

BESCHRIJVING MODELINSTRUMENTARIUM

Toelichting gehanteerde modellen

Voor het ontwerp van de beekdalontwikkeling Aa-dal Zuid is gevraagd om de effecten van het ontwerp op verschillende situaties in beeld te brengen. Hiervoor is zowel een oppervlaktewatermodel als een grondwatermodel noodzakelijk. De resultaten van het onderzoek wordt gebruikt voor het opstellen van de MER, het Projectplan Waterwet en het bestemmingsplan.

Het doel van de hydrologische onderzoeken is het in beeld brengen van de effecten van de beekontwikkeling op waterstanden, stroomsnelheden, inundaties, grondwaterstanden en kwel in verschillende afvoersituaties. Om deze effecten inzichtelijk te maken is het noodzakelijk om gebruik te maken van modellen.

Er zijn verschillende modellen beschikbaar om de hydrologische condities te berekenen. Om het hoofddoel te kunnen beantwoorden is het noodzakelijk de beschikbare modellen geschikt te maken voor de gewenste afvoersituaties.

Grondwatermodel

Het waterschap heeft voor het gehele beheersgebied een regionaal grondwatermodel ontwikkeld 'GrondwatermodelWSAM'. Dit model, versie 2.0, is door het waterschap ter beschikking gesteld om de effecten van het project te berekenen.

In en rond het projectgebied zijn in het gebied relatief weinig peilbuisgegevens beschikbaar. Een heel nauwkeurig beeld van de betrouwbaarheid van het model in deze regio is er daarom niet. De meetgegevens die er zijn indiceren dat het model de situatie op de flanken te droog berekend en in het beekdal te nat. Omdat er veel onzekerheid is omtrent de betrouwbaarheid van het model is ervoor gekozen om het model alleen te gebruiken om inzicht te verkrijgen in de effecten. Absolute grondwaterstanden zijn onbetrouwbaar.

Oppervlaktewatermodel

Het waterschap heeft de beschikbare modellen van het gebied aangeleverd die gebruikt mogen worden voor deze studie. Er zijn twee modellen beschikbaar:

- DAS-model: bevat modelschematisatie van de afvoersituatie 2016 waarbij veel wateroverlast is ervaren in het gebied. Dat is heel specifiek de begroeiingssituatie destijds en de exacte gehanteerde stuwstanden. Daarnaast is een model geschematiseerd met uitgevoerde maatregelen tot 2018. Het model is een verdere uitwerking van het concept NBW-model.
- NBW-model: bevat modelschematisatie conform beheerregister en ontwerp bui situaties. Situatie specifieke omstandigheden zoals het DAS-model schematiseerd is hier geen sprake, het is generalistischer. Met dit model worden geen knelpunten berekend in het gebied. Dit model bevat gegevens uit het beheerregister uit 2018.

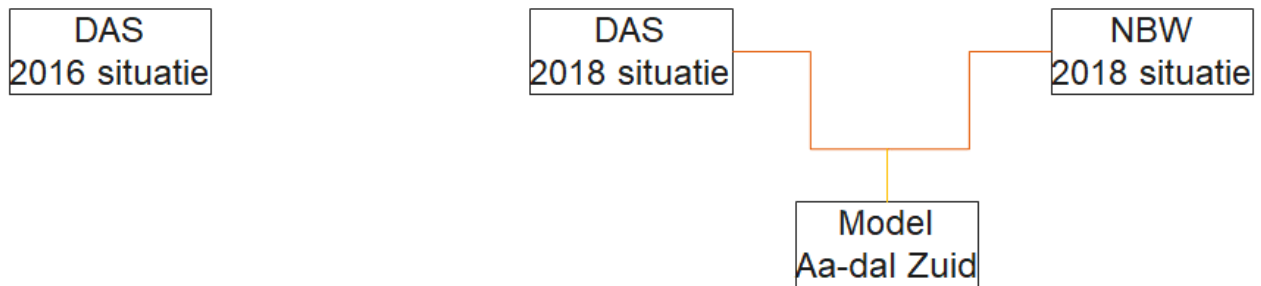
Toelichting opbouw oppervlaktewatermodel

Wanneer het systeem opnieuw wordt ingericht is het wenselijk dat dit niet op één specifieke afvoersituatie gebeurd (zoals 2016) maar op basis van maatgevende situaties. Dat wil zeggen afvoeren die representatief zijn voor bepaalde situaties zoals voorjaarsafvoeren of afvoeren die gemiddeld 2 dagen per jaar worden overschreden, maar ook de daarbij behorende regeling van stuwen en de beheerssituatie. Het is dus gewenst de afgesproken systeemregeling te hanteren van stuwen, gemalen en onderhoud van het systeem. In iedere piekafvoer situatie is de praktijksituatie weer net iets anders. Daarom is het nodig hier één lijn in te trekken en uit te gaan van maatgevende situaties.

Voor de keuze van het modelinstrument zijn er twee opties:

1. DAS-model 2018: dit model gebruiken en ombouwen zodat dit ook geschikt is om maatgevende afvoeren door te rekenen en de reguliere beheerssituatie schematiseert;
2. NBW-model 2018: dit model gebruiken en toetsen op afvoergegevens of dit model voor dit gebied voldoende nauwkeurig de afvoeren en waterstanden weergeeft;

Uiteindelijk is er vanuit het gebied en het dagelijks bestuur de wens om de ontwerpsituatie te toetsen aan de 2016 situatie. De nieuwe situatie zal dus altijd nog met het DAS-model doorgerekend moeten worden. Er is voor gekozen om het DAS2018-model te gebruiken zoals geschematiseerd in onderstaande **Figuur 1**.



Figuur 1: Schematische weergave van de beschikbare modellen en het SOBEK-model Aa-dal Zuid.

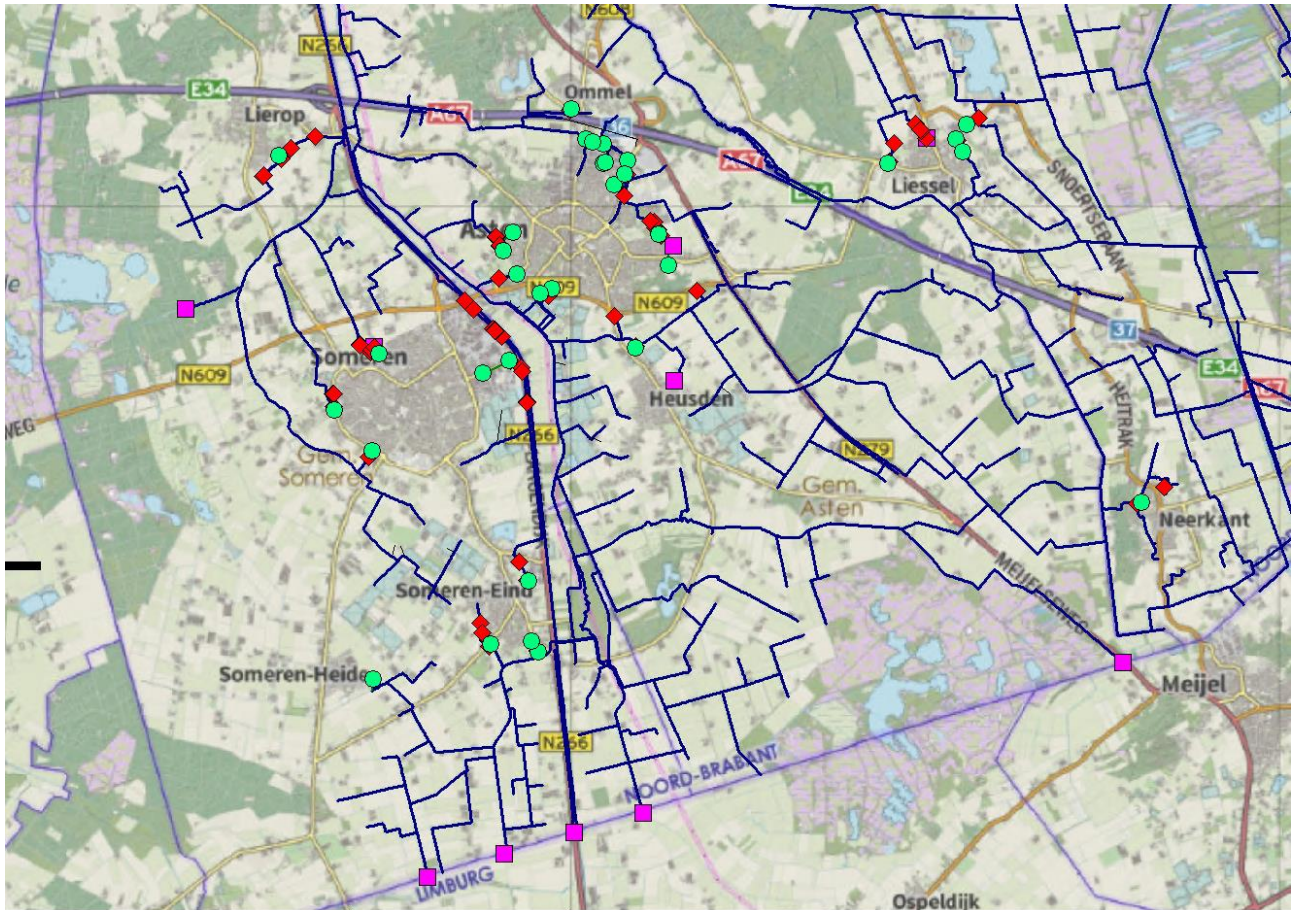
Om het DAS-model ook geschikt te maken voor toetsing conform de NBW zijn de volgende aanpassingen uitgevoerd in de schematisatie:

- Stedelijk gebied (overstortlocaties) Someren en Asten schematisatie uit NBW-model overnemen;
- Behoud laterals stedelijk gebied DAS-model. Deze bevatten tijdreeksen berekend met het rioleringsmodel van Asten en Someren.

Bij doorrekening van maatgevende afvoeren of de NBW-toetsing wordt de DAS-schematisatie uitgeschakeld (0 m³/s afvoer). In de doorrekening van afvoersituatie 2016 wordt de NBW-schematisatie uitgeschakeld:

- Maatgevende afvoergolven uit NBW-model is gebruikt als input voor het model;
- Randvoorwaarden op grenzen van het model zijn overgenomen uit NBW-model;
- Sturing stuwen beheerregister (niet praktijk) uit het NBW-model overgenomen;

In onderstaande **Figuur 2** is de Sobek-schematisatie hiervan weergegeven.



Figuur 2: Weergave Sobek-schematisatie gecombineerd NBW-model (groen) en DAS-mode (rood) stedelijk gebied. De paarse symbolen geven de boundary nodes in het model aan.

Stromingsweerstand

De stromingsweerstand die gehanteerd worden zijn weergegeven in onderstaande tabel. De afvoersituatie 2016 betreft de onderhoudssituatie en begroeiing zoals deze in deze peiksituatie aanwezig is geweest. Voor overige situaties zijn standaard uitgangspunten voor zomer- en winterbegroeiing gehanteerd.

Tabel 1: Gehanteerde stromingsweerstand per afvoersituatie

Afvoersituatie	Weerstand strickler ks
2016	Variabele praktijk tussen 8 tot 15
NBW-toetsing winter	30
NBW-toetsing zomer	15
Winter	30
Voorjaar	15
Zomer	15

Stuwinstellingen

De stuwinstellingen zijn gebaseerd op de basismodellen. Onderstaande tabel geeft de uitgangspunten per model aan.

Tabel 2: Gehanteerde uitgangspunten stuw instellingen

Afvoersituatie	Basismodel
2016	DAS-model conform beheerssituatie 2018
NBW-toetsing winter	NBW-model wintersituatie versie 2018
NBW-toetsing zomer	NBW-model zomersituatie versie 2018
Winter	Streefpeil conform beheerregister
Voorjaar	Streefpeil conform beheerregister
Zomer	Streefpeil conform beheerregister

In het gebied zijn in de afgelopen jaren in het kader van GGOR automatische stuwen gerealiseerd. Onderstaande is weergegeven welke stuwen automatisch functioneren.

279I, S201N, S201M, S201O, S201Q, S201R, S201S, S201T, S261BBM, S261BR, S261CA, S261CP, S261F, S261GPV, S261JS, S268A, S275HD, S275I, S275J, S275K, S275P, S275PA, S280G, S280H, S287C, S287CA, S287D, S287DB, S287DC, S287DD, S287DF, S287DG, S287DH, S287DI, S287DJ, S287E, S287F, S287G, S287GB, S287H, S287I, S287J, S292A, S292AA, S292AB, S292B, S292C, S292D, S292E, S294A, S294B, S294C, S294D, S294E, S294EA, S201K, S201R2

Tabel B7-3 De karakteristieken van belangrijke aangepaste stuwen van de Aa en Kleine Aa

Stuw	Afvoersituatie	Sturing	Initieel	Min	Max	Breedte
	Reguliere afvoersituaties	Streefpeil	20.25	19.7	21.23	8
201O	T10, t25, 2016	Maximaal debiet (MA) wanneer de waterstand te hoog is, daarna weer sturen op streefpeil	5.5 m3/s daarna streefpeil	20.1	21	8
201P	Alle afvoersituaties sturen op streefpeil	Streefpeil	21.05	20	22	8,8
201Q	Alle afvoersituaties sturen op streefpeil	Streefpeil	21.65	21.33	21.81	6,5
280F	Alle afvoersituaties sturen op streefpeil	Streefpeil	23,094	23,094 (laagste)	23,65 (overloop)	0,5 m op laagste doorstroom en 5 meter breed op overloop

Afvoer

Het model is doorgerekend voor verschillende maatgevende afvoeren:

- Zomerafvoer
- Voorjaarsafvoer
- Winterafvoer
- T10
- T25
- T50
- 2016 afvoersituatie

Hieronder wordt toegelicht hoe deze afvoeren zijn afgeleid.

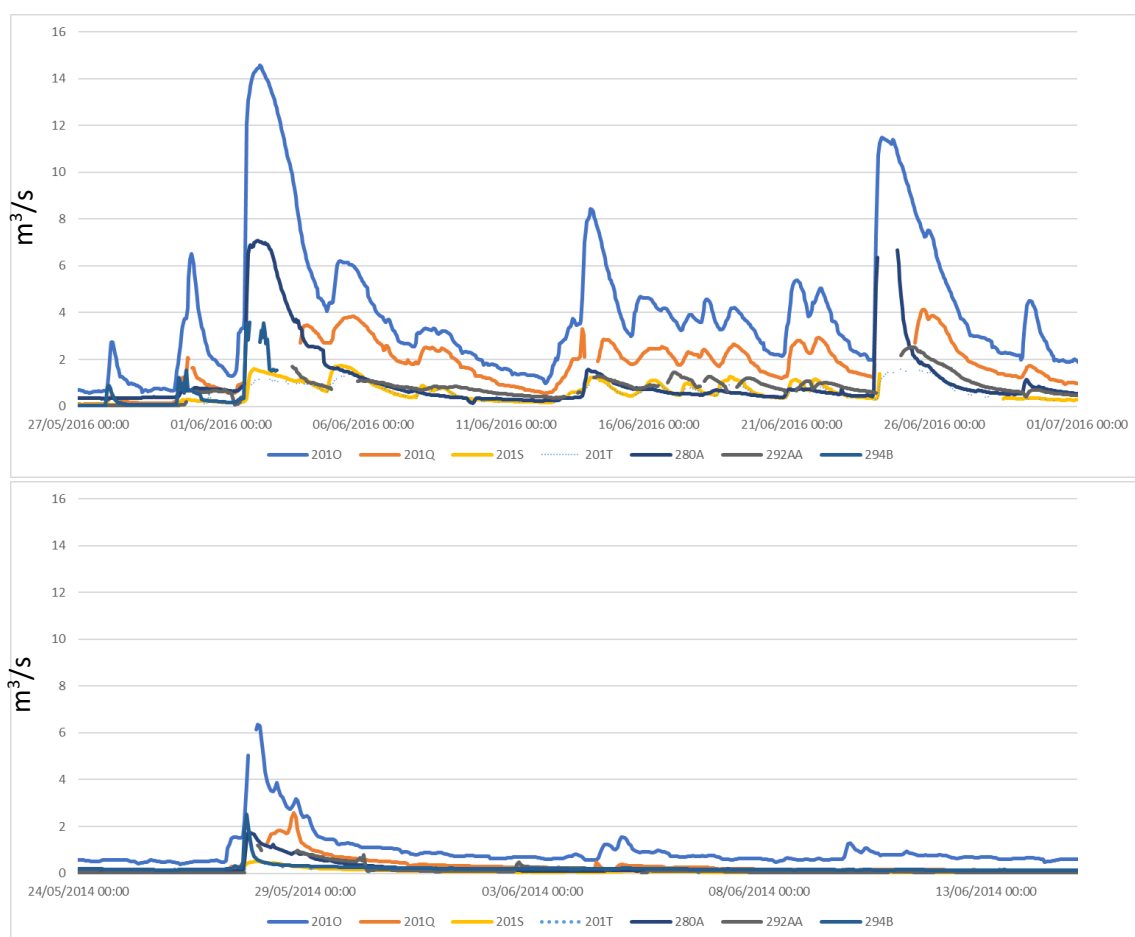
Meetgegevens

Van het waterschap zijn meetgegevens ontvangen. De ontvangen reeksen zijn vrij compleet en zijn samengevat in Tabel 3. Na enkele handmatige checks op hoge afvoersituaties lijkt het met name tijdens hoge afvoeren voor te komen dat er gegevens ontbreken, mogelijk zijn deze verwijderd i.v.m. onbetrouwbaarheid. Deze 'gaten' in de reeksen zijn weergegeven in Figuur 3.

Tabel 3: Overzicht eigenschappen meetreeksen per meetpunt

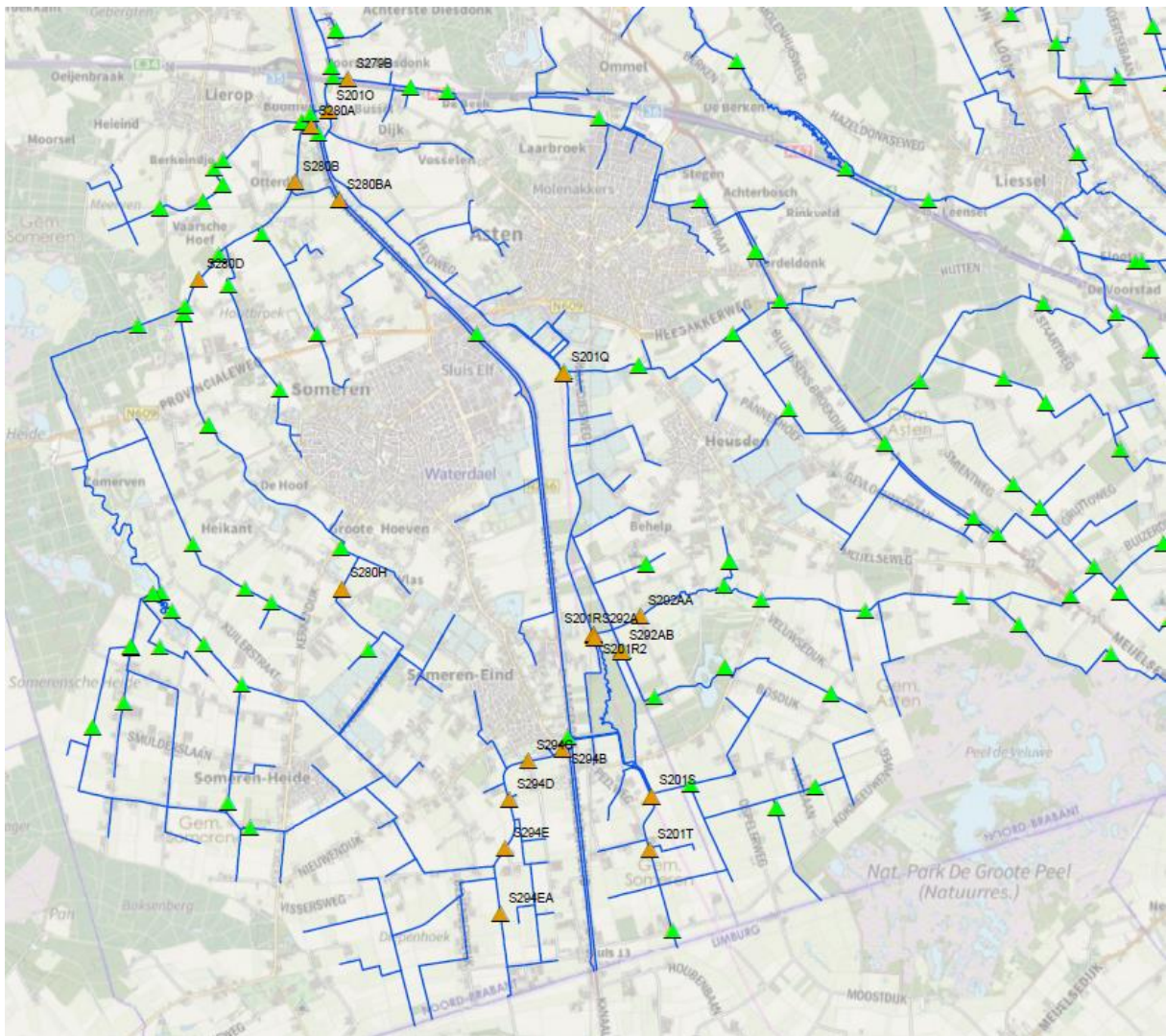
Naam	Periode	Aantal metingen	Freq	Type	Naam
201O	oktober 2002 - september 2019	136465 van 139014	98%	uur	Meetstuw
201Q	augustus 2002 - september 2019	135468 van 140190	97%	uur	Meetstuw

201R	oktober 2002 - september 2019	132584 van 139014	95%	uur	Meetstuw
201S	december 2003 - september 2019	134913 van 138175	98%	uur	Meetstuw
201T	augustus 2002 - september 2019	136558 van 140190	97%	uur	Meetstuw
279B	juli 2006 - september 2019	92361 van 115078	80%	uur	Meetstuw
280A	september 2006 - september 2019	103084 van 113538	91%	uur	Meetstuw
292A	oktober 2002 - september 2019	131126 van 139014	94%	uur	Meetstuw
292AA	december 2003 - september 2019	134529 van 137908	98%	uur	Meetstuw
292AB	december 2003 - september 2019	133252 van 137865	97%	uur	Meetstuw
294B	april 2013 - september 2019	53820 van 56134	96%	uur	Meetstuw



Figuur 3: Voorbeeld grafieken meetreeksen. Hierin zijn voor enkele meetpunten gaten in de reeks te zien bij pieksituaties.

In onderstaande Figuur 4 is in oranje weergegeven waar waterstanden én soms ook afvoeren zijn gemeten of afgeleid.



Figuur 4: Locatie van stuwen in het gebied (groene symbolen) en de meetpunten in het plangebied (oranje symbolen)

2016 afvoersituatie

De afvoeren gedefinieerd in het DAS-model zijn overgenomen als invoer voor de toetsing op de juni-2016 afvoersituatie. Op basis van de methode van Chegodayev is de herhalingstijd van afvoeren bepaald per meetpunt. De analyse is gedaan mét en zonder de 2016 situatie. Hieruit komt naar voren dat de ernst van de situatie ruimtelijk sterk verschilt. Benedenstrooms zijn de 2016 afvoeren zeer uniek terwijl meer bovenstrooms de afvoeren statistisch gezien meer frequent zijn en eens per 10 of 25 jaar voorkomen. In 2016 zijn de afvoeren factor 3 tot 5 hoger dan de maatgevende afvoer (toegelicht onder seizoenafvoeren).

Tabel 4: Afvoeranalyse piekafvoeren conform methode Chegodayev. Tussen haakjes het resultaat van de analyse zonder het jaar 2016. In de laatste kolom de piekafvoer in 2016. Alle waarden zijn in m³/s.

	T=1	T=10	T=25	T=50	T=100	T=1000	2016
S201O	7.7 (7.6)	11.6 (10.1)	13.1 (11.1)	14.3 (11.9)	15.5 (12.6)	19.3 (15.1)	14.6
S280A	1.6 (1.5)	5.1 (3.7)	6.4 (4.5)	7.5 (5.1)	8.5 (5.8)	11.9 (7.9)	7.1
S294B	2.6	3.5	3.9	4.2	4.4	5.3	3.6
S292AA	1.1	2.2	2.6	3.0	3.3	4.4	2.5
S201S	1.3	2.8	3.5	3.9	4.4	5.9	2.7
S201T	1.6 (1.6)	3.5 (2.5)	4.2 (2.8)	4.8 (3.1)	5.3 (3.4)	7.2 (4.2)	2.0
201Q	3.7 (3.7)	6.5 (5.2)	7.6 (5.8)	8.4 (6.3)	9.3 (6.8)	12.0 (8.3)	4.1

201R	2.9 (2.9)	4.7 (4.0)	5.4 (4.4)	6.0 (4.7)	6.5 (5.1)	8.3 (6.1)	3.8
279B	0.6	1.1	1.3	1.4	1.6	2.1	0.2
292A	1.3	3.0	3.6	4.1	4.6	6.2	1.8
292AB	1.0	4.5	6.0	7.0	8.1	11.7	0.8

NBW-toetsing

De ontwerpafvoergolven uit het NBW-model (gegenereerd met Wageningenmodel) voor maatgevende, T10 en T25 afvoer wordt gebruikt in deze studie. In onderstaande tabel is weergegeven welke afvoersituaties zijn gebruikt.

Tabel 5: Maatgevende afvoersituaties en berekende afvoergolven.

Afvoersituatie	Zomer	Winter
T1	#	GHG40mm in 3 dagen
T10	GLG30mm in 1 uur	GHG60mm in 3 dagen
T25	GLG40mm in 1 uur	GHG70mm in 3 dagen
T50	GLG50mm in 1 uur	GHG80mm in 3 dagen
T100	GLG60mm in 1 uur	GHG90mm in 3 dagen

Seizoensafvoeren

Van de meetpunten waar afvoergegevens bekend zijn is een frequentieverdeling gemaakt van de afvoeren. Het resultaat hiervan is weergegeven in onderstaande Tabel 7. Voor de seizoensafvoeren ofwel basisafvoeren wordt invoer gegenereerd op basis van gemeten afvoeren. De maatgevende afvoeren zijn bepaald op daggemiddelde afvoeren.

Tabel 6: Overschrijdingsfrequentie per afvoersituatie

Afvoersituatie	Overschrijdingsfrequentie [dagen per jaar]
Maatgevende afvoer (MA)	2
Halve maatgevende afvoer (0,5MA)	20
Voorjaarsafvoer	100
Vaak voorkomende afvoer	200
Droogste maand afvoer	335
Droogste week afvoer	358

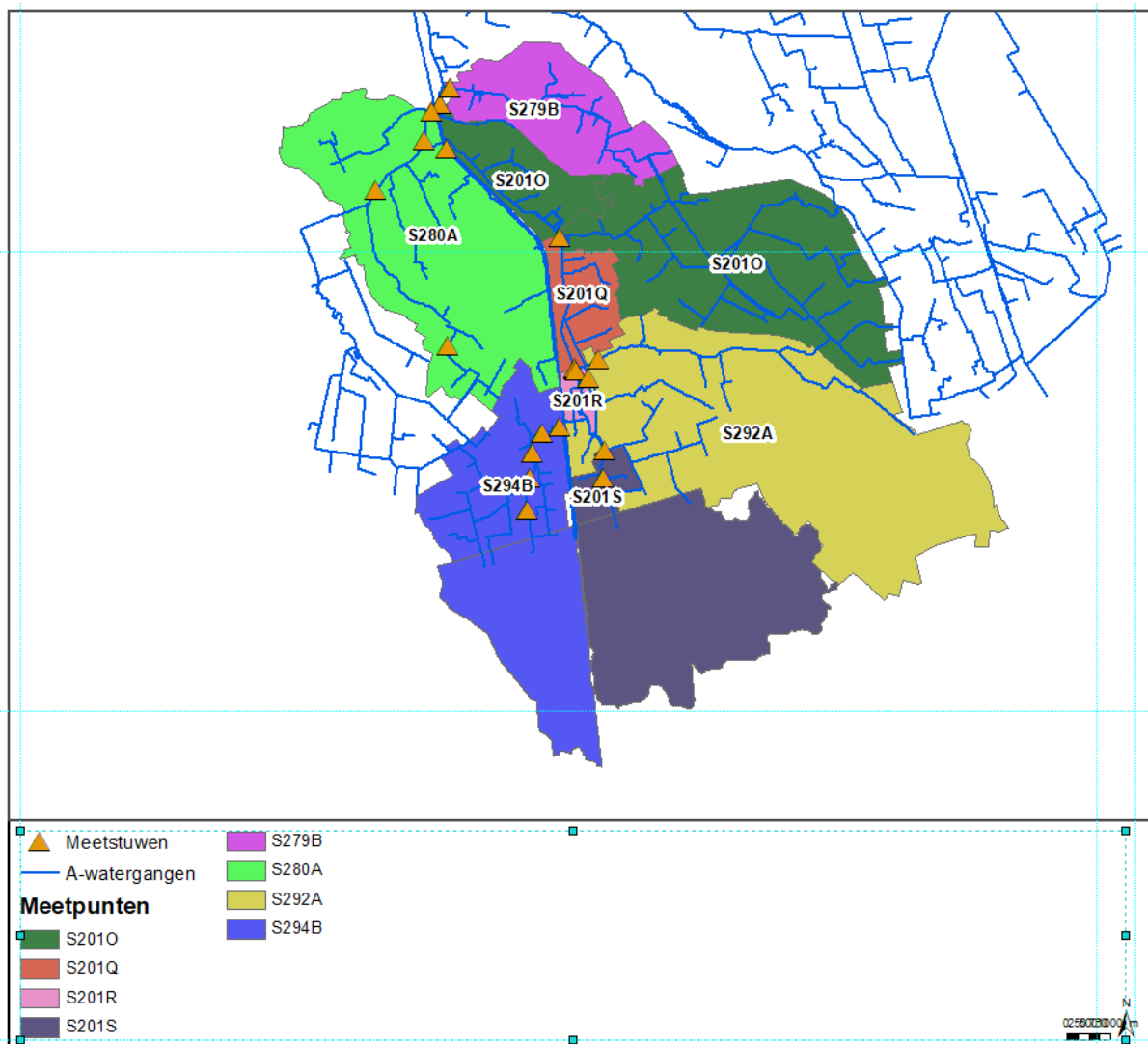
Tabel 7: Frequentieverdeling afvoeren [m³/s] per meetpunt.

Meetpunt	Max	Maatgevend	Half maatgevend	Voorjaar	Mediaan	Droogste maand	Droogste week
S2010	13.89	5.50	2.48	1.10	0.76	0.39	0.29
S280A	6.76	1.22	0.54	0.21	0.12	0.02	0.00
S294B	1.94	1.46	0.52	0.17	0.09	0.00	0.00
S292AA	2.31	0.73	0.30	0.11	0.06	0.01	0.00
S201S	3.23	0.92	0.30	0.08	0.03	0.00	0.00
S201T	5.34	1.11	0.33	0.07	0.02	0.00	0.00
201Q	5.18	3.39	1.80	0.83	0.45	0.05	0.02
201R	4.89	2.19	0.76	0.24	0.12	0.00	0.00
279B	0.57	0.35	0.15	0.06	0.03	0.00	0.00
292A	1.95	0.85	0.51	0.23	0.12	0.03	0.01
292AB	0.61	0.36	0.17	0.07	0.03	0.00	0.00

Stroomgebied meetpunten

Om een vergelijking uit te voeren tussen de afvoercoëfficiënten en de gemeten afvoeren is per

meetpunt bepaald hoeveel oppervlak hierop afwatert. De stroomgebieden van de meetpunten zijn weergegeven in onderstaande Figuur 5.



Figuur 5: Stroomgebieden per meetpunt.

De frequentieverdeling is per meetpunt vertaald naar een afvoercoëfficiënt. In onderstaande tabel is de afvoercoëfficiënt weergegeven afgeleid uit metingen en afgeleid uit de coëfficiëntenkaart.

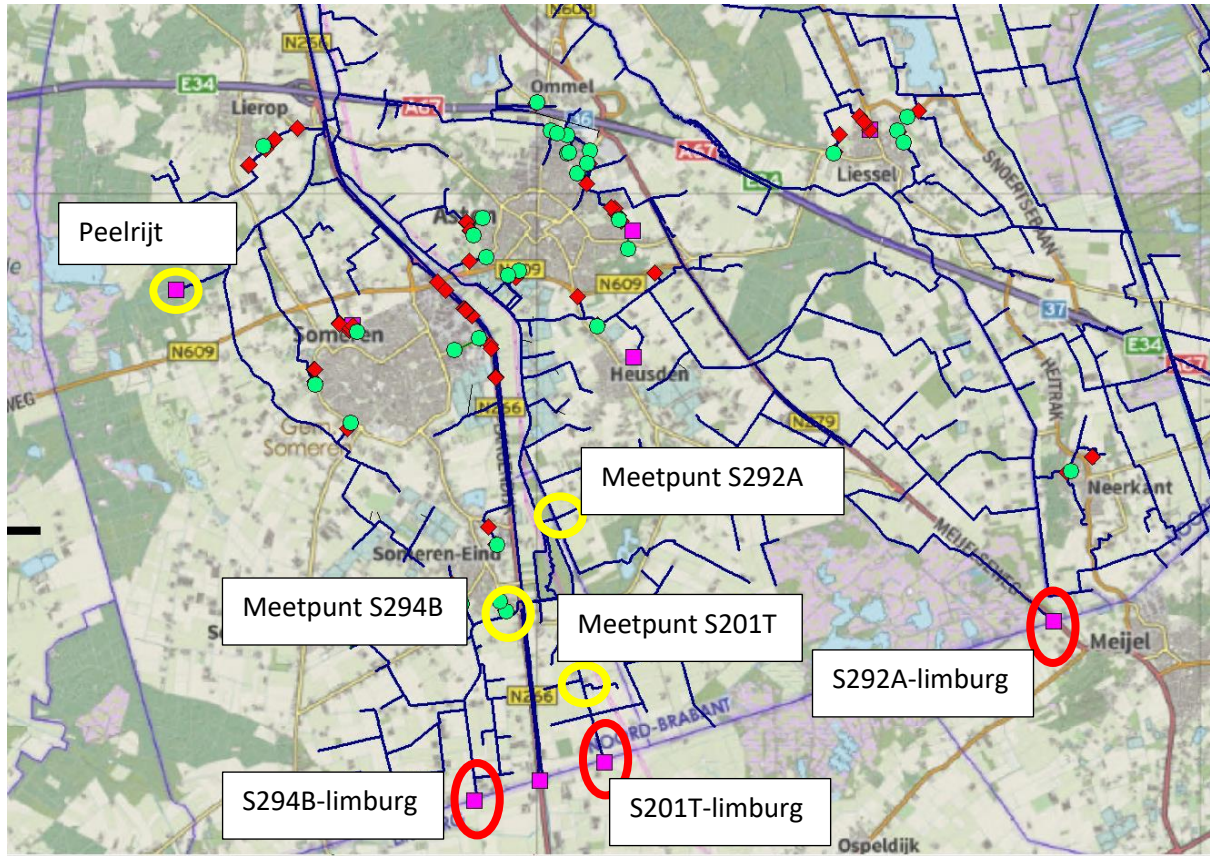
Tabel 8: Maatgevende afvoer in l/s.ha afgeleid uit metingen en uit de coëfficiëntenkaart.

Meetpunt	Maatgevende afvoer uit metingen [l/s.ha]	Maatgevende afvoer uit coëfficiëntenkaart [l/s.ha]
S280A	0.51	0.7-0.8
S201O	0.50	0.9-1
S201Q	0.41	0.9-1
S201R	0.50	0.9-1
S201S	0.42	0.9-1
S279B	0.38	0.6-0.7
S292A	0.24	0.7-0.8
S294B	0.69	0.7-0.8

Uit alle meetpunten blijkt dat de maatgevende afvoer lager is dan de coëfficiëntenkaart. Er is daarom voor gekozen om voor seizoensafvoeren uit te gaan van een gemiddelde afvoercoëfficiënt van 0,5 l/s.ha.

Modelranden

Voor onderstaande modelranden zijn afvoeren bepaald.



Afstromende oppervlaktes per meetpunt en subverdeling naar oppervlak in Limburg.

Tabel 9: Afstromend oppervlak per meetpunt

Meetstuw	Oppervlak [ha]	Gebied
S201O	10989	
S201Q	8277	
S201R	4392	
S201S	2210	
S201T	2210	
S279B	900	
S280A	2400	
S292A	3508	
S294B	2100	
Deel afstromend opp. Limburg		
S201S	2000	Limburg
S201T	2000	Limburg
S294B	1050	Limburg
S292A	1700	Limburg

NBW-toets

Modelrandvoorwaarden uit het NBW-model zijn 1 op 1 overgenomen. Voor de modelrand Peelrijtafvoer is de berekende afvoer uit het NBW-model overgenomen als vaste randvoorwaarde.

Seizoensafvoeren

Er is een constante afvoer gedefinieerd op basis van de vastgestelde afstromende oppervlaktes en de afgeleide afvoercoëfficiënt. In onderstaande tabel zijn de afvoeren weergegeven.

Tabel 10: Modelranden seizoensafvoeren

	Maatgevende afvoer [m ³ /s]	Voorjaarsafvoer [m ³ /s]	Winter [m ³ /s]	Zomer [m ³ /s]
S292A	0.41	0.10	0.08	0.02
S201S	0.83	0.21	0.17	0.04
S294B	0.73	0.18	0.15	0.04

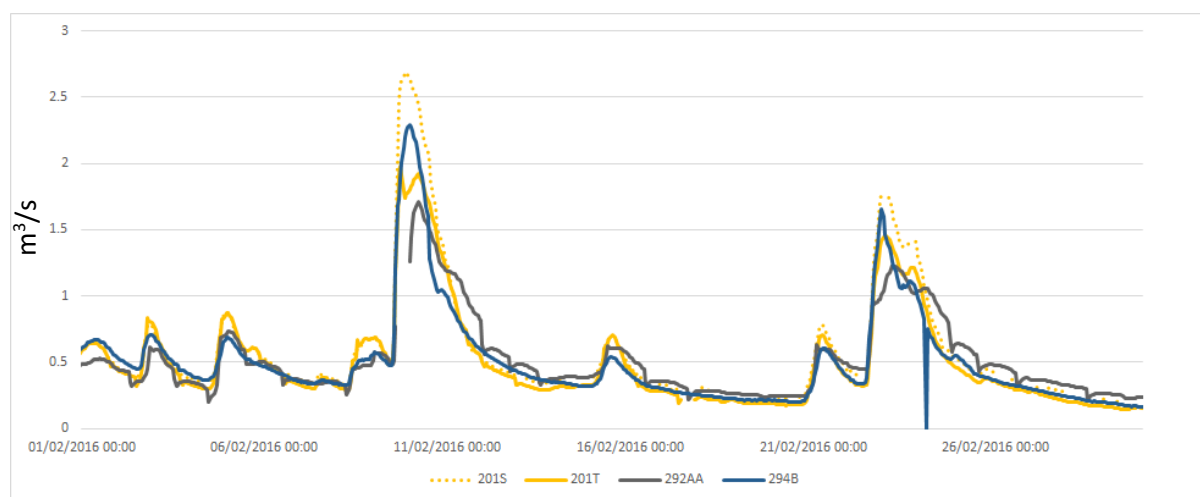
Situatie 2016

Aa

Op basis van de meetreeks van stuw S201T is de afvoer aan de rand van het model vastgesteld voor de situatie mei/juni 2016. De afvoer is 1 op 1 overgenomen uit de meetreeks. In de Diepenhoekse Loop en Eeuwse loop zijn geen geschikte metingen over deze periode beschikbaar.

De afvoer op de andere twee modelgrenzen is bepaald door de volgende stappen:

1. Vergelijking van meting S201T met andere piekafvoersituaties in november 2010 en februari 2016. Hierbij is meetpunt S201S meegenomen, dit meetpunt ligt iets benedenstrooms van S201T en geeft weer dat de metingen een bepaalde onzekerheid met zich meebrengen.
2. Verschaling naar ander meetpunt
3. Verschaling op afstromend oppervlak



Diepenhoekse Loop

De verhouding van de afvoer in de Diepenhoekse Loop t.h.v. S294B is vergelijkbaar met de afvoer op meetpunt S201T binnen een bandbreedte van 10% tot 20%. De meetreeks van stuw S201T is overgenomen op de grens met Limburg en verschaald naar afstromend oppervlak:

- Het totaal afstromend oppervlak stuw S294B is gelijk aan 2100 ha

- Afstromend oppervlak vanuit Limburg is 1050 ha
- Meetreeks S201T is vermenigvuldigd met factor 0.5 om tot een verschaalde afvoer te komen.

Eeuwselse Loop

De verhouding van de afvoer in de Eeuwselse Loop t.h.v. S292A is vergelijkbaar met de afvoer op meetpunt S201T binnen een bandbreedte van 10% tot 20%. De meetreeks van stuw S201T is overgenomen op de grens met Limburg en verschaald naar afstromend oppervlak:

- Het totaal afstromend oppervlak stuw S292A is gelijk aan 3508 ha
- Afstromend oppervlak vanuit Limburg is 1700 ha
- Meetreeks S201T is vermenigvuldigd met factor 0.5 om tot een verschaalde afvoer te komen.

Toelichting opbouw grondwatermodel

Om de effecten op het grondwater te berekenen is het beschikbare grondwatermodel gebruikt. Van dit model is in dit gebied weinig bekend van de kwaliteit door een beperkt aantal peilbuizen. Het model is zonder aanpassingen gebruikt voor deze studie. Er zijn twee onderdelen nader belicht in het kader van de grondwaterberekening.

Oppervlaktewater naar grondwater

Het oppervlaktewatermodel (SOBEK) en grondwatermodel (iMOD) rekenen beide met verschillende methodes die niet verenigbaar zijn. iMOD heeft een functie om Sobek-schematisatie gemakkelijk om te zetten naar iMOD invoer, echter is dit door de complexe schematisatie van het Sobek-model niet mogelijk. Om SOBEK-resultaten toch goed naar een iMOD te omzetten zijn de volgende vertaalslagen gehanteerd.

- SOBEK-resultaten geëxporteerd van scenario berekening en huidige situatie (zomer en winterpeilen, conductance en bodemhoogte).
- De rekenpunten van de scenario berekening worden verplaatst naar de rekenpunten van de huidige situatie door middel van "Snapping" en Spatial-Join" tools.
- Het verschil tussen het scenario en huidige situatie kan nu berekend worden voor het zomer- en winterpeil, conductance en bodemhoogte.
- Deze verschillen worden door middel van IDW-interpolatie omgezet naar een raster wat hetzelfde omvang heeft als de iMOD rasters.
- Nieuwe legger, conductance en bodemhoogte rasters worden gecreëerd door de verschilrasters toe te passen op de huidige iMOD rasters.

Zuid-Willemsvaart

De Zuid-Willemsvaart is een kanaal dat dwars door dit gebied loopt en vrijwel parallel aan de Aa. Het kanaalpeil ligt hoger dan de omgeving en infiltreert daarom naar het grondwater. De Zuid-Willemsvaart is als infiltrerende watergang aanwezig in het grondwatermodel. De infiltratieweerstand betreft ca. 200 dagen. Hiermee is belemmering van de damwanden langs het kanaal m.b.t. infiltratie meegenomen in het model. In de ondergrond schematisatie zijn de damwanden niet opgenomen waardoor er geen barrière wordt gevormd tussen de freatische grondwaterstanden aan de oost en westzijde van het kanaal. Hierdoor worden eventuele vernattings- of verdrogingseffecten aan de overzijde van het kanaal overschat.

