

Rapport

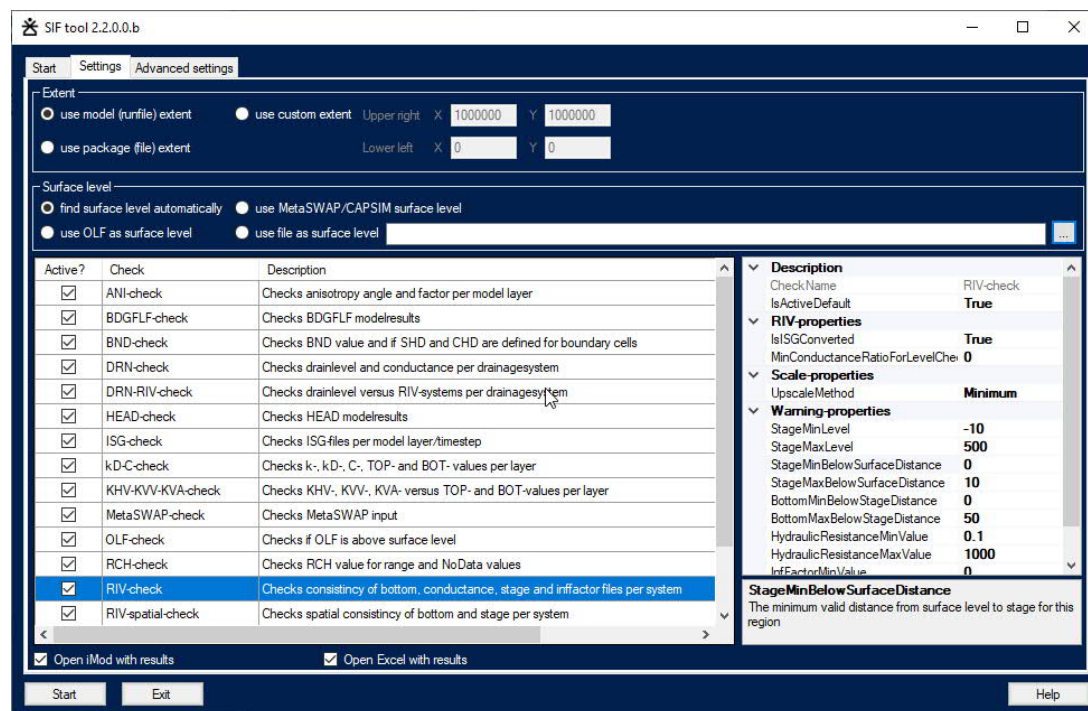
Projectnummer: 367226

Referentienummer: Achtergrondrapportage iMODValidator v2.2.0 D1.docm

Datum: 27-02-2024

iMODValidator 2.2.0

Achtergrondrapportage



The screenshot shows the 'Advanced settings' tab of the iMODValidator 2.2.0.0.b application. The interface is divided into several sections:

- Extent:**
 - ☒ use model (unfile) extent
 - ☐ use custom extent: Upper right X: 1000000 Y: 1000000
 - ☐ use package (file) extent: Lower left X: 0 Y: 0
- Surface level:**
 - ☒ find surface level automatically
 - ☐ use MetaSWAP/CAPSIM surface level
 - ☐ use OLF as surface level
 - ☐ use file as surface level: [empty field]
- Check List:**

Active?	Check	Description
<input checked="" type="checkbox"/>	ANI-check	Checks anisotropy angle and factor per model layer
<input checked="" type="checkbox"/>	BDGFLF-check	Checks BDGFLF modelresults
<input checked="" type="checkbox"/>	BND-check	Checks BND value and if SHD and CHD are defined for boundary cells
<input checked="" type="checkbox"/>	DRN-check	Checks drainlevel and conductance per drainagesystem
<input checked="" type="checkbox"/>	DRN-RIV-check	Checks drainlevel versus RIV-systems per drainagesystem
<input checked="" type="checkbox"/>	HEAD-check	Checks HEAD modelresults
<input checked="" type="checkbox"/>	ISG-check	Checks ISG-files per model layer/timestep
<input checked="" type="checkbox"/>	kD-C-check	Checks k-, kD-, C-, TOP- and BOT- values per layer
<input checked="" type="checkbox"/>	KHV-KVV-KVA-check	Checks KHV-, KVV-, KVA- versus TOP- and BOT-values per layer
<input checked="" type="checkbox"/>	MetaSWAP-check	Checks MetaSWAP input
<input checked="" type="checkbox"/>	OLF-check	Checks if OLF is above surface level
<input checked="" type="checkbox"/>	RCH-check	Checks RCH value for range and NoData values
<input checked="" type="checkbox"/>	RIV-check	Checks consistency of bottom, conductance, stage and infactor files per system
<input checked="" type="checkbox"/>	RIV-spatial-check	Checks spatial consistency of bottom and stage per system
- Properties Panel (Right):**
 - Description:** CheckName: RIV-check, IsActiveDefault: True
 - RIV-properties:** IsISGConverted: True, MinConductanceRatioForLevelChe: 0
 - Scale-properties:** UpscaleMethod: Minimum
 - Warning-properties:**
 - StageMinLevel: -10
 - StageMaxLevel: 500
 - StageMinBelowSurfaceDistance: 0
 - StageMaxBelowSurfaceDistance: 10
 - BottomMinBelowStageDistance: 0
 - BottomMaxBelowStageDistance: 50
 - HydraulicResistanceMinValue: 0.1
 - HydraulicResistanceMaxValue: 1000
 - InfFactorMinValue: 0
- Buttons:** Start, Exit, Help

Definitief

Verantwoording

Titel	iMODValidator 2.2.0
Subtitel	Achtergrondrapportage
Projectnummer	367226
Referentienummer	Achtergrondrapportage iMODValidator v2.2.0 D1.docm
Revisie	D1
Datum	27-02-2024
Auteur	Koen van der Hauw
E-mailadres	koen.vanderhauw@sweco.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Hardware en software vereisten	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Beschrijving iMODValidator	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Instellingen.....	6
2.2.1	Bestandslocaties.....	6
2.2.2	Tijdsafhankelijke instellingen.....	7
2.2.3	GEN-files voor weergave in iMOD	7
2.3	Validatie	7
2.3.1	Algemene beschrijving	7
2.3.2	Ondersteunde iMOD-packages.....	9
2.3.3	Analyse van resultaten.....	10
2.4	Comparison	12
3	Detailbeschrijving controles	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Lagenmodel	13
3.3	Topsysteem	16
3.3.1	Verschalingsfouten door resolutieverschil.....	16
3.3.2	OLF-check	18
3.3.3	RIV-check	18
3.3.4	RIV-spatial-check.....	19
3.3.5	DRN-check.....	21
3.3.6	DRN-RIV-check	22
3.3.7	ISG-check	25
3.4	Overige checks	27
3.4.1	BND-check.....	27
3.4.2	RCH-check.....	27
3.4.3	MetaSWAP-check.....	28
3.4.4	STO-check	28
3.4.5	WEL-check.....	28
3.4.6	Modelresultaten-check	35
4	Gebruikte algemene technieken	36
4.1	Bepalen van uitbijters	36
4.1.1	HistogramGap-methode van Patterson.....	36
4.1.2	Uitbijters in 2D-grids.....	37

Bijlage 1 Voorbeeld Screenshots

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Ondertussen zijn met iMOD voor meer dan de helft van Nederland, grote, regionale grondwatermodellen gemaakt die ook als basis (kunnen) dienen voor kleinere lokale modellen. Gezien de complexiteit van iMOD-modellen en de hoeveelheid aan modelbestanden is een geheel handmatige controle van dergelijke modellen niet meer haalbaar. Het risico dat onvolkomenheden niet of te laat ontdekt worden is daardoor groot. Sweco werkt reeds vele jaren met dergelijke iMOD-modellen en is om voorgaande redenen in 2013 gestart met de ontwikkeling van een tool voor automatische controle van iMOD-modellen om op efficiënte wijze de kwaliteit van de iMOD-modellen te verhogen.

Op hoofdniveau is op dit moment de volgende functionaliteit te onderscheiden:

- Validatie van de invoer een model via een enkele RUN- of PRJ-file
- Vergelijking van de invoer van twee modellen via twee RUN- of PRJ-files.

In deze rapportage zijn de details en beslisregels beschreven van de huidige versie van de iMODValidator, versie 2.2.0. Deze rapportage is bedoeld om als achtergrondrapportage mee te leveren om de tool, de controles en gebruikte beslisregels te beschrijven.

1.2 Hardware en software vereisten

De tool vereist een 64-bits processor maar verder zijn er in principe geen specifieke hardware vereisten. Er zijn veel optimalisatie van geheugengebruik opgenomen waardoor geheugen zodra het kan wordt vrijgegeven. Op die manier is controle van relatief grote modellen nog mogelijk. Voor zeer grote modellen, grote invoerbestanden en tijdsafhankelijke controles, kunnen toolruns op computers met 8 of 16 Gb zeer traag worden (en kan dan vast lijken te lopen), doordat er dan veel virtueel geheugen via de permanente opslag (vaste schijf) nodig is. Aangeraden wordt daarom een systeem met tenminste 32 Gb geheugen en een snelle schijf (bijvoorbeeld een SSD-schijf).

De tool werkt onder Windows. Er is geen specifiek installatie nodig. Om iMOD automatisch op te starten moet in de instellingen de locatie van een iMOD-executable worden opgenomen. Om Excelbestanden automatisch op te starten moet een viewer voor Excelbestanden (zoals Excel, Open Office of Libre Office) zijn geïnstalleerd en gekoppeld aan xlsx-bestanden. Het is voor het genereren van Excelbestanden niet nodig dat Excel is geïnstalleerd. Hiervoor is het wel nodig dat de EPPlus dll-file aanwezig is in de directory met de iMODValidator-executable.

De iMODValidator is vanaf versie 2.x open source beschikbaar onder de GPL v3 licentie via <https://github.com/SIF-framework/SIF-tools>. Daar zijn eventueel ook updates te downloaden.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de algemene werking van de iMODValidator-tool beschreven. In hoofdstuk 3 zijn de beschikbare controles en de regels voor het genereren van een foutmelding of waarschuwing in detail beschreven.

2 Beschrijving iMODValidator

2.1 Inleiding

De tool kan gestart worden in GUI-mode door de executable op te starten zonder command-line parameters. In het getoonde scherm kan vervolgens een RUN- of PRJ-file worden opgegeven (dit is een modelbestand met de bestandslocaties van alle invoerbestanden van het betreffende model). Dit is in principe al voldoende om de tool te starten. Indien gewenst kunnen diverse instellingen worden gewijzigd om de controles aan te passen naar regionale of lokale omstandigheden. De tool leest vervolgens deze RUN-file, voert alle controles uit op bekende bestandstypen en rapporteert de resultaten in zowel iMOD als Excel.

De RUN-file(s) en instellingen kunnen ook via de command-line worden opgegeven. Door de tool op te starten met help of info op de command-line, wordt het syntax-scherm getoond met instructies voor het opstarten via de command-line (iMODValidator.exe info):



```
iMODValidator syntax
iMODValidator, version 2.2.0.0.b, a SIF-tool by Koen van der Hauw, Copyright Sweco Nederland B.V.
SIF-tool for checking iMOD-models for a number of possible modelissues
Syntax: iMODValidator [/s:s1] [/i] [/c:r2] [/v] runfile outPath
runfile - iMOD RUN-file with references to files to check
outPath - Path to write results
/s - specify XML-file to retrieve iMODValidator settings from
/i - prevent starting of iMOD (settings are overruled)
/c - Compare model defined by runfile parameter with model defined by second runfile r2
/v - validate model defined by runfile parameter (default action)

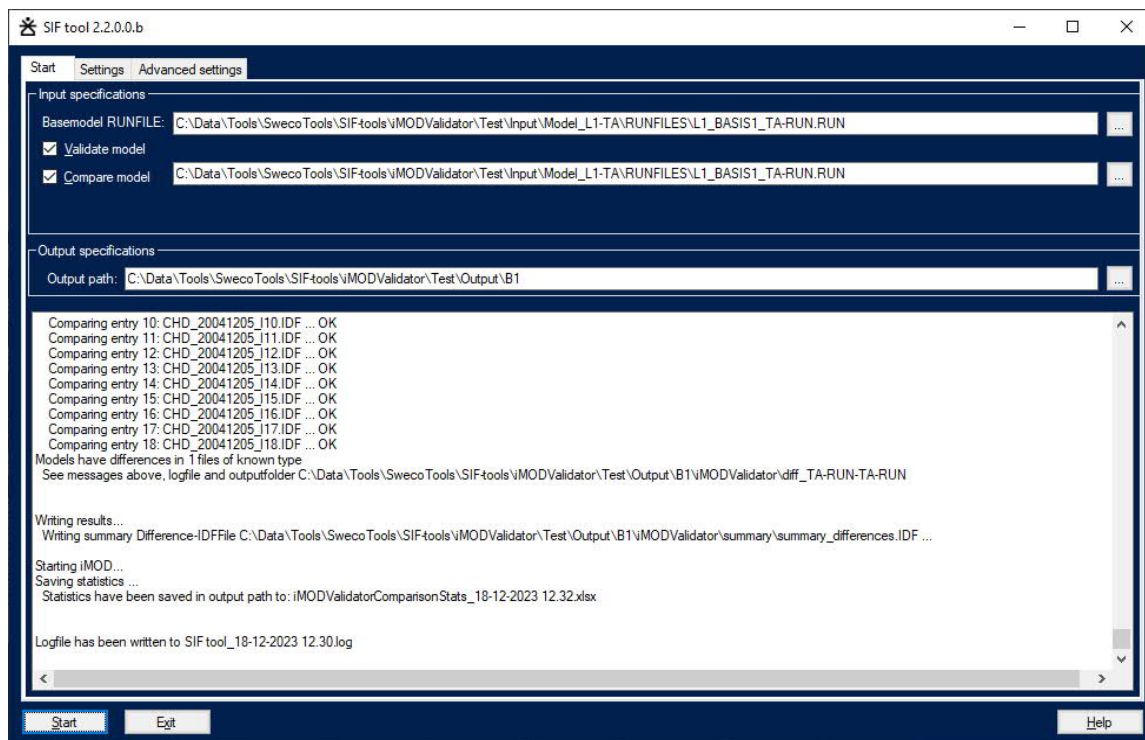
Example: iMODValidator /s:Test\Input\iMODValidator.xml /i /c:Test\Input\Model2.RUN /v C:\Test\Input C:\Test\Output

When run without arguments, the iMODValidator user interface version is started
Press any key to continue . . .
```

In afbeelding 2.1 is een screenshot weergegeven van het hoofdvenster dat wordt getoond als de tool via de GUI-mode wordt gestart. Hierin kan de RUN/PRJ-file \worden gedefinieerd en worden logmeldingen weergegeven tijdens uitvoering van de tool.

De beschikbare functionaliteit is globaal als volgt:

- Een RUN- of PRJ-file (van iMOD v5.x) is in te lezen en kan worden gevalideerd (validate) of vergeleken (comparison) met een andere RUN- of PRJ-file.
- Zowel stationaire als niet-stationaire modellen zijn in te lezen
- Voor validatie zijn controles beschikbaar voor een groot deel van de bestaande iMOD-packages. Zie paragraaf 2.3.2 voor een overzicht van de ondersteunde iMOD-packages en zie hoofdstuk 3 voor details van de betreffende controles.
- Via vergelijking (comparison) zijn verschillen tussen twee iMOD-modellen te bepalen. Naast de verwijzing in de RUN/PRJ-file wordt modelinvoer (IDF, IPF, GEN, ISG) ook inhoudelijk vergeleken.
- Resultaten worden ruimtelijk en in tabelvorm gepresenteerd via:
 - iMOD: IMF(GIS)-project met alle data, automatische legenda's, lijnen, etc.
 - Excel: opgemaakte tabel met overzicht
- Uitgebreide logging is beschikbaar van alle stappen en onvolkomenheden
- De diverse instellingen zijn flexibel aan te passen via de GUI en via een XML-bestand.



Afbeelding 2.1 Screenshot van het hoofdenster van de huidige tool

2.2 Instellingen

De controles zijn via instellingen in een XML-bestand specifiek te maken voor een bepaald gebied (default iMODValidator.XML in de zelfde map als de tool). Dit betreft bijvoorbeeld acceptabele doorlatenheden, drempelniveaus of een selectie van bepaalde checks. De meeste getalsmatige instellingen kunnen ook ruimtelijk worden gevarieerd door een IDF-file op te geven.

Wanneer er teveel onterechte meldingen worden gegeven kan het lonen om de iMODValidator instellingen aan te passen. Dat kan direct in het XML-bestand, maar is eenvoudiger vanuit de iMODValidator GUI-modus, omdat dan per instelling ook enige toelichting wordt gegeven en controle op valide invoer. Zie afbeelding 2.2 voor een voorbeeld van het 2^e tabblad, waarin per check instellingen zijn aan te passen. In het 3^e tabblad (Advanced Settings) zijn een aantal algemene instellingen beschikbaar, zoals een bereik voor de gecontroleerde modellagen, zie afbeelding 2.3. Eventueel kan via optie /s worden verwezen naar een andere XML-file. Iedere aanpassing van instellingen uit het 2^e tabblad, wordt direct, zonder melding, opgeslagen in het gebruikte settingsbestand. Instellingen uit het 3^e tabblad moeten handmatig in het XML-bestand worden aangepast om ze als default beschikbaar te hebben voor een volgende keer.

Door de XML-file iMODValidator.XML te verwijderen die in dezelfde directory staat als de tool iMODValidator.exe, wordt automatisch een nieuwe XML-file aangepast met default instellingen.

2.2.1 Bestandslocaties

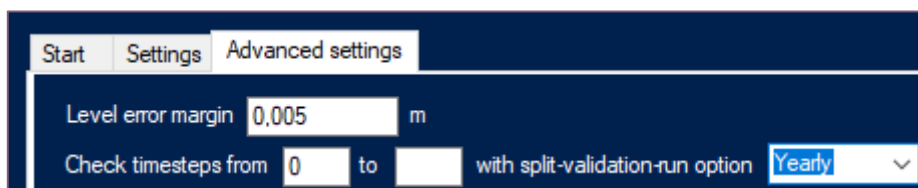
Er zijn twee instellingen die locatie aangeven van bestanden die niet noodzakelijk zijn af te leiden uit de RUN/PRJ-file. Deze dienen handmatig te worden aangepast in de XML-file:

- iMODExecutablePath: Volledige bestandsnaam van de iMOD-executable;
- DefaultSurfaceLevelFilename: Volledige bestandsnaam van een maaiveldgrid.

2.2.2 Tijdsafhankelijke instellingen

Tijdsafhankelijke controles kunnen lang duren en relatief veel schijfruimte vragen. Via een aantal instellingen is dit te beïnvloeden:

- Via MaxTimestep (zie afbeelding 2.3) kan het aantal vergeleken stressperioden worden beperkt. Hiervoor dient het nummer van de stressperiode of tijdstap te worden opgegeven, bijvoorbeeld 365 om alleen het eerste jaar te controleren met een (eerste) zomer- en winterperiode. Standaard is het veld leeg en worden alle tijdstappen gecontroleerd. Als er een maximale tijdstap is opgegeven en er meer stressperioden zijn, wordt dit een waarschuwing gegeven in de logfile en resulterende Excelfile, zie afbeelding 2.6.
- Het controleren van ISG-files gebeurt door deze te vergriden via iMOD. Iedere te vergriden tijdstap, zoals aangegeven in de RUN/PRJ-file, wordt hierbij maar éénmalig vergrid. Toch kan het lang duren voor bijvoorbeeld ISG-files met dagelijkse rivierstanden. Voor de RIV-check, DRN-RIV-check en MetaSWAP-check kan worden aangegeven via de IsISGConverted-instelling dat het vergriden van ISG-files moet worden overgeslagen.
- Om voor een controle van meerdere jaren te voorkomen dat de resulterende IMF- en Excelfile te groot en onwerkbaar worden, kan in de Advanced Settings worden opgegeven dat de resultaten gesplitst moeten worden per jaar:



2.2.3 GEN-files voor weergave in iMOD

In de XML-file kunnen ook GEN-files met achtergrond lijnen of vlakken worden opgenomen. Hierbij kan per GEN-file de bestandsnaam, de lijngrootte, de lijnkleur en de selectie worden opgegeven. Zie de default XML-file voor voorbeelden die kunnen worden aangepast en gekopieerd. Niet bestaande bestanden worden overgeslagen met een waarschuwing.

```
<GENFiles>
  <Filename>C:\Tools\iMODValidator\Shapes\Provincies.GEN</Filename>
  <Thickness>2</Thickness>
  <Colors>100,100,100</Colors>
  <IsSelected>true</IsSelected>
</GENFiles>
<GENFiles>
  <Filename>Shapes\T250WTP_GEN</Filename>
```

Let op: als de XML-tag <IsSelected> of <Thickness> geen geldige waarde heeft, is de XML-file corrupt en zal de tool niet opstarten. Hetzelfde geldt als de XML-file om een andere reden corrupt raakt. In dat geval kan de XML-file eventueel worden verwijderd om het opnieuw te proberen.

2.3 Validatie

2.3.1 Algemene beschrijving

Met de validatie functionaliteit kunnen invoerbestanden van het model worden nagelopen op diverse mogelijke onvolkomenheden. De tool zal slechts een deel van de onvolkomenheden aan

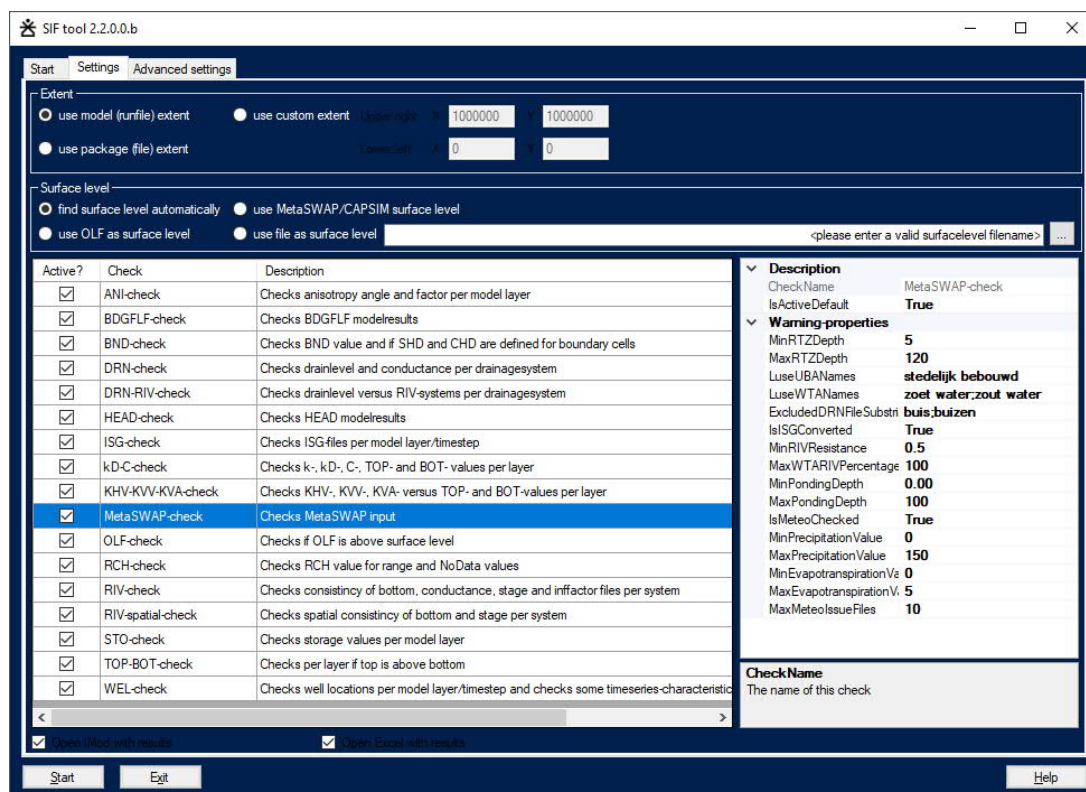
het licht brengen. Het is niet realistisch om alles automatisch te willen controleren. Er zijn vele onvolkomenheden te bedenken die enkel met gebiedskennis en/of met een visuele controle te vinden zijn. De iMODValidator bespaart echter al een aanzienlijk hoeveelheid standaardwerk. De tool wordt overigens continu doorontwikkeld om de controles verder te verbeteren.

Hieronder zijn enkele voorbeelden gegeven van controles:

- controle van RCH-waarden binnen een plausibel bereik;
- controle op inconsistenties tussen laagdikte en k-waarden;
- controle op foute filterstelling in de WEL-package;
- controles op NoData-waarden in de OLF-package ter plaatse van RIV-cellen.

Er wordt bij validatie onderscheid gemaakt in consistentiechecks en plausibiliteitchecks, :

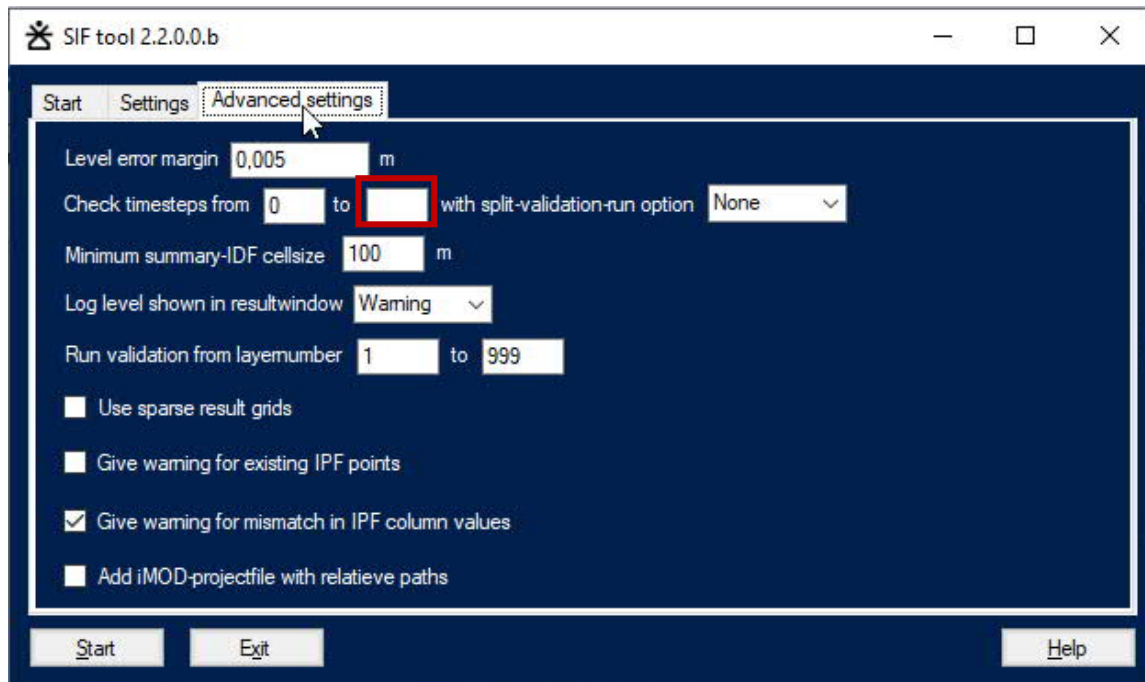
- Consistentiechecks betreffen checks op de technische consistentie en “harde” fouten in het model. Deze checks resulteren in principe in foutmeldingen. Fouten duiden in principe op onjuistheden in de modelschematisatie.
- Plausibiliteitchecks zijn minder harde checks die gebaseerd zijn op vuistregels en meestal gebruik maken van door de gebruiker aan te passen checkparameters. Deze checks resulteren in principe in waarschuwingen. Waarschuwingen zijn niet noodzakelijk een probleem, dat hangt af van de specifieke situatie en modelschematisatie.



Afbeelding 2.2 Screenshot van tabblad voor keuze van controles en instellingen per controle

Gezien de grootte en complexiteit van de huidige regionale modellen en de aard van automatische controles, zullen er ook onterechte meldingen van mogelijke onvolkomenheden worden gegeven. Evenzo wordt er soms ook juist geen melding van een terechte onvolkomenheid gegeven. Dit is meer aan de orde bij de plausibiliteitchecks. Om te voorkomen

dat er een waslijst aan onterecht gemelde resultaten wordt opgeleverd, zijn diverse instellingen beschikbaar die kunnen waarden aangepast om op globale, regionale schaal in eerste instantie te focussen op de grootste problemen. Zie hiervoor afbeelding 2.2 en paragraaf 2.2.



Afbeelding 2.3 3^e tabblad met algemene instellingen. Zie in het bijzonder de rood gemarkeerde instelling voor de maximaal gecontroleerde tijdstap voor tijdsafhankelijke controles.

De meeste, op dit moment beschikbare controles lopen systematisch alle gridcellen langs en doen steeds per modelcel vergelijkingen in de verticale richting tussen de diverse bestanden voor deze modelcellocatie.

2.3.2 Ondersteunde iMOD-packages

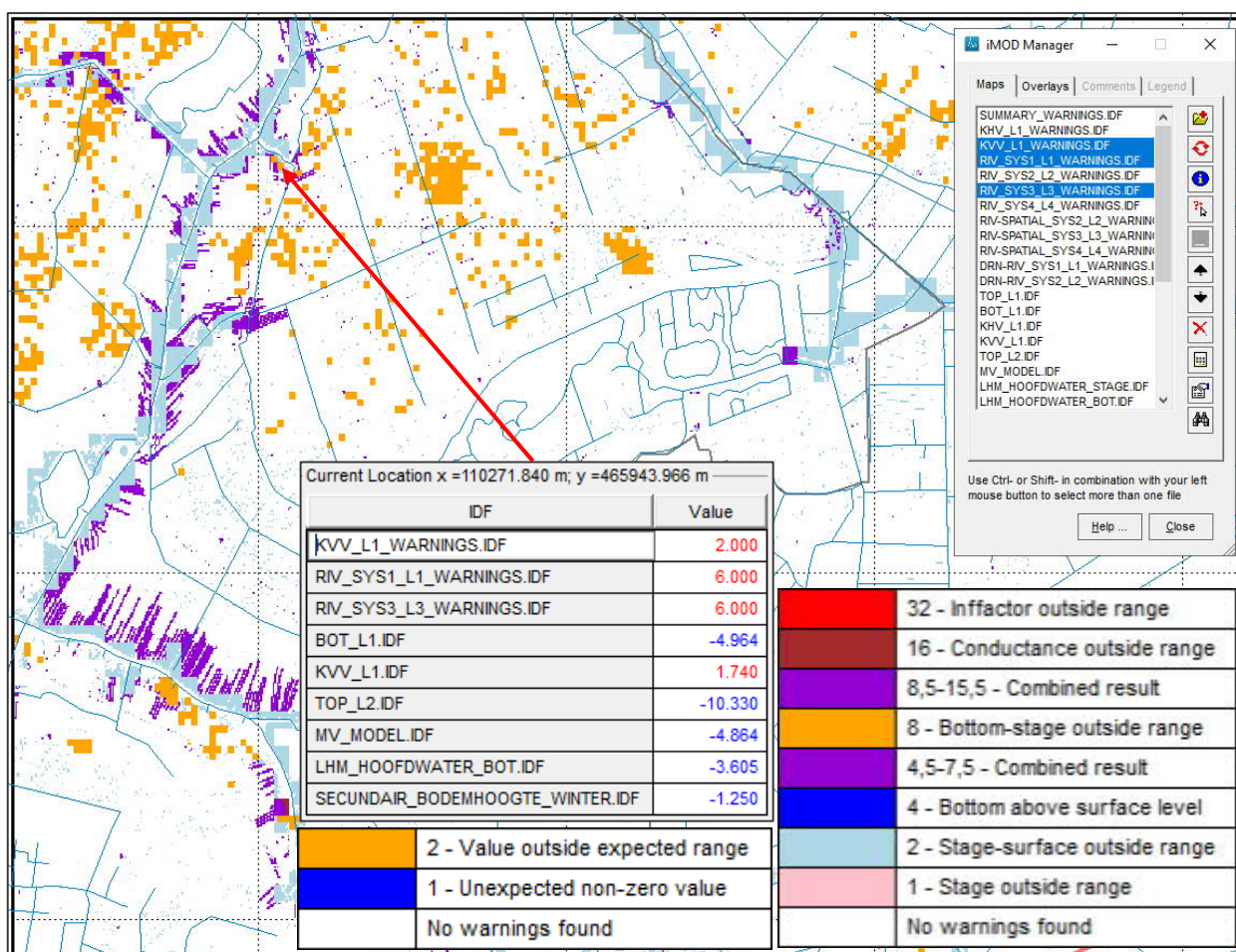
Op dit moment zijn de volgende iMOD-packages voorzien van controles in de tool:

- BND, SHD, CHD
- TOP, BOT
- VCW (C-waarden), KDW (kD-waarden)
- KVV, KHV
- KVA
- ANI
- OLF
- DRN
- RIV
- ISG
- WEL
- MetaSWAP
- STO
- Modelresultaten: HEAD, BDGFLF

2.3.3 Analyse van resultaten

Zie afbeelding 2.4 voor een screenshot van een gegenereerde IMF-file in iMOD met diverse waarschuwingen. Bovenin de IMF-file staat een IDF-file met de som van gevonden errors en warnings per cel, daaronder staan de IDF-files per check met de gevonden errors en warnings per laag/systeem. Daaronder staan de bijbehorende model invoerbestanden die te maken hebben met de gevonden issues. Door deze gezamenlijk te selecteren en in de iMOD Value Inspector (F3-toets) te bekijken, kan gecontroleerd worden wat er aan de hand is. In de legenda is een korte beschrijving van het issue te zien. In hoofdstuk 3 is nadere toelichting te vinden.

In afbeelding 2.4 is te zien dat er ook issue-legendaklassen zijn met een 'Combined result'. Dit geldt voor cellen waar meerdere issues zijn. Omdat de issuewaarden steeds een factor 2 groter worden, zijn ze onderling op te tellen en achteraf nog terug te herleiden. De combineerde waarde 11 geeft bijvoorbeeld aan dat de issues met waarden 1, 2 en 8 aan de orde zijn.



Afbeelding 2.4 Screenshot iMODValidator warnings voor drie lagen: KVV_L1, RIV_SYS1 en RIV_SYS3

Daarnaast wordt ook een overzichtstabel in een Excelbestand gemaakt met het aantallen gevonden issues per check (zie afbeelding 2.5). Daarmee kan worden gekeken welke issues het meest voorkomen en in welke invoerbestanden deze optreden. Kijk ook altijd even naar eventuele waarschuwingen in het 2^e Excel tabblad (zie afbeelding 2.6), voor fouten in de RUN-file of niet gevonden bestanden, wat invloed zal hebben op de gevonden onvolkomenheden.

iMODValidator Validation					
Author: iMODValidator-tool, 1.2.1.0.b					
Statistics for model: NHI-WNL1_BASIS1_STAT-RUN.RUN					
Modelpath: C:\Data\Tools\SwecoTools\SIF-tools\iMODValidator\Test\Input\WNL1\RUNFILES					
Validationdate: 25-6-2023					
Extent: [(106000,454500),(126000,468000)]					
Additional issues reported in the logfile: 11 warnings and 33 errors					
Summary per check					
Checkname	Package	Stress period	Layer nr	Total warning	Total warningloc's
RIV-check	RIV	steady-st	1	20153	19147
RIV-check	RIV	steady-st	2	16810	12533
RIV-check	RIV	steady-st	3	22472	14651
RIV-check	RIV	steady-st	4	376	188
Summary per warningmessage					
Package	Layernr	Warningfile	Warningmessage	Total warnings	
RIV	1	RIV_SYS1_L1_warnings.IDF	Bottom above surface level	940	
RIV	1	RIV_SYS1_L1_warnings.IDF	Conductance outside range	100	
RIV	1	RIV_SYS1_L1_warnings.IDF	Stage-surface outside range	19113	
RIV	2	RIV_SYS2_L2_warnings.IDF	Bottom above surface level	4277	
RIV	2	RIV_SYS2_L2_warnings.IDF	Stage-surface outside range	12533	
RIV	3	RIV_SYS3_L3_warnings.IDF	Bottom above surface level	7821	
RIV	3	RIV_SYS3_L3_warnings.IDF	Bottom-stage outside range	4	
RIV	3	RIV_SYS3_L3_warnings.IDF	Stage-surface outside range	14647	
RIV	4	RIV_SYS4_L4_warnings.IDF	Bottom above surface level	180	
RIV	4	RIV_SYS4_L4_warnings.IDF	Bottom-stage outside range	15	
RIV	4	RIV_SYS4_L4_warnings.IDF	Stage-surface outside range	181	

Afbeelding 2.5: Screenshot iMODValidator Excel overzichtstabel met gevonden issues per check

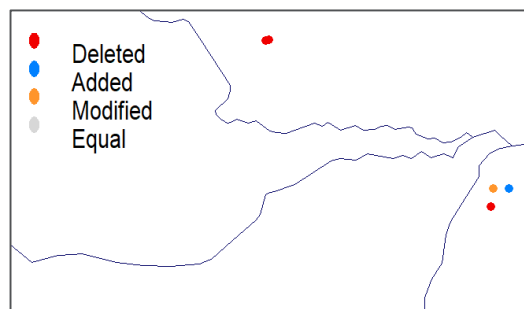
Issues from logfile that ask for attention			
Type	Package	Filename	Message
Error	MetaSWA	para_sim	unsa_svat_path in para_sim.inp does not exist: f:\IBRAHYM\IBR3.0.0\ModelTempl
Error	MetaSWA	para_sim	No SFU-codes found, MetaSWAP-DB may be missing. SFU-checks are skipped.
Error	MetaSWA	precipitati	Meteo file not found: f:\IBRAHYM\IBR3.0.0\ModelTemplate-BASISDATA\Meteo\200
Error	MetaSWA	evaporati	Meteo file not found: f:\IBRAHYM\IBR3.0.0\ModelTemplate-BASISDATA\Meteo\200
Warning	CHD	L1_BASIS1	More than 100 missing files for CHD-package, other missing files are not logged
Warning	RUN-file	L1_BASIS1	Stressperiod 366 is larger than specified maximum number of stressperiods maxk
Warning	CHD	L1_BASIS1	More than 100 missing files for CHD-package, other missing files are not logged

Afbeelding 2.6 Voorbeeld van fouten in waarschuwingen in log en Excelfile die niet ruimtelijk zijn, niet worden weergegeven via de IMF-file en die de resultaten kunnen beïnvloeden.

2.4 Comparison

Met de comparison functionaliteit kan de modelinvoer van twee iMOD-modellen worden vergeleken via de bijbehorende RUN- of PRJ-files. Er wordt hierbij ook op de inhoud van beide bestanden vergeleken. Dit betreft IDF-bestanden, maar ook de IPF-bestanden van de WEL-package, de GEN-files van de HFB-package en de ISG-files van de ISG-package. Voor ISG-files worden op dit moment alleen de segmenten vergeleken en voor de segmenten met verschillen wordt een GEN-file met de betreffende lijnen weggeschreven.

Voor de onttrekkingen uit de WEL-package is per punt met een kleur weergegeven of er een wijziging in de data is of een verwijderde of een nieuwe onttrekking.



Voor een aantal packages ligt de volgende van de modelinvoer in de RUN/PRJ-file niet vast. De methode om een corresponderende entry te vinden in de andere RUN/PRJ-file is als volgt:

- Als het aantal entries in beide modellen voor een bepaalde package exact gelijk is, wordt gekoppeld op volgorde.
- Als het aantal entries verschillend is voor een bepaalde package, wordt eerst op bestandsnaam gekoppeld. Als er dan nog niet-gekoppelde bestanden over zijn, worden deze gekoppeld als ze dezelfde inhoud bevatten en, indien relevant, naar dezelfde tijdstap en laagnummer verwijzen.
- Entries met constante waarden worden alleen op basis van volgorde gekoppeld.
- Overige niet-gekoppelde bestanden worden gekoppeld op basis van positie in de package definitie en anders gezien als verschillend en zullen dan als verwijderd en/of toegevoegd worden gemarkeerd in de resultaten.

Het is mogelijk PRJ-files te vergelijken met RUN-files, maar de definitie van de tijdstappen (stress periods) verschilt voor beide formats en de huidige iMODValidator-versie biedt geen functionaliteit tijdstappen van beide formaten te mappen. Voor tijdsafhankelijke RUN-files kan dit veel verschillen geven en is niet aan te raden.

Ook voor de comparison functie wordt een IMF-file en een Excelsheet met de verschillen weergegeven.

3 Detailbeschrijving controles

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is per uitgevoerde controle geformuleerd wat in een valide iMOD-model zou moeten gelden. Wanneer een cel niet aan de beschreven regels voldoet wordt voor de cel een foutmelding of waarschuwing gegeven. Alle controles worden per modelcel uitgevoerd. Voor de meeste controles is de vergelijking in de verticale richting, d.w.z. dat er alleen wordt vergeleken met de cellen in de modellaag eronder en erboven.

De volgende controlegroepen en detailcontroles zijn op dit moment aanwezig binnen de tool en worden in de volgende paragrafen nader beschreven:

- Lagenmodel
 - TOP en BOT (onder- en bovenkant modellagen t.o.v. NAP)
 - KDW en VCW (kD- en C-waarden)
 - ANI
- Topsysteem
 - OLF (maaiveldafvoer)
 - RIV
 - RIV-spatial
 - DRN
 - DRNRIV
 - ISG
- Overig
 - WEL
 - MetaSWAP
 - Modelresultaten: HEAD/BDGFLF

3.2 Lagenmodel

Voor het lagenmodel kan onderscheid gemaakt worden tussen het *detail*-lagenmodel en het *geaggregeerde* lagenmodel. Het detail-lagenmodel gaat uit van een fijnere opdeling dan modellagen, waarbij per laag zowel de boven- als de onderkant is gedefinieerd waardoor ook overlap of gaten (hiaten) gecontroleerd kunnen worden. Watervoerende en slecht doorlatende lagen worden apart gedefinieerd.

Het geaggregeerde lagenmodel betreft het lagenmodel zoals concreet gebruikt tijdens berekeningen met het model en zoals gedefinieerd in de runfile. Watervoerende modellaag i bevindt zich tussen TOP_i en BOT_i en slecht doorlatende modellaag i bevindt zich tussen BOT_i en TOP_{i+1} . De variabele i staat hier voor het nummer van een modellaag. Een hoger laagnummer correspondeert met een dieper gelegen (model)laag. De regels moeten gelden voor iedere modellaag i .

Voor de controles van het lagenmodel waarbij wordt vergeleken met een niveau en wordt, i.v.m. onnauwkeurigheid door afronding, een op te geven marge gehanteerd om te beoordelen of twee niveaus gelijk zijn. Als default wordt een marge van 0,005 m gebruikt.

De voor het lagenmodel uitgevoerde controles zijn weergegeven in de vorm van regels waaraan een valide model dient te voldoen. Een aquifer is een watervoerend pakket. Een aquitard is een slecht doorlatende laag. De regels zijn als volgt¹:

- TOP / BOT
 - Consistentiechecks:
 - $TOP_i \geq BOT_i$
positieve aquifer dikte
 - $BOT_i \geq TOP_{i+1}$
positieve aquitard dikte
 - Plausibiliteitschecks:
 - TOP/BOT-niveau binnen gedefinieerd bereik (instelbaar per gridcel)
- KDW / VCW (kD- en C-waarden)
 - Consistentiechecks:
 - $(KD_i \geq 0) \vee (KD_i = \text{NoData})$
Het doorlaatvermogen is altijd groter dan of gelijk aan nul of gelijk aan NoData.
 - $(KD_i > 0) \Leftrightarrow (TOP_i > BOT_i)$
Als het doorlaatvermogen positief is, dan is er ook een aquifer dikte. En andersom.
 - $((KD_i = 0) \vee (KD_i = \text{NoData})) \Leftrightarrow (TOP_i = BOT_i)$
Als het doorlaatvermogen nul is, dan is er ook geen aquifer dikte. En andersom.
 - $(KD_i \neq \text{NoData}) \Leftrightarrow ((TOP_i \neq \text{NoData}) \wedge (BOT_i \neq \text{NoData}))$
De aquifer-parameters zijn onderling consistent
 - $(C_i \geq 0) \vee (C_i = \text{NoData})$
De weerstand is altijd groter dan of gelijk aan nul of gelijk aan NoData.
 - $(C_i > 0) \Leftrightarrow (BOT_i > TOP_{i+1})$
Als de weerstand positief is, dan is er ook een aquitard dikte. En andersom.
 - $((KD_i = 0) \vee (KD_i = \text{NoData})) \Leftrightarrow (TOP_i = BOT_i)$
Als de weerstand nul is, dan is er ook geen aquitard dikte. En andersom.
 - $(C_i \neq \text{NoData}) \Leftrightarrow ((BOT_i \neq \text{NoData}) \wedge (TOP_{i+1} \neq \text{NoData}))$
De aquitard-parameters zijn onderling consistent
 - Plausibiliteitschecks
 - $(k_h \geq 0,1 \text{ m/d}) \wedge (k_h \leq 500 \text{ m/d})$, waarbij $k_{h,i} = kD_i / (TOP_i - BOT_i)$
afgeleide k_h -waarde is binnen gedefinieerd bereik (instelbaar per gridcel)
 - $(k_v \geq 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/d}) \wedge (k_v \leq 0,5 \text{ m/d})$, waarbij $k_{v,i} = (BOT_i - TOP_{i+1}) / C_i$
afgeleide k_v -waarde is binnen gedefinieerd bereik (instelbaar per gridcel)
- KHV / KVV (k_h - en k_v -waarden)
 - Consistentiechecks:
 - $(KHV_i \geq 0) \vee (KHV_i = \text{NoData})$
De doorlatendheid is altijd groter dan of gelijk aan nul of gelijk aan NoData.
 - $(TOP_i > BOT_i) \Rightarrow (KHV_i > 0)$
Als er een aquifer dikte is, dan is de doorlatendheid positief.
 - $(TOP_i = BOT_i) \Rightarrow ((KHV_i = 0) \vee (KHV_i = \text{NoData}))$
Als de aquifer dikte nul is, dan is ook de doorlatendheid nul.
 - $(KHV_i \neq \text{NoData}) \Leftrightarrow ((TOP_i \neq \text{NoData}) \wedge (BOT_i \neq \text{NoData}))$
De aquifer-parameters zijn onderling consistent

¹ Hiaten zijn niet meer mogelijk in het iMOD-lagenmodel doordat slecht doorlatende lagen gedefinieerd zijn als de ruimte tussen twee modellagen. Deze zijn alleen te detecteren wanneer in het detail-lagenmodel zowel TOP als BOT van iedere geohydrologische laag/formatie is gedefinieerd.

- $(KVV_i \geq 0) \vee (KVV_i = \text{NoData})$
De verticale doorlatendheid is altijd groter dan of gelijk aan nul of gelijk aan NoData.
- $(BOT_i > TOP_{i+1}) \Rightarrow (KVV_i > 0)$
Als er een aquitard dikte is, dan is de weerstand positief.
- $(TOP_i = BOT_i) \Rightarrow ((KVV_i = 0) \vee (KVV_i = \text{NoData}))$
Als er geen aquitard dikte is, dan is doorlatendheid nul of NoData.
- $(KVV_i \neq \text{NoData}) \Leftrightarrow ((BOT_i \neq \text{NoData}) \wedge (TOP_{i+1} \neq \text{NoData}))$
De aquitard-parameters zijn onderling consistent
- $(KVA_i \geq 0) \vee (KVA_i = \text{NoData})$
De verticale anisotropie is positief of NoData
- $(TOP_i > BOT_i) \Rightarrow (KVA_i \geq 0)$
Als de aquifer-dikte > 0 , dan is de verticale anisotropie geen NoData.
- $(TOP_i = BOT_i) \Rightarrow ((KVA_i = 0) \vee (KVA_i = \text{NoData}))$
Als de aquifer-dikte $= 0$, dan is de anisotropie nul of NoData.
- $(KVA_i \neq \text{NoData}) \Leftrightarrow ((TOP_i \neq \text{NoData}) \wedge (BOT_i \neq \text{NoData}))$
De aquifer KVA-parameters zijn onderling consistent.
- Plausibiliteitchecks
 - $KHV_i \in [KHV_{\min}, KHV_{\max}]$ (m/d)
De KHV-waarde ligt binnen het verwachte bereik: [0.1, 500] m/d
 - $KHV_i \in [Q1 - m \cdot IQR, Q3 + m \cdot IQR]$, hier met $m = 1$ (vaak wordt ook 3,95 gebruikt).
KHV-waarde is niet extreem (uitbijter)
 - $KVV_i \in [KVV_{\min}, KVV_{\max}]$ (m/d)
De KVV-waarde ligt binnen het verwachte bereik: $[1 \cdot 10^{-7}, 0.5]$
 - $KVV_i \in [Q1 - m \cdot IQR, Q3 + m \cdot IQR]$, hier met $m = 1$ (vaak wordt ook 3,95 gebruikt).
KVV-waarde is niet extreem (uitbijter)
 - $KVA_i \in [0, KVA_{\max}]$
KVA-waarde binnen verwacht bereik: [0, 1]
- ANI (factor, hoek en kD- of k-waarden)
 - Consistentiechecks:
 - $0 \leq \text{ANI-factor}_i \leq 1.0$
 - $0^\circ \leq \text{ANI-hoek}_i \leq 360^\circ$
 - $(KD_i \neq \text{NoData}) \Leftrightarrow ((\text{ANI-factor}_i \neq \text{NoData}) \wedge (\text{ANI-hoek}_i \neq \text{NoData}))$
De kD-waarde, ANI-hoek en –factor zijn onderling consistent

Omdat er soms complexen worden gebruikt in de schematisatie, kan het voorkomen dat er een C-waarde zonder dikte is, of een relatief lage k_h -waarde voor een watervoerende laag. Bij de controles op C-waarde en de grootte van de KHV-waarde wordt hier rekening mee gehouden. Er wordt geen melding van een foute C-waarde (zonder dikte) gegeven wanneer er in dat geval wel een watervoerende laag boven ligt en de kv-waarde die berekend wordt bij de c-waarde over de dikte van het watervoerende pakket, nog past bij de doorlatendheid een watervoerend pakket met slecht doorlatende tussenlagen (standaard wordt een minimale kv-waarde van 0,01 m/d gehanteerd). En de plausibiliteit van de KHV-waarde wordt alleen gecontroleerd als onder de watervoerende laag een slecht doorlatende laag is geschematiseerd (met dikte groter dan nul).

Tevens is de controle op een kD-waarde zonder dikte in het watervoerend pakket aangepast voor modellaag 1. Het kan immers gebeuren dat er geen freatisch watervoerend pakket is, maar direct een slecht doorlatende deklaag aan maaiveld. In dat geval kan het gewenst zijn een beperkte kD-waarde toe te kennen aan die deklaag. Wanneer de iMODValidator nu in laag 1 een

kD-waarde vindt zonder watervoerende dikte, dan wordt geen melding meer gegeven wanneer de kh-waarde die berekend wordt met de kD en de dikte van de slecht doorlatend laag nog past bij de (beperkte) doorlatendheid van een slecht doorlatende laag. Vanwege mogelijke voorkomens van veen of van kleischeuren in Flevoland is standaard een relatief hoge maximale doorlatend van 5 m/d gehanteerd.

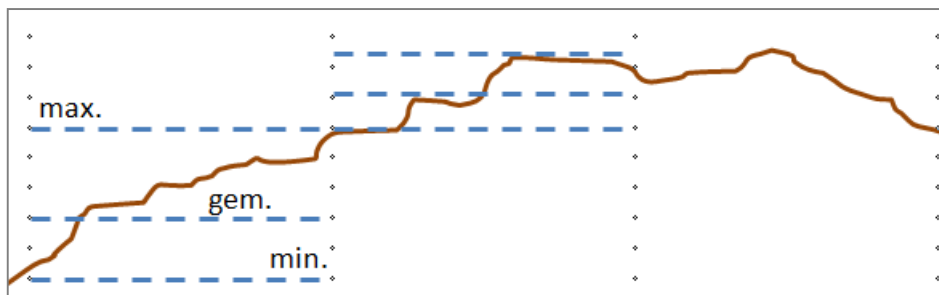
Om te voorkomen dat zeer dunne modellagen een foutmelding geven wanneer er geen kD- of c-waarde is, is een marge bij de kDC-check gehanteerd. Deze is standaard 2cm.

3.3 Topsysteem

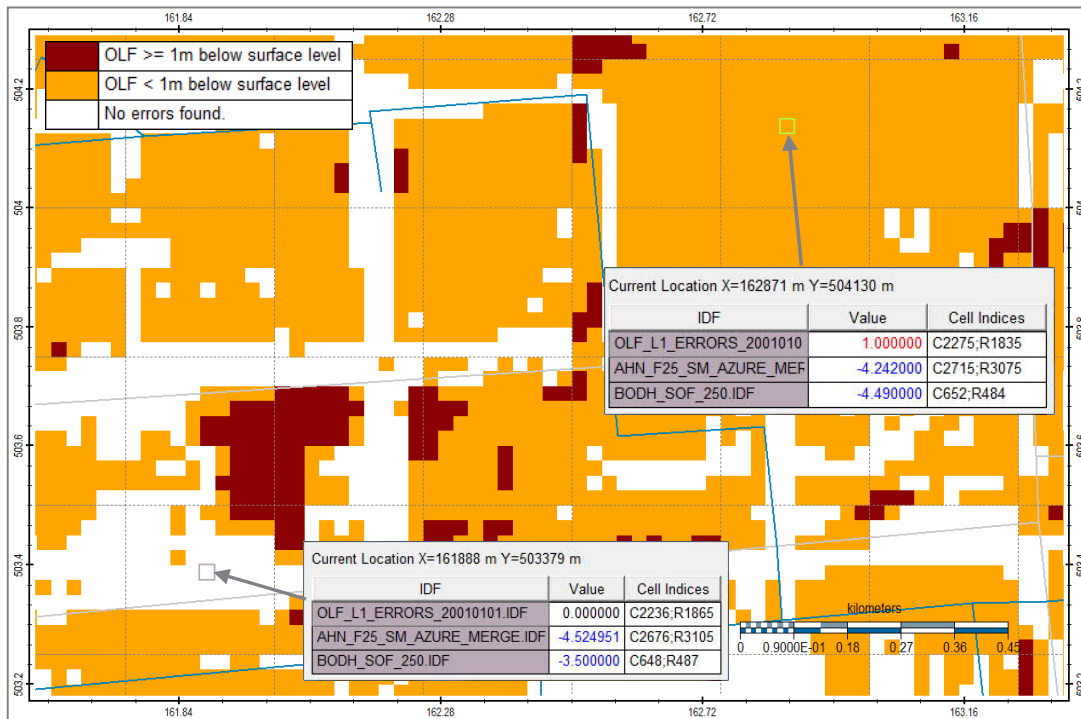
In deze paragraaf worden de checks die zijn gerelateerd aan het topsysteem beschreven.

3.3.1 Verschalingsfouten door resolutieverschil

In AZURE zijn verschillende gridresoluties gebruikt. Dit geeft problemen wanneer deze bestanden vergeleken dienen te worden. Er wordt een voorbeeld voor het SOF-grid gegeven. Vanwege de celgrootte van 250 m zal het SOF-grid niet overal binnen een cel corresponderen met het werkelijke maaiveldniveau wanneer het maaiveldniveau sterk varieert. Om te bepalen wanneer een 250m-gridcel een verkeerd SOF-niveau aangeeft, moet bekend zijn op welke wijze het SOF-grid is geschematiseerd. Om een realistische stijghoogte te berekenen zal het meestal overeenkomen met een gemiddeld of mediaan niveau, zie afbeelding 3.1 hieronder.



Afbeelding 3.1: Maaiveldniveau (bruin) met fijne resolutie versus mogelijke SOF-niveaus (blauw) op grovere resolutie



Afbeelding 3.2: Voorbeeld van resolutieproblematiek door SOF-grid met resolutie van 250 m en maaiveldgrid met resolutie van 25 m. De 25m-maaiveld cellen zijn direct vergeleken met de 250m-SOF cellen. Voor de oranje gemarkeerde 25m-cellen ligt het maaiveldniveau boven het SOF-niveau van de 250m-cel.

Wanneer voor iedere 25m-gridcel het maaiveld wordt vergeleken met de bijbehorende 250m-gridcel van het SOF-vlak zullen dus, uitgaande van deze SOF-schematisatie, vele onterechte onvolkomenheden worden gevonden. In afbeelding 3.2 is een concreet voorbeeld gegeven van de resolutieproblematiek. De waarden van maaiveld- en SOF-grid zijn voor twee locaties in de afbeelding in tabellen weergegeven. In de cel rechtsboven liggen alle 25m-maaiveldcellen onder het niveau van de 250 m SOF-cel en is dus terecht een fout gepresenteerd. Op de locatie linksonder ligt minder de helft van de maaiveldcellen boven het SOF-niveau. Het melden van dergelijke locaties geeft voor het schaalniveau van het volledige AZURE gebied te veel informatie. Wel laat dit voorbeeld zien dat een resolutie van 250m voor het SOF-grid eigenlijk niet voldoet voor het model, wanneer er straks meer lokale studies mee zullen worden uitgevoerd.

Om onderscheid te maken is een functionaliteit voor verscaling ingebouwd in de iMODValidator waarmee grids met een lagere resolutie kunnen worden opgeschaald naar een hogere resolutie op de volgende wijzen: geen verscaling, minimale waarde, gemiddelde waarde en maximale waarde. Bij gebruik van de gemiddelde maaiveldhoogte binnen een 250 m gridcel kunnen in sommige gevallen nog steeds onterechte onvolkomenheden worden gevonden. Vanwege de grootte van het modelgebied is daarom voor de controle van het SOF-grid, gekozen om het opschalen van het maaiveld-grid uit te voeren op basis van het *minimale* maaiveldniveau. Op deze wijze wordt iedere 250 m SOF-cel vergeleken met de laagste 25 m maaiveldhoogte binnen de SOF-cel. Alleen wanneer het SOF-niveau zelfs hier onder ligt, wordt dit als een fout

gepresenteerd aangezien er geen reden is de oppervlakkige afstroming lager dan het laagste maaiveld niveau te kiezen². Ook voor de andere checks is een dergelijke aanpak beschikbaar.

3.3.2 OLF-check

Met deze check wordt gecontroleerd of het OLF- of SOF-vlak³ overal boven maaiveld ligt. Voor locaties waar dit niet het geval is, wordt een fout gemeld. Daarnaast is gecontroleerd dat de SOF-waarden binnen een valide bereik liggen. Hiervoor is het bereik $[MV - 5m, MV + 5m]$ gebruikt, wat geen onvolkomenheden opleverde.

Voor sommige modellen (zoals AZURE) wordt niet de OLF-package gebruikt om de oppervlakkige afstroming mee te schematiseren, maar de DRN-package. Op deze wijze is per gridcel ook een conductance op te geven. De iMODValidator is aangepast om toch gebruik te kunnen maken de iMODValidator OLF-check. Er is in de tool een optie ingebouwd waarmee kan worden aangegeven dat bij afwezigheid van de OLF-package, systeem 1 van de DRN-package gebruikt dient te worden als OLF-vlak.

Opvallend is dat het SOF-grid is gedefinieerd met een resolutie van 250 m, terwijl diverse andere modelbestanden een resolutie van 25 m of 100 m hebben en later met het model zal worden gerekend op 25 m resolutie. Dit maakt vergelijking met het maaiveld lastig. Er wordt van uit gegaan dat het SOF-grid zo goed mogelijk moet corresponderen met het werkelijke maaiveld. Daarom is vergeleken met het maaiveldgrid met een resolutie van 25 m. Om onterechte fouten te vermijden is iedere 250 m SOF-gridcel vergeleken met het *minimale* maaiveldniveau van de 25 m cellen binnen de betreffende 250 m SOF-gridcel. In alle op deze wijze gevonden cellen is het SOF-niveau lager dan het niveau van alle corresponderende maaiveldcellen, ofwel te laag voor maaiveldafvoer.

3.3.3 RIV-check

De voor de RIV-package uitgevoerde controles zijn weergegeven in de vorm van regels waaraan een valide model dient te voldoen. Deze regels zijn voor de RIV-check als volgt.

- Consistentiechecks:
 - Peil onder OLF-niveau
 - Conductance ≥ 0
 - Peil, conductance, bodemhoogte en infiltratiefactor zijn consistent (allen ofwel een valide waarde of allen NoData)⁴
- Plausibiliteitchecks:
 - Peil onder maaiveld (of een ander niveau ten opzichte van maaiveld)⁵
 - Bodemhoogte onder maaiveld⁶
 - Bodemhoogte onder peil⁷

² Wanneer het SOF-grid gebruikt wordt voor greppels, dient een andere naam te worden gekozen.

³ SOF staat voor Surface Overland Flow. Ook wordt wel OLF gebruikt wat staat voor Overland Flow.

⁴ Sommige modelleers zetten RIV-cellen soms tijdelijk uit door voor één van de vier parameterwaarden een NoData te gebruiken, dit wordt in dat geval als een fout gerapporteerd. Door de kleur eventueel in de legenda aan te passen kan de onterechte foutmelding in dat geval worden uitgezet.

⁵ Of een peil boven een maaiveld een fout is hangt af van de schematisatie. Wanneer het maaiveld bijvoorbeeld de bodem van een plas weergeeft, zal het corresponderende RIV-peil boven maaiveld liggen.

⁶ Of een bodemhoogte boven maaiveld een fout is hangt er van af of de bodemhoogte de werkelijke bodemhoogte aangeeft of dat deze gelijk is aan het peil (voor niet-infiltrerende waterlopen).

⁷ Of een peil onder een bodemhoogte een fout is hangt af van de gebruikte schematisatiemethode.

Dergelijke RIV-cellen kunnen voorkomen als drooggevallen sloten in een zomersituatie, terwijl ze in de

- $\text{Conductance} \leq \text{conductance}_{\text{max}}$ (gebaseerd op de gedefinieerde minimale lekweerstand)
- $\text{Conductance} \geq \text{conductance}_{\text{min}}$ (gebaseerd op de gedefinieerde maximale lekweerstand)
- Afstand maaiveld - peil binnen gedefinieerd bereik (instelbaar per cel)
- Afstand peil - bodemhoogte binnen gedefinieerd bereik (instelbaar per cel)
- Peil, bodemhoogte en/of infiltratiefactor binnen gedefinieerd bereik (instelbaar per cel)

3.3.4 RIV-spatial-check

3.3.4.1 *Detectie geïsoleerde RIV-peil cellen*

Het komt regelmatig voor dat cellen langs randen van het peilvak niet goed geselecteerd zijn en onterecht het peil van het aangrenzende peilvak krijgen toegewezen, zie afbeelding 3.3 voor voorbeelden. Deze check bekijkt of er losse cellen (1 tot 2 bij elkaar) zijn met een bepaald peil grenzend aan meerdere andere cellen met een afwijkend peil.

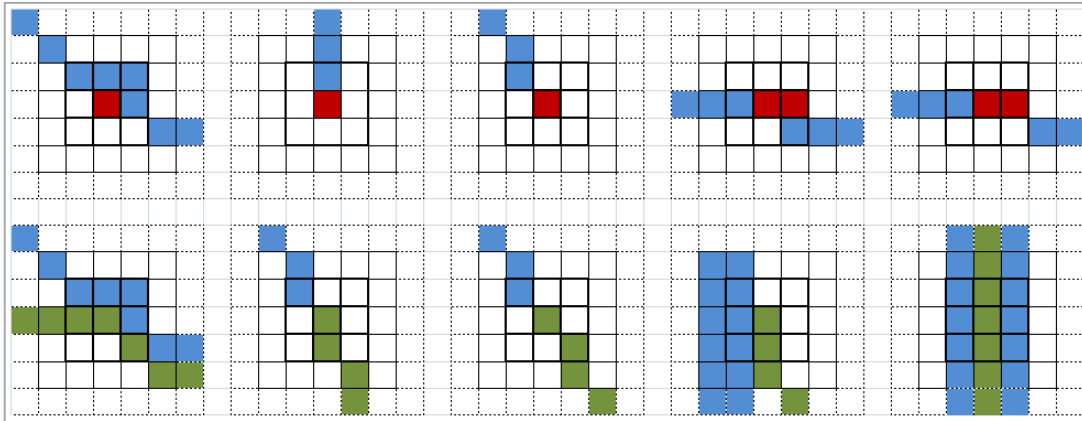


Afbeelding 3.3 Voorbeeld van cellen (donkerblauw gemarkeerd) die onterecht het peil uit het aangrenzende peilvak toegewezen hebben gekregen.

De check werkt op basis van een heuristiek. De meeste, maar niet alle geïsoleerde cellen zullen hiermee worden gevonden. Door uit te gaan van een heuristiek is de check relatief snel uit te voeren. Per cel wordt het volgende gedaan om te bepalen of het een geïsoleerde cel is. Eerst wordt een 3x3-grid rondom de cel genomen. Daarbinnen wordt de meest voorkomende celwaarde bepaald. Vervolgens worden binnen het 3x3-grid zowel de cellen bepaald met deze meest voorkomende waarde als de cellen met de waarde van de middelste cel in het 3x3-grid, de startcel. Dan worden van alle cellen met de meest voorkomende waarde ook de overige buurcellen, één cel (CellDistance) verder, bepaald met dezelfde waarde. Een geïsoleerde cel wordt nu gemeld wanneer maximaal 2 cellen de waarde van de startcel hebben (MaxMainConnectionCount), tenminste 4 verbonden buurcellen in het 5x5-grid (één celniveau dieper (MaxRecursiveLevel)) de meest voorkomende waarde hebben (MinMostOccurringCount) en er maximaal 1 andere celwaarde voorkomt in het 3x3-grid (MaxOtherValueCount). Daarnaast worden cellen met een waarde die ligt tussen de waarden van omliggende cellen niet als geïsoleerd gezien. Zeker in hellend gebied (zonder peilvakken), zullen celwaarden namelijk vaak geleidelijk op- of aflopend zijn. Zie afbeelding 3.4 voor enkele voorbeelden.

winter wel infiltreren. Dit komt voor wanneer voor alle sloten in het peilvak hetzelfde peilniveau wordt gebruikt en het peil voor dergelijke droogvallende sloten niet gelijk wordt gemaakt aan de bodemhoogte.

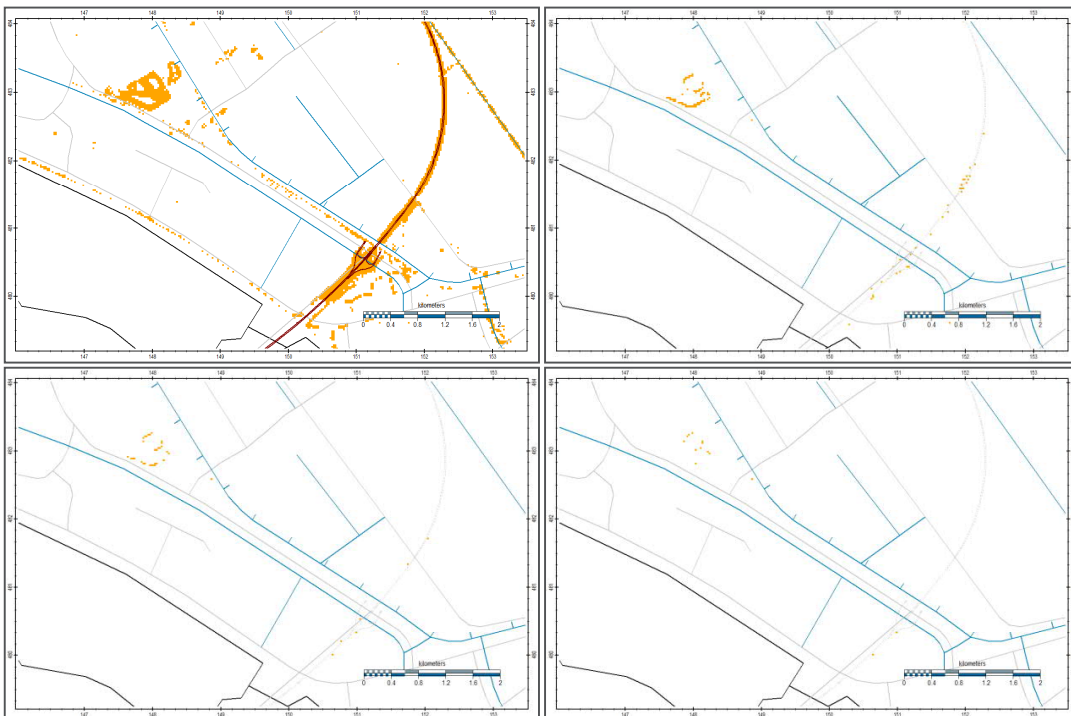
De controle maakt gebruik van de in te stellen foutmarge (de `minDifference`-parameter), zodat kleine verschillen in peil niet leiden tot een melding van geïsoleerde cellen.



Afbeelding 3.4 voorbeelden van geïsoleerde cellen (rood) en niet-geïsoleerde cellen (groen en blauw)

3.3.4.2 Detectie peilsprongen

Omdat de `iMODValidator` nog geen ISG's leest is het enkel mogelijk peilsprongen (of sprongen in andere waarden) in grids te detecteren. Wanneer echter alle peilsprongen groter dan 1 m worden bepaald, worden veel te veel cellen gevonden, zie linksboven in afbeelding 3.5. Daarom is gekeken naar cellen die minimaal 7 omringende cellen hebben met een peilsprong van meer dan 2 m, zie rechtsonder in afbeelding 3.5.



Afbeelding 3.5 linksboven: peilsprong groter dan 1 m, 1-8 afwijkende omringende cellen; rechtsboven: peilsprong groter dan 1 m, 7-8 afwijkende omringende cellen; linksonder: peilsprong groter dan 1.5 m, 7-8 afwijkende omringende cellen; rechtsonder: peilsprong groter dan 2 m, 7-8 afwijkende omringende cellen

3.3.5 DRN-check

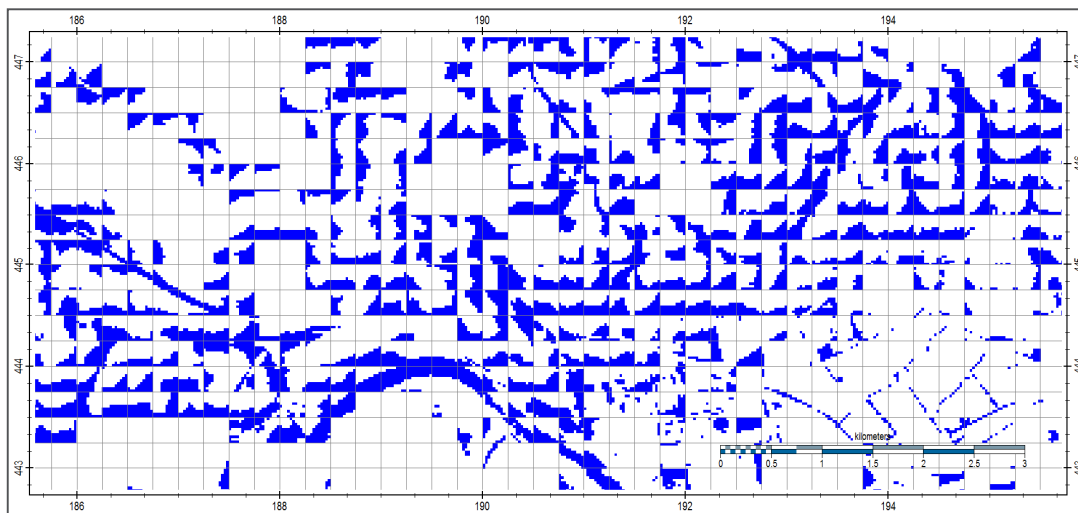
De voor de DRN-package uitgevoerde controles zijn weergegeven in de vorm van regels waaraan een valide model dient te voldoen. Deze regels zijn voor de DRN-check als volgt:

- Consistentiechecks:
 - DRN-niveau onder OLF-niveau
 - Conductance ≥ 0
 - DRN-niveau en -conductance consistent (beiden een waarde of NoData)
- Plausibiliteitschecks:
 - DRN-niveau en/of -conductance binnen gedefinieerde gebiedsgrenzen

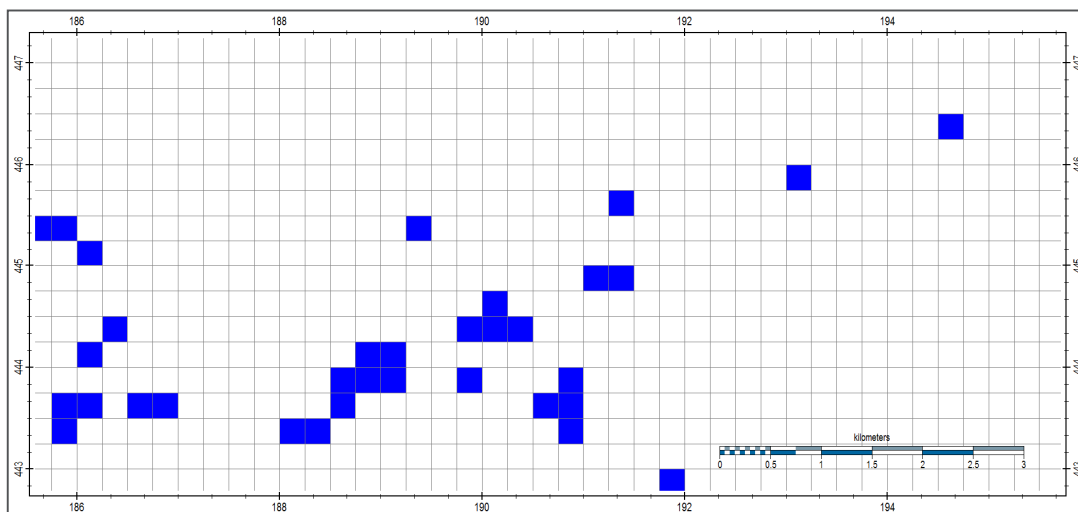
3.3.5.1 *Verschalingfouten – DRN-niveau boven maaiveld*

In afbeelding 3.6 is een detailsituatie te zien waarin alle 25m-maaiveldcellen zijn getoond waarvoor de corresponderende DRN_L2 250m-cel hoger ligt. Het is duidelijk dat dit in een dergelijk hellend gebied, meldingen geeft die, gezien de schematisatiekeuze voor 250 m DRN-cellen, onterecht zijn. Door naar bijvoorbeeld de mediaan van de maaiveldhoogte binnen de 250m-cel te kijken (zie afbeelding 3.7), worden de cellen gevonden die vermoedelijk fout zijn, aangezien het drainageniveau boven meer dan de helft van de 25 m maaiveldcellen ligt binnen de 250m DRN-cel.

Voor dit project is, vergelijkbaar aan de methode die in B1.2 is beschreven voor de OLF-check, het *maximale* maaiveld bepaald binnen iedere 250m-cel. Door hiermee te vergelijken worden alleen cellen gevonden die zeker een fout bevatten.



Afbeelding 3.6 detailsituatie met DRN-cellen boven maaiveld (blauw) door vergelijking van 250 m DRN-cellen met 25 m maaiveldcellen.



Abbeelding 3.7 detailsituatie met DRN-cellen boven maaiveld (blauw) door vergelijking van 250 m DRN-cellen met de mediaan van de corresponderende 25 m maaiveldcellen.

3.3.6 DRN-RIV-check

De DRN-RIV-check controleert dat er ter plaatse van RIV-cellen geen DRN-cellen liggen met een lager drainageniveau dan het peil. Over het algemeen zal dit namelijk niet mogelijk zijn, de drainagebuizen zullen afwateren op nabij gelegen oppervlaktewater en tenminste het niveau van dat peil hebben. Een te laag drainagepeil in combinatie met infiltrerende RIV-cellen kan resulteren in kortsluiting en een niet-plausibele waterbalans.

De voor de DRN-RIV-check uitgevoerde controles zijn weergegeven in de vorm van regels waaraan een valide model dient te voldoen. Deze regels zijn voor de DRN-RIV-check als volgt:

- Plausibiliteitschecks:
 - DRN-niveau boven de gedefinieerde infiltrerende RIV-peilen (met bodemhoogte < peil)
 - DRN-niveau en/of -conductance binnen gedefinieerde gebiedsgrenzen

3.3.6.1 *Verschalingsfouten - DRN-niveau onder RIV-peil*

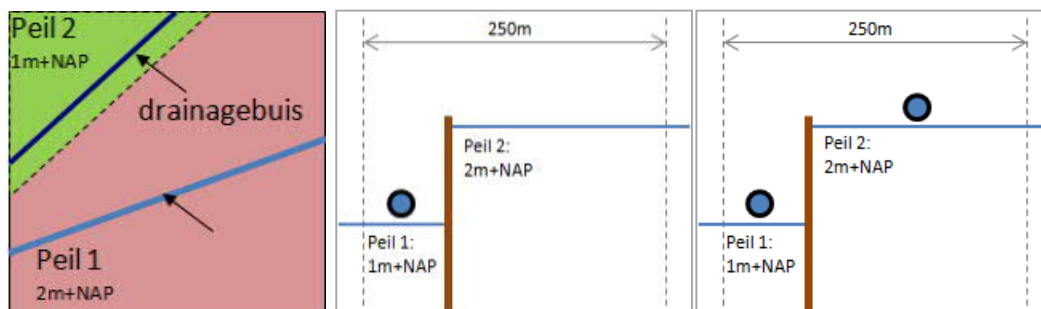
Wanneer de drainagesystemen op een grove resolutie zijn gedefinieerd, zoals dat voor AZURE is gedaan met DRN-cellen van 250 m, dan is er meer kans dat binnen één cel meerdere gescheiden watersystemen aanwezig zijn.

Er zijn in dat geval twee verschillende, mogelijke onterechte constatering van onvolkomenheden onderscheiden:

- Onterecht geconstateerde conflicten in horizontale richting
In afbeelding 3.8 is een voorbeeld te zien met twee verschillende peilvakken, waarbij in de beide linker afbeeldingen er alleen een drainagebuis ligt in het kleinste peilvak met een peil van 1 m+NAP. In het geval van AZURE is dan een drainageniveau gedefinieerd voor de gehele 250m-cel. Wanneer dit wordt vergeleken met het RIV-peil van 2 m+NAP in het aangrenzende peilvak in dezelfde 250m-cel, wordt onterecht geconstateerd dat het drainageniveau onder het RIV-peil ligt. Wanneer het RIV-systeem gedefinieerd is met een resolutie van 25 m kan hetzelfde optreden.

Wanneer er in beide peilvakken drainage ligt (zie de rechterafbeelding), moet bij de schematisatie een keuze gemaakt worden voor een drainageniveau binnen de 250m-cel. Een

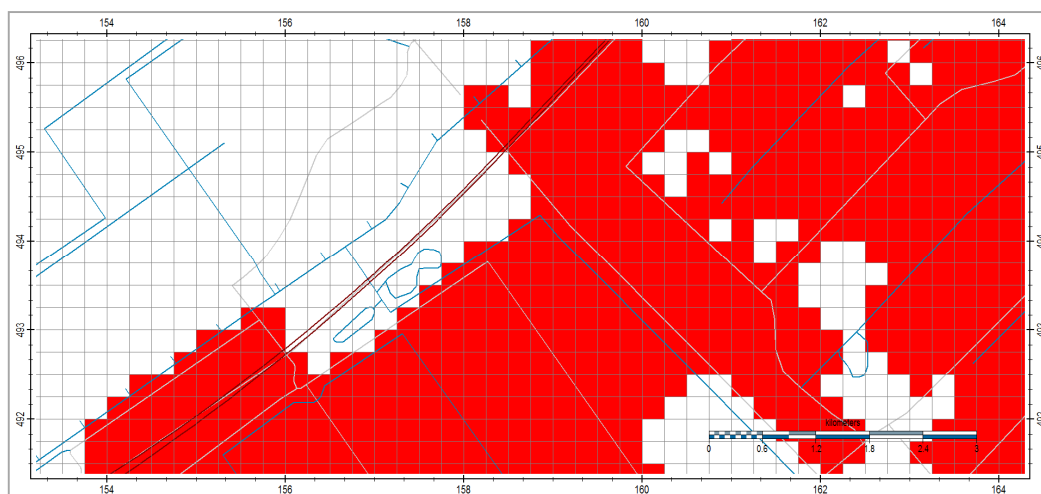
mogelijkheid is te kiezen voor de situatie die voor het grootste deel van de cel representatief is, d.w.z. zowel drainageniveau als peil gelijk aan dat van peilvak 2. Een andere mogelijkheid is een gemiddeld drainageniveau en peil over beide peilvakken. Met de conductance kan worden gezorgd dat de in de berekende gemiddelde stijghoogte representatief is voor de gemiddelde werkelijke stijghoogte. In het eerste geval is een fout drainageniveau eenvoudig te constateren wanneer het in dezelfde cel onder het RIV-peil ligt. In het tweede geval is een fout niet eenvoudig meer te constateren en geeft deze controle mogelijke onterechte meldingen.



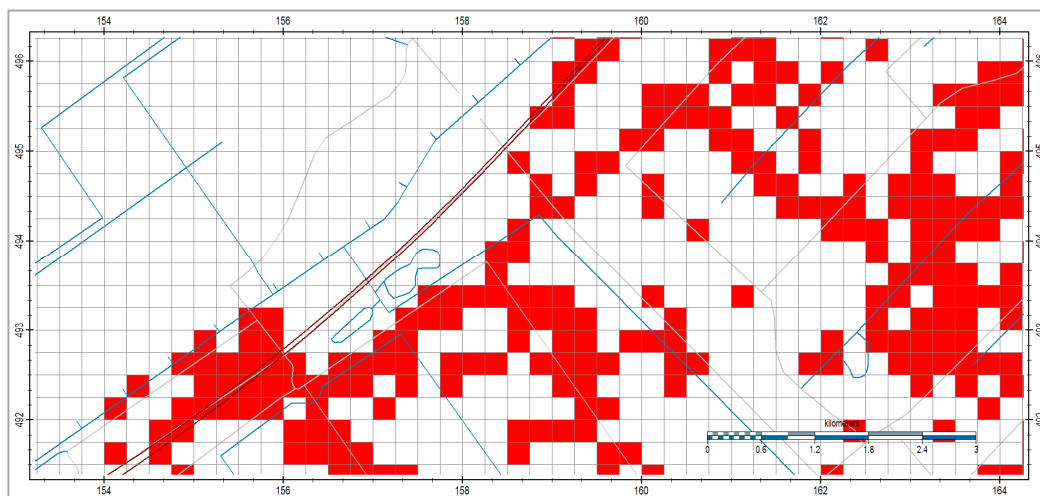
Afbeelding 3.8 resolutieproblematiek met meerdere oppervlaktewatersystemen binnen één cel: bovenaanzicht (links) en dwarsdoorsnede (midden) met een drainagebuis in het kleinere peilvak en een dwarsdoorsnede (rechts) met drainagebuizen in beide peilvakken.

Om controle mogelijk te maken en onterechte foutmeldingen te voorkomen wordt geadviseerd om drainage- en oppervlaktewatersystemen te definiëren met een gelijke resolutie van bij voorkeur 25 m. Wanneer dit niet het geval is, wordt een DRN-niveau van bijvoorbeeld een 250m-cel vergeleken met een naar 250 m opgeschaalde RIV-cel. Om voor deze test onterechte meldingen zoveel mogelijk te beperken, wordt per 250m-cel het minimale RIV-peil gebruikt van de corresponderende 25m-cellen.

In afbeelding 3.9 en afbeelding 3.10 hieronder is het verschil te zien tussen een DRN-RIV-check zonder en met gebruik van verscalen.

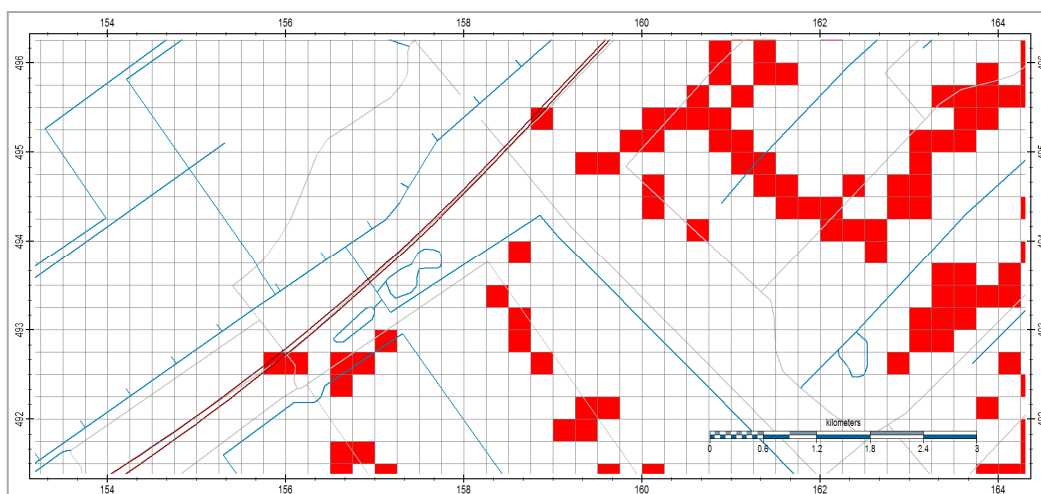


Afbeelding 3.9 DRN-RIV-check zonder opschalen van RIV-cellen. De rode cellen zijn 250m DRN-cellen met een niveau onder het peil van één van de corresponderende 250m of 25m RIV-cellen



Afbeelding 3.10 DRN-RIV-check met opschalen van RIV-cellen naar het minimale peil. De rode cellen zijn de 250m DRN-cellen met een niveau onder het minimale peil van alle corresponderende 250m of 25m RIV-cellen.

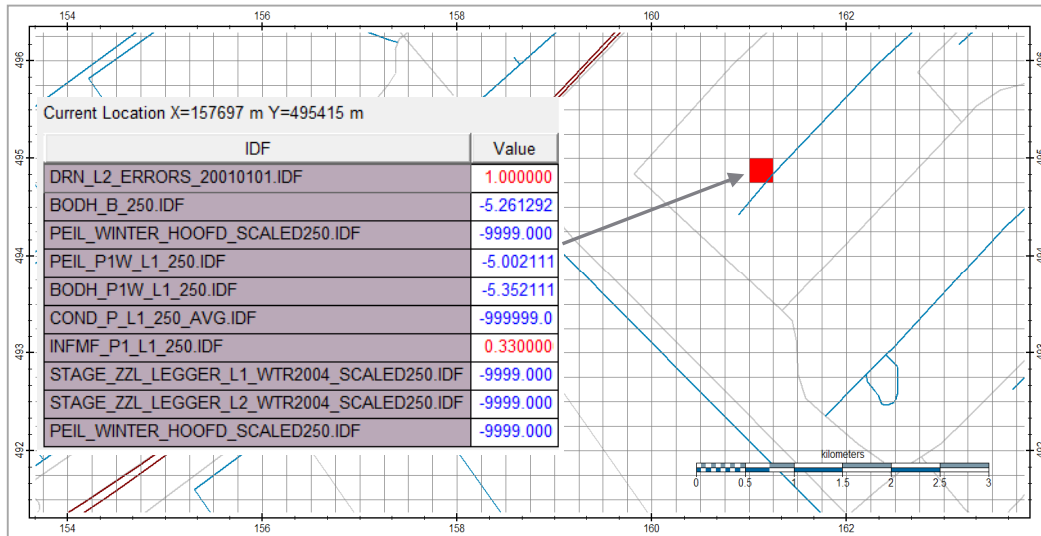
- Onterecht geconstateerde conflicten in verticale richting
Wanneer er meerdere oppervlaktewatersystemen binnen dezelfde cel zijn gedefinieerd, zal de drainage slechts afwateren op één van deze systemen. Voor de andere systemen wordt mogelijk onterecht een melding gegeven door de tool. In afbeelding 3.11 hieronder, is dit het geval voor het drainagesysteem met code "B" in de bestandsnaam. Het drainageniveau ligt zowel onder het RIV-systeem met de kleischeuren (DRN_KS) als onder het tertiaire RIV-systeem (T1W). In werkelijkheid zal het drainagesysteem vermoedelijk afwateren op het secundaire oppervlaktewatersysteem (S1W), waar het drainageniveau in dit voorbeeld keurig boven ligt. Het is daarom van belang om deze beide systemen uit te sluiten van de controle. Dit wordt gedaan door deze systemen uit te runfile te verwijderen voor deze controle.



Afbeelding 3.11 DRN-RIV-check zonder vergelijking met kleischeuren en tertiaire waterlopen en met opschalen van RIV-cellen naar het minimale peil. De rode cellen zijn de 250m DRN-cellen met een niveau onder het minimale peil van alle corresponderende 250m of 25m RIV-cellen.

Het blijkt dat ook de TOP10-waterlopen nog mogelijk onterechte foutmeldingen geven, terwijl de drainagebuizen vermoedelijk niet hierop, maar op dieper gelegen primaire waterlopen

afwateren. Wanneer ook deze TOP10- waterlopen buiten de controle worden gehouden, resulteert het beeld van afbeelding 3.12. Het drainageniveau van -5,26m+NAP ligt onder het peil van -5,00m+NAP. Wanneer de overige corresponderende RIV-bestanden echter worden bekeken, blijkt dat de conductance NoData is en dat het model voor deze cel dus de data negeert voor deze primaire waterloop uit het NHI! Het is daarom noodzakelijk in de tool ook deze bestanden te controleren. Na het toevoegen van deze functionaliteit aan de tool, werden in dit gebiedje geen foute cellen meer gedetecteerd.



Afbeelding 3.12 DRN-RIV-check zonder vergelijking met kleischeuren, tertiaire waterlopen en TOP10-waterlopen, met opschalen van RIV-cellen naar minimaal peil. Rode cellen zijn 250m DRN-cellen met niveau onder minimaal peil van alle corresponderende 250m of 25m RIV-cellen.

3.3.7 ISG-check

De voor de ISG-package uitgevoerde controles zijn weergegeven in de vorm van regels waaraan een valide model dient te voldoen. Deze regels zijn voor de ISG-check als volgt:

- Consistentiechecks:
 - Voor opgegeven ISG-files (m.n. peilgestuurd) moet het gemiddelde zomerpeil meestal hoger liggen dan het gemiddelde winterpeil, zie paragraaf 3.3.7.1 voor een beschrijving.
 - Voor opgegeven ISG-files (bijv. rivieren) moet het gemiddelde winterpeil altijd hoger liggen dan het gemiddelde zomerpeil, zie paragraaf 3.3.7.2 voor een beschrijving.
- Plausibiliteitschecks:
 - Het peilverschil binnen een ISG-segment en tussen gekoppelde ISG-segmenten dient op elke datum niet meer dan x m te zijn. Parameter x is instelbaar en heeft een default-waarde van 1 m. Zie paragraaf 3.3.7.3 voor een beschrijving.

3.3.7.1 Beschrijving ISG-controle zomerpeil > winterpeil

In peilgestuurde gebieden is het (gemiddelde) winterpeil meestal lager dan het zomerpeil, uitgezonderd natuurgebieden. Deze check is bedoeld om te controleren dat zomer- en winterpeil in dergelijke gebieden niet zijn omgewisseld.

Er kan worden opgegeven welke ISG-files op deze wijze gecontroleerd moeten worden. Geef voor de parameter `WinterLowFNameStrings` via een kommagescheiden string alle substrings op die in één of meer van de betreffende bestandsnamen aanwezig zijn. De substrings worden

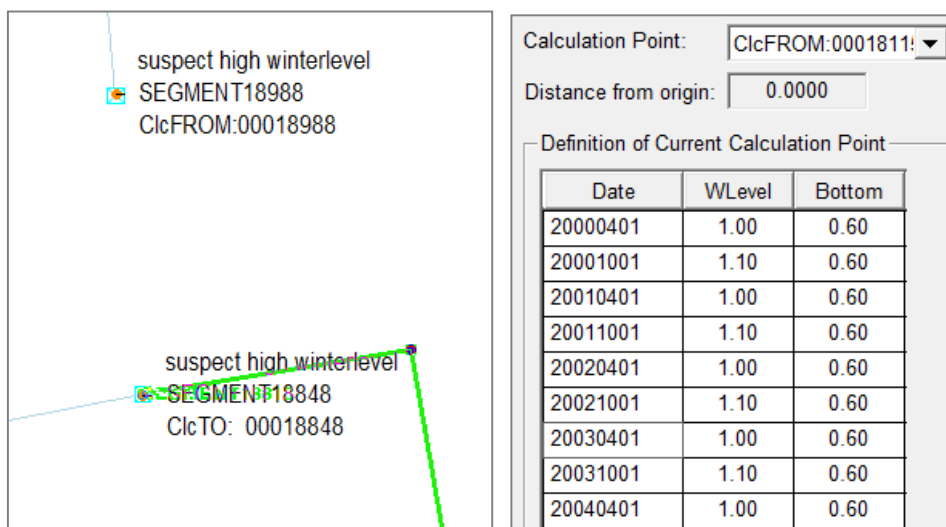
gezien als reguliere expressies. Met '.' (alleen de karakters tussen de quotes) kan bijvoorbeeld een willekeurig karakters worden aangegeven en met '.*' een willekeurig aantal karakters.

Er wordt eerst per segment gekeken of van alle calculationpoints er meer hoge zomerpeilen of hoge winterpeilen zijn. Vervolgens wordt gekeken of het aantal segmenten met vooral hoge winterpeilen groter is dan een opgegeven ratio (parameter `MaxWinterHighRatio`, standaard 1/3) van het totale aantal segmenten.

De controle gaat per segment als volgt:

- Voor ieder segment wordt voor alle calculation points apart het gemiddelde winter- en zomerpeil bepaald en vergeleken binnen de modelperiode.
- Wanneer nu van de calculation points met een verschil in zomer- en winterpeil, er meer calculation points zijn met een hoger gemiddeld winterpeil dan met een hoger gemiddeld zomerpeil, wordt gesteld dat het segment een hoger winterpeil heeft dan het zomerpeil. En andersom.

Er wordt zo dus alleen gekeken naar de calculation points en de segmenten die daadwerkelijk verschil hebben in het zomer- en winterpeil. Als er teveel hoge winterpeilen zijn gevonden, geeft de tool een melding en genereert een IPF-bestand met de verdachte locaties waar het gemiddelde winterpeil hoger ligt dan het gemiddelde zomerpeil plus de betreffende IDs van segment en calculation point, zie afbeelding 3.13.



Afbeelding 3.13 Presentatie van verdacht locaties voor zomer- en winterpeilwisseling en controle in iMOD via ISG Edit.

3.3.7.2 Beschrijving ISG-controle winterpeil > zomerpeil

Deze controle is vooral bedoeld voor rivieren en andere meer natuurlijk fluctuerende watersystemen met een hoger (gemiddeld) winterpeil dan zomerpeil.

Ook hier kan worden opgegeven welke ISG-files op deze wijze gecontroleerd moeten worden. Geef voor de parameter `winterHighFNameStrings` via een komma-gescheiden string alle substrings op die in één of meer van de betreffende bestandsnamen aanwezig zijn. De substrings worden gezien als reguliere expressies.

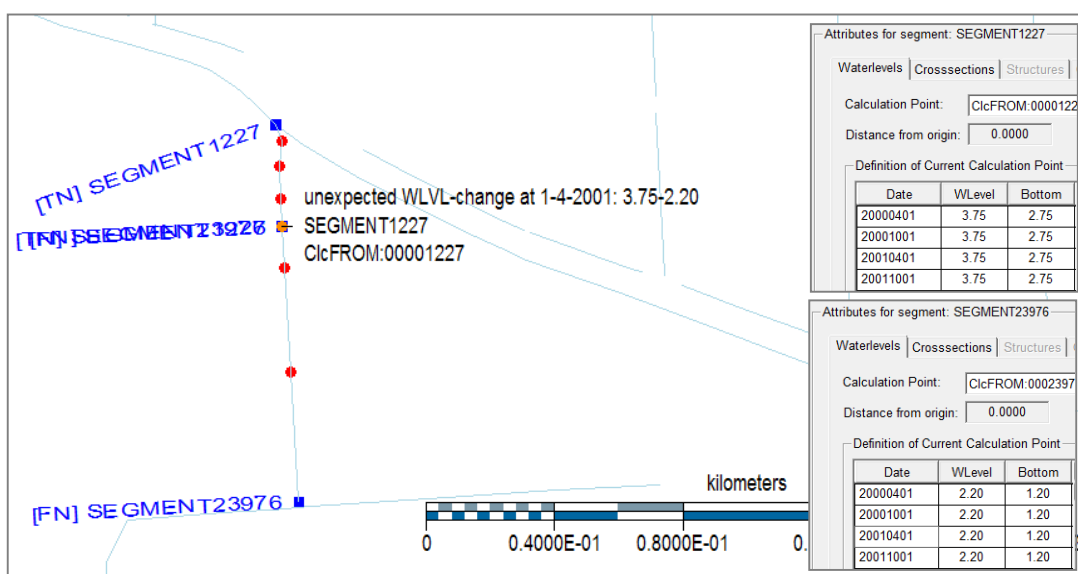
Vervolgens worden voor alle ISG-segmenten en calculation points binnen het gevalideerde extent, gekeken of het gemiddelde zomerpeil hoger is dan het gemiddelde winterpeil. Als dat zo is wordt een punt aangemaakt in een IDF-file met cellen en in IPF-file met details (bijv. ISG_SYS1_L1_DETAILS_20100101.IPF). Deze IPF-file bevat ook de gevonden gemiddelde zomer- en winterpeilen en het betreffende segment en calculation point ID.

3.3.7.3 Beschrijving ISG-controle grote peilsprongen

Met deze check wordt per datum gezocht naar alle peilsprongen groter dan één meter, binnen een ISG-segment of op de connectie met een ander ISG-segment.

ISG-segmenten kunnen aantakken op een ander segment aan het begin en einde van het segment, bij de nodes, ofwel de knooppunten aan het begin en waarvoor een xy-coördinaat is gedefinieerd. Voor alle nodes wordt gecontroleerd welke nodes van andere segmenten dezelfde xy-coördinaten hebben. Deze connecties tussen segmenten en de veranderingen binnen een segment (tussen twee calculation points) worden op peilsprongen gecontroleerd.

Wanneer er een peilsprong wordt gevonden geeft de tool een melding en genereert een IPF-bestand met de verdachte locaties, de peilsprong, plus de betreffende IDs van segment en calculation point, zie afbeelding 3.14.



Afbeelding 3.14 Voorbeeld van peilsprong tussen segment 1227 en 23976 van 2,2 naar 3,75m+NAP.

3.4 Overige checks

3.4.1 BND-check

Deze check controleert op geldige BND-waarden (default -2 t/m 2) en op consistentie met SHD, CHD en/of CHD-package.

3.4.2 RCH-check

Deze check controleert op het vooraf gedefinieerde bereik van geldige RCH-waarden (default 0 t/m 150) en op consistentie met den BND-package, d.w.z. geen NoData RCH-waarden voor actieve BND-cellen.

3.4.3 MetaSWAP-check

De MetaSWAP-check controleert op een aantal mogelijke inconsistenties tussen MetaSWAP-invoer en andere modelinvoer, waaronder:

- Consistentie tussen nat oppervlak (WTA) voor MetaSWAP en de oppervlakken van waterlichamen op basis van de RIV, DRN en ISG-packages. Let op: omdat er voor RIV en DRN alleen een conductance bekend is, wordt er op basis van een opgegeven indicatieve weerstand een schatting gemaakt van het oppervlak. Minimaal gecontroleerd wordt op 0 en 100%.
- Opgegeven UBA- en WTA-oppervlakken en LUSE-waarden
- Opgegeven bereik van RTZ-bestand (worteldiepte)
- Opgegeven bereik van VXMU-bestand (maaiveld afvoer niveau/diepte)
- Controle op meteodata, aanwezigheid en geldig bereik neerslag- en verdamping-grids hierbij wordt het mete_grid.inp bestand zoals gedefinieerd in de RUN-file gebruikt.

Er kan worden opgegeven welke namen in het LUSE inp-bestand gebruikt moeten worden verharde zones in stedelijk gebied (UBA). Ook kan worden opgegeven welke namen voor nat oppervlak (WTA) moeten worden gebruikt. DRN-bestanden die niet moeten worden meegenomen in de controle van het natte oppervlak kunnen worden aangegeven met een substring uit de bestandsnaam. Er kan worden opgegeven of ISG-bestanden moeten worden geconverteerd naar RIV-bestanden om mee te nemen bij de controle op het natte oppervlak (WTA).

3.4.4 STO-check

Als er een STO-package is gedefinieerd wordt in deze check gecontroleerd dat er per modellaag een STO-file is en dat cellen een niet-NoData STO-waarde bevatten als de modellaag voor die cel een dikte heeft. Daarnaast kunnen de STO-grids worden gecontroleerd op opgegeven minimale (default 0) en maximale waarden.

3.4.5 WEL-check

De voor de WEL-package uitgevoerde controles zijn weergegeven in de vorm van regels waaraan een onttrekkingsfilter in een valide model dient te voldoen. Deze regels zijn als volgt:

- Consistentiechecks:
 - Een filter zit in een watervoerend pakket
 - (Grote) onttrekkingsdebieten zijn gedefinieerd als negatief getal
 - De filterstelling is correct ($z1 > z2$, $z1$ =bovenkant en $z2$ =onderkant filter t.o.v. NAP)
 - De tijdreeksbestanden zijn valide: datums opeenvolgend en syntactisch correct.
- Plausibiliteitchecks:
 - De totale flux over een cluster van filters is realistisch
 - De gemiddelde flux per filter (of cluster) is realistisch
 - Er zitten geen onverwachte (grote) sprongen in de tijdreeks
 - Een grote onttrekking ligt niet in of nabij een stad
 - De filterlengte is minder dan een opgegeven lengte (default 0).

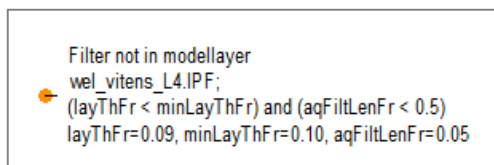
Enkele controles zijn in de volgende paragrafen nader beschreven. Voor een technische beschrijving is het handig om afkortingen te gebruiken voor de verschillende begrippen. De volgende terminologie wordt daarom gebruikt:

- $z1$ - de bovenkant van het filter
- $z2$ - de onderkant van het filter

WVP _i	- het watervoerende pakket van modellaag <i>i</i>
SDL _i	- de slecht doorlatende laag aan de onderkant van modellaag <i>i</i>
TOP _i	- de bovenkant van WVP _i
BOT _i	- de onderkant van WVP _i
Fl _{tot}	- de totale filterlengte
FIWVP _i	- de filterlengte in WVP _i
FIL _i	- de filterlengte in modellaag <i>i</i>

De iMODValidator geeft voor gevonden WEL-issues meer informatie via een IPF-bestand met details, zie onderstaande afbeelding voor een voorbeeld. Omdat er relatief weinig ruimte beschikbaar is in IPF-labels is de tekst enigszins cryptisch. De volgende afkortingen worden gebruikt:

layThFr	de fractie van de filterlengte t.o.v. de dikte van de modellaag waarin het (deel van het) filter zit
minLayThFr	de minimale fractie van de filterlengte t.o.v. de dikte van de modellaag waarin het (deel van het) filter zit. In te stellen in de tool via de MinLayerFraction parameter.
aqFiltLenFr	de fractie van de filterlengte t.o.v. de dikte van het watervoerend pakket van de modellaag waarin het (deel van het) filter zit.



Afbeelding: Voorbeeld van aanvullende informatie bij een issue uit details IPF-bestand.

3.4.5.1 Een filter zit in een watervoerend pakket

Om te beoordelen of een filter verkeerd in het model zit, moet bekend zijn op welke wijze een filter in het model zou moeten zitten. Voor AZURE geldt bijvoorbeeld het volgende⁸:

“De onttrekkingsfilters zijn als volgt gealloceerd in de modellen van AZURE:

- *De filterstelling is door de lagen schematisatie van AZURE gedrukt.*
- *Indien een filter zich in meerdere watervoerende pakketten bevindt, is de onttrekkingshoeveelheid verdeeld naar filterlengte en KD-waarde.*
- *Indien een filter aan boven- en/of onderkant een laag voor minder dan 10% van de laagdikte doorsnijdt, is het filter niet aan deze laag toegekend.*
- *Indien een filter zich volledig in een scheidende laag bevindt⁹, is het filter geplaatst in het boven- of onderliggende watervoerend pakket met de hoogste KD-waarde.*
- *In sommige gevallen is de laagtoekenning van tevoren vastgesteld door Vitens. Dit geldt o.a. voor de hierboven genoemde situatie waarbij een filter bij een automatische toekenning in een scheidende laag valt.”*

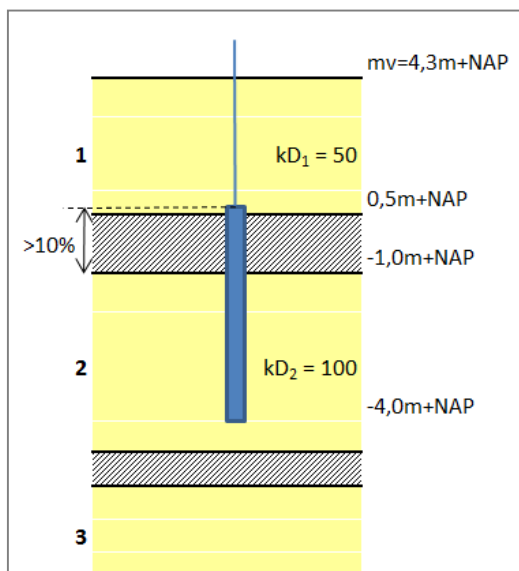
Het volgende wordt daarom per filter aan de hand van de (in het IPF-bestand) geadministreerde filterstelling gecontroleerd t.o.v. het toegekende watervoerende pakket WVP_i in modellaag *i*:

- Als de bovenkant van het filter ($z1$) in de onderliggende modellaag of dieper ligt ($z1 < TOP_{i+1}$), wordt een foutmelding gegeven.

⁸ De Lange en Borren, 2014, Grondwatermodel AZURE versie 1.0, Deltares, kenm: 1205042-000-BGS-0067

⁹ AZURE documentatie (zie vorige voetnoot): “Dit is in werkelijkheid zeer onwaarschijnlijk, maar kan gebeuren door onzekerheden in de filterstelling en de laagbegrenzingen.”

- Als de onderkant van het filter (z_2) in de bovenliggende modellaag of hoger ligt ($z_2 > \text{BOT}_{i-1}$), wordt een foutmelding gegeven.
- Als het filter aan boven- en/of onderkant een laag voor minder dan 10% van de laagdikte doorsnijdt ($\text{FIL}_i / (\text{TOP}_i - \text{TOP}_{i+1}) < 0,1$), zou het filter, volgens de AZURE rapportage¹⁰, niet aan deze laag toegekend moeten worden. Wanneer dit toch het geval is, wordt een foutmelding gegeven, tenzij het filter voor meer dan de helft in dit watervoerende pakket ligt (het kan immers een zeer dik pakket zijn waarbij het filter(deel) terecht minder dan 10% van de dikte inneemt).
- Wanneer het filter in een slecht doorlatende laag ligt ($(z_1 < \text{BOT}_i) \wedge (z_2 < \text{TOP}_{i+1})$), wordt gekeken of het filter is geplaatst in het boven- of onderliggende watervoerende pakket met de hoogste kD -waarde, zoals beschreven in de AZURE rapportage. Er wordt een foutmelding gegeven als de kD van het onderliggende watervoerende pakket groter is ($(z_1 < \text{BOT}_i) \wedge (z_2 < \text{TOP}_{i+1}) \wedge (KD_i < KD_{i+1})$). Het filter is dan namelijk in de verkeerde laag geplaatst.



Afbeelding 3.15 Voorbeeld van filter dat onterecht is toegewezen aan modellaag 1: Het filter zit grotendeels in de slecht doorlatende laag van modellaag 1 of eronder.

In veel regionale iMOD-modellen zijn filters opgedeeld per modellaag wanneer de filterlengte over meerdere lagen loopt. Wanneer een filter voor tenminste 50% aan een laag is toegekend worden de volgende aanvullende controles uitgevoerd wanneer er een minimale filterfractie (FIFracWVP_{\min}) is gedefinieerd als parameter voor de tool:

- Als een filter voor minder dan een gedefinieerde minimale filterfractie (FIFracWVP_{\min}) voorkomt in het watervoerende pakket ($\text{FIWVP}_i / \text{FI}_{\text{tot}} < \text{FIFracWVP}_{\min}$), het merendeel van het filter ligt buiten de toegekende modellaag én de kD van het toegekende watervoerende pakket is kleiner dan de kD van het aangrenzende watervoerende pakket, dan is het niet aan de juiste modellaag toegekend en wordt een foutmelding gegeven. Zie afbeelding 3.15.

De situatie met $z_1 = z_2 = 0$, wordt gezien als ongedefinieerde filterlengte. Er worden in dat geval geen controles op de filterligging uitgevoerd (wel op het WVP).

¹⁰ De Lange en Borren, 2014, Grondwatermodel AZURE versie 1.0, Deltares, kenm: 1205042-000-BGS-0067

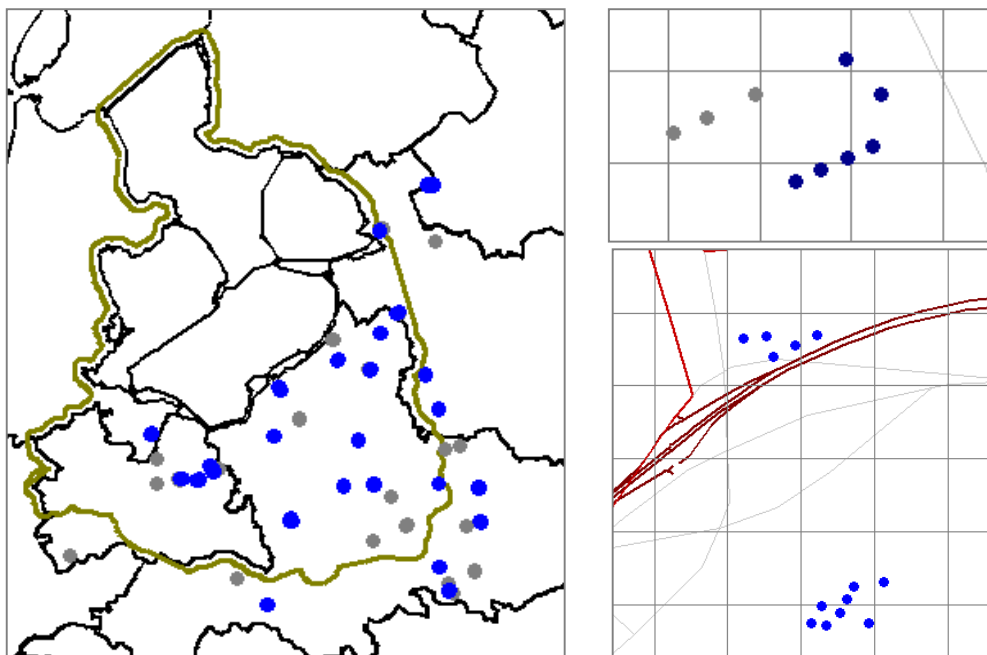
Wanneer een filter voor meer dan de helft van de filterlengte boven maaiveld ligt of wanneer een filter geheel binnen een slecht doorlatende laag ligt, wordt een aanvullende waarschuwing gegeven omdat beiden indicatie zijn van een foutieve filterstelling of een foutief lagenmodel.

3.4.5.2 *Totale flux over cluster van filters is realistisch*

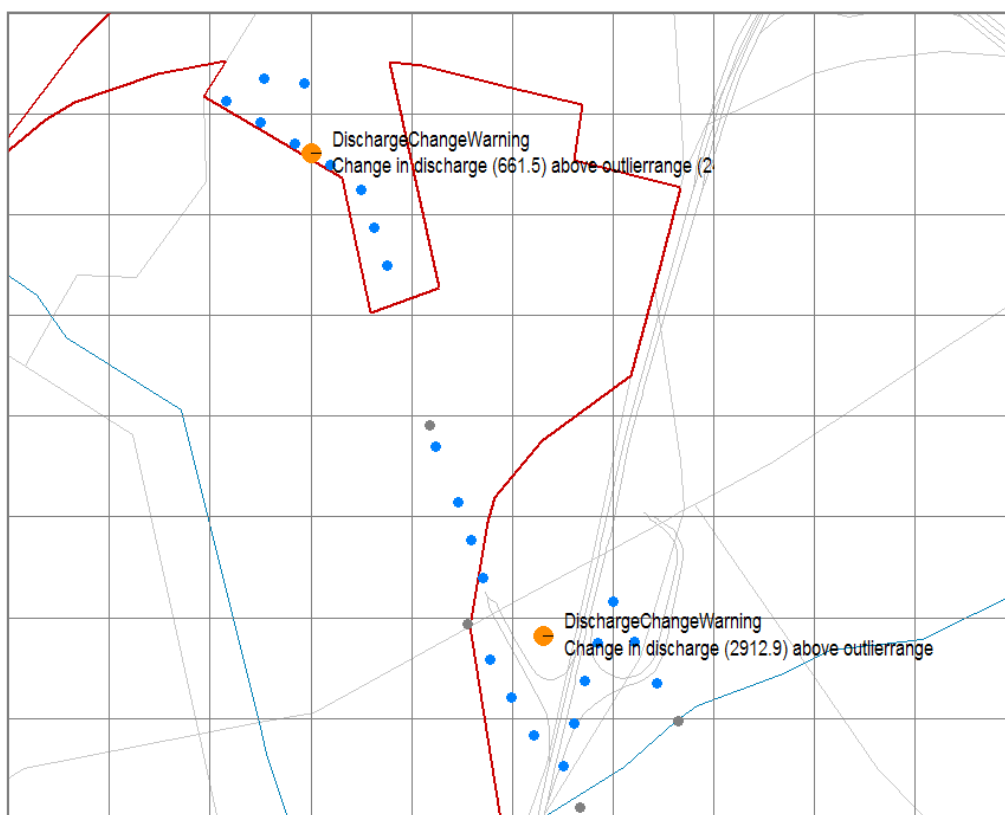
Voor deze check gaat het er om of de *totale* flux van een *cluster* van onttrekkingen realistisch is. Het kan namelijk zijn dat de putten uit een winveld wisselend aan en uit staan en daarmee een ander beeld laten zien dan de totale reeks. Hiertoe worden eerst clusters van onttrekkingen gezocht. Vervolgens wordt voor bijvoorbeeld uitbijters of filters in de stad gekeken naar het *totale* debiet van alle filters in het cluster. Om te bepalen of het filter in het juiste watervoerende pakket zit, wordt nog wel naar de individuele kenmerken van het filter gekeken.

Een cluster wordt hier gedefinieerd en gevonden als een groep van filters in dezelfde modellaag op minder dan afstand $x_{cluster, max}$ van elkaar en met ieder een minimale onttrekking van $q_{cluster, min}$ en die ten minste uit $n_{cluster, min}$ filters bestaat. Default worden de waarden $x_{cluster, max} = 250$ m, $q_{cluster, min} = 10$ m³/d en $n_{cluster, min} = 5$ gebruikt. Dit lijkt een goed resultaat te geven.

De gevonden clusters en bijbehorende gesommeerde debietreeksen zijn verwerkt in de overige controles. Zie bijvoorbeeld afbeelding 3.16 voor enkele gevonden clusters. Wanneer groepen onttrekkingen niet als clusters worden gezien, komt dit doordat er minder dan 5 bij elkaar liggen of doordat er gedurende de modelperiode niet onttrokken wordt.



Afbeelding 3.16 Voorbeelden van clusters in welt_vitens_14.ipf (blauw: gevonden clusters, grijs: onttrekkingen die niet als cluster worden gezien)



Afbeelding 3.17 Voorbeeld van twee groepen clusters (blauwe bollen, rondom oranje centrum van cluster) die zijn gevonden voor onttrekkingen van Vitens (blauwe + grijze bollen) in laag 8. Zie afbeelding 2.9 voor de gesommeerde reeks van het onderste cluster.

In Afbeelding 3.17 is een voorbeeld gegeven van een cluster dat uit twee groepen bestaat vanwege een afstand van meer dan $X_{cluster, min}$.

3.4.5.3 Gemiddelde flux is realistisch

Met deze check is gecontroleerd of het *gemiddelde* onttrekkingsdebiet (over een cluster of een individueel filter) over de modelperiode realistisch is.

Een *realistisch* onttrekkingsdebiet van een filter is hier gedefinieerd als een debiet dat qua grootte overeenkomt met de grootte en met de doorlatendheid van het watervoerende pakket waaruit wordt onttrokken.

Een NIET-realistisch debiet is een debiet waarvoor een of meer van onderstaande geldt:

- Wanneer de kD -waarde van het toegekende watervoerende pakket onder een vooraf gedefinieerde minimale waarde (kD_{min}) uitkomt. Om het aantal meldingen te beperken wordt default een minimale kD -waarde van $10 \text{ m}^2/\text{d}$ gebruikt.
- Zelfs wanneer de kD -waarde van het toegekende watervoerende pakket erg groot is, kan het pakket toch ongeschikt zijn voor onttrekking als de corresponderende k -waarde (doorlatendheid) erg klein is en de laag erg dik. Daarom wordt ook gecontroleerd op een minimale kh -waarde (kh_{min}). Om het aantal meldingen te beperken wordt default een minimale kh -waarde van 5 m/d gebruikt.
- Wat een realistische kD -waarde is hangt o.a. af van de grootte van het onttrekkingsdebiet: bij een groot debiet hoort een grote kD -waarde. Daarom wordt ook gekeken naar de verhouding

KD / Q , de KDQ -ratio (waarbij Q hier het gemiddelde debiet is over de modelperiode). Er wordt gecontroleerd of deze KDQ -ratio onder een vooraf gedefinieerde waarde (KDQ_{min}) uitkomt. Om het aantal onterechte meldingen te beperken wordt default een minimale KDQ -ratio van 0,5 gebruikt.

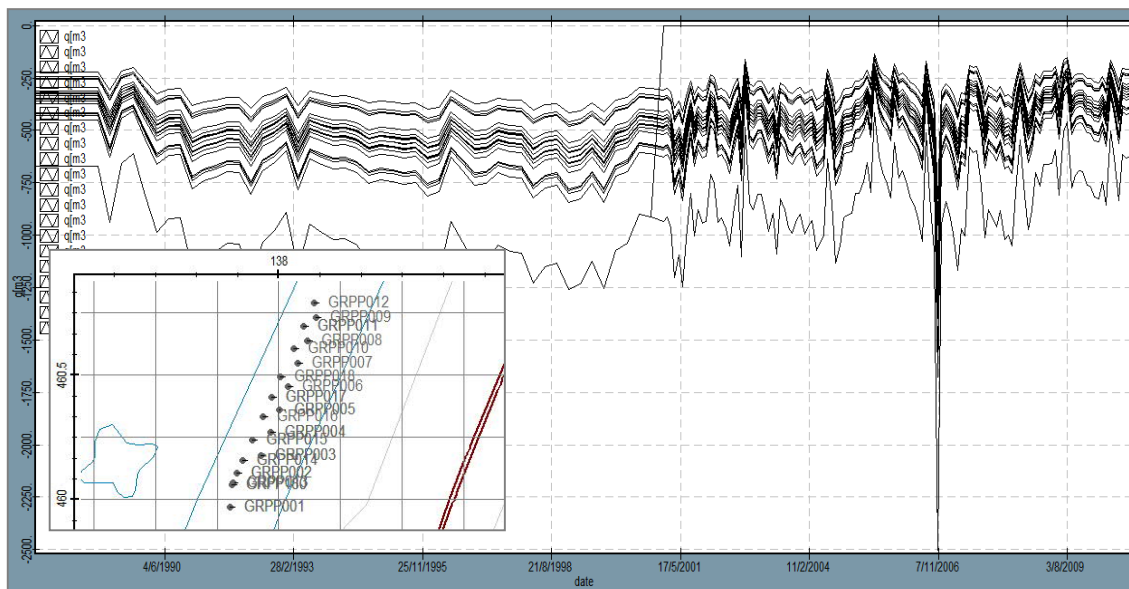
- Wanneer het een lang filter is dat ook voorkomt boven en onder dit watervoerende pakket ($(z_1 > TOP_i) \wedge (z_2 < TOP_{i+1})$) of wanneer het gemiddelde debiet $0 \text{ m}^3/\text{d}$ is, wordt er niet op de KD -waarde gecontroleerd.

Bovenstaande controles zijn alleen uitgevoerd indien het toegekende watervoerende pakket aan de boven- en onderzijde begrensd wordt door slecht doorlatende lagen met een minimale c -waarde van 50 dagen, omdat bij een kleine weerstand eigenlijk ook nog naar de KD van boven of onderliggende watervoerende pakketten gekeken moet worden. Een filter kan namelijk wel in een laagje staan met een lage KD , maar met een grof pakket er direct boven of onder, wordt het laagje toch niet droog getrokken. Dit kan eventueel ingebouwd worden in een volgende versie van de tool, maar vraagt nog afstemming en gebeurt nog niet in de huidige versie.

Voor het gemiddelde debiet van filters met een tijdreeks is het gemiddelde bepaald over de modelperiode van een *equidistant* gemaakte reeks. Hiervoor geldt dat de periode tussen twee datums gelijk is gemaakt aan de minimale periode tussen twee datums in het IPF-bestand. Tussengliggende waarden zijn opgevuld met de eerder gedefinieerde waarde.

3.4.5.4 Geen onverwachte (grote) sprongen in de tijdreeks

Met deze check wordt gecontroleerd of er geen grote, onverwachte sprongen in de debiet tijdreeks van het cluster of van het individuele filter voorkomen. Dit wordt gedaan door de debietreeks om te zetten naar een reeks met de absolute veranderingen van het debiet en in deze reeks te zoeken naar uitbijters. Daarnaast wordt ook gezocht naar uitbijters in de debietreeks zelf. Zie paragraaf 4.1 voor de gebruikte methode voor het vinden van uitbijters.



Afbeelding 3.18 extreme onttrekking in puttenveld die gedetecteerd wordt als uitbijter.

Probleem bij deze controle is dat eigenlijk alle onttrekkingsreeksen een te lage frequentie hebben om goede statistiek mee uit te voeren. Wanneer er slechts één meting per maand of zelfs (vaak) per kwartaal is, dan lijken veranderingen al snel extreem. Met name bij het bepalen

van sprongen is dit een probleem, waardoor er hier een minimale meetfrequentie van eens per maand wordt gehanteerd voor controle. Daarnaast worden 0 debieten vooraf aan de controle uitgefilterd. Nog steeds geeft dit meldingen die vermoedelijk onterecht zijn, zoals een debietreeks die ongeveer 2-3 jaar rond de 200 m³/d schommelt en dan verandert naar 600 m³/d. Een dergelijke verandering kan enerzijds als een uitbijter worden gezien, maar lijkt anderzijds niet onrealistisch. Met name bij de winningen van Vitens kunnen dergelijke uitschieters regelmatig voorkomen in tijdreeksen en toch realistisch zijn.

3.4.5.5 Een grote onttrekking ligt niet in of nabij een stad

Met deze check wordt gecontroleerd of er grote onttrekkingen (te) dicht bij de stad liggen. Het komt namelijk wel eens voor dat per ongeluk het postbusadres is gebruikt voor de filterlocatie.

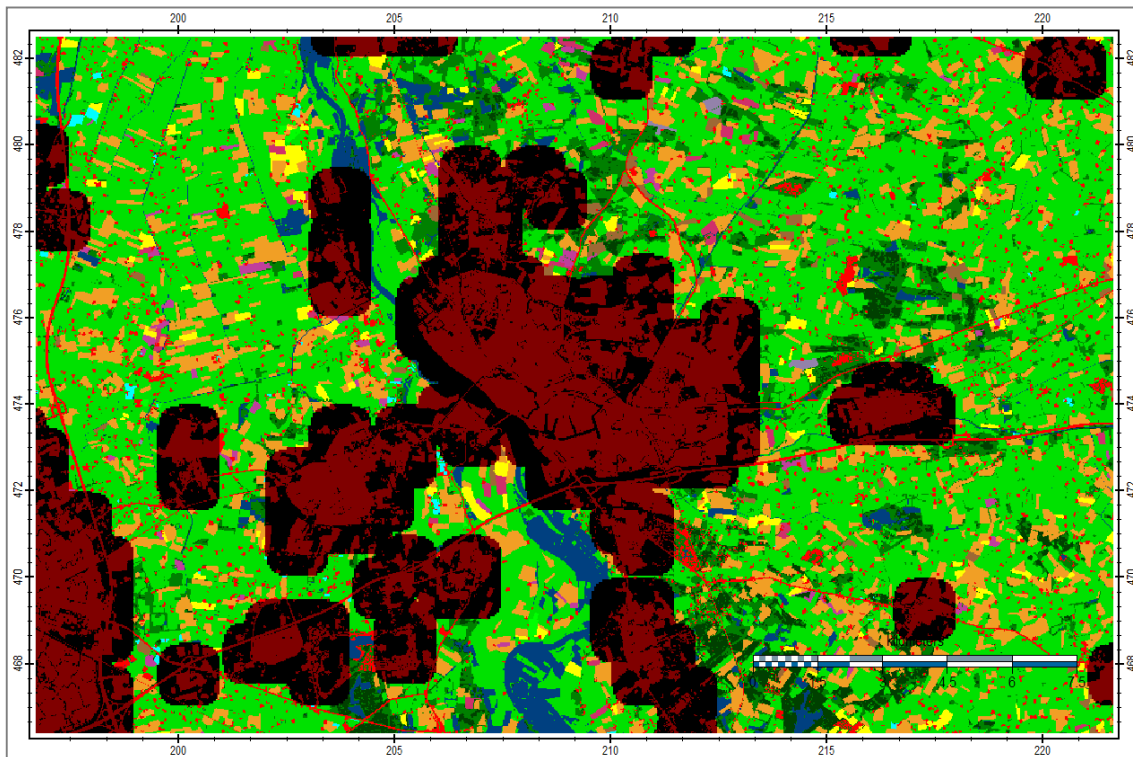
Er wordt gezocht naar onttrekkingen met een gemiddeld onttrekkingsdebiet van ten minste $q_{city,min}$ en binnen buffer x van een stad. Default worden waarden van $q=1000$ m³/d en $x=500$ m gebruikt.

Steden worden hierbij gevonden op basis van de LGN-kaart. In de tool kan worden opgegeven welke LGN-codes kunnen voorkomen voor stedelijk gebied. Omdat er in de LGN-kaart geen onderscheid wordt gemaakt tussen stedelijk gebied en buitenstedelijk verhard gebied, wordt de volgende methode gebruikt om grote aaneengesloten stukken stad te vinden:

- Alle cellen met een code voor stedelijk gebied krijgen dezelfde code (de eerste opgegeven)
- Het grid wordt opgeschaald naar een opgegeven blokresolutie, bijvoorbeeld 1000 m. Hierbij wordt de MostOccurring-methode gebruikt om te bepalen welke waarde aan de opgeschaalde cel wordt gegeven: de meest voorkomende waarde.
- Vervolgens worden alle cellen met stedelijk gebied geselecteerd, de rest wordt NoData.
- Hierna worden het grid weer neergeschaald (simpelweg de blokwaarde) naar een celgrootte die bepaald wordt door een percentage (accuracy α) van de opgegeven buffer (x): celgrootte = $x * 100 / \alpha$, afgerond naar de eerstvolgende gangbare celgrootte, waarbij $1 \leq \alpha \leq 100$.
- Selecteer binnen de resulterende blokken de cellen in het LGN-grid die een LGN-code voor stedelijk gebied hebben.
- Maak een grid van de geselecteerde cellen inclusief een buffer x rondom de geselecteerde cellen.

Dit resulteert er effectief in dat alleen celblokken van de opgegeven blok grootte met daarin LGN-codes voor stedelijk gebied in het merendeel van de cellen, worden gezien als steden. Enkel rondom deze steden van een minimale grootte wordt een buffer toegekend.

Zie afbeelding 3.19 voor een voorbeeld van de resulterende buffers rondom stedelijk gebied.



Afbeelding 3.19 Voorbeeld CityBuffer.IDF (over het LGN6-grid) met blocksize=1000 m, buffersize=500 m, accuracy=10%

Vervolgens wordt voor onttrekkingen met een debiet groter dan het opgegeven gemiddelde debiet gekeken of deze binnen het bepaalde stedelijk gebied plus buffer liggen. Er kan uiteraard wel een kortdurende bemaling zijn in de stad vanwege werkzaamheden. Maar het komt i.v.m. ongewenste verspreiding van verontreinigingen en ongewenste zettingen niet vaak meer voor dat er langdurig een hele grote bemaling binnen stedelijk gebied plaatsvindt. Om meldingen van tijdelijke bemalingen in de stad te voorkomen wordt een minimale periode met niet-nul waarden gehanteerd van 275 dagen.

3.4.6 Modelresultaten-check

Voor de modelresultaten zijn de volgende controles beschikbaar:

- Ligt de stijghoogte (HEAD) binnen verwacht bereik en zijn er geen uitbijters
- Ligt de kwel (BDGFLF) binnen verwacht bereik en zijn er geen uitbijters

Per cel wordt gekeken of de waarde een uitbijter is ten opzichte van een $(2d+1) \times (2d+1)$ -grid van omringende cellen, voor een op te geven buffer van d cellen rondom de onderzochte cel. De uitbijters kunnen voor beide controles worden gezocht met de IQR- of HistogramGap-methode die beiden robuust zijn en geschikt voor niet-normale verdelingen. Zie paragraaf 4.1 voor een beschrijving van beide methoden.

Omdat het controleren van alle modelresultaat-bestanden mogelijk een onoverzichtelijk aantal vergelijkbare resultaten zou opleveren is het mogelijk een selectie te maken van de te onderzoeken maanden, jaren en dagen. Als een van deze niet wordt opgegeven wordt een default gehanteerd: het middelste en laatste jaar, de oneven maanden en dag 14.

4 Gebruikte algemene technieken

In dit hoofdstuk worden enkele algemeen in de tool gebruikte technieken beschreven.

4.1 Bepalen van uitbijters

Een eenvoudige, veelgebruikte methode definieert uitbijters als waarden buiten het interval $[\text{gem} - 6\sigma, \text{gem} + 6\sigma]$, ofwel waarden verder dan zes maal de standaarddeviatie (σ) van het gemiddelde vandaan. Voor het toepassen van deze methode en het gebruik van de standaarddeviatie is het een voorwaarde dat de gegevens normaal verdeeld zijn.

Vaak zijn de gegevens echter niet normaal verdeeld zodat een meer robuuste methode nodig is. In de iMODValidator-tool zijn daarom twee robuuste methoden opgenomen:

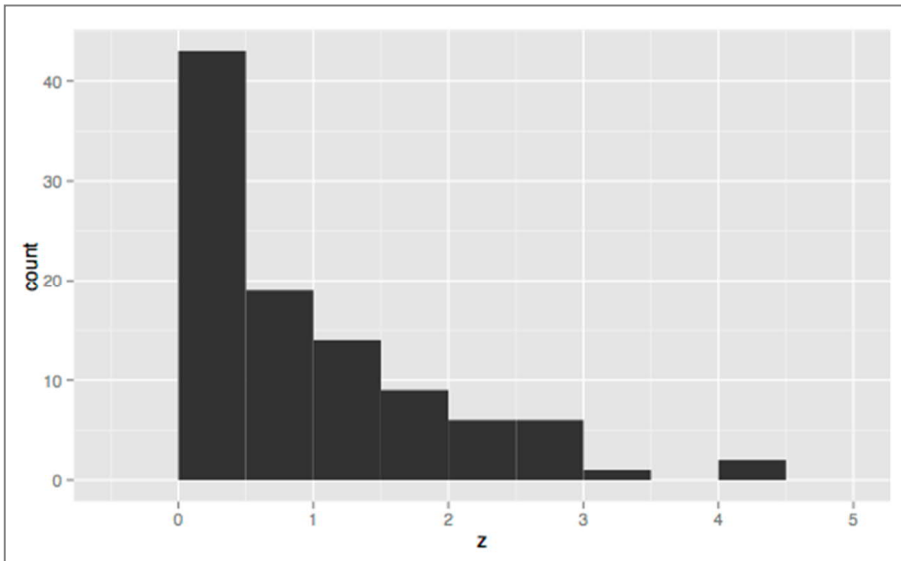
- de standaard IQR-methode, die uitbijters definieert als waarden buiten het interval $[Q1 - m \cdot \text{IQR}, Q3 + m \cdot \text{IQR}]$, waarbij $Q1$ het eerste kwartiel, ofwel het 25%-percentiel, $Q3$ het derde kwartiel, ofwel het 75%-percentiel, IQR de Interquartile Range ($Q3 - Q1$) en m een factor is. Een waarde van $3,95 \cdot \text{IQR}$ komt overeen met 6σ wanneer de gegevens normaal verdeeld zouden zijn. De methode is robuust in de zin dat er geen aannames worden gedaan over de onderliggende verdeling van data en werkt daarom bijvoorbeeld ook op niet-symmetrische verdelingen met een zware staart.
- De methode van Patterson¹¹, die voor deze tool de "HistogramGap"-methode wordt genoemd. Deze maakt gebruik van de eigenschap dat we als mens in een histogram met een goede klassengrootte snel visueel uitbijters kunnen herkennen doordat er een klein groepje waarden (de uitbijters) van de hoofdverdeling worden gescheiden door één of meer histogramklassen zonder waarden, zie afbeelding 4.1.

4.1.1 HistogramGap-methode van Patterson

In de methode van Patterson¹¹ wordt een histogram gemaakt op basis van een klassengrootte ϵ . Vervolgens worden de histogramklassen vanuit het centrum van de verdeling naar buiten langsgelopen. De waarden voorbij de eerste lege histogramklasse, worden gezien als uitbijters. Meer formeel: een verzameling geordende elementen $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ vormen een groep wanneer, voor een gekozen $\epsilon > 0$, $x_i - x_{i-1} < \epsilon$ for all $i \leq N$. De hoofdverdeling wordt gevormd door de groep met het meeste aantal elementen. Uitbijters zijn simpelweg elementen buiten deze groep. Dus wanneer $x_i - x_{i-1} > \epsilon$, dan is x_i een uitbijter.

Essentieel is uiteraard het bepalen van een geschikte klassengrootte. Hier wordt de regel van Freedman–Diaconis gebruikt die stelt dat $\epsilon = 2 \cdot \text{IQR} N^{-1/3}$, waarin N het aantal waarden is. Dit geeft een robuuste methode die wederom onafhankelijk is van het type verdeling. De regel is wel verder veralgemeniseerd tot: $\epsilon = m \cdot (P_{100-i} - P_i) N^{-1/3}$, waarbij m een in te stellen factor/multiplier is en P_i het i -de percentiel. Voor de meest extreme uitbijters wordt bijvoorbeeld gebruikt: $\epsilon = 3.95 \cdot (P_{95} - P_5) N^{-1/3}$. De methode blijkt vrij goed te werken voor het vinden van uitbijters in watergerelateerde datasets.

¹¹ Patterson, A Robust, Non-Parametric Method to Identify Outliers and Improve Final Yield and Quality, CS MANTECH Conference, April, 2012, Boston, Massachusetts, USA, <http://www.csmantech.org/Digests/2012/abstracts/83R-A%20Robust,%20Non-Parametric%20Method%20to%20Identify%20Outliers.pdf> of <http://gaasmantech.com/Digests/2012/papers/4.4.017.pdf>

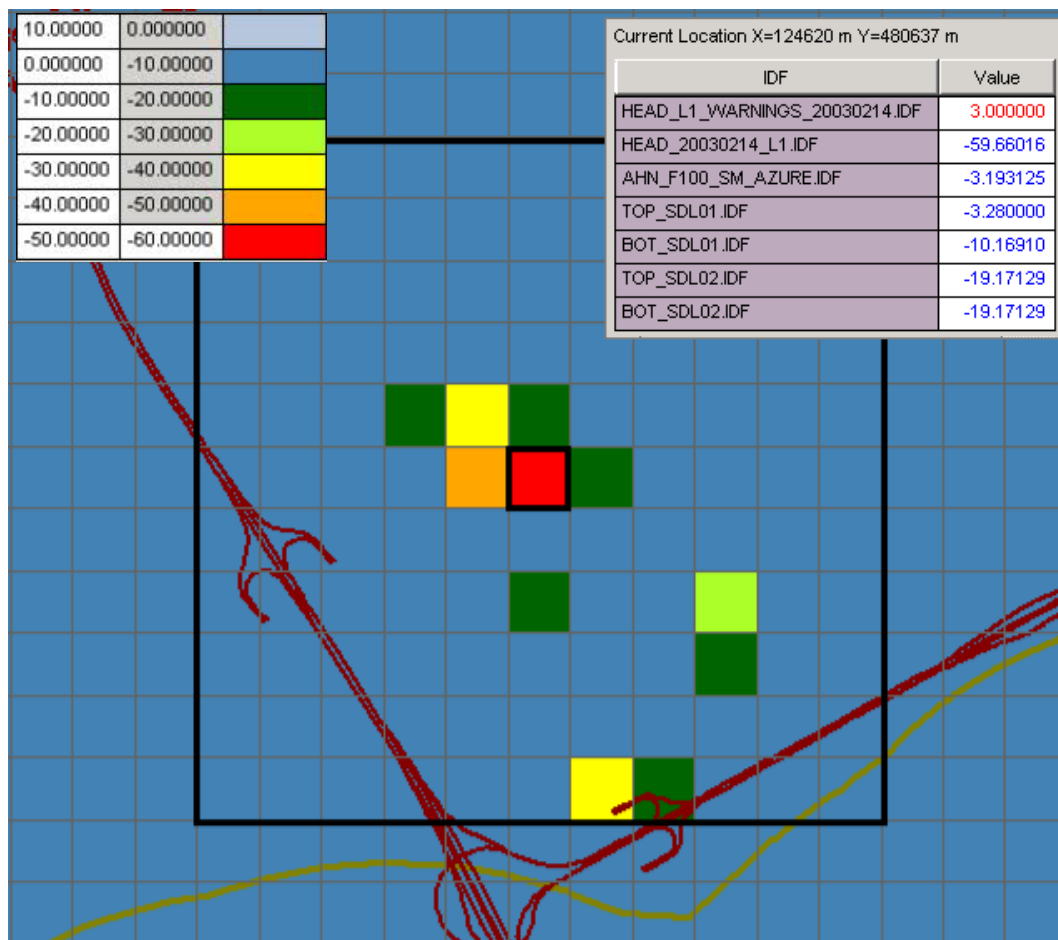


Afbeelding 4.1 Voorbeeldhistogram van data uit scheve verdeling met uitbijters
(bron: Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Histogram>).

4.1.2 Uitbijters in 2D-grids

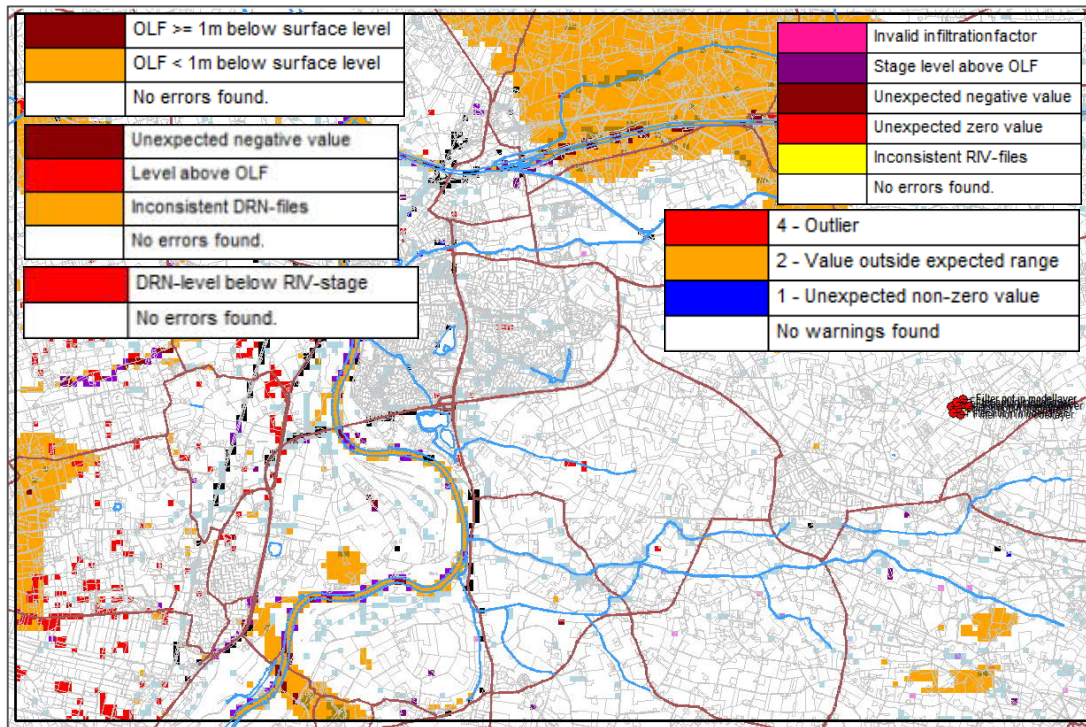
Zowel de IQR- als de HistogramGap methode zijn eenvoudig uit te breiden van een controle op een tijdreeks naar een controle op 2D-grids. In dat geval wordt voor iedere cel als volgt bepaald of het een uitbijter is. Het blok $(2d+1) \times (2d+1)$ cellen rondom de onderzochte cel, wordt simpelweg geanalyseerd met één van de beide methoden. Als de celwaarde dus sterk afwijkt van de waarden in de directe omgeving zal een uitbijter worden gevonden. Er worden goede resultaten gevonden met een waarde van $d=5$. Zie afbeelding 4.2 voor een voorbeeld.

Optioneel kan nog in de tool aangegeven worden dat bij aan elkaar grenzende cellen van uitbijters alleen de meest extreme waarde wordt gemarkeerd als uitbijter.

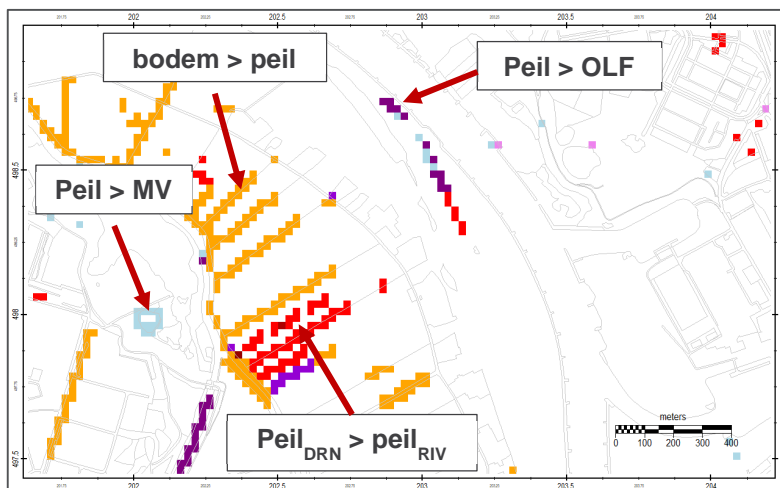


Afbeelding 4.2 Uitbijters in een grid: binnen het blok van 11 x 11 cellen wordt gekeken naar uitbijters volgens de IQR- of de HistogramGap-methode. Dit voorbeeld laat een extreme HEAD_L1 van -59,6m+NAP zien voor 2003-02-14 in deelgebied D4.

Bijlage 1 Voorbeeld Screenshots



Afbeelding B1.1 Resultaten kaartweergave in IMF-project met corresponderende legenda's



Afbeelding B1.2 Voorbeeld gevonden onvolkomenheden

iMODValidator Validation

iModValidator Report

iMODValidator Validation

Statistics for model: TESTMODEL_STAT_ORG_BAS.RUN
 Modelpath: C:\Data\Modellen\Standaarden\Modelstructuur-iMOD\Demo_iMOD-Instrumentarium\SwecoModelDemoFull-MIPWA
 Validationdate: 4-2-2019
 Extent: [(204000,454000),(223000,466500)]
[Additional issues reported in the logfile: 12 warnings and 0 errors](#)

Summary per check

Checkname	Package	Stress period	Layer nr	Total error	Total errorloc's	Total warning	Total warningloc's
BDGFLF-check	BDGFLF	steady-state	1	0	0	33	29
BDGFLF-check	BDGFLF	steady-state	2	0	0	27	25
BDGFLF-check	BDGFLF	steady-state	3	0	0	15	14
BDGFLF-check	BDGFLF	steady-state	4	0	0	8	8
BDGFLF-check	BDGFLF	steady-state	5	0	0	2	2
BDGFLF-check	BDGFLF	steady-state	6	0	0	1	1
DRN-check	DRN	steady-state	1	193	193	208	208
DRN-RIV-check	DRN-RIV	steady-state	1	311	311	0	0
KHV-KVV-KVA-check	KHV	steady-state	2	0	0	3	3
KHV-KVV-KVA-check	KHV	steady-state	3	0	0	68	68
KHV-KVV-KVA-check	KHV	steady-state	5	0	0	2225	2225
KHV-KVV-KVA-check	KVA	steady-state	1	0	0	16	16
KHV-KVV-KVA-check	KVA	steady-state	7	0	0	33	33
KHV-KVV-KVA-check	KVA	steady-state	8	0	0	90	90
KHV-KVV-KVA-check	KVV	steady-state	8	0	0	730	730
OLF-check	OLF	steady-state	1	90	90	0	0
RIV-check	RIV	steady-state	1	2	2	241	211
RIV-check	RIV	steady-state	2	3	3	545	435
RIV-check	RIV	steady-state	3	2	2	234	185
RIV-check	RIV	steady-state	4	30	30	513	476
RIV-check	RIV	steady-state	5	0	0	282	282
RIV-check	RIV	steady-state	6	19	19	583	531

Sweco iModValidatorReport

iModValidatorReport Logissues

Gereed Pagina: 1 van 4 80%

Afbeelding B1.2 Voorbeeld resultaten in tabelweergave in Excel