

# Kalibratie IBRAHYM v3.0

Koen van der Hauw

iMOD-gebruikersdag 20 juni 2023

# Inhoud

- **Kalibratie proces**
  - Kalibratieplan
  - Systemanalyse
  - Modelbeschrijving
  - Kalibratieperiode
  - Kalibratieset
  - Residu analyse
  - Systematische afwijkingen
  - Gevoeligheidsanalyse
  - Automatische kalibratie
  - Toetsing plausibiliteit
  - Postprocessing
  - Kalibratieresultaten
- **Conclusies en aanbevelingen**

# Kalibratiestrategie

- **Kalibratieplan is belangrijk om**

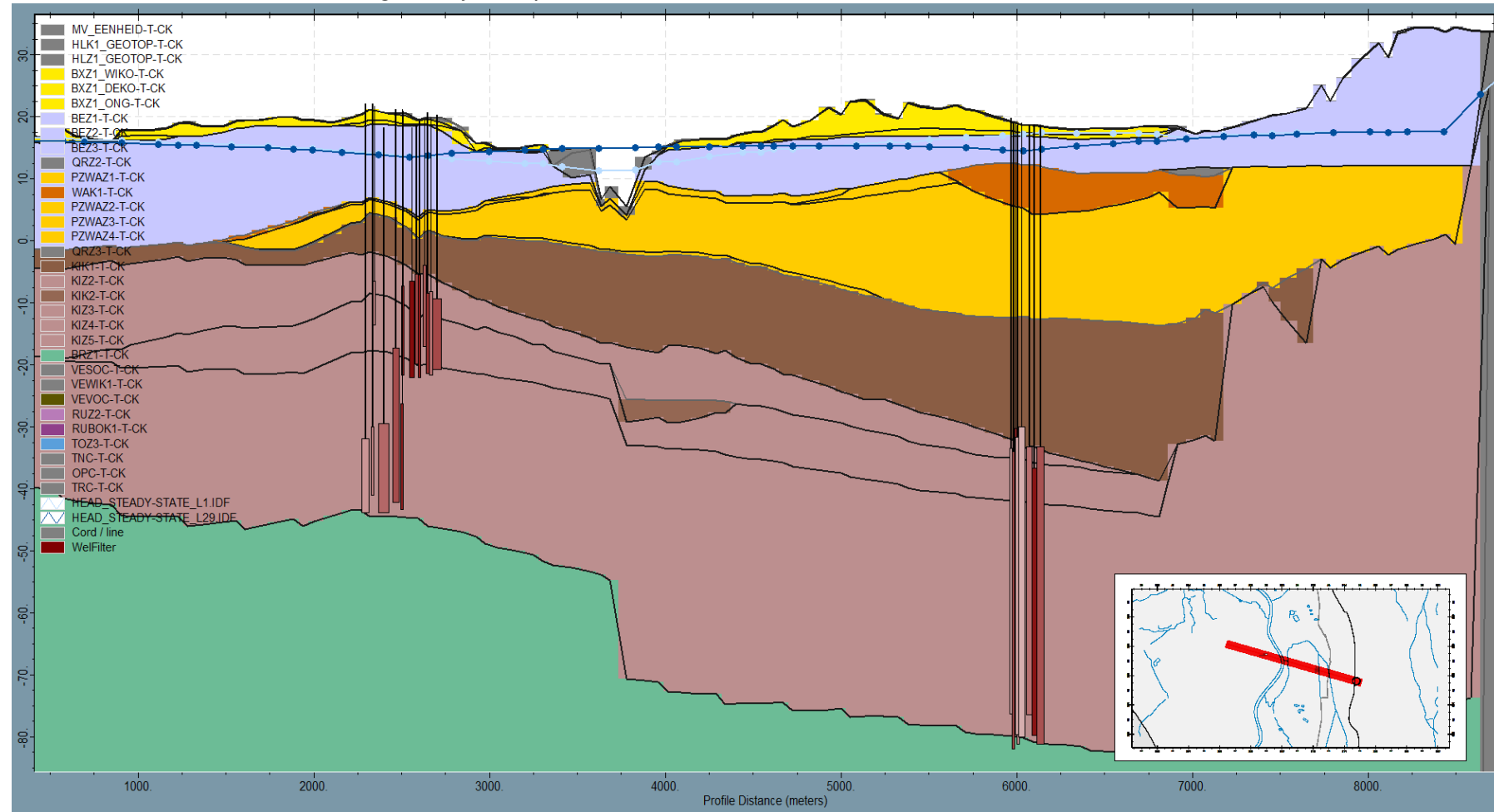
- Doel vast te leggen
- Vooraf na te denken over aanpak
- Vooraf na te denken over haalbare resultaten
- Vooraf na te denken over middelen

- Doel
- Doelfunctie
- Uitgangsmodel
- Kalibratieparameters/-groepen,
- Gevoeligheidsanalyse
- Kalibratiezones of pilot points
- Kalibratieperiode
- Modelresolutie
- Kalibratieparameters en -factoren
- Bandbreedten
- Gewichten
- Modelbetrouwbaarheid
- Restfouten-analyse: systematische fouten?
- Validatie
- Kalibratiefasen
- Tijdsafhankelijke kalibratie
- iPEST / iPESTP
- ...

# Systemanalyse

- Essentieel voor kalibratie om watersysteem goed te begrijpen
  - Hoe stroomt het grondwater ?
  - Welke watervoerende pakketten en slecht doorlatende lagen zijn bepalend ?
  - Welke andere aspecten zijn bepalend ?
  - Wat zijn typische k-waarden in het gebied ?

Maak dwarsprofielen, kaartjes,  
o.a. isohypsen, afvoeren, etc.



*Dwarsprofiel West-Oost Grubbenvorst –  
Maas – Hanik – Duitsland*

*REGIS-vlakken, modellagen (zwarte  
lijnen), stijghoogten (blauwe lijnen),  
winningen (rood)*

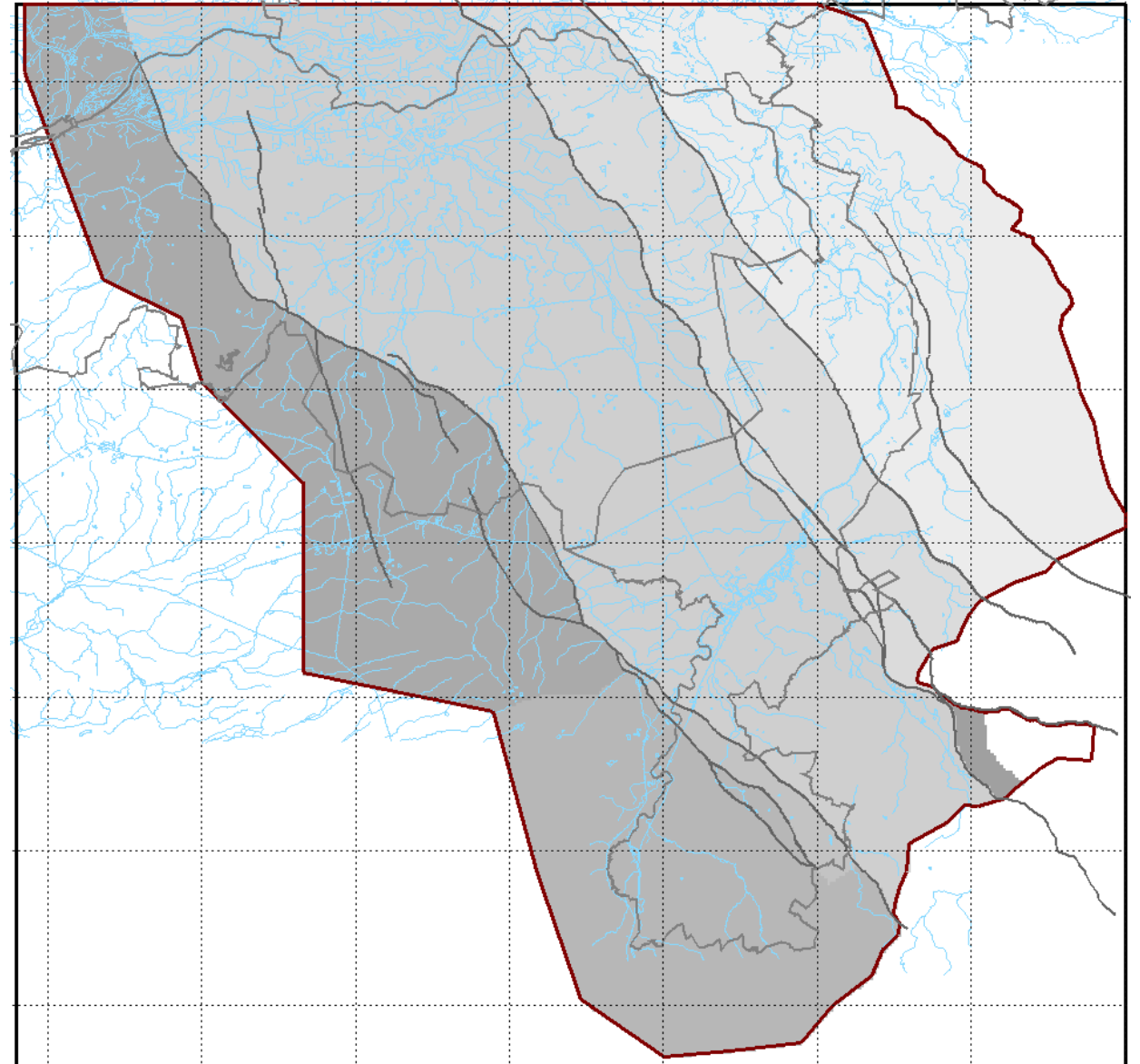
# Modelbeschrijving

## IBRAHYM 3 kenmerken

- 7 zones o.b.v. hoofdbreuken
- 26 modellagen (50 MF6-lagen)
- Heuvelland
- Kalksteen in Zuid-Limburg
- De Maas
- Breuken
- Duitsland en België
- Invloed Roerdalslenk
- ...

## Optimalisatie rekentijd

- 200 x 200
- SHD-waarden
- kD vergroot
- Lagen samengevoegd



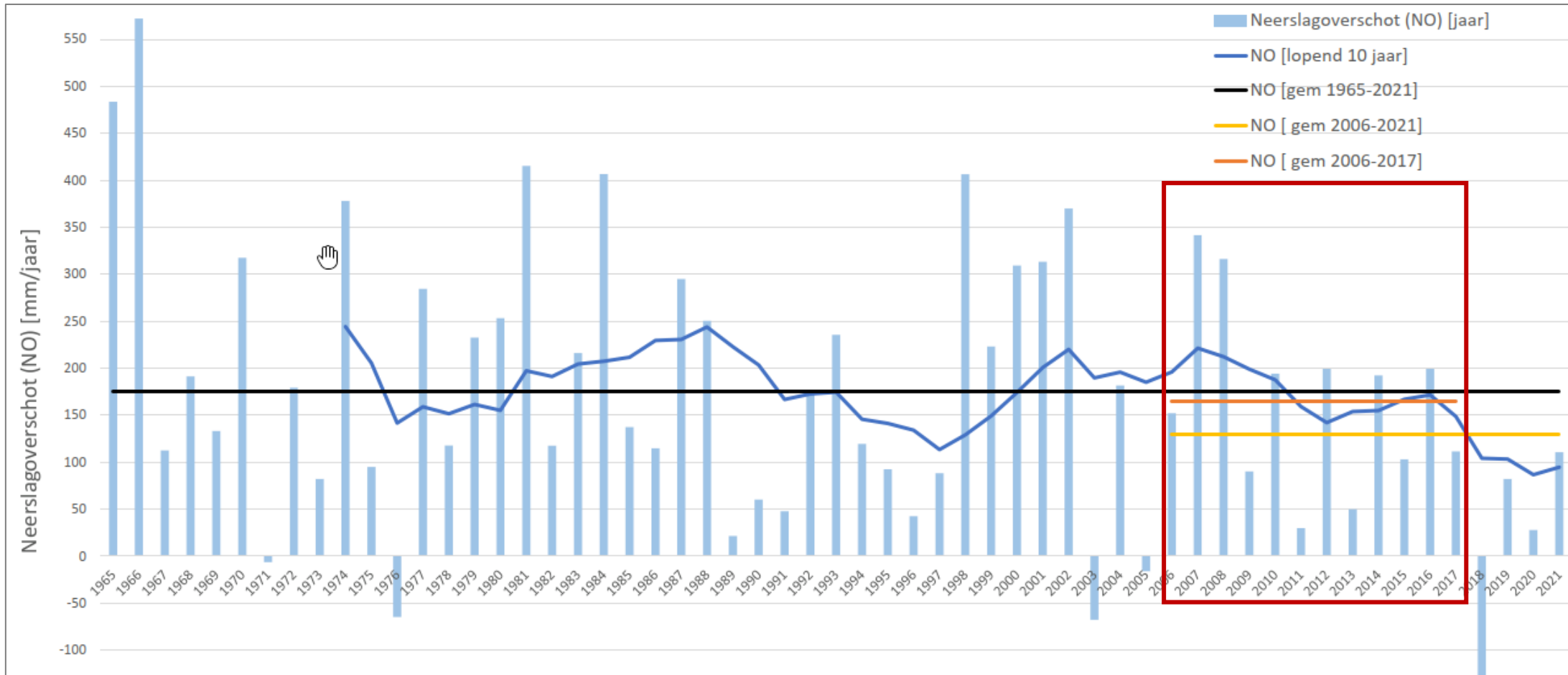
*Modelgebied IBRAHYM v3 en  
zonering o.b.v. hoofdbreuken*

# Kalibratieperiode

## Stationaire kalibratieperiode 2006-2017

- 2006-2017 ligt dicht bij langjarig gemiddelde
- Bevat geen/weinig extreme jaren
- Is daarmee geschikt voor stationaire kalibratie

*Neerslagoverschot per jaar o.b.v. KNMI-data voor station Beek*



# Kalibratieset – combineren reeksen

## Samenvoegen meetreeksen peilbuisfilters in volgende prioriteit

- Prov. Limburg, WML, WL, Brabant, DINOloket, LHM, Duitsland, België

Match tussen twee filters met verschil in ID, XY  
blauw: filter 1; groen: overlap; oranje: filter 2

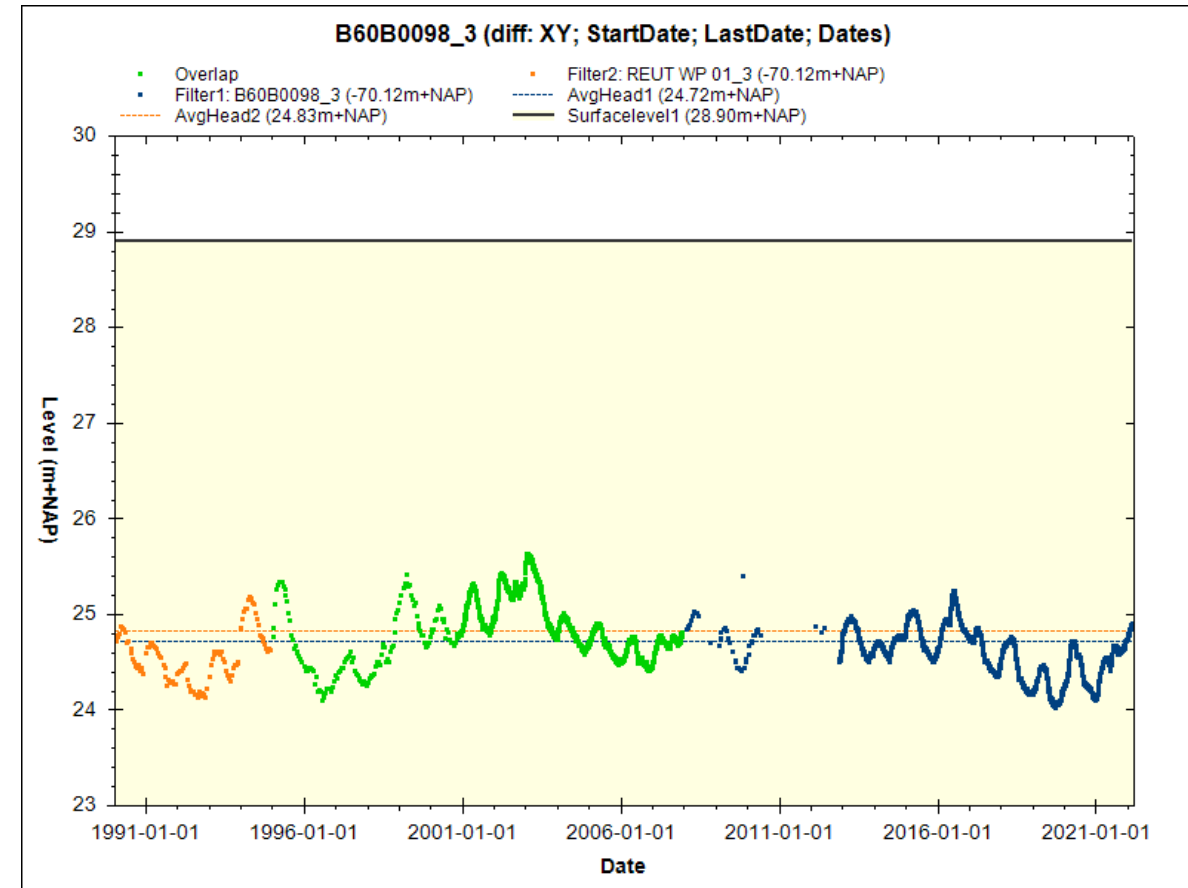
## • Samenvoegen is belangrijk voor

- Voorkomen dubbele filters
- Voorkomen te korte reeksen
- Inconsistenties opsporen

## • Issues door verschil in

- ID
- XY-coördinaten
- Filterstelling

⇒ Automatisch matchen en mergen met IPFanalysis-tool  
match op 1) ID; 2) filterstelling + afstand

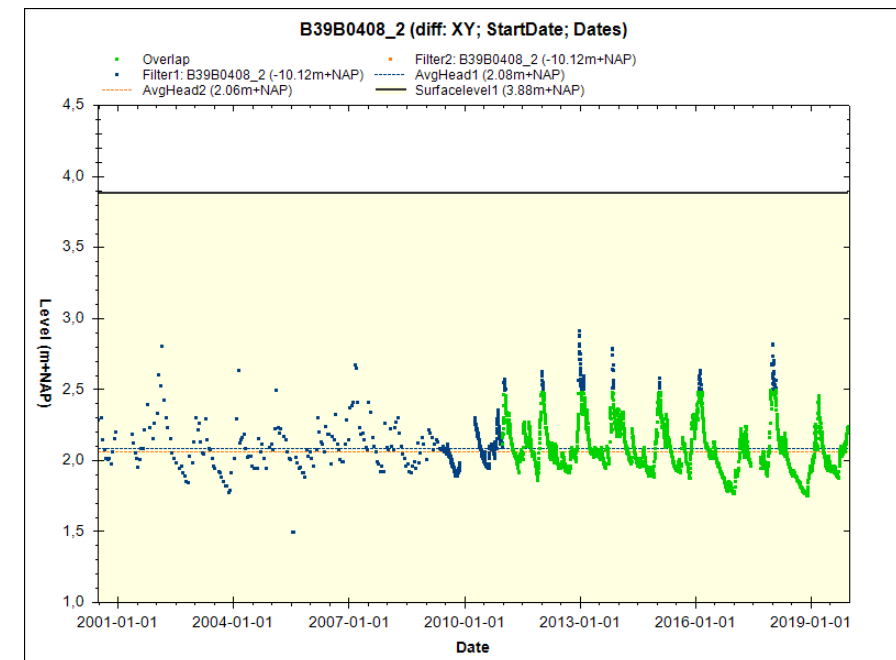
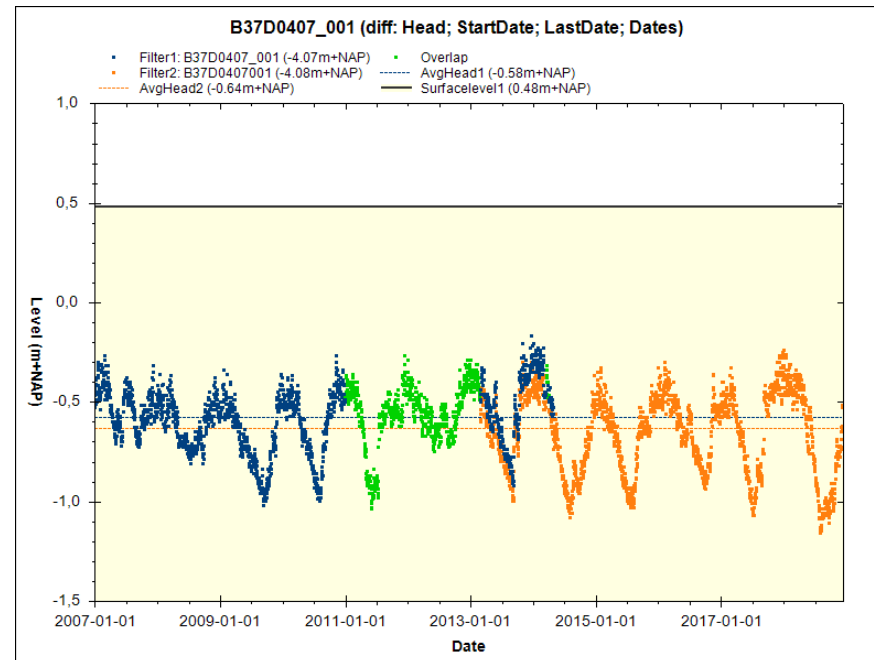
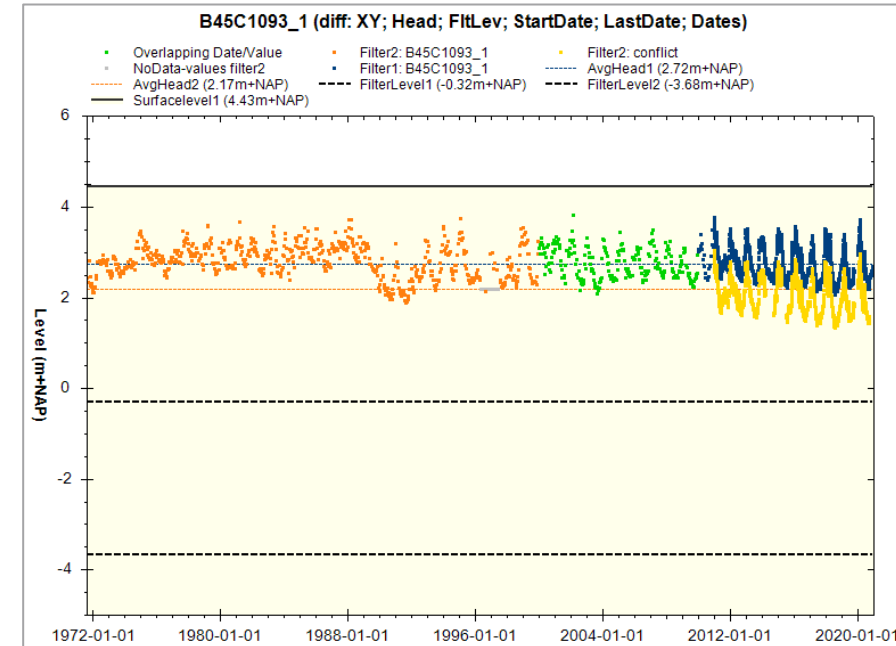
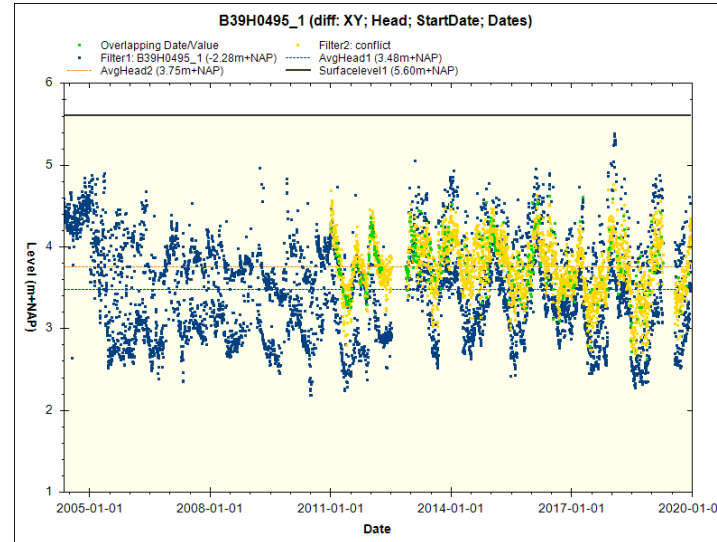


ID1	ID2	DiffComment	Distance	FltLev	FltLev2	AvgH1	AvgH2	DiffH	FirstDate1	LastDate1	Dates1	UniqueDates1	FirstDate2	LastDate2	Dates2	UniqueDates2
B58A0095	2 OSPL WP 20 2	Diff: XY; StartDate; LastDate; Dates	4,472	-3,240	-3,240	-1,580	28,737	30,317	29-06-2016	21-02-2017	2		0 15-01-1990	28-09-2021	7344	7342
B60B0098	3 REUT WP 01_3	Diff: XY; StartDate; LastDate; Dates	11,402	-70,120	-70,120	24,717	24,829	0,112	13-01-1995	09-03-2022	6149		0 15-01-1990	18-12-2007	2848	114

# Kalibratieset – combineren reeksen

## Inconsistenties

- Zelfde ID, maar verschil in filterstelling
- Afwijking XY > 100m
- Inconsistente metingen
- Gat (onterecht) opgevuld
- Afgetopte reeksen



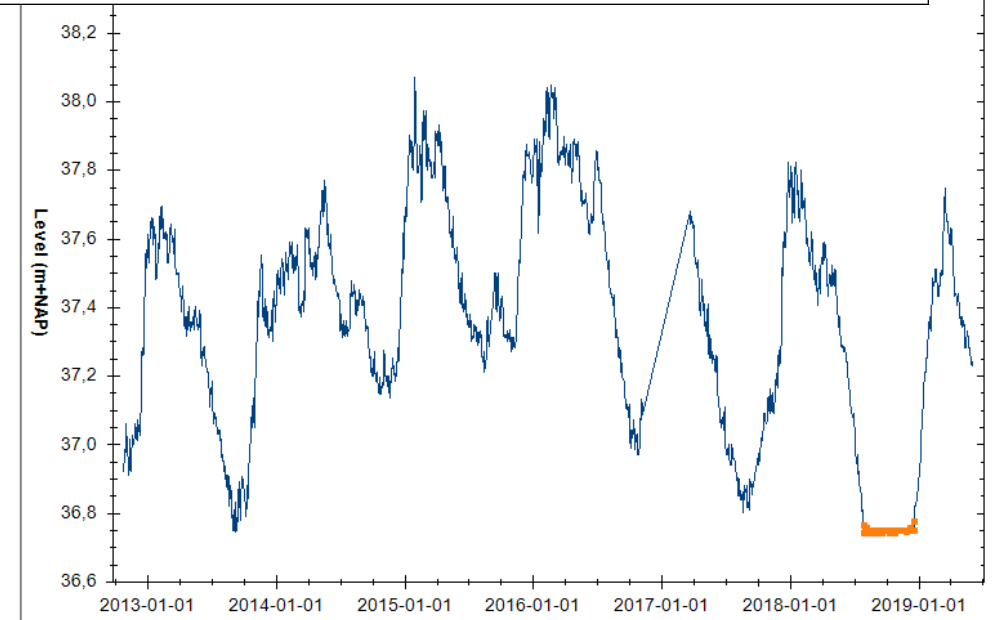
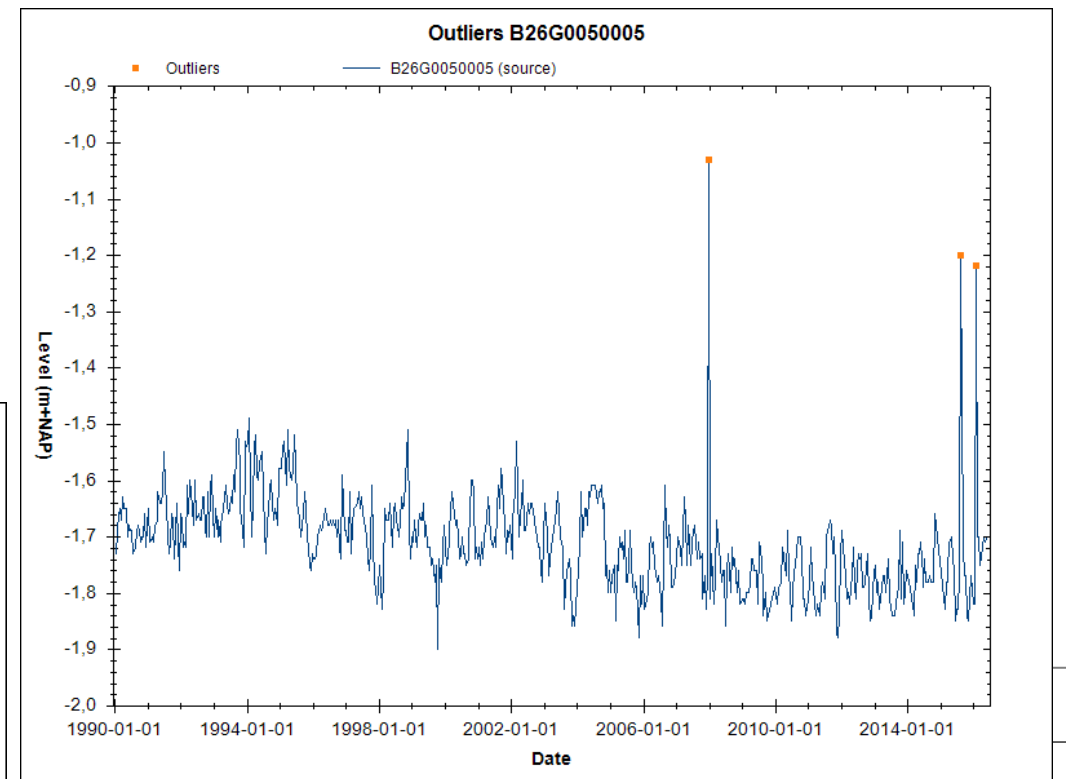
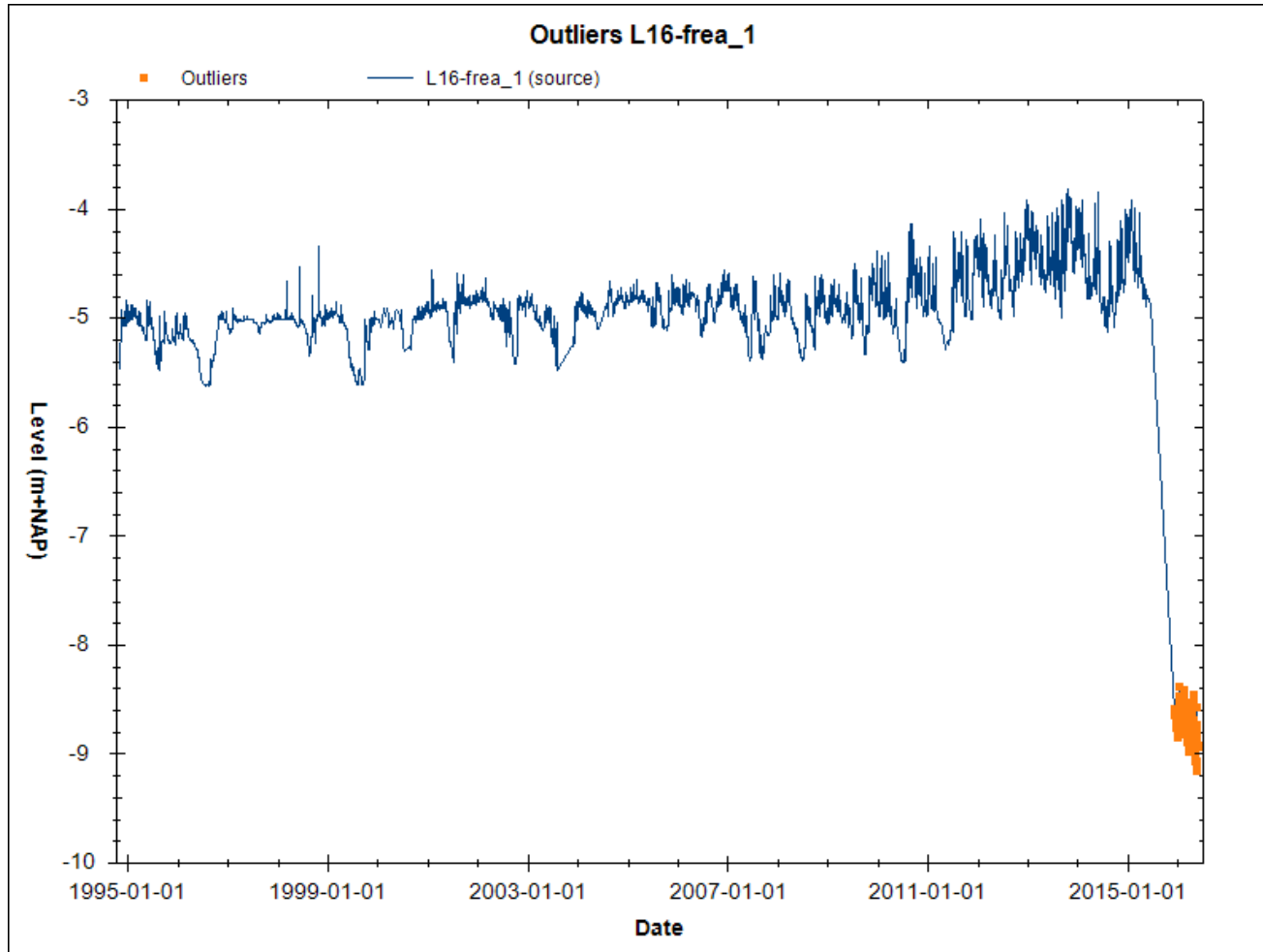
blauw: filter 1; groen: overlap;  
oranje: filter 2; geel: conflict



# Kalibratieset controles

## Controle op issues

- Grote aantallen filters
- ⇒ Automatisch op outliers/flatliners met IPFTSvalidate-tool



# Gewichten clusters

## Definitie cluster

- Filters in zelfde aquifer (weerstand > 100d)
- Maximale afstand tot centroïde: 250m

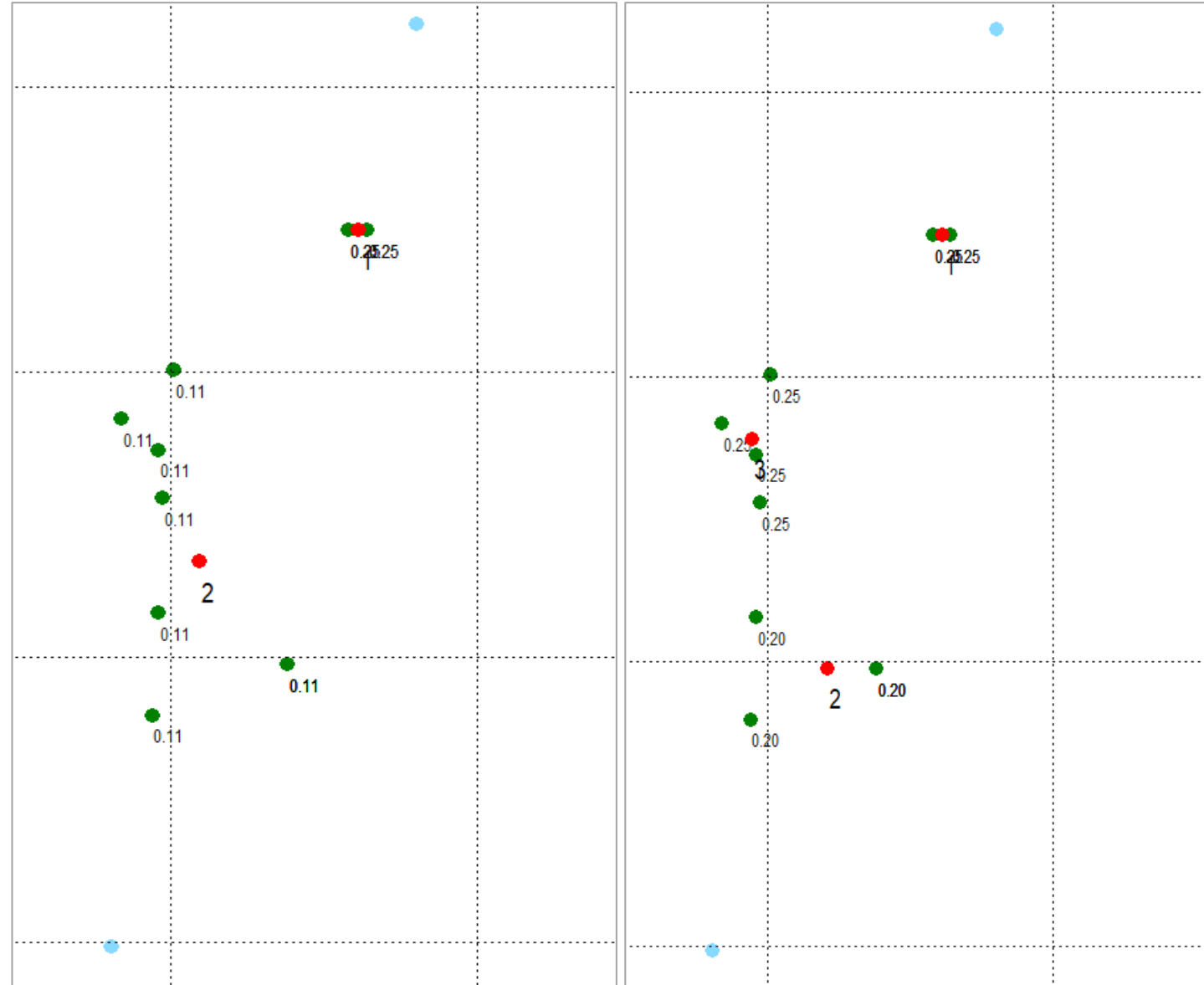
## Gewichten voor clusters

- Gewicht gedeeld door aantal clusterpunten

⇒ Automatische bepaling met IPFanalysis-tool

### Cluster max. afstand

Wanneer de maximale afstand tot nabijgelegen filters wordt gehanteerd (i.p.v. tot de centroïde), kunnen ongewenste clusters met lange ketens resulteren...



Maximale onderlinge afstand: 250m

Maximale afstand tot centroïde: 250m

# Kalibratieset

Kwaliteitsklassen IBR3

## Peilbuisfilters

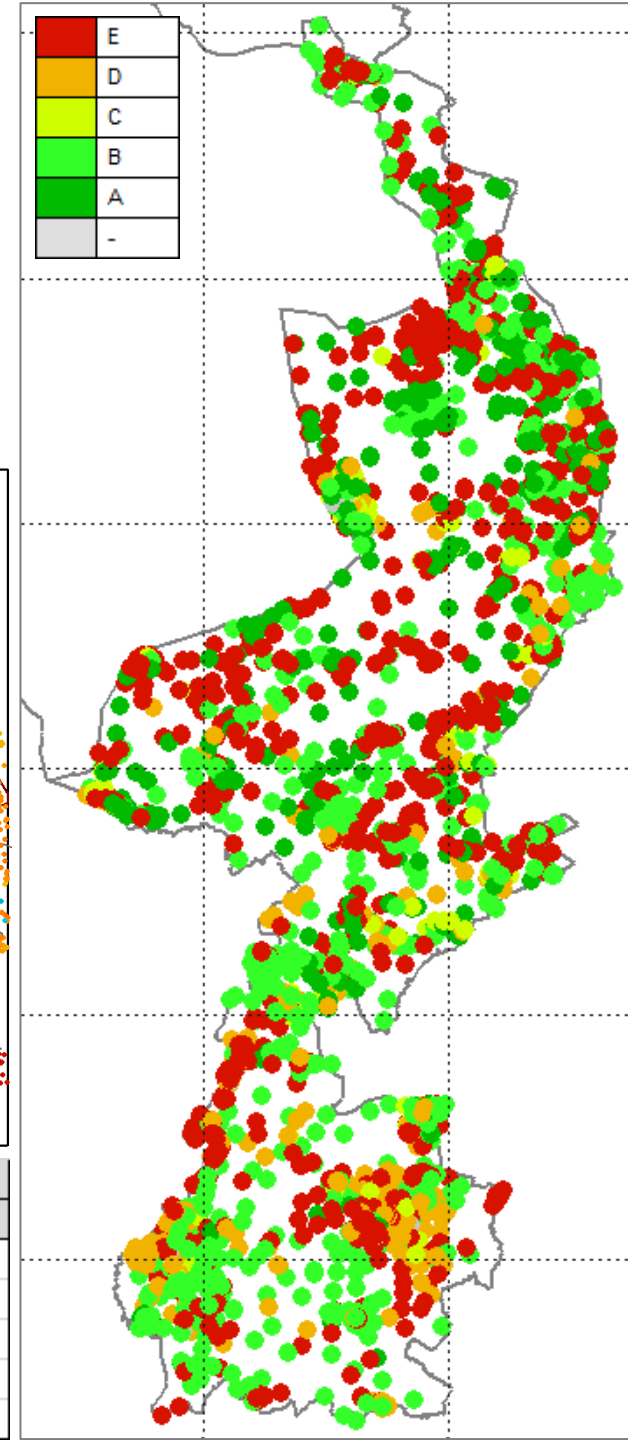
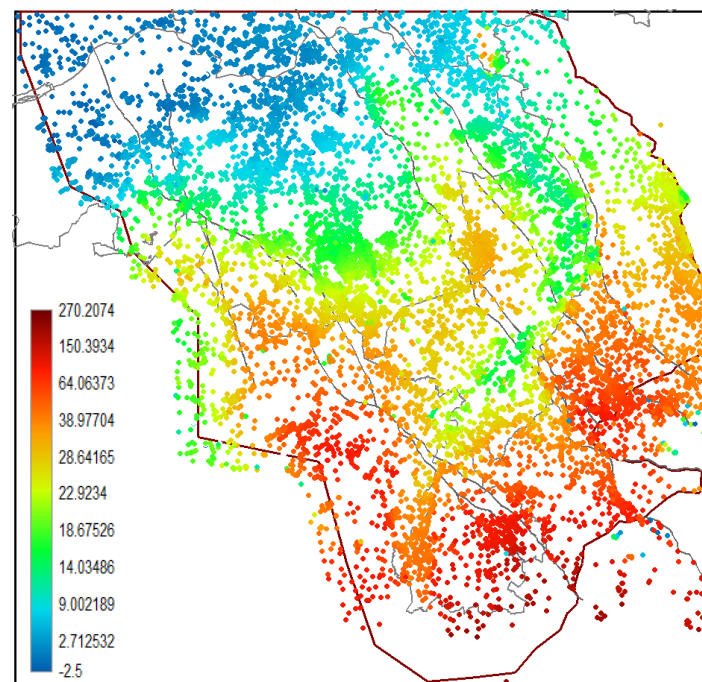
- Combinatie van diverse bronnen
- gewichten o.b.v. kwaliteit (lengte, tijdreeksanalyse, etc.) en clusters

## Kalibratieset

- 2444 stijghoogten buiten Limburg
- 836 diepe stijghoogten in Roerdalslenk in Nederland

## Validatieset

- 17387 stijghoogten buiten Limburg of korte reeks in Limburg
- Afvoeren
- Berekening
- Isohypsen Duitsland
- Breukflux



Kwaliteitsklasse		Criteria		Toepassing voor kalibratie-/validatieset		
Nr	Code	TRA-model ok	GxG-jaren	Stationair	Gewicht	Tijdsafhankelijk
1	A	ja	≥ 8	Kalibratieset: GxG meetreeks	1,00	Kalibratieset: meetreeks
2	B	nee	≥ 8	Kalibratieset: GxG meetreeks	0,75	Kalibratieset: meetreeks
3	C	ja	≥ 3	Kalibratieset: GxG simulatie	0,50	Kalibratieset: meetreeks
4	D	nee	≥ 3	Kalibratieset: Gem. meetreeks	0,25	Kalibratieset: meetreeks
5	E	nee	≥ 0	Validatieset: Gem. meetreeks	0,00	Kalibratieset: meetreeks

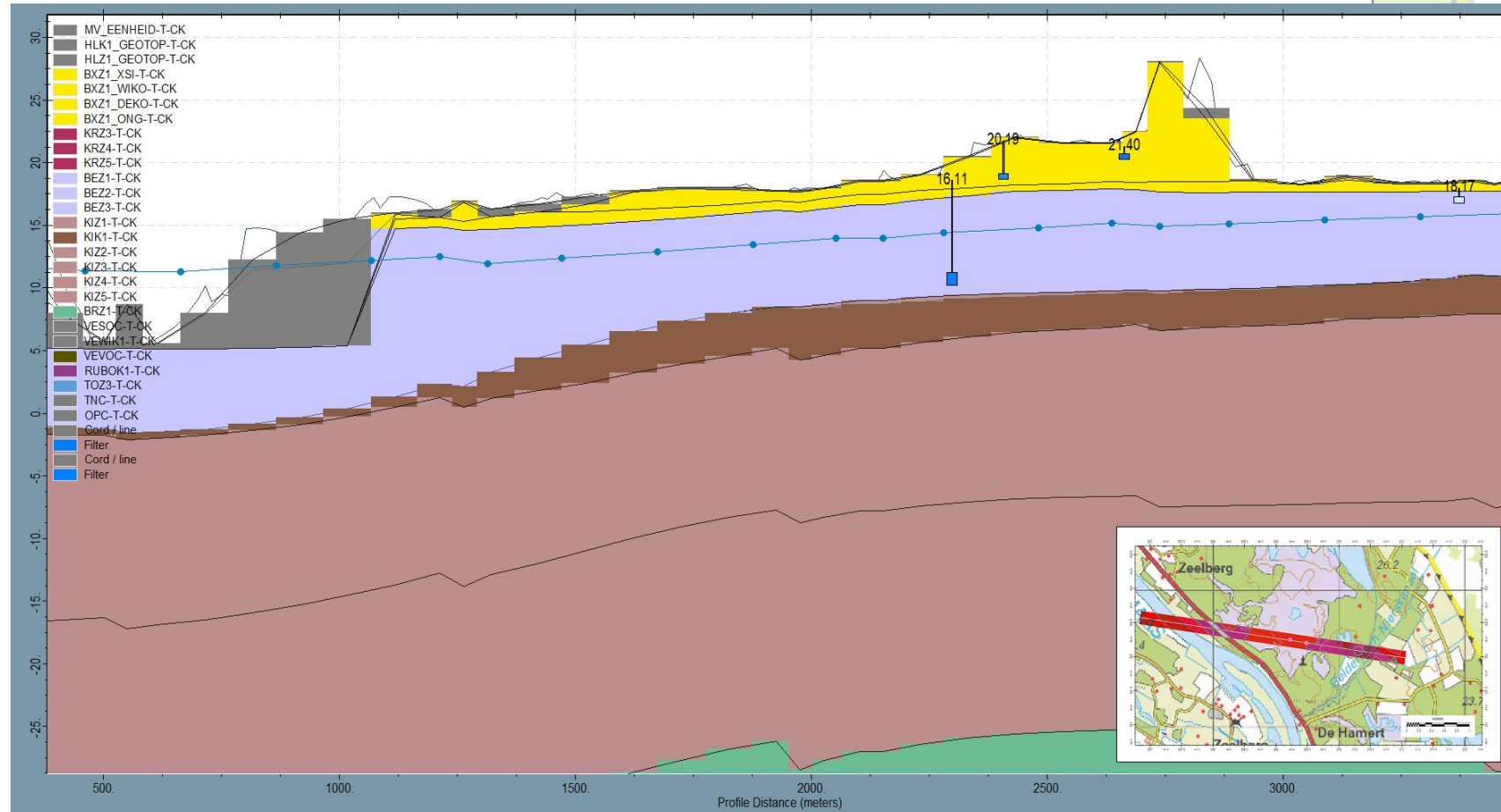
# Analyse extreme residuen

## Doelfunctie

- SSE: Sum of Squared Errors (som van **gekwadrateerde** afwijkingen (residuen))
- **Extreme residuen beïnvloeden daarmee sterk de uitkomst**
- Bijvoorbeeld door meetfouten, schijngrondwaterspiegel, schematisatiefout



Voorbeelden schijngrondwaterspiegels



- Filters in schijngrondwaterspiegels:**
- Meting in L1 of L2
  - > 2m te droog berekend
  - Afwijkend t.o.v. omliggende residuen
  - In veengebied of nat natuurgebied

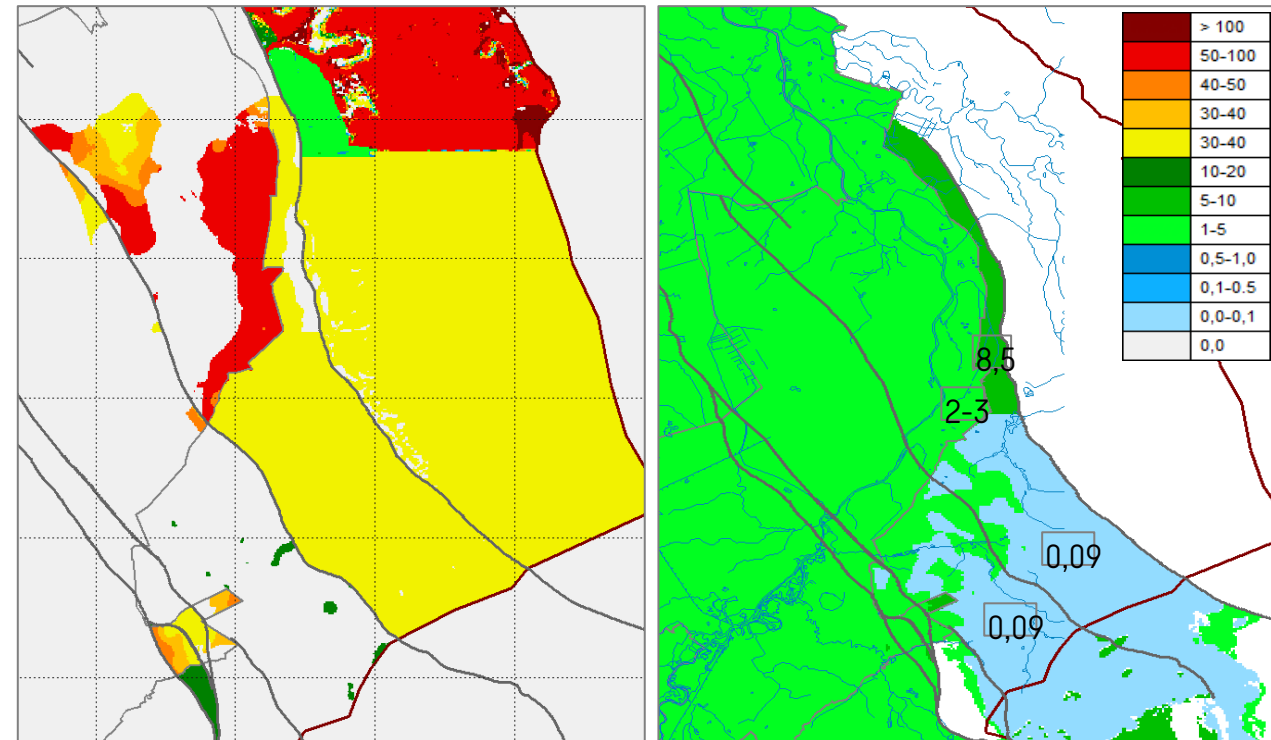
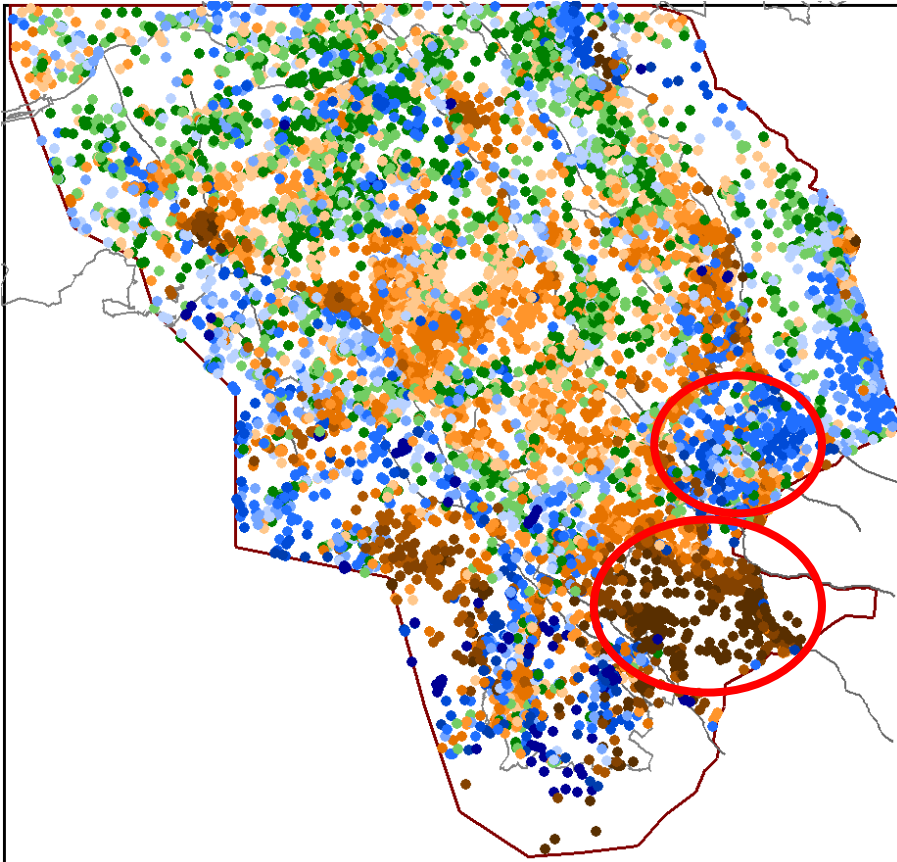
Dwarsprofiel west-oost door een tweetal peilbuisfilters met schijngrondwaterspiegels

# Analyse systematische afwijkingen

- Doel na kalibratie
  - gemiddelde afwijking 0
  - alleen toevallige fouten (willekeurige afwijkingen)
  - Beperkte gemiddelde absolute fout

⇒ **Belangrijk om vooraf aan kalibratie grote clusters met systematische afwijkingen te voorkomen!**

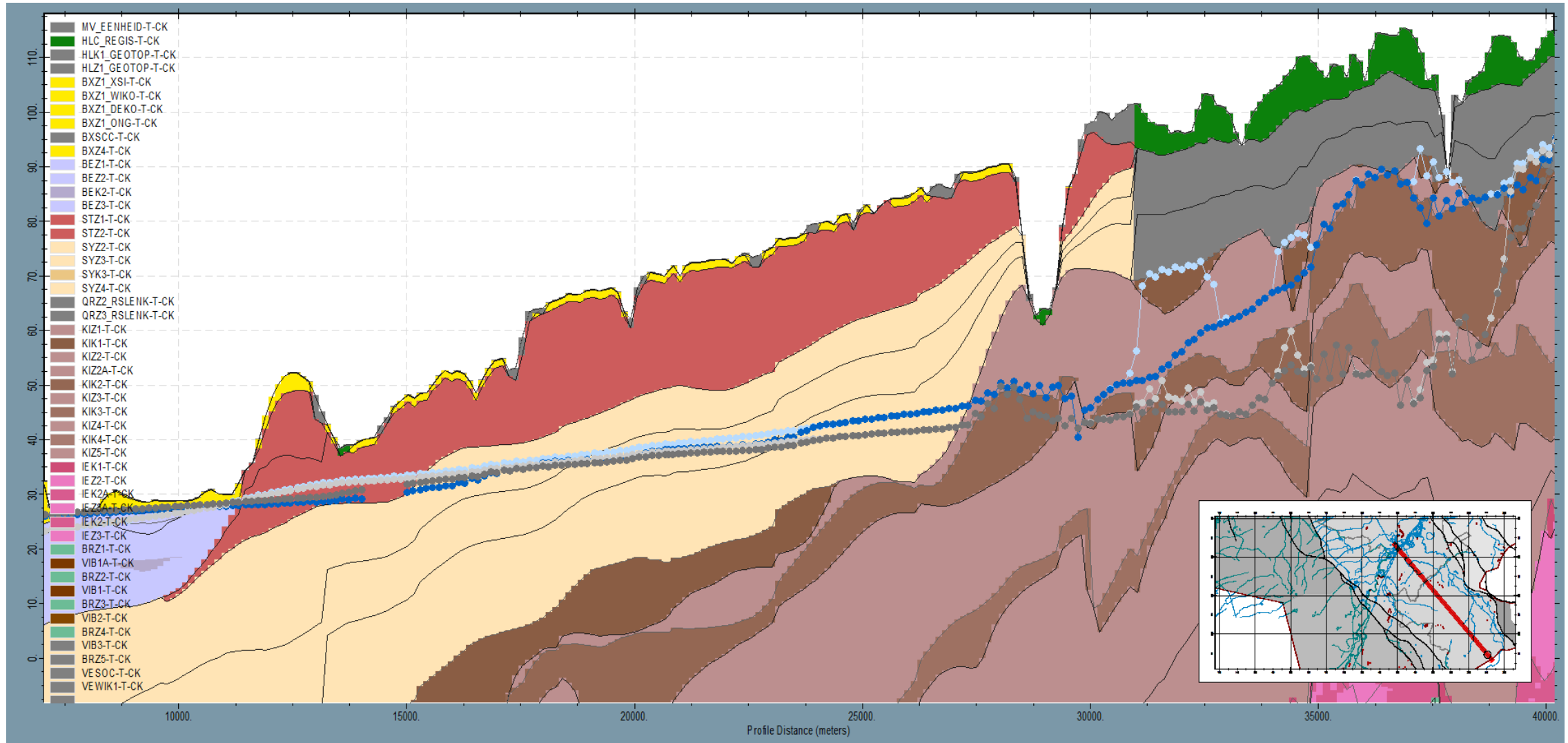
Via kalibratie kan dit meestal niet worden opgelost.



Systematische afwijkingen in kh-waarden geologisch model:  
PZWaz3 / QRz3 (links) en BRz1 (rechts)

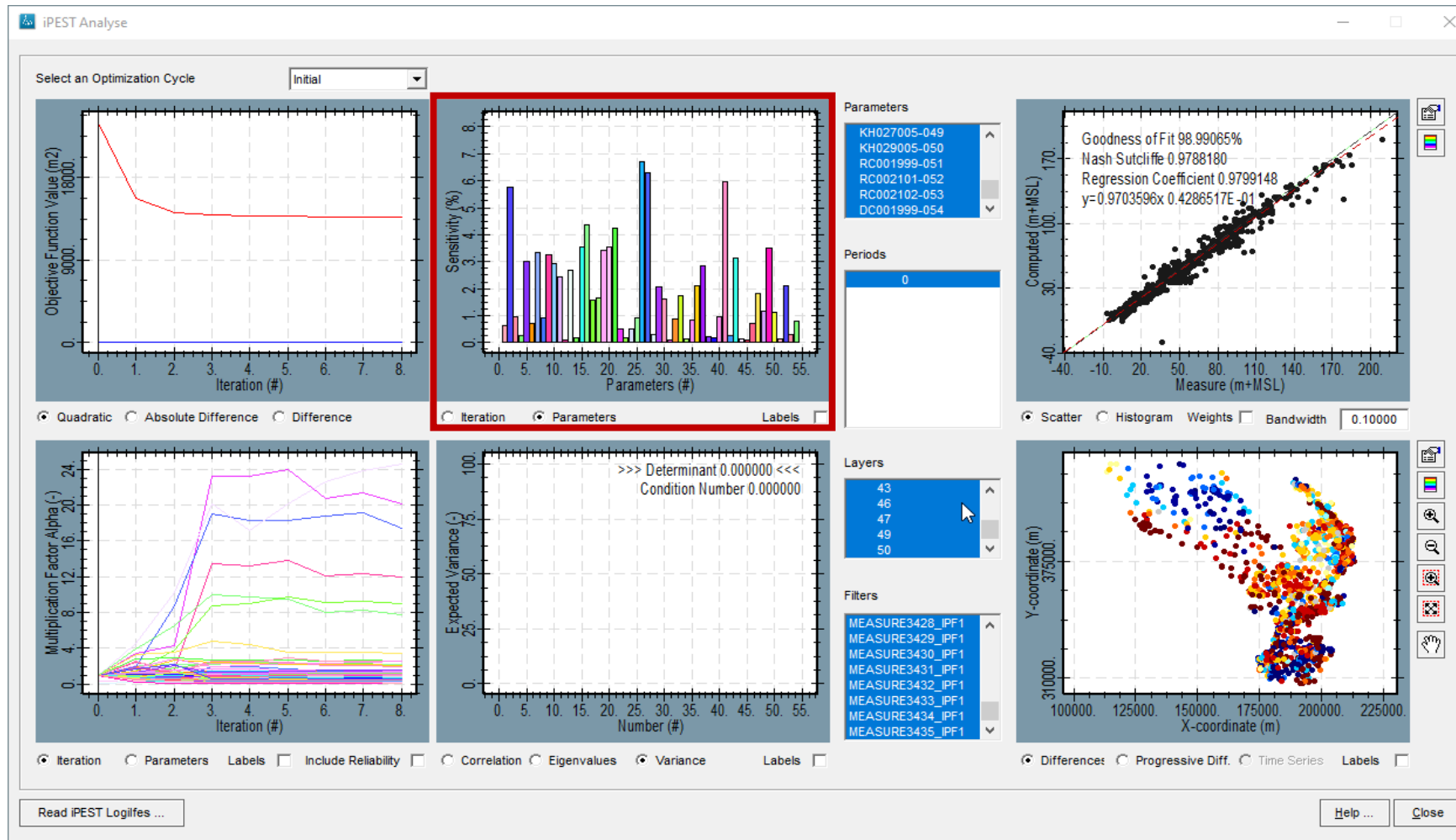
# Analyse systematische afwijkingen

- Kieselooliet klei Roerdalslenk / Duitsland: met MODFLOW 6 en hoge Klk1-weerstand kan schijngrondwaterspiegel worden berekend



# Gevoeligheidsanalyse

- Handmatig voor inzicht in ruimtelijke invloed van parameters
- iPEST en iPEST Analyzer in iMOD
- Kan met IPESTP (bij voldoende CPU's) ook tijdens kalibratie



# Automatische kalibratie met IPEST - invoer

- Aanmaken PST-block in PRJ-file met instellingen, kalibratieset, parameters, zones, etc.
- Via teksteditor, direct in PRJ-file (zie H10 in iMOD-manual)

**IPESTP voor MODFLOW 6**

- Parallel
- Bepaalt automatisch modellagen voor peilbuizen

Kalibratieset  
Instellingen  
Parameters

```

78, (PST), 1, Parameter Estimation, [PST]
-2
"X:\...\PeilbuisDataIBR30-KalSet.IPF", 1, 1, 2, 0, 10, -21, 0, 6, 7
"X:\...\PeilbuisDataIBR30-ValSet_zone3.IPF", 1, 1, 2, 0, 10, -21, 0, 6, 7
50, 0.0, 0.1, 0, 0, 1.0, 0.0, 3, 0.0, 0. 0, 1, 0.0, 0
1, KH, 7, 1, 1.000, 1.01, 1, 10, 10, 1, 1, KH007001-001, 1, 10
1, KH, 15, 1, 1.000, 1.01, 0.1, 10, 10, 2, 1, KH015001-002, 1, 10
1, KH, 18, 1, 1.000, 1.01, 0.1, 10, 10, 3, 1, KH018001-003, 1, 10
1, KH, 21, 1, 1.000, 1.01, 0.1, 10, 10, 4, 1, KH021001-004, 1, 10
...
1, KH, 29, 5, 1.000, 1.01, 0.1, 10, 10, 51, 1, KH029005-051, 1, 10
1, RC, 1, 999, 1.000, 1.01, 0.4, 2, 10, 52, 1, RC001999-052, 1, 10
1, RC, 2, 101, 1.000, 1.01, 0.5, 5, 10, 53, 1, RC002101-053, 1, 10
1, RC, 2, 102, 1.000, 1.01, 1, 5, 10, 54, 1, RC002102-054, 1, 10
1, DC, 1, 999, 1.000, 1.01, 0.1, 1, 10, 55, 1, DC001999-055, 1, 10
3
X:\...\REGISzones_ibound.IDF
X:\...\PST\Maas_PST-zones.IDF
999
    
```

Zones

**Data Set 14: Parameter Estimation – Main settings**

Data Set 14	PE_MXITER, PE_STOP, PE_SENS, PE_NPERIOD, PE_NBATCH, PE_TARGET_H, PE_TARGET_D, PE_SCALING, PE_PADJ, PE_DRES, PE_KTYPE, PE_KRANGE, PE_REGULARISATION, PE_REGFACTOR
-------------	--

PE_MXITER	PE_STOP	PE_SENS	PE_NPERIOD	PE_NBATCH	PE_TRGTH	PE_TRGTD	PE_SCALING	PE_PADJ	PE_DRES	PE_KTYPE	PE_KRANGE	PE_REG	PE_REGF
50	0	0,1	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0

PARCODE	PACT	PPARAM	PILS	PIZONE	PINI	PDELTA	PMIN	PMAX	PINCREASE	PIGROUP	PLOG
KH001001-1	1	KH	1	1	1,00	1,1	0,1	10	10	1	



# Automatische kalibratie met IPESTP - invoer

- Aanmaken PST-block in PRJ-file via Project Manager in iMOD

The screenshot displays the iMOD Project Manager interface on the left and the Parameter Estimation Settings dialog box on the right. The Project Manager shows a tree view with 'PST Parameter Estimation' selected. The Parameter Estimation Settings dialog box is open to the 'Parameters' tab, showing a table of parameters to be estimated.

Act.	Parame...	Layer/S...	Zone	Group	Initial	Minimal	Maximal	StepSize	Increase	Transf.	Acronym	P.Estimate
<input checked="" type="checkbox"/>	KH	1	1	1	1.00	0.01	100.00	1.10	2.00	<input checked="" type="checkbox"/>		1.0000
<input checked="" type="checkbox"/>	KH	1	2	2	1.00	0.01	100.00	1.10	2.00	<input checked="" type="checkbox"/>		1.0000
<input checked="" type="checkbox"/>	KH	2	1	3	1.00	0.01	100.00	1.10	2.00	<input checked="" type="checkbox"/>		1.0000
<input checked="" type="checkbox"/>	KH	2	2	4	1.00	0.01	100.00	1.10	2.00	<input checked="" type="checkbox"/>		1.0000

The Parameter Estimation Settings dialog box includes the following options:

- Define General Characteristics
  - Apply Parallel iPEST:
  - Hide Command Windows:
  - Number of Processors: 5
  - Number of Line Searches: 3
  - Maximum Number of Sequences: 10
  - Stop Criterion Reduction of Objective Function (%): 0.100
  - Stop Criterion Parameter Adjustment (0-1): 0.010
  - Ignore Parameter with maximal Sensitivity (%): 0.000
  - Minimal Acceptable Residual (m): 0.000
  - Enter a Fraction for each Target (0-1): 1.000, 0.000
  - Specify Scaling / SVD: Scaling
  - Tikhonov Regularisation:
  - Variable Weighting: 1.00
  - Kriging Type: Simple Kriging
  - Number of Periods: 0
  - Number of Batchfiles: 0
  - Number of Parameters: 0
  - Number of Zones: 0
  - Number of Measurements: 0

Buttons: Apply System Settings, Help ..., Cancel

# Automatische kalibratie met IPESTP - resultaten

- **EFFICIENCY.TXT**  
verbetering doelfunctie per iteratie
- **PROGRESS.TXT**  
factoren en doelfunctie per iteratie
- **RUNFILE.TXT**  
PST-blok voor PRJ-file per iteratie
- **SENSITIVITY.TXT**  
gevoeligheden per iteratie
- **LOG\_PEST.TXT**  
log, details en onzekerheden, etc.

LS	PARAMETER	LAMBDA	TOT_J	RED_J	GOODNESS FIT	NASH	SUTCLIFFE
10	KH031001-008	1.010	23957.405	-1.314	1.000		
1	LAMBDA1	17.397	15755.179	-8203.539	0.992		0.984
2	LAMBDA2	173.970	19225.394	-4733.324	0.992		0.982
3	LAMBDA3	1739.700	21607.219	-2351.499	0.991		0.981

New Lambda\_0 17.3970037 (for upper boundary of lambda-tests); Objective Function Value 15755.1789554

GD	PARAMETER	FACTOR	TOT_J	RED_J	CUR_PARAMETER
10	KH031001-008	0.505	15755.457	0.278	0.500
4	KH018001-004	1.168	15754.918	-0.261	1.157
5	KH021001-005	0.430	15756.546	1.367	0.426
2	KH014001-002	0.817	15753.159	-2.020	0.809
22	KH009003-013	0.406	15757.029	1.850	0.402
27	KH016003-016	2.048	15755.720	0.541	2.027
1	KH007001-001	1.010	15755.265	0.086	1.000
12	KH005002-010	1.209	15755.756	0.577	1.197
21	KH003003-012	1.007	15759.175	3.996	0.997
42	KH036003-023	1.147	15755.085	-0.094	1.135
3	KH015001-003	1.017	15758.490	3.311	1.007
7	KH025001-007	0.677	15756.907	1.728	0.670
11	KH003002-009	2.465	15756.216	1.037	2.440

*PROGRESS.TXT*

Copy in the runfile, iteration 3

1	KH	7	1	1.000	1.010	1.000	100.000	10.000	1	1	KH007001-001
1	KH	14	1	0.617	1.010	0.010	100.000	10.000	2	1	KH014001-002
1	KH	15	1	0.485	1.010	0.010	100.000	10.000	3	1	KH015001-003
1	KH	18	1	1.463	1.010	0.010	100.000	10.000	4	1	KH018001-004
1	KH	21	1	0.196	1.010	0.010	100.000	10.000	5	1	KH021001-005
1	KH	24	1	1.480	1.010	0.010	100.000	10.000	6	1	KH024001-006
1	KH	25	1	0.604	1.010	0.010	100.000	10.000	7	1	KH025001-007
1	KH	27	1	0.604	1.010	0.010	100.000	10.000	7	1	KH025001-007
1	KH	29	1	0.604	1.010	0.010	100.000	10.000	7	1	KH025001-007
1	KH	31	1	1.980	1.010	0.010	100.000	10.000	8	1	KH031001-008
1	KH	3	2	13.466	1.010	0.010	100.000	10.000	9	1	KH003002-009
1	KH	5	2	0.589	1.010	0.010	100.000	10.000	10	1	KH005002-010
1	KH	7	2	0.589	1.010	0.010	100.000	10.000	10	1	KH005002-010
1	KH	9	2	0.589	1.010	0.010	100.000	10.000	10	1	KH005002-010
1	KH	12	2	1.463	1.010	0.010	100.000	10.000	4	1	KH018001-004
1	KH	18	2	1.480	1.010	0.010	100.000	10.000	6	1	KH024001-006
1	KH	19	2	0.604	1.010	0.010	100.000	10.000	7	1	KH025001-007
1	KH	21	2	0.604	1.010	0.010	100.000	10.000	7	1	KH025001-007
1	KH	23	2	0.604	1.010	0.010	100.000	10.000	7	1	KH025001-007

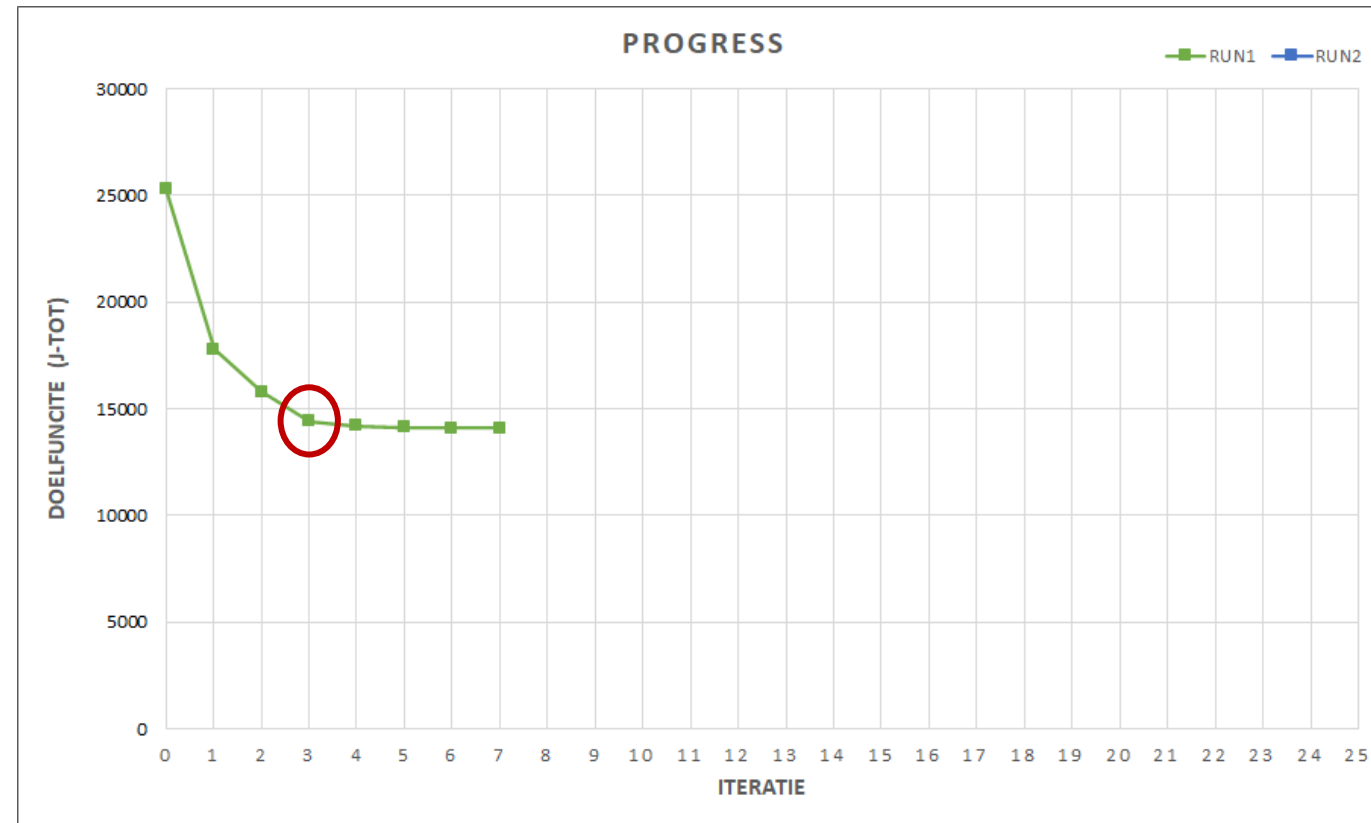
*RUNFILE.TXT*

# Keuze iteratie voor kalibratiefactoren

- Kies laatste iteratie die nog noemenswaardige verbetering geeft

KALRUN	1	
ITSEL	3	
TOT_J	14401,682	
$\Delta TOT\_J$ (%)	8,86%	
IT	TOT_J	Progress (%)
0	25313,551	
1	17794,047	29,71%
2	15802,422	11,19%
3	14401,682	8,86%
4	14212,051	1,32%
5	14128,103	0,59%
6	14107,457	0,15%
7	14097,443	0,07%

⇒ KAL1: Iteratie 3 gebruikt



*Verbetering doelfunctie*

# Keuze iteratie voor kalibratiefactoren

- Kies gevoelige en betrouwbare kalibratiefactoren

Vergelijking kalibratiefactoren						Vergelijking betrouwbaarheid						
dF <sub>min</sub>		Model	<a href="#">RUNA</a>	<a href="#">RUNB</a>	Verschil RUNA/RUNB	Model		<a href="#">RUNA</a>			<a href="#">RUNB</a>	
fC <sub>max</sub>		Modelrun	RUN1	RUN2		Modelrun		RUN1			RUN2	
Importeer Parameters		Iteratie	2	3		Iteratie		2			3	
Nr	Parameter	ZONE-detail	Factor	Factor		Parameter	Lower	Upper	Significant?	Lower	Upper	Significant?
1	KH007001-001	krz3 - qrz1	1	1,000	#####	KH007001-001	0,572	1,747	nee	0,575	1,740	nee
2	KH014001-002	DTc_glijvlak - stk1	0,69785	0,617	1,27	KH014001-002	0,065	7,515	nee	0,060	6,360	nee
3	KH015001-003	urz1 - qrz2	0,45916	0,485	0,95	KH015001-003	0,111	1,906	nee	0,149	1,583	nee
4	KH018001-004	wak1	1,30794	1,463	1,51	KH018001-004	0,627	2,726	nee	0,697	3,073	nee
5	KH021001-005	pzwaz3 - qrz3	0,49556	0,196	1,59	KH021001-005	0,209	1,174	nee	0,073	0,525	ja
6	KH024001-006	kik1	1,2132	1,480	2,25	KH024001-006	0,591	2,489	nee	0,738	2,971	nee
7	KH025001-007	kiz2	0,67187	0,604	1,21	KH025001-007	0,449	1,006	nee	0,362	1,007	nee
8	KH031001-008	brz1	0,47878	1,980	-1,88	KH031001-008	0,103	2,215	nee	0,444	8,821	nee
9	KH003002-009	bxz2 - BXz1_ong	1,58725	13,466	21,23	KH003002-009	0,010	243,317	nee	0,636	284,919	nee
10	KH005002-010	krz3 - bez1	0,72913	0,589	1,52	KH005002-010	0,252	2,107	nee	0,150	2,315	nee
11	KH029002-011	iez3 - brz1	0,82255	0,335	3,75	KH029002-011	0,368	1,837	nee	0,139	0,806	ja
12	KH003003-012	bxz2 - BXz1_ong	0,56778	0,936	0,15	KH003003-012	0,015	21,170	nee	0,016	54,234	nee
13	KH009003-013	krz3 - bez1	0,31535	0,250	1,10	KH009003-013	0,193	0,516	ja	0,152	0,410	ja
14	KH014003-014	syk1	1,79597	2,376	1,73	KH014003-014	8,06E-04	4,00E+03	nee	0,001	5014,843	nee
15	KH015003-015	syz2	0,20429	0,203	1,00	KH015003-015	0,104	0,403	ja	0,105	0,391	ja
16	KH016003-016	syk2	2,19837	2,211	1,01	KH016003-016	1,502	3,217	ja	1,525	3,206	ja
17	KH018003-017	syk3	3,82327	8,788	2,76	KH018003-017	0,006	2,45E+03	nee	0,000	193574,800	nee
18	KH021003-018	pzwaz2 - QRz3_Rslenk	0,42654	0,522	0,83	KH021003-018	0,316	0,575	ja	0,385	0,707	ja
19	KH022003-019	wak2	1,2165	1,065	0,30	KH022003-019	0,908	1,629	nee	0,812	1,396	nee

Vergelijking factoren en onzekerheden van verschillende iteraties

# Keuze iteratie voor kalibratiefactoren

- Kies plausibele kalibratiefactoren
  - Beoordeel resulterende k-waarden op plausibiliteit voor betreffende geologische eenheid
  - Niet-plausibele factoren kunnen duiden op schematisatiefouten in het model

Zone IDF-file #1		%DBASEPATH%\BASIS1\LinkTable\REGISzones_ibound.IDF												
Zone IDF-file #2		%DBASEPATH%\KAL2\PST\Maas_PST-zones.IDF												
PPARAM details							LinkTable details							
PACRONYM	PAR	LAY	ZONEFILE	ZONE	GROUP	Factor	MF6 Package	MF-2005 Package	Eenheid <sub>1</sub>	Eenheid <sub>n</sub>	k-org <sub>1</sub> (m/d)	k-org <sub>2</sub> (m/d)		
KH007001-001	KH	7	1	1	1	1	KHV	KHV	krz3	qrz1	58,2137	27		
KH015001-002	KH	15	1	1	2	0,604	KHV	KHV	urz1	qrz2	55	27		
KH018001-003	KH	18	1	1	3	1,218	KHV	KVV	wak1		0,05292			
KH021001-004	KH	21	1	1	4	0,435	KHV	KHV	pzwaz3	qrz3	39,0435	27		
KH024001-005	KH	24	1	1	5	1,225	KHV	KVV	kik1		0,00084			
KH025001-006	KH	25	1	1	6	0,499	KHV	KHV	kiz2		24,7242			
KH025001-006	KH	27	1	1	6	0,499	KHV	KHV	kiz3		24,4927			
KH025001-006	KH	29	1	1	6	0,499	KHV	KHV	kiz4	ooc	29,9409	2,30195		
KH031001-007	KH	31	1	1	7	1,988	KHV	KHV	brz1		3,26418			
KH031001-007	KH	33	1	1	7	1,988	KHV	KHV	brz2		0,09			
KH031001-007	KH	35	1	1	7	1,988	KHV	KHV	brz3		2,7			
KH003002-008	KH	3	1	2	8	1,023	KHV	KHV	bxz2	BXz1_ong	4,76289	4,61643		
KH005002-009	KH	5	1	2	9	1	KHV	KHV	krz3	bez1	58,7428	73,6937		
KH005002-009	KH	7	1	2	9	1	KHV	KHV	bez2		77,7167			
KH005002-009	KH	9	1	2	9	1	KHV	KHV	bez3	qrz2	79,5131	27,0132		

Beoordeling factoren t.o.v. huidige k-waarden

# Analyse niet-plausibele kalibratiefactoren

- **Niet-plausibele factoren geven aanwijzing voor fouten in schematisatie**

- Fouten in metingen ?
- Filters aan verkeerde modellaag toegekend
- Ontbrekende scheidende lagen
- Noodzaak voor locale zonerings
- ...

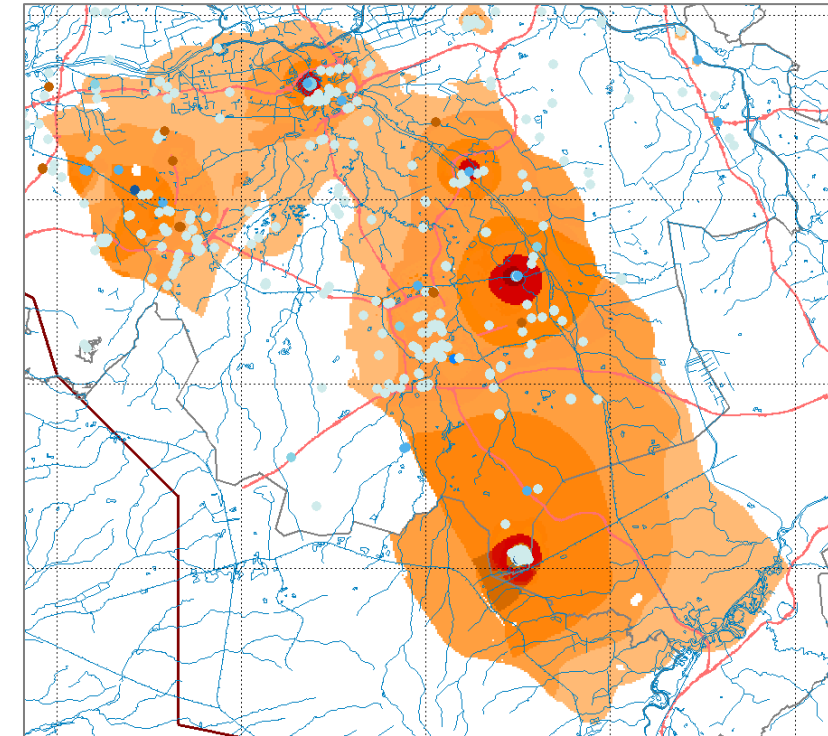
- **Voorbeelden IBRAHYM3**

- Kalibratiefactor 47,6 voor WAK1:  
⇒ onttrekkingen Brabant bleken in  $\text{m}^3/\text{mnd}$  ipv  $\text{m}^3/\text{d}$  opgeslagen
- Kalibratiefactor 0,2 voor BEz1-3:  
⇒ grondwateraanvulling mogelijk te laag  
⇒ er lijkt een minder doorlatende zone in het Maasdal

⇒ **Geef parameters daarom initieel de ruimte ...**

Parameter	ZONE-detail	Factor	Lower	Upper
KV020003-090	wak1	47,558	0,052	4,31E+04

↓  
Onttrekkingen Brabant  $\text{m}^3/\text{mnd}$  ipv  $\text{m}^3/\text{d}$



*Effect correctie winningen L1/L21/L31 (transparant)  
+ locatie winningen Prov. Brabant met gem. debiet*

# Toepassing IPESTP-factoren – optie 1

iMOD-batchfunction **IPESTTOPARAM** met de volgende instellingen:

- PRJFNAME
  - PRJ-file met PST-blok dat hoort bij de gewenste IPEST-iteratie
  - Dit PST-blok kan gekopieerd worden uit de IPEST-uitvoerfile “LOG\_PEST\_RUNFILE.TXT”
- OUTPUTFOLDER
- WINDOW (optioneel)
- CELLSIZE (optioneel)

Dit geeft aangepaste modelinvoer bestanden waarvoor de PINI-factoren en zones uit het PST-blok zijn toegepast.

De bestandsnamen zijn echter wel aangepast en bevatten alleen een indicatie van de package en laag/systeemnummer

```
FUNCTION=IPESTTOPARAM  
PRJFNAME=input\KAL3_PSTit3sel2.PRJ  
OUTPUTFOLDER=result
```



```
DC_F_LS01.IDF  
KH_F_LS03.IDF  
KH_F_LS04.IDF  
KH_F_LS05.IDF  
KH_F_LS07.IDF  
KH_F_LS09.IDF  
RC_F_LS01.IDF  
RC_F_LS02.IDF
```

# Toepassing IPESTP-factoren – optie 2

Excelfile met RUNFILE.TXT  
blok voor iteratie X



PACT	PPARAM	PILS	PIZONE	PINI	PDELTA	PMIN	PMAX	PINCR	PIGROUP	PLOG	PACRONYM	POSTERIOR	STDEV
1	KH	7	1	1	1,01	1	10	10	1	1	KH007001-001	1	1,778
1	KH	15	1	0,604	1,01	0,1	10	10	2	1	KH015001-002	1	3,162
1	KH	18	1	1,218	1,01	0,1	10	10	3	1	KH018001-003	1	3,162
1	KH	21	1	0,435	1,01	0,1	10	10	4	1	KH021001-004	1	3,162
1	KH	24	1	1,225	1,01	0,1	10	10	5	1	KH024001-005	1	3,162
1	KH	25	1	0,499	1,01	0,1	10	10	6	1	KH025001-006	1	3,162
1	KH	27	1	0,499	1,01	0,1	10	10	6	1	KH025001-006	1	3,162
1	KH	29	1	0,499	1,01	0,1	10	10	6	1	KH025001-006	1	3,162
1	KH	31	1	1,988	1,01	0,1	10	10	7	1	KH031001-007	1	3,162

+

ExcelMapper template



```
REM Process factor for parameter {A}
{L}_FACTOR_L{M}_Z{E}={G}
{O}=IF(ZONES{D}=={E}, {L}_FACTOR_L{M}_Z{E} * {P}, {P})
```



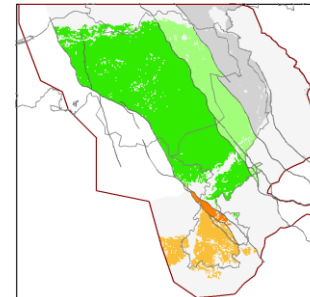
IDFexp INI-file



```
REM Process factor for parameter KH015001-002
KHV_FACTOR_L8_Z1=0.604
KHV\KHV_L8=IF(ZONES1==1, KHV_FACTOR_L8_Z1 * KHV_L8, KHV_L8)
```



Aangepaste modelinvoer

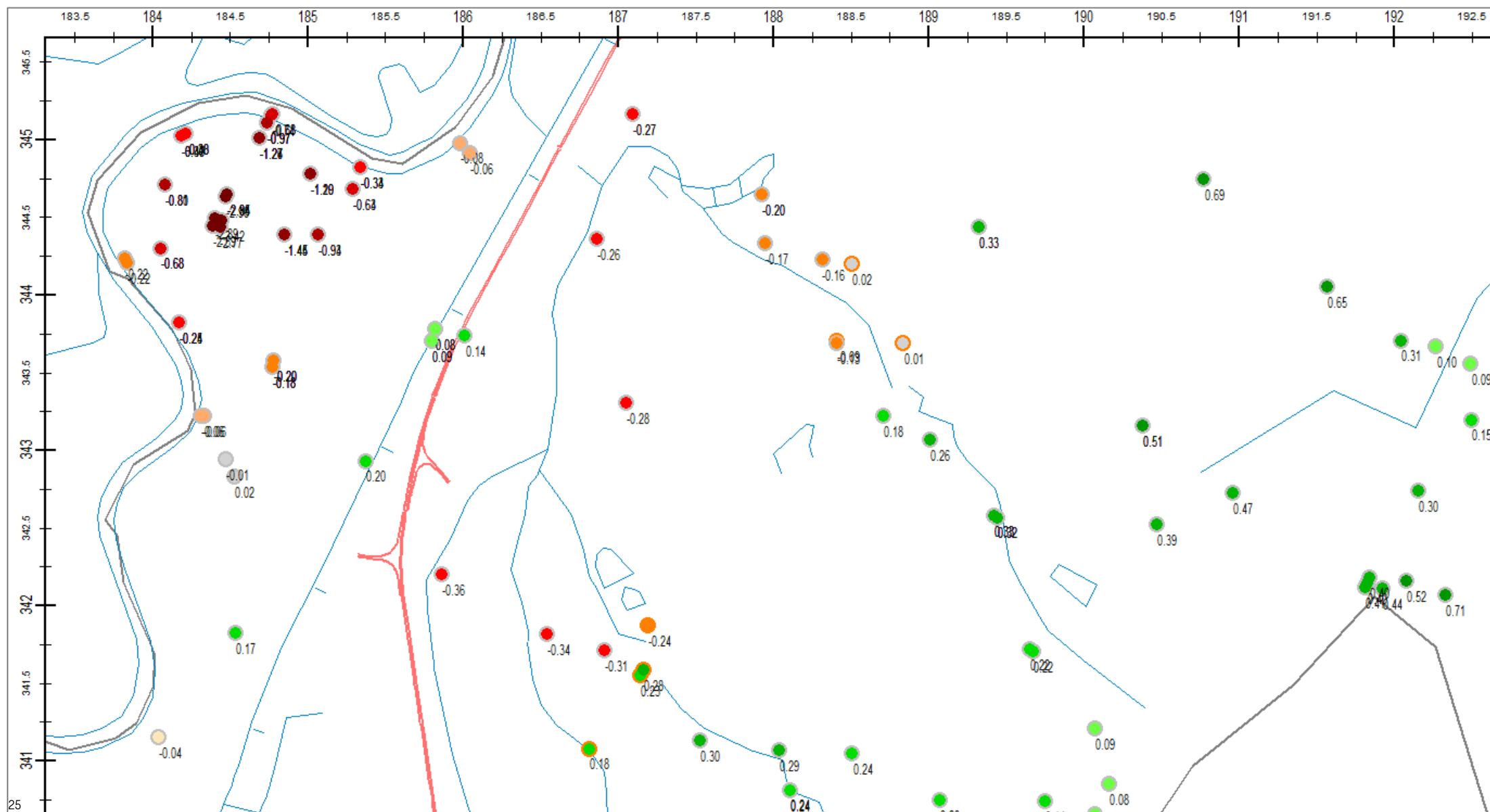


## Alternatief Via IPESTP

- Plak RUNFILE.TXT blok in PRJ-file
- Zet PE\_MXITER op 1
- Zoek MF6 ARR/IDF-bestanden

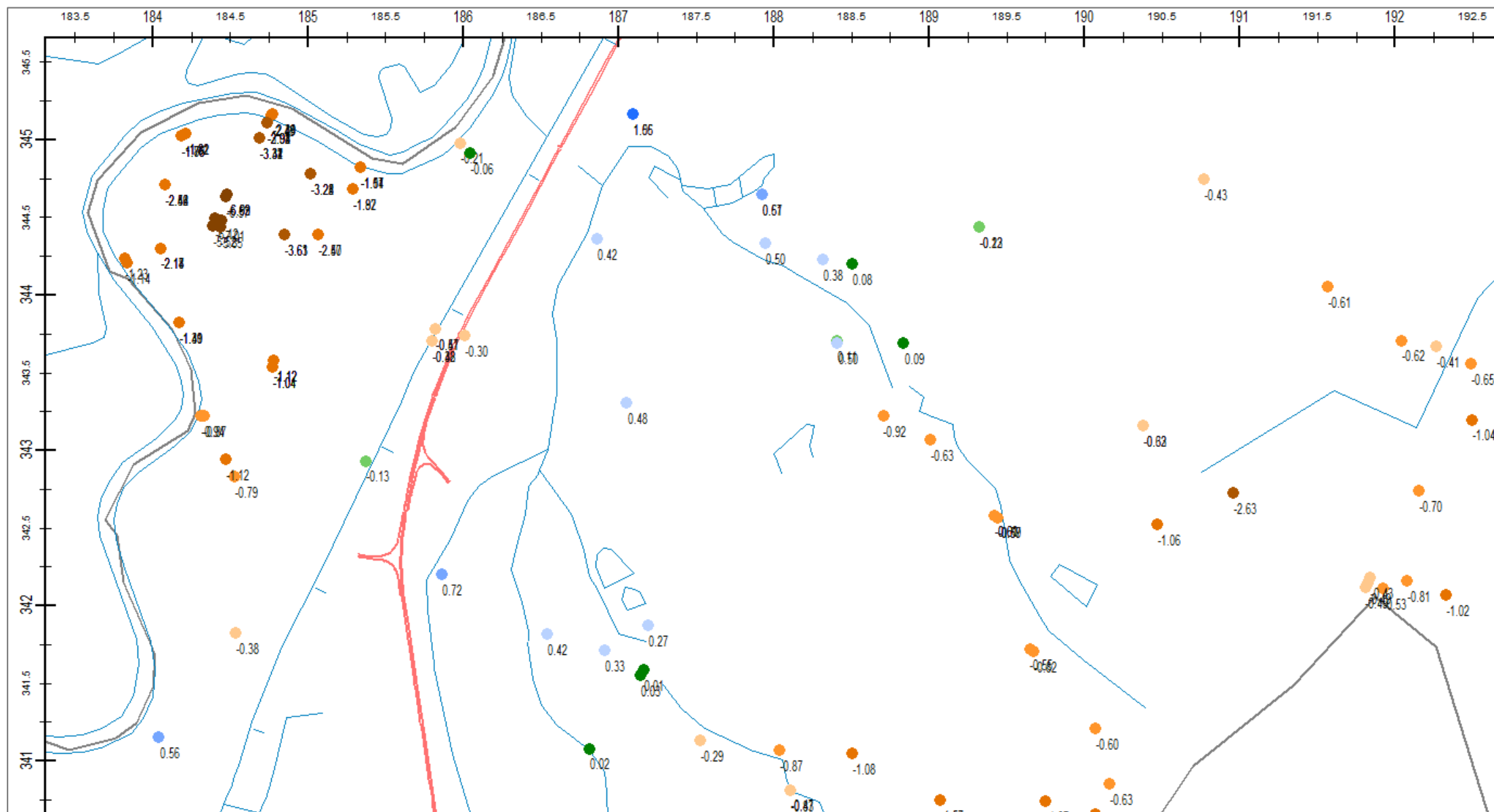


# Kalibratieresultaat - residuverbetering



Residuerschillen (m) MF6\_L1-17 (freatisch)

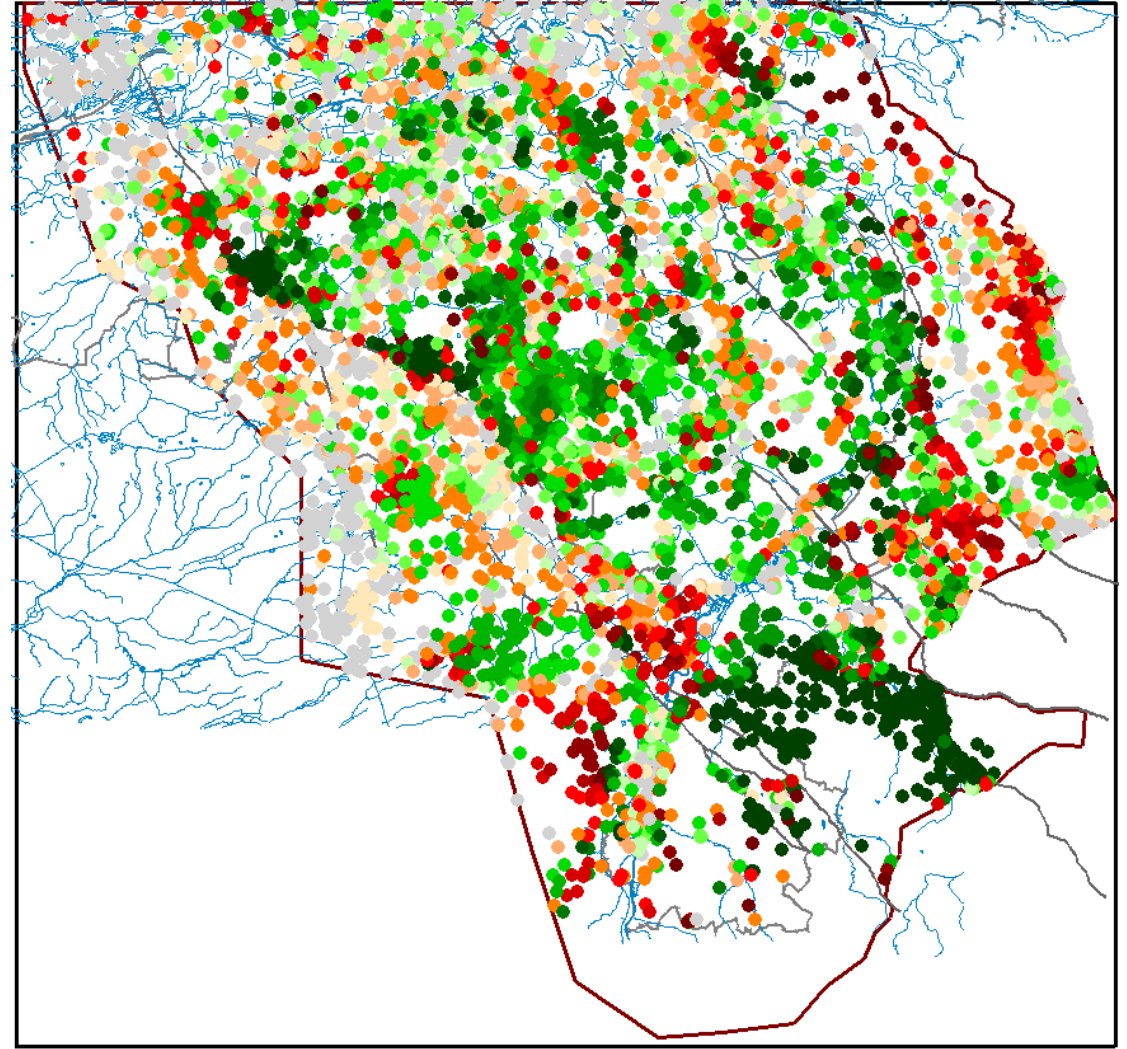
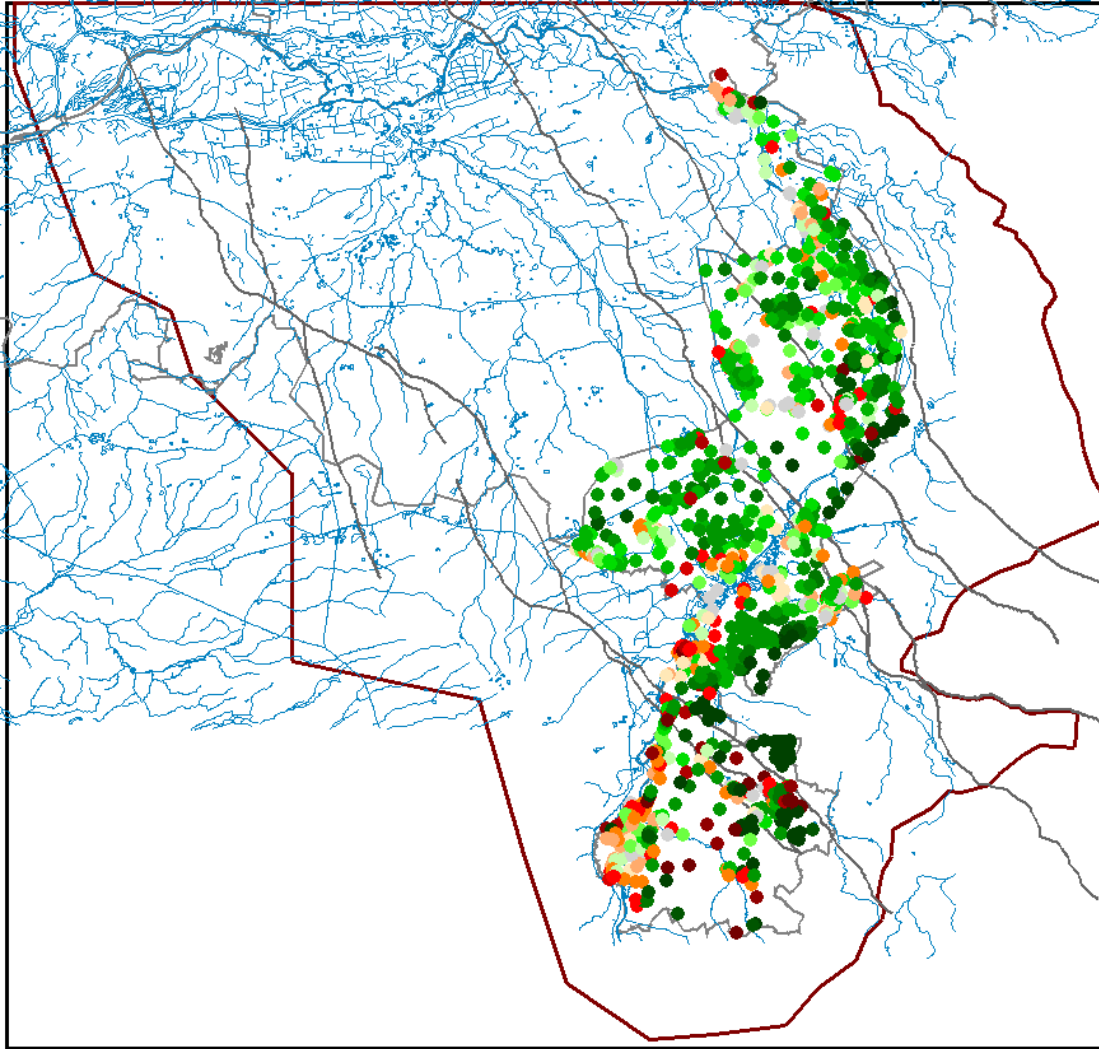
# Kalibratieresultaat - residuverbetering



Residu (m) MF6\_L1-17 (freatisch)

# Residuanalyse: residuverschil t.o.v. basismodel

- Residuoverschillen (tov uitgangsmodel) door kalibratieronde 3



KAL3 resultaten (residuverbetering) L1-23 Kal + ValSet. Rechts idem, maar dan alleen voor KalSet L1-23

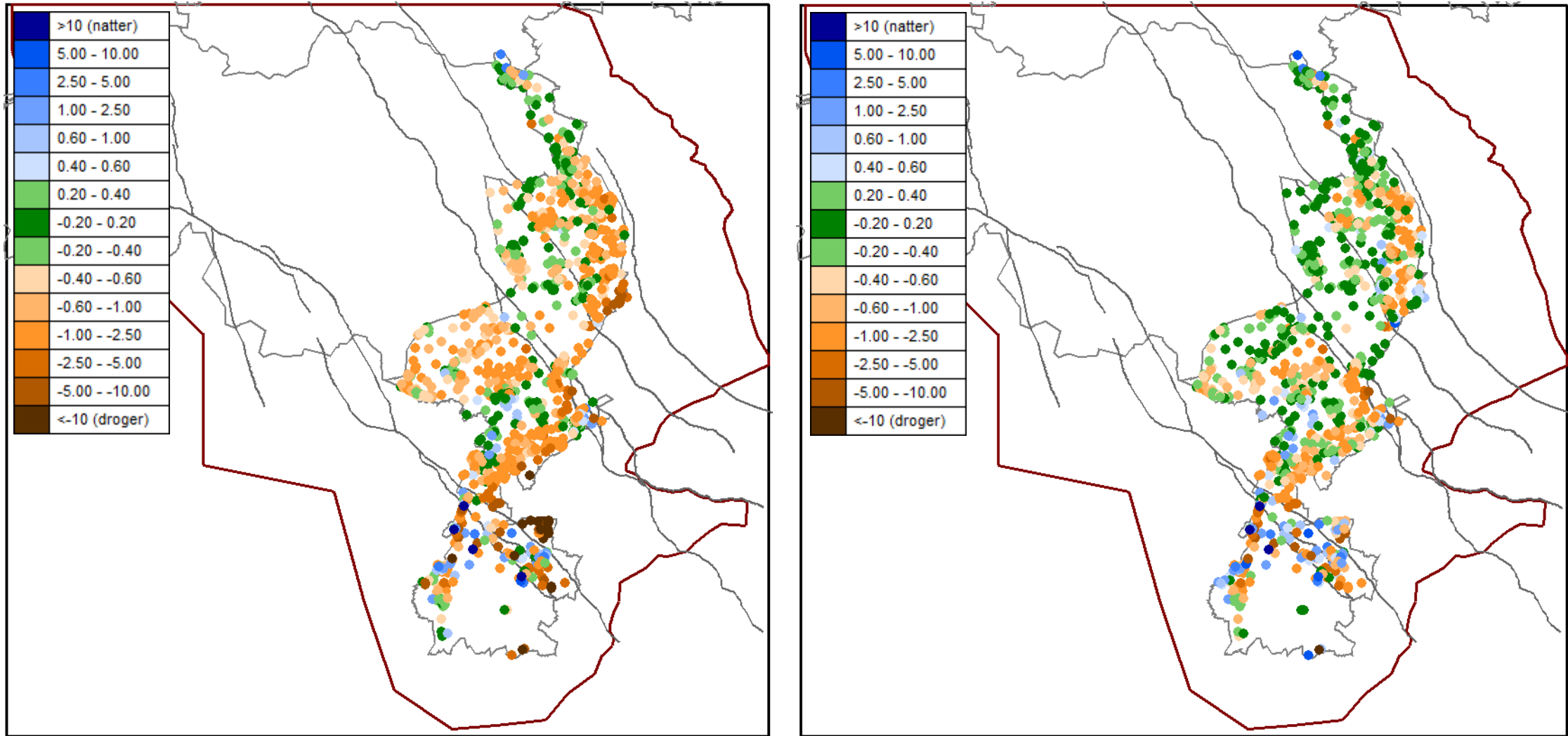
# Residuanalyse: residuverschil t.o.v. basismodel

Set	Layer	N	ME		MAE		SD(E)		RMSE		SSE	
			BASIS1	KAL3	BASIS1	KAL3	BASIS1	KAL3	BASIS1	KAL3	BASIS1	KAL3
PeilbuisData1BR30-KalSet	1	92	-1,79	-0,90	1,91	1,12	3,38	2,16	3,80	2,32	1331,45	496,73
	3	467	-0,75	-0,43	0,82	0,53	0,92	0,79	1,19	0,90	658,30	378,47
	5	94	-1,10	-0,43	1,23	0,92	1,37	1,59	1,75	1,64	288,71	252,45
	7	349	-1,53	-0,70	1,62	0,84	2,62	1,10	3,03	1,30	3201,83	589,20
	9	77	-0,95	-0,38	1,29	0,81	1,45	1,36	1,73	1,40	229,18	151,35
	11	309	-0,93	-0,61	1,06	0,78	1,07	0,97	1,41	1,14	617,23	403,79
	13	41	-0,39	0,09	1,04	0,70	1,45	1,29	1,49	1,28	90,56	66,94
	15	104	-2,67	-0,72	3,21	1,63	3,84	2,55	4,67	2,63	2263,44	720,76
	17	58	-1,10	0,82	3,85	2,08	8,55	3,42	8,55	3,49	4237,60	706,19
	19	85	-2,14	-1,06	2,90	2,48	5,06	4,40	5,47	4,50	2542,34	1720,77
	21	76	-2,05	-1,63	2,58	2,04	3,79	3,40	4,29	3,75	1396,06	1068,68
	23	51	-0,96	-0,95	3,46	3,20	4,91	4,53	4,96	4,59	1254,08	1074,03
	25	125	1,07	0,65	3,01	2,93	5,10	4,90	5,19	4,93	3372,31	3034,57
	27	41	-1,58	-0,35	5,82	4,17	9,48	7,21	9,49	7,13	3694,67	2087,06
	29	84	-0,55	-0,32	1,99	1,91	3,63	3,53	3,65	3,53	1121,95	1045,00
	31	71	-2,16	-0,24	3,61	2,42	5,30	3,18	5,69	3,16	2296,82	710,06
	33	52	-4,51	-2,51	5,66	3,42	11,76	7,11	12,49	7,48	8108,47	2906,54
	35	42	-5,31	-2,86	5,56	3,11	7,60	4,41	9,20	5,21	3552,50	1141,89
	37	23	-0,62	-0,48	1,07	0,96	2,93	1,57	2,93	1,60	197,84	59,16
	40	6	-1,47	-0,02	1,88	0,94	1,73	1,12	2,16	1,02	28,07	6,22
42	13	-2,89	-1,29	3,08	1,57	4,31	2,76	5,05	2,95	331,98	112,75	
43	22	-2,38	-0,11	2,86	2,12	5,00	3,79	5,43	3,71	649,17	302,62	
47	2	-11,32	1,91	12,33	6,67	17,44	9,43	16,74	6,94	560,34	96,27	
49	3	1,31	10,76	3,06	10,76	4,71	1,95	4,06	10,88	49,54	355,16	
<b>Total</b>		<b>2287</b>	<b>-1,30</b>	<b>-0,56</b>	<b>2,02</b>	<b>1,40</b>	<b>3,93</b>	<b>2,76</b>	<b>4,29</b>	<b>2,92</b>	<b>42074,42</b>	<b>19486,66</b>

Residustatistiek per modellaag voor uitgangsmodel (linker kolom) en gekalibreerd model (rechter kolom) (gemaakt met ResidualAnalysis-tool)

# Residuen ondiep

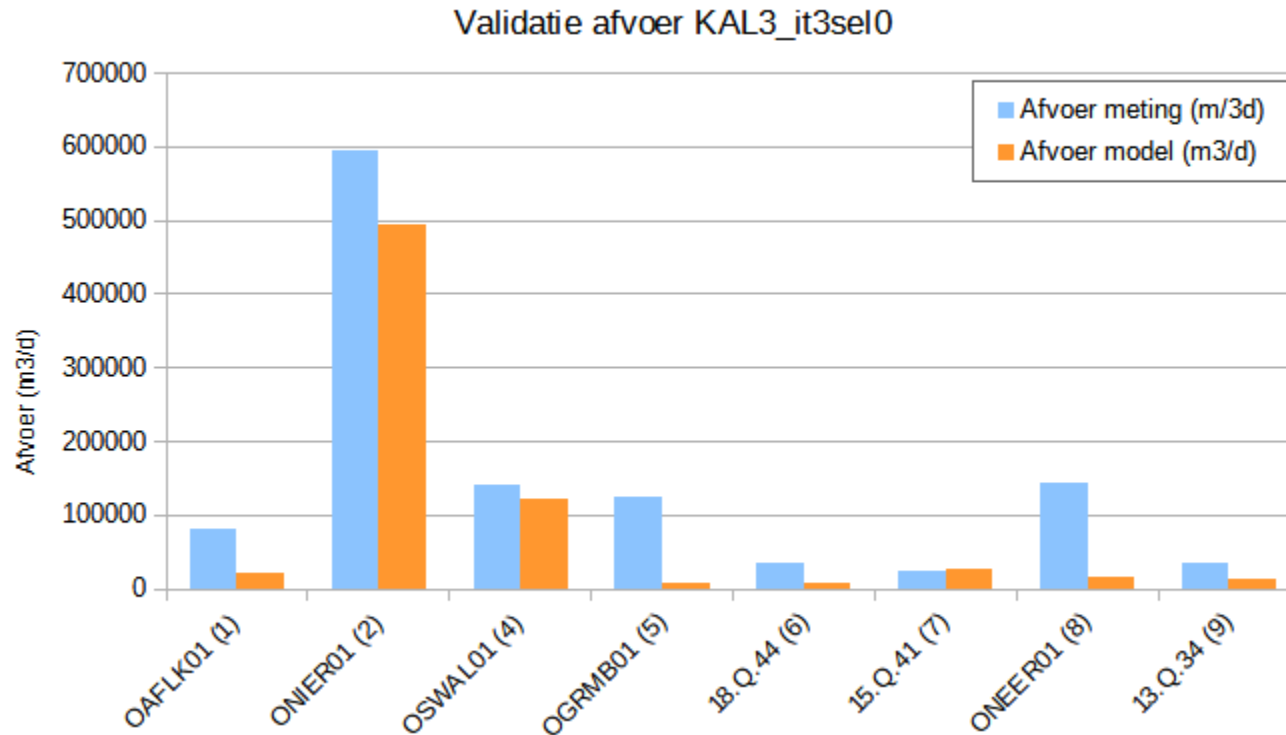
- Residuen ondiep (boven WAK1; L1-17) uitgangsmoedel (links) en gekalibreerd moedel (rechts)



Residuen (m) Kalibratieset ondiep L1-17 (boven WAK1) voor uitgangsmoedel (links) en gekalibreerd moedel (rechts)

# Validatie gekalibreerd model

- Stijghoogtemetingen: korte reeksen / buiten Limburg
- Afvoer
- Berekening
- Isohypsens Duitsland
- Breukflux



# Tools en databewerking

## • Open-source SIF-tools

- IPFreorder: herordenen kolommen IPF-files
- IPFselect: selecteren/wijzingen IPF-file rijen
- IDFexp: aanpassen IDF-files via expressies
- iMODvalidator: voor controle op modelissues
- ResidualAnalysis: residutabel; residuverschillen
- IMFcreate: genereren IMF-files
  - Voor dwarsprofielen met filterniveau
  - Voor residuen / residuverschillen

⇒ Zie GitHub: <https://github.com/SIF-framework/SIF-tools>

## • Overige gebruikte (niet open-source) SIF-plus tools

- IPFanalysis: comparison, merge, stats, clusters
- IPFvalidate: detectie/verwijderen outliers, flatliners
- PSTanalyse: Excelsheet voor vergelijking
- IPFTXTcreate: Maken IPF TXT-files met filterniveau

## IPFselect

```
REM *****  
REM * SIF-basis (Sweco) *  
REM * Version 1.3.0 December 2022 *  
REM * *  
REM * IPFselect.bat *  
REM * DESCRIPTION *  
REM *   Selects points from IPF-file(s) *  
REM * AUTHOR(S): Koen van der Hauw (Sweco) *  
REM * MODIFICATIONS *  
REM *   2020-01-17 Initial version *  
REM *****  
CALL :Initialization  
  
REM *****  
REM * Script variables *  
REM *****  
REM IPFPATH:      Path for input IPF-file(s)  
REM IPFFILTER:    Filter for input IPF-file(s)  
REM Specify optional logical expression to select  
REM EXPCOL:      For logical expression: specify column  
REM EXPOP:      For logical expression: specify population  
REM EXPVAL:      For logical expression: specify value  
REM CHANGE_EXPS: One or more column expression  
REM              Each column/exp-definition is  
REM              'c' is a (one based) column  
REM              'e' is a constant value or a  
REM              'n' is an optional NoData-value  
REM USEREGEXP:   Specify 1 to use regular expressions  
REM TS_S/EDATE:  Start-/enddate of period to select  
REM TS_VALCOLIDX: Index (zero-based) of value column  
REM TS_CLIP:     Specify (with value 1) to clip  
REM TS_SKIP:     Specify with value 1 to skip  
REM TS_DELEMPY: Specify with value 1 to delete  
REM RESULTPATH: Result path or filename output  
SET IPFPATH=tmp  
SET IPFFILTER=*.IPF  
SET EXPCOL=Name  
SET EXPOP=uneq  
SET EXPVAL=*_PP.*  
SET CHANGE_EXPS=Klasse,+1,ID;{Name:0,8}  
SET USEREGEXP=1  
SET TS_SDATE=  
SET TS_EDATE=  
SET TS_VALCOLIDX=  
SET TS_CLIP=0  
SET TS_SKIP=0  
SET TS_DELEMPY=  
SET RESULTPATH=result
```

Selectie rijen →

Wijziging rijen →

Reguliere exp. →

Selectie periode →

# Conclusies en aanbevelingen

## Conclusies

- Systeminzicht is essentieel
- Controleer kalibratieset
- Analyseer extreme residuen
- Analyseer systematische fouten
- IPESTP krachtig
- Handmatige analyse ook belangrijk
- Controleer plausibiliteit factoren
- Controleer op systematische fouten
- Valideer op afvoeren
  
- Kalibratie is complex en tijdrovend

## Valkuilen

- Gebrek aan systeminzicht
- Foute metingen / uitbijters / correlatie
- Niet representatieve kalibratieperiode
- Systematische fouten in schematisatie
- Aan verkeerde knoppen gedraaid
- Teveel parameters: overparameterisatie
- Gecorreleerde parameters / metingen
  
- ⇒ 'Goed kalibratieresultaat', maar fout model.
- ⇒ Wellicht model met kleine residuen, maar foute, berekende effecten



# Kalibratie IBRAHYM v3.0

Koen van der Hauw

iMOD-gebruikersdag 20 juni 2023