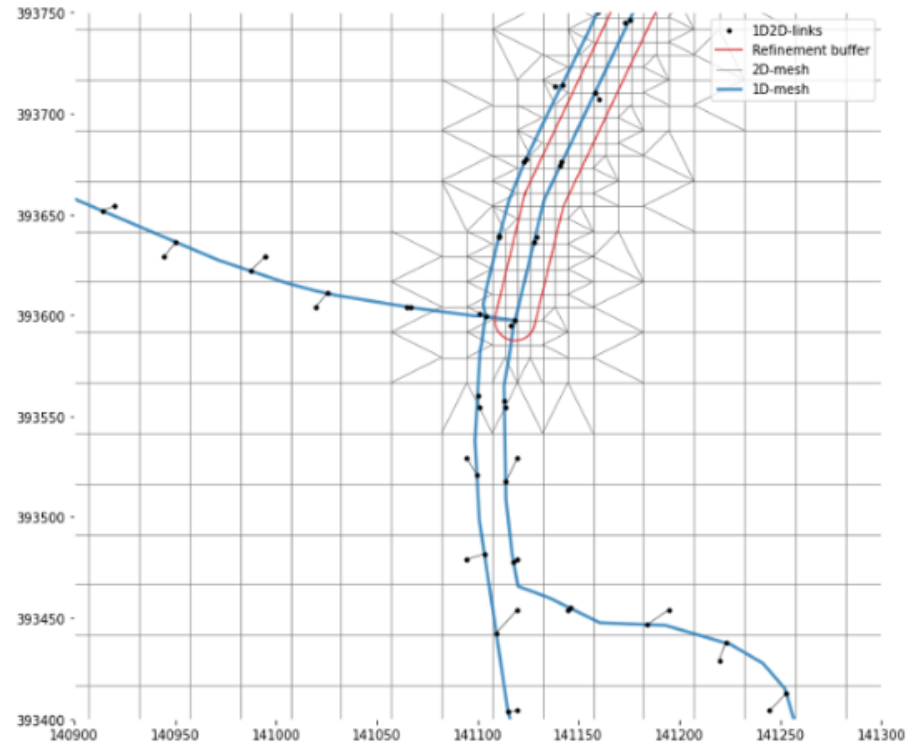


D-HyDAMO

- Genereert ook 2D (verfijnde) grids en de 1D2D-koppelingen

```
In [11]: del dfmmodel.network.links1d2d.faces2d[:]  
del dfmmodel.network.links1d2d.nodes1d[:]  
dfmmodel.network.links1d2d.generate_1d_to_2d(max_distance=50)
```

```
In [12]: fig, ax = plt.subplots(figsize=(13, 10))  
ax.set_aspect(1.0)  
  
segments = dfmmodel.network.mesh2d.get_segments()  
ax.add_collection(LineCollection(segments, color='0.3', linewidths=0.5, label='2D-mesh'))  
  
links = dfmmodel.network.links1d2d.get_1d2dlinks()  
ax.add_collection(LineCollection(links, color='k', linewidths=0.5))  
ax.plot(links[:, :, 0].ravel(), links[:, :, 1].ravel(), color='k', marker='.', ls='', label='1D2D-links')  
  
for i, p in enumerate([buffered_branch]):  
    ax.plot(*p.exterior.xy, color='C3', lw=1.5, zorder=10, alpha=0.8, label='Refinement buffer' if i==0 else None)  
  
hydamo.branches.plot(ax=ax, color='C0', lw=2.5, alpha=0.8, label='1D-mesh')  
  
ax.legend()  
  
ax.set_xlim(140900, 141300)  
ax.set_ylim(393400, 393750);
```



Boundary conditions for FM

Add boundary conditions to external forcings from a SOBEK time series.

HYDROLIB consortium, project looptijd: Winter 2021 – zomer 2022.

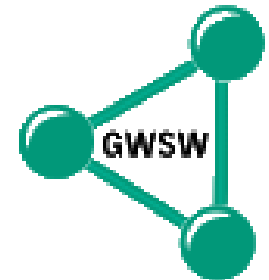
HYDROLIB



Wat is HYDROLIB?



- **HYDROLIB** is een TKI-project in 2021-2022.
- **HYDROLIB** gaat bevatten: data- en softwaretools voor:
 - Consistentie brondata en modelinvoer. Automatisering maakt proces sneller en voorkomt fouten.
Onder andere: D-HyDAMO
 - Stochastische berekeningen, ook in de cloud.
 - Reproduceerbare en naspeurbare uitkomsten en nabewerking.
 - Dit alles rondom D-HYDRO modellen.



Afgestemd op:





Lumbricus - koppeling grond- en oppervlaktewater

Lumbricus thema Wellend Water

Partners:

Waterschap Aa en Maas

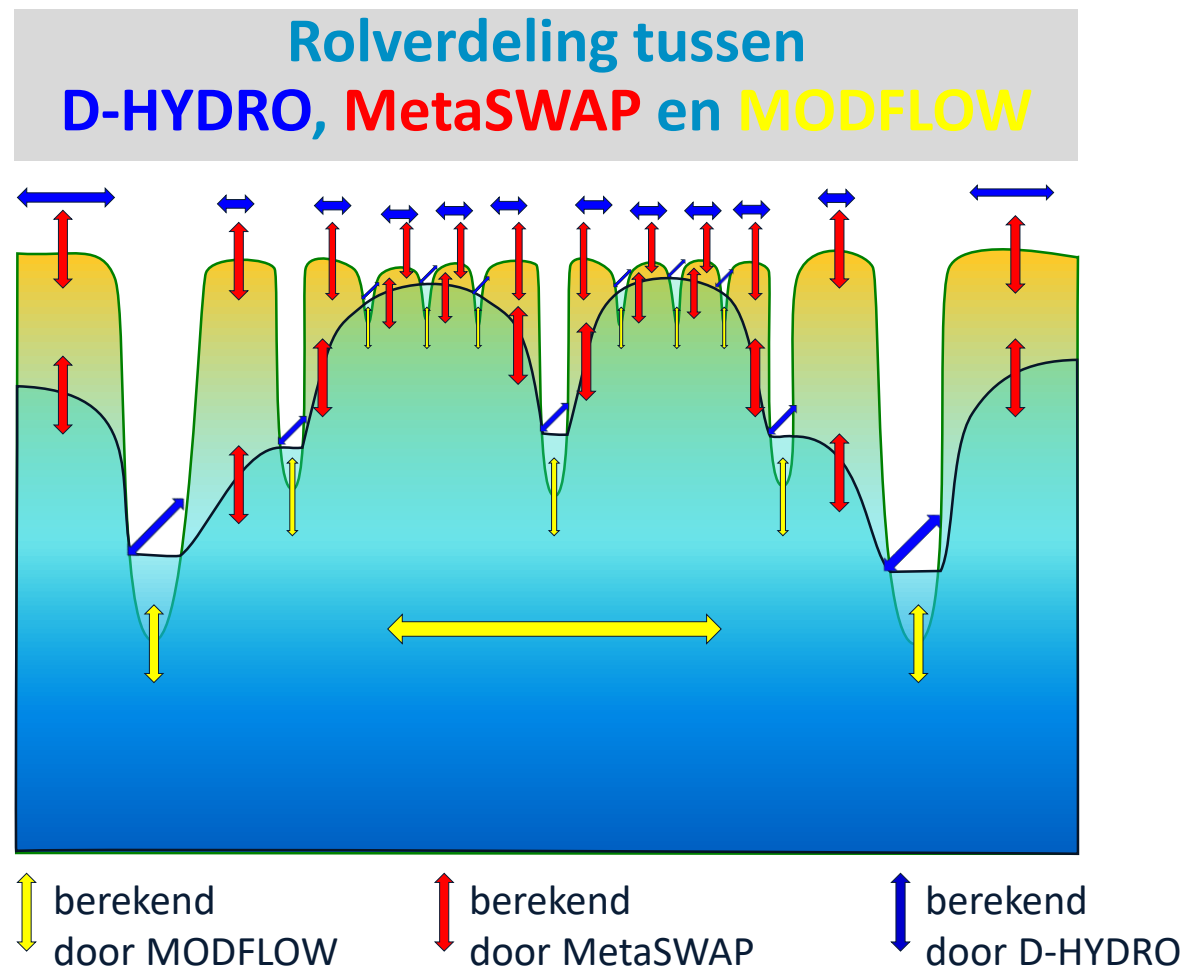
Waterschap Limburg

Deltares

WENR

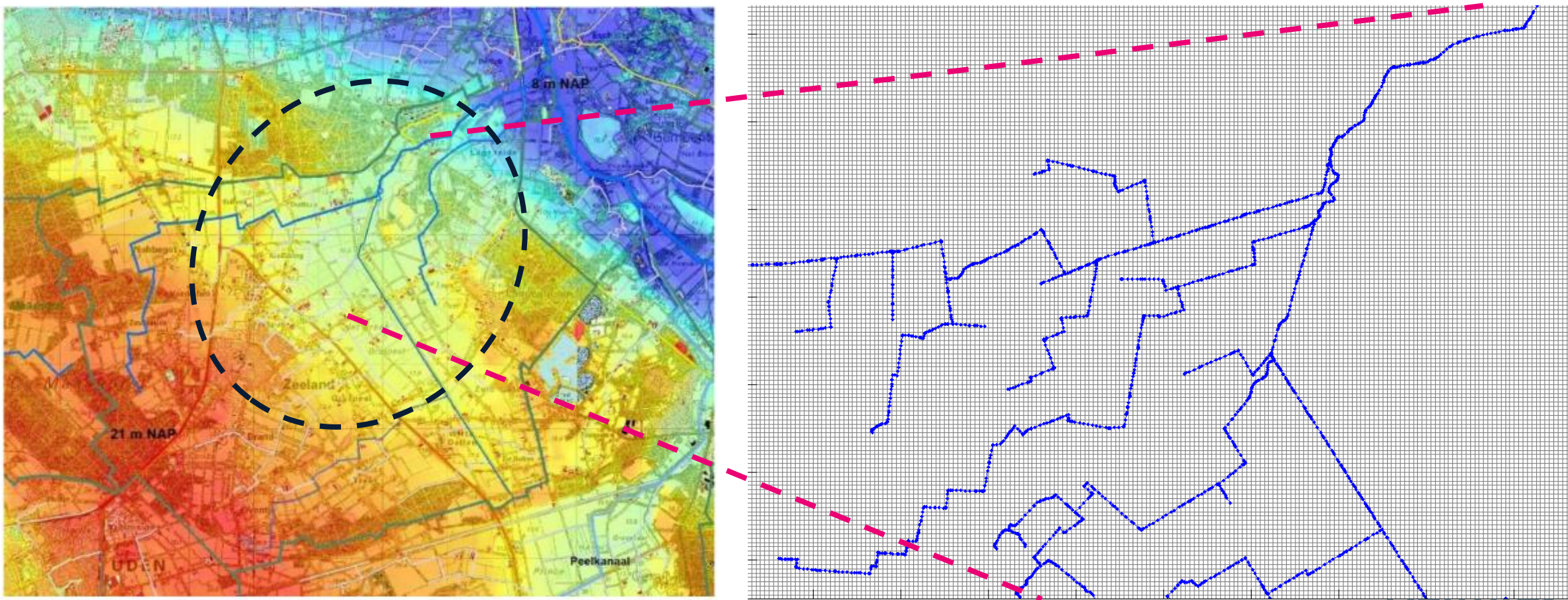
Meer informatie: Bennie Minnema

- Proeftuin Zuid:
- 'De Raam',
Waterschap Aa en Maas.



Aa en Maas, gebied de Hoge Raam in 1D2D rekengrids

- Alle Legger watergangen in 1D D-HYDRO, rest in MODFLOW
- 2D maaiveldgrid op 25m resolutie

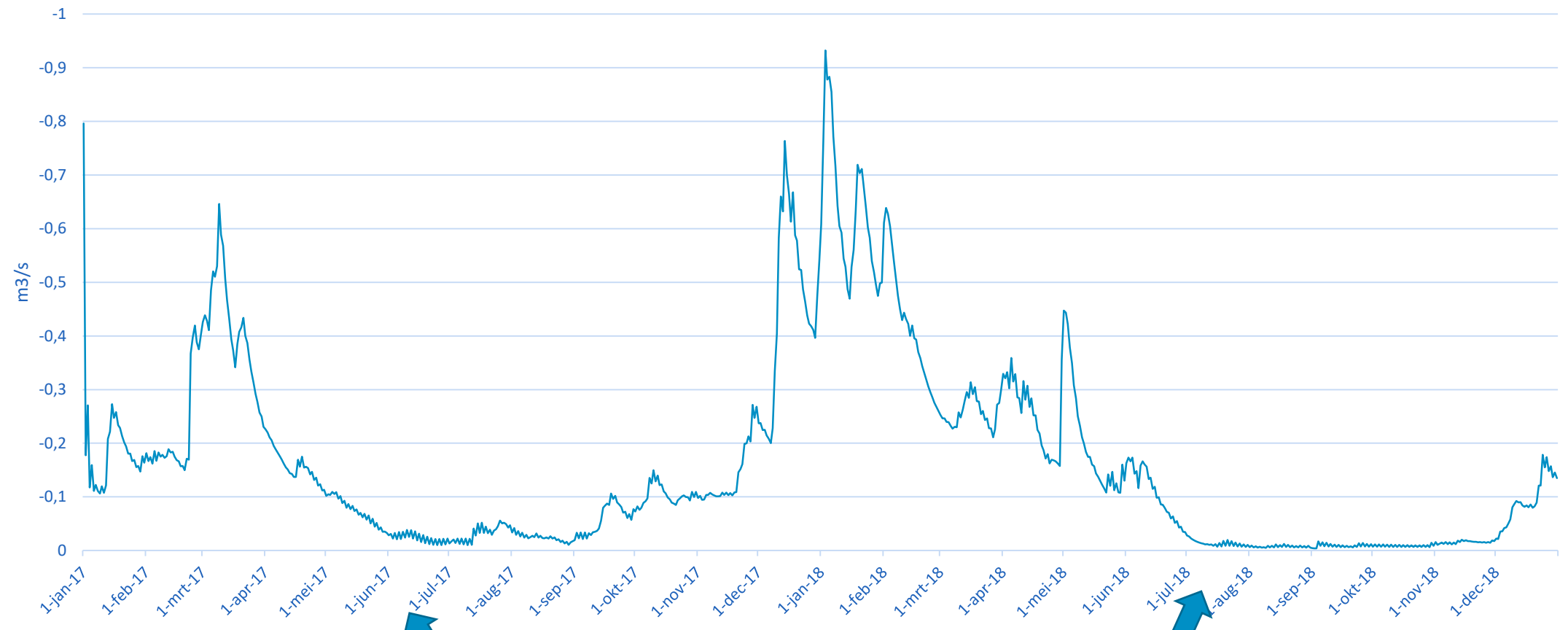


Figuur 4: Maaiveldhoogtekaart en stroomgebiedsgrens Hoge Raam en Halsche Beek.

Benedenstroomse uitstroom (1D)

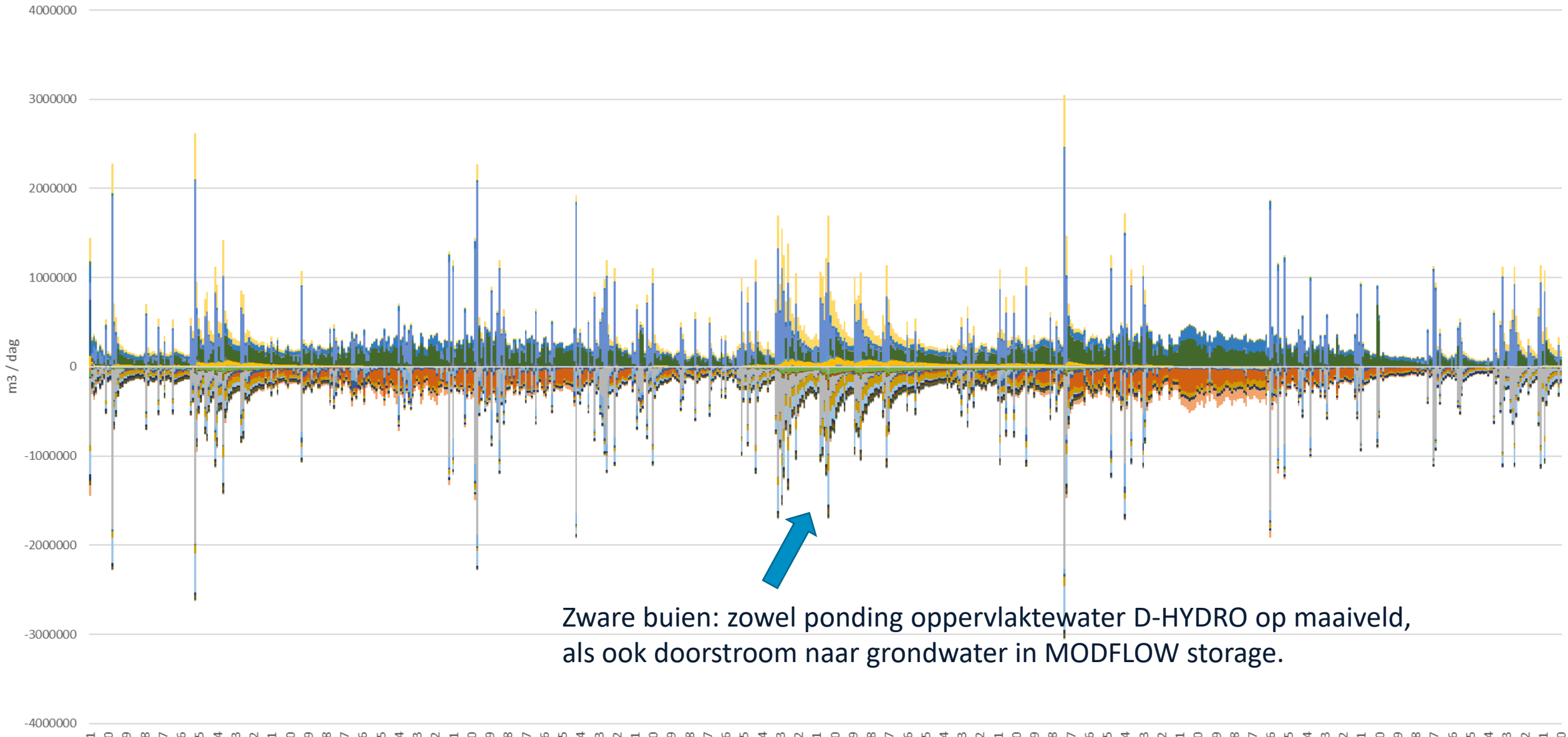
Cumulatief 2017-2018 (m3):		
fm_q_in_1d	11,801,956	
bronnen:		
mf_riv1_out	-6,042,216	FM-peil => MF, MF-flux => FM
mf_riv4_out	-3,311,520	MF-flux => FM
mf_drn1_out	-2,448,236	MF-flux => FM

D-Flow FM afvoer



*Hoge Raam 's zomers nagenoeg droog
Goed gesimuleerd in de modellen*

overall waterbalans Hooge Raam



Zware buien: zowel ponding oppervlaktewater D-HYDRO op maaiveld, als ook doorstroom naar grondwater in MODFLOW storage.

- | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------|----------------|-------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|--------------|--------------|
| ■ fm_stoin | ■ fm_sto_1D | ■ fm_sto_2D | ■ fm_qin1d | ■ fm_qin2d | ■ fm_bndout | ■ fm_qout1d | ■ fm_qout2d | ■ decSic | ■ decSpdmac | ■ decSpdmic | ■ decStot_in | ■ Pm |
| ■ qrun | ■ decStot_out | ■ Esp | ■ Eic | ■ Epd | ■ Ebs | ■ Tact | ■ qrun | ■ qmodf | ■ mf_sto_in_1 | ■ mf_sto_in_2-19 | ■ mf_chd_in | ■ mf_riv1_in |
| ■ mf_riv2_in | ■ mf_dxc_in | ■ mf_sto_out_1 | ■ mf_sto_out_2-19 | ■ mf_chd_out | ■ mf_drn1_out | ■ mf_drn2_out | ■ mf_riv1_out | ■ mf_riv2_out | ■ mf_riv4_out | ■ mf_riv5_out | ■ mf_dxc_out | |



D-HYDRO en HYDROLIB: Afstemming met andere initiatieven

NHI Validatietoolbox

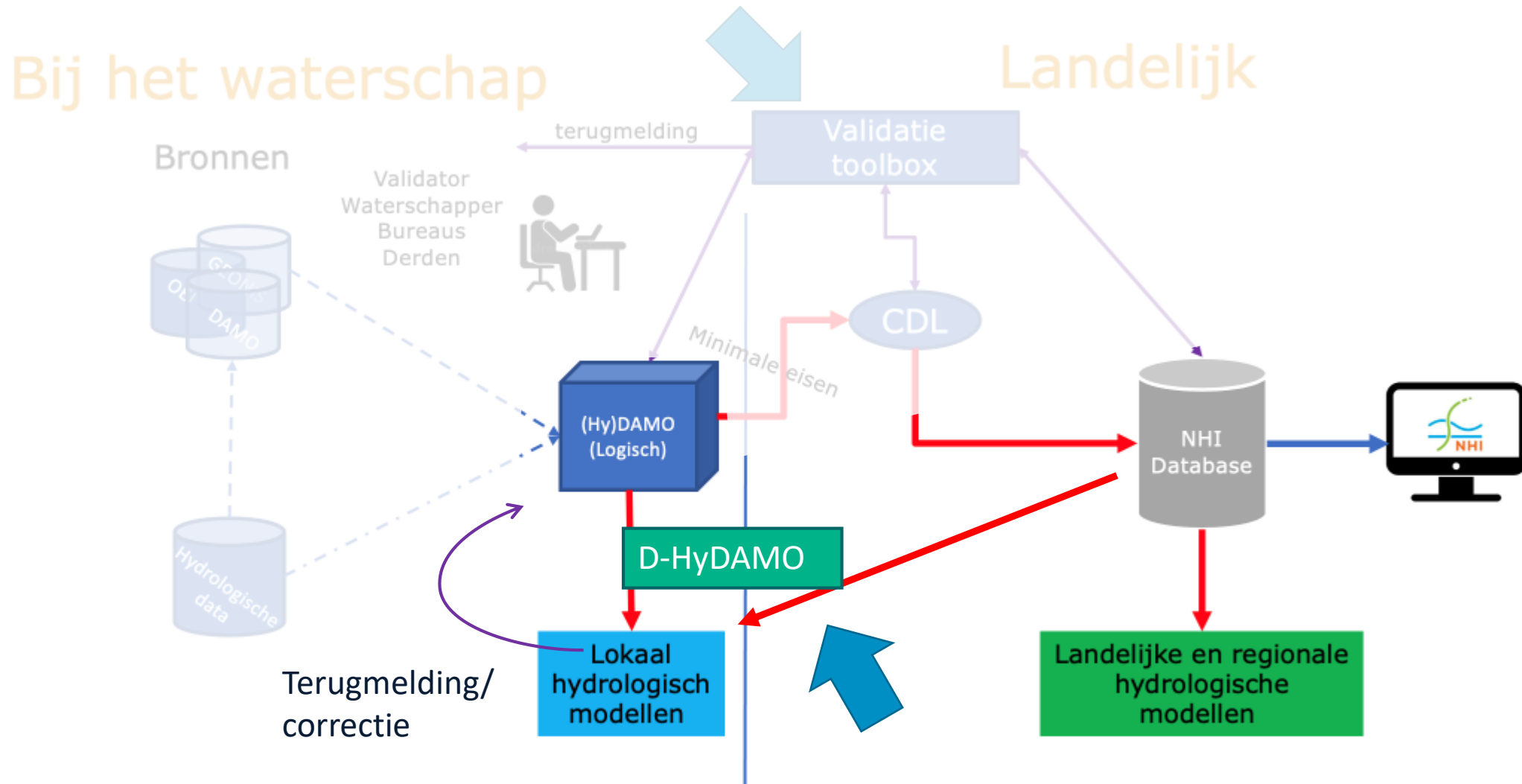
- Oppervlaktewater data in HyDAMO format voor heel Nederland
- Belangrijk om de kwaliteit te kennen
- Validatietoolbox valideert deze data bij het NHI of andere gebruikers, zoals waterschappen en adviesbureaus
- Project voor Waterschapshuis via het NHI (2021 e.v.)
- Deels gebaseerd op code van D-HyDAMO

Uitvoering: HKV, Hydroconsult en D2HYDRO.

Nemen ook deel in HYDROLIB: Verkennen mogelijkheden synergie

D-HyDAMO en Validatietoolbox

- Validatie en correcties veelal vanuit brondata, maar kan aanvullend ook uit modelschematisaties volgen



Relatie D-HYDRO, HYDROLIB, WaterCloud

- D-HYDRO is rekenmodel/simulatiesoftware, kandidaat om te draaien in de WaterCloud.
(al ruime ervaring met datastandaarden en APIs)
- HYDROLIB is een script-pijplijn, kandidaat om te draaien als modelgeneratie/postprocessing in de WaterCloud.
- HYDROLIB is geen eigen online data/modelleerplatform.
- HYDROLIB is wel een online open source community waar waterschappen en bureaus gezamenlijk scripts en tools ontwikkelen en delen (via GitHub).

Om te onthouden

- Augustus 2021: D-HYDRO 1D2D klaar voor gebruik en ondersteund.
- Data -> modelgeneratie op grote datasets via D-HyDAMO
- Er is afstemming tussen D-HYDRO-projecten en NHI-projecten



Contactinformatie:



• arthur.vandam@deltares.nl



• b.degraaff@hkv.nl

