

# Hydrologische analyse Herinrichting Groote Molenbeek (A73 – Meldersloseweg)

**Opdrachtgever** :  waterschap  
limburg  
Waterschap Limburg  
Maria Theresialaan 99  
6043 CX Roermond

**Uitgevoerd door** :  **BROUWERS**  
adviesbureau  
Adviesbureau Brouwers bv  
Minderbroederssingel 15d  
6041 KG Roermond

 H2OPINION  
*In samenwerking met*  
H2Opinion  
Frederiklaan 10E  
5616NH Eindhoven

**Projectnummer** : WLI-008-01

**Documentnummer** : WLI00801.001.001.NW

**Projectleider** : N. de Wit      **Paraaf:** 

**Opgesteld door** : E. Zaaijer

**Status** : Definitief

**Versie** : 2

**Datum** : 9-12-2019

## **INHOUDSOPGAVE**

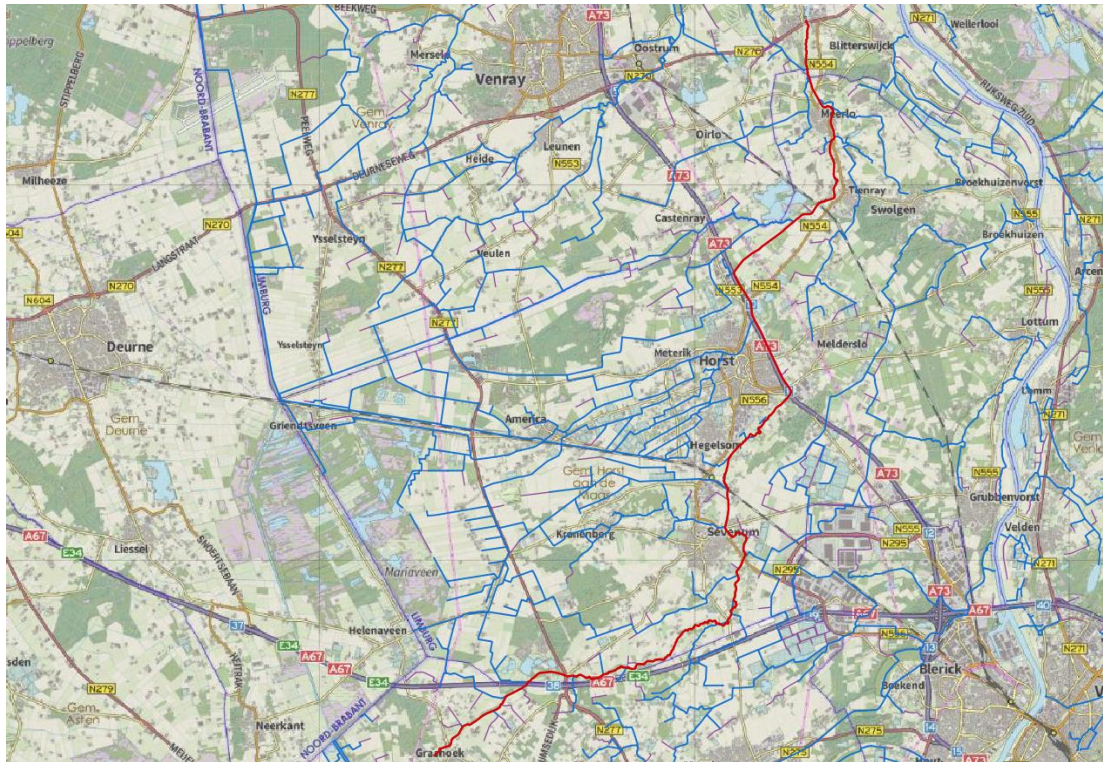
1	INLEIDING	1
2	WERKING SYSTEEM EN VALIDATIE MODEL	4
2.1	Watersysteem	4
2.2	Hoogte	4
2.3	Opbouw SOBEK-model en validatie waterstanden	5
2.3.1	SOBEK-versie en aangeleverde casussen	5
2.3.2	Afvoeren	6
2.3.3	Waterstanden	7
2.3.4	NBW-normering.	9
2.3.5	Randvoorwaarden en uitgangspunten aanleg bypass	10
3	EFFECTEN VAN DE AANLEG BYPASS	12
3.1	Ontwerp	12
3.2	Effect op afvoeren	12
3.3	Effect op waterpeilen	13
4	CONCLUSIE EN ADVIES	15

## **BIJLAGEN**

BIJLAGE 1.	UITGANGSPUNTEN SOBEK- MODELLERING
------------	-----------------------------------

## 1 INLEIDING

De Grote Molenbeek ontspringt ten westen van Grasbroek en stroomt via Sevenum, Horst, Meerlo richting Wanssum waar deze uitmondt in de Maas. In figuur 1.1 is de loop van de Grote Molenbeek opgenomen als rood lijnstuk. De Grote Molenbeek heeft een totale lengte van ruim 31,3 kilometer.



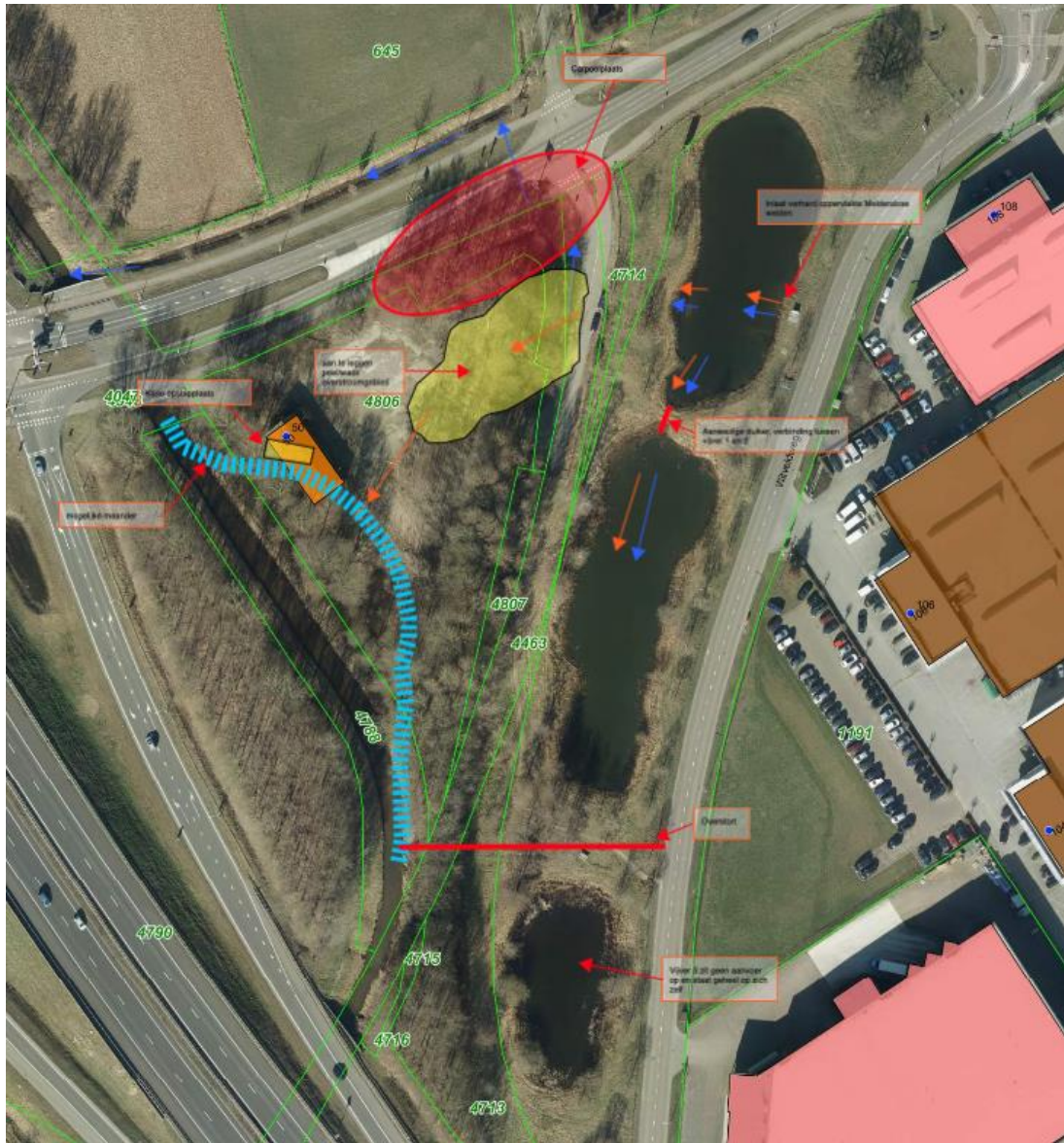
Figuur 1.1: Ligging van de loop van de Grote Molenbeek.

De loop heeft een wisselend karakter. Daar waar de beek reeds is heringericht of door natuurgebieden stroomt, heeft de watergang een slingerend en speels karakter. Op andere locaties, daar waar de watergang is ingesloten tussen de agrarische percelen en binnen het stedelijk gebied, is de Grote Molenbeek een strak ogende gekanaliseerde watergang. Zo ook op het traject van de A73 – Meldersloseweg ten oosten van Horst ligt de Grote Molenbeek in een recht en strak profiel.

Het aangrenzende gebied/perceel waarop de zoutloods van Rijkswaterstaat was gelegen, is recentelijk gesaneerd. De zoutloods is gesloopt en het gebied wordt opnieuw ingericht en krijgt een natuurlijk karakter, waarbij ook ruimte is voor de aanleg van een hoogwatergeul en berging binnen het plangebied.

In deze notitie is een analyse uitgevoerd naar het hydrologische effect van de herinrichting van de Grote Molenbeek op het traject A73 – Meldersloseweg zoals opgenomen in de ontwerptekening welke is weergegeven in onderstaande figuur 1.2. In deze

figuur zijn zowel de bestaande als toekomstige waterstromen weergegeven respectievelijk middels blauwe en oranje lijnen. In figuur 1.3 is het VO opgesteld na startoverleg en het veldbezoek.



Figuur 1.2: Inrichtingsschets plangebied inclusief bestaande en toekomstige waterstromen.



Figuur 1.3: Voorlopig ontwerp meander Grote Molenbeek t.p.v. de voormalige zoutloods te Horst.

## **2 WERKING SYSTEEM EN VALIDATIE MODEL**

### **2.1 Watersysteem**

De Grootte Molenbeek heeft een totale lengte van ca. 31,3 kilometer. De watergang ontspringt ten westen van Grashoek en stroomt via Sevenum, Horst, Meerlo richting Wanssum waar deze uitmondt in de Maas.

Het her in te richten traject heeft een lengte van ca. 200 meter en is gelegen tussen de onderdoorgang van de A73 en de Meldersloseweg. Deze onderdoorgangen zijn vaste dwangpunten die niet aangepast worden.

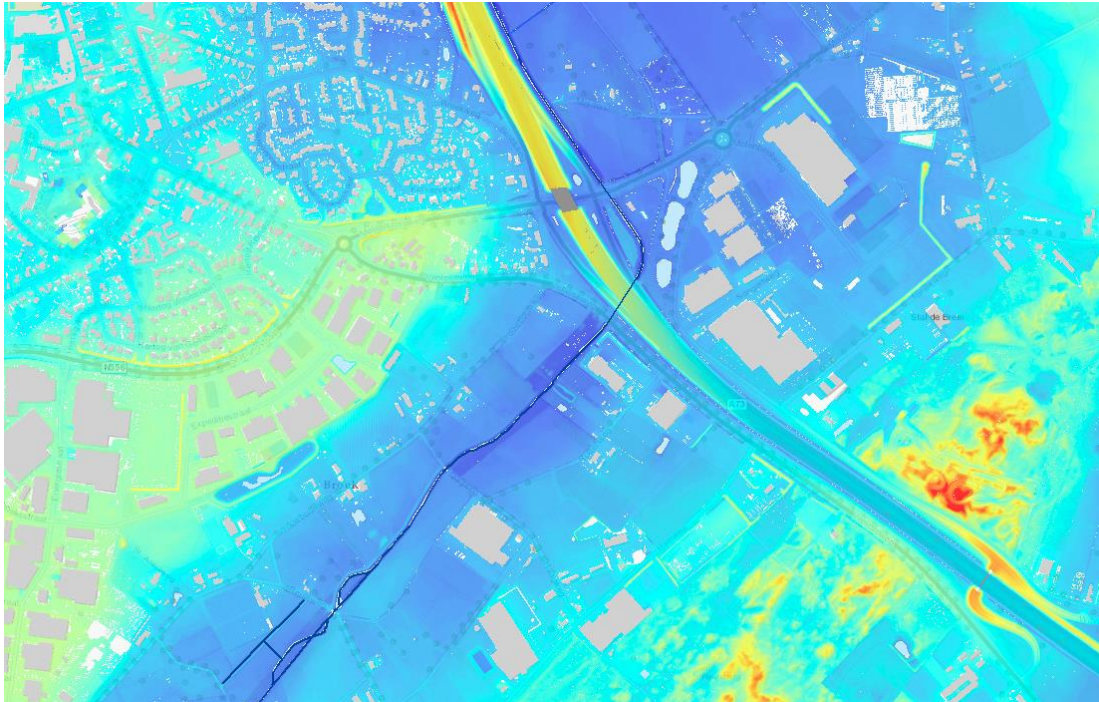
In de bocht direct na de onderdoorgang van de Grootte Molenbeek met de A73 is een overstort gelegen vanuit het gemengde rioolstelsel.

Binnen het plangebied zijn een drietal waterplassen gelegen. De meest zuidelijke waterplas is een geïsoleerde plas en heeft geen verbinding met de Grootte Molenbeek. De twee noordelijke vijvers zijn ingericht/in gebruik als bergingsvijvers waarop het verhard gebied van het bedrijventerrein Melderslosche Weide is afgekoppeld. In totaliteit is er ca. 18 hectare afgekoppeld op de bergingsvijvers. Het afgekoppeld water wordt vanuit de twee vijvers in de bodem geïnfiltreerd en gedoseerd geloosd op de bermsloot aan de noordzijde langs de Meldersloseweg en komt uiteindelijk terecht in de Grootte Molenbeek.

Benedenstrooms in de Grootte Molenbeek nabij het parkhotel Horst is één vaste drempel uitgevoerd met keien (in het beheerregister aangeduid als vistrap) gelegen, welke in de (nabije) toekomst verwijderd wordt. Mogelijkerwijs heeft dit een peil verlagend effect op het her in te richten traject. Dit wordt in deze rapportage nader onderzocht en indien nodig meegewogen in de analyse/herinrichting van het traject.

### **2.2 Hoogte**

Zoals op de volgende hoogtekaart te zien is ligt de Grootte Molenbeek rondom het her in te richten traject in een brede laagte ingeklemd tussen 2 dekzandruggen. De A73 is duidelijk herkenbaar aanwezig als een verhoging over deze brede laagte heen. Tevens zijn de springbulten op het motorcrossterrein Reulsberg duidelijk zichtbaar.



Figuur 2.1: Hoogtekaart omgeving her in te richten traject Groote Molenbeek

## 2.3 Opbouw SOBEK-model en validatie waterstanden

### 2.3.1 SOBEK-versie en aangeleverde casussen

Het door het waterschap aangeleverd model GRM03a01.lit is opgemaakt in SOBEK versie 2.12 en bevat de volgende casussen:

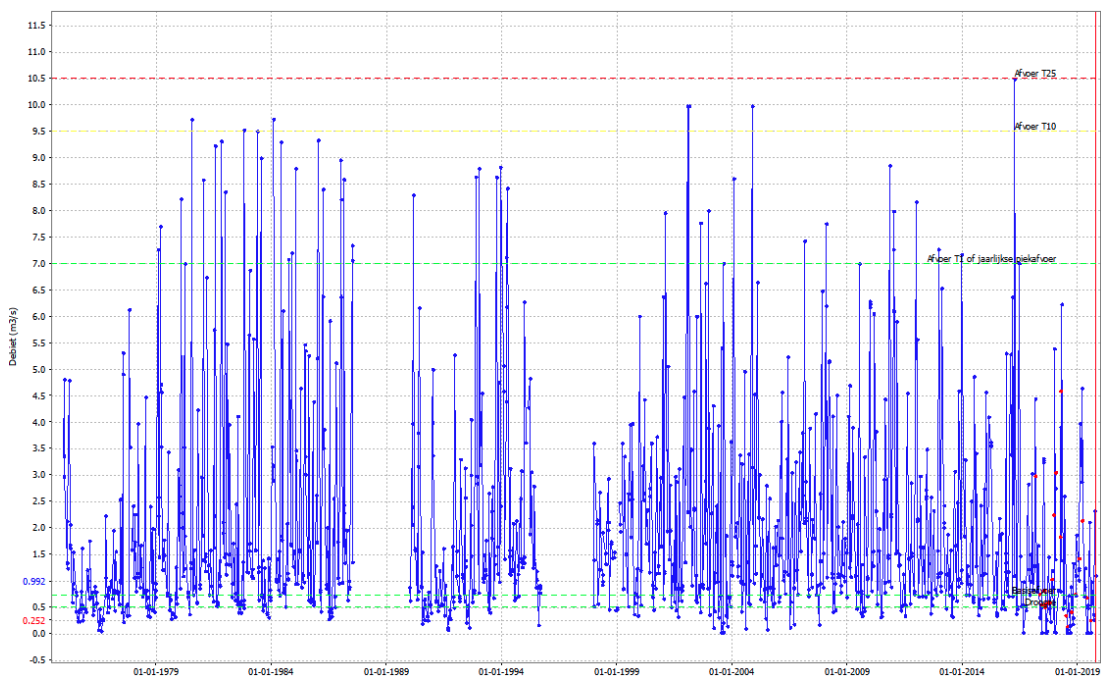
1. Casus: 20180731\_GRM\_AGOR\_Zomer
2. Casus: 20180731\_GRM\_AGOR\_Winter
3. Casus: 20180731\_GRM\_Ontwerp\_zomer
4. Casus: 20180731\_GRM\_Ontwerp\_winter
5. Casus: 20180731\_GRM\_Scenario na onderhoud
6. Casus: 20180731\_GRM\_Ontwerp\_scenario voor onderhoud

Casus 1 en 2 zijn de scenario's waarin de actuele situatie is opgenomen van de Groote Molenbeek. In casussen 3 t/m 6 is de situatie opgenomen na uitvoering van de herinrichting Groote Molenbeek Kasteelse Bossen. Dit traject ligt benedenstrooms van het traject A73 - Meldersloseweg. Op basis van de modeluitkomsten blijkt dat de herinrichting Groote Molenbeek Kasteelse Bossen effect heeft op de waterstanden op het traject A73 - Meldersloseweg. Derhalve is er voor gekozen om voor de huidige situatie de situatie met herinrichting Groote Molenbeek Kasteelse Bossen aan te houden. Voor deze herinrichting is namelijk al een projectplan geschreven en zal naar verwachting op korte termijn in uitvoering gaan.

De berekeningen t.b.v. ontwerp Grote Molenbeek A73 – Meldersloseweg evenals de huidige situatie (inclusief herinrichting Grote Molenbeek Kasteelse Bossen) worden uitgevoerd in SOBEK 2.12 en opgeslagen in het bestand GRMMeld.lit.

### 2.3.2 Afvoeren

In de Grote Molenbeek wordt bij het meetpunt Hoekerhof middels akoestische debietmeting al sinds 1974 continue de afvoer in de Grote Molenbeek gemeten en geregistreerd. De meetresultaten zijn te zien in de volgende figuur.



Figuur 2.2: Gemeten afvoer Grote Molenbeek (meetpunt Hoekerhof)

In bovenstaande figuur is duidelijk zichtbaar dat het afvoerverloop grillig is; de afvoer reageert sterk op de neerslag, mede als gevolg van de vele overstorten op de waterloop. De maximaal geregistreerde afvoer binnen de meetperiode bedroeg ca. 10,5 m<sup>3</sup>/s en is gemeten op 12 april 2016.

Opmerkelijk is dat de klimaatverandering en m.n. de droge zomers van afgelopen jaren duidelijk zichtbaar zijn in deze afvoergrafiek. In de periode van 1974 t/m 2016 was er gedurende de zomers altijd sprake van een (beperkte) basisafvoer. Echter sinds de zomer van 2017 is de Grote Molenbeek enkele malen droog komen te staan.

Ten behoeve van deze herinrichting zijn de afvoeren van het meetpunt Hoekerhof teruggerekend naar de afvoeren welke optreden bovenstrooms de instroom van de Kabroeksebeek. Hiervoor is de afvoer van de Kabroekbeek (meetpunt: Stuw kern Horst) afgetrokken van de afvoer bepaald ter plaatse van het meetpunt Hoekerhof. Voor de vergelijking met de modeluitkomsten resulteert dit in de onderstaande afvoeren ter plaatse van de Meldersloseweg nabij het her in te richten traject.



Tabel 2.1: Afvoeren op basis van de duurlijnmethode bij de Meldersloseweg.

Afvoersituatie	Overschrijding in dagen per jaar	percentage MA	Afvoer in m <sup>3</sup> /s
Basisafvoer	330 dagen per jaar	10	0,36
Zomerafvoer	200 dagen per jaar	20	0,71
Voorjaarsafvoer	100 dagen per jaar	30	0,97
Winterafvoer	15 dagen per jaar	50	1,46
Maatgevende afvoer	1 dag per jaar	100	2,63
T=10	1x per 10 jaar	175	4,62
T=25	1x per 25 jaar	200	5,31
T=50	1x per 50 jaar	220	5,85
T=100	1x per 100 jaar	250	6,19

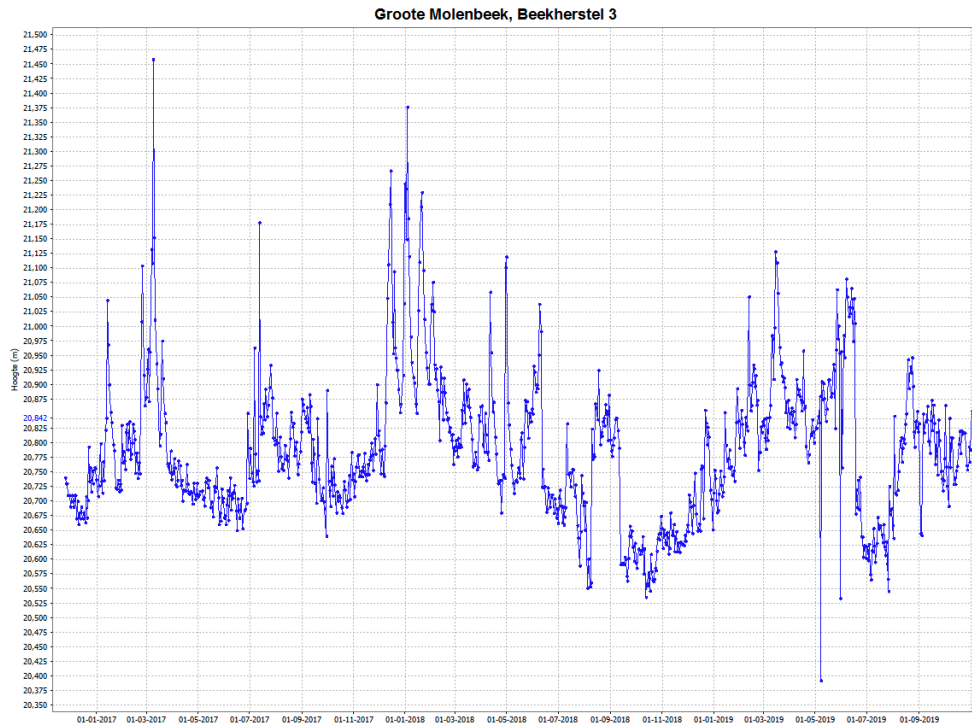
Tabel 2.2: Afvoervergelijking tijdreeksanalyse en modeloutput bij meetlocatie Meldersloseweg.

Locatie	Afvoer o.b.v. meet- reeksanalyse (m <sup>3</sup> /s)	Afvoer model	Afwijking
Basisafvoer	0,36	0,47	+30,6%
Zomerafvoer	0,71	0,72	+1,4%
Voorjaarsafvoer	0,97	0,96	-1,0%
Winterafvoer	1,46	1,43	-2,1%
Maatgevende afvoer	2,63	2,57	-2,3%
T=10	4,62	4,59	-0,6%
T=25	5,31	5,27	-0,8%
T=50	5,85	5,79	-1,0%
T=100	6,58	6,57	-0,2%

Op basis van bovenstaande tabel is er geen aanleiding het model verder te kalibreren en/of te optimaliseren.

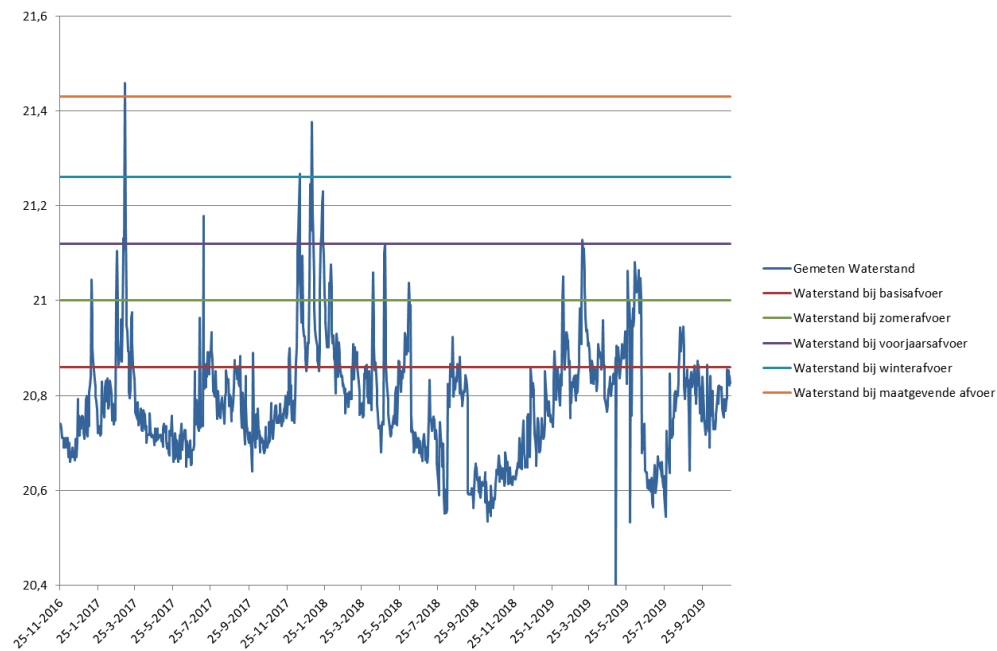
### 2.3.3 Waterstanden

Sinds enkele jaren wordt aan de benedenstroomse zijde van de Meldersloseweg de waterstand gemeten in de Groote Molenbeek. In onderstaande figuur is het waterstandsverloop weergegeven.



Figuur 2.3: Gemeten waterstanden Grote Molenbeek (meetpunt Meldersloseweg, Beekherstel 3)

In onderstaande figuur zijn de gemeten waterstanden uitgezet tegen de berekende waterstanden. De basisafvoer, zomerafvoer en voorjaarsafvoer zijn overgenomen uit het scenario 20180731\_GRM\_AGOR\_Zomer en de winterafvoer en maatgevende afvoer zijn overgenomen uit het scenario 20180731\_GRM\_Ontwerp\_winter.



Figuur 2.4: Gemeten waterstanden uitgezet tegen de berekende waterstanden bij de verschillende afvoersituaties (meetpunt: Grote Molenbeek Beekherstel 3)

Uit bovenstaande figuur kan geconcludeerd worden dat het model hogere waterstanden berekent tot de 50% maatgevende afvoer dan in de praktijk wordt gemeten. Dit kan meerdere oorzaken hebben, te weten:

1. Er is sprake van een meetfout; referentiehoogte is onjuist ingemeten. Een beperkte afwijking van enkele centimeters kan plausibel zijn maar dergelijke grote afwijkingen niet.
2. De periode waarin deze meting actief is zijn (extreem) droge jaren geweest. Het model is in beginsel gekalibreerd en gevalideerd met name op basis van de afvoeren. Deze meetreeksen bevatten langjarige meetreeksen tot meer dan 25 jaar. Uit de afvoerreeks van het meetpunt Hoekerhof is reeds te herleiden dat de klimaatverandering en dan met name de droge zomers van de afgelopen 3 jaren duidelijk zichtbaar zijn. Door de afname van de afvoer in m.n. het lagere bereik daalt daarmee ook de waterstand. Dit zou een plausibele verklaring kunnen zijn voor de (grote(re)) verschillen tussen de gemeten en berekende waterstanden.
3. In het zomermodel zijn op dit traject wrijvingsweerstand van  $K_s=10$  toegekend. Dit is echter niet aannemelijk omdat dit gedeelte van de beek aan weerszijde begroeid is. De wrijvingsweerstand zal eerder gelijk zijn aan de toegepaste wrijvingsweerstand zoals opgenomen in het wintermodel ( $K_s=20$ ). In het wintermodel worden bij de basisafvoer, zomerafvoer en voorjaarsafvoer respectievelijk de volgende waterstanden berekend: 20,70 m+NAP, 20,81 m+NAP en 20,91 m+NAP.

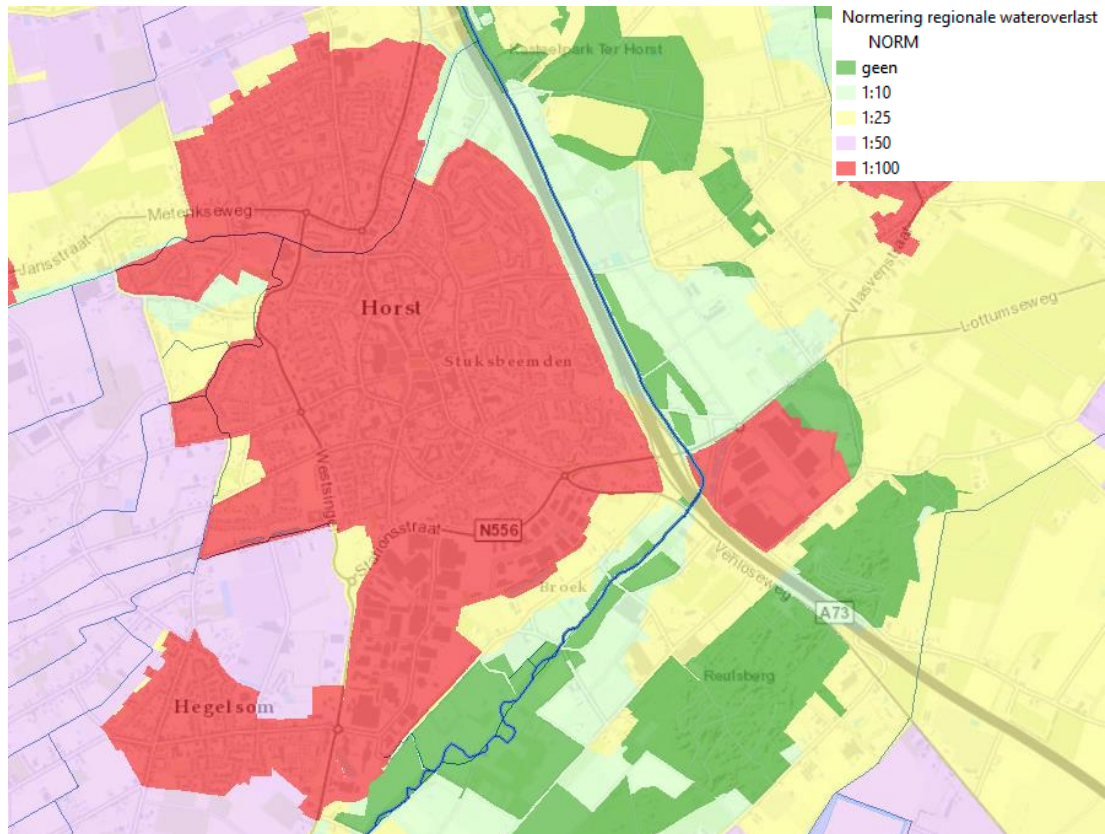
Op basis van bovenstaande is de conclusie getrokken dat de waterstanden volgend uit het oppervlaktewatermodel voldoende bruikbaar en betrouwbaar zijn en dat een nadere kalibratie en validatie niet noodzakelijk is. De focus van het project ligt namelijk op de extreme afvoersituaties (ontwerp bypass) en deze worden uitstekend benaderd in het model.

De validatie/vergelijking met de werkelijk gemeten afvoeren en waterstanden heeft plaatsgevonden op basis van de actuele situatie welke is opgenomen in het scenario 20180731\_GRM\_AGOR\_Zomer. De verdere vergelijking naar de effecten van de herinrichting worden vergeleken met het scenario 20180731\_GRM\_Ontwerp\_zomer. Er wordt in deze studie namelijk vanuit gegaan de herinrichting van de Kasteelse Bossen als autonome ontwikkeling doorgaat. Hierdoor veranderen de uitgangspunten en randvoorwaarden (lichte peilstijging tijdens extreme afvoersituaties) voor deze studie. Omdat de Kasteelse Bossen nog niet is uitgevoerd, kan hierop (helaas) niet worden gekalibreerd en gevalideerd. De aanname is hierbij dus dat de modeluitkomsten van het scenario 20180731\_GRM\_Ontwerp\_zomer voldoen en betrouwbaar zijn.

#### **2.3.4 NBW-normering**

In de onderstaande figuur is de NBW-normering van het gebied weergegeven. Op deze kaart is te zien dat grootste gedeelte van het gebied rondom de Grote Molenbeek een normering heeft van 1:10. Op een enkele locatie is sprake van een normering van 1:25. Ter plaatse van het herin te richten traject geldt een normering van 1:100. Deze

normering is gerelateerd aan het aangelegde industrieterrein maar is in de kaart eveneens opgenomen voor het herin te richten terrein. Indien deze herinrichting uitgevoerd wordt zal de normeringskaart hierop aangepast moeten worden.



Figuur 2.5: NBW-normering rondom de Grote Molenbeek in de omgeving van Horst.

### 2.3.5 Randvoorwaarden en uitgangspunten aanleg bypass

In overleg met de hydroloog van het waterschap zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden gedefinieerd:

1. De instroomhoogte van de bypass (extra berging) wordt gerelateerd aan de aangrenzende geldende maximale normering: in dit geval dus een normering van 1:25 (toegekend aan de snelweg A73). De instroomhoogte van de bypass wordt aangelegd op een hoogte van 10 cm onder de waterstand behorende bij de T25 afvoersituatie.
2. Het profiel van de bestaande loop van de Grote Molenbeek wordt opnieuw gedimensioneerd. In de bestaande situatie is er geen verschil zichtbaar in het profiel tussen de binnen- en buitenbocht. Om dit traject een meer natuurlijker aanzicht te geven zal het profiel hierop worden aangepast: steile(re) buitenbocht en een flauwe(re) binnenbocht.
3. Aanpassingen in het profiel of als gevolg van de herinrichting mogen geen waterstandsverhoging (dus een verslechtering) tot gevolg hebben.

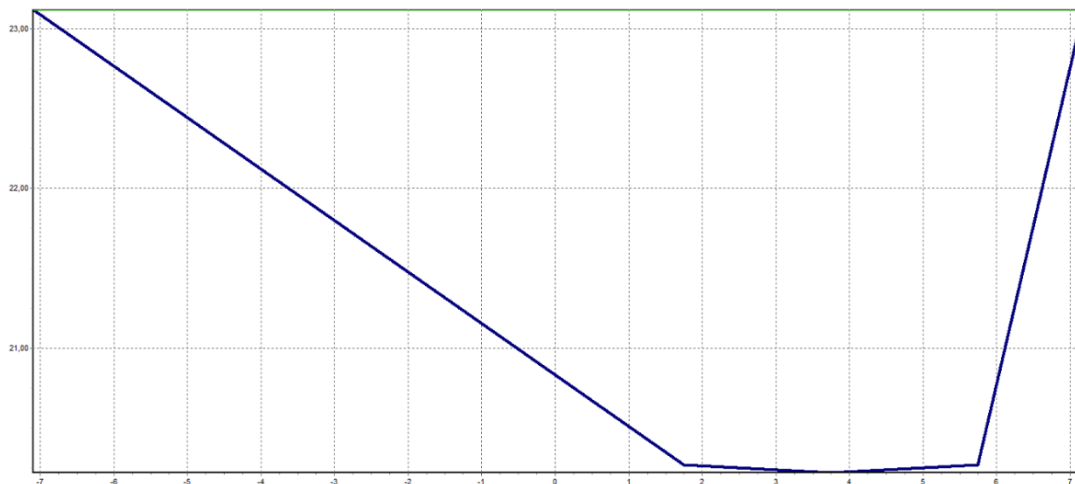


4. Ten aanzien van de parameterset/input voor het model zijn door het waterschap vaste regels opgegeven. Deze zijn opgenomen in bijlage 1: Uitgangspunten SOBEM-modellering. Deze uitgangspunten zijn binnen deze studie toegepast c.q. gehanteerd.
5. Gezien de schaal van het project en aanleg/realisatie van een beperkte hoeveelheid aan berging (zeker is je dit afzet tegen de afvoervolumes tijdens piekafvoeren) in het de hydroloog afgestemd dat de berekening enkel stationair doorgerekend hoeft te worden en niet met een dynamische golf zoals gebruikelijk is bij grootschalige herinrichtingen. De realisatie van extra buffering heeft altijd een positief effect op de afvlakking van een afvoergolf. Echter in dit geval zal dit zeer minimaal zijn vanwege de omvang van het project. Het doel van deze herinrichting is met name het verhogen van de belevingswaarde en de ecologische waarde van het gebied. In de Groote Molenbeek worden door het aanpassen van de bocht (flauwe binnenbocht en steile buitenbocht) de (lokale) aquatisch ecologische omstandigheden wat geoptimaliseerd ten opzichte van de bestaande situatie. Er zal iets meer variatie in de stroming ontstaan tussen de binnen- en buitenbocht. In de actuele situatie is dit niet het geval.

## 3 EFFECTEN VAN DE AANLEG BYPASS

### 3.1 Ontwerp

In onderstaande figuur is het (principe)profiel van de aangepaste loop van de Grote Molenbeek weergegeven. Hierbij is in het model onderscheid gemaakt tussen de profielen in de bocht en de profielen op het rechte traject. De bodembreedte van de beek is gelijk gehouden aan de bodembreedte in de actuele situatie, te weten 5 meter breed. In de actuele situatie hebben beide oevers een talud van ca 1:1,5. Dit talud wordt op de rechte trajecten gehandhaafd. Echter in de bocht zal de binnenbocht een variabel talud krijgen van 1:2,5 tot 1:6 en de buitenbocht 1:0,5. Dit ziet er als volgt uit bij het talud van 1:2,5 in de binnenbocht:



Figuur 3.1: (Principe)profiel in bocht Grote Molenbeek.

In de actuele situatie bedraagt de waterstand bij een T25 afvoersituatie ter hoogte van de nieuwe loop met overlaat naar het bergingsgebied (deel van de bestaande waterloop) 22,10 m+NAP. De inlaathoogte bodem van de bypass zal dus op een hoogte van 22,00 m+NAP ontworpen worden. Om deze berging weer (deels) leeg te kunnen laten lopen wordt er een duiker op een hoogte 20,80 m+NAP aangebracht. Om zoveel mogelijk berging te realiseren is er voor gekozen om geen vaste breedte toe te passen maar deze qua breedte af te stemmen op de beschikbare ruimte. Op het middenstuk zal deze dus uitwaaiëren en richting het einde weer geknepen worden. De instroombreedte bedraagt ca. 5 meter en in het midden kan de breedte oplopen tot ca. 25 meter.

### 3.2 Effect op afvoeren

In de onderstaande tabel is het effect van de aanleg van de bypass (extra berging) op de afvoeren weergegeven.

Tabel 3.1: Afvoeren tijdens reguliere en extreme afvoersituaties op diverse locaties voor- en na aanleg van de meander.

	Groote molenbeek direct bovenstrooms A73	Groote Molenbeek benedenstrooms Meldersloseweg
10% MA huidig	0,47	0,47
10% MA ontwerp	0,47	0,47
20% MA huidig	0,71	0,71
20% MA ontwerp	0,71	0,71
30% MA huidig	0,96	0,96
30% MA ontwerp	0,96	0,96
50% MA huidig	1,42	1,42
50% MA ontwerp	1,42	1,42
100% MA huidig	2,56	2,56
100% MA ontwerp	2,56	2,56
T10 huidig	4,58	4,58
T10 ontwerp	4,58	4,58
T25 huidig	5,25	5,25
T25 ontwerp	5,25	5,25
T50 huidig	5,78	5,78
T50 ontwerp	5,78	5,78
T100 huidig	6,55	6,55
T100 ontwerp	6,55	6,55

Zoals uit bovenstaande tabel is op te maken heeft de aanleg van de nieuwe loop/meander geen effect op de afvoersituatie bovenstrooms en benedenstrooms dit traject. In de praktijk zal dit echter tijdens extreme(re) afvoersituaties toch – zij het zeer beperkt – leiden tot een afname/afvlakking) in het afvoerdebiet. Dit komt omdat de berekening is uitgevoerd als stationaire berekening, waarbij voor een bepaalde tijdsduur een constante afvoer op het model is gezet welke overeenkomt met de herhalings tijden in de verschillende afvoersituaties, en er geen (daadwerkelijke) afvoergolf dynamisch wordt doorgerekend. Derhalve is dit niet terug te zien in de modeluitkomsten.

### 3.3 Effect op waterpeilen

Het effect van de bypass op de waterpeilen bij de verschillende afvoersituaties is in onderstaande tabel op enkele locaties rondom/in het projectgebied weergegeven.



Tabel 3.2: waterstanden tijdens reguliere en extreme afvoersituaties op diverse locaties voor- en na aanleg van de meander.

	Groote Molenbeek direct beneden- strooms A73	Groote Molenbeek halverwege nieuwe loop/meander	Groote Molenbeek benedenstrooms Meldersloseweg
10% MA huidig	20,85		20,73
10% MA ontwerp	20,82	20,80	20,73
20% MA huidig	20,97		20,85
20% MA ontwerp	20,94	20,92	20,85
30% MA huidig	21,07		20,95
30% MA ontwerp	21,04	21,02	20,95
50% MA huidig	21,23		21,11
50% MA ontwerp	21,21	21,18	21,11
100% MA huidig	21,57		21,46
100% MA ontwerp	21,55	21,52	21,46
T10 huidig	22,00		21,91
T10 ontwerp	22,00	21,97	21,91
T25 huidig	22,13		22,04
T25 ontwerp	22,12	22,09	22,04
T50 huidig	22,22		22,13
T50 ontwerp	22,21	22,19	22,13
T100 huidig	22,34		22,26
T100 ontwerp	22,34	22,31	22,26

Uit bovenstaande tabel 3.2 waarin een vergelijk tussen de actuele situatie en de situatie na herinrichting is weergegeven kan – conform tabel 3.1 met de afvoervergelijking – geconcludeerd worden dat als gevolg van de herinrichting er geen verandering optreedt in de berekende waterstanden. Ook hier geldt echter weer dat er in de praktijk wel degelijk een waterstand verlagend effect te verwachten is (de theorie wijkt als gevolg van de berekeningsmethode (stationaire berekening) af van de praktijk. In het model is immers per afvoersituatie een vast debiet toegekend terwijl er in de praktijk een afvoergolf door het systeem trekt. Doordat het natte profiel van de watergang t.o.v. de huidige situatie (m.n. in de hoge afvoeren, dus bovenin het profiel) sterk verruimd wordt is in de praktijk een waterstanddaling van enkele centimeters te verwachten. Bovendien wordt de bestaande loop ingericht als buffer welke tijdens extreme afvoersituaties gevuld wordt en na de afvoerpiek weer gedoceerd wordt afgevoerd richting de Groote Molenbeek.

De extra buffering als gevolg van de verlengde beekloop en de buffer in de bestaande beekloop heeft een totale capaciteit van ca. 1.200 m<sup>3</sup>.

Hydrologisch gezien zal de situatie na herinrichting dus (licht) verbeteren ten opzichte van de huidige situatie.



## 4 CONCLUSIE EN ADVIES

Binnen deze analyse is onderzocht wat het effect van de herinrichting van de Grootte Molenbeek in combinatie met de aanleg van een bypass (creëren extra berging) voor effect heeft op de waterstanden en afvoeren in het aangrenzende beektraject. Het projectgebied beslaat het gebied tussen de snelweg A73 en de Meldersloseweg en heeft een lengte van ca. 200 meter.

Binnen deze analyse zijn de effecten van de volgende aanpassingen middels een stationaire oppervlaktewaterberekening inzichtelijk gemaakt.

1. Aanpassing profiel Grootte Molenbeek in de bocht. In de huidige situatie is er in het talud geen verschil aanwezig tussen de binnen- en buitenbocht. In het model is een steile buitenbocht en flauwe binnenbocht aangebracht.
2. De aanleg van extra berging ter plaatse van de bestaande waterloop. De hoogte van de inlaat van de bypass is gerelateerd aan de T25 waterstand. Deze bedraagt ter hoogte van de inlaat in de actuele situatie ca. 22,10 mNAP. De hoogte van de bypass is doorgerekend met een bodemhoogte van 22,00 m+NAP.

Als gevolg van bovenstaande aanpassingen veranderen de waterstanden en afvoeren in de Grootte molen in de berekeningen niet of nauwelijks. Hierbij dient echter wel een kanttekening gemaakt te worden dat het model – in afstemming met het waterschap – enkel stationair is doorgerekend. Concreet betekent dit dat er per afvoersituatie voor een bepaalde tijd een vaste afvoer op het model wordt gedrukt. Er is in het model dus geen sprake van een afvoergolf zoals in de praktijk natuurlijk wel optreedt. In de praktijk zal de piek tijdens de extreme afvoeren dus wel degelijk afgevlakt worden, hoewel dit zeer beperkt zal zijn. Als gevolg zal het bergend vermogen van het systeem op dit traject met ca. 1.200 m<sup>3</sup> toe nemen. Ten opzichte van het afvoervolume van de Grootte Molenbeek gedurende de piekafvoeren is dit een zeer minimale hoeveelheid.

Eventuele extra berging – die wel een significante bijdrage zal leveren aan de piekafvlakking – zal dan ook buiten dit onderzoeksgebied gezocht moeten worden en dus binnen andere herinrichtingsprojecten binnen het stroomgebied van de Grootte Molenbeek opgepakt moeten worden.

Door de uitvoering van het werk zullen de belevingswaarde en de (aquatisch) ecologische omstandigheden in het gebied (sterk) verbeteren ten opzichte van de huidige situatie.

Roermond, 9 december 2019  
Adviesbureau Brouwers BV

## BIJLAGE 1.

### UITGANGSPUNTEN SOBEK- MODELLERING

De berekeningen zijn uitgevoerd in SOBEK-versie 2.12. Het model wat door het waterschap is aangeleverd heet GRM03a01.lit. De uiteindelijke resultaten (inclusief aangeleverde scenario's) zijn doorgerekend, opgeslagen en aangeleverd aan het waterschap als GRMMeld.lit. Het model betreft een stationair 1D Q/h Model.

De tijdsstappen van het model waarop de verschillende afvoersituaties zijn uitgelezen zijn weergegeven in onderstaande tabel.

start tijdstap		uitlezen op		afvoersituatie
<b>1-6-1996</b>	01:00:00	6-6-1996	00:00:00	5
<b>6-6-1996</b>	01:00:00	9-6-1996	00:00:00	10
<b>9-6-1996</b>	01:00:00	12-6-1996	00:00:00	20
<b>12-6-1996</b>	01:00:00	15-6-1996	00:00:00	30
<b>15-6-1996</b>	01:00:00	18-6-1996	00:00:00	40
<b>18-6-1996</b>	01:00:00	21-6-1996	00:00:00	50
<b>21-6-1996</b>	01:00:00	24-6-1996	00:00:00	75
<b>24-6-1996</b>	01:00:00	27-6-1996	00:00:00	100
<b>27-6-1996</b>	01:00:00	30-6-1996	00:00:00	175
<b>30-6-1996</b>	01:00:00	4-7-1996	00:00:00	200
<b>4-7-1996</b>	01:00:00	9-7-1996	00:00:00	220
<b>9-7-1996</b>	01:00:00	14-7-1996	00:00:00	250
<b>14-7-1996</b>	01:00:00	19-7-1996	00:00:00	300

#### Afvoeren

De afvoeren zijn bepaald op basis van de duurlijnmethode. De gebruikte percentielen zijn:

Afvoersituatie	Referentie herhalings tijd (overschrijding)	Percentiel duurlijn
<b>Basisafvoer</b>	330 dagen per jaar	9,6
<b>Zomerafvoer</b>	200 dagen per jaar	45,2
<b>Voorjaarsafvoer</b>	100 dagen per jaar	72,6
<b>Winterafvoer</b>	20 dagen per jaar	94,5
<b>Jaarlijkse piekafvoer</b>	1 dag per jaar	99,7

De afvoerextremen zijn op basis van een lineaire extrapolatie bepaald. Dit wordt gedaan omdat de meetreeksen vaak te kort zijn om op basis van de duurlijn een goede T=10 of T=100 te bepalen. De percentages zijn:

Afvoersituatie	Referentie herhalingstijd	Percentage van de jaarlijkse piekafvoer
<b>T=10</b>	1 maal per 10 jaar	175%
<b>T=25</b>	1 maal per 25 jaar	200%
<b>T=50</b>	1 maal per 50 jaar	220%
<b>T=100</b>	1 maal per 100 jaar	250%

### Weerstand

De gebruikte modelweerstand voor de waterlopen zijn:

Situatie	Kstrickler zomer	Kstrickler winter
<b>Natuurlijke beek; Groot (bodembreedte &gt;3 m)</b>	10	20
<b>Genormaliseerde waterloop</b>	15	25

Voor duikers:

	Kstrickler
<b>Duiker rond</b>	75
<b>Duiker rechthoekig</b>	60
<b>Duiker ellipsvormig</b>	68
<b>Duiker pvc</b>	100
<b>Duiker staal</b>	100
<b>Duikers geribbeld</b>	40

De in- en uittredeweerstand bij duikers zijn als volgt:

	Intreeweerstand	Uittredeweerstand
<b>Duiker rond</b>	0,6	1
<b>Duiker rechthoekig</b>	0,5	1
<b>Duiker ellipsvormig</b>	0,55	1