

KWELHERSTEL IN HET ULVENHOUTSE BOS

Uitgangspunten hydrologische modelberekeningen

Provincie Noord-Brabant

22 NOVEMBER 2019

Contactpersoon

JOHAN BOLEIJ

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018
5200 BA 's-
Hertogenbosch
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
2	BRONGEGEVENS	5
3	MODELUITGANGSPUNTEN	6
3.1	Uitgangspunten grondwatermodel	6
3.2	Uitgangspunten oppervlaktewatermodel	8
3.2.1	Validatie modelresultaat	8
3.3	Overzicht modelscenario's	10
4	IMPLEMENTATIE MAATREGELEN VKA	11
4.1	Verwerking in A-watergangen	12
4.1.1	Aanvullende analyse nieuwe informatie	15
4.2	Verwerking in zijginggebied	24
4.3	Verwerking moerasbeek	24
	COLOFON	25

1 INLEIDING

Om de hydrologische effecten van de maatregelen op het Ulvenhoutse Bos en haar omgeving te bepalen is gebruik gemaakt van beschikbare modelinstrumenten van het beekstelsel en het grondwatersysteem. Voor de hydrologische berekeningen is gebruik gemaakt van bestaande modellen die in een eerdere fase van het traject óf voor andere doeleinden zijn ontwikkeld:

- Grondwatermodel: In het kader van het project “geohydrologisch modelonderzoek Ulvenhoutse Bos” ontwikkeld en gekalibreerd. Achtergrondinformatie over het model te vinden in “Geohydrologisch modelonderzoek Ulvenhoutse Bos, Arcadis 2017”;
- Oppervlaktewatermodel: Sobek-model watersysteemtoets 2014 – versie toegestuurd door WSBD november 2018 “BOM_CHAB.lit”.

Dit document beschrijft de uitgangspunten omtrent de modelberekeningen van het voorkeursalternatief (VKA) van het project “Kwelherstel in het Ulvenhoutse Bos”. Het doel van dit document is het vastleggen van de uitgangspunten:

- Brongegevens en -modellen;
- Modeluitgangspunten;
- Implementatie van maatregelen in de modellen;

Het VKA is door de provincie Noord-Brabant opgesteld en is het resultaat van de bovengenoemde variantenstudie “Geohydrologisch modelonderzoek Ulvenhoutse Bos, Arcadis 2017” en afwegingen tussen alternatief A en alternatief B. Deze afwegingen zijn gerapporteerd in het Milieueffectrapport kwelherstel Ulvenhoutse Bos. Achtergrondinformatie over de variantenstudie wordt verwezen naar geohydrologisch modelonderzoek.

2 BRONGEGEVENS

Voor de hydrologische berekeningen wordt gebruik gemaakt van bestaande modellen die in een eerdere fase van het traject óf voor andere doeleinden zijn ontwikkeld.

- Grondwatermodel: In het kader van het project “geohydrologisch modelonderzoek Ulvenhoutse Bos” ontwikkeld en gekalibreerd. Achtergrondinformatie over het model te vinden in “Geohydrologisch modelonderzoek Ulvenhoutse Bos, Arcadis 2017”;
- Oppervlaktewatermodel: Sobek-model watersysteemtoets 2014 – versie toegestuurd door WSBD november 2018 “BOM_CHAB.lit”.

De modellen zijn gecontroleerd en eventueel aangepast conform enkele aangeleverde brongegevens:

- Peilen greppels in Ulvenhoutse Bos volgens Bos & Waterplan (juni 2017);
- Profielen Broekloop volgens inmetingen (2013);
- Kunstwerken en profielen inrichtingsfase Broekloop (2007).

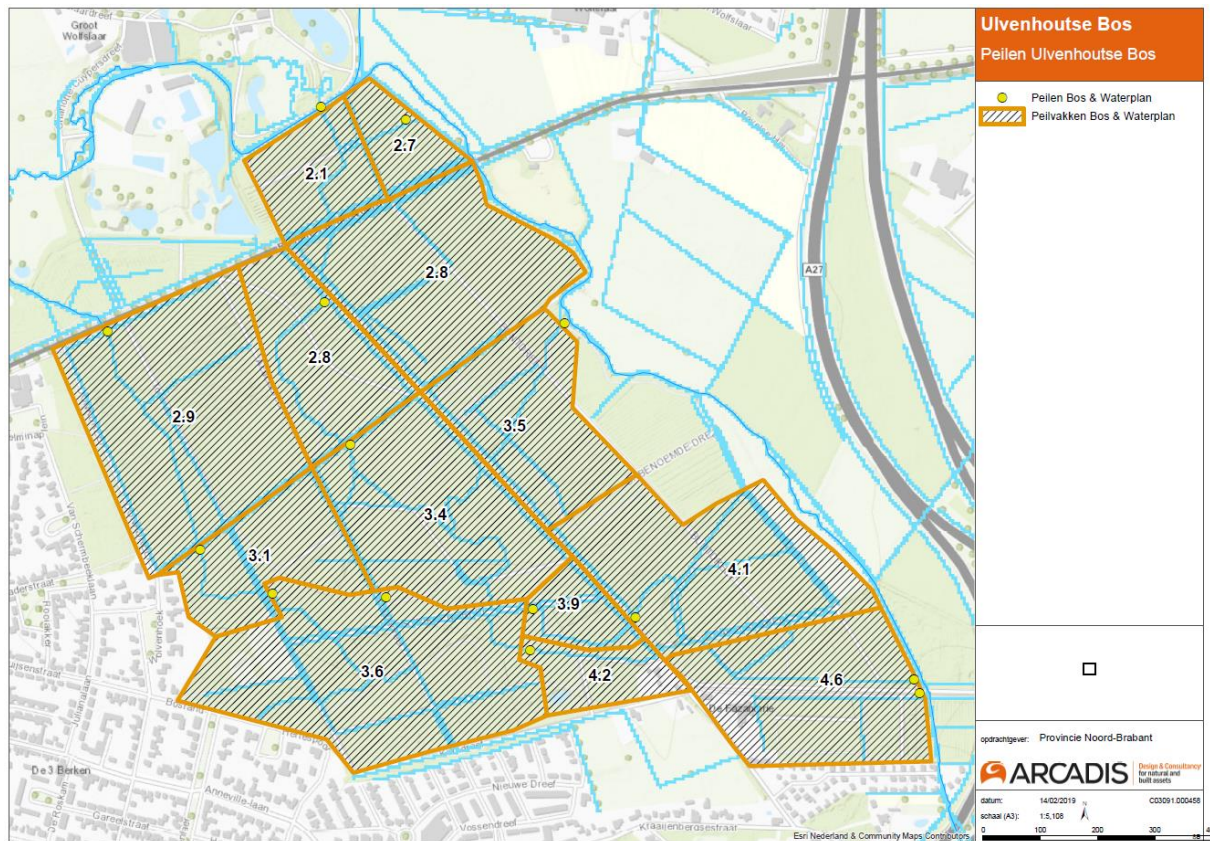
3 MODELUITGANGSPUNTEN

3.1 Uitgangspunten grondwatermodel

De uitgangspunten voor de geohydrologische berekeningen zoals gerapporteerd en gehanteerd in het in 2017 uitgevoerde geohydrologisch modelonderzoek worden in deze modeloefening overgenomen. Daarbij wordt dezelfde rekenperiode (2004 – 2015) en GxG- en kwelstroomperiode (2007 – 2015) gehanteerd.

In het grondwatermodel zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd:

- Het meest recent aangeleverde Sobek-model voor de Broekloop wordt gebruikt. Het in 2017 aangeleverde Sobek-model ontbraken kleinere cat.A-waterlopen van het stroomgebied dat in het huidige toegestuurde model wél is opgenomen. Dat betrof onder andere het geheel bovenstrooms A58, destijds bepaald aan de hand van AHN2. De voorjaarswaterstand wordt voor de winterperiode gehanteerd en zomer(maand)waterstand voor de zomerperiode conform eerdere modelstudies Markdal en Ulvenhoutse Bos;
- Peilen van het Bos & Waterplan worden verwerkt in het Ulvenhoutse Bos (huidige situatie + maatregelen). Dit peilenplan is enkel beschikbaar met puntgegevens, om de vertaling te maken naar het slotennetwerk is een schatting gemaakt van de peilgebieden. Deze gebieden zijn weergegeven op de onderstaande kaart. Wanneer het huidige peil van de sloot in het betreffende peilvak lager is dan het stuwpeil, dan wordt deze verhoogd tot stuwpeil. Indien het peil reeds hoger is in het basisbestand wordt het peil niet gewijzigd. Aanpassingen zijn verricht in de modelpakketten overlandflow (maaiveldbestand) en drainage (greppelsbestand) conform onderstaande Figuur 1. De invoer is gecontroleerd op juistheid door Staatsbosbeheer;



Figuur 1: Peilen conform Bos&Waterplan verwerkt in het grondwatermodel.

3.2 Uitgangspunten oppervlaktewatermodel

Parameters zoals in het aangeleverde basismodel zijn overgenomen:

- Wandruwheid dwarsprofielen/watergangen: Strickler 20 m^{1/3}/s
- Duikers:
 - Wandruwheid Strickler 75 m^{1/3}/s
 - Inlaatcoëfficiënt 0,5 – 0,6
- Stuwen:
 - Afvoercoëfficiënt 1

Maatgevende situaties T1 t/m T100 worden berekend met de aangeleverde afvoergolven CH_1.BUI, CH_2.BUI, CH_5.BUI, CH_10.BUI, CH_25.BUI, CH_50.BUI en CH_T100.BUI. De voorjaars- en zomerafvoer wordt doorgerekend op basis van een verschaling van onderstaande afvoeren (naar afwateringseenheid) in het stroomgebied van de Bavelse Leij en Broekloop. Deze afvoeren zijn gerapporteerd en omschreven in “Sobek modellogboek WSA Chaamse Beek, Daniel Coenen WSBD april 2017”.

Tabel 1: afvoer bij meer frequente afvoersituaties voor de monding van de Bavelse Leij in de Bovenmark bepaalt op basis van de maatgevende afvoer van de Bavelse Leij en de afvoermeetreeks van de Chaamse Beek

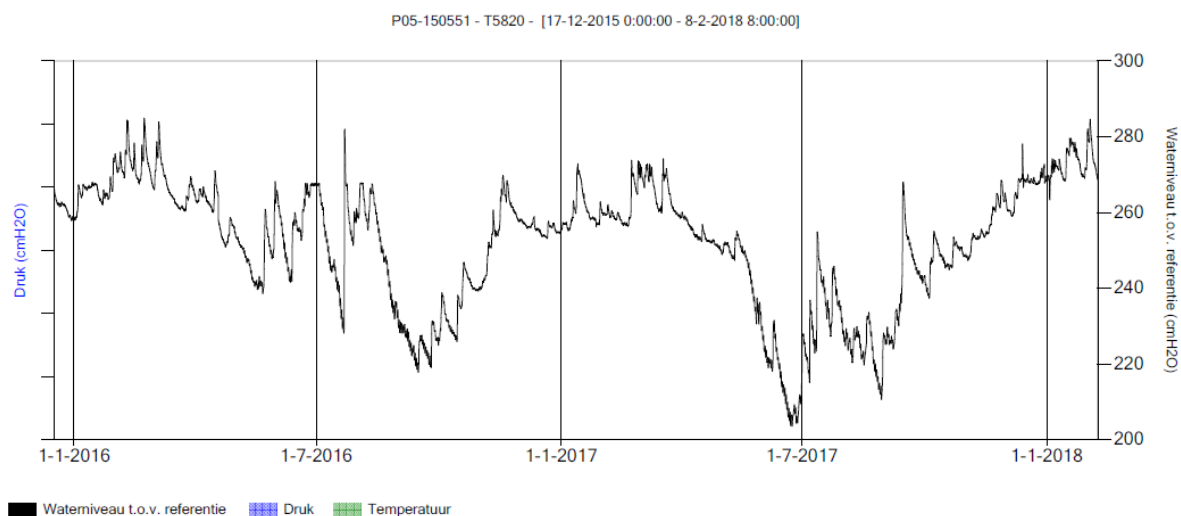
Benaming afvoer	Afvoer [m ³ /s]	Herhalingstijd
maatgevende afvoer:	0,507	➤ 2 dagen/jaar
halve maatgevende afvoer:	0,215	➤ 20 dagen/jaar
voorjaarsafvoer:	0,068	➤ 100 dagen/jaar
mediane afvoer:	0,032	➤ 200 dagen/jaar
droogste maand afvoer:	0,007	➤ 335 dagen/jaar
droogste week afvoer:	0,005	➤ 358 dagen/jaar

3.2.1 Validatie modelresultaat

In verband met discussies in de werkgroep over de oppervlaktewaterpeilen nabij de begraafplaats langs de Broekloop is het berekende peil vergeleken met peilbuisgegevens. De berekende peilen op hetzelfde punt in de beek zijn als volgt:

- Zomersituatie – NAP +2,01 m
- Voorjaarssituatie – NAP +2,21 m

Het berekende peil in de beek is dus met name in het voorjaar aan de lage kant. Het berekende effect als gevolg van de beekbodemverhoging wordt daarom in deze hoek wat overschat.



Figuur 2: Gemeten waterstand in de Broekloop nabij de begraafplaats.

3.3 Overzicht modelscenario's

In aanloop naar het VKA zijn twee alternatieven uitgewerkt en onderzocht. Op basis van deze bevindingen is het VKA tot stand gekomen. In onderstaande tabellen is een overzicht gegeven van de modelberekeningen.

Tabel 2: Overzicht modelcase grondwatermodel "C03091000273_UlvenhoutseBos"

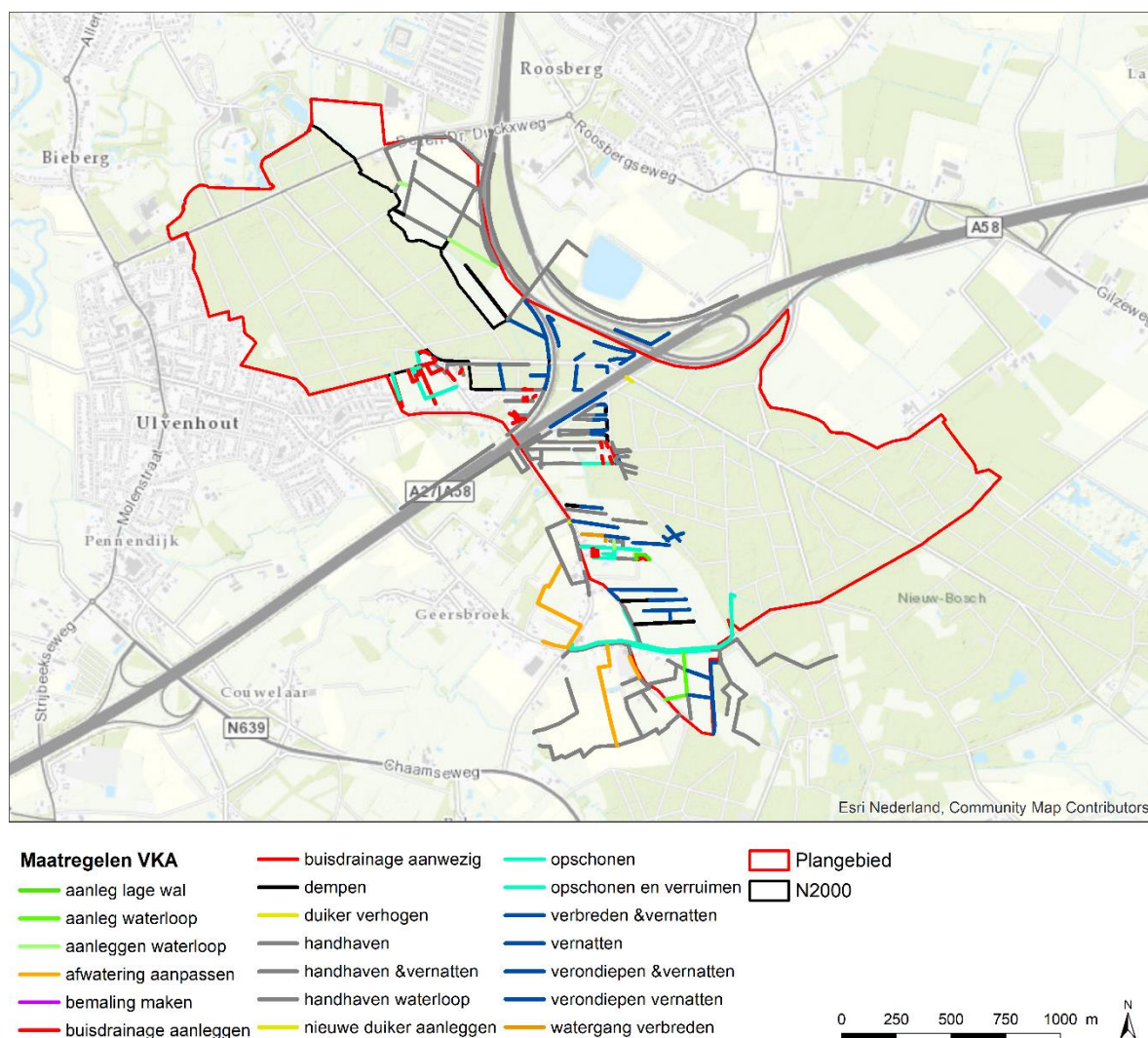
Situatie	Modelcase
Referentie/huidige situatie	UB_NSTAT_2004-2015_25X25_v02_conT10_x5_hdg_update_riv0_v03
Alternatief A inclusief inrijingsgebied	UB_NSTAT_2004-2015_25X25_v02_conT10_x5_varA_inrijing_riv0_v02
Alternatief A exclusief inrijingsgebied	UB_NSTAT_2004-2015_25X25_v02_conT10_x5_varA_riv0_v02
Alternatief B inclusief inrijingsgebied	UB_NSTAT_2004-2015_25X25_v02_conT10_x5_varB_inrijing_riv0_v03
Alternatief B exclusief inrijingsgebied	UB_NSTAT_2004-2015_25X25_v02_conT10_x5_varB_riv0_v03
Voorkeursalternatief	UB_NSTAT_2004-2015_25X25_v02_conT10_x5_VKA

Tabel 3: Overzicht modelcases oppervlaktewatermodel "UHBOSdef.lit"

Situatie	Modelcase
Huidige situatie – basisafvoeren	23 'BavelseLeij-Broekloop_huidig_VJ_ZMR-ks10'
Alternatief A – basisafvoeren	26 'BavelseLeij-Broekloop_varA_VJ_ZMR-ks10'
Alternatief B – basisafvoeren	27 'BavelseLeij-Broekloop_varB_VJ_ZMR-ks10'
Voorkeursalternatief – basisafvoeren	31 'BavelseLeij-Broekloop_VKA_nieuw'
Huidige situatie – hoogwater T=2	11 'BavelseLeij-Broekloop_huidig_VJ-ini T2'
Huidige situatie – hoogwater T=10	12 'BavelseLeij-Broekloop_huidig_VJ-ini T10'
Huidige situatie – hoogwater T=25	13 'BavelseLeij-Broekloop_huidig_VJ-ini T25'
Alternatief A – hoogwater T=2	14 'BavelseLeij-Broekloop_varA_VJ-ini T2'
Alternatief A – hoogwater T=10	15 'BavelseLeij-Broekloop_varA_VJ-ini T10'
Alternatief A – hoogwater T=25	16 'BavelseLeij-Broekloop_varA_VJ-ini T25'
Alternatief B – hoogwater T=2	17 'BavelseLeij-Broekloop_varB_VJ-ini T2'
Alternatief B – hoogwater T=10	18 'BavelseLeij-Broekloop_varB_VJ-ini T10'
Alternatief B – hoogwater T=25	19 'BavelseLeij-Broekloop_varB_VJ-ini T25'

4 IMPLEMENTATIE MAATREGELEN VKA

Er zijn verschillende maatregelen aangeleverd door Gerrit Schouten van de provincie Noord-Brabant (maatregelenBROEKloop.shp). In Figuur 3 zijn de maatregelen op kaart weergegeven en Tabel 4 is beschreven hoe de maatregelen worden verwerkt in het model. Een uitgebreidere toelichting is gegeven op implementatie van A-watergangen, de infiltratiebekken en de overlandflowmodule in de paragrafen 4.1, 4.2 en 4.3.

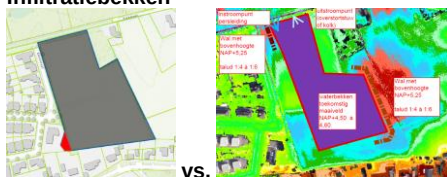


Figuur 3: Maatregelenkaart VKA.

Tabel 4: Maatregellentabel

Maatregel	Wijze verwerking
Streefpeilen	Bovenstrooms van streefpeilpunten peil aanpassen daar waar nieuwe peil anders is dan referentie.
Streefpeilen in A-watergang (St. Annabos)	Verwerken in Sobek-model – via Sobek2iMOD naar grondwatermodel alleen in de “Broekloop A-watergangen in het Annabos”
Aanleg wal	Niet verwerken (te veel detail voor model)
Aanleg waterloop	Toevoegen aan top10-greppels. Peil conform aangrenzende waterlopen of stuwpeil maatregelenpakket.

Maatregel	Wijze verwerking
Afwatering aanpassen	Weerstand conform standaard uitgangspunt. Toevoegen aan top10-greppels indien waterloop nog niet in greppelbestand was opgenomen. Peilen toepassen in top10-greppels adh van aangegeven peilen provincie
Bemaling maken	Peil verwerken in top10-greppels bestand
Drainage strengen toepassen / buisdrainage aanleggen	Locatie en peil verwerken in top10-greppels of buisdrainage bestand
Dempen	Top10-greppels bestand op locatie naar nodata
Vernatten / afdammen	Indien peil bekend, peil overnemen in top10-greppels
Duiker verhogen	Peil aanpassen bovenstroomse sloten in top10-greppels
Nieuwe duiker	Peil aanpassen bovenstroomse sloten in top10-greppels
Handhaven/ handhaven waterloop	nvt, geen wijzigingen
Handhaven en vernatten	De door de provincie opgegeven peilen opnemen in top10-greppels
Opschonen	Niet verwerken (te veel detail voor model)
Opschonen en verruimen	Niet verwerken (te veel detail voor model)
Verbreden en vernatten	Peilen overnemen in top10-greppels bestand
Verondiepen en vernatten	Peilen overnemen in top10-greppels bestand
Watergang verbreden	Niet verwerken (te veel detail voor model)
Infiltratiebekken	De afmeting wordt verkleind tot het aangegeven formaat vanuit de pdf (rechter afbeelding, "Waterbekken_okt2019.pdf"). Op basis van methode beschreven in de uitgangspuntennotitie van februari 2019 wordt nieuwe modelinvoer gemaakt.



4.1 Verwerking in A-watergangen

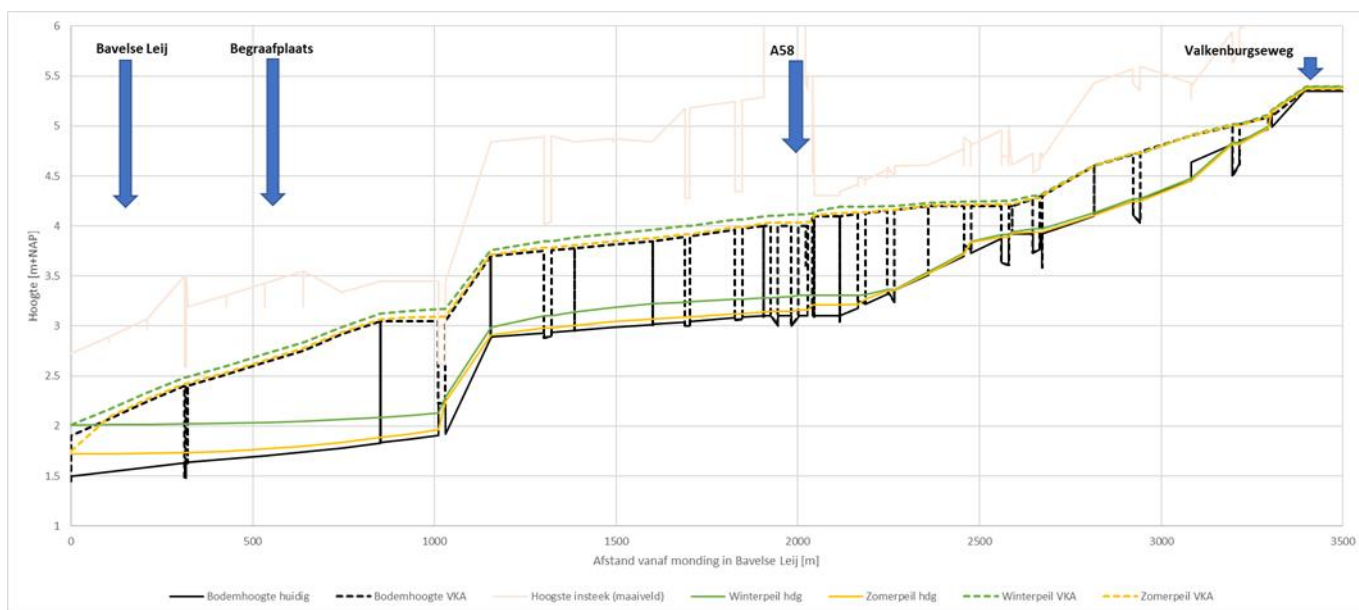
Maatregelen in A-watergangen van het waterschap zijn verwerkt in het Sobek-model. In de Broekloop is door middel van bodemverhoging naar het gewenste voorjaarstreefpeil toegewerkt. In de overige waterlopen is peilverandering door middel van stuwen verwerkt.

Tabel 5: Dimensies dwarsprofielen

Profielcode (model)	Talud	Maaiveld [m+NAP]	Boven-breedte [m]	Bodem-hoogte Huidig [m+NAP]	Bodem-breedte Huidig [m]	Bodem-hoogte VKA [m+NAP]	Bodem-breedte VKA [m]
CS_OVK00416_a	1/1.5	4.84	6.50	3.04	1.10	3.89	3.50
CS_OVK00416_b	1/1.5	3.44	2.82	2.87	1.10	3.05	1.60
CS_OVK00567_a	1/1.5	3.19	5.53	1.75	1.20	2.80	4.40
CS_OVK00567_b	1/1.5	3.50	6.82	1.63	1.20	2.40	3.50
CS_OVK02321_a	1/1.5	3.09	5.68	1.63	1.30	2.40	3.50
CS_OVK02321_b	1/1.5	2.73	4.98	1.50	1.30	1.90	2.50
CS_OVK02322_a	1/1.5	3.45	5.69	1.95	1.20	3.05	4.50
CS_OVK02322_b	1/1.5	3.26	5.74	1.75	1.20	2.85	4.50
CS_OVK02324_a	1/1	4.38	4.47	3.10	1.90	4.00	3.75
CS_OVK02324_b	1/1	5.17	6.16	3.04	1.90	3.89	3.75

Profielcode (model)	Talud	Maaiveld [m+NAP]	Boven- breedte [m]	Bodem- hoogte Huidig [m+NAP]	Bodem- breedte Huidig [m]	Bodem- hoogte VKA [m+NAP]	Bodem- breedte VKA [m]
CS_OVK02325_b	1/1	5.29	6.38	3.10	2.00	4.00	3.75
CSKP_OVK00416_a_8312	1/1.5	4.84	6.57	3.01	1.10	3.85	3.50
CSKP_OVK00416_a_8314	1/1.5	4.84	6.76	2.95	1.10	3.78	3.50
CSKP_OVK00416_a_8316	1/1.5	4.84	6.96	2.89	1.10	3.70	3.50
CSKP_OVK00416_b_8311	1/1.5	4.84	6.57	3.02	1.10	3.85	3.50
CSKP_OVK00416_b_8313	1/1.5	4.84	6.75	2.96	1.10	3.78	3.50
CSKP_OVK00416_b_8315	1/1.5	4.84	6.95	2.89	1.10	3.70	3.50
CSKP_OVK00567_a_8578	1/1.5	3.19	5.88	1.63	1.20	2.40	3.50
CSKP_OVK00567_b_8577	1/1.5	3.19	5.87	1.64	1.20	2.40	3.50
CSKP_OVK02322_a_8563	1/1.5	3.45	6.05	1.83	1.20	3.05	4.80
CSKP_OVK02322_b_8562	1/1.5	3.45	6.03	1.83	1.20	3.05	4.80
CSKP_OVK02325_a_8398	1/1	6.64	9.08	3.10	2.00	4.00	3.75
CSKP_OVK02325_b_8397	1/1	6.64	9.08	3.10	2.00	4.00	3.75
CS_OVK02260_a	1/4.5	5.27	8.71	4.64	3.00	4.90	6.00
CS_OVK02260_b	1/4.5	4.81	10.97	3.92	3.00	4.40	7.00
CS_OVK02261_a	1/1	4.81	2.79	3.92	1.00	4.40	2.00
CS_OVK02261_b	1/1	4.72	2.59	3.92	1.00	4.30	1.75
CS_OVK02272_b	1/5	4.39	14.93	3.10	2.00	3.10	2.00
CS_OVK02273_a	1/1	6.15	5.34	3.93	0.90	3.93	0.90
CS_OVK02273_b	1/1	4.73	2.49	3.93	0.90	3.93	0.90
CS_OVK02323_a	1/1.25	5.43	3.26	4.45	0.80	4.90	2.00
CS_OVK02323_b	1/1.25	4.67	2.68	3.92	0.80	4.30	2.00
CS_OVK02326_a	1/1	4.73	2.42	3.92	0.80	4.30	1.50
CS_OVK02326_b	1/1	4.61	2.18	3.92	0.80	4.20	1.50
CS_OVK02327_a	1/1	4.61	2.98	3.92	1.60	4.20	2.20
CS_OVK02327_b	1/1	4.34	4.08	3.10	1.60	4.10	3.50
CS_OVK02328_a	1/1	4.31	4.02	3.10	1.60	4.10	3.50
CS_OVK02328_b	1/1	5.41	6.22	3.10	1.60	4.00	3.50
CS_OVK02329_a	1/1	6.12	3.05	4.99	0.80	5.10	1.00
CS_OVK02329_b	1/1	5.40	2.32	4.64	0.80	4.90	1.50
CS_OVK02330_a	1/1.25	6.34	3.13	5.37	0.70	5.37	0.70
CS_OVK02330_b	1/1.25	6.16	3.63	4.99	0.70	5.10	1.00
CSKP_OVK02327_a_81	1/1	4.61	3.79	3.51	1.60	4.20	3.00
CSKP_OVK02327_b_80	1/1	4.61	3.76	3.53	1.60	4.20	3.00
CSKP_OVK02260_a_295	1/4.5	5.27	14.44	4.00	3.00	4.50	7.00
CSKP_OVK02260_b_294	1/4.5	5.27	14.26	4.02	3.00	4.50	7.00
CSKP_OVK02273_a_296	1/1	6.15	5.34	3.93	0.90	3.93	0.90
CSKP_OVK02323_a_608	1/1.25	5.43	4.14	4.10	0.80	4.60	2.00
CSKP_OVK02323_b_607	1/1.25	5.43	4.11	4.11	0.80	4.60	2.00
CSKP_OVK02328_a_455	1/1	4.31	4.02	3.10	1.60	4.10	3.50
CSKP_OVK02328_b_454	1/1	4.31	4.02	3.10	1.60	4.10	3.50
CSKP_OVK02330_a_168	1/1.25	6.34	3.19	5.35	0.70	5.35	0.70

Profielcode (model)	Talud	Maaiveld [m+NAP]	Bovenbreedte [m]	Bodemhoogte Huidig [m+NAP]	Bodem-breedte Huidig [m]	Bodemhoogte VKA [m+NAP]	Bodem-breedte VKA [m]
CS_OVK02325_a	1/1	6.64	9.08	3.10	2.00	4.00	4.00

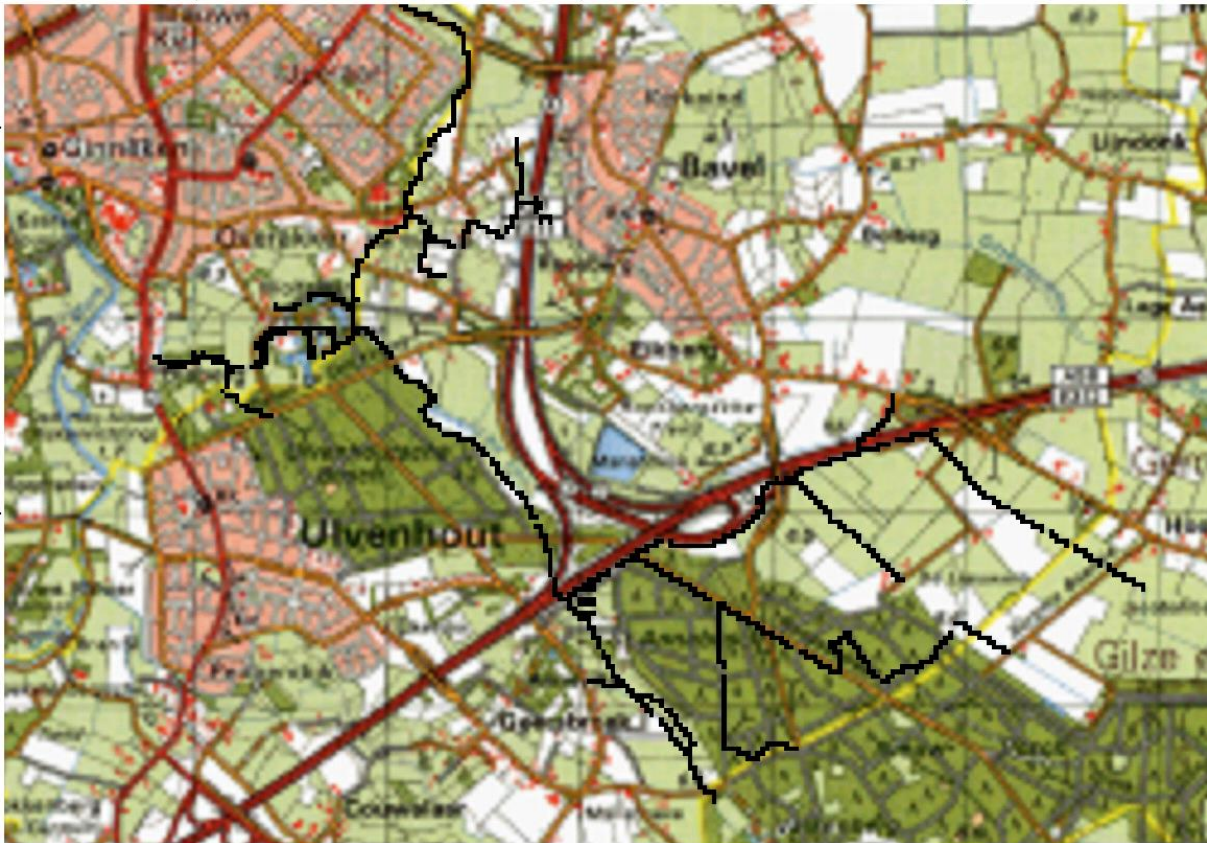


Figuur 4: Lengteprofiel Broekloop: bodemhoogte en waterniveaus in de huidige situatie en VKA.

De resultaten uit het Sobek-model van de Broekloop en Bavelse Leij zijn omgezet naar iMOD-raster bestanden (IDF). Dat is gedaan in de volgende stappen:

1. Omzetten van Sobek naar ISG: gebruik van iMOD-functie IMPORTSOBEK
2. Omzetten ISG naar IDF: gebruik van iMOD-functie ISGGRID
3. Berekenen van het natte oppervlak en conductance: gebruik van iMOD-functie IDFCALC. Conductance (m^2/d) is berekend op basis van een rivierbed-weerstand van 1 dag, het natte oppervlak en de lengte van de watergang in de rastercel.
4. De Bovenmark is uit het grid verwijderd, hiervoor wordt verwezen naar de input afkomstig uit het Markdal-model. Verder zijn ook S-curves zijn uit het grid verwijderd. Bij deze acties is gebruik gemaakt van IDFCALC.

In onderstaande Figuur 5 is weergegeven voor welke rastercellen Sobek-resultaten van de Broekloop en Bavelse Leij zijn gebruikt.



Figuur 5: Raster van de Broekloop en Bavelse Leij.

4.1.1 Aanvullende analyse nieuwe informatie

Uit de ontwerptekeningen in het projectplan waterwet voor kwelherstel van het Ulvenhoutse bos is gebleken dat de nieuwe profielen boven het huidige maaiveld uitkomen. De oorzaak is dat het Sobek-model voor de referentiesituatie legger profielen bevat. Deze profielen zijn geen juiste presentatie van de praktijksituatie. Deze fout heeft zich door vertaald in de ontwerpprofielen. Op basis van beschikbare recente inmetingen (2019) is door de werkgroep (Gerrit Schouten, Kees Peerdeman en Daniel Coenen) een nieuw ontwerpvoorstel gedaan. Er is aan Arcadis gevraagd om wijzigingen met het Sobek-model inzichtelijk te maken. Voorliggend memo beschrijft de implementatie van de wijzigingen en een toelichting op de resultaten.

Aangeleverde informatie

Onderstaande informatie is gebruikt voor het actualiseren van het Sobek-model:

- [1] 20191212_toelichting_ontwerp_Broekloop.docx
- [2] 101171-T01-LH-profielen.pdf / *.dwg
- [3] 101171-T02-LH-plaatsprofielen.pdf / *.dwg
- [4] 101171-T03-LH-drempelhoogte.pdf / *.dwg
- [5] 101171-T04-LH-profielen WW1.pdf / *.dwg
- [6] 101171-T05-LH-plaatsprofielen WW1.pdf / *.dwg
- [7] 101171-T06-LH-profielen WW2.pdf / *.dwg
- [8] 101171-T07-LH-plaatsprofielen WW2.pdf / *.dwg
- [9] 101171-T08-LH-duikers-1.pdf / *.dwg
- [10] 101171-T08-LH-duikers-2.pdf / *.dwg
- [11] 101171-T08-LH-duikers-3.pdf / *.dwg

- [12] 101171-T08-LH-duikers-4.pdf / *.dwg
- [13] 101171-T08-LH-duikers-5.pdf / *.dwg
- [14] 101171-T08-LH-duikers-6.pdf / *.dwg
- [15] 101171-T08-LH-duikers-overzicht.pdf / *.dwg
- [16] maatregelen.jpg / *.shp
- [17] maatregelen_Broekloop_traject_2.pdf
- [18] maatregelen_Broekloop_traject_3_4.pdf
- [19] maatregelen_Broekloop_traject_7_8.pdf
- [20] maatregelen_Broekloop_traject_9_10.pdf

Methode

De volgende stappen zijn doorlopen:

1. Implementeren van de ontvangen inmetingen van de Broekloop (bron 2 t/m 15);
2. Berekenen van de geactualiseerde referentiesituatie: voorjaar, zomer, T=2, T=10 en T=25;
3. Per profiel bepalen van de mate van verondieping op basis van toelichting ontwerp (bron 1);
4. Profielen opvullen tot het in punt 3 bepaalde niveau;
5. Berekenen van de geactualiseerde referentiesituatie: voorjaar, zomer, T=2, T=10 en T=25;
6. Nieuwe en vorige modelversie vergelijken in de vorm van een lengteprofiel over de Broekloop.

Stap 1

Informatie van profiellocaties en profielgegevens omzetten naar werkbare formats en bestanden om dit zodoende eenvoudig in te kunnen voeren in Sobek en herleidbaar aan te kunnen passen voor implementatie van het ontwerp.

Stap 2 en 5

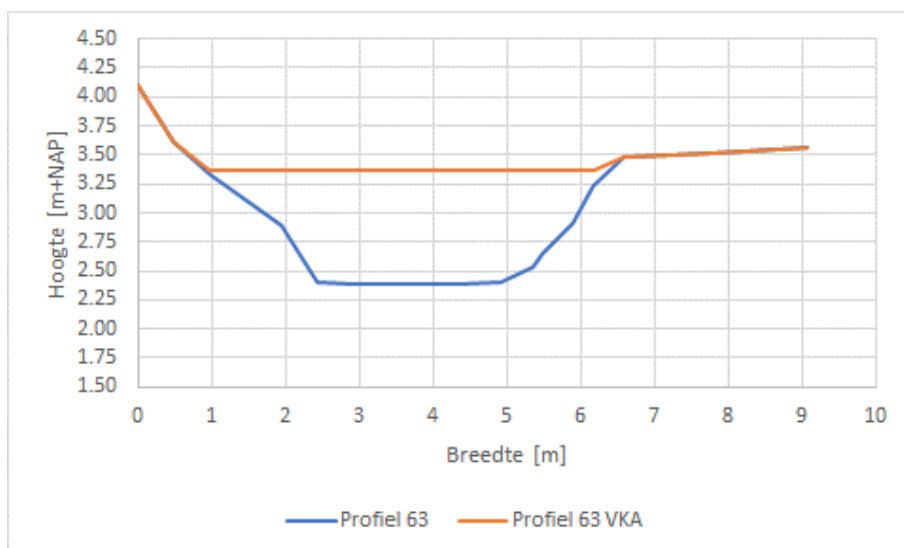
Controle op juistheid en op modeltechnische fouten waarna het model is doorgerekend. De voorjaar en zomer situatie is semi-stationair doorgerekend met buifile BL_VJZM2.BUI. Hogere afvoersituaties zijn doorgerekend met CH_2.bui, CH_10.bui en CH_25.bui. Deze afvoersituaties zijn meegeleverd met het basismodel.

Stap 3 en 4

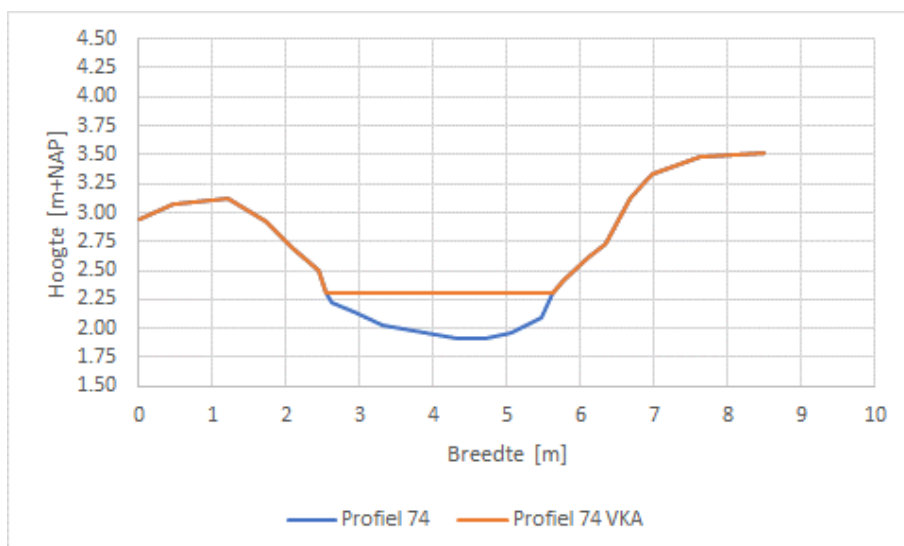
Per traject is genoteerd wat de beneden- en bovenstroomse bodemhoogte wordt. Op basis van deze informatie is per traject de verhanglijn bepaald. Deze informatie is weergegeven in Tabel 6. Via een GIS-bewerking is vastgesteld wat de afstand is tussen profielpunten. Met behulp van de vastgestelde bodemhoogte aan begin en eind van het traject én de berekende verhanglijn én de afstand tussen de profielpunten is de bodemhoogte bepaald. Dit is weergegeven in Tabel 7. De referentie profielen zijn opgevuld tot de nieuwe ontwerphoogte van de bodem. In Figuur 6 en Figuur 7 is weergegeven hoe dit principe eruit ziet.

Stap 6

De modelresultaten zijn geëxporteerd en weergegeven in een lengteprofiel van de monding in de Bavelse Leij tot de Valkenburgseweg.



Figuur 6: Huidig en ontwerp profiel locatie 63.



Figuur 7: Huidig en ontwerp profiel locatie 74.

Tabel 6: Bodemhoogte, verhanglijn, afstand en verhang per traject.

Traject	Bodem_ben	Bodem_bov	verhanglijn	afstand	verhang	Opmerking
Traject 2	2.3	2.8	0.5	230	2.17	
Traject 2a	2.8	3	0.2	130	1.54	
Traject 3	3	3.5	0.5	320	1.56	Dempen
Traject 4	3.5	3.6	0.1	460	0.22	
Traject 5	3.3	3.3	0		0.00	
Traject 6						
Traject 7	4	4.1	0.1	90	1.11	
Traject 8	4.1	4.2	0.1	275	0.36	
Traject 9	4.2	4.3	0.1	150	0.67	
Traject 10	4.3	5.6	1.3	600	2.17	

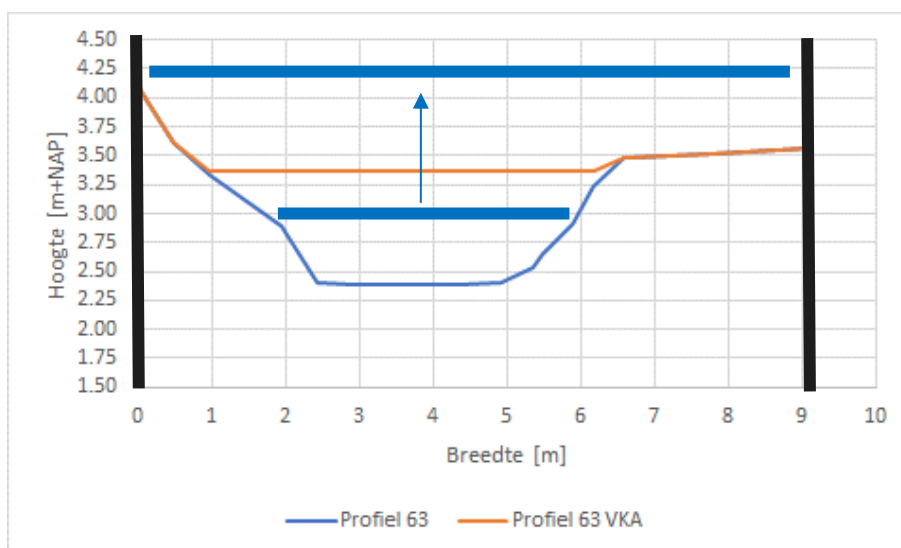
Tabel 7: Ontwerp bodemhoogte per profiel

Profiel	Traject	Afstand	VKA_bodem
Profiel 74	Traject 2	0	2.30
Profiel 69	Traject 2	58	2.43
Profiel 68	Traject 2	107	2.66
Profiel 67	Traject 2	72	2.81
Profiel 66	Traject 2a	112	2.99
Profiel 65	Traject 3	78	3.11
Profiel 64	Traject 3	123	3.30
Profiel 63	Traject 3	46	3.37
Profiel 62	Traject 3	80	3.50
Profiel 61	Traject 4	25	3.50
Profiel 60	Traject 4	63	3.52
Profiel 59	Traject 4	61	3.53
Profiel 58	Traject 4	74	3.55
Profiel 57	Traject 4	99	3.57
Profiel 56	Traject 4	90	3.59
Profiel 55	Traject 4	56	3.60
Profiel 54	Traject 5	44	3.30
Profiel 53	Traject 5	58	3.30
Profiel 52	Traject 5	62	3.30
Profiel 51	Traject 5	77	3.30
Profiel 50	Traject 5	140	3.30
Profiel 45	Traject 7	250	4.00
Profiel 44	Traject 7	16	4.02
Profiel 43	Traject 7	75	4.10
Profiel 42	Traject 8	82	4.13
Profiel 40	Traject 8	139	4.18
Profiel 39	Traject 8	56	4.20
Profiel 37	Traject 9	99	4.27
Profiel 35	Traject 9	50	4.30
Profiel 34	Traject 10	59	4.70
Profiel 33	Traject 10	57	4.82
Profiel 32	Traject 10	54	4.94
Profiel 31	Traject 10	56	5.06
Profiel 30	Traject 10	69	5.21
Profiel 29	Traject 10	60	5.34
Profiel 28	Traject 10	60	5.47
Profiel 27	Traject 10	80	5.64

Toelichting rekenmethode

Zoals toegelicht in stap 2 en stap 5 hierboven wordt er gerekend met twee methodes.

1. Semi-stationair: hierbij wordt het model voor een bepaalde periode met een constante afvoer op de waterlopen doorgerekend. Binnen de beek en de waterlopen ontstaat een evenwichtssituatie wat representatief is voor een gemiddeld seizoen;
1. Dynamisch: hierbij wordt een afvoergolf berekend die in dit geval eens per 2, 10 of 25 jaar voorkomt. Hierbij speelt berging een belangrijke rol. Wanneer de watergang niet al het water kan verwerken komt de waterstand tot boven de insteek uit en treedt inundatie op, het water wordt tijdelijk geparkeerd of stroomt over de breedte van het beekdal mee. In beide gevallen vertraagd de afvoer en de waterstand zal minder snel stijgen omdat per centimeter stijging veel berging beschikbaar is. Een aantal aandachtspunten met betrekking tot dit model en de resultaten van de dynamische berekening:
 - a. Het gebruikte model is een 1D-model, stroming over maaiveld wordt niet berekend;
 - b. Berging is geschematiseerd in de vorm van S-curves op verschillende locaties langs de beek om de ca. 300 meter. Tussen deze bergingspunten is deze dus niet beschikbaar.;
 - c. Wanneer de waterstand tot boven de insteek van het profiel uit komt rekent Sobek met de totale breedte die is geschematiseerd. De waterstand kan oneindig hoog stijgen. Dit concept is weergegeven in onderstaande figuur;
 - d. In het ontwerp zijn er trajecten waar de beekbodem tot aan maaiveld is opgehoogd. In de praktijk zal het water over de breedte van het beschikbare beekdal of overstromingsvlak verspreiden, in het modelconcept is dat echter niet meegenomen. Tussen de bergingspunten rekent het model voor hoge afvoer situaties op de trajecten daarom een te hoge waterstand uit, waterstand wordt dus wat overschat met dit modelconcept.



Figuur 8: Schematisatie van peilstijging tot boven insteek. In dit geval is er niet meer breedte beschikbaar dan 9 meter. Omdat het water niet de breedte in kan, gaat het de hoogte in.

Bevindingen

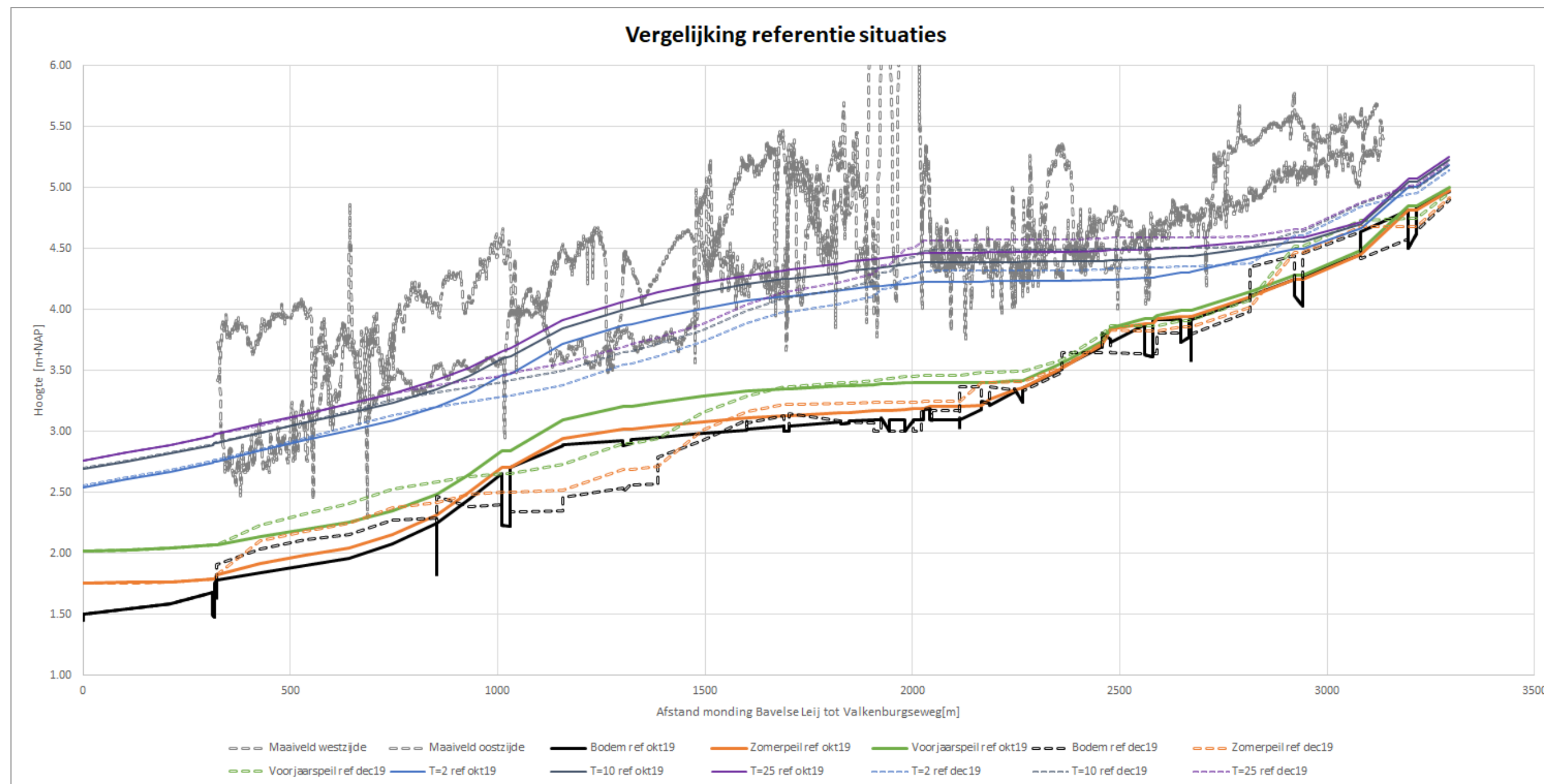
In onderstaande figuren zijn lengteprofielen gepresenteerd waarin de bodemhoogte, maaiveldhoogte en berekende waterstanden zijn weergegeven. Er zijn 3 figuren bijgevoegd:

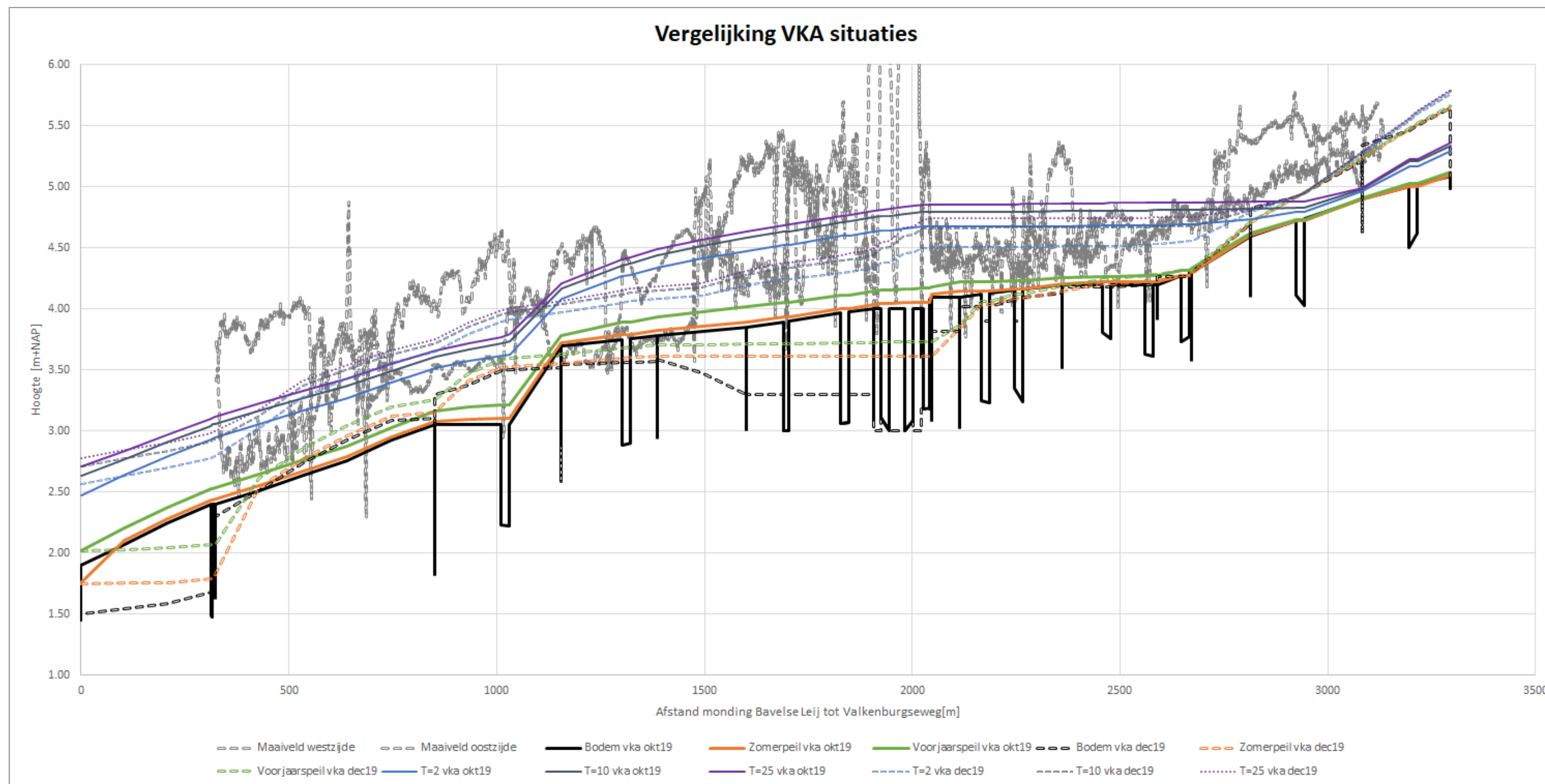
- Vergelijking van de referentiesituatie oktober 2019 (versie in ppww) en december 2019 (actualisatie);
- Vergelijking van de VKA-ontwerp oktober 2019 (versie in ppww) en december 2019 (actualisatie);
- Vergelijking van de referentiesituatie en VKA versie december 2019 (actualisatie);

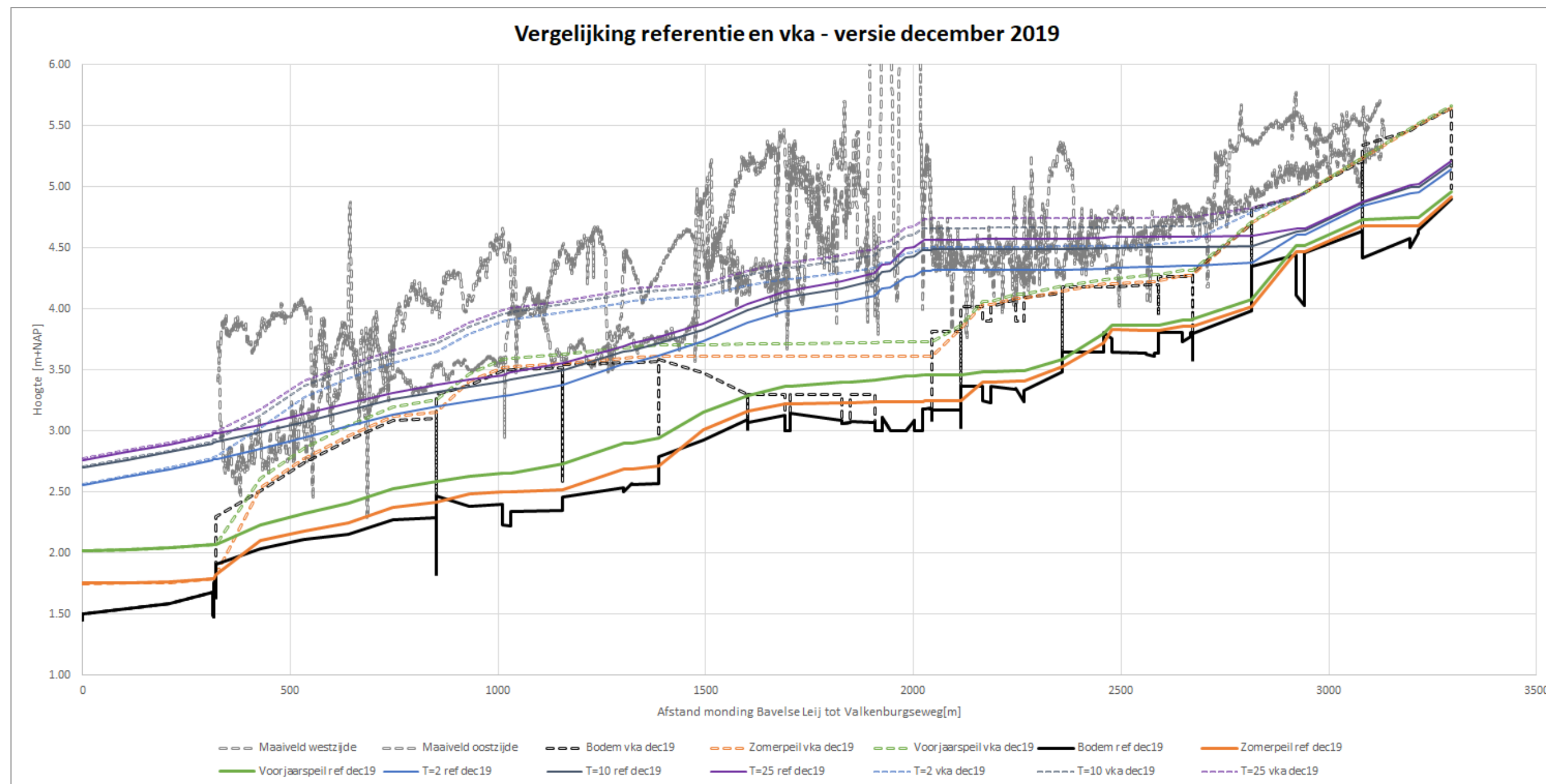
Uit de genoemde figuren kan het volgende worden opgemaakt:

- De geactualiseerde referentiesituatie (december 2017) berekend t.o.v. de vorige versie (oktober 2019 ppww);
 - hogere voorjaars- en zomerwaterstanden over traject 2 en 3;
 - lagere voorjaars- en zomerwaterstanden over traject 4;
 - vergelijkbare voorjaars- en zomerwaterstanden over traject 5 t/m 10;
 - lagere piekwaterstanden benedenstrooms van de A58;
 - hogere piekwaterstanden bovenstrooms van de A58;
- Het geactualiseerde ontwerp vka (december 2017) berekend t.o.v. de vorige versie (oktober 2019 ppww);
 - hogere voorjaars- en zomerwaterstanden over traject 2 en 3;
 - lagere voorjaars- en zomerwaterstanden over traject 4 t/m 7;
 - vergelijkbare voorjaars- en zomerwaterstanden over traject 8 t/m 9;
 - hogere voorjaars- en zomerwaterstanden over traject 10;
 - hogere piekwaterstanden over traject 2, 3 en 10;
 - lagere piekwaterstanden over traject 4 t/m 9;
- Het geactualiseerde ontwerp vka (december 2017) berekend t.o.v. de geactualiseerde referentie:
 - hogere voorjaars- en zomerwaterstanden (ca. 50 cm);
 - hogere piekwaterstanden.

Bovenstaande betekent dat met het voorliggend ontwerp over het algemeen een lagere waterstand berekend dan uit het eerdere ontwerp dat is doorgerekend met het grondwatermodel. Het traject langs de begraafplaats is het enige deel dat natter is dan eerder berekend. Ten opzichte van de referentiesituatie gaan de waterstanden minimaal 20 cm hoger worden en in traject 2 en 3 tot 100 cm. Over traject 4 en 5 is de situatie droger dan eerder berekend, over traject 2, 3 en 10 natter.







4.2 Verwerking inzijginggebied

In memo "INFILTRATIE KRAAIJENBERG" wordt beschreven dat 80% van de jaarhoeveelheid neerslag kan worden afgevoerd naar de infiltratievoorziening. Dit wordt als een infiltrerende sloot in het model opgenomen:

- Oppervlak hemelwaterafvoer (afstromend oppervlak)
- Neerslag per jaar
- Volume infiltratie per jaar = (afstromend oppervlak * neerslag) * 0,8
- Oppervlak inzijging
- Inzijgingsflux = volume infiltratie / oppervlak inzijging

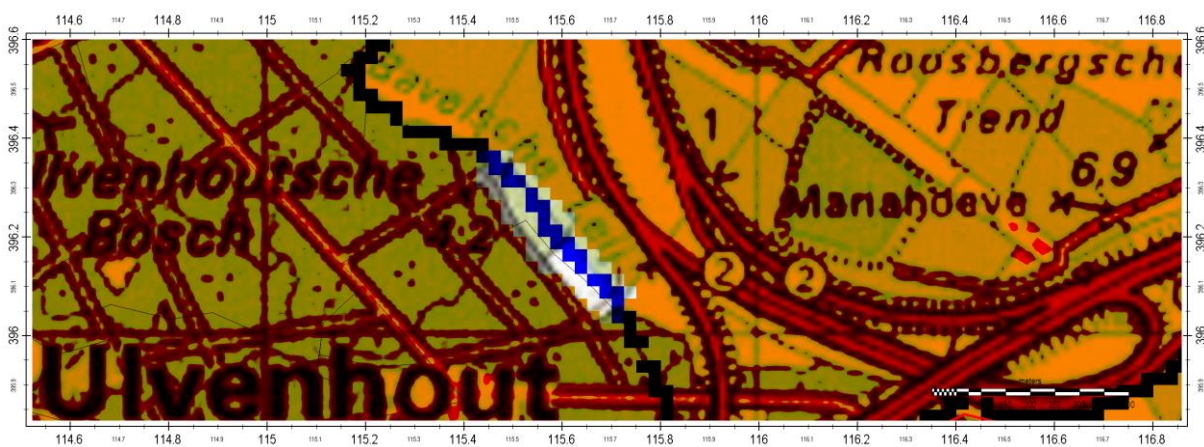
Schatting parameters infiltratievoorziening (als infiltrerende rivier opgenomen):

- Voorziening peil opgeven van ca. 50 cm boven GHG in winter en GLG in zomer
- Q (inzijgingsflux)
- Weerstand $c = dH \text{ (GHG-peil) } / Q$

Na een 1^e rekensessie is geconcludeerd dat de infiltratievoorziening een factor 1,5 meer water infiltreert dan is beoogd. De weerstand is daarop aangepast naar 30 dagen (winter) en 60 dagen (zomer).

4.3 Verwerking moerasbeek

Door verondieping en peilverhoging in de Broekloop ontstaan er locaties met een moerasbeek. Om te voorkomen dat het model zowel via de riverpackage draineert alsmede de overlandflowmodule is ter plaatse de overlandflow uitgezet.



Figuur 9: Aanpassingen overlandflowraster.

COLOFON

KWELHERSTEL IN HET ULVENHOUTSE BOS
UITGANGSPUNTEN HYDROLOGISCHE MODELBEREKENINGEN

KLANT

Provincie Noord-Brabant

AUTEUR

Johan Boleij

PROJECTNUMMER

C03091.000458

ONZE REFERENTIE

DATUM

22 november 2019

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Robbert van Montfoort
Specialist Geohydrologie

VRIJGEGEVEN DOOR

Arnold Pors
Projectleider waterbeheer

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com