

WATERSCHAP LIMBURG

# DIJKVERSTERKING ARCEN

## INTEGRAAL WATERHUISHOUDINGSPLAN ONTWERPLOOP 2

15-05-2023



KRAGTEN  
SCHOOLSTRAAT 8, HERTEN

[wsp.com / kragten.nl](http://wsp.com/kragten.nl)

PROJECTNUMMER  
WAB019011

DOCUMENTNUMMER  
DR65-2021Z36129-WSP\_15-05-2023-Waterhuishouding-A02.01-  
Dijkversterk Arcen L2



## COLOFON

### RAPPORTHISTORIE

1	25-10-2022	Opzet eerste versie
2	10-01-2023	Opzet tweede versie (n.a.v. interne controle)
3	03-02-2023	Toevoeging geohydrologie
4	10-02-2023	Verwerking opmerkingen OG
5	14-03-2023	Opzet definitieve versie (n.a.v. interne controle)
6	15-05-2023	Opzet 2 <sup>de</sup> definitieve versie (n.a.v. reactie OG op verwerkingwijze 1 <sup>ste</sup> ronde)

### CONTACTGEGEVENS

088 33 66 164  
cc@kragten.nl

## AUTORISATIE

PROJECTNUMMER	DOCUMENTNUMMER	VERSIE	STATUS
WAB019011	DR65-2021Z36129-WSP_15-05-2023-Waterhuishouding-A02.01-Dijkversterk Arcen L2	3.0	Definitief

OPGESTELD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
CC	Hydroloog	15-05-2023	
MR	Stedelijk water specialist	15-05-2023	
NSV	Geohydroloog	15-05-2023	b.a.
RRI	Geohydroloog	15-05-2023	

GEVERIFIEERD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
NSV	Geohydroloog	15-05-2023	b.a.

GOEDGEKEURD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
MLI	Technisch Manager	15-05-2023	

## PRODUCTIETEAM

### WSP/KRAGTEN

Hydroloog	CC
Stedelijk water specialist	MR
Geohydroloog	NSV
Geohydroloog	RRI
Technisch Manager	MLI

# INHOUDS- OPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
1.1	Planproces dijkversterking en -verlegging	5
1.2	Aanpak	7
1.3	Deelproject Arcen	7
1.4	DOEL EN POSITIONERING DOCUMENT	8
1.5	LEESWIJZER	9
<b>2</b>	<b>OPPERVLAKTE- EN STEDELIJK WATER PER DIJKVAK</b>	<b>10</b>
2.1	Dijkvak 1	10
2.1.1	Kruising Lommerbroeklossing-N271	11
2.1.2	Waterhuishouding Provinciale weg N271	14
2.2	Dijkvak 2	14
2.3	Dijkvak 3 en dijkvak 4	15
2.3.1	Te verpompen hoeveelheid duiker kistdam	15
2.3.2	Persleiding Wymarche watermolen naar vrijvervalriool	16
2.4	Dijkvak 5	16
2.5	Dijkvak 6 en dijkvak 7	17
2.5.1	Bergingssysteem overslagdebiet t.p.v. glazen-/zelfsluitende kering	17
2.5.2	Voorzieningen voor afvoer hemelwater en kwelwater	18
2.5.3	Hemelwaterafvoer La Tour Meuse	18
2.5.4	Riooloverstort op de Maas	18
2.5.5	Persleiding Waterschapsbedrijf RG Arcen	19
2.6	Dijkvak 8	19
2.6.1	Afwatering Hertog Jan Brouwerij	20
2.6.2	Afwatering Proeverij (kruisweg 45)	20
2.6.3	Riooloverstort op de Maas	21
2.6.4	Gemeentelijk drukgemaal kruisweg 47	21
2.7	Dijkvak 9	21
2.7.1	Kruising Laaklossing	21
2.7.2	Kruising Boerenhuizenlossing	25
2.8	Gevolgen dijkverlegging voor agrarische percelen dijkvak 8 en 9	27
<b>3</b>	<b>GEOHYDROLOGIE</b>	<b>28</b>
3.1	Functioneren grondwatersysteem Arcen	28
3.2	Grondwatergerelateerde ingrepen	29
3.3	Grondwatermodel	29
3.3.1	Gevoeligheidsanalyse	30
3.3.2	Kalibratie	30

3.3.3	Damwanden: wijze van verwerking in grondwatermodel	30
3.4	Effectbeschrijving ingrepen	30
3.4.1	Stationair model	31
3.4.2	Instationair model	31
3.4.3	Compenserende maatregelen	31

## OVERZICHT BIJLAGE(N)

### Bijlage A

- Waterhuishoudingsplan – Oppervlaktewater Ontwerploop 1

### Bijlage B

- Effecten Grondwater model

### Bijlage C

- Overzichtskaart stedelijk water

# 1 INLEIDING

---

## 1.1 PLANPROCES DIJKVERSTERKING EN -VERLEGGING

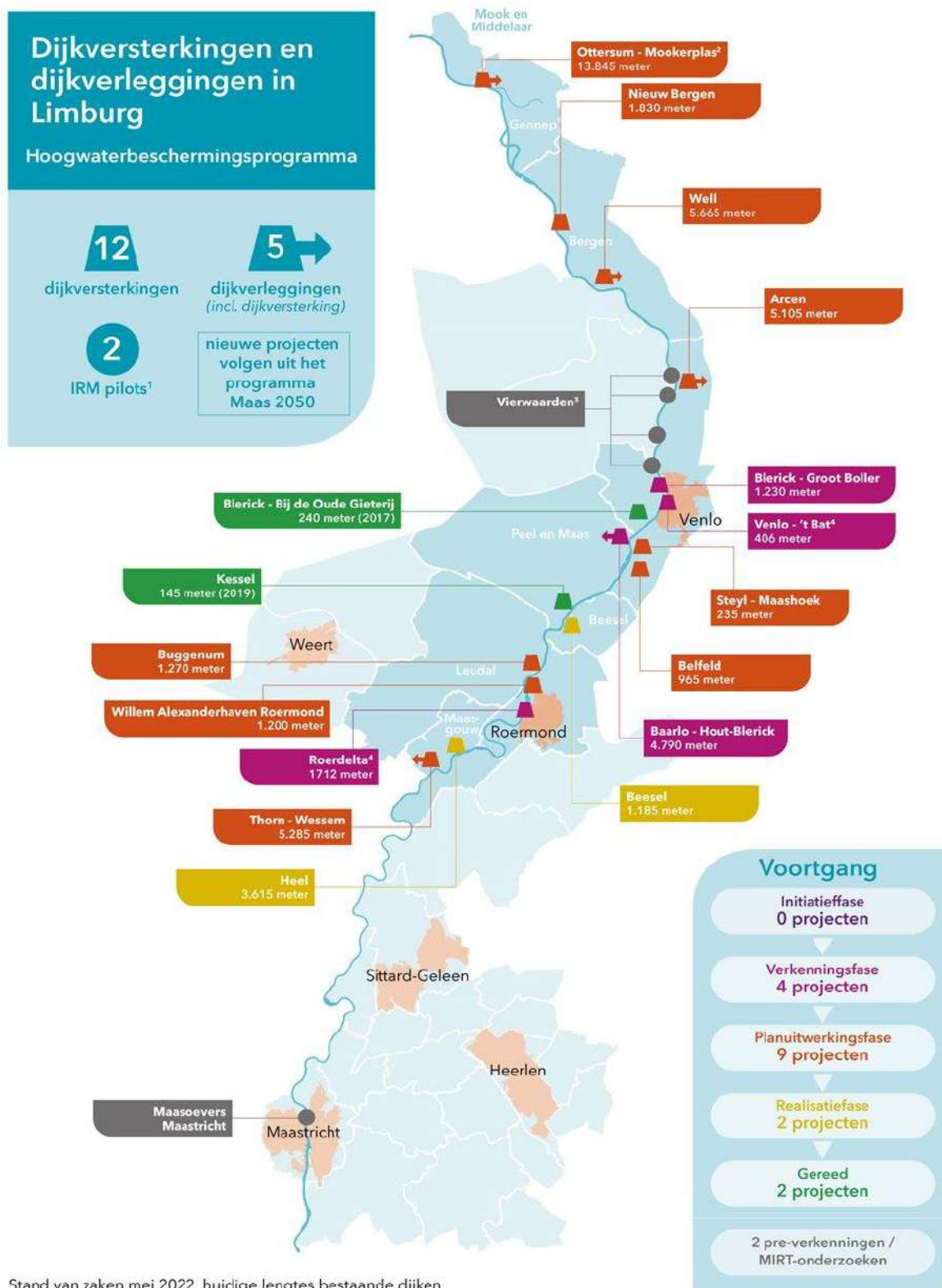
Om te borgen dat Nederland nu en in de toekomst beschermd is tegen overstromingen, is wettelijk vastgelegd dat primaire waterkeringen periodiek worden gecontroleerd. Primaire waterkeringen die niet op orde zijn, worden versterkt. Afspraken over welke primaire waterkeringen wanneer aangepakt worden, leggen het Rijk en de waterschappen gezamenlijk vast in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het HWBP wordt jaarlijks geactualiseerd en steeds voor een periode van zes jaar opgesteld, met een doorkijk naar twaalf jaar. Het doel van het huidige programma is het op orde krijgen van de primaire waterkeringen die in de afgelopen en lopende toets-/beoordelingsronde zijn afgekeurd.

Waterschap Limburg (WL) is verantwoordelijk voor de hoogwaterbescherming in het door haar beheerde gebied. Ze werkt daarbij nauw samen met partners als het Rijk, Provincie Limburg, betrokken gemeenten en naastgelegen waterschappen. Na de hoge rivierwaterstanden in 1993 en 1995 zijn in het beheergebied van WL in snel tempo Maaskades aangelegd die als nooddijk fungeerden met een overstromingskans van circa 1/50<sup>e</sup> per jaar. Deze Maaskades zouden deels een tijdelijke functie hebben en vooruitlopend op rivierverruiming hoogwaterbescherming bieden tegen de hoge rivierwaterstanden zoals deze in 1993 en 1995 optraden.

Op 1 januari 2017 is de Waterwet gewijzigd. Er zijn nieuwe wettelijke normen voor hoogwaterveiligheid in werking getreden. Voor ieder dijktraject bestaan de wettelijke normen uit twee delen, beide uitgewerkt in een overstromingskans per jaar. Ten eerste de signaleringswaarde, de overstromingskans per jaar die de beheerder het sein geeft dat de waterkering op termijn versterkt moet worden. Daarnaast de ondergrens, de overstromingskans per jaar waarop het dijktraject gedurende de gehele levensduur ten minste berekend moet zijn. Voor dijktraject Arcen betreft dit een signaleringswaarde van 1/300<sup>e</sup> per jaar en een ondergrens van 1/100<sup>e</sup> per jaar. Na dijkverbetering dient de waterkering gedurende de gehele levensduur in ieder geval veiliger te zijn dan de ondergrenswaarde.

Op basis van de nieuwe normen voor hoogwaterbescherming in de Waterwet zijn veel dijken in het beheergebied van Waterschap Limburg afgekeurd op hoogte en sterkte. In 2016 heeft het Waterschap een dijkverbeteringsprogramma opgestart om diverse dijktrajecten in de Noordelijke Maasvallei te verhogen en te versterken. Deze dijkverbeteringen zijn opgenomen in het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Waterschap Limburg, Rijkswaterstaat, provincie Limburg, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, gemeente Beesel, gemeente Bergen, gemeente Leudal, gemeente Maasgouw, gemeente Peel en Maas, gemeente Roermond en gemeente Venlo hebben samen de Stuurgroep HWBP Noordelijke Maasvallei opgezet. Deze Stuurgroep adviseert de bevoegde bestuursorganen met betrekking tot de te nemen besluiten. De doelstelling van het dijkversterkingsprogramma is primair: het verbeteren van de waterveiligheid in de Maasvallei (versterkingsopgave). De secundaire doelstelling is het versterken van gebiedskwaliteiten (opgave ruimtelijke kwaliteit). Deze doelstellingen zijn van alle betrokken partners binnen de Stuurgroep HWBP Noordelijke Maasvallei. Deze opgaven zijn in paragraaf 1.3 nader toegelicht.





Figuur 1-1: Locaties van dijkversterkingen van Waterschap Limburg in het Hoogwaterbeschermingsprogramma.

## 1.2 AANPAK

Het HWBP werkt aan de hand van een systematiek die ontleend is aan de werkwijze uit het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT). Dit betekent dat de volgende fasen doorlopen worden: de voorverkenning, de verkenning, de planuitwerking en de realisatie. Momenteel bevindt het project dijkverbetering Arcen zich aan het einde van de planuitwerking.



Figuur 1-2: De planfasen van de HWBP dijkversterkingen.

In de planuitwerkingsfase worden het voorkeursalternatief en eventuele restpunten verder geoptimaliseerd, uitgewerkt en gedetailleerd. Het uiteindelijke ruimtebeslag (hoogte en breedte) kan afwijken van het vastgestelde voorkeursalternatief.

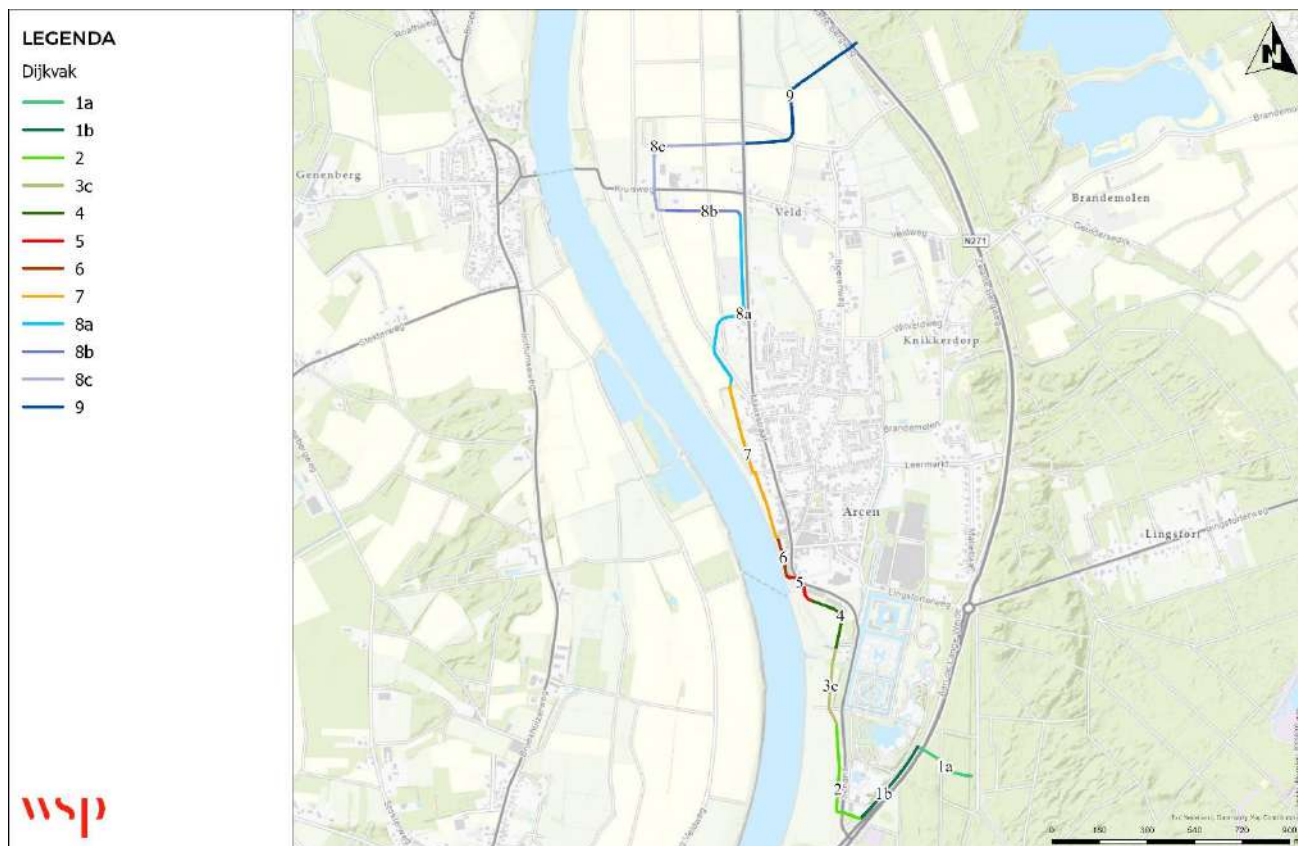
## 1.3 DEELPROJECT ARCEN

Het project Arcen geeft invulling aan de doelstellingen vanuit verschillende programma's. Allereerst maakt het onderdeel uit van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP Noordelijke Maasvallei), zoals beschreven in paragraaf 1.1. Het project heeft daarnaast een extra opgave meegekregen: de systeemopgave. Met deze systeemopgave wordt beoogd om zoveel mogelijk rivierbed te behouden en de stijging van de waterstand te voorkomen. In de verkenningfase zijn verschillende tracés voor de primaire waterkering onderzocht en vergeleken. Dit heeft geleid tot een bestuurlijk vastgesteld tracé voor nieuwe primaire waterkering (zie Figuur 1-3). De bestaande waterkering wordt geheel vervangen en, met name in het noordelijke deel, dichter tegen de bebouwde kom van Arcen aangelegd. In Arcen Midden wordt de waterkering uitgevoerd als een glazen wand óf als een zelfsluitende kering. In Arcen Noord en Arcen Zuid wordt een 'groene' kering aangelegd van grond die aansluit op de hoge gronden aan de rand van het Maasdal. Op een aantal plaatsen worden coupures aangelegd die bij hoogwater worden gesloten. Op maatwerklocaties en langs de kasteeltuin wordt geen groene kering aangelegd maar een verticale constructie (keermuur). In de planuitwerking wordt dit tracé nader uitgewerkt en geoptimaliseerd tot een referentieontwerp voor de waterkering dat de basis is voor de juridische procedures en de realisatiefase. Ten derde wordt met het project Arcen ook invulling gegeven aan de Kaderrichtlijn water (KRW). Naast het aanleggen en versterken van de primaire waterkering omvat het project ook het beekherstel van de Lingsforterbeek inclusief een vispassage bij de Wymarsche watermolen.

Tot slot is er nog sprake van verschillende meekoppelkansen die bijdragen aan de doelstelling voor het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van het gebied. In de planuitwerkingsfase worden diverse wensen vanuit de omgeving meegenomen in het referentieontwerp:

- Dubbelzijdig fietspad vanaf zuidelijke molenvijver direct aan de nieuwe dijk gelegen bij de Schans tot de provinciale weg;
- Het verplaatsen van de bebouwde kom bij de Schans gecombineerd met een 30km-plateau en fietsoversteekplaats;
- Het parkeerterrein tegenover MFA uitbreiden met 7 parkeerplaatsen;
- Het herinrichten van het Schanstorenplein, inclusief terugbrengen oude gracht en suggestie van een brug in combinatie met de nieuwe te plaatsen kering met diverse wandelroutes;
- Het herinrichten/verbeteren van de Burgemeester Linderspromenade inclusief de nieuwe kering (landschappelijk en cultuurhistorisch passend);

- Het duiden op verschillende plekken van de landschappelijk cultuurhistorische waarde van het gebied gecombineerd met de dijkversterking-, of verlegging;
- Realiseren van een passantenhaven ter plaatse van de Schans (optioneel).



Figuur 1-3: Ligging van de dijkvakken voor het tracé bij Arcen.

## 1.4 DOEL EN POSITIONERING DOCUMENT

Het Integraal waterhuishoudingsplan voor het dijkversterkingsproject Arcen heeft als doel inzage te geven in de effecten van het dijkversterkingsproject op het stedelijk-, oppervlaktewater- en grondwatersysteem. Voor het stedelijk- en oppervlaktewatersysteem geldt dat gekeken wordt naar specifieke ontwerp vraagstukken die ontstaan als gevolg van de dijkversterking en zijn raakvlakken met de omgeving. Voor grondwater wordt gekeken naar de effecten van de gehele dijkversterking op het grondwatersysteem en wat dit betekent voor de omgeving.

Dit rapport is een vervolg en aanvulling op de eerder opgestelde documenten, het stedelijk waterbeheerplan<sup>1</sup> en het waterhuishoudingsplan (zie Bijlage A). Dit document wordt gecomplementeerd door de geohydrologische systeemanalyse.

<sup>1</sup> De inhoud van dit plan is geïntegreerd in dit rapport en is daarom niet bijgevoegd als aparte bijlage. Bron: 'DR65-2021Z36129-WSP\_14-03-2023-Waterhuishouding-A02.01-Stedelijke waterbeh. plan', Kragten/WSP, 14-03-2023.



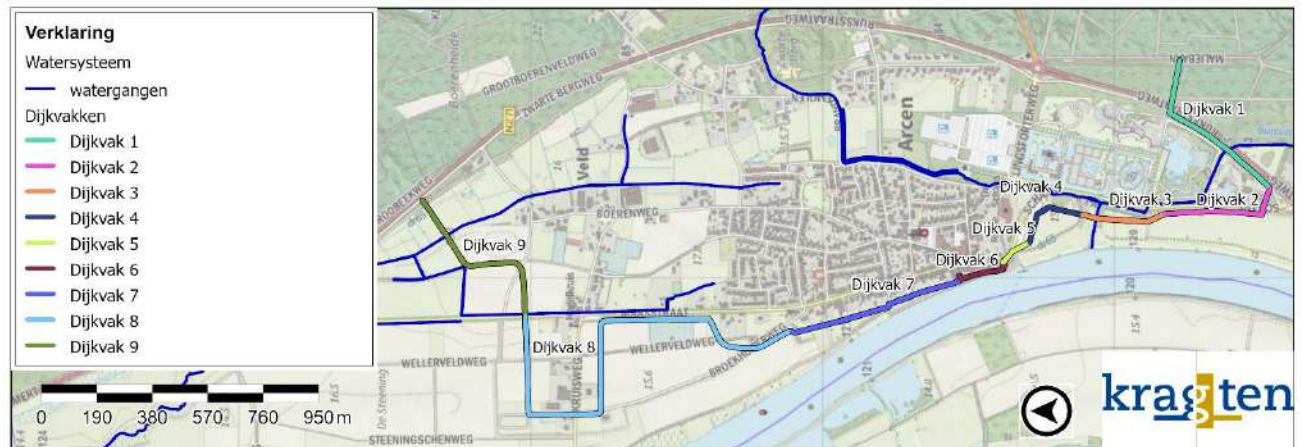
---

## 1.5 LEESWIJZER

In Hoofdstuk 2 wordt gekeken naar de ontwerp vraagstukken voor stedelijk- en oppervlaktewatersysteem per dijkvak. Per paragraaf wordt een dijkvak behandeld waarvoor specifieke ontwerp vragen zijn opgesteld. In Hoofdstuk 3 wordt de grondwateranalyse uitgewerkt.

## 2 OPPERVLAKTE- EN STEDELIJK WATER PER DIJKVAK

In dit hoofdstuk worden per nieuw dijkvak de oppervlakte- en stedelijk water ontwerpgegevens uitgewerkt. In Afbeelding 1 zijn de betreffende dijkvakken weergegeven van het nieuwe dijktraject, ten opzichte van de watergangen. In Bijlage C is een overzichtskaart van het stedelijk watersysteem toegevoegd.



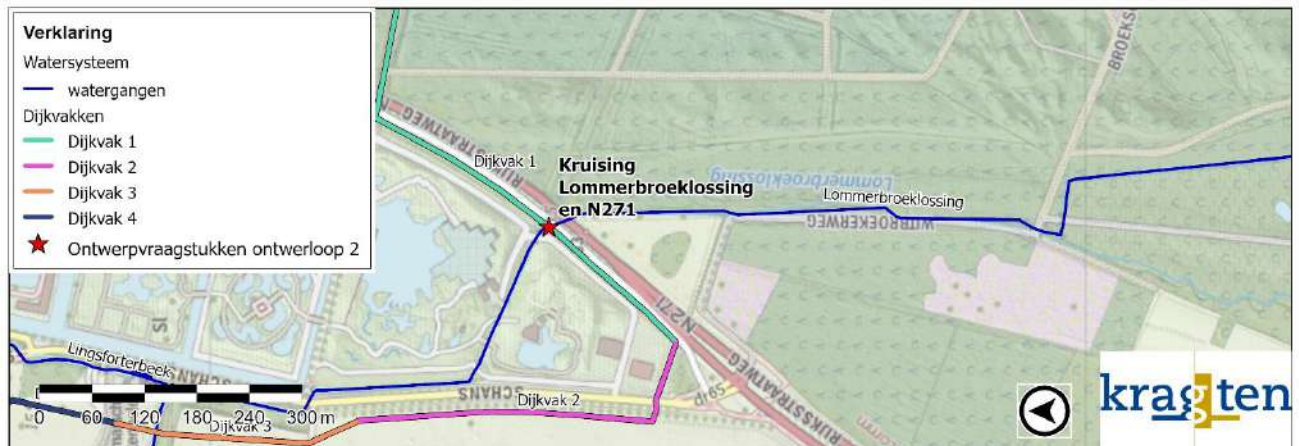
Afbeelding 1. Indeling van het nieuwe dijktrajecten op basis van de dijkvakken.

### 2.1 DIJKVAK 1

De Lommerbroeklossing zal in tegenstelling tot de huidige situatie de primaire kering (in de vorm van een keermuur) gaan kruisen direct benedenstrooms van de N271, zie Afbeelding 2. De keermuur wordt direct langs de N271 gelegd. De ontwerp vragen horende bij deze kruising zijn als volgt:

- Welke diameter buis moet de kruising krijgen;
- Hoe moet de kruising afgesloten worden bij hoogwater;
- Bestaat er een risico op wateroverlast wanneer de afsluiter dicht wordt gezet.

Daarnaast speelt nog dat de afwatering van de provinciale weg aangepast moet worden.



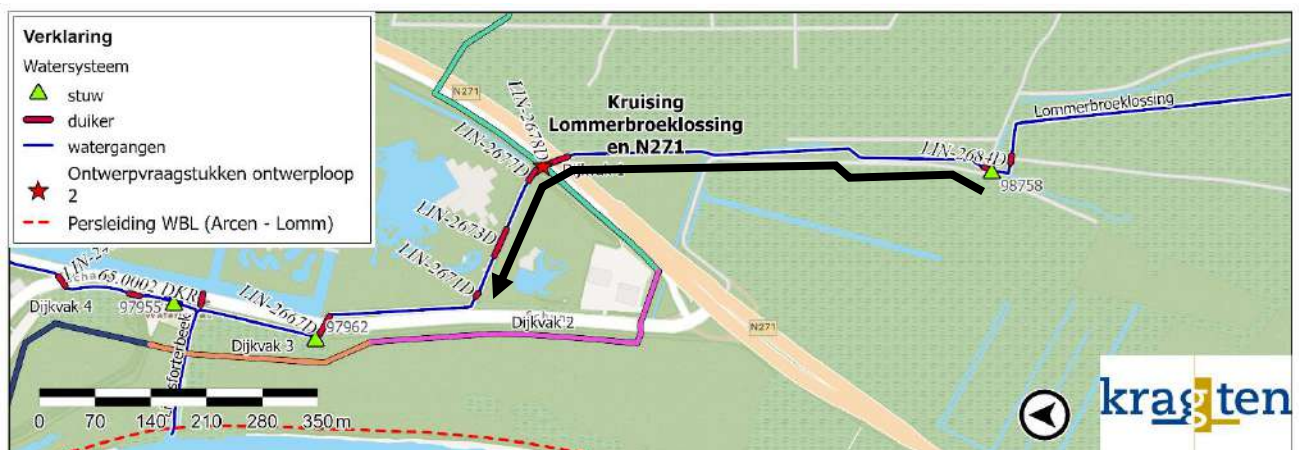
Afbeelding 2. Locatie te realiseren afsluiter Lommerbroeklossing.

## 2.1.1 KRUISSING LOMMERBROEKLOSSING-N271

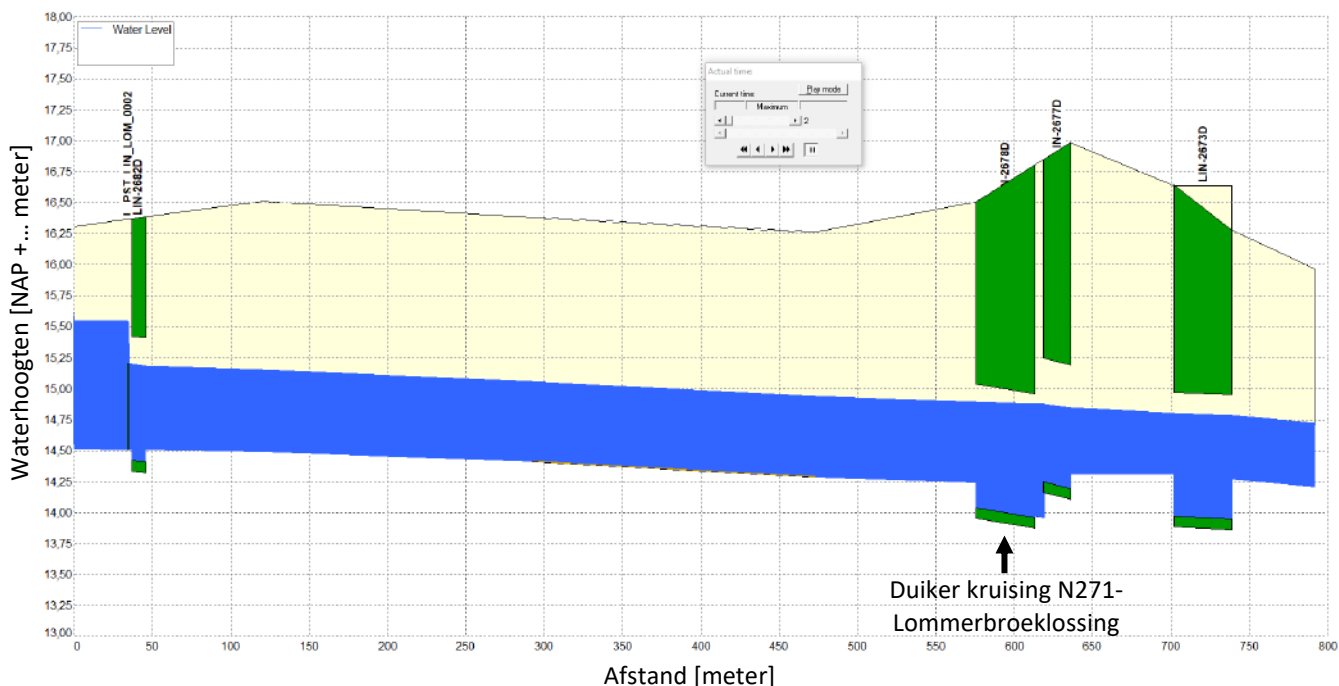
### DIAMETER VAN DE DUIKER

Momenteel stroomt de Lommerbroeklossing al onder de N271 door richting de Kasteeltuinen van Arcen. De duiker heeft een diameter van 1.000 millimeter. Omdat de keermuur direct langs de N271 gelegd wordt, is aan te raden om als minimum maat een diameter van 1.000 millimeter aan te houden. Zo ontstaan er geen vernauwingen in het duiker systeem, waar vuil zich kan gaan ophopen. Hiermee is ook een goede doorstroom gegarandeerd.

Hydraulisch gezien is een rond 1.000 millimeter meer dan voldoende. De Lommerbroeklossing wordt gekenmerkt door lage afvoeren. Zie daarvoor het rapport in Bijlage A waarin het oppervlaktewatersysteem rondom Arcen staat beschreven. In Afbeelding 4 zijn de maximale waterstanden getoond in geval van een 50% MA landelijke afvoer in combinatie met een T100 bui op stedelijk gebied (o.a. Lomm). In Afbeelding 3 is het traject van het lengteprofiel te zien. De piek afvoer is dan  $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$  in de Lommerbroeklossing. Zoals te zien in Afbeelding 4 is de maximale opstuwing nagenoeg verwaarloosbaar. De binnenkant onderkant buis (b.o.b.) van deze kruising in het model is NAP +14,04 meter.



Afbeelding 3. Traject van het lengteprofiel getoond in Afbeelding 4.



Afbeelding 4. Lengteprofiel van de Lommerbroeklossing met maximale waterstanden (blauw) bij een T100 bui op stedelijk gebied, in combinatie met 50% MA landelijke afvoer (groen zijn de duikers).

Omdat bij een hoge afvoer de piek verwaarloosbaar is, kan ook gesteld worden dat in reguliere afvoer situaties de waterstanden niet beïnvloed worden. Drooglegging zal daarom door deze onderdoorgang niet negatief beïnvloed worden.

### AFSLUITEN BIJ HOOGWATER

Conform de eisen van het waterschap moet de duiker voorzien worden van een dubbele afsluiter. Deze dubbele afsluiter moet op tijd gesloten worden om te voorkomen dat Maaswater de dijkkring in kan stromen. Voor Arcen is een kritiek peil bepaald van NAP +15,2 meter<sup>2</sup>. Veiligheidshalve is het verstandig om bij een Maaswaterstand van maximaal NAP +15,2 meter minus 0,3 meter de kruising Lommerbroeklossing-N271 te sluiten. Het sluitpeil van NAP +14,9 meter komt overeen met een afvoer tussen de 1.500 en 1.982 m<sup>3</sup>/s bij Sint Pieter (zie blauwe kader in Tabel 1). Hiermee zit men ruim onder de laagste hoogte van de N271 (NAP +16,8 meter; bepaald op basis van de AHN4).

Tabel 1. Uitsnede uit de Betrekkingslijnen Maas 2020-2021.

Betrekkingslijnen Maas versie 2020_2021	geldigheidsbereik 1 nov. 2020 - 31 okt. 2021																		
	Informatiebron	Gemeten waterstand 1.7.2019 - 30.6.2020						WAQUA in bereik recente hoogwaters											
Waterstand Borgharen-dorp [m+NAP]	38.13	38.73	39.25	39.91	41.11	41.69	42.19	43.21	43.80	44.26	44.48	44.70	44.95	45.27	45.53	45.73	45.94		
aantal dagen/jr dat ws hoger is	268	184	107	45	8	4	2												
Afvoer St. Pieter [m <sup>3</sup> /s]	80	155	280	530	1030	1280	1500	1982	2308	2609	2781	2969	3226	3578	3862	4113	4396		
herh. tijd v/d topafvoer in jaren							5	10	20	30	50	100	300	1000	3000	10000			
Afvoer Borgharen-dorp [m <sup>3</sup> /s]		(50)	(125)	(250)	(500)	(1000)	(1250)	1470	1971	2302	2603	2776	2965	3224	3573	3862	4118	4398	
peilschaal op meetpunt	kmr								Waterstanden m + NAP										
		119	11.13	11.20	11.37	11.95	13.22	13.83	14.37	15.46	16.07	16.52	16.73	16.94	17.16	17.41	17.60	17.75	17.94
		120	11.13	11.19	11.36	11.93	13.18	13.78	14.31	15.38	15.99	16.44	16.65	16.86	17.09	17.33	17.52	17.67	17.86

Een terugslagklep is bij deze afsluiter niet mogelijk in verband met de stromingsrichting van het water. In normale omstandigheden stroomt het water namelijk de dijkkring in, in plaats van uit (zoals bij Lingsforterbeek, Boerenhuizenlossing en Laaklossing).

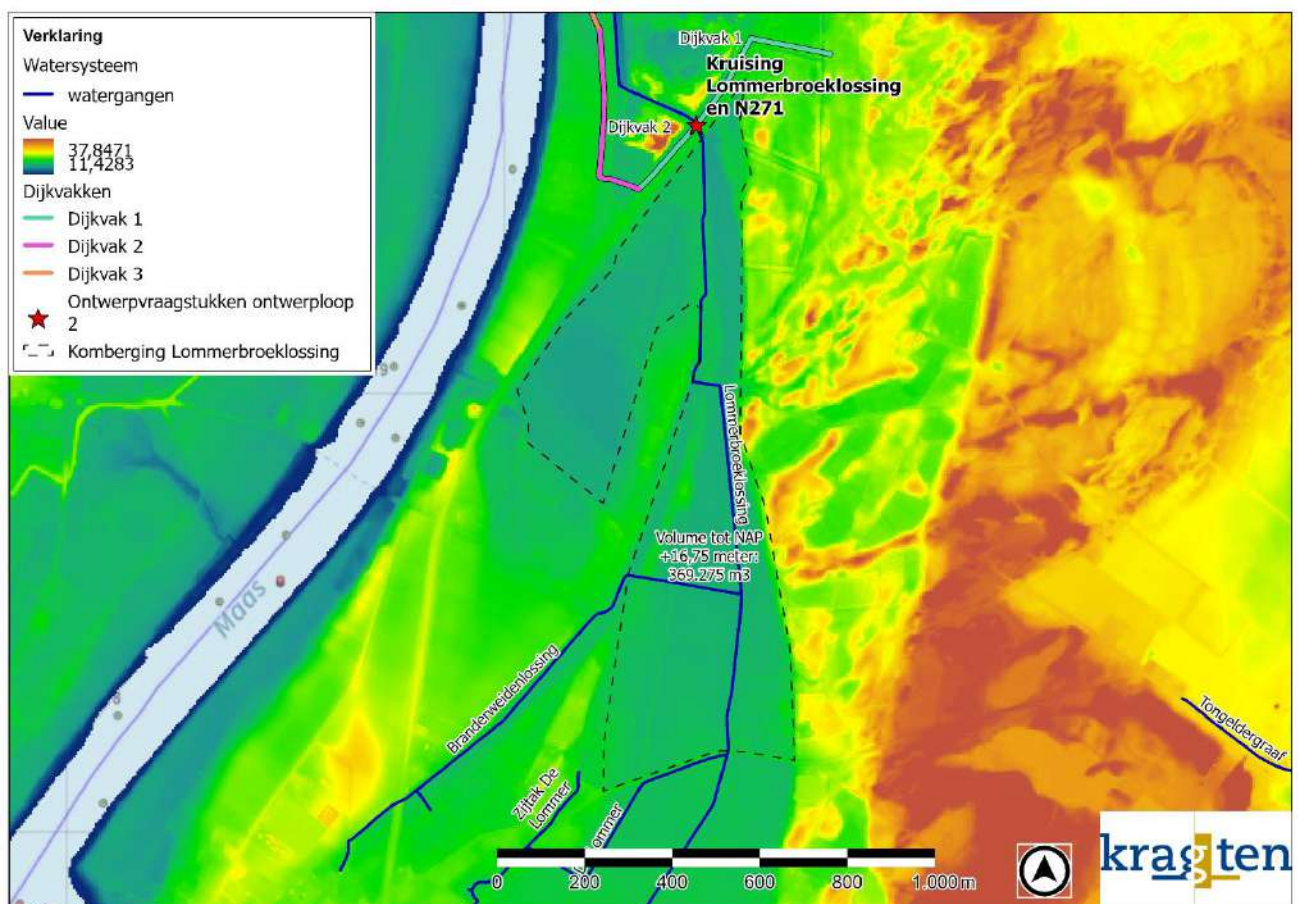
<sup>2</sup> Bron: 'IO.DR65.34.003-1.0-1-Rp-Arcen nadere bepaling faalkansruimte', Witteveen en Bos/Arcadis, 14-04-2022



## RISICO OP WATEROVERLAST BIJ SLUITEN KRUISSING

Voor beken die *binnendijks* liggen en niet meer naar de Maas kunnen afvoeren vanwege afgesloten kruisingen, worden noodpompen geïnstalleerd die overtollig water over de dijk naar de Maas kunnen verpompen. Voor kruising Lommerbroeklossing-N271 is dit niet het geval omdat deze van *buitendijks* naar binnendijkse richting stroomt. De Lommerbroeklossing voert echter water af van Lomm. Zodra de kruising Lommerbroeklossing-N271 wordt afgesloten zal het water zich bovenstrooms van de afsluiting gaan ophopen. De vraag is daarom of er wateroverlast kan ontstaan door water vanuit de Lommerbroeklossing wanneer de kruising langdurig afgesloten is. Om dit te kunnen beantwoorden is gekeken hoeveel berging bovenstrooms van de kruising ligt. Deze zogenaamde komberging is getoond in Afbeelding 5.

Deze komberging is als volgt bepaald. Op basis van de hoogtekkaart (AHN4) is gekeken waar ongeveer de natuurlijke grenzen liggen van een komberging. Deze grenzen moeten lager liggen dan de hoogte waarop het gebied sowieso al zou gaan vollopen met *Maaswater* door een hoogwater vanuit de Maas. Als het gebied namelijk al onderloopt vanwege de Maas, dan speelt het vraagstuk van wateroverlast als gevolg van het afsluiten van de Lommerbroeklossing immers niet meer. Het vollopen van het gebied door de Maas is dan beduidend urgenter (vanwege deze reden worden immers dijkvak 1 en 2 ontworpen). De grens van de komberging wordt daarom gevormd door de laagste hoogte van de N271. Deze weg vormt de scheiding tussen de Maas en de komberging. Op basis van deze gegevens ontstaat vervolgens de (conservatief gekozen) begrenzing die getoond is in Afbeelding 5.



Afbeelding 5. Komberging bovenstrooms van kruising Lommerbroeklossing-N271.

Vervolgens is gekeken wat het volume van dit gebied is tussen circa NAP +15 meter en NAP +16,75 meter. De laagst gelegen bebouwing aan de noordkant van Lomm heeft een maaiveld niveau van circa NAP +17,25 meter. De bovengrens voor de komberging van NAP +16,75 meter ligt hier dus een halve meter onder.

Op basis van een analyse met ArcGIS Pro is het volume van de komberging bepaald op 369.275 m<sup>3</sup>. Vervolgens is berekend wanneer deze komberging volledig gevuld zou raken bij de diverse landelijke afvoeren van de Lommerbroeklossing. De resultaten hiervan zijn in Tabel 2 getoond. Bij de hoogwaterafvoeren T1, T25 en T100 in de Lommerbroeklossing moet aangemerkt worden dat het hier gaat over stationaire afvoeren. Dit houdt in dat de piekafvoer als een continue stroom worden gemodelleerd en niet als een piek van een toe- en afnemende hoogwatergolf. Dit houdt dus in dat in de praktijk bij de T1, T25 en T100 de komberging eigenlijk langzamer volloopt dan getoond in Tabel 2.

Een hoogwatergolf in de Maas duurt gemiddeld ongeveer 5 tot 12 dagen duren voordat deze voorbij een locatie is (gekeken vanaf prille stijging tot de hoogwaterpiek, en vervolgens de terugkeer naar normale afvoer). De vollooptijd van de komberging op basis van de Lommerbroeklossing afvoeren (zie Tabel 2) duurt dusdanig lang dat deze geen probleem zal ondervinden van een gesloten kruising Lommerbroeklossing-N271 gedurende een Maashoogwater.

Tabel 2. Vollooptijd van komberging bij Lommerbroeklossing voor diverse afvoeren.

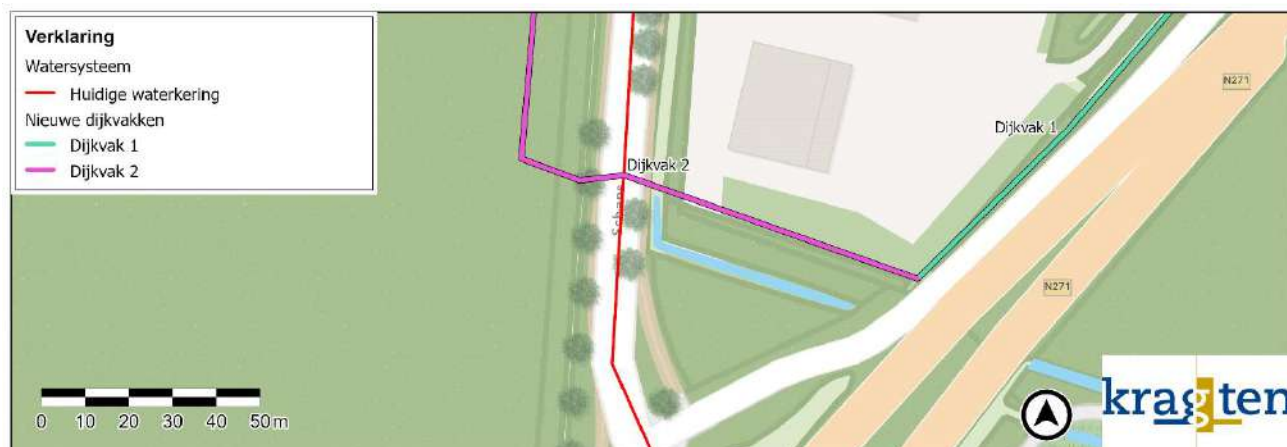
TYPE AFVOEREN	AFVOEREN [M <sup>3</sup> /S]	VOLLOOPTIJD [UREN]	VOLLOOPTIJD [DAGEN]
BASISAFVOER	0,011	9.325	389
ZOMERAFVOER	0,032	3.206	134
VOORJAARSAFVOER	0,045	2.279	95
WINTERAFVOER	0,074	1.386	58
MAATGEVENDE AFVOER (T 1)	0,14	733	31
T25 (LANDELIJK)	0,22	466	19
T100 (LANDELIJK)	0,24	427	18

## 2.1.2 WATERHUISHOUDING PROVINCIALE WEG N271

Vanwege de aanleg van het nieuwe dijklichaam zal er rekening gehouden moeten worden met de waterhuishouding van de Provinciale weg. Waarschijnlijk zal deze aangepast moeten worden. De aanpassingen/werkzaamheden zullen in overleg met de Provincie Limburg plaats moeten vinden. Eventuele kolkleidingen die binnen de invloedssfeer van het waterstaatswerk komen te liggen zullen moeten voldoen aan de NEN3651 en de eisen van Waterschap Limburg.

## 2.2 DIJKVAK 2

In dijkvak 2 spelen geen stedelijkwateropgaven. Daarnaast lopen er geen leggerwatergangen van het waterschap door dit gebied. Wel liggen in de zuidkop van de kasteeltuinen zaksloten waarvan één gekruist gaat worden, zie Afbeelding 6. Deze sloten zijn niet nader geanalyseerd omdat het geen leggerwatergangen zijn. Aangezien het zaksloten betreffen en geen stromende watergangen, is de verwachting dat de aanleg van de waterkering geen noemenswaardige effecten zullen opleveren.



Afbeelding 6. Dijkvak 2 met de kruising van de zaksloot.

## 2.3 DIJKVAK 3 EN DIJKVAK 4

Bij de dijkvakken 3 en 4 zijn een tweetal aspecten relevant binnen dit waterhuishoudkundigrapport, namelijk:

- de te verpompen hoeveelheid water bij de te realiseren onderdoorgang in dijkvak 3;
- hoe om te gaan met de persleiding die van de Wymarsche Watermolen naar het gemeentelijk vrijverval riool loopt.

In Afbeelding 7 zijn deze twee aspecten weergegeven. De dimensionering van de onderdoorgang (duiker in de kistdam) en de vispassage die voorzien is langs de Wymarsche Watermolen, worden behandeld in een apart rapport<sup>3</sup>.



Afbeelding 7. Dijkvakken 3 en 4 met nieuwe kruising en persleiding van WBL.

### 2.3.1 TE VERPOMPEN HOEVEELHEID DUIKER KISTDAM

*Te verpompen hoeveelheden bij afsluiten van de duiker bij Maashoogwater*

Afhankelijk van het gewenste beschermingsniveau moet men voor de pompen rekening houden met de volgende hoeveelheden per uur:

- Winterafvoer: 0,83 m<sup>3</sup>/s → ca. 3.000 m<sup>3</sup>/uur

<sup>3</sup> Zie: 'DR65-2021Z36129-WSP\_08-03-2023-Ontwerp-A03.01-Ontwerprapport N-M-Z 100%', WSP/Kragten, 08-03-2023

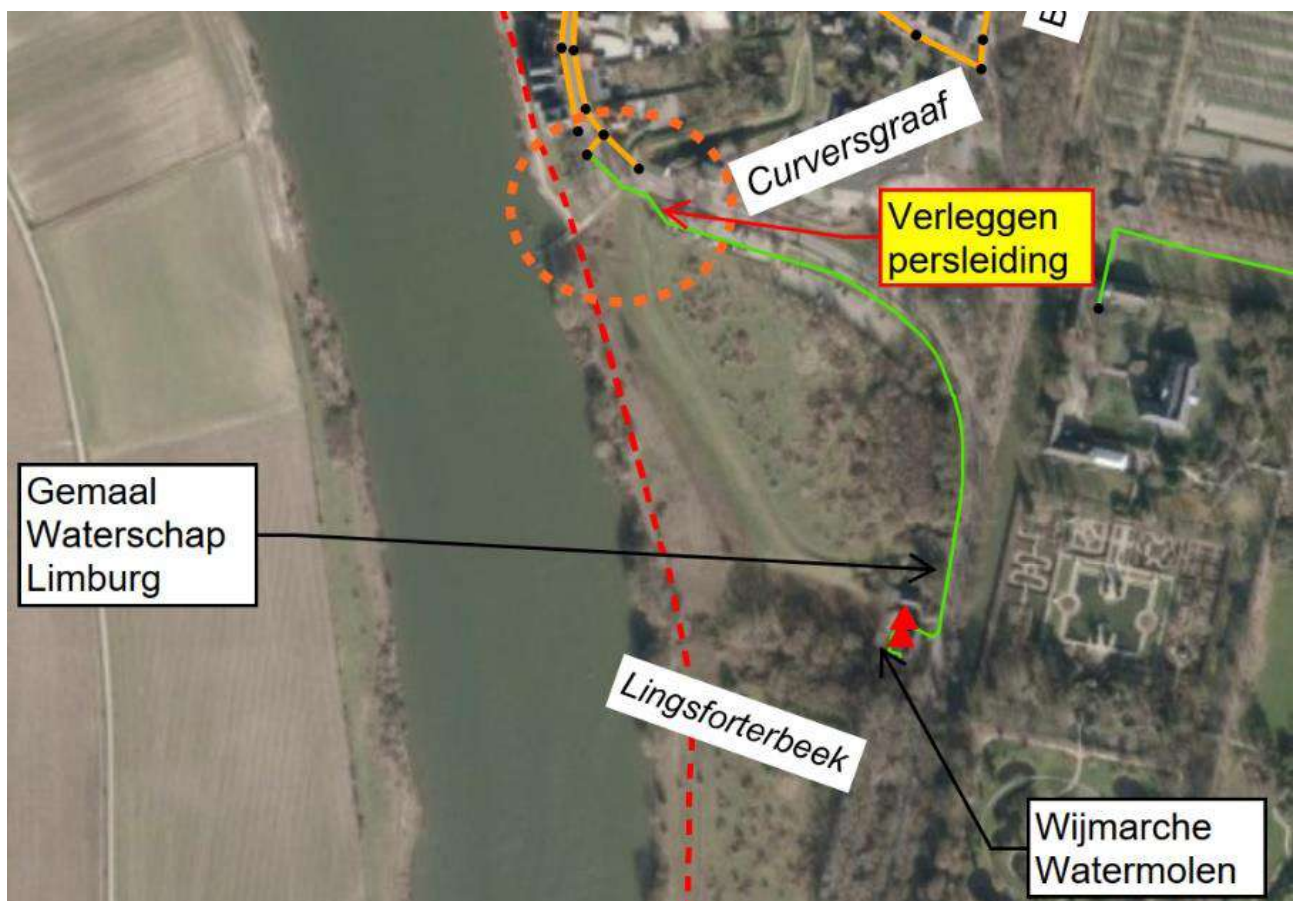


- Maatgevende afvoer: 2,05 m<sup>3</sup>/s → ca. 7.400 m<sup>3</sup>/uur

Bij deze duiker wordt een permanent gemaal geplaatst.

### 2.3.2 PERSLEIDING WYMARCHE WATERMOLEN NAAR VRIJVERVALRIOOL

De dijkversterking heeft invloed op de gemeentelijk persleiding die vuilwater afvoer van de Wymarsche Molen naar het vrijvervalriool gelegen bij La Tour Meuse (zie Afbeelding 8). Dit geldt met name over een lengte van circa 350 meter nabij het lozingspunt van de persleiding op het vrijvervalriool. Het betreft een PE ø63 persleiding, leeftijd is onbekend. De persleiding zal hoogstwaarschijnlijk niet voldoen aan de geldende eisen voor buisleidingsystemen die waterstaatswerken kruisen of in de lengterichting er in, op, onder of langs liggen (zoals beschreven in NEN3651). Het advies is daarom dan ook om deze over een lengte van 350 meter te verleggen. Daar waar de persleiding binnen de invloedssfeer van het waterstaatswerk ligt zal er voldaan moeten worden aan de NEN3651. Het tracé en lozingspunt moet met de gemeente Venlo (afdeling beheer) afgestemd worden. Hierin zit eveneens een overlap met dijkvak 5 (zie paragraaf 2.4).



Afbeelding 8. Situatie rondom de persleiding die van de watermolen naar het lozingspunt nabij La Tour Meuse loopt.

## 2.4 DIJKVAK 5

Het nieuwe lozingspunt van de persleiding van de Wymarsche Watermolen zal naar alle waarschijnlijkheid in dit dijkvak komen te liggen. Zie paragraaf 2.3.2 voor verdere toelichting.



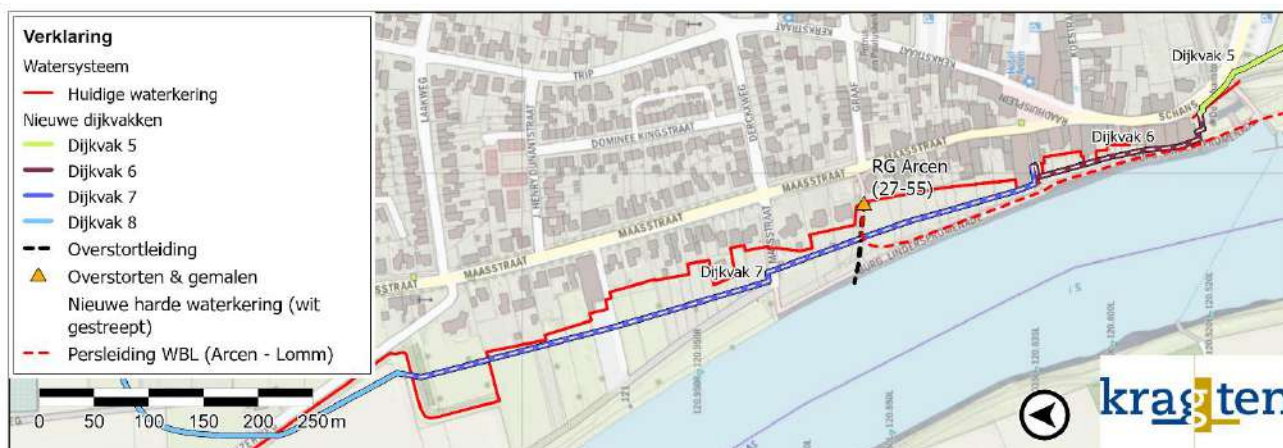
Nabij dijkvak 5 ligt de regenwaterberging Kurversgraaf (zie Afbeelding 8), waar MFA de Schans op loost. Vanuit de gemeente Venlo is de wens om een overstort voor deze regenwaterbergingsvoorziening op de Maas te realiseren. Zo kan de Kurversgraaf onderdeel gemaakt worden van een mogelijke toekomstige regenwaterstructuur binnen de kern Arcen. Gedurende hoogwater zal als gevolg van de kweldruk deze voorziening gaan functioneren als communicerend vat (neemt de waterstand van de Maas aan). Het is daarom van belang dat bij hoogwater water uit deze voorziening naar de Maas wordt verpompt middels een (nood)pomp. Deze pomp moet ervoor zorgen dat kwelwater dan wel overtollig regenwater, niet op het maaiveld komt te staan.

## 2.5 DIJKVAK 6 EN DIJKVAK 7

Dijkvakken 6 en 7 zijn gesitueerd ter plaatse van het centrum van Arcen, zie Afbeelding 9. Het dijktracé loopt hier door de achtertuinen van de percelen gelegen aan de Maasstraat. De kering in dijkvak 6 en 7 is voorzien als harde kering, mogelijk als glazen- of zelfsluitende kering. Omdat de kering door de achtertuinen loopt, spelen er een aantal ontwerp vragen, namelijk:

- Hoeveel Maaswater kan over de harde keringen slaan (overslag), ten tijde van een Maashoogwater? En waar moet een hiervoor bestemd bergingssysteem aan voldoen?
- Moet regenwater in de achtertuinen – dat als gevolg van de voorziene harde kering niet vrij kan afstromen – afgevoerd worden?

Daarnaast zal de nieuwe kering ter plaatse van dijkvak 7 ook een overstortleiding en een persleiding gaan kruisen. De gevolgen hiervan worden hieronder ook in kaart gebracht.



Afbeelding 9. Locatie stedelijke wateropgave bij dijkvakken 6 en 7.

### 2.5.1 BERGINGSSYSTEEM OVERSLAGDEBIET T.P.V. GLAZEN-/ZELFSLUITENDE KERING

Bij Maashoogwater kan door golven water over de kering slaan. Voor de glazen-/zelfsluitende kering ter plaatse van dijkvak 6 en 7 is het van belang dat gekeken wordt naar een bergingssysteem, aangezien deze kering direct op achtertuinen aansluit. Het overslagdebiet is vastgesteld op 1 l/s/m. De middels TUN<sup>4</sup> berekende hoeveelheid bedraagt 1.965 m<sup>3</sup>/uur. Dit debiet komt alleen onder maatgevende omstandigheden voor en hebben een kleine kans van optreden. De berekende kans ligt op 1/200 jaar.

<sup>4</sup> Bron: 'IO.DR65.34.001 Technische uitgangspunten notitie en faalkansanalyse Arcen', Witteveen en Bos/Arcadis, 30-06-2022

Ter plaatse van deze dijkvakken zijn in totaal vijf pompen voorzien met een maximale pompcapaciteit van 500 m<sup>3</sup>/uur. Onder het onderhoudspad langs het dijkvak (binnendijks), dient bij voorkeur een waterdichte bergingssysteem te komen. Dit systeem moet over de gehele lengte een aaneengesloten systeem vormen. De totale lengte van het onderhoudspad (binnendijks) bedraagt circa 685 m. Uitgaande van een bergingsleiding met een diameter van 1.250 millimeter komt dat neer op een berging van circa 840 m<sup>3</sup>. Wanneer een pomp uitvalt tijdens het hoogwater heeft men ongeveer één uur de tijd om de pomp te vervangen, voordat deze leiding begint over te lopen.

In of naast het onderhoudspad (binnendijks) dienen voldoende instroom mogelijkheden gerealiseerd te worden die het water in de bergingsvoorziening laten stromen.

Ter plaatse van de pompopstellingen moet een put komen waarin de pomp wordt gehangen. Deze put dient ongeveer 0,5 m onder het vloeivlak te liggen van het bergingssysteem. De putten moeten goed bereikbaar zijn. De voorkeur heeft daarom om op meerdere locaties putten aan te leggen. De locatie van deze putten dient nog nader te worden bepaald.

Het bergingssysteem moet voldoen aan de vigerende eisen voor buisleidingsystemen die waterstaatswerken kruisen of in de lengterichting er in, op, onder of langs liggen (NEN3651).

---

## *2.5.2 VOORZIENINGEN VOOR AFVOER HEMELWATER EN KWELWATER*

Het merendeel van de achtertuinten bij de harde kering is niet verhard. Hierdoor kan het merendeel van de buien infiltreren via het groen in de bodem. Kwelwater, onder andere afkomstig vanaf de hogere gronden kan gelijktijdig met het infiltrerende hemelwater worden opgevangen en afgevoerd. Bij gebruik van het bergingssysteem zoals omschreven in paragraaf 2.5.1, is het mogelijk om eventueel overtollig regenwater en kwelwater op te vangen en te laten afvoeren naar de Maas. Hiervoor zal er een verbinding gemaakt moeten worden met de overstortleiding bij het gemaal RG Arcen naar de Maas (zie paragraaf 2.5.3). Bij Maashoogwater dient deze overstortleiding dicht gezet te worden.

---

## *2.5.3 HEMELWATERAFVOER LA TOUR MEUSE*

Momenteel vind de lozing van hemelwater plaats op de Maas. Als gevolg van het plaatsen van de kering dient de hemelafvoer die momenteel aanwezig is ter plaatse van La Tour Meuse nader beschouwd te worden .

---

## *2.5.4 RIOOLOVERSTORT OP DE MAAS*

De dijkversterking heeft invloed op de gehele betonnen overstortleiding (ø 1.250 mm, aanlegjaar 1980) ter hoogte van RG Arcen, zie Afbeelding 9. Hoogstwaarschijnlijk zal deze leiding niet voldoen aan de vigerende eisen voor buisleidingsystemen die waterstaatswerken kruisen of in de lengterichting er in, op, onder of langs liggen (NEN3651).

Het advies is om deze te vervangen. Zo wordt voorkomen dat deze leiding over een aantal jaar alsnog vervangen moet worden. Het verkleinen van de overstort (door bijvoorbeeld een binnenliner aan te brengen) is niet toegestaan. Hierdoor wordt namelijk het benodigde hydraulische profiel verkleind, met (stedelijk) wateroverlast als gevolg.

De aanpassingen/werkzaamheden zullen in overleg met de gemeente Venlo, afdeling beheer, plaats moeten vinden. De overstortleiding kan ongeveer 0,5 m dieper aangelegd worden dan de huidige diepteligging (Huidig gemiddelde b.o.b. ligt op ca. 12.90+). De overstortleiding valt binnen de invloedssfeer van het waterstaatswerk en er zal voldaan moeten worden aan de NEN3651 en de eisen van Waterschap Limburg.

### 2.5.5 PERSLEIDING WATERSCHAPSBEDRIJF RG ARCEN

De dijkversterking heeft invloed op de persleiding (PVC  $\varnothing 315$ ) vanaf RG Arcen naar RG Lomm van het Waterschapsbedrijf Limburg. Waterschapsbedrijf Limburg heeft aangegeven dat deze vervangen moet worden over een lengte van ongeveer 300 meter, specifiek tussen het gemaal RG Arcen en hotel "La Tour Meuse" (zie Afbeelding 10). De persleiding moet voldoen aan de vigerende eisen voor buisleidingsystemen die waterstaatswerken kruisen of in de lengterichting er in, op, onder of langs liggen (NEN3651). Planvorming en afstemming dient in nauw overleg met het Waterschapsbedrijf te gebeuren.

Hierbij aansluitend is de gemeente Venlo bezig met een mogelijke doorontwikkeling van de passantenhaven (zie Afbeelding 10). Deze ontwikkeling is nog niet definitief. Geadviseerd wordt om tijdens de verdere planontwikkelingen bij de gemeente Venlo te informeren naar de status van deze doorontwikkeling. Het kan namelijk zijn dat de persleiding hierdoor over een grotere lengte verlegd moet worden.



Afbeelding 10. Locatie van de te vervangen persleiding.

## 2.6 DIJKVAK 8

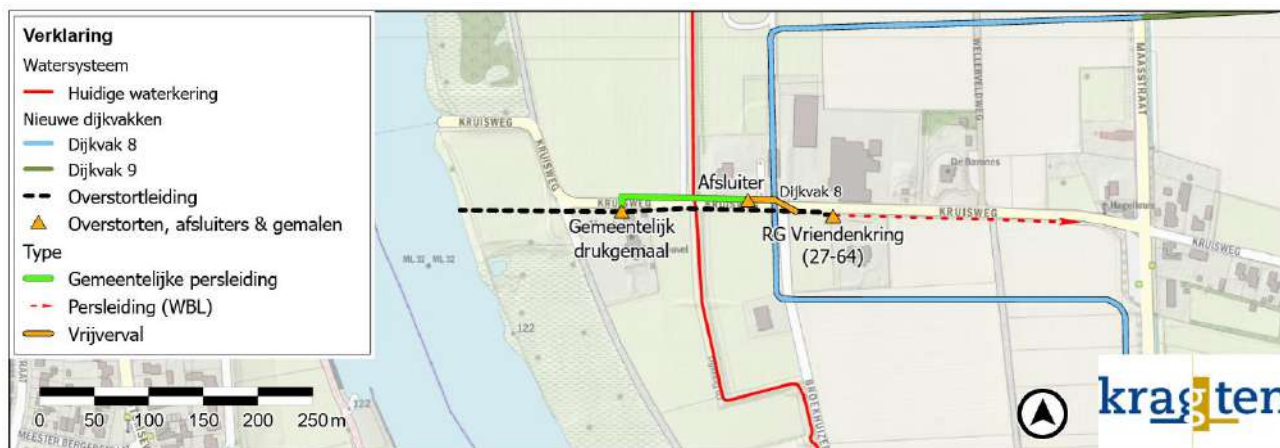
Dijkvak 8 ligt onder andere rondom de Hertog Jan Brouwerij. Op deze locatie spelen een aantal opgaves rondom stedelijk water. Deze vragen betreffen:

- Hoe om te gaan met het afstromende regenwater van de Hertog Jan Brouwerij;



- Hoe rekening te houden met de riooloverstort die in de huidige situatie op de Maas loost en de waterkering kruist en gesaneerd dient te worden;
- Hoe om te gaan met het drukgemaal dat buitendijks bij Kruisweg 47 ligt.

In Afbeelding 11 zijn de locaties van de relevante leidingen, gemalen en afsluiters getoond bij Dijkvak 8.



Afbeelding 11. Locatie en objecten van de stedelijkewateropgaves bij Dijkvak 8.

## 2.6.1 AFWATERING HERTOEG JAN BROUWERIJ

Op de bestaande overstortleiding (zie paragraaf 2.6.3) in dijkvak 8 zit het regenwaterriool van de Brouwerij Hertog Jan aangesloten. Deze overstort loost rechtstreeks op de Maas. De exacte ligging van het regenwaterriool en de aansluiting op de overstortleiding is onbekend. In het belang om het aantal dijk kruisingen te beperken moet een alternatief worden gevonden om het regenwater van de Brouwerij Hertog Jan, niet onnodig op het gemengd riool te lozen.

Het advies is om een separate RWA-riool aan te leggen richting de Laakslossing (zie ook de ontwerptekeningen) die daarop aangepast moet worden.

Uitgangspunt is dat de gehele verharding van de Hertog Jan brouwerij, de Proeverij en eventuele wegverhardingen, hierin wordt meegenomen. De brouwerij heeft reeds een gescheiden systeem. Het exacte tracé, binnen de op tekening aangegeven kadastrale percelen, volgt nog na overeenstemming met het waterschap Limburg, het Waterschapsbedrijf Limburg, de gemeente Venlo en de betrokken grondeigenaren.

Daarnaast heeft de gemeente Venlo de eis dat bij afkoppelen niet rechtstreeks wordt afgevoerd maar er een waterberging dient te komen. De gemeente Venlo hanteert hierbij de afkoppelbeslisboom. Hiermee kan de bergingsopgaaf berekend worden van het afwaterend oppervlak van de Brouwerij.

## 2.6.2 AFWATERING PROEVERIJ (KRUISWEG 45)

De Proeverij heeft een gemengde aansluiting op het RG Vriendenkring gemaal. Indien het mogelijk en haalbaar wordt geacht zal deze afgekoppeld moeten worden. Vanuit technisch oogpunt lukt dit waarschijnlijk maar voor een klein gedeelte (voorzijde gebouw) en daarom wordt dit niet doelmatig geacht.

Daarnaast heeft de gemeente Venlo de eis dat bij afkoppelen niet rechtstreeks wordt afgevoerd maar er een waterberging dient te komen. De gemeente Venlo hanteert hierbij de afkoppelbeslisboom. Hiermee kan de bergingsopgaaf berekend worden van het afwaterend oppervlak van de Proeverij.



### 2.6.3 RIOOLOVERSTORT OP DE MAAS

Op basis van het besluit tot het afkoppelen van het hemelwater, afkomstig van de Hertog Jan brouwerij, de Proeverij en eventuele wegverharding van de Kruisweg, hebben Waterschap Limburg met de gemeente Venlo en Waterschapsbedrijf Limburg besloten dat de riooloverstort kan komen te vervallen.

### 2.6.4 GEMEENTELIJK DRUKGEMAAL KRUISWEG 47

Het gemeentelijk drukgemaal dat buitendijks blijft liggen moet in bedrijf blijven. De bijbehorende persleiding moet verlengd worden naar het RG gemaal de Vriendenkring. De aanpassingen/werkzaamheden zullen in overleg met de gemeente Venlo, afdeling beheer, plaats moeten vinden. De persleiding valt binnen de invloedssfeer van het waterstaatswerk en moet voldoen aan de NEN3651 en de eisen van Waterschap Limburg. Het RG Vriendenkring is in beheer en eigendom van het Waterschapsbedrijf Limburg.

## 2.7 DIJKVAK 9

Dijkvak 9 is het laatste stuk dijktraject, gelegen ten noorden van Arcen. Dit traject kruist twee oppervlaktewaterlichamen, namelijk de Laaklossing en de Boerenhuizenlossing (zie Afbeelding 12). In deze paragraaf wordt gekeken hoe de kruising met de dijk uit moet komen te zien voor deze watergangen.



Afbeelding 12. Locaties te realiseren onderdoorgangen met afsluiters bij zowel de Laaklossing als de Boerenhuizenlossing.

### 2.7.1 KRUISING LAAKLOSSING

In de huidige situatie stroomt de Laaklossing uit in de Boerenhuizenlossing. De Boerenhuizenlossing kruist vervolgens de huidige primaire waterkering. Vanwege de teruglegging van de primaire kering zal de Laaklossing ook de nieuwe primaire waterkering gaan kruisen (zie Afbeelding 12). De ontwerpvragen horende bij deze nieuwe kruising zijn als volgt:

- Welke diameter buis moet de kruising krijgen;
- Hoe moet de kruising afgesloten worden bij hoogwater;
- Hoeveel moet er vanuit de beek de Maas ingepompt worden, bij Maashoogwater.

## DIAMETER VAN DE DUIKER

Vanuit het waterschap moet de diameter van een dijk-kruisende duiker minimaal  $\varnothing$  500 millimeter zijn. Onderliggende reden is dat vanaf deze diameter de duiker goed te onderhouden is.

De landelijke afvoer van de Laaklossing is laag, zie ook de analyse terug te vinden in Bijlage A. De hoogste landelijke afvoer zou hier 16 liter per seconde betreffen. Tijdens de droge zomer van 2022 stond de watergang volledig droog. Daarnaast was er ook sprake van veel ruwere/struik begroeiing nabij de beekbodem. Dit suggereert dat de watergang sowieso beperkt watervoerend is, aangezien dergelijke vegetatie niet graag lang natte wortels heeft. Opstuwung als gevolg van een rond 500 mm dijkonderdoorgang zou verwaarloosbaar zijn bij deze landelijke afvoer. De minimum grootte van de duiker ( $\varnothing$  500 mm) zou daarom afdoende voor de Laaklossing zijn. Echter, dit alleen zolang er geen extra regenwaterlozing op de Laaklossing komt vanuit Hertog Jan Brouwerij en omgeving (zie paragraaf 2.6.1). Zoals beschreven in paragraaf 2.6.1 wordt geadviseerd om een RWA riool richting de Laaklossing te leggen. Op dit RWA riool watert de brouwerij en omgeving dan af. Berekeningen met het ArcenREF.lit SOBEK model<sup>5</sup> laten zien dat wanneer in een dergelijk geval de duiker als een rond 500 millimeter wordt uitgevoerd, de opstuwung door deze duiker oploopt tot meer 25 centimeter. Dit is hieronder te zien. In Afbeelding 14 is een lengteprofiel te zien met daarin de waterstandseffecten van de duiker op met een landelijke afvoer van 50% MA en een T100 stedelijke bui (100 millimeter cumulatief). Het traject van dit lengteprofiel wordt getoond in Afbeelding 13. Het blauwe vlak laat de waterstand zien met de nieuwe kruising bij de kering en de rode lijn de waterstanden zonder de kruising (referentiesituatie). In beiden gevallen wordt uitgegaan van een RWA lozing vanuit de Hertog Jan Brouwerij en omgeving. Wanneer daadwerkelijk een RWA riool aangelegd wordt richting de Laaklossing, dan wordt geadviseerd de volgende punten in acht te nemen:

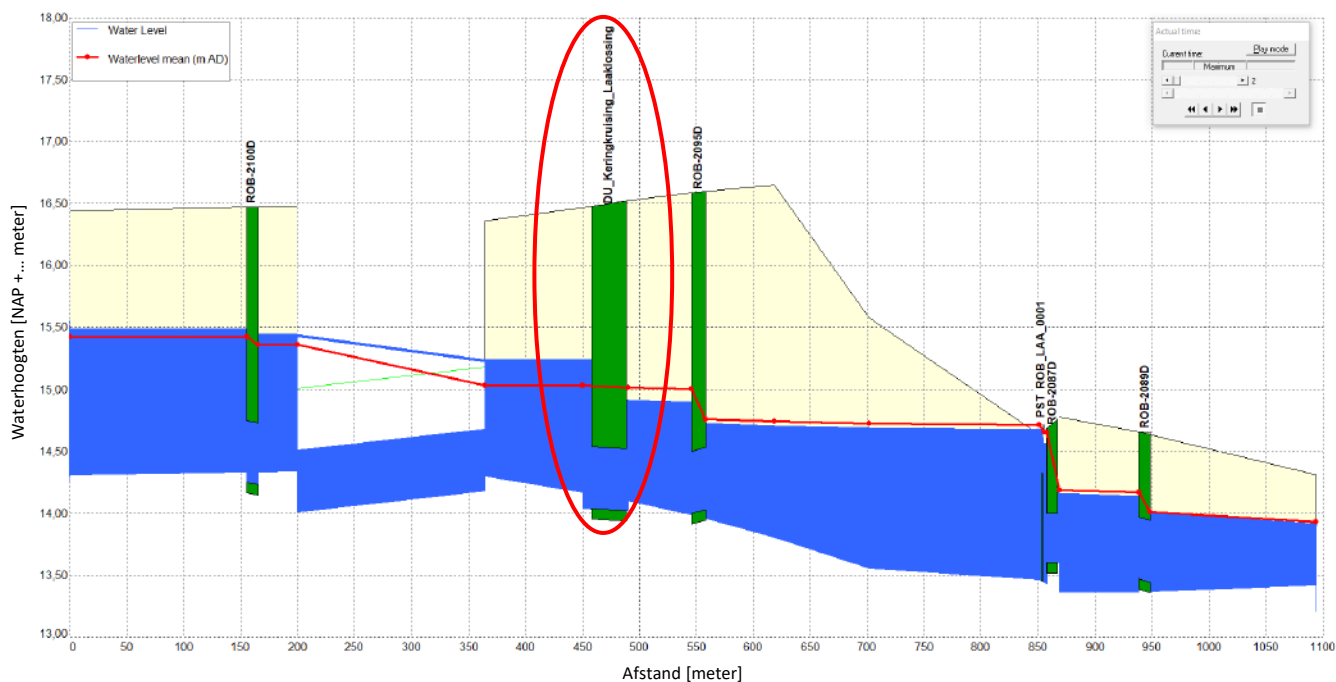
- om deze benedenstreams van de overkluizing aan te sluiten. Dit omdat de rond 500 millimeter buis voor de overkluizing te krap is voor een dergelijke extra lozing. Helemaal bovenstreams in de Laaklossing bestaat bij een T100 bui namelijk al risico op inundatie. Deze mag niet versterkt worden;
- tevens wordt geadviseerd om de kruising van de Laaklossing met de (nieuwe) dijk en de bestaande duikers ROB-2100D (bovenstreams van de overkluizing) en ROB-2095D (benedenstreams van de overkluizing) te vergroten naar rond 800 millimeter. Als deze niet worden vergroot wordt de eerder genoemde inundatie vergroot.

Het resultaat van bovenstaande adviezen is te zien in Afbeelding 15. Als b.o.b. is in het model NAP +14,04 meter aangehouden.

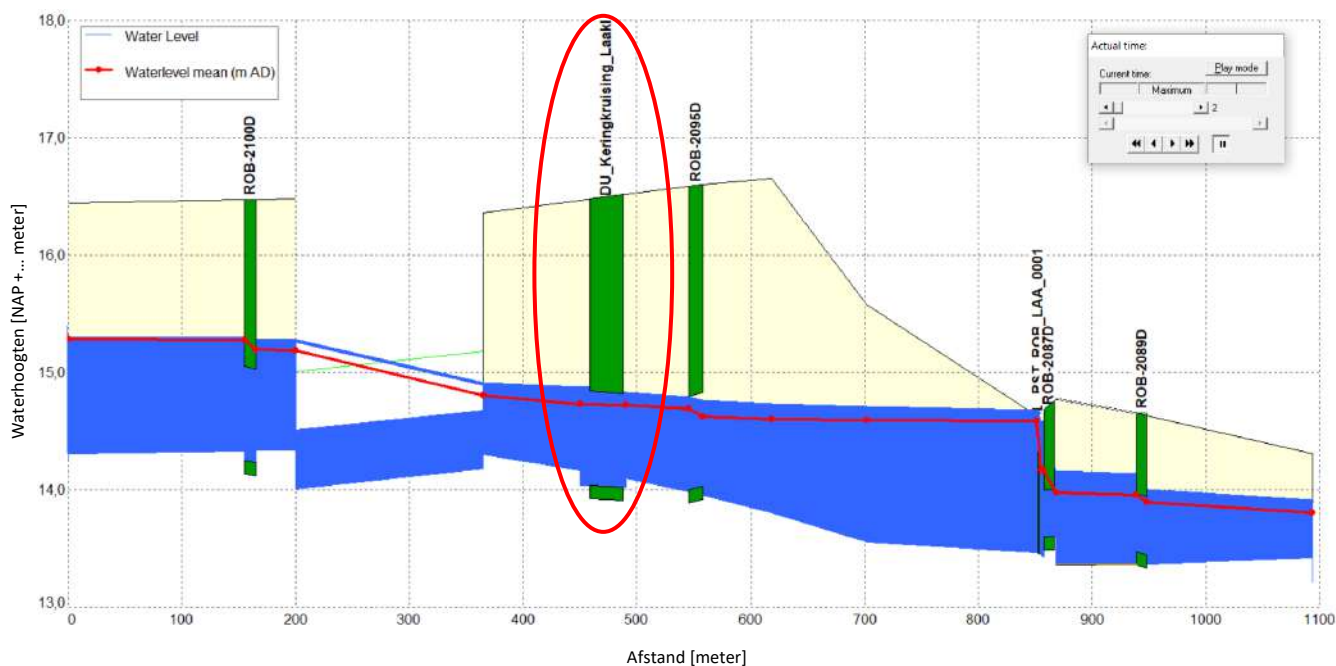


Afbeelding 13. Traject van het lengteprofiel getoond in Afbeelding 14.

<sup>5</sup> Zie Bijlage A voor een toelichting op dit model.



Afbeelding 14. Lengteprofiel met daarin de waterstanden (blauwe vlak = toekomstige situatie; rode lijn = huidige situatie) als gevolg van een rond 800 mm duiker onder de nieuwe kering (rode ovaal) in de Laaklossing (waterstanden bij een 300%MA).



Afbeelding 15. Lengteprofiel met daarin de waterstanden (blauwe vlak = toekomstige situatie; rode lijn = huidige situatie) als gevolg van een vergroting naar rond 800 mm duikers (waterstanden bij een 50%MA en T100 bui).

Omdat bij een hoge afvoer de waterstandsverhoging beperkt is, kan ook gesteld worden dat in reguliere afvoer situaties de waterstanden niet beïnvloed worden. Drooglegging zal daarom door deze onderdoorgang niet negatief beïnvloed worden.

## AFSLUITEN BIJ HOOGWATER

Conform de eisen van het waterschap moet de duiker voorzien worden van een dubbele afsluiter. Deze dubbele afsluiter moet op tijd gesloten worden om te voorkomen dat Maaswater de dijkring in kan stromen. Voor Arcen is een kritiek Maaspeil bepaald van NAP +15,2 meter<sup>6</sup>. Veiligheidshalve is het verstandig om bij een Maaswaterstand van maximaal NAP +15,2 meter minus 0,3 meter de kruising te sluiten. Het sluitpeil van NAP +14,9 meter komt overeen met een afvoer tussen de 1.500 en 1.982 m<sup>3</sup>/s bij Sint Pieter (zie blauwe kader in Tabel 1). Dit betekent dat de kruising ongeveer één keer in de drie à vijf jaar gesloten moet worden.

Door het aanbrengen van de kwelschermen speelt binnendijkse kwel geen rol bij hoogwater. Los daarvan, zal binnendijkse kwel sowieso niet significant toenemen (zie Hoofdstuk 3).

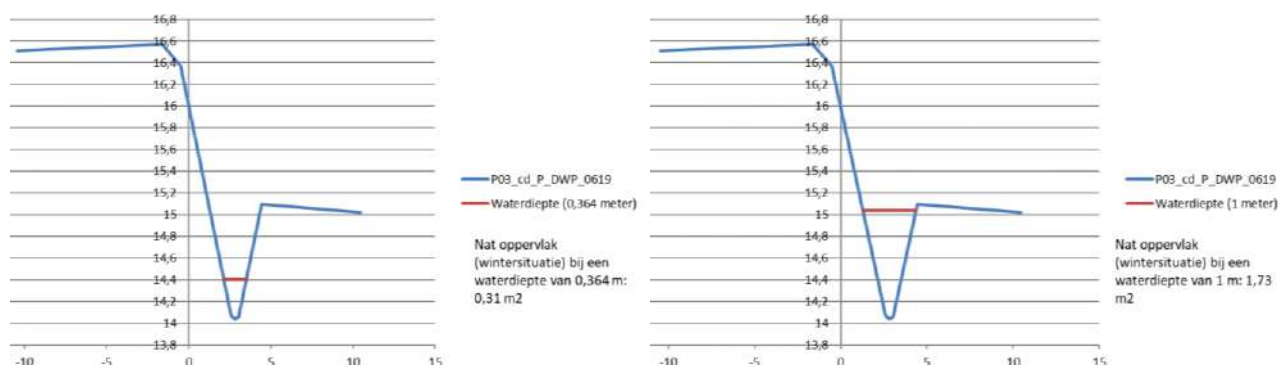
## TE VERPOMPEN HOEVEELHEDEN BIJ AFSLUITEN VAN DE DUIKER BIJ MAASHOOGWATER

Afhankelijk van het gewenste beschermingsniveau moet men voor de pompen rekening houden met de volgende hoeveelheden per uur:

- Winterafvoer: 0,005 m<sup>3</sup>/s → ca. 20 m<sup>3</sup>/uur
- Maatgevende afvoer: 0,008 m<sup>3</sup>/s → ca. 30 m<sup>3</sup>/uur

## VOLLOOPDUUR LAAKLOSSING BIJ AFSLUITING EN NIET POMPEN

Wanneer niet gepompt wordt bij het afsluiten van de Laaklossing bij een Maashoogwater, dan loopt deze lossing binnendijks langzaam vol. Hieronder wordt een korte inschatting gegeven van hoe lang dit vollopen duurt. Er wordt vanuit gegaan dat de Laaklossing een maatgevende afvoer heeft op het moment van afsluiten. Dit is dus de hierboven staande 30 m<sup>3</sup>/uur. In Afbeelding 16 is voor een representatief profiel aangegeven wat de waterstand dan is, inclusief nat profiel.



Afbeelding 16. Dwarsprofiel Laaklossing met maatgevende waterstand (T1) bij vrije afstroom (links) en met maximale vulling (rechts).

Voor de duur van het vollopen van de Laaklossing wordt ervan uitgegaan dat het deel boven de reguliere maatgevende afvoer waterstand gebruikt kan worden als berging, tot aan de laagste insteek. Deze laagste insteek ligt op ongeveer NAP +15,1 meter<sup>7</sup>. Op basis van het bovenstaande profiel betekent dit dat  $(1,73 - 0,31) = 1,42$  m<sup>2</sup> geborgen kan worden per meter. Uitgaande van de delen van de Laaklossing die vrij liggen (niet zijnde overkluizingen<sup>8</sup>) kan er over circa 400 meter water geborgen worden. Er moet echter rekening gehouden worden met verhang van de beek. Het profiel van Afbeelding 16 is namelijk genomen bovenstrooms van de kruising met de nieuwe dijk – oftewel benedenstrooms van het potentiële bergingstraject. Daarom wordt uitgegaan van een bergingscapaciteit 1 m<sup>2</sup> per meter. Dit betekent dat circa 400 m<sup>3</sup> geborgen kan worden in de Laaklossing.

<sup>6</sup> Bron: 'IO.DR65.34.003-1.0-1-Rp-Arcen nadere bepaling faalkansruimte', Witteveen en Bos/Arcadis, 14-04-2022

<sup>7</sup> Bij NAP +14,9 meter wordt de afsluiter van de Laaklossing al dichtgezet, het Maaswater kan dus bij reguliere hoogwaters niet tot deze hoogte kunnen komen.

<sup>8</sup> Aangenomen wordt dat overkluizingen al vroegtijdig volgelopen zijn en daarmee weinig bergingsruimte bieden.



De volloopduur kan nu hieruit eenvoudig afgeleid worden:

- Volloopduur bij winterafvoer:  $400 / 20 = 20$  uur;
- Volloopduur bij maatgevende afvoer:  $400 / 30 = 13,3$  uur.

Aangezien de volloopduur minder dan een etmaal is, en een hoogwater golf meerdere dagen duurt, is besloten om een pompstelplaats te realiseren bij de kruising Laaklossing. Bij afsluiten van de kruising kan de Laaklossing bij een Maashoogwater dan alsnog op peil gehouden worden.

## 2.7.2 KRUISING BOERENHUIZENLOSSING

In de huidige situatie stroomt de Laaklossing uit in de Boerenhuizenlossing. De Boerenhuizenlossing kruist vervolgens de huidige primaire waterkering. Vanwege de teruglegging van de primaire kering zal de Boerenhuizenlossing ook de nieuwe primaire waterkering gaan kruisen (zie Afbeelding 12). De ontwerp vragen horende bij deze nieuwe kruising zijn als volgt:

- Welke diameter buis moet de kruising krijgen;
- Hoe moet de kruising afgesloten worden bij hoogwater;
- Hoeveel moet er vanuit de beek de Maas ingepompt worden, bij Maashoogwater.

### DIAMETER DUIKER

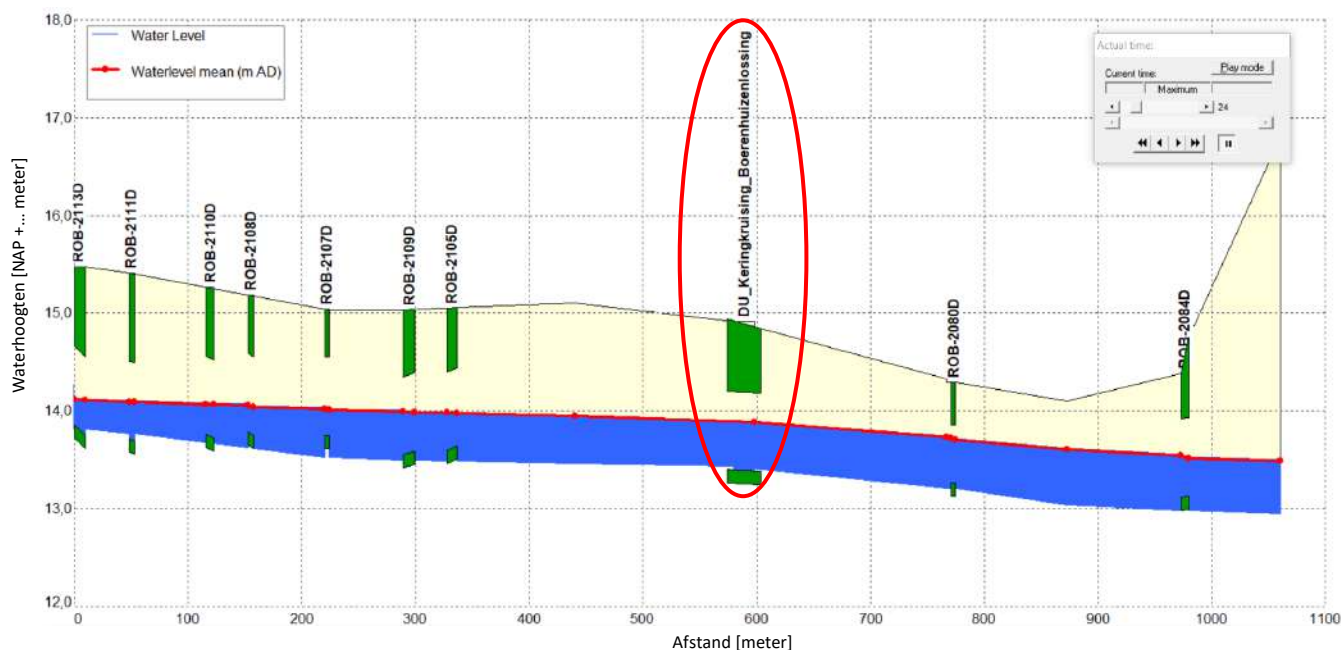
Vanuit het waterschap moet de diameter van een dijk-kruisende duiker minimaal  $\varnothing 500$  millimeter zijn. De reden hiervoor is dat vanaf deze diameter de duiker goed te onderhouden is. Bovenstreams van de kruising liggen echter  $\varnothing 800$  millimeter duikers. Het is daarom aan te raden om voor de kruising ook een dergelijke diameter te hanteren, zodat er geen plotselinge vernauwing in het traject ontstaat. In Afbeelding 18 is een lengteprofiel te zien met daarin de waterstandeffecten van de duiker op de hoogste landelijke afvoer<sup>9</sup>. Het traject van dit lengteprofiel wordt getoond in Afbeelding 17. Het blauwe vlak laat de waterstand zien met de nieuwe kruising bij de kering en de rode lijn de waterstanden zonder de kruising (referentiesituatie). Gezien het (zeer) beperkte verschil tussen deze twee lijnen, kan gesteld worden dat opstuwung als gevolg van de onderdoorgang verwaarloosbaar is. De minimum grootte van de duiker ( $\varnothing 800$  mm) is daarom afdoende voor de Boerenhuizenlossing. Als b.o.b. is in het model NAP +13,44 meter aangehouden.

De afvoer van de Boerenhuizenlossing zijn terug te vinden in de analyse in Bijlage A.



Afbeelding 17. Traject van het lengteprofiel getoond in Afbeelding 18.

<sup>9</sup> Voor de Boerenhuizenlossing is deze piek vergelijkbaar met de piek van de landelijke afvoer 50% MA met T100 bui.



Afbeelding 18. Lengteprofiel met daarin de waterstanden (blauwe vlak = toekomstige situatie; rode lijn = huidige situatie) als gevolg van een rond 800 mm duiker onder de nieuwe kering (rode ovaal) in de Boerenhuizenlossing (waterstanden bij 300% MA).

Omdat bij een hoge afvoer de waterstanden verwaarloosbaar zijn, kan ook gesteld worden dat in reguliere afvoer situaties de waterstanden niet beïnvloed worden. Drooglegging zal daarom door deze onderdoorgang niet negatief beïnvloed worden.

### AFSLUITEN BIJ HOOGWATER

Conform de eisen van het waterschap moet de duiker voorzien worden van een dubbele afsluiter. Deze dubbele afsluiter moet op tijd gesloten worden om te voorkomen dat Maaswater de dijkkring in kan stromen. Voor Arcen is een kritiek peil bepaald van NAP +15,2 meter<sup>10</sup>. Veiligheidshalve is het verstandig om bij een Maaswaterstand van maximaal NAP +15,2 meter minus 0,3 meter de kruising te sluiten. Het sluitpeil van NAP +14,9 meter komt overeen met een afvoer tussen de 1.500 en 1.982 m<sup>3</sup>/s bij Sint Pieter (zie blauwe kader in Tabel 1). Dit betekent dat de kruising ongeveer één keer in de vijf jaar gesloten moet worden.

Door het aanbrengen van de kwelschermen speelt binnendijkse kwel geen rol bij hoogwater. Los daarvan, zal binnendijkse kwel sowieso niet significant toenemen (zie Hoofdstuk 3).

### TE VERPOMPEN HOEVEELHEDEN BIJ AFSLUITEN VAN DE DUIKER BIJ MAASHOOGWATER

Afhankelijk van het gewenste beschermingsniveau moet men voor de pompen rekening houden met de volgende hoeveelheden per uur:

- Winterafvoer: 0,03 m<sup>3</sup>/s → ca. 110 m<sup>3</sup>/uur
- Maatgevende afvoer: 0,06 m<sup>3</sup>/s → ca. 220 m<sup>3</sup>/uur

Gezien de omvang en de jaarlijkse afvoeren van de Boerenhuizenlossing is niet gekeken naar een mogelijke volloopduur in geval van het niet gebruiken van pompen bij het afsluiten van de kruising Boerenhuizenlossing. Voor de Boerenhuizenlossing geldt dat er sowieso gepompt moet worden bij een Maashoogwater.

<sup>10</sup> Bron: 'IO.DR65.34.003-1.0-1-Rp-Arcen nadere bepaling faalkansruimte'

## 2.8 GEVOLGEN DIJKVERLEGGING VOOR AGRARISCHE PERCELEN DIJKVAK 8 EN 9

In Arcen-Noord wordt zowel bij dijkvak 8 als bij dijkvak 9 de dijk teruggelegd. Zie ter verduidelijking Afbeelding 19. Bij dijkvak 8 wordt de huidige kering tot aan de Maasstraat afgegraven.



Afbeelding 19. Geplande dijk teruglegging ter hoogte van dijkvak 8 en 9.

Door de teruglegging van de dijk en het afgraven van de huidige dijk, zullen percelen op deze locatie vaker gaan onderlopen. Vanwege de omvang van deze gebieden wordt een aparte analyse uitgevoerd ('Effectanalyse verwijderen primaire kering'). Deze zal beschreven worden in een aparte notitie.

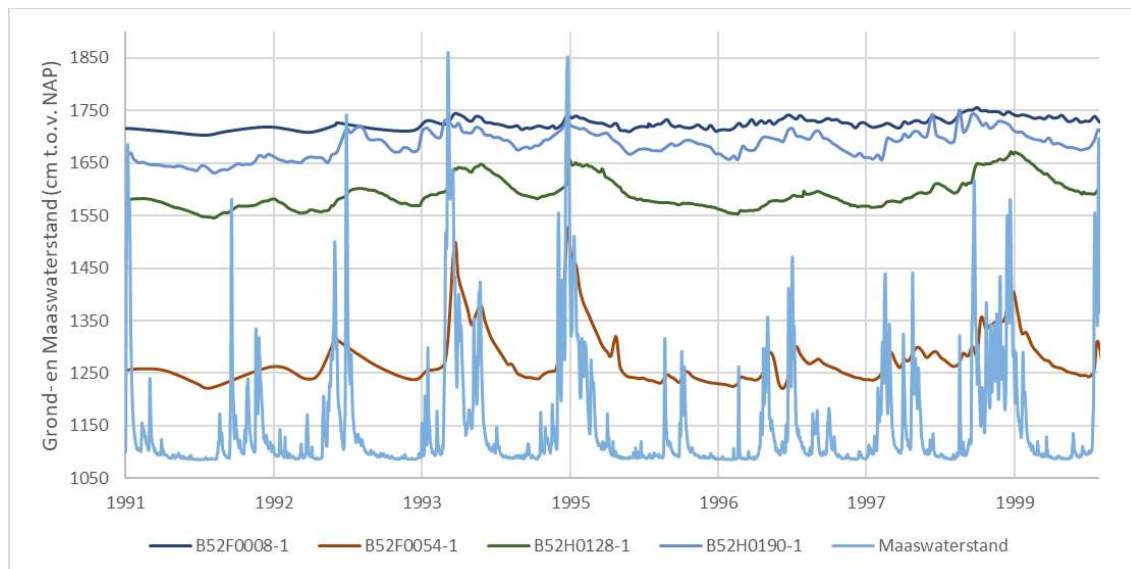
Voor de waterhuishouding rondom hotel Rooland is een maatwerk oplossing nodig. De aanpassingen/werkzaamheden zullen in overleg met de Provincie Limburg en gemeente Venlo plaats moeten vinden.

## 3 GEOHYDROLOGIE

Een uitgebreide rapportage van het geohydrologisch systeem en de uitgangspunten voor de huidige situatie, welke voor de effectbepaling als uitgangssituatie genomen wordt, staat beschreven in het rapport 'Geohydrologie-A01.01-systeemanalyse', d.d. 14-03-2023. Dat rapport geeft ook inzicht in het functioneren van het grondwatermodel. De volgende hoofdstukken geven een beknopte samenvatting van het grondwatersysteem van Arcen, de grondwater gerelateerde ingrepen, en het gebruikte grondwatermodel. Verder volgt een effectbeschrijving van de ingrepen en eventuele benodigde compenserende maatregelen.

### 3.1 FUNCTIONEREN GRONDWATERSYSTEEM ARCEN

Op basis van bovenstaande paragrafen die iets zeggen over de ligging van Arcen, het maaiveldniveau, de bodemopbouw en het grondwater kan vervolgens het functioneren van het gehele grondwatersysteem beschreven worden. Het freatische pakket wordt aan de onderzijde begrensd door de kleilaag van de Kiezeloöliet-Formatie, ook wel Venloklei genoemd, en deze is net ten westen van de Maas circa 15 m – 20 m dik en wordt verder richting het westen circa 30 m dik. Het grondwater stroomt van de hoge Maasterrassen in het oosten naar het Maasdal, waar Arcen ligt. De grondwaterstand ligt over het algemeen meer dan 2 m beneden maaiveld. Hoe dichter het grondwater bij de Maas ligt, hoe groter de interactie met de Maaswaterstand is. Zo zijn bijvoorbeeld de hoogwaterpieken van 1993 en 1995 in onderstaande grafiek bij peilbuis B52F0054 in het centrum van Arcen duidelijk zichtbaar. Tijdens een hoogwaterperiode kan de grondwaterstand in Arcen centrum stijgen, als gevolg van de hoge rivierwaterstanden. Doordat het grondwater gedurende deze periode niet weg kan stromen richting de Maas, kan binnendijks opstuwing en lokaal kwel ontstaan. Op het moment dat de waterstand in de Maas weer daalt, zal ook de grondwaterstand weer snel dalen.



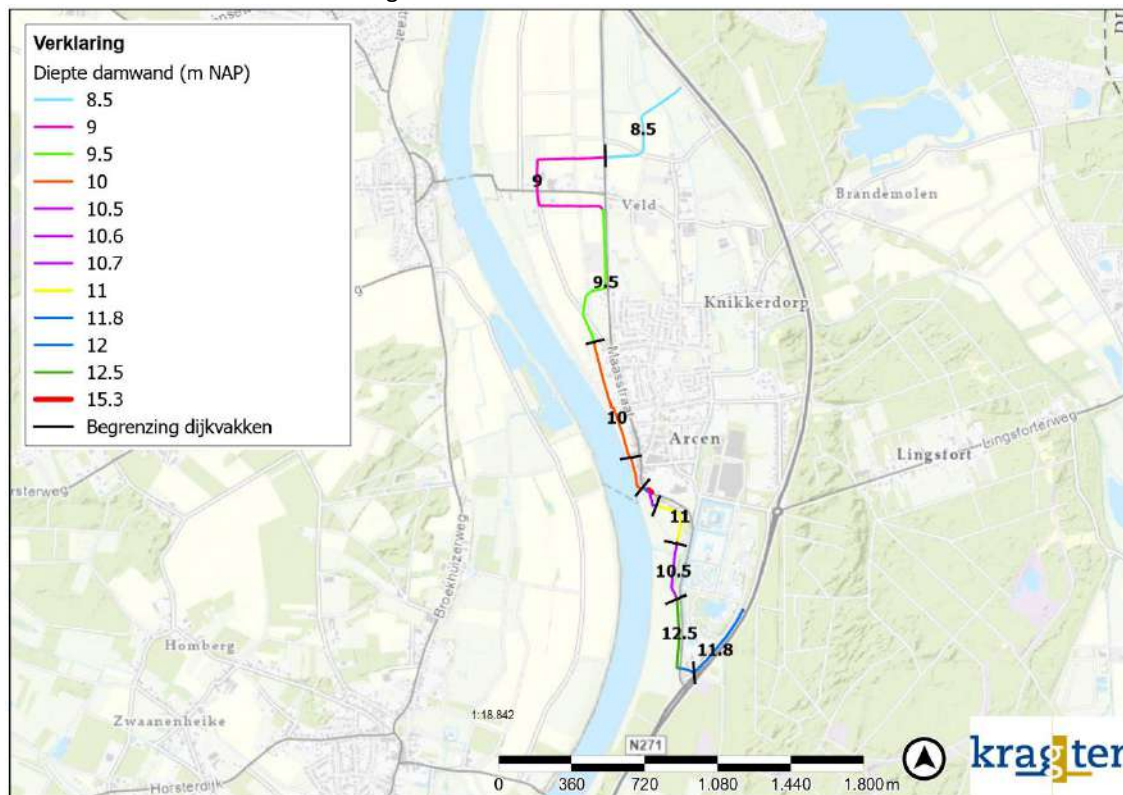
Afbeelding 20. Grondwaterstanden van een aantal lokale peilbuizen en Maaswaterstanden, met een focus op de hoogwaterperiode 1993 en 1995

Concluderend stijgt en daalt het grondwater ter plaatse van Arcen met het Maaspeil mee en er is geen sprake van een langdurig effect. Tijdens een hoogwaterperiode kan er, op basis van bovenstaande gegevens grondwateroverlast ontstaan. De lager gelegen gebieden in Arcen zullen hier meer gevoelig voor zijn.



## 3.2 GRONDWATERGERELATEERDE INGREPEN

De geplande ingrepen die veranderingen in de grondwaterstanden teweeg kunnen brengen zijn de damwanden zoals opgenomen in het ontwerp. De ligging van de damwanden is op onderstaande afbeelding weergegeven. De globale diepte van de damwand is per dijkvak verschillend en is op onderstaande afbeelding weergegeven in m NAP. De damwand heeft een variërende lengte van 3 m in het zuiden tot 6 m in het noorden.



Afbeelding 21. Ligging van de damwand met de globale diepte van de damwand in m NAP

## 3.3 GRONDWATERMODEL

Voor de modellering van geohydrologische effecten wordt gemaakt van het regionale grondwatermodel IBRAHYM (versie IBv2.1\_N, aanpassingen en kalibratie stationair model Noord- en Midden-Limburg, d.d. 05-03-2018). Het model is ontstaan uit een samenwerking tussen Waterschap Limburg, WML en de Provincie Limburg. Via een server die door Deltares wordt beheerd kunnen met het model grondwaterberekeningen worden uitgevoerd. De rekenperiode van het huidige tijdsafhankelijke en stationaire model is van 1994 tot en met 2011. In dit project zijn we uitgegaan van de rekenperiode van dit model. Verder is de gebruikte rekenresolutie voor het tijdsafhankelijke model 25x25 m en de rekenresolutie voor het stationaire model 50x50 m.

Het freatische pakket net ten westen van de Maas wordt aan de onderzijde begrensd door de kleilaag van de Kiezeloöliet-Formatie, ook wel Venloklei genoemd, en is hier circa 15 m – 20 m dik. We gaan ervanuit dat de effecten van het dijkversterkingsproject niet dieper dan deze kleilaag reiken en beschouwen de Venloklei als geohydrologische basis voor de modellering. Op sommige locaties in de modelbegrenzing (maar buiten de locaties waar de damwanden komen) is de Venloklei niet aanwezig en hier wordt de Formatie van Breda als geohydrologische basis voor de modellering beschouwd. De doorlatendheid in deze formatie is heel laag vergeleken met de beter doorlatende zandlagen erboven. In het grondwatermodel IBRAHYM, dat voor deze modellering wordt gebruikt, is de kleilaag

opgenomen als slecht doorlatende laag halverwege modellaag 4 en begint de zandlaag van de Formatie van Breda ook halverwege modellaag 4. Daarom worden met het grondwatermodel enkel modellaag 1 t/m 4 beschouwd. De nieuwe damwanden reiken in het zuiden tot NAP +14 m en in het noorden tot NAP +8,5 m. In het zuiden sluiten de damwanden modellaag 1 en een deel van modellaag 2 af. In het noorden wordt een deel van modellaag 4 afgesloten. De beschouwing van enkel model laag 1 t/m 4 in het grondwatermodel is hiermee dus ook voldoende.

---

### 3.3.1 GEVOELIGHEIDSANALYSE

Om de gevoeligheid van het grondwatermodel voor bepaalde parameteraanpassingen in beeld te krijgen is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Er zijn verschillende stationaire modelruns gedraaid om het effect van vlakdekkende modelaanpassingen te beoordelen. Hierbij is de gevoeligheid van het model voor de horizontale waterdoorlatendheid (KHV), de verticale waterdoorlatendheid (KVV) en het doorlaatvermogen van de Maas bepaald. De conclusie van de gevoeligheidsanalyse is dat enkel het aanpassen van de KHV een duidelijke en uniforme invloed op de grondwaterstanden heeft.

---

### 3.3.2 KALIBRATIE

Met behulp van de automatische kalibratiefunctie van iMOD (iPEST) zijn vervolgens meerdere kalibratieruns uitgevoerd. Dit zijn geen vlakdekkende aanpassingen maar aanpassing op basis van zones van REGIS-eenheden (geologische formaties). Per geologische formatie kan dan een bandbreedte van vermenigvuldigingsfactoren gegeven worden waarbinnen een parameter aangepast mag worden. Hierin zijn eerst in het stationaire model een aantal grote modelaanpassingen gedaan zoals het variëren van de KHV, de KVV, het doorlaatvermogen van de Maas, het doorlaatvermogen van de waterlopen, en een combinatie van voorgenoemde aanpassingen. Enkel de kalibratieruns waarin alleen de KHV-waarden aangepast worden geven goede resultaten. De overige grote aanpassingen doen weinig. Verder blijkt bij de kalibratie methodiek dat het toevoegen van scaling goede resultaten oplevert. Op basis van beschikbare data (en projectrandvoorwaarden) zien we geen mogelijkheden om het model verder te verbeteren. Daarom is besloten om de resultaten van de kalibratierun waarin enkel de KHV aangepast is om te zetten naar het instationaire model. In dit model zijn de damwanden toegevoegd die momenteel ter plaatse van Arcen-midden al aanwezig zijn.

---

### 3.3.3 DAMWANDEN: WIJZE VAN VERWERKING IN GRONDWATERMODEL

Door middel van het invoegen van een 2D horizontal flow barrier (HFB) is de damwand in het model geïmplementeerd. We voeren een conservatieve berekening uit door het toepassen van de volgende uitgangspunten:

- De damwand sluit de volledige modellen 1 en 2 af. Dit leidt tot een overschatting van het eventueel effect, omdat de damwand dieper wordt geschematiseerd dan in werkelijkheid het geval is (namelijk halverwege tot de gehele laag 2);
- In dijkvak 9 (noordelijkste dijkvak) sluit de damwand modellaag 3 ook volledig af. In werkelijkheid reikt de damwand hier tot het eerste deel van modellaag 4. Dit wordt niet meegenomen in het model omdat een damwand die als HFB in het model zit en die een pakket niet helemaal afdekt heel snel zijn weerstandswaarde verliest;
- Voor de damwand is een weerstand van 1000 dagen gehanteerd. Dit is een vrij hoge weerstand, waarmee we dus aan de 'veilige' kant zitten.

---

## 3.4 EFFECTBESCHRIJVING INGRENEN

Het rapport 'Geohydrologie-A01.01-systeemanalyse', d.d. 14-03-2023 bevat een uitgebreide beschrijving van het huidige geohydrologische systeem en de uitgangspunten van de huidige situatie, welke voor de effectbepaling als

uitgangssituatie genomen wordt. De huidige situatie bevat namelijk ter plaatse vak Arcen Centrum damwanden die een diepte hebben van circa 6 m (dijkvak 6 en 7 in Afbeelding 18).

In de toekomstige situatie komt een langer traject met damwanden (Afbeelding 18). Om het effect van deze nieuwe damwand inzichtelijk te maken, wordt deze situatie vergeleken met de huidige situatie waar de kortere damwand aanwezig is.

---

### 3.4.1 STATIONAIR MODEL

Op basis van bovenstaande uitgangspunten is een stationaire berekening uitgevoerd. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven bijlage B. Te zien is het effect van de damwand op de gemiddelde grondwaterstand voor modellaag 1. De maximaal verlaging en verhoging is kleiner dan 1 cm en de effecten zijn dus niet significant (> 5 cm).

---

### 3.4.2 INSTATIONAIR MODEL

Op basis van bovenstaande uitgangspunten is tevens een instationaire berekening uitgevoerd. De resultaten van deze conservatieve berekening zijn weergegeven bijlage B. Hier zijn kaarten opgenomen van de GHG, GVG en GLG voor modellaag 1 ten opzichte van NAP en ten opzichte van maaiveld. Ook zijn verschilkaarten opgenomen van de GHG, GVG, en GLG waarin de nieuwe situatie met damwand vergeleken is met de huidige situatie met de kortere damwand zodat het effect van de nieuwe damwand te zien is. Het verschil voor de GHG, GVG, en GLG is overal kleiner dan 1 cm en de effecten zijn dus niet significant (> 5 cm).

De omschrijving van het grondwatersysteem zoals omschreven in §3.1 geeft aan dat het niet relevant is om een aparte beschouwing van een hoogwaterperiode op te nemen in dit rapport. Toch is wel in het grondwatermodel bekeken of het grondwater tijdens de hoogwaterperiode van 1995 anders is in de situatie met maatregelen (zoals beschreven in hoofdstuk 3.2) vergeleken met de huidige situatie (de uitgangssituatie zoals beschreven in het rapport Geohydrologie-A01.01-systeemanalyse', d.d. 14-03-2023). Dit is niet het geval.

---

### 3.4.3 COMPENSERENDE MAATREGELEN

Met behulp van een modelberekening met het gekalibreerde IBRAHYM-grondwatermodel voor Arcen is het effect van de nieuwe damwand berekend. Uit de modellering kan geconcludeerd worden dat als gevolg van deze damwand geen significante effecten (> 5cm) op de grondwaterstand optreden. Een verklaring hiervoor is dat de damwand slechts tot een beperkte diepte in het watervoerend pakket reikt. Het watervoerende pakket is hier circa 15 m – 20 m dik en er is nog zoveel ruimte voor het grondwater onder de damwand (3 m dik in het zuiden tot 6 m dik in het noorden), dat de grondwaterstroming geen hinder van de damwand ondervindt. Er worden dan ook geen nadelige gevolgen voor de omgeving verwacht.

## OVERZICHT BIJLAGE(N)

### Bijlage A

- Waterhuishoudingsplan – Oppervlaktewater Ontwerploop 1

### Bijlage B

- Effecten Grondwater model

### Bijlage C

- Overzichtskaart stedelijk water



# BIJLAGE

# A

WATERHUIS-  
HUISHOUDINGS-  
PLAN –  
OPPERVLAKTE-  
WATER  
ONTWERPLOOP 1

WATERSCHAP LIMBURG

# DIJKVERSTERKING ARCEN WATERHUISHOUDINGSPLAN

18-10-2022



KRAGTEN  
SCHOOLSTRAAT 8, HERTEN

[BEDRIJF TELEFOONNUMMER]  
[wsp.com](http://wsp.com) / [kragten.nl](http://kragten.nl)

PROJECTNUMMER  
WSL065

DOCUMENTNUMMER  
1, versie 2.1

## COLOFON

### RAPPORTHISTORIE

1	29-09-2022	Opmerkingen IPM-team WL verwerkt
2	14-10-2022	Opmerkingen R.Dinnesen via IPM-team WL verwerkt

### VERANTWOORDING

-

### CONTACTGEGEVENS

088 33 66 164  
cc@kragten.nl

## AUTORISATIE

PROJECTNUMMER	DOCUMENTNUMMER	VERSIE	STATUS
WSL065	1	2.1	-

OPGESTELD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
CC	Hydroloog	14-10-2022	

GEVERIFIEERD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
NSV	Geohydroloog	14-10-2022	

GOEDGEKEURD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
MLI	Adviseur waterveiligheid en geohydrologie	17-10-2022	

## PRODUCTIETEAM

### WSP/KRAGTEN

Hydroloog	CC
Geohydroloog	NSV
Technisch Manager	MLI



# INHOUDS- OPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>SITUATIE</b>	<b>9</b>
2.1	Noordelijk deel Oppervlaktewatersysteem	9
2.2	Zuidelijk Deel Oppervlaktewatersysteem	11
<b>3</b>	<b>OPZET SOBEK-MODEL</b>	<b>18</b>
3.1	Opzet schematisatie netwerk 'ArcenRef.lit'	18
3.2	Kalibratie 'ArcenRef.lit'	19
3.2.1	Afvoermetingen en berekende afvoeren	19
3.2.2	Kalibratie van afvoeren Lingsforterbeek	22
3.2.3	Validatie van het model	23
3.2.4	Te hanteren Weerstand	27
<b>4</b>	<b>OPPERVLAKTEWATERYSYSTEMKENMERKEN</b>	<b>28</b>
4.1	Lingsforterbeek	28
4.2	Lommerbroeklossing	30
4.3	Laaklossing	32
4.4	Boerenhuizenlossing	33
	<b>OVERZICHT BIJLAGE(N)</b>	
	<b>Bijlage A</b>	
	— Landgebruikkaart (LGN2020)	
	<b>Bijlage B</b>	
	— Factsheet WL Lingsforterbeek	
	<b>Bijlage C</b>	
	— Vispassage	

# 1 INLEIDING

---

## 1.1 DIJKVERSTERKINGSPROGRAMMA

Om te borgen dat Nederland nu en in de toekomst beschermd is tegen overstromingen, is wettelijk vastgelegd dat primaire waterkeringen periodiek worden gecontroleerd. Primaire waterkeringen die niet op orde zijn, worden versterkt. Afspraken over welke primaire waterkeringen wanneer aangepakt worden, leggen het Rijk en de waterschappen gezamenlijk vast in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het HWBP wordt jaarlijks geactualiseerd en steeds voor een periode van zes jaar opgesteld, met een doorkijk naar twaalf jaar. Het doel van het huidige programma is het op orde krijgen van de primaire waterkeringen die in de afgelopen en lopende toets/beoordelingsronde zijn afgekeurd.

Waterschap Limburg (WL) is verantwoordelijk voor de hoogwaterbescherming in het door haar beheerde gebied. Ze werkt daarbij nauw samen met partners als het Rijk, Provincie Limburg, betrokken gemeenten en naastgelegen waterschappen. Na de hoge rivierwaterstanden in 1993 en 1995 zijn in het beheergebied van WL in snel tempo Maaskades aangelegd die als nooddijk fungeerden met een overstromingskans van circa 1/50 per jaar. Deze Maaskades zouden deels een tijdelijke functie hebben en vooruitlopend op rivierverruiming hoogwaterbescherming bieden tegen de hoge rivierwaterstanden zoals deze in 1993 en 1995 optraden.

Op 1 januari 2017 is de Waterwet gewijzigd. Er zijn nieuwe wettelijke normen voor hoogwaterveiligheid in werking getreden. Voor ieder dijktraject bestaan de wettelijke normen uit twee delen, beide uitgewerkt in een overstromingskans per jaar. Ten eerste de signaleringswaarde, de overstromingskans per jaar die de beheerder het sein geeft dat de waterkering op termijn versterkt moet worden. Daarnaast de ondergrens, de overstromingskans per jaar waarop het dijktraject gedurende de gehele levensduur ten minste berekend moet zijn. Voor dijktraject Arcen betreft dit een signaleringswaarde van 1/300 per jaar en een ondergrens van 1/100 per jaar. Na dijkverbetering dient de waterkering gedurende de gehele levensduur in ieder geval veiliger te zijn dan de ondergrenswaarde.

Op basis van de nieuwe normen voor hoogwaterbescherming in de Waterwet zijn veel dijken in het beheergebied van Waterschap Limburg afgekeurd op hoogte en sterkte. In 2016 heeft het Waterschap een dijkverbeteringsprogramma opgestart om diverse dijktrajecten in de Noordelijke Maasvallei te verhogen en te versterken. Deze dijkverbeteringen zijn opgenomen in het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Waterschap Limburg, Rijkswaterstaat, provincie Limburg, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, gemeente Beesel, gemeente Bergen, gemeente Leudal, gemeente Maasgouw, gemeente Peel en Maas, gemeente Roermond en gemeente Venlo hebben samen de Stuurgroep HWBP Noordelijke Maasvallei opgezet. Deze Stuurgroep adviseert de bevoegde bestuursorganen met betrekking tot de te nemen besluiten. De doelstelling van het dijkversterkingsprogramma is primair: het verbeteren van de waterveiligheid in de Maasvallei (versterkingsopgave). De secundaire doelstelling is het versterken van gebiedskwaliteiten (opgave ruimtelijke kwaliteit). Deze doelstellingen zijn van alle betrokken partners binnen de Stuurgroep HWBP Noordelijke Maasvallei.

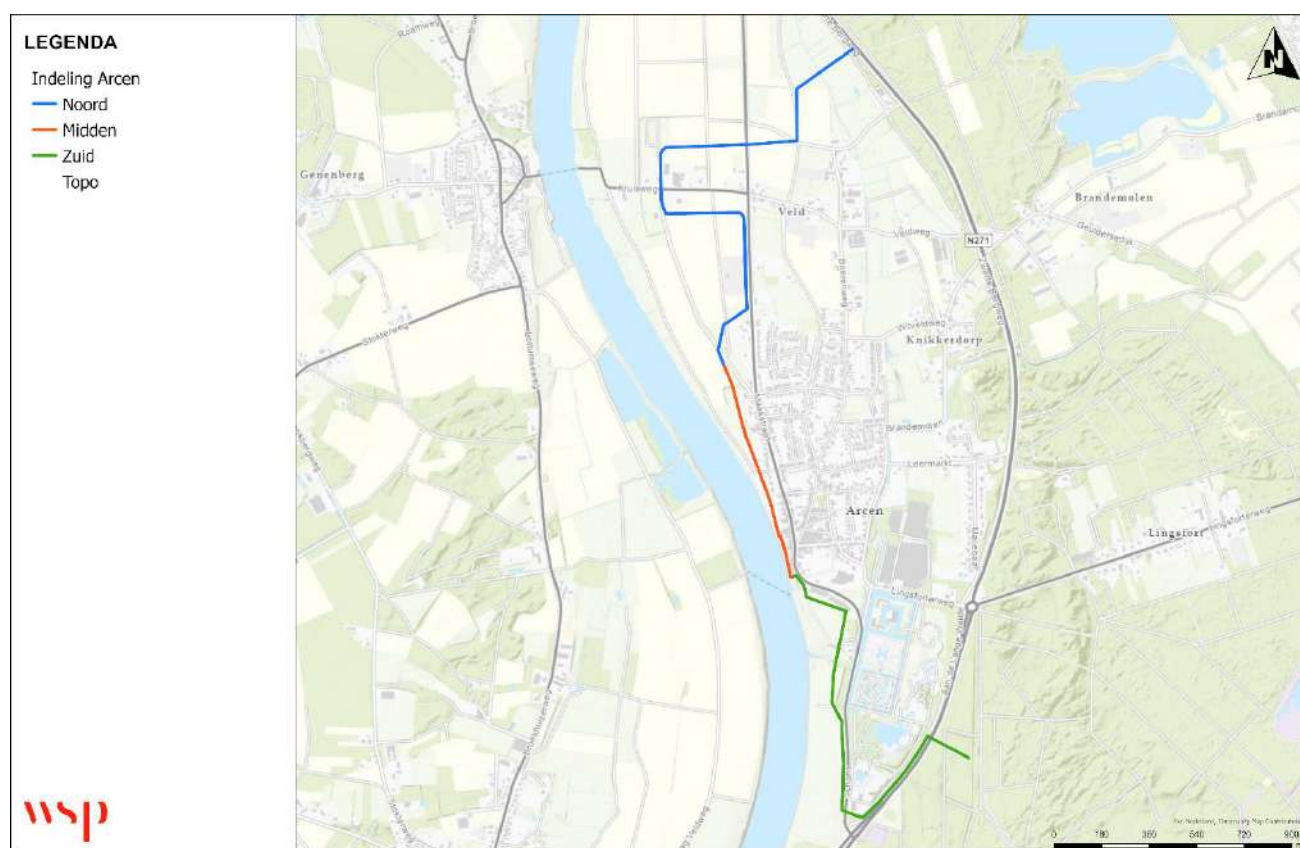


Afbeelding 1. Locaties dijkversterkingen Waterschap Limburg in het Hoogwaterbeschermingsprogramma.

## 1.2 DEELPROJECT ARCEN

Het project Arcen geeft invulling aan de doelstellingen vanuit verschillende programma's. Allereerst maakt het onderdeel uit van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP Noordelijke Maasvallei), zoals beschreven in paragraaf 1.1. Het project heeft daarnaast een extra opgave meegekregen: de systeemopgave. Met deze systeemopgave wordt beoogd om zoveel mogelijk rivierbed te behouden en de stijging van de waterstand te voorkomen. In de verkenningsfase zijn verschillende tracés voor de primaire waterkering onderzocht en vergeleken. Dit heeft geleid tot een bestuurlijk vastgesteld tracé voor nieuwe primaire waterkering (zie Afbeelding 2). De bestaande waterkering wordt geheel vervangen en met name in het noordelijke deel wordt deze dicht tegen de bebouwde kom van Arcen aangelegd. In Arcen Midden wordt de waterkering uitgevoerd als een glazen wand, óf als een zelfsluitende kering. In Arcen Noord en Arcen Zuid wordt een 'groene' kering aangelegd van grond die aansluit op de hoge gronden aan de rand van het Maasdal. Op een aantal plaatsen worden coupures aangelegd die bij hoog water worden gesloten. Op maatwerklocaties en langs de kasteeltuin wordt geen groene kering aangelegd maar verticale constructie (muur). In de Planuitwerking wordt dit tracé nader uitgewerkt en geoptimaliseerd tot een referentieontwerp voor de waterkering dat de basis is voor de juridische procedures en de realisatiefase.

Ten derde wordt met het project Arcen ook invulling gegeven aan de Kaderrichtlijn water (KRW). Naast het aanleggen en versterken van de primaire waterkering omvat het project ook het beekherstel van de Lingsforterbeek inclusief een vispassage bij de Wijmarsche watermolen.



Afbeelding 2. Dijktraject 65-1 met indeling Noord, Midden, Zuid.

Tot slot is er nog sprake van verschillende meekoppelkansen die bijdragen aan de doelstelling voor het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit van het gebied. In de planuitwerkingsfase worden diverse wensen vanuit de omgeving meegenomen in het referentieontwerp:

- Dubbelzijdig Fietspad vanaf zuidelijke molenvijver direct aan de nieuwe dijk gelegen bij de Schans tot de provinciale weg;



- Het verplaatsen van de bebouwde kom bij de Schans gecombineerd met een 30km-plateau en fietsoversteekplaats;
- Het parkeerterrein tegenover MFA uitbreiden met 7 parkeerplaatsen;
- Het herinrichten van het Schanstorenplein, inclusief terugbrengen oude gracht en suggestie van een brug in combinatie met de nieuwe te plaatsen kering met diverse wandelroutes;
- Het herinrichten/verbeteren van de Burgemeester Linderspromenade inclusief de nieuwe kering (landschappelijk, cultuurhistorisch passend);
- Het duiden op verschillende plekken van de landschappelijk cultuurhistorische waarde van het gebied gecombineerd met de dijkversterking-, of verlegging;
- Passantenhaven.

---

## 1.3 DOEL EN POSITIONERING DOCUMENT

Dit rapport heeft als doel de huidige situatie van het oppervlaktewatersysteem (het beekstelsel) te beschrijven. Aanvullend wordt in gegaan op de opzet van het oppervlaktewatermodel (SOBEK) van de huidige situatie. De beschrijving en het model vormen de basis voor het uitwerken van de diverse ontwerpvoorstellen die in latere ontwerpfases aan bod komen.

---

## 1.4 LEESWIJZER

In Hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de huidige situatie. In Hoofdstuk 3 wordt vervolgens ingegaan op de opzet van het SOBEK-model. Dit is een hydrodynamisch computermodel dat het beekstelsel simuleert. Samen met de (oppervlaktewater)metingen vormt het model een belangrijke informatiebron. Hoofdstuk 4 gaat vervolgens in op een aantal hydraulische kenmerken van het oppervlaktewatersysteem.

## 2 SITUATIE

In dit hoofdstuk wordt de huidige situatie van het oppervlaktewatersysteem beschreven. Hiervoor wordt het oppervlaktewatersysteem opgedeeld in een noordelijk deel (Laaklossing en Boerenhuizenlossing) en een zuidelijk deel (Lingsforterbeek en Lommerbroeklossing). In onderstaande tekst wordt gerefereerd naar afbeeldingen die op het einde van dit hoofdstuk in extra groot formaat zijn opgenomen. Het betreffen afbeeldingen van het gehele gebied (Afbeelding 11), van het noordelijk deel (Laaklossing en Boerenhuizenlossing; Afbeelding 12) en het zuidelijke deel (Lingsforterbeek en Lommerbroeklossing; Afbeelding 13). In deze afbeeldingen wordt het oppervlaktewatersysteem en omgeving getoond met een aantal belangrijke kenmerken. Hieronder worden kort een aantal elementen opgesomd voor het noordelijk deel en voor het zuidelijk deel. De beschrijving van de hydraulische kenmerken is in Hoofdstuk 4 uitgewerkt.

### 2.1 NOORDELIJK DEEL OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM

Het noordelijk deel van het oppervlaktewatersysteem wordt getoond in Afbeelding 12. In Afbeelding 3 is een versimpelde weergave gegeven.



Afbeelding 3. Versimpelde weergaven van het noordelijke oppervlaktewatersysteem (zie Afbeelding 11 voor een grotere weergave met meer informatie).

Dit deel van het systeem wordt gevormd door de Laaklossing en de Boerenhuizenlossing. De Laaklossing begint bij Arcen en stroomt met Zijtak Laaklossing uit in de Boerenhuizenlossing. De Boerenhuizenlossing “ontspringt” oostelijk in Arcen en heeft een kleine zijtak genaamd “Veld”. De Boerenhuizenlossing stroomt na samenloop met de Laaklossing onder de huidige waterkering door. Deze waterkering wordt gevormd door de Maasstraat. In de huidige situatie gebeurt dit met een circa 67 meter lange  $\varnothing$  700 mm duiker die voorzien is van een afsluiter. Benedenstreams van de waterkering stroomt de buitendijks gelegen Arcense Rijksweglossing uit in de Boerenhuizenlossing. Vervolgens komt de Boerenhuizenlossing uit in de Rode Beek die tot slot uitmondt in de Maas. Een tweede onderdoorgang onder de huidige waterkering / Maasstraat is de duiker tussen de Laaklossing en de Arcense Rijksweglossing. Deze duiker is voorzien van een afsluiter.



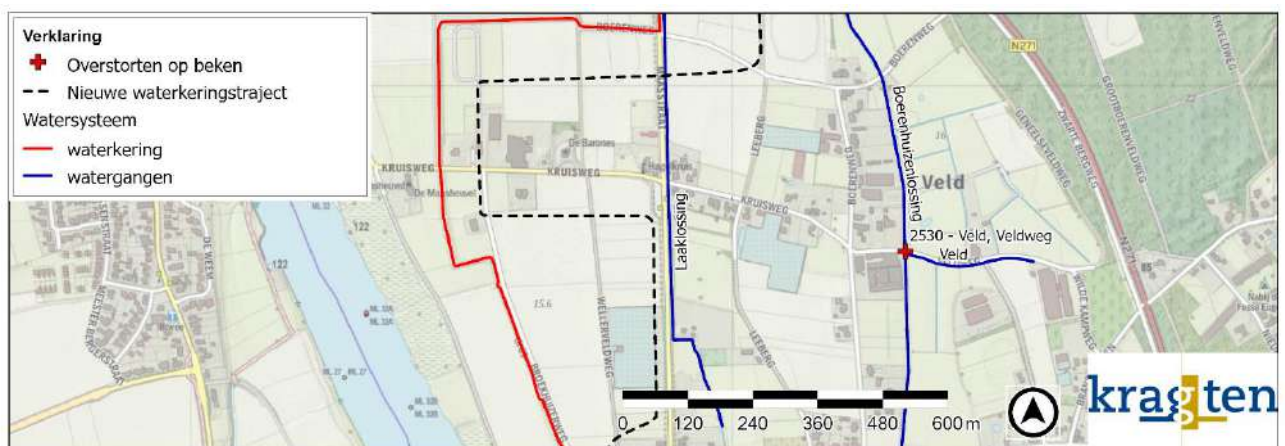
Afbeelding 4. De Laaklossing langs de Maasstraat bij de kruising met de Kruisweg.

#### Stuwen

Er staat een stuw (code: 174957) om de instroom van de Laaklossing richting de Arcense Rijksweglossing te reguleren. In het algemeen staat deze dicht (in zijn hoogste stuwende stand). Overige stuwen zijn te vinden in de Laaklossing, een stuk benedenstrooms van de verbinding met de Arcense Rijksweglossing (code: 98032; stuwpeil: NAP +14,32; bron: SOBEK/watersysteemgegevens) en in de zijtak “Veld” (code: 98031; stuwpeil: NAP +14,72; bron: SOBEK).

#### Overstorten op het oppervlaktewatersysteem

Vanuit het gebied Veld wordt overgestort op de Boerenhuizenlossing, ter hoogte van de zijtak ‘Veld’ (zie Afbeelding 2). De overstort heeft als code ‘2530 – GEM’ en het betreft een gemengde overstort. Het op de overstort aangesloten stedelijk oppervlak is beperkt, namelijk 0,55 hectare.



Afbeelding 5. Overstort op de Boerenhuizenlossing.

#### Landgebruik

In Bijlage A, Afbeelding 38 is de Land Gebruikkaart van Nederland (LGN2020) weergegeven van het noordelijk gebied. Langs de Boerenhuizenlossing ligt met name ‘agrarisch grasland’ en bebouwing. Beperkt worden de overige gebieden aangeduid als ‘granen’ en ‘overige landbouwgewassen’. Rond de Laaklossing en tussen de Laaklossing en de







De Lommerbroeklossing ontspringt bij Lomm middels een drietal waterlopen. Vervolgens stroomt de beek door een bos richting de Rijksstraatweg. Vanaf de Rijksstraatweg stroomt de beek door de Kasteeltuinen. Dit doet de beek tot aan de onderdoorgang bij de weg Schans. Deze weg vormt ook de huidige waterkering. Benedenstreams van deze weg volgt de beek de waterkering richting de samenvloeiing met de Lingsforterbeek.

#### *Stuwen*

De Lingsforterbeek heeft in de omgeving van Arcen een vaste stuw bij de watermolen (code: 97955; stuwpeil: NAP +13,51; bron: SOBEK). Doel van deze stuw is het reguleren van het peil voor de watermolen.

Bij de kruising van de Lingsforterbeek met De Schans ligt aan de bovenstroomse zijde, tegen de brug, een schotbalkstuw. In normale omstandigheden staan in deze stuw geen schotten. Echter in geval van droogte, zoals in de zomer van 2022, maar ook in 2019, wordt deze stuw dichtgezet. Zo kan het water opgestuwd worden ten behoeve van de kasteelgrachten van de kasteeltuinen. De grachten draineren dan niet – of in ieder geval beduidend beperkter – via de Lingsforterbeek (drainage via de bodem). Het peil van deze grachten mag niet uitzakken in verband met het risico op droogvallen van de fundering van het kasteel, maar ook van de daar aanwezige monumentale bomen. In Afbeelding 7 is een foto te zien van de schotbalkstuw in kwestie, wanneer hij in gebruik is (augustus 2022). Bij het waterschap leeft de wens om deze stuw verder bovenstreams te plaatsen. Wanneer onderstaande stuw niet op tijd voor hoogwater in de Lingsforterbeek verwijderd wordt, bestaat namelijk het risico dat vuil zich gaat ophopen in de nauwe opening tussen stuw en brug.

In Afbeelding 13 is linksboven in een kader getoond hoe water vanuit de Lingsforterbeek de Kasteeltuinen ingelaten kan worden. Dit gebeurt dan met een duiker onder de Kasteellaan. Met schotjes kan deze dichtgezet worden. In augustus 2022 stond deze dicht. De hierboven genoemde en in Afbeelding 7 getoonde schotbalkstuw werd destijds dus gebruikt om drainage tegen te gaan. In het watersysteem van de Kasteeltuinen kan via duiker die loost op de Lommerbroeklossing een te veel aan water uitgelaten worden. Deze duiker ligt op een zogenaamd overstortpeil. Met andere woorden, deze treedt alleen in werking wanneer het waterpeil in de grachten van de Kasteeltuinen te hoog komt.



*Afbeelding 7. De vanwege droogte dichtgezette stuw in de Lingsforterbeek bij de Lingsforterweg (foto genomen op 09-08-2022).*

### Overstorten op het oppervlaktewatersysteem

Op de Lingsforterbeek bevinden zich een drietal gemengde overstorten, namelijk ter hoogte van de Lingsforterweg (2532 – GEM), ter hoogte van de Brandemolen (2531 – GEM) en ter hoogte van de Leermarkt (2529 – GEM), zie Afbeelding 8. Het aangesloten stedelijk oppervlak is beperkt en bedraagt respectievelijk 0,02 ha, 0,48 ha en 1,45 ha. De grootste overstort van Arcen (2528 – GEM) stort over op de Maas en heeft een aangesloten stedelijk oppervlak van 16,8 ha.



Afbeelding 8. Overstorten op de Lingsforterbeek.

Op de Lommerbroekklossing storten twee gemengde overstorten op de watergang, namelijk ter hoogte van Hanikerweg (GEM - 2533) en ter hoogte van de Spikweien (GEM - 2534), zie Afbeelding 9. Het aangesloten stedelijk oppervlak bedraagt respectievelijk 1 ha en 10,34 ha. De overstort GEM – 2535 in Lom stort over op de Maas (aangesloten stedelijk oppervlak van circa 7 ha). De overstort Spikweien heeft nog een randvoorziening in de vorm van een bergbezinkleiding (BBL; 100 m3).



Afbeelding 9. Overstorten op de Lommerbroekklossing.

### Landgebruik

In Bijlage A, Afbeelding 39 is de Land Gebruikkaart van Nederland (LGN2020) weergegeven van het zuidelijk gebied. Bovenstrooms van de Rijksweg stroomt de Lingsforterbeek met name door gebied aangeduid als Naaldbos. Benedenstrooms van de Rijksweg stroomt de Lingsforterbeek eerst langs 'Naaldbos' en 'Loofbos', diverse graslanden en vervolgens bebouwing en wegen.



Bovenstrooms van de Rijksweg stroomt de Lommerbroeklossing door 'Bos in moerasgebied', 'Naaldbos' en 'Loofbos'. Benedenstrooms van de Rijksweg stroomt de beek langs bebouwing en wegen, en beperkt langs diverse graslanden.

#### *Hoogwater Maas*

Bij hoogwater in de Maas wordt vanaf een afvoer van circa 1.200 m<sup>3</sup>/s en hoger bij Sint Pieter diverse afsluiters dichtgezet. Bij de Lommerbroeklossing wordt bij de kruising met de kering bij circa 1.700 m<sup>3</sup>/s bij Sint Pieter de pompen geïnstalleerd en geactiveerd. Het zelfde geldt voor de kruising met de waterkering bij de Lingsforterbeek. Ook hier wordt bij circa 1.700 m<sup>3</sup>/s bij Sint Pieter de al aanwezige (permanente) pomp geactiveerd.

#### *Toekomstige situatie*

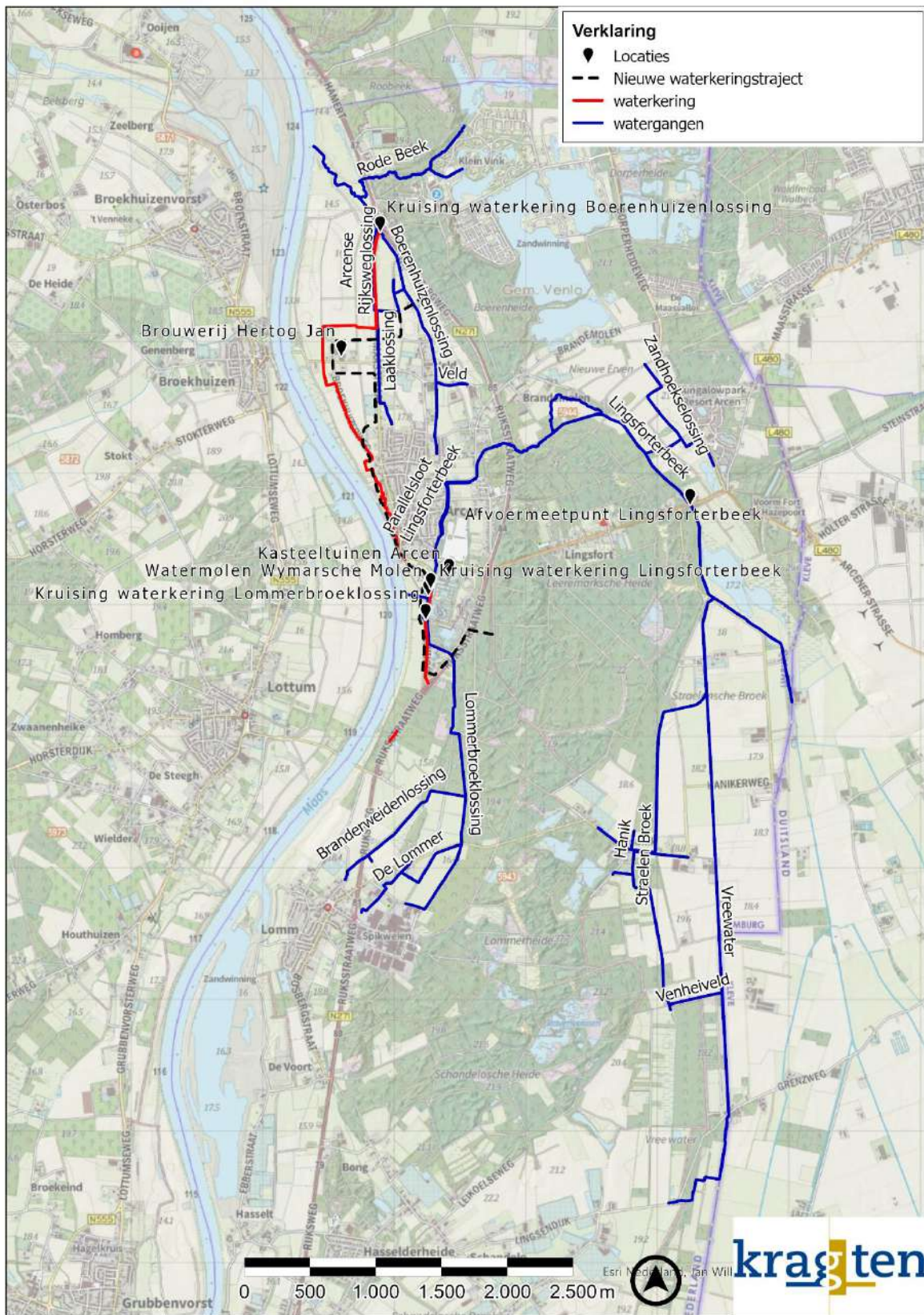
De watermolen vormt momenteel een blokkade voor de vismigratie. In het voorproces is gekeken naar diverse varianten voor het vispasseerbaar maken van de watermolen. Uiteindelijk is men tot een voorkeursalternatief gekomen voor een natuurlijke vispassage, zie Afbeelding 10. Hierbij is het uitgangspunt om een beek rondom de westzijde van de Wymarsche Molen te leggen, met daarin maatregelen om ervoor te zorgen dat over een korte afstand het hoogteverschil overbrugd kan worden. In Bijlage C is onder andere het schetsontwerp, de ontwerprandvoorwaarden en aantekeningen van een veldbezoek terug te vinden. Omdat de vistrap jaar rond moet kunnen werken, kan er in periode van laagwater conflict ontstaan met de watermolen.

Ten tijde van de droogte van 2022 kon de watermolen maar beperkt draaien. Belast heeft hij als laatste 12 en 13 juli gedraaid (met moeite). Daarna was er te weinig water om de stuw draaiende te houden. Op basis van afvoermetingen (handmetingen) is de inschatting dat er destijds circa 30 l/s door de beek is gestroomd (zie paragraaf 3.2.1 voor extra toelichting op de metingen). Circa anderhalf week later is door de Kasteeltuinen de Lingsforterbeek opgestuwd (zie Afbeelding 7), waardoor er nagenoeg geen water meer langs de watermolen stroomde.

De watermolen blijkt ook last te hebben van achterwater bij het rad. Dit betekent effectief dat het rad te diep in het water hangt, wat tot extra weerstand leidt bij het draaien. Het achterwater wordt veroorzaakt door te hoge benedenstroomse waterstanden. Deze waterstanden zouden verlaagd kunnen worden door uitdiepen of verbreden van de beek.

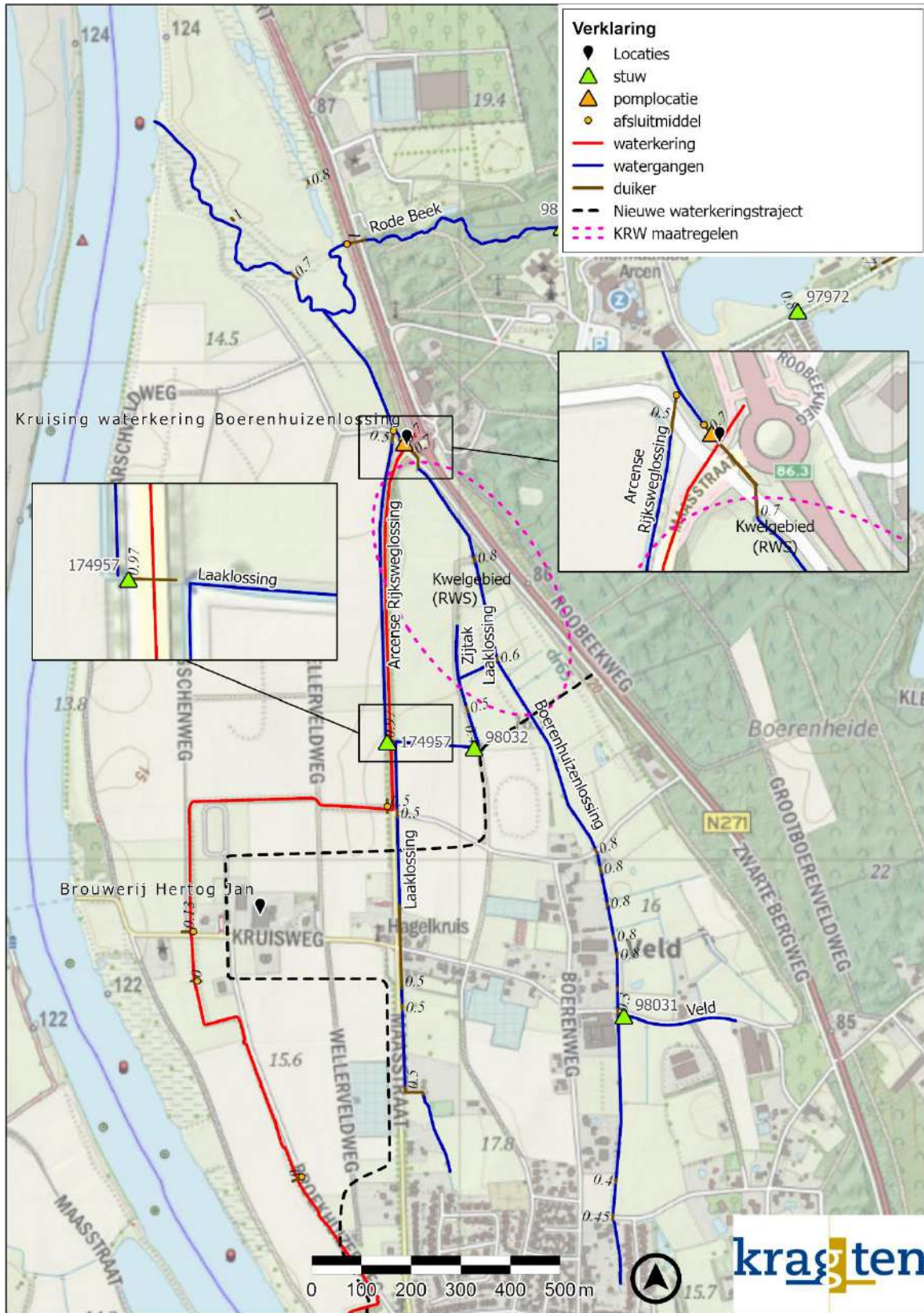


Afbeelding 10. VKA voor de beekherstelopgave Lingsforterbeek.



Afbeelding 11. Overzicht oppervlaktewatersysteem (beken) bij en rondom Arcen.





Afbeelding 12. Noordelijk deel van het oppervlaktewatersysteem (Laaklossing, Boerenhuizenlossing en Rode Beek), inclusief KRW-maatregel (kwelgebied).





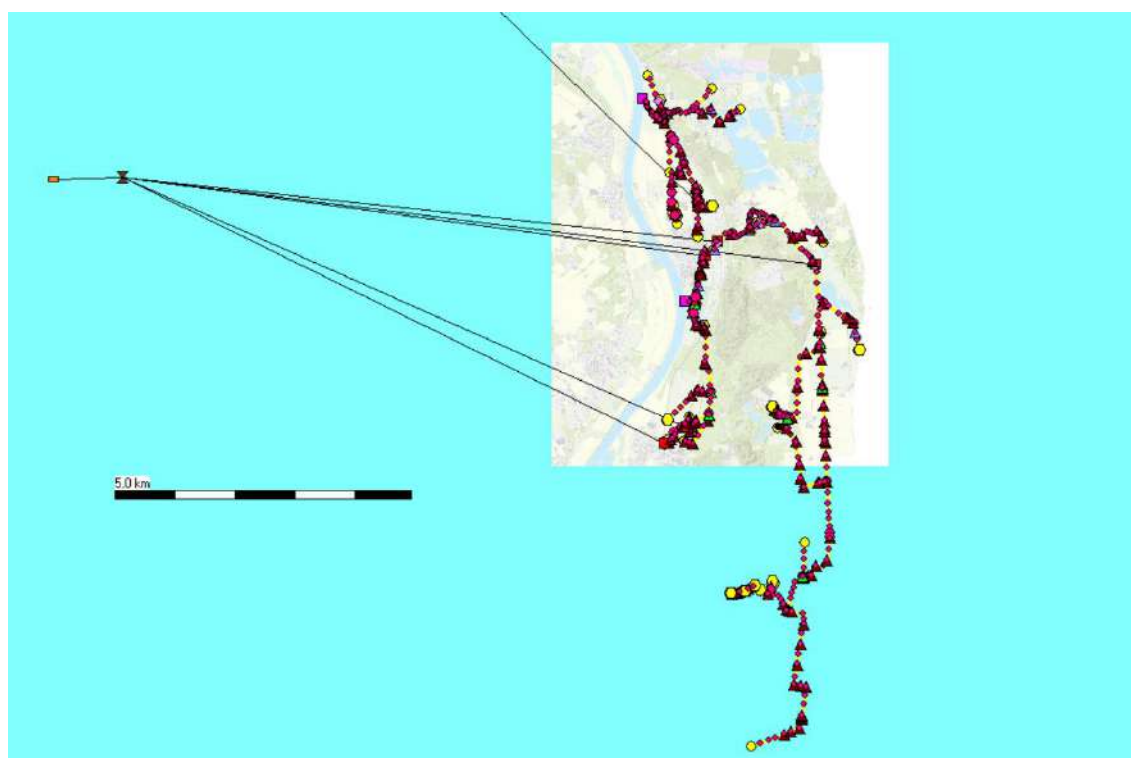
## 3 OPZET SOBEK-MODEL

Vanuit het waterschap zijn twee stationaire hydrodynamische modellen aangeleverd, namelijk 'NOMqhBOS.lit' en 'ZOMqhBOS.lit'. De Boerenhuizenlossing, Laaklossing en Rode Beek zijn onderdeel van 'NOMqhBOS.lit'. De Lingsforterbeek en de Lommbroekerlossing zijn onderdeel van 'ZOMqhBOS.lit'. Hieronder wordt ingegaan hoe van bovenstaande twee modellen één model is gemaakt voor het Dijkversterkingsproject Arcen. Daarnaast wordt toegelicht hoe het model is gekalibreerd.

### 3.1 OPZET SCHEMATISATIE NETWERK 'ARCENREF.LIT'

Beide modellen betreffen stationaire modellen die middels reaches met laterale invoer de afvoer modelleren. Aangezien de invoeren beide volgens de zelfde systematiek zijn opgezet kunnen de modellen zonder aanpassingen aan invoer of rekenperiode met elkaar gecombineerd worden. In het NOMqhBOS model zijn alle watergangen op de Boerenhuizenlossing, Laaklossing en Rode Beek na verwijderd. Deze watergangen zijn niet verbonden aan de bovengenoemde beken, en maken geen onderdeel uit van dit project. Vervolgens is in het ZOMqhBOS model een soortgelijke actie uitgevoerd, maar dan met de Lingsforterbeek en de Lommerbroeklossing. Ook hiervoor geldt dat dit de enige twee voor dit project relevante beken zijn uit dit model. Omdat de verwijderde beken niet verbonden zijn met de Lommerbroeklossing of Lingsforterbeek, heeft dit ook geen gevolgen voor de schematisatie van deze twee beken.

Vervolgens is een nieuw model opgezet met de naam 'ArcenRef.lit'. Hierin is vervolgens een case aangemaakt waarin de geknipte delen van ZOMqhBOs en NOMqhBOs zijn gecombineerd. Deze eerste stap heeft geleid tot het schematisatienetwerk getoond in Afbeelding 14. In paragraaf 3.2 wordt toegelicht hoe en waarom als gevolg van de kalibratie de Lingsforterbeek in ArcenRef.lit verder is ingekort. Nota bene, in de schematisatie zijn RR-knopen zichtbaar ter representatie van het stedelijke systeem. Voor de modellering van de landelijke afvoer staan deze echter uitgeschakeld.



Afbeelding 14. Eerste opzet schematisatie netwerk 'ArcenRef.lit'.

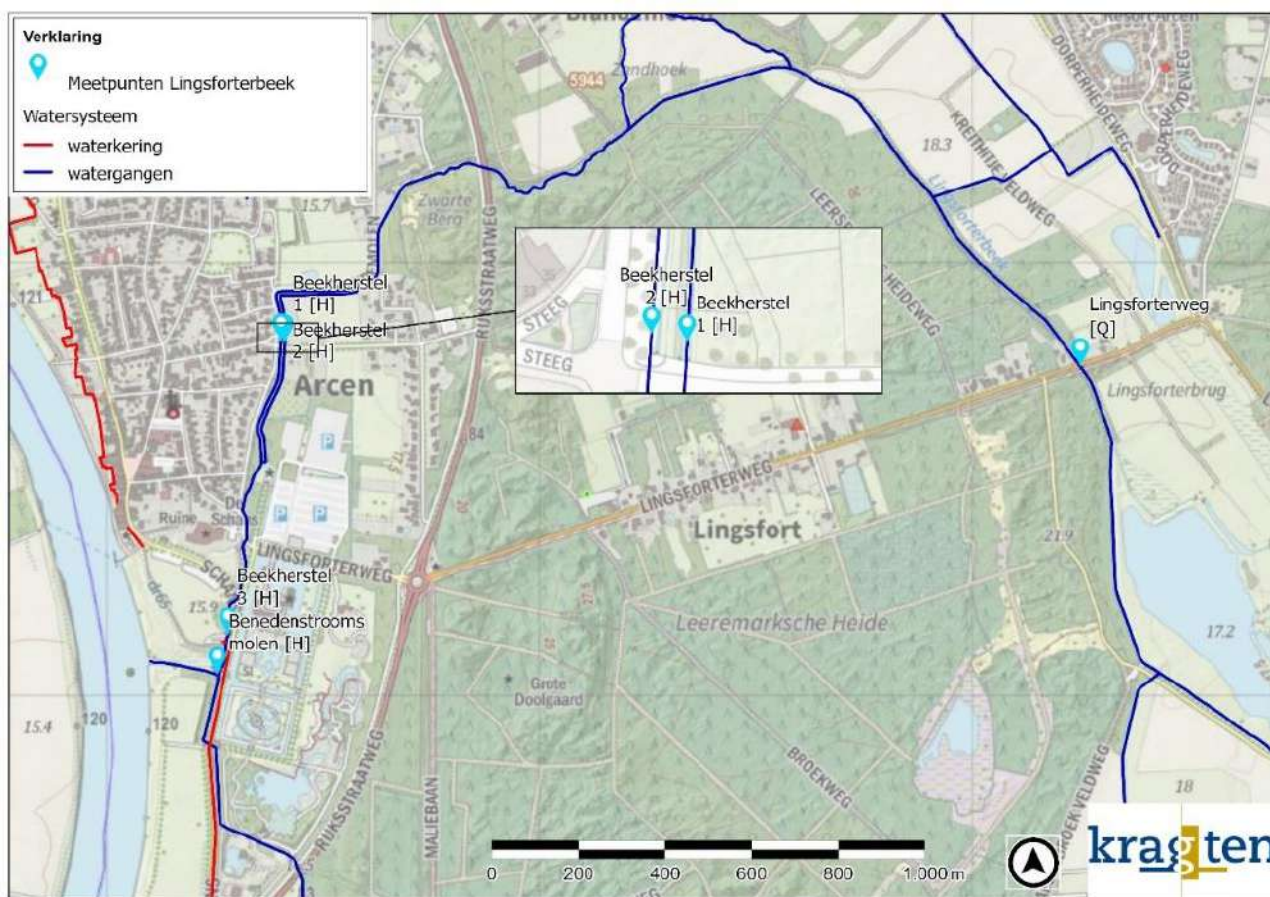


## 3.2 KALIBRATIE 'ARCENREF.LIT'

Meetgegevens vormen de basis voor de kalibratie. Voor dit project zijn alleen meetgegevens beschikbaar van de Lingsforterbeek. Van de overige watergangen zijn geen gegevens beschikbaar. Dit betekent dan ook dat voor dit project alleen de Lingsforterbeek wordt gekalibreerd. Voor de overige beken moet gebruik gemaakt worden van de al in het model aanwezig zijnde landelijke afvoeren. Deze zijn gebaseerd op de 'specifieke afvoerkaarten' van het waterschap, die op hun beurt mede gebaseerd zijn op het grondwatermodel. Er is dus enige mate aan onzekerheid aangaande deze afvoeren.

### 3.2.1 AFVOERMETINGEN EN BEREKENDE AFVOEREN

Langs de Lingsforterbeek is een afvoermeetpunt (Q) aanwezig en een viertal waterstandsmetpunten (H). In Afbeelding 15 is weergegeven waar deze meetpunten liggen.

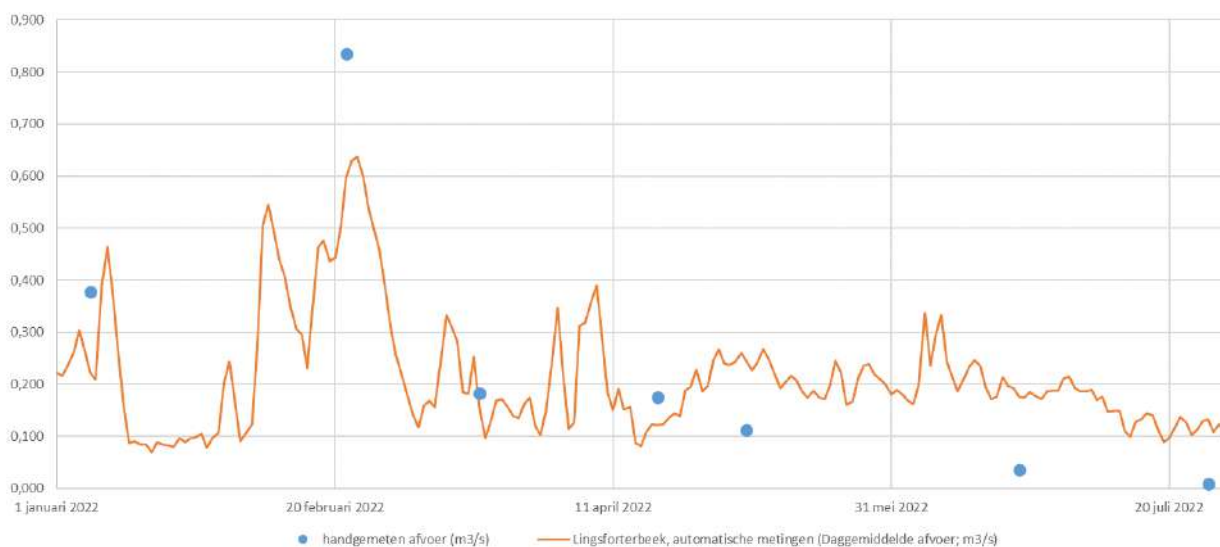


Afbeelding 15. Overzicht van het afvoermeetpunt (Q) en de vier oppervlaktewatermeetpunten (H).

In Afbeelding 17 is de grafiek met de afvoermeetgegevens van de Lingsforterbeek weergegeven (meetpunt Lingsforterweg). Wat opvalt is dat de beek een groot bereik aan afvoeren heeft, tussen de circa 10 liter per seconde tot pieken van 3000 liter per seconde. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat voor het afvoermeetpunt (niet de waterstandsmetpunten) de laatste jaren nogal wat afwijkingen worden geconstateerd met de controle afvoer

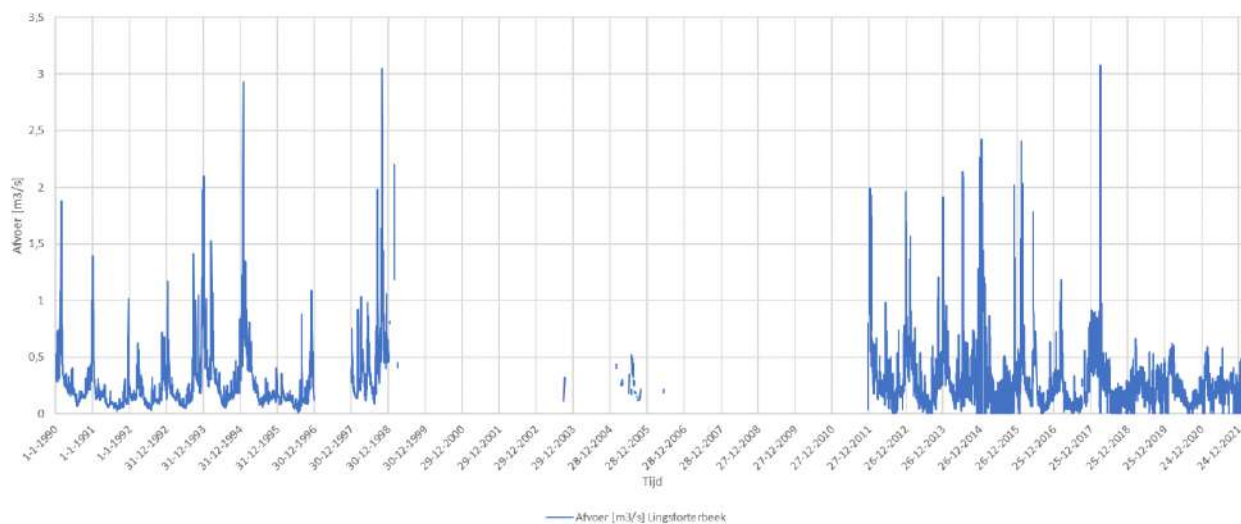


handmetingen. Dit is dan met name het geval in het lagere bereik van de afvoeren. In Afbeelding 16 is de daggemiddelde afvoer van 2022 getoond met daarop de handmetingen.

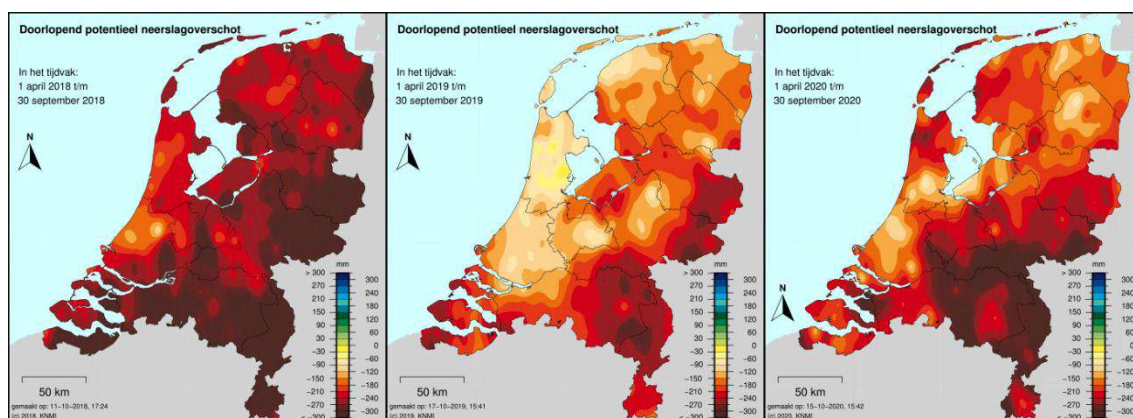


Afbeelding 16. Daggemiddelde afvoermetingen van 2022 met handmetingen erbij geprojecteerd.

De laatste jaren ('18 t/m '21) zijn geen grote piekafvoeren meer geregistreerd bij het meetpunt. Mogelijk dat dit samenhangt met de droogte van de zomers van '18, '19 en '20. In Afbeelding 18 is te zien dat met name in het zuiden en oosten (waaronder de omgeving van Arcen) van Nederland destijds werd gekenmerkt door een negatief neerslagoverschot.



Afbeelding 17. Beschikbare afvoer van meetpunt van de Lingsforterbeek ('90 t/m '22).



Afbeelding 18. Doorlopend potentieel neerslagoverschot voor de jaren '18, '19 en '20 (bron: KNMI).

Op basis van de duurlijnmethode (conform uitgangspuntennotitie Waterschap Limburg) zijn de representatieve afvoeren voor diverse perioden bepaald. De meetreeks van het afvoermeetpunt Lingsforterweg is hiervoor gehanteerd. Hiervoor is periode van '12 tot '22 gebruikt. Door deze recente periode te hanteren kan het actuele klimaat het beste benaderd worden. Door een lange reeks van tien jaar te hanteren worden mogelijke meetfouten er (beperkt) uit gemiddeld. In Tabel 1 zijn de resultaten hiervan weergegeven.

Tabel 1. Afvoersituaties o.b.v. duurlijn methode – meetreeks periode '12 – '22.

AFVOERSITUATIE	OVERSCHRIJDING	PERCENTIEL	%MA	AFVOER IN M <sup>3</sup> /S
BASISAFVOER	330 dagen per jaar	9,6	5	0,07
ZOMERAFVOER	200 dagen per jaar	45,2	20	0,19
VOORJAARSAFVOER	100 dagen per jaar	72,6	30	0,32
WINTERAFVOER	15 dagen per jaar	94,5	50	0,72
MAATGEVENDE AFVOER	1 dag per jaar	99,7	100	1,83

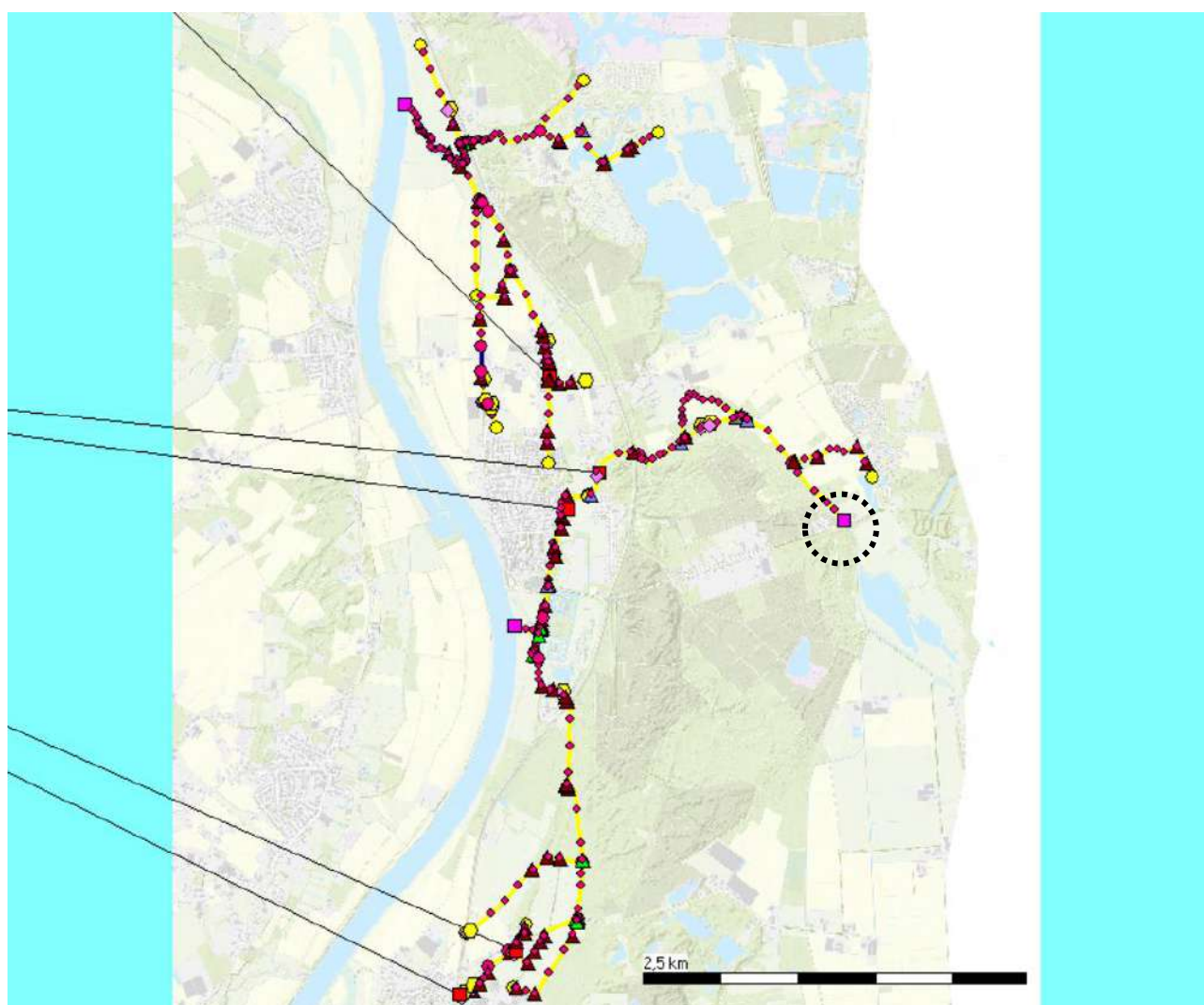
De resultaten bevestigen het beeld van een beek die een groot bereik heeft in afvoeren. De maatgevende afvoer is effectief 26 keer de basisafvoer. Op basis van bovenstaande gegevens is een vergelijking gemaakt met de al in het model aanwezige afvoeren, zie Tabel 2. Hierin is te zien dat tot en met de winterafvoer het model de afvoeren overschat. De maatgevende afvoer daarentegen wordt onderschat. In paragraaf 3.2.2 wordt ingegaan op hoe dit verschil is gecorrigeerd.

Tabel 2. Afvoersituaties o.b.v. duurlijn methode – meetreeks periode '12 – '22 versus ArcenRef

AFVOERSITUATIE	%MA	GEMETEN [M <sup>3</sup> /S]	ARCENREF [M <sup>3</sup> /S]	VERSCHIL [M <sup>3</sup> /S]
BASISAFVOER	5	0,07	0,09	-0,02
ZOMERAFVOER	20	0,19	0,33	-0,14
VOORJAARSAFVOER	30	0,32	0,50	-0,18
WINTERAFVOER	50	0,72	0,84	-0,12
MAATGEVENDE AFVOER	100	1,83	1,70	0,13

### 3.2.2 KALIBRATIE VAN AFVOEREN LINGSFORTERBEEK

Het aangeleverde model schat de afvoeren van de Lingsforterbeek niet helemaal correct in. Om het model te corrigeren is deze daarom gekalibreerd. Om de kalibratie niet te ingewikkeld te maken is ervoor gekozen om het model te knippen bij de Lingsforterweg (zie Afbeelding 19). Vervolgens zijn de afvoeren die bepaald zijn op basis van meetgegevens op de beek gezet middels een 'boundary node'. De locatie van de knip is te verantwoorden omdat deze zich voldoende ver (bovenstrooms) van het onderzoeksgebied bevindt. In dit project is namelijk het deel van de Lingsforterbeek benedenstrooms van de Rijksstraatweg relevant. Kleine wijzigingen bovenstrooms van de Rijksstraatweg als gevolg van de knip beïnvloeden het onderzoeksgebied daarmee niet. Door het model te knippen ter plaatse van het afvoermeetpunt, kunnen de gemeten afvoeren 1 op 1 op de 'boundary node' gezet worden. Het bovenstroomse deel (effectief het weggegooid deel) hoeft daarmee niet gekalibreerd te worden. Boven de maatgevende afvoer zijn de afvoeren uit het model gehanteerd. In paragraaf 3.3 worden de resultaten van de kalibratie getoond.



Afbeelding 19. Modelschematisatie ArcenRef.lit. Zwart gestreepte cirkel weergeeft de knip.

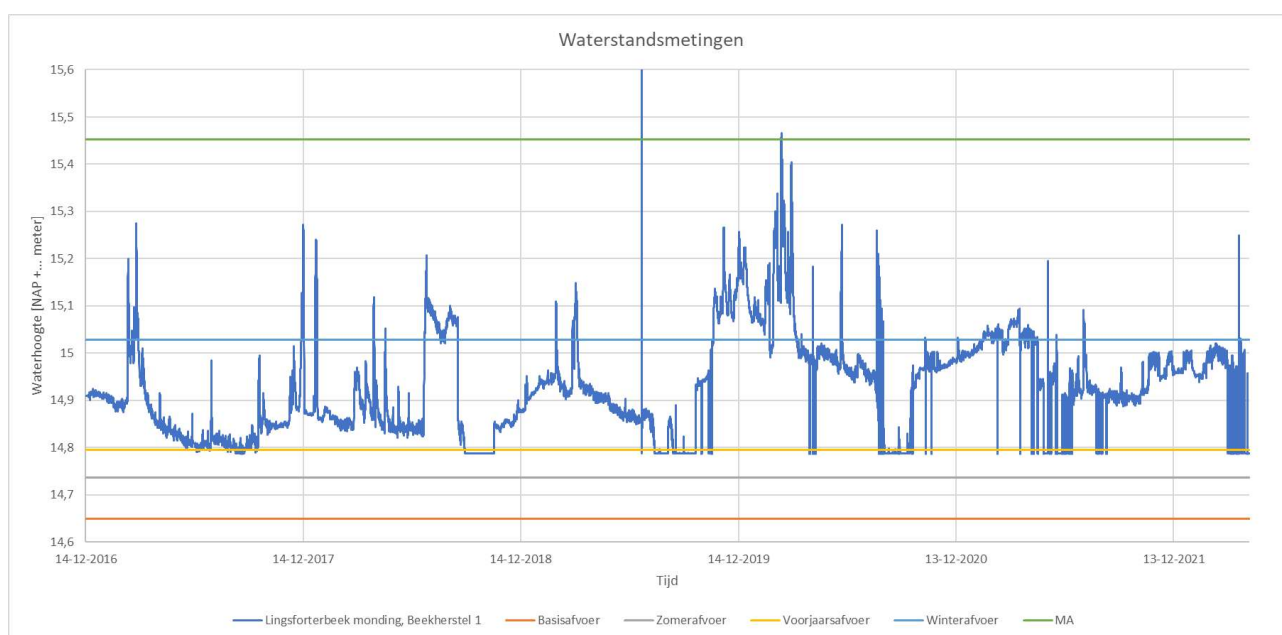
### 3.3 VALIDATIE (LINGSFORTERBEEK)

Voor de validatie van het model worden de vier waterstandsmetpunten gehanteerd. Hierbij worden stationaire rekenresultaten visueel vergeleken met metingen van een dynamisch watersysteem. Er blijft hierdoor enige sprake van subjectiviteit in de beoordeling. Daarnaast moet bij de validatie ook in het achterhoofd gehouden worden dat de waterstanden niet alleen bepaald worden door de (gekalibreerde) afvoer. Wanneer de dwarsprofielen of de weerstand (ruwheid) in de praktijk verschillen van het model, zal dit ook invloed hebben op de waterstand.

Qua weerstand wordt uitgegaan van de zomerweerstand ( $k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ) voor de basisafvoer en de zomerafvoer. Voor de winter-, voorjaars- en maatgevende afvoer wordt uitgegaan van de winterweerstand ( $k_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ). Zie paragraaf 3.5 voor een verdere toelichting hierop.

#### VALIDATIE BEEKHERSTEL 1

Beekherstel 1 in de Parallelsloot Lingsforterbeek, zie Afbeelding 15. In Afbeelding 20 zijn de waterstandsmetingen op deze locatie getoond, tezamen met de berekende waterstanden uit het model voor de diverse afvoersituaties. De berekende waterstanden benaderen de gemeten matig. De waterstanden worden te laag ingeschat en de spreiding is te groot. Echter, betreft hier wel een relatief korte parallelsloot die niet bijzonder relevant is voor het onderzoek.

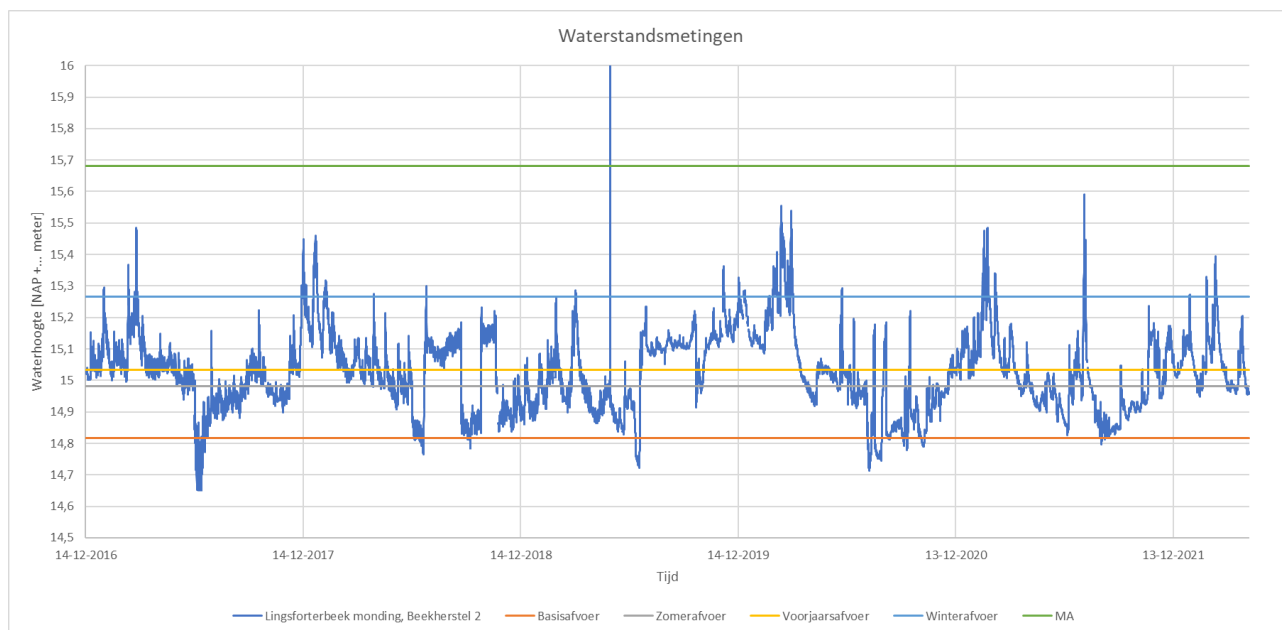


Afbeelding 20. Gemeten waterstanden versus berekende waterstanden voor meetpunt Beekherstel 1.

#### VALIDATIE BEEKHERSTEL 2

Beekherstel 2 ligt naast het meetpunt Beekherstel 1, echter is nummer 2 gelegen in de Lingsforterbeek zelf, zie Afbeelding 15. De gemeten en gemodelleerde waterstanden zien er beduidend beter uit dan bij Beekherstel 1. De spreiding van de berekende afvoeren benaderen de gemeten veel beter. Beekherstel 2 is voor het onderzoek een relevanter meetpunt dan Beekherstel 1, aangezien het de hoofdloop betreft.

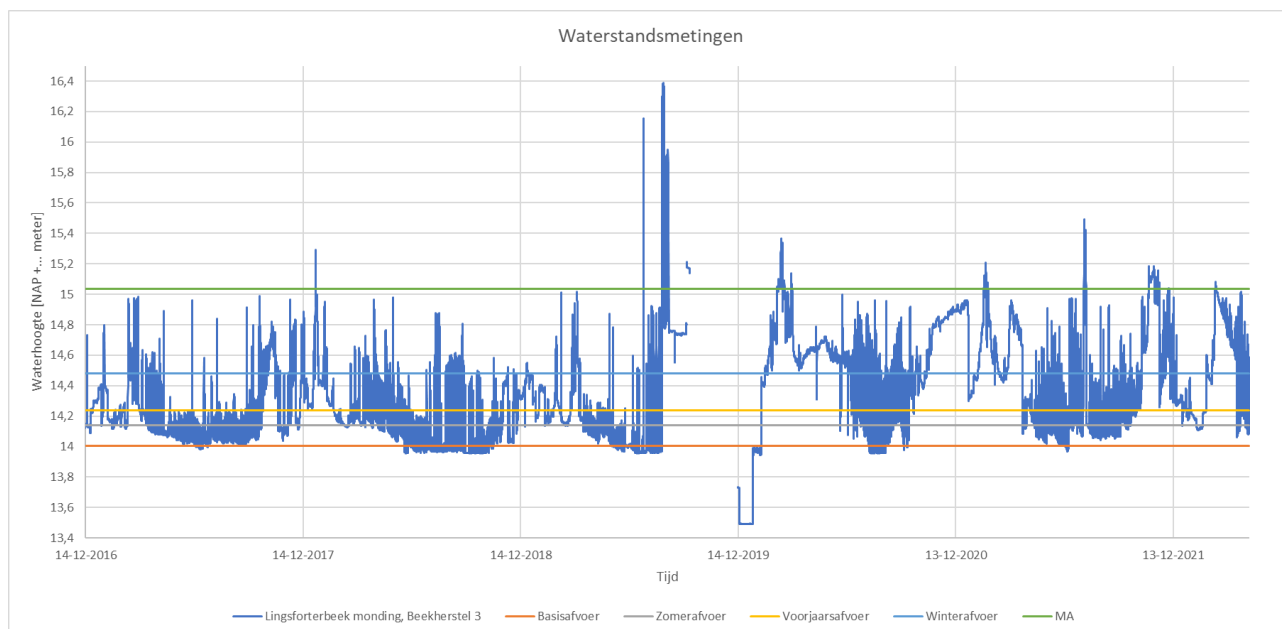




Afbeelding 21. Gemeten waterstanden versus berekende waterstanden voor meetpunt Beekherstel 2.

### VALIDATIE BEEKHERSTEL 3

Beekherstel 3 ligt bovenstrooms van de watermolen (zie ook Afbeelding 15). In Afbeelding 22 zijn de berekende en gemeten waterstanden over elkaar gelegd. De berekeningen lijken hier de praktijk goed te benaderen. Voor het ontwerptraject is dit een belangrijke locatie, aangezien nabij dit meetpunt een ontwerpogave ligt wat betreft het beekstelsysteem (KRW-maatregel vistrap).



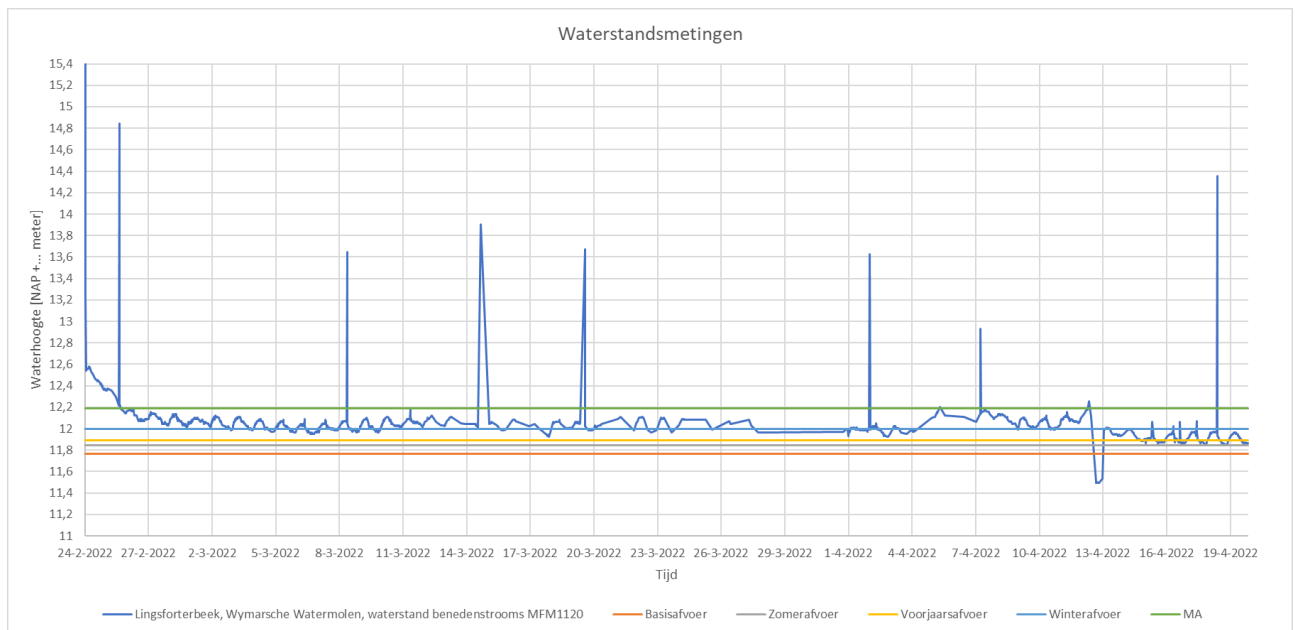
Afbeelding 22. Gemeten waterstanden versus berekende waterstanden voor meetpunt Beekherstel 3.

### VALIDATIE BENEDENSTROOMSE WATERMOLEN

De resultaten benedenstrooms van de watermolen zijn weergegeven in Afbeelding 23. Het is een korte meetreeks van twee maanden. De fluctuatie is nogal beperkt. Wat je vooral goed aan de meetreeks ziet is dat de waterstanden van de Lingsforterbeek bij de monding vooral bepaald worden door de Maas. De kleine fluctuatie van circa 0,1 m is het gevolg

van het stuwbeheer op de Maas. Het Maaswaterstandsmeetpunt bovenstrooms van stuw Sambeek laat een soortgelijke fluctuatie zien.

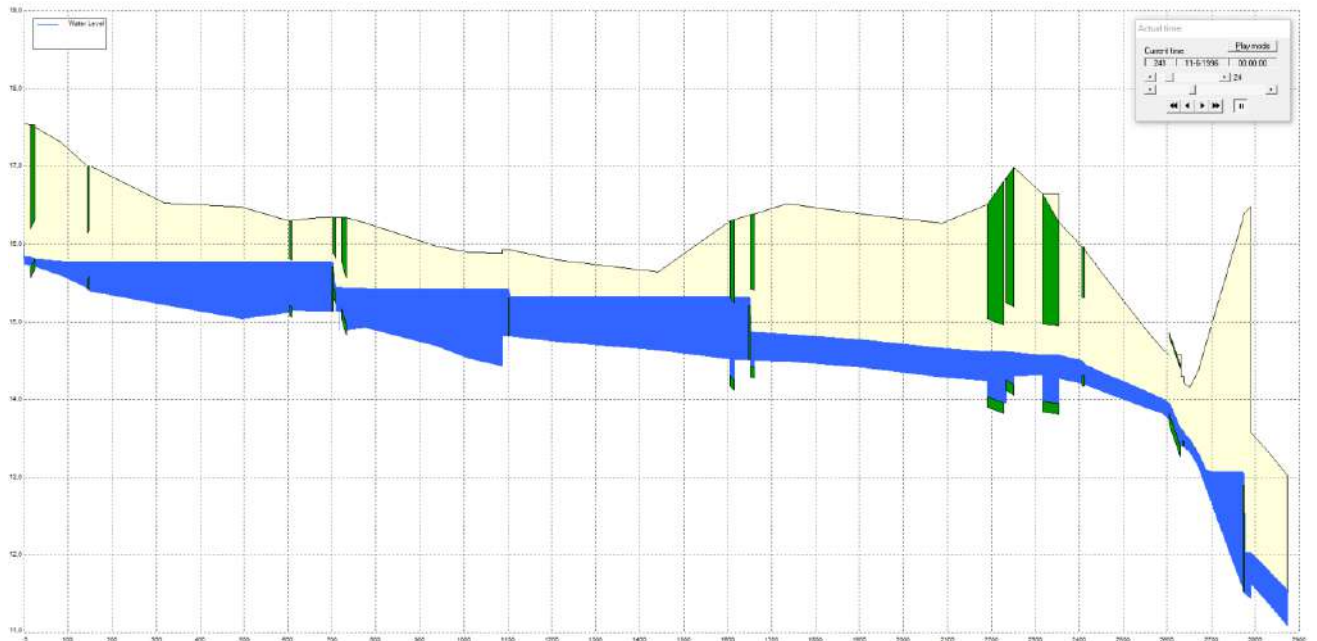
De berekende waterstanden benaderen de gemeten in grote lijnen. In SOBEEK wordt geen rekening gehouden met het wat fluctuerende Maaspeil. Mede daarom zal de berekende situatie hier niet heel nauwkeurig zijn.



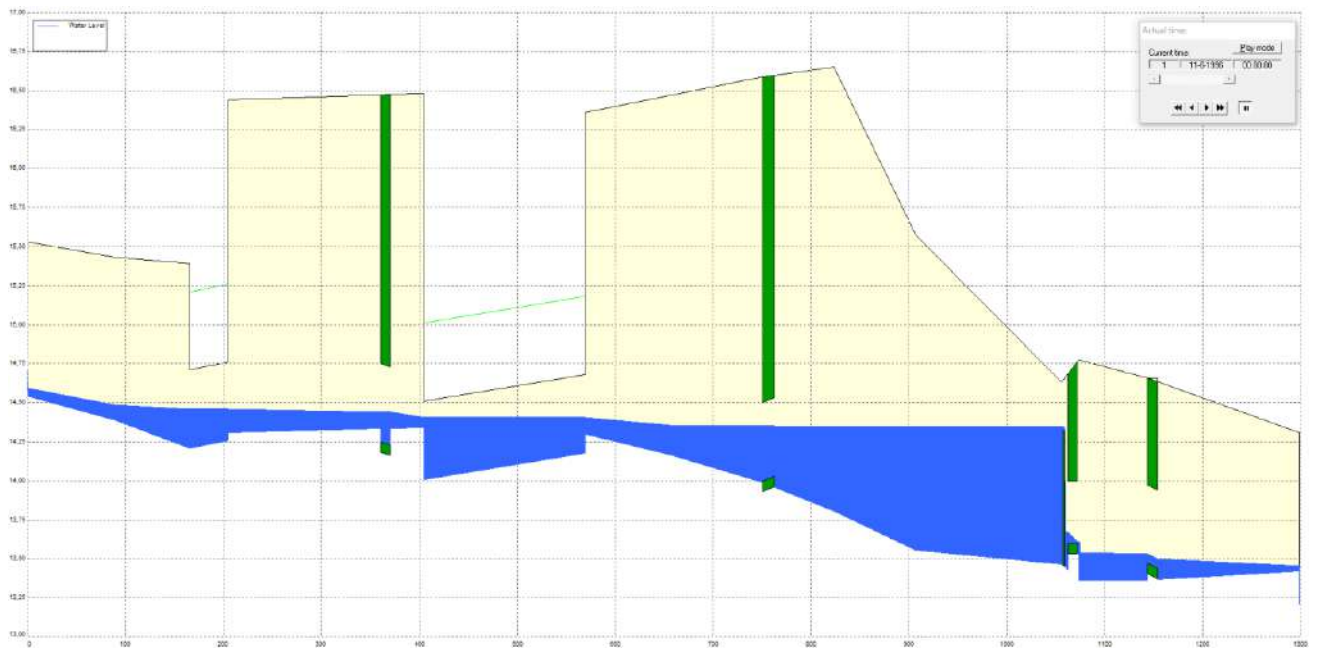
Afbeelding 23. Gemeten waterstanden versus berekende waterstanden voor meetpunt Benedenstrooms watermolen.

### 3.4 VALIDATIE OVERIGE BEKEN

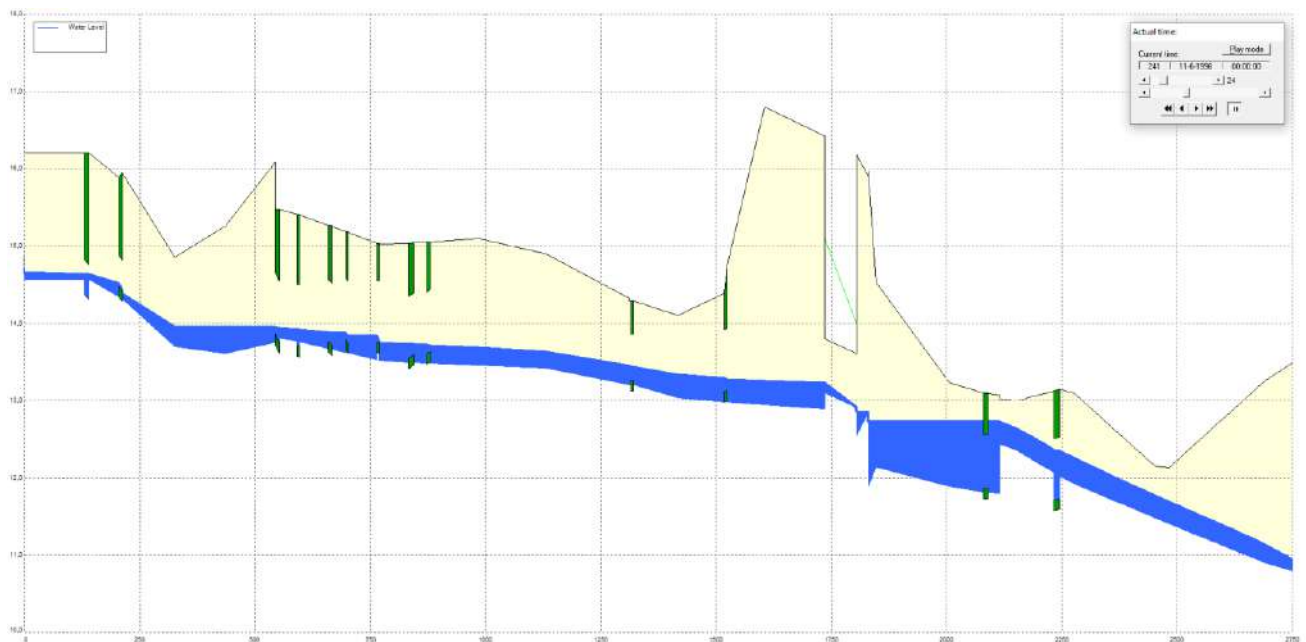
Voor de Lingsforterbeek heeft de validatie plaats kunnen vinden aan de hand van waterstandsmetingen in de beek. Voor de Lommerbroeklossing, Boerenhuizenlossing en de Laaklossing kan de validatie niet op deze wijze uitgevoerd worden. Hier ontbreken immers waterstandsmetingen. Validatie voor deze locaties is dan ook op visuele controle gedaan. Uitgangspunt hierbij is dat winter- en zomerwaterstanden kloppen. Beken zijn namelijk in het verleden dusdanig ontworpen (door organisaties als “Dienst Landelijk Gebied”) dat deze de reguliere afvoeren ruimschoots af moeten kunnen voeren met voldoende ruimte tussen (winter)waterstand en maaiveld. De winterwaterstanden van de betreffende beken getoond in onderstaande afbeeldingen (Afbeelding 24, Afbeelding 25 en Afbeelding 26) bevestigen dit beeld.



Afbeelding 24. Winterwaterstanden volgens ArcenREF.lit in de Lommerbroeklossing van bron (links) tot monding (rechts).



Afbeelding 25. Winterwaterstanden volgens ArcenREF.lit in de Laaklossing van bron (links) tot monding in de Boerenhuizenlossing (rechts).



Afbeelding 26. Winterwaterstanden volgens ArcenREF.lit in de Boerenhuizenlossing van bron (links) tot monding (rechts).

### 3.5 TE HANTEREN WEERSTANDEN

Volgens de uitgangspunten van Waterschap Limburg moet voor een genormaliseerde waterloop voor de zomersituatie een weerstand van  $k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  gehanteerd worden en voor de winter een weerstand van  $k_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Voor het project wordt zowel Lingsforterbeek, Lommerbroeklossing, Boerenhuizenlossing en Laaklossing geclassificeerd als een genormaliseerde waterloop.



## 4 OPPERVLAKTEWATERYSYSTEM- KENMERKEN

In de dit hoofdstuk wordt per beektraject een aantal belangrijke oppervlaktewatersysteemkenmerken besproken.

### 4.1 LINGSFORTERBEEK

De afvoeren ter plaatse afvoermeetpunt Lingsforterweg:

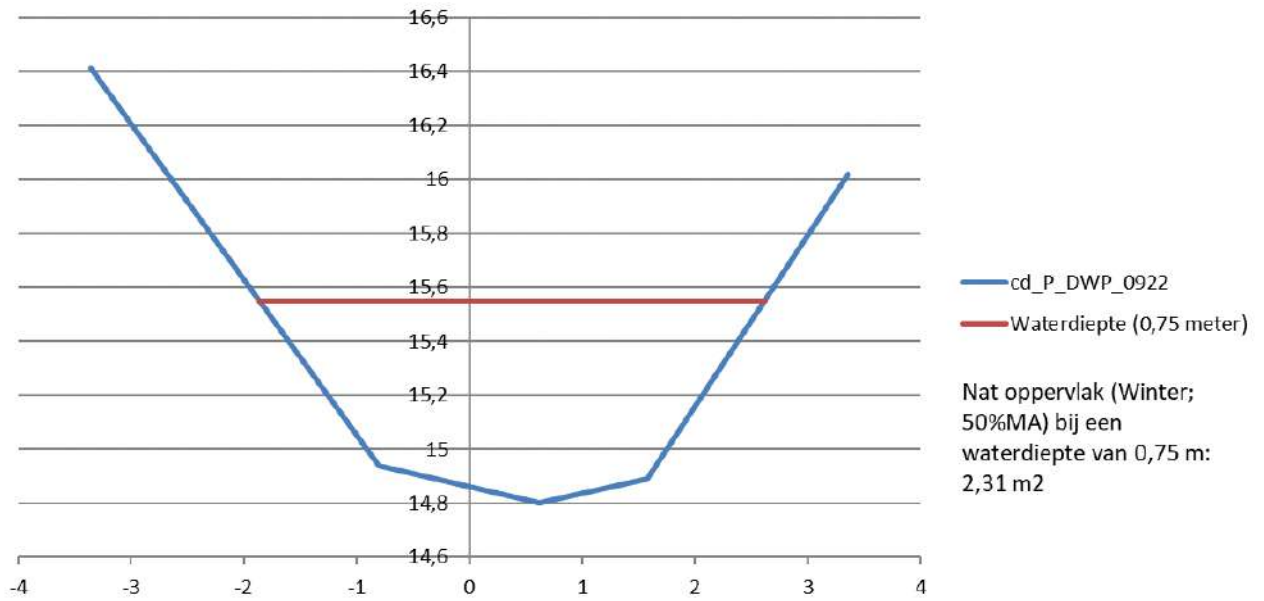
- Basisafvoer: 0,07 m<sup>3</sup>/s;
- Zomerafvoer: 0,19 m<sup>3</sup>/s;
- Voorjaarsafvoer: 0,32 m<sup>3</sup>/s;
- Winterafvoer: 0,72 m<sup>3</sup>/s;
- Maatgevende afvoer: 1,83 m<sup>3</sup>/s;
- T=25 (stationair: 200% MA): 2,71 m<sup>3</sup>/s;
- T=100 (stationair: 250% MA): 2,96 m<sup>3</sup>/s.

Belangrijk om te vermelden is dat in (zeer) droge jaren de beek kan droogvallen. Dit is bij de recente droogtes gebeurd. Tijdens een veldbezoek (09-08-2022) is geconstateerd dat er nagenoeg geen water door de beek stroomde ter hoogte van de watermolen. Bovenstrooms werd het water opgestuwd (ten behoeve van de Kasteeltuinen), maar daar was geen sprake van overstortend water (zie ook Afbeelding 7).

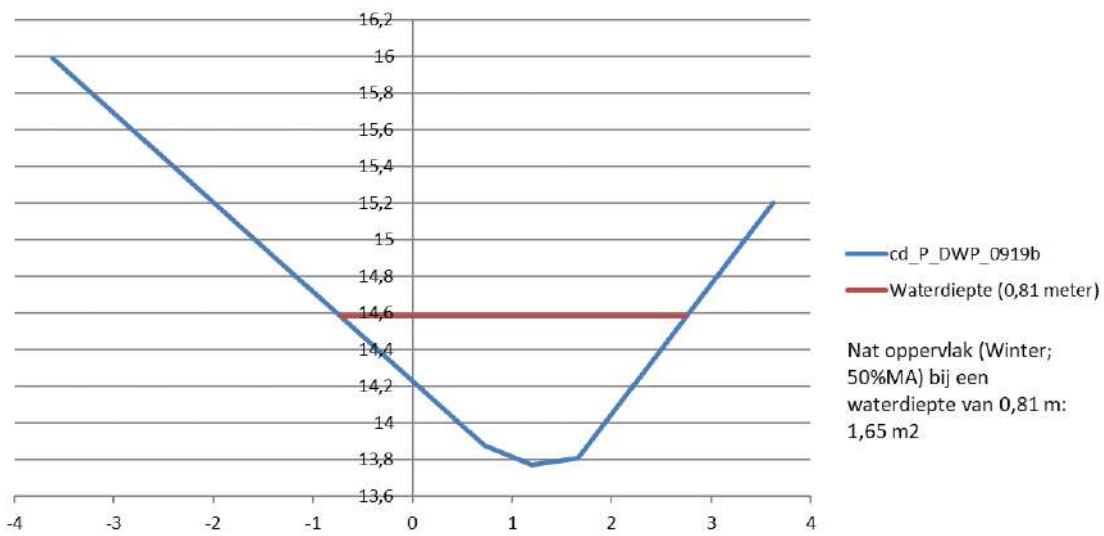
De afvoeren ter plaatse van voorziene kruising met de nieuwe waterkering (monding beek, na samenvloeiing van Lingsforterbeek en Lommerbroeklossing):

- Basisafvoer: 0,08 m<sup>3</sup>/s;
- Zomerafvoer: 0,24 m<sup>3</sup>/s;
- Voorjaarsafvoer: 0,39 m<sup>3</sup>/s;
- Winterafvoer: 0,83 m<sup>3</sup>/s;
- Maatgevende afvoer: 2,05 m<sup>3</sup>/s;
- T=25 (stationair: 200% MA): 3,06 m<sup>3</sup>/s;
- T=100 (stationair: 250% MA): 3,35 m<sup>3</sup>/s.

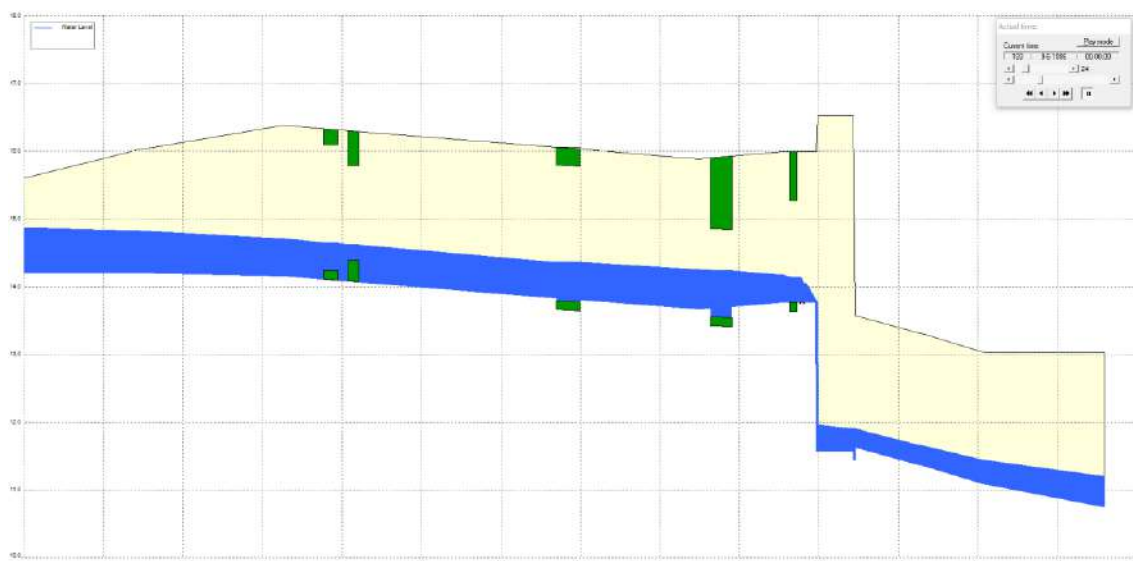
Ter hoogte van het samenvloeien (meetpunt 'Benedenstrooms Watermolen', zie Afbeelding 23) is invloed van de gestuwde Maas zichtbaar. De metingen laten namelijk de gebruikelijke fluctuaties zien die ontstaan in het stuwpand van de Maas als gevolg van het sturen van de stuwen op een waterstand. Stuw Sambeek stuurt op de waterstand bij Well. Doordat het even duurt tot de waterstandseffecten van de aanpassingen doorwerken tot bij Well (12 kilometer bovenstrooms van de stuw), wordt de stuw ieders keer "te laat" aangepast, waardoor het begint te fluctueren. In Afbeelding 30 is te zien dat de fluctuaties en het verloop van het Maasmeetpunt 'Well Dorp' terug te zien zijn in het meetpunt benedenstrooms van de watermolen in de Lingsforterbeek. Het meetpunt 'Well Dorp' ligt zo'n 12 kilometer benedenstrooms van de monding van de Lingsforterbeek. Bij een mediane afvoer is het Maaswaterpeil bij de monding in de Maas ongeveer 6 cm hoger dan bij Well Dorp.



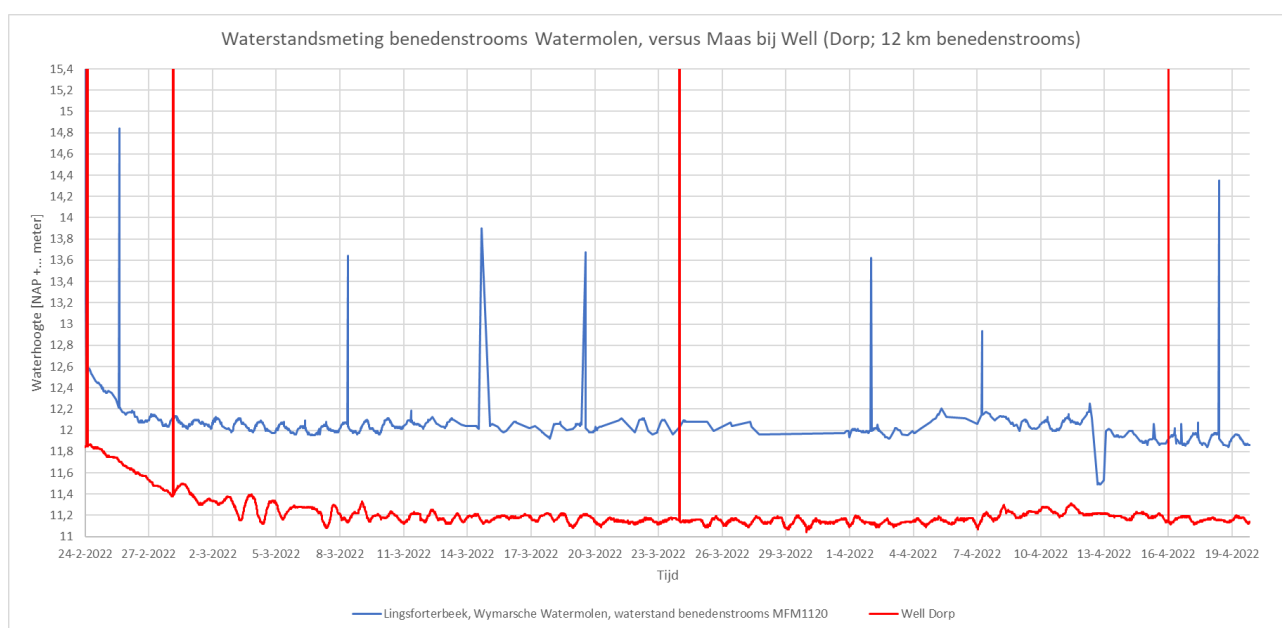
Afbeelding 27. Dwarsprofiel van de Lingsforterbeek (benedenstrooms van Rijksstraatweg). Bron: ArcenRef.lit; SOBEK.



Afbeelding 28. Dwarsprofiel van de Lingsforterbeek (t.h.v. kasteeltuinen / bovenstrooms van watermolen). Bron: ArcenRef.lit; SOBEK.



Afbeelding 29. Lengteprofiel Lingsforterbeek van bovenstrooms samenvloeiing Parallelsloot Lingsforterbeek tot en met monding Maas (zomerwaterstanden).

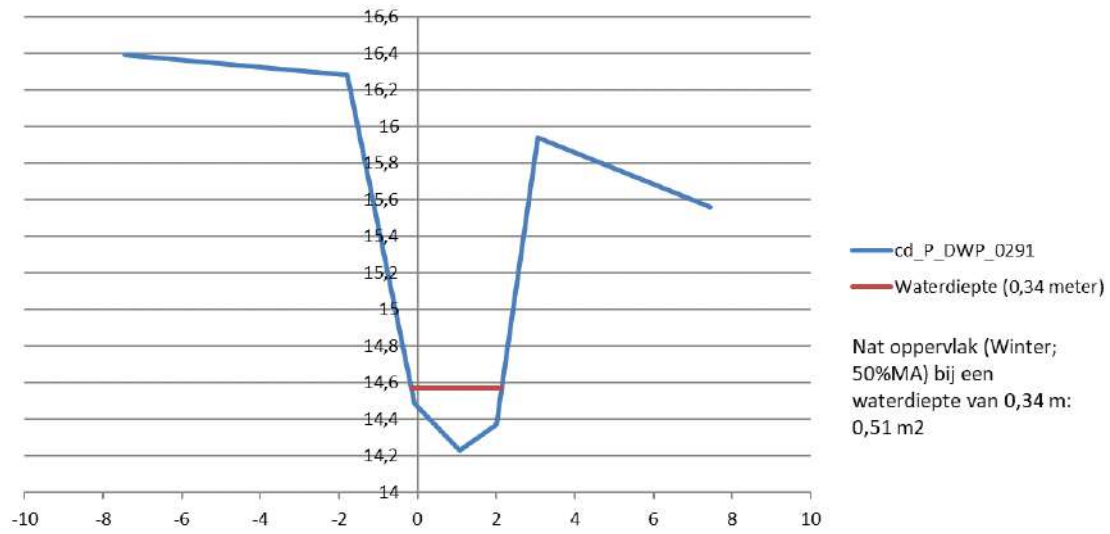


Afbeelding 30. Waterstandsmetingen benedenstrooms van de Watermolen, versus het maaspeil bij Well Dorp (rood).

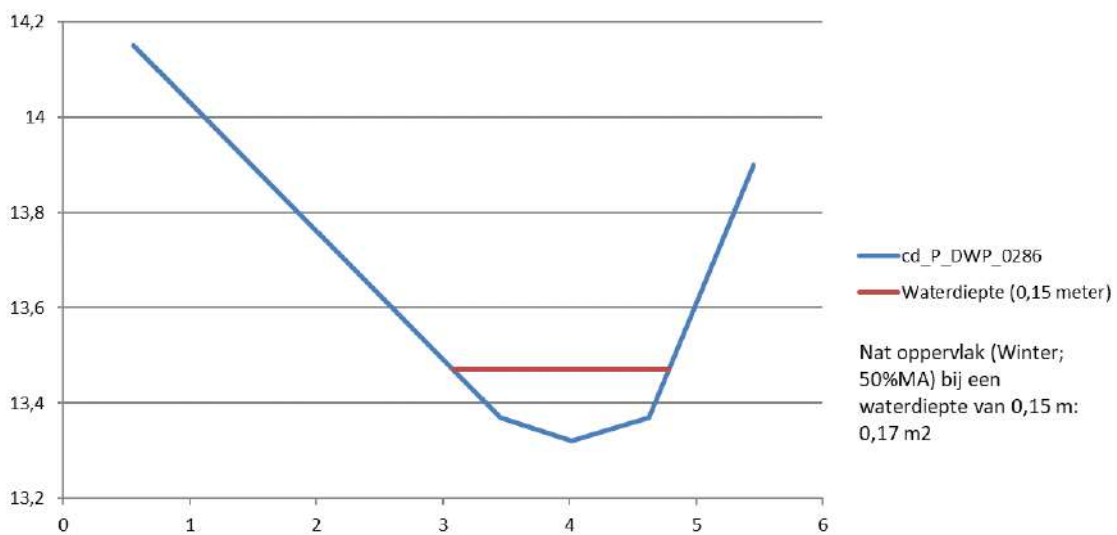
## 4.2 LOMMERBROEKLOSSING

De afvoeren (ter hoogte van de kasteeltuinen):

- Basisafvoer: 0,011 m<sup>3</sup>/s;
- Zomerafvoer: 0,032 m<sup>3</sup>/s;
- Voorjaarsafvoer: 0,045 m<sup>3</sup>/s;
- Winterafvoer: 0,074 m<sup>3</sup>/s;
- Maatgevende afvoer: 0,14 m<sup>3</sup>/s;
- T=25 (stationair: 200% MA): 0,22 m<sup>3</sup>/s;
- T=100 (stationair: 250% MA): 0,24 m<sup>3</sup>/s.

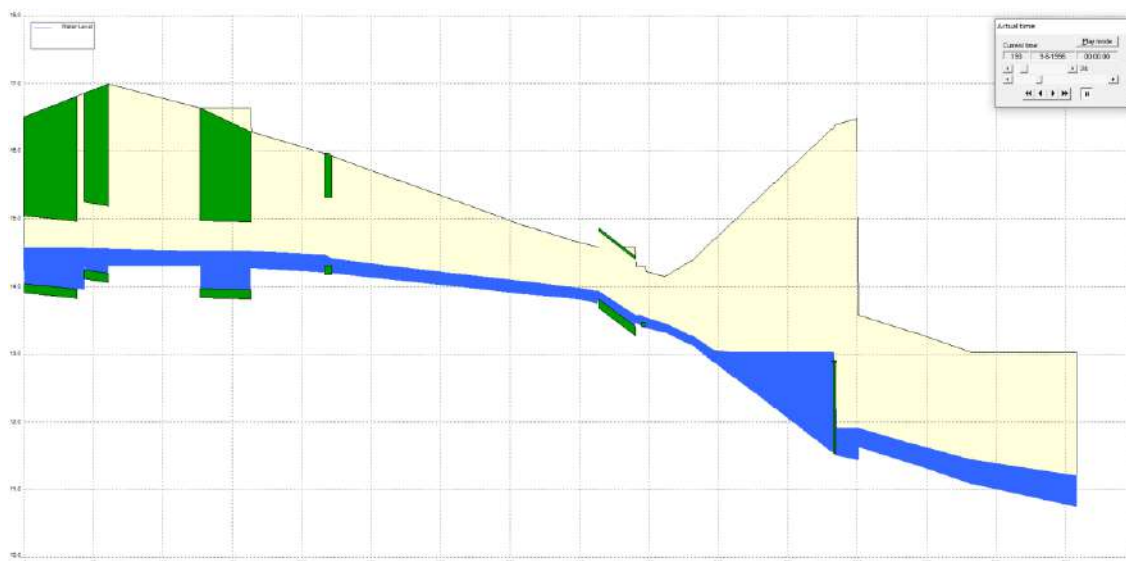


Afbeelding 31. Dwarsprofiel van de Lommerbroekklossing, net bovenstrooms van de Rijksweg. Bron: ArcenRef.lit; SOBEK.



Afbeelding 32. Dwarsprofiel van de Lommerbroekklossing, net bovenstrooms van de Schans. Bron: ArcenRef.lit; SOBEK.





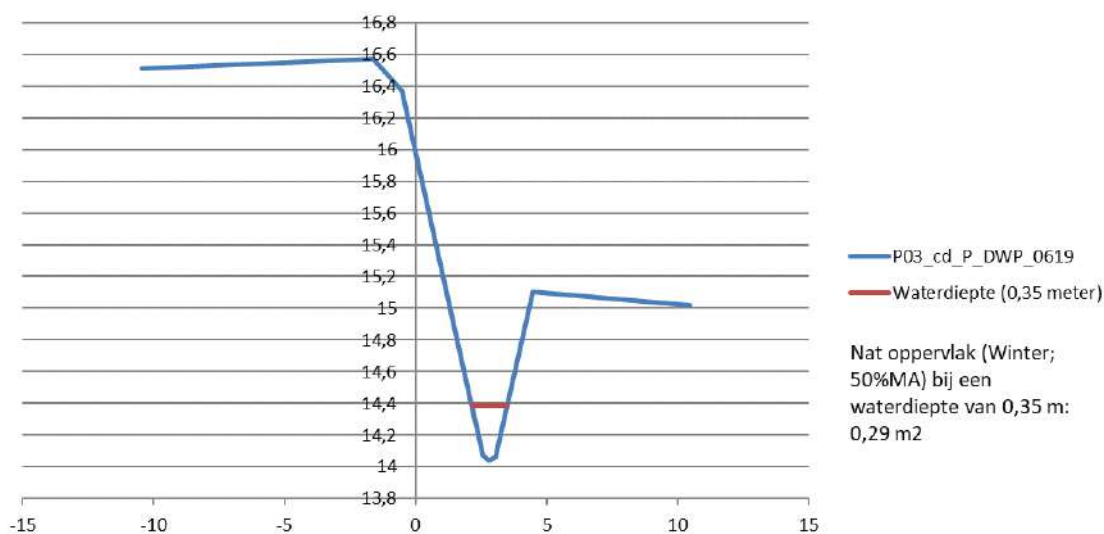
Afbeelding 33. Lengteprofiel Lommerbroeklossing van bovenstrooms Rijksweg tot en met monding Maas (zomerwaterstanden).  
Nota bene, de stuw ter hoogte van 580 meter representeert een bodemval.

### 4.3 LAAKLOSSING

De afvoeren (vlak voor monding in de Boerenhuizenlossing):

- Basisafvoer: 0,001 m<sup>3</sup>/s;
- Zomerafvoer: 0,003 m<sup>3</sup>/s;
- Voorjaarsafvoer: 0,004 m<sup>3</sup>/s;
- Winterafvoer: 0,005 m<sup>3</sup>/s;
- Maatgevende afvoer: 0,008 m<sup>3</sup>/s;
- T=25 (stationair: 200% MA): 0,013 m<sup>3</sup>/s;
- T=100 (stationair: 250% MA): 0,016 m<sup>3</sup>/s.

Zie Afbeelding 4 voor foto's van deze lossing.

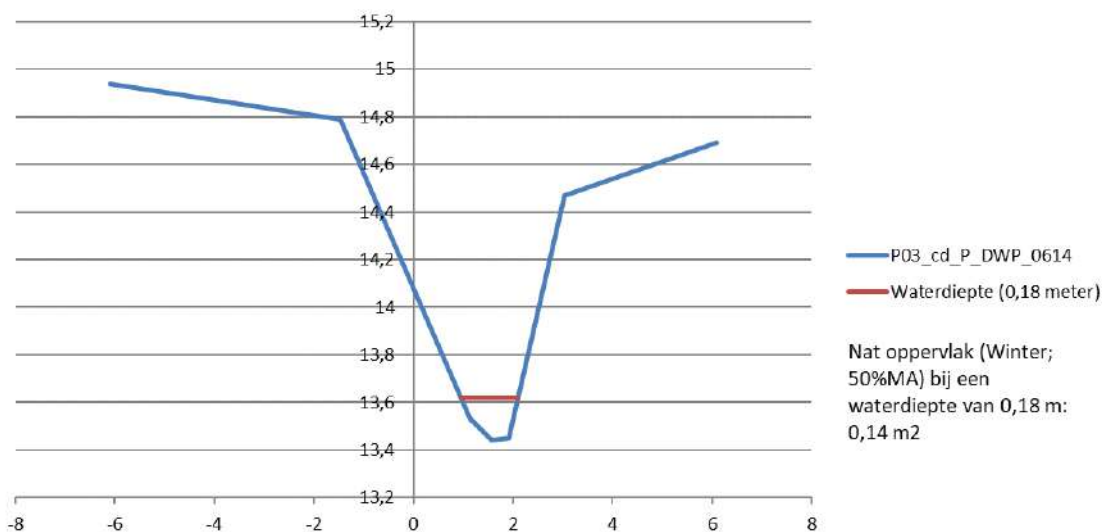


Afbeelding 34. Dwarsprofiel van de Laaklossing ter hoogte van de Hertog Jan Brouwerij. Bron: ArcenRef.lit; SOBEK.

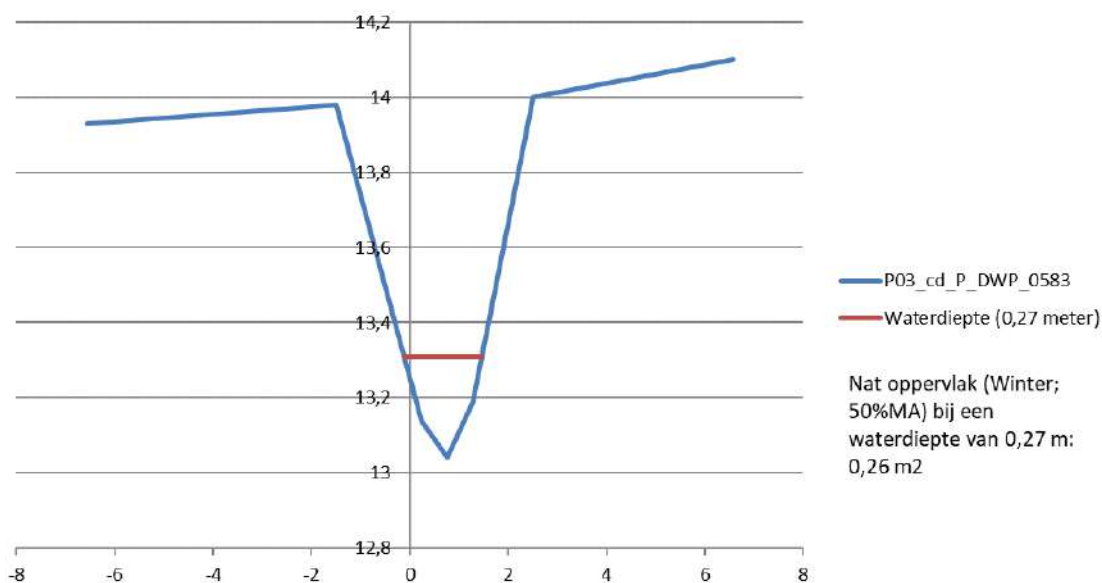
## 4.4 BOERENHUIZENLOSSING

De afvoeren (ter plaatse van voorziene kruising waterkering – dus inclusief Laaklossing):

- Basisafvoer: 0,005 m<sup>3</sup>/s;
- Zomerafvoer: 0,014 m<sup>3</sup>/s;
- Voorjaarsafvoer: 0,02 m<sup>3</sup>/s;
- Winterafvoer: 0,03 m<sup>3</sup>/s;
- Maatgevende afvoer: 0,06 m<sup>3</sup>/s
- T=25 (stationair: 200% MA): 0,11 m<sup>3</sup>/s;
- T=100 (stationair: 250% MA): 0,14 m<sup>3</sup>/s.



Afbeelding 35. Dwarsprofiel van de Boerenhuizenlossing ter hoogte van geplande kruising met de nieuwe waterkering. Bron: ArcenRef.lit; SOBEK.



Afbeelding 36. Dwarsprofiel van de Boerenhuizenlossing ter hoogte van het voorziene KRW-welgebied. Bron: ArcenRef.lit; SOBEK.



## OVERZICHT BIJLAGE(N)

### Bijlage A

- Landgebruikkaart (LGN2020)

### Bijlage B

- Factsheet WL Lingsforterbeek

### Bijlage C

- Vispassage



# BIJLAGE

## A LANDGEBRUIK- KAART (LGN2020)

## Legend

### Landbouw

- Agrarisch gras
- Maïs
- Aardappelen
- Bieten
- Granen
- Overige landbouwgewassen
- Glastuinbouw
- Boomgaarden
- Bloembollen
- Boomwekerijen
- Fruitwekerijen
- Bebouwing in buitengebied
- Overig grondgebruik in buitengebied

### Bebouwing

- Bebouwing in primair bebouwd gebied
- Bebouwing in secundair bebouwd gebied
- Kale grond in bebouwd gebied

- Gras in primair bebouwd gebied
- Gras in secundair bebouwd gebied
- Bos in primair bebouwd gebied
- Bos in secundair bebouwd gebied

### Infrastructuur

- Hoofdwegen en spoorwegen

### Water

- Zoet water
- Zout water

### Bos

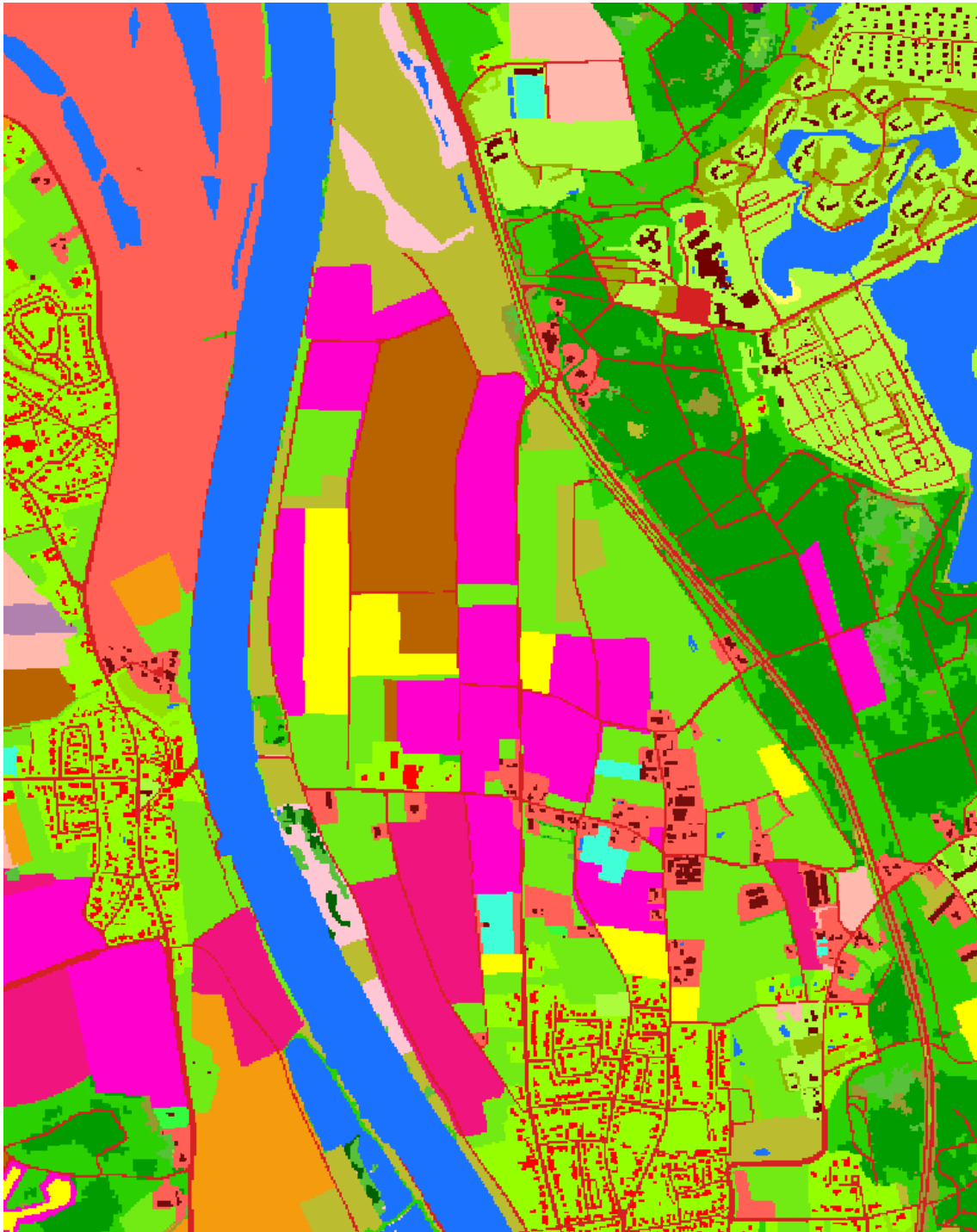
- Loofbos
- Naaldbos

### Natuur

- Kwelders
- Open zand in kustgebied
- Duinen met een lage vegetatie
- Duinen met een hoge vegetatie
- Duinheide

- Gras in kustgebied
- Heide
- Matig vergraste heide
- Sterk vergraste heide
- Hoogveen
- Struikvegetatie in hoogveengebied (laag)
- Struikvegetatie in hoogveengebied (hoog)
- Bos in hoogveengebied
- Overige moeras vegetatie
- Rietvegetatie
- Struikvegetatie in moerasgebied (laag)
- Struikvegetatie in moerasgebied (hoog)
- Bos in moerasgebied
- Open stuifzand en/of rivierzand
- Natuurgraslanden
- Overig gras
- Overige struikvegetatie (laag)
- Overige struikvegetatie (hoog)

Afbeelding 37. Legenda van de LGN2020.



Afbeelding 38. LGN2020 van gebied noord.



Afbeelding 39. LGN2020 van gebied zuid.



# BIJLAGE

**B**

FACTSHEET WL  
LINGSFORTER-  
BEEK

## Lingsforterbeek

(belangrijke zijbeken: Vreewater, Lommerbroeklossing)

**Ligging:** tussen Arcen en de grens met Duitsland

**Herkomst:** Afvoer uit Duitsland, lokaal en regionaal grondwater, aantal kassen.

**Monding:** Lingsforterbeek bij Arcen (benedenstrooms Wymarsche molen)

	Stroomgebied tot opp / NI opp (ha)	Lengte (km)	Verhang (m/km)
Lingsforterbeek	2592	5,7	0,77

**Beschrijving: Waterloop/Bodem/Geologie/grondgebruik** (denk waar nodig ook aan buitenlands stroomgebied)

De Lingsforterbeek ontspringt in Nederland ter hoogte van de Rijnbeek om vervolgens als Leitgraben bij Lingsfort de grens over te gaan. Net na de grens stroomt de lossing Vreewater de Lingsforterbeek in. Hier bevindt zich ook een WML-pompstation waarvan de onderafdichting van een ontijzeringsbassin gevoelig is voor opdrijving.

De beek stroomt vanaf de instroom Vreewater door een natuurgebied. De beek is hier diep ingesneden. Om te voorkomen dat de waterpeilen ter hoogte van het WML-pompstation, de Duitse grens en een resterend landbouwperceel te hoog worden is bij de Zandhoekseweg een hoogwaterdam aangelegd. Zodra de Lingsforterbeek het (hoger gelegen) natuurgebied uitstroomt, stroomt de beek Arcen binnen. Hier loopt de beek parallel aan een onderbemalen gebied (Parallelsloot Lingsforterbeek). Deze wordt met een gemaaltje op peil gehouden. Na instroom van dit gemaal stroomt de Lingsforterbeek via de Wymarsche molen bij Kasteel Arcen de Maas in. Bij deze watermolen ligt ook de waterkering. Hier stroomt ook de Lommerbroeklossing uit in de Lingsforterbeek (benedenstrooms Wymarsche molen).

De ondergrond van het gebied bestaat hoofdzakelijk uit grof zand met hier en daar plekken met meer veen (oude ven bij de instroom Vreewater) en enkele leemlagen ter hoogte van Arcen. De beek kruist de hoger gelegen Maasduinen tussen de lossing Vreewater en de Maas. Het grondgebruik van de Lingsforterbeek bestaat hoofdzakelijk uit natuur met vanaf de zwarte berg bebouwd gebied. Het stroomgebied van de Vreewaterlossing bestaat hoofdzakelijk uit landbouwpercelen met hier en daar een kas.

### Meetpunten debiet en waterstand

Meetpunt Lingsforterbrug (Q); Meetpunten voor waterpeilen voornamelijk bovenstrooms van Zandhoekseweg in de Lingsforterbeek.

	Normaal zomerdebiet (m <sup>3</sup> /s)	Normaal winterdebiet (m <sup>3</sup> /s)	T=1 (99,7 percentiel) (m <sup>3</sup> /s)	Maximaal debiet (m <sup>3</sup> /s)
Lingsforterbrug	0,213 m <sup>3</sup> /s	0,361 m <sup>3</sup> /s	1,860 m <sup>3</sup> /s	2,119 m <sup>3</sup> /s

### Belangrijke kunstwerken

Hoogwaterdam Lingsforterbeek (Zandhoekseweg), gemaal parallelsloot Lingsforterbeek, Watermolen Wymarsche Molen, afsluiters waterkering.

**Bekende knelpunten wateroverlast**

- laaggelegen perceel net benedenstrooms instroom Vreewater
- bassins WML pompstation
- gemaalcapaciteit parallelsloot Lingsforterbeek

**Waterkeringen**

Kruising met waterkering ter hoogte van Kasteel Arcen/Wymarsche molen

**Buffers**

Kleine buffer benedenstrooms van duitse grens. Geen specifieke capaciteit vastgesteld.

**Contactpersonen**

Erik Raaijmakers

**Links**

Via deze [link](#) (zaaknr. Advies geven 2017-Z7307) zijn de volgende zaken te vinden:

- Afvoeranalyse Lingsforterweg

**Model:** NOM

# BIJLAGE

# C

# VISPASSAGE





# SCHETSONWERP NATUURLIJKE VISPASSAGE WYMARSCHER MOLEN

## MEMO

Onderwerp:	Schetsontwerp natuurlijke vispassage Wijmarsche watermolen	Ons Kenmerk:	###
Opgesteld door:	Jasper Arntz	Versie:	01
Van:	Jasper Arntz	Datum:	10-06-2018
Aan:	Erik Raaijmakers, Esther de Jong, Wim Drogen, Jan Jacobs (WL) Marian Neven (RWS)	Kopiën aan:	

## 1. Inleiding

De Lingsforterbeek bij Arcen is aangewezen als KRW-waterlichaam type R5, langzaam stromende middenloop / benedenloop op zand. De Lingsforterbeek is tevens aangemerkt als natuurbeek (voorheen beken met een Specifiek Ecologische Functie (SEF) binnen het Provinciaal Waterplan 2016-2021. Dit houdt in dat inrichting, beheer en onderhoud op het bereiken van de ecologische doelen uit de KRW gericht zijn. Vanwege de natuurbeekfunctie en om de doelen uit de KRW te halen is in 2013 de bovenloop heringericht. Voor de benedenloop tot aan de Wijmarsche watermolen is herinrichting niet mogelijk, in verband met de ligging in een sterk door cultuurhistorische waarden bepaald landschap (o.a. watermolen, kasteelgracht) en de ligging langs de bebouwde kom. De nut en noodzaak van de aanleg van een vispassage is onderbouwd in een eerdere memo. Als gevolg van een gebrek aan ruimte voor herinrichtingsmaatregelen, beperkt de huidige opgave vanuit beekherstel zich dan ook tot het vispasseerbaar maken van de Wijmarsche watermolen. In deze memo worden de randvoorwaarden en uitgangspunten beschreven en vindt een doorvertaling plaats naar een schetsontwerp van de natuurlijke vispassage (natuurlijk variant, zoals opgenomen in de NRD).



## 2. Algemene uitgangspunten

Aan het ontwerpen van vispassages ligt een aantal ontwerpcriteria ten grondslag. Hieronder wordt hier kort op in gegaan.

### *Periode van werking*

Vissen hebben in het voorjaar de natuurlijke piek in de stroomopwaartse vismigratie. Voor de stroomopwaartse vismigratie is het voorjaar dan ook de belangrijkste periode (maart t/m mei). Afhankelijk van de weersomstandigheden is er sprake van enige doorloop in juni (zie ook tabel 1). De vispassage dient vanuit hydraulisch oogpunt jaarrond te functioneren.

Doelsoort	Migratieperiode
Riviergrondel	April-Mei
Kopvoorn	April-Juni
Bermpje	April-Juni
Serpeling	Februari-Maart
Snoek	Februari-Maart
Paling (juveniel)	Mei-Juni

### *Stroomsnelheid*

Voor Nederlandse vissen wordt gewoonlijk 1 m/s als maximale stroomsnelheid in vispassages aangehouden, gemeten op de drempel of in de doorzwemopening (Coenen *et al*, 2013). Voor de ontwerpvereisten ten aanzien van de doelsoorten wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

### *Energievernietiging*

Bij de passage van een visdoorgang ondervindt de vis turbulentie (de woeligheid van het water). Deze kracht kan de migratie belemmeren. Turbulentie wordt veroorzaakt doordat water van bekken naar bekken stroomt. De turbulentie vertegenwoordigt een hoeveelheid energie die kan worden gedempt. Om de vis gelegenheid tot rust te geven, moet sprake zijn van voldoende demping (een groot bekkenvolume) en een rustzone (waarin het water op lage snelheid circuleert). Voor de maximale toelaatbare energiedemping wordt uitgegaan van een demping  $< 100 \text{ W/m}^3$  (Kroes & Monden, 2005, Coenen *et al*, 2013).

### *Debiet en lokstroom*

Om de vispassage goed te laten functioneren, moet de lokstroom van de vispassage voldoende omvang hebben ten opzichte van de hoofdstroom. Dit in verband met de lokstroom die stroomopwaarts migrerende vissen naar de 'ingang' van de vispassage moet lokken. Als vuistregel wordt hier vaak 5-10% aangehouden (Coenen *et al*, 2013), maar bij voorkeur is de verhouding tussen de afvoer over de stuw en debiet door de vispassage zo klein mogelijk. Belangrijk daarbij is de afvoerverdeling gedurende het jaar en dan met name de afvoerverdeling in het voorjaar. De ingang van de vispassage (uitstroomvoorziening) dient zo dicht mogelijk bij het kunstwerk te liggen, maar niet in turbulente zones of zones waar hoge ( $>1 \text{ m/s}$ ) stroomsnelheden heersen. De meest optimale locatie voor de ingang van de vispassage is de zogenaamde 'migratielimietzone' (Riemersma, 1994). Deze (denkbeeldige) lijn geeft de afstand vanaf een kunstwerk aan tot waar stroomopwaarts migrerende vis zal (kunnen) zwemmen. Vanaf die lijn gaan vissen op zoek naar een alternatieve doortrekroute. De ligging van de migratielimietlijn verschilt per soort en is afhankelijk van het debiet.



Aangezien de stroomsnelheid in het midden van de stroom hoger is dan aan de oevers, heeft de migratielinielijne meestal een zekere bolling. Vissen kunnen het kunstwerk dichter benaderen aan de oever en zullen zich daar dan ook verzamelen. Dit pleit ervoor om de uitstroomvoorziening langs de oever te plaatsen. Afhankelijk van het aandeel van de hoofdstroom takt de vispassage aan onder een hoek van 30-90 graden. Waterschap Limburg hanteert standaard 30 graden. De stroomsnelheid van de lokstroom dient te liggen tussen 0,3 en 1,3 m/s.

De uitzwemopening (instroomvoorziening) wordt bij voorkeur zo ver als mogelijk van de stuw af geplaatst, omdat drijfvuil zo beter kan worden afgeleid richting de stuw.

#### *Inrichting vispassages*

Voor vissoorten die over de bodem migreren (bijvoorbeeld biermpje) is het van groot belang dat de overgang van de bodem van de watergang naar de ingang van de vispassages zo geleidelijk mogelijk verloopt. Voor deze soorten is het daarnaast van belang dat zij de vispassage via de bodem kunnen passeren (ook de bodem in de vispassage loopt geleidelijk op). De bodem van de watergang dient dan ook aan te sluiten op de bodem van de vispassage. In de vispassage wordt een bodembedekking voorzien van stortsteen, een laag van minimaal 20 cm. Aanvullend kunnen per kamer zogenaamde ruststenen worden aangebracht. Dit zijn ronde keien met een diameter van +/- 0,3 meter. Dit vergroot de migreerbaarheid van kleine, kruipende en slechte 'zwemmers'.





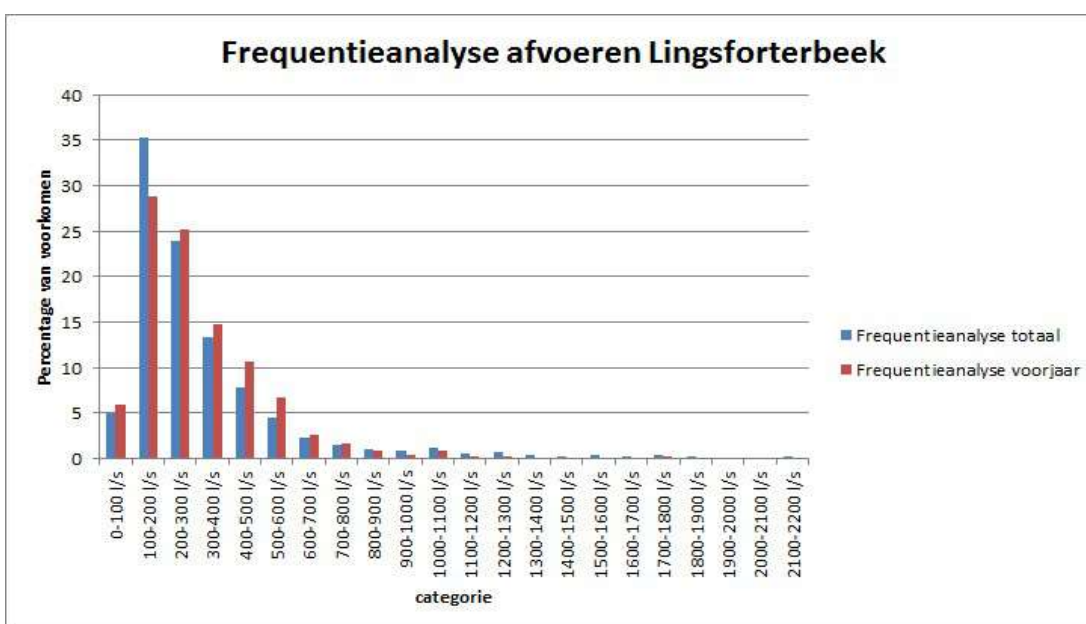
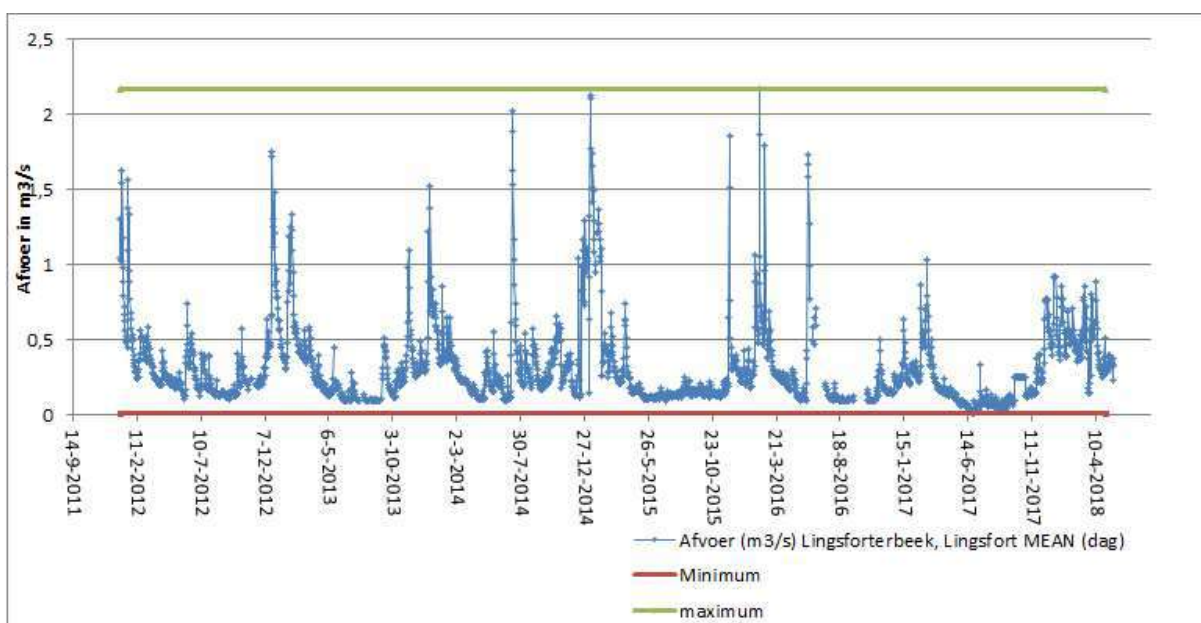
### 3. Locatiespecifieke uitgangspunten

#### 3.1 Hydrologie

##### 3.1.1 Afvoer

##### 3.1.1.1 Beekafvoer

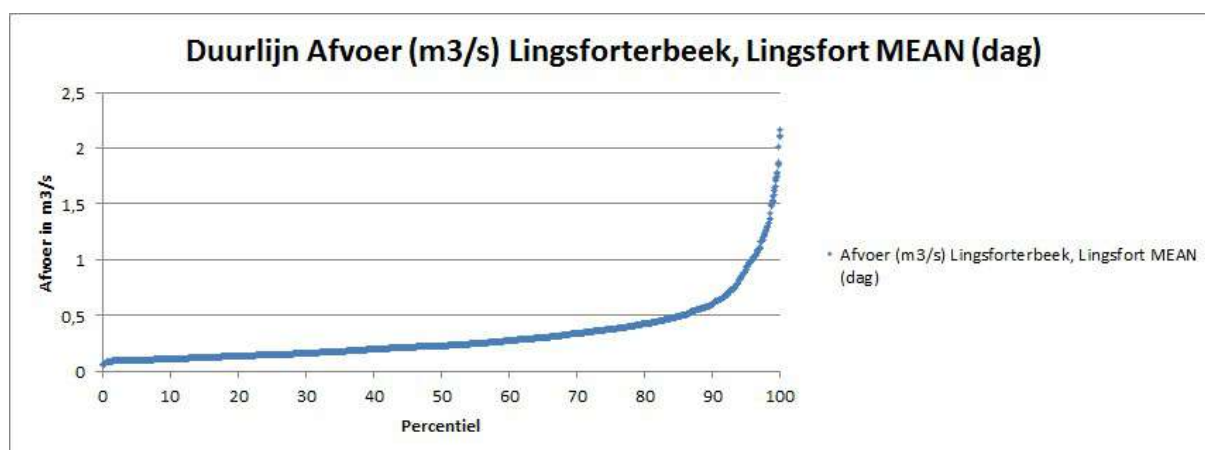
In figuur 3.1 is een debietreeks weergegeven van de afgelopen 7 jaar. Figuur 3.2 betreft een frequentieanalyse van afvoerranges voor zowel het gehele jaar als specifiek het voorjaar.



In onderstaande tabel is een doorvertaling gemaakt naar het aantal dagen dat een bepaalde afvoerrange in het voorjaar voorkomt.

Categorie (l/s)	%	dagen per voorjaar werkend	dagen per voorjaar niet optimaal werkend
100-900	89,9	134	15
200-900	54,6	81	68
300-900	30,6	46	103
400-900	17,2	26	123

In figuur 3.3 wordt de afvoer weergegeven volgens de duurlijnmethode.



In tabel 3.2 is weergegeven hoeveel dagen de verschillende afvoeren worden overschreden.

afvoersituatie	overschrijding	percentie	%MA	afvoer in m3/s
Basisafvoer	330 dagen per jaar	9,6	5	0,110
Zomerafvoer	200 dagen per jaar	45,2	20	0,213
Voorjaarsafvoer	100 dagen per jaar	72,6	30	0,361
winterafvoer	15 dagen per jaar	94,5	50	0,873
maatgevende afvoer	1 dag per jaar	99,7	100	1,860

### 3.1.1.2 Afvoer watermolen

De Wijmarsche watermolen heeft ook water nodig om te functioneren. Als uitgangspunt is genomen dat de watermolen ook na de aanleg van een vispassage moet blijven functioneren. Bij de Stichting Limburgs Landschap is daarom nagevraagd hoeveel water de watermolen minimaal nodig heeft. De reactie is hieronder weergegeven.



*Naar aanleiding van je vraag afgelopen vrijdag over het minimale debiet voor de molen van Arcen.*

*.....*

*Uitgaande van een belast draaiende molen zou je uitgaande van de ons toen beschikbare gegevens moeten je uitgaan van ruim 0,2 m<sup>3</sup>/s (200 l/s).*

*Zoals je ook kan zien valt het hele kasteelpark binnen de invloedsfeer: Dat houdt in dat het kasteel profiteert van het verhoogde waterpeil in de beek. (Let op: dat hoeft op zich nog niet te betekenen dat de Lingsforsterbeek de grachten en vijvers ook vult/voedt).*

*Ik ken de waterhuishoudkundige inrichting van het kasteelpark verder niet in detail, maar ik meen me wel te herinneren dat het park benedenstrooms van de molenstuw haar overtollige water loost. Indien het peilverschil tussen de grachten en de Lingsforsterbeek bovenstrooms van de molen niet al te groot is, valt misschien te overwegen/ haalbaar om het peil van de grachten wat te verhogen. Met een beperkte extra waterschijf op de grachten kan je dat water uit de gracht tijdens een in werking zijnde molen ook bovenstrooms op de Lingsforsterbeek afoeren: Je hebt dan een forse extra watervoorraad.*

### 3.1.1.3 Ontwerpdebiet vispassage

Er is een vrij grote debietfluctuatie aanwezig in de Lingsforsterbeek. De meeste afvoeren vallen echter tussen een range 100- 900 l/s. De randvoorwaarde voor de afvoer en verdeling tussen watermolen/vispassage is weergegeven in onderstaande tabel.

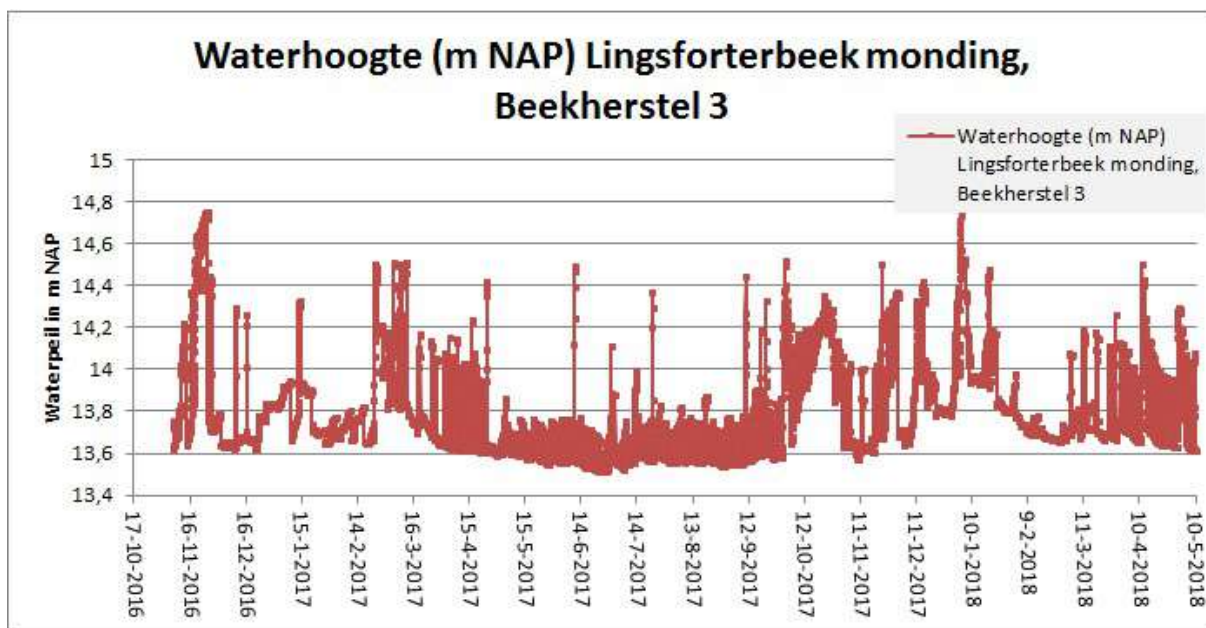
Totale afvoer	Minimale afvoer vispassage	afvoer watermolen/losgoot
100 l/s (4%)	50	50
215 l/s (20%)	100	115
360 l/s (30%)	100	260
875 l/s (50%)	100	775
1860 l/s (100%)	100	1760

De vispassage moet minimaal functioneren vanaf een afvoer van 50 l/s en tot een afvoer van 100 l/s. De (totale) afvoer van 100 l/s (50/50 verdeling) komt overeen met een situatie die ca. 22 dagen per jaar onderschreden wordt. De maximale afvoer waarop de vispassage werkt is 100 l/s. Alle 'resterende' afvoer wordt via de molen en/of losgoot afgevoerd. Met dit afvoerbereik werkt de vispassage ca. 343 dagen per jaar.

### 3.1.2 Peilverschil

Bovenstrooms van de watermolen vindt een continuemeting van de waterpeilen plaats. De gemeten waterpeilen bovenstrooms van de molen zijn weergegeven in onderstaande figuur. Het minimaal voorkomende waterpeil is 13,50 m NAP en het maximale gemeten waterpeil betreft 14,80 m NAP. De watermolen maakt gebruik van een middenslagrad, waardoor er bij het bepalen van het peilverschil geen rekening gehouden hoeft te worden met de watermolen.





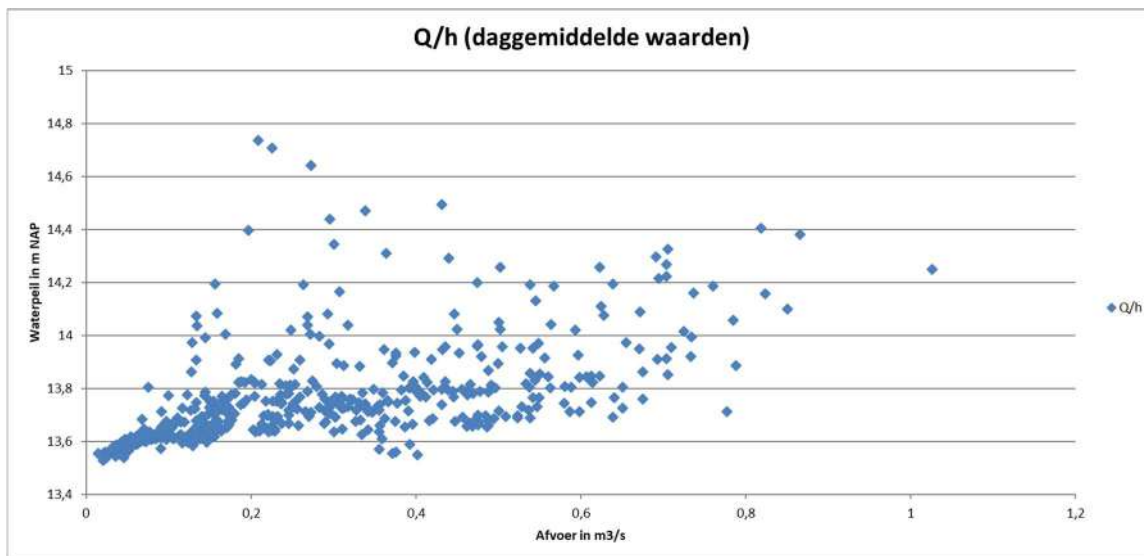
De benedenstroomse waterpeilen worden niet gemeten. Met een modellering (NOM02a01.lit) zijn de onderstaande peilen berekend. Dit zijn de waterpeilen direct benedenstrooms van de molen.

Situatie	% van de piekafvoer	Waterpeil in m NAP
Basisafvoer	5	11,55
Zomerafvoer	20	11,60
Voorjaarsafvoer	30	11,65
Winterafvoer	50	11,75
Jaarlijkse piekafvoer	100	11,85

Het peilverschil tijdens basisafvoer is hierbij 1,95 meter. Tijdens een piekafvoer loopt dit peilverschil op tot ca. 2,85 meter. Op voorhand kan worden gesteld dat het niet noodzakelijk is dat de vispassage binnen deze volledige range van peilverschil werkzaam is. Zodoende dient een minimaal en een maximaal peilverschil te worden vastgesteld waarbinnen de vispassage moet functioneren. Het minimale peilverschil is 1,95 meter. Dit volgt uit het verschil van een minimale boven- en benedenstroomse waterstand, respectievelijk 13,5 m en 11,55 m NAP. Voor de maximale waterstand is de Q/H-relatie bekeken van het bovenstroomse pand.







In onderstaande tabel zijn de peilonderschrijdingen weergegeven bij een afvoer van minimaal 100 l/s. Dit is de grens waarbij de vispassage (middels gelijke verdeling) moet functioneren.

Waterpeil (m)	# dagen voorjaar	% voorjaar	# dagen jaarrond	% jaarrond
<13,80	125	74,40	269	64,98
<13,85	143	85,12	309	74,64
<13,90	149	88,69	325	78,50
<13,95	152	90,48	344	83,09
<14,00	157	93,45	360	86,96
<14,05	159	94,64	372	89,86
<14,10	162	96,43	381	92,03
<14,15	164	97,62	384	92,75
<14,20	164	97,62	392	94,69
<14,25	165	98,21	396	95,65

Wanneer ook de dagen worden meegerekend dat de benodigde minimale afvoer niet wordt gehaald, wordt duidelijk hoeveel procent van het voorjaar aan beide voorwaarden wordt voldaan en de vispassage optimaal functioneert.

Waterpeil (m)	% voorjaar	% jaarrond
<13,80	60,39	50,75
<13,85	69,08	58,30
<13,90	71,98	61,32
<13,95	73,43	64,91
<14,00	75,85	67,92
<14,05	76,81	70,19
<14,10	78,26	71,89
<14,15	79,23	72,45
<14,20	79,23	73,96
<14,25	79,71	74,72



In overleg met het waterschap is besloten om 13,85 m NAP als maximaal peil te hanteren. De range van peilverschillen waarbinnen de vispassage moet functioneren, is daarmee 1,95-2,20 m. Aanvullend moet wel worden vermeld dat er sprake is van een onderschatting van de werkingspercentages. Bij de Q/h-relatie is namelijk geen rekening gehouden met een correctie van 100 l/s die door de vispassage in de toekomstige situatie wordt gebruikt. Dit leidt tot een verlaging van de werkelijke waterstand en daarmee tot een hoger werkingspercentage van de vispassage.

### 3.2 Ontwerpvereisten doelsoorten

De doelsoorten vallen binnen Brasem/barbeelzone. De randvoorwaarden voor de maximale stroomsnelheid in deze zones zijn weergegeven in onderstaande tabel. In het kader van de robuustheid van het ontwerp moet een correctiefactor worden toegepast voor stroomsnelheid van 0,72.

Stroomsnelheid	Barbeel zone	Robuust ontwerp	Brasem zone	Robuust ontwerp
Maximaal op de bodem van de slot/overlaat [m/s]	≤ 1,6	≤ 1,15	≤ 1,4	≤ 1,01
Maximaal over de gehele waterkolom van de slot/overlaat [m/s]	≤ 1,8	≤ 1,30	≤ 1,7	≤ 1,22
Maximaal binnen de bekkens [m/s]	0,5	0,36	0,5	0,36

Voor de doorzwemopening en waterdiepte zijn de randvoorwaarden te zien in de onderstaande tabel.

Aspect	Riviergrondel	Kopvoorn	Bermpje	Serpeling	Snoek
Doorzwemopening (m)	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,30
Minimale waterdiepte bekken (m)	≥ 0,30	≥ 0,32	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,28
Minimale waterdiepte overlaat/slot (m)	≥ 0,30	≥ 0,32	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,28



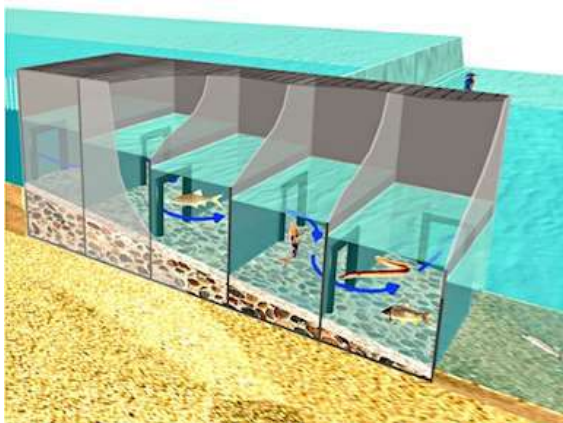
### 3.3 Overige ontwerpisen

- Materiaalkeuze (levensduur in jaren): minimaal 20 jaar
- Materiaalkeuze bodem: hoge ruwheid en minimaal 20 cm dik over de gehele passage
- Langs de vispassage moet een werkpad worden aangelegd van minimaal 3,5 meter breed met een maximale helling van 10%.
- Obstakelvrije afstand voor korfmaaier betreft minimaal 5 meter.
- Er dient een drijfbalk te worden aangebracht aan bovenstroomse zijde.
- Er dient een afsluiter te worden aangebracht om uitzakken te voorkomen bij afvoeren lager dan 100 l/s.
- Onderhoud kan worden uitgevoerd vanaf de noord/westzijde
- De passage mag voor 50-70% worden beschaduw. Beplanting dient te worden aangebracht aan zuidzijde (zonzijde).
- Maximaal dichtgroei: 30%

## 4. Ontwerp

### 4.1 Type vispassage

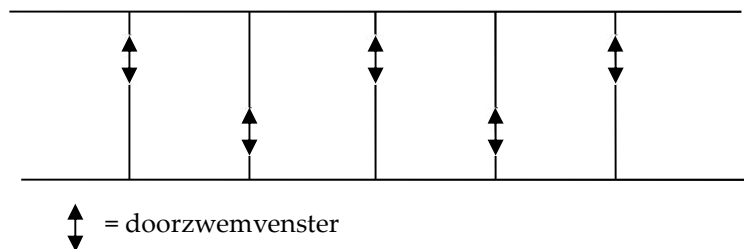
Het ontwerpdebiet van 50 tot 100 l/s is te beperkt om V-vormige bekkenpassage aan te leggen. Het basisontwerp vereist een afvoer van minimaal 150 l/s. De oplossing is dan ook om een technische vispassage aan te leggen met een natuurlijk karakter. Daarbij moet gesteld worden dat de bypass langer is dan maximaal is benodigd voor een technische vispassage, waardoor de extra lengte kan worden ingericht als natuurlijke beek waarmee het natuurlijk karakter van totale bypass verder wordt versterkt. Het voorstel is om de vispassage in ieder geval te voorzien van een doorzwemvenster op de bodem, waarmee de basis wordt gevormd door het type De Wit-vispassage.



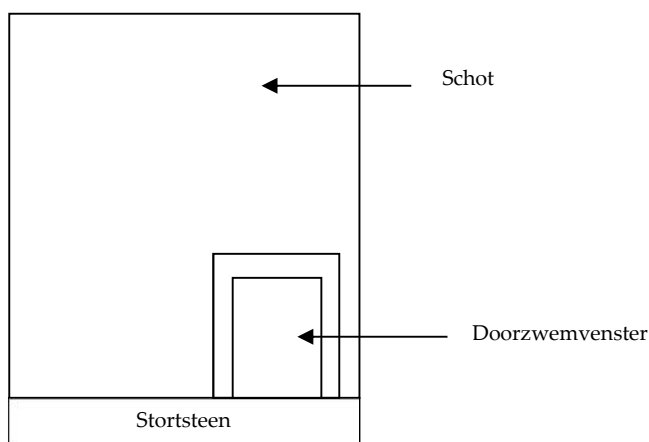
**Figuur 1 De Wit-vispassage (Bron: HDSR)**

Het principe van deze passage is dat een vis door middel van opeenvolgende bekkens tegen het peilverschil in kan zwemmen. De bekkens worden met elkaar verbonden door middel van ten opzichte van elkaar verspringende doorzwemvensters (figuur 3) van een vaste afmeting (figuur 4).





**Figuur 2 Bovenaanzicht De Wit-vispassage**



**Figuur 3 Vooraanzicht De Wit-vispassage**

## 4.2 Afmetingen

Onafhankelijk van de werkelijke uitvoering van de schotten en de inrichting van de vispassage kan op hoofdlijnen al wat worden gezegd over de afmetingen.

### 4.2.1 Schot

Uitgaande van een maximale stroomsnelheid van 1,01 m/s in het doorzwemvenster, kan voor een peilverschil per schot worden uitgegaan van 0,06 meter. Daarmee komt de vispassage bij het maximaal te overbruggen peilverschil op 37 schotten (36 bekkens). In geval van het minimale peilverschil ontstaat daarmee een peilverschil per schot van 0,053 meter. Bij het minimale bovenstroomse waterpeil wordt ingezet op de minimale afvoer. Om vismigratie mogelijk te maken bij dit minimale waterpeil moet er een opening worden gecreëerd onder het minimale waterpeil. De afvoer van 50 l/s komt daarbij overeen met een opening (bxh) van 0,2x0,27 m. Daarmee komt het waterpeil in de bekkens op minimaal 0,27 meter. De maximale waterstand is 0,62 meter.

### 4.2.2 Bekken

Binnen de gestelde afvoerrange mag ook de maximale energiedemping van 100 W/m<sup>3</sup> niet worden overschreden. Er wordt gekozen voor een bekkenbreedte van 1,0 meter en een bekkenlengte van 1,5 meter. Daarmee komt de energiedemping op 64 W/m<sup>3</sup> bij een afvoer van 50 l/s. De stroomsnelheid komt op 0,16-0,18 m/s.





### 4.2.3 Lengte

De lengte van de vispassage wordt daarmee vastgesteld op minimaal 54 meter. Omwille van het aantal bekkens wordt voorgesteld om een viertal rustbekkens in het ontwerp te voorzien, indien het noodzakelijk is dat alle bekkens achter elkaar worden geplaatst. Deze rustbekkens hebben een dubbele bekkenlengte, waardoor de vispassage maximaal 60 meter wordt.

### 4.3 Schotvariatie

Naarmate het peil verder stijgt richting de 13,85 m NAP, neemt de afvoer van de hierboven beschreven opening toe tot ruim 53 l/s. Het overige deel van het schot moet garant staan voor 47 l/s bij een peilstijging van maximaal 0,35 m. Hiervoor zijn verschillende opties:

- 1) De hierboven vermelde opening wordt een venster van 0,5 meter hoog. De vermelde breedte blijft 0,2 m.
  - a) Voordelen: De afvoer van de vispassage is goed te reguleren. Met een afsluiter vergelijkbaar met de opening van het venster is de vispassage te openen en af te sluiten wanneer dat nodig wordt geacht. Hogere waterstanden leiden tot hogere stroomsnelheden in de vensters, maar de afvoer neemt in verhouding tot de overige opties beperkt toe. Daarmee kan de vispassage ook bij hogere waterstanden open blijven staan, waarmee de passeerbaarheid voor slechte zwemmers overigens wel afneemt bij waterstanden > 13,85 m NAP. De energiedemping neemt slechts beperkt toe.
  - b) Nadelen: Bij meer water blijft de afvoer nagenoeg gelijk. Daarmee ontstaan minder dynamische omstandigheden in de vispassage.
- 2) De hierboven vermelde opening wordt een venster van 0,27 meter hoog. De vermelde breedte blijft 0,2 m. Het schot wordt afgetopt op 13,77 m NAP (horizontale kruin), waardoor een waterstand hoger dan 13,77 m NAP zorgt voor een overstort waarmee de vispassage extra afvoer genereert tot de maximale 100 l/s bij 13,85 m NAP met een schotbreedte van 1,0 meter.
  - a) Voordelen: De vispassage reageert snel op wisselende waterstanden boven de 13,77 m NAP en krijgt daarmee meer natuurlijke dynamiek. Ook het overstortende water geeft de vispassage een meer natuurlijk karakter.
  - b) Nadelen: Bij een hogere waterstanden neemt de energiedemping in de bekkens snel af. De beoogde 8 cm overstort over de horizontale drempel is slechts voor het uiterlijk. De overstorthoogte is te beperkt voor vissen om over te migreren. Bij hogere waterstanden kan de vispassage watervoerend blijven, maar uitspoeling wordt snel een risico.
- 3) De hierboven vermelde opening wordt een venster van 0,27 meter hoog. De vermelde breedte blijft 0,2 m. Het schot krijgt een V-vormige kruin (hoek ca 147 graden) . Met het diepste punt gelegen op 13,70 m NAP, waardoor een waterstand hoger dan 13,70 m NAP zorgt voor een overstort waarmee de vispassage extra afvoer genereert tot de maximale 100 l/s bij 13,85 m NAP met een schotbreedte van 1,0 meter.
  - a) Voordelen: De vispassage reageert snel op wisselende waterstanden boven de 13,77 m NAP en krijgt daarmee meer natuurlijke dynamiek. Ook het overstortende water geeft de vispassage een meer natuurlijk karakter. Bij de beoogde maximale waterstand van 13,85 m NAP kunnen vissen ook gebruik maken van de overstortende straal van 0,15 m ter hoogte van de kruin.
  - b) Nadelen: Bij een hogere waterstanden neemt de energiedemping in de bekkens snel af. Bij hogere waterstanden kan de vispassage watervoerend blijven, maar uitspoeling wordt snel een risico.



## 4.4 Bodemhoogte en ruimtelijk inpassing

Voor de bodemhoogte van het bovenstroomse pand moet worden uitgegaan van 13,23 m NAP. Benedenstrooms is de bodemhoogte vastgesteld op 11,17 m NAP. Het streven is om de vispassage minimaal onder het maaiveld te laten komen om zo de zichtbaarheid te vergroten. De huidige loop van de beek ligt echter ook ver onder maaiveld en het perceel waar de vispassage is beoogd ligt relatief hoog (15,75 m NAP). Vanuit die optiek wordt voorgesteld om de volledige vispassage te concentreren in het laatste deel, nabij de monding. Daarmee komt de bypass zo hoog mogelijk in het landschap te liggen, maar met ca 2,5 meter nog steeds ver onder het maaiveld. Met een bodembreedte van 1 meter een talud van 1:3 heeft de bypass een breedte van 16 meter vanaf de insteek. Wanneer tevens wordt voorzien in een onderhoudspad van 3,5 meter breed, komt de totale breedte op ca 20 meter. De trajectlengte van dit traject bedraagt minimaal 120 meter (rechte lijn). Het verdient echter de aanbeveling om een licht meanderende loop aan te leggen, waarbij een verhang wordt aangehouden van 0,4 m/km. Hiermee kan een beperkt deel van het peilverschil (ca 6-10 cm) middels het bodemverhang worden opgevangen. Aan het einde van het traject, nadat het de hoogte heeft gekruist en in de laagte van de bestaande uitmonding komt, wordt gestart met de vispassage. Ter hoogte van de bestaande hoogte wordt de inlaat voorzien. Dat betekent dat het bovenstroomse deel van de bypass onder directe invloed staat van het bovenstroomse beekpeil. Bij het maximale beekpeil van 14,80 m NAP staat het water nog steeds een meter onder het maaiveld.

De vispassage wordt zo ingepast dat deze in een hoek van de 30 graden aantakt op de bestaande monding. Dit laatste traject heeft ongeveer een lengte van 60 meter. Daarmee komt de totale lengte van de bypass op minimaal 180 meter. De vispassage komt daarmee volledig buitendijks te liggen. Indien dit niet gewenst is, moet een diepere insnijding van het landschap worden geaccepteerd.

### 4.4.1 Debiet en lokstroom

Een afvoer van 100 l/s is ruim 5% van de maximale afvoer (1860 l/s). De vispassagemonding bevindt zich echter te ver van de watermolen om gevonden te worden wanneer vissen zich voor de watermolen hebben verzameld. Om te voorkomen dat vissen toch doorzwemmen naar de watermolen is een drempel voorzien in de huidige loop net bovenstrooms van de vispassagemonding. Deze drempel wordt aangebracht tot een hoogte van 11,75 m NAP. Dit is dus 20 cm boven peil bij basisafvoer. De ligging is 5 meter bovenstrooms van de vispassagemonding, omdat direct na deze drempel ook turbulentie zal ontstaan.

## 4.5 Optimalisaties

### 4.5.1 Peilhandhaving

Uit de Q/h-relatie (figuur) blijkt dat het bovenstroomse pand (gezien de spreiding van de punten) geen 'nette' relatie heeft tussen afvoer en waterpeil, waardoor mag worden geconcludeerd dat het waterpeil niet strak wordt gereguleerd. Het verdient de aanbeveling om in gesprek te gaan met de beheerder om zo strakker te sturen op het maximaal beoogde bovenstroomse peil van 13,85 m NAP, zodat het werkingspercentage van de vispassage wordt vergroot. Eventueel kan worden ingezet op het instellen van een maximaal peil.



## 4.5.2 Waterverdeling

Tijdens perioden met een beperkte afvoer <100 l/s kunnen vispassage en molen niet tegelijk functioneren. Met name in het voorjaar, is het wenselijk om de vispassage te laten werken. Het verdient de aanbeveling om voor dergelijke gevallen afspraken te maken met de molenbeheerder. Daarbij moet worden gedacht aan het verdelen van water in de tijd, bijvoorbeeld dat de molen overdag draait en de vispassage 's nachts.

## 4.5.3 Extra afvoercapaciteit

Omdat de watermolen onvoldoende capaciteit heeft om hoge afvoeren te verwerken, moet worden overwogen om de vispassage te voorzien van een extra losgoot. Daarmee kan extra water worden geloosd op de momenten dat de Maas lager staat dan het peil van de beek.



# ONTWERPRANDVOORWAARDEN VISPASSAGE LINGSFORTERBEEK



## Randvoorwaarden vispassage Lingsforterbeek

### 1 Randvoorwaarden constructie

#### 1.1 Vissoortenspectrum

De vissoorten vallen binnen Brasem/barbeelzone. De randvoorwaarden voor de maximale stroomsnelheid in deze zones zijn als volgt:

	Barbeel zone	Brasem zone
Maximale stroomsnelheid op de bodem van de slot/overlaat [m/s]	≤ 1,6	≤ 1,4
Maximale stroomsnelheid over de gehele waterkolom van de slot/overlaat [m/s]	≤ 1,8	≤ 1,7
Maximale stroomsnelheid [m/s] binnen de bekkens	0,5	0,5

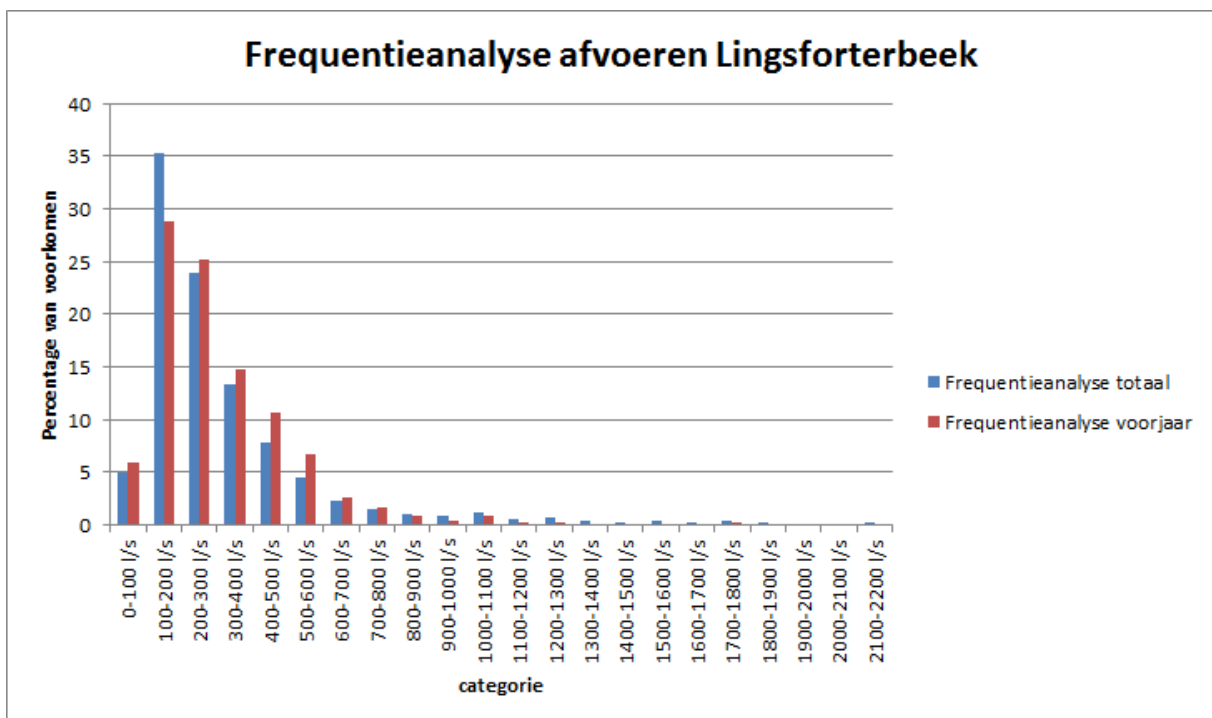
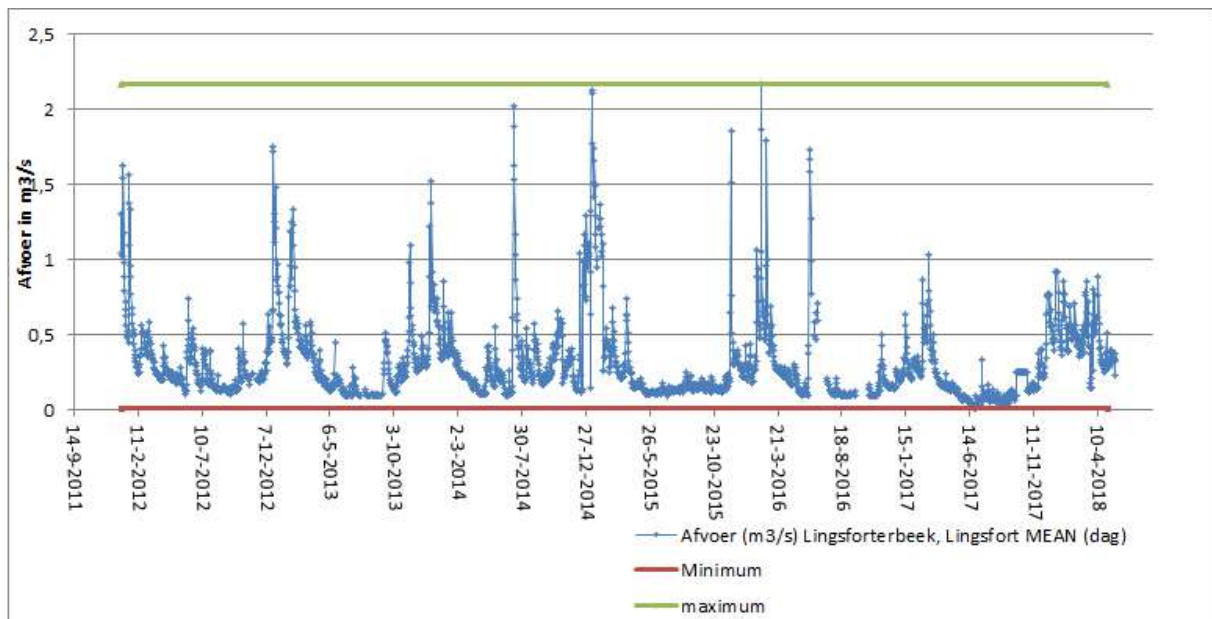
Voor de doorzwemopening, waterdiepte en migratieperiode zijn de randvoorwaarden zijn te zien in de onderstaande tabel. Voor robuustheid moet hier een correctiefactor op worden toegepast. Deze is te vinden onder 1.3.

	Riviergrondel	Kopvoorn	Bermpje	Serpeling	Snoek
Doorzwemopening (m)	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,30
Minimale waterdiepte bekken (m)	≥ 0,30	≥ 0,32	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,28
Minimale waterdiepte overlaat/slot (m)	≥ 0,30	≥ 0,32	≥ 0,30	≥ 0,30	≥ 0,28
Migratieperiode	april - mei	april - juni	april - juni	februari - maart	februari - maart

Viszone	Reofiele soorten		Eurytope soorten		
	Forel zone bovens trooms	beneden trooms	Vlagzalm zone	Barbeel zone	Brasem zone
Schematische afname van het verval en de stroming en toename breedte waterloop ten opzichte van viszones					
Temperatuur °C	5-10	8-14	12-18	16-20	>20
Zuurstofgehalte	Zeer hoog	Hoog	Bij de oppervlakte hoog, bij de bodem lager	Bij de oppervlakte voldoende, op de bodem vaak onvoldoende	
dwarsprofiel					
bodemstructuur	Stenen	Grof grind	fijn grind	Zand	Slib

## 1.2 Functioneren door het jaar heen

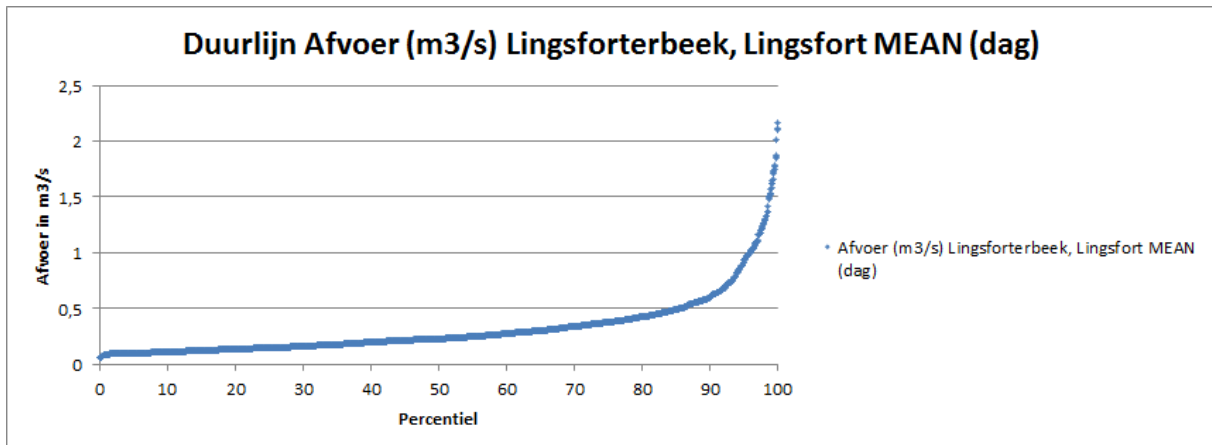
### 1.2.1 Afvoeren



In de bovenstaande grafiek is voor het voorjaar het percentage van voorkomen per afvoeren-categorie weergegeven. Het aantal dagen dat de vispassage bij verschillende afvoerbereiken in het voorjaar (optimaal) werkt is te zien in de onderstaande tabel:

categorie	%	dagen per voorjaar werkend	dagen per voorjaar niet optimaal werkend
100-900	89,9	134	15
200-900	54,6	81	68
300-900	30,6	46	103
400-900	17,2	26	123

De afvoer volgens de duurlijnmethode:



afvoersituatie	overschrijding	percentie	%MA	afvoer in m3/s
Basisafvoer	330 dagen per jaar	9,6	5	0,110
Zomerafvoer	200 dagen per jaar	45,2	20	0,213
Voorjaarsafvoer	100 dagen per jaar	72,6	30	0,361
winterafvoer	15 dagen per jaar	94,5	50	0,873
maatgevende afvoer	1 dag per jaar	99,7	100	1,860

### Benodigde afvoer watermolen

Reactie Stichting Limburgs Landschap:

*Naar aanleiding van je vraag afgelopen vrijdag over het minimale debiet voor de molen van Arcen.*

.....

*Uitgaande van een belast draaiende molen zou je uitgaande van de ons toen beschikbare gegevens moeten je uitgaan van ruim 0,2 m3/s (200 l/s).*

*Zoals je ook kan zien valt het hele kasteelpark binnen de invloedsfeer: Dat houdt in dat het kasteel profiteert van het verhoogde waterpeil in de beek. (Let op: dat hoeft op zich nog niet te betekenen dat de Lingsforterbeek de grachten en vijvers ook vult/voedt).*

*Ik ken de waterhuishoudkundige inrichting van het kasteelpark verder niet in detail, maar ik meen me wel te herinneren dat het park benedenstrooms van de molenstuw haar overtollige water loost. Indien het peilverschil tussen de grachten en de Lingsforterbeek bovenstrooms van de molen niet al te groot is, valt misschien te overwegen/haalbaar om het peil van de grachten wat te verhogen. Met een beperkte extra waterschijf op de grachten kan je dat water uit de gracht tijdens een in werking zijnde molen ook bovenstrooms op de Lingsforterbeek afvoeren: Je hebt dan een forse extra watervoorraad.*

### Randvoorwaarde:

Er is een vrij grote debietfluctuatie aanwezig in de Lingsforterbeek. De meeste afvoeren vallen echter tussen een range 100- 900 l/s.

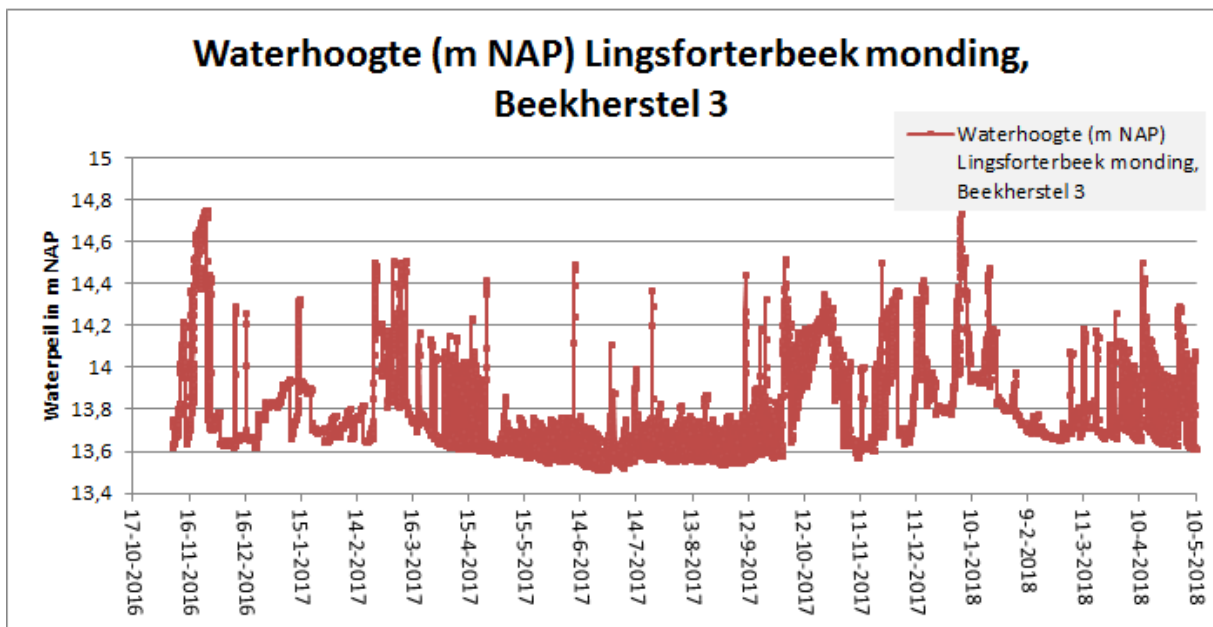
De randvoorwaarde voor de afvoer en verdeling tussen watermolen/vispassage is als volgt:

Totale afvoer	Minimale afvoer vispassage	afvoer watermolen/losgoot
100 l/s (4%)	50	50
215 l/s (20%)	100	115
360 l/s (30%)	100	260
875 l/s (50%)	100	775
1860 l/s (100%)	100	1760

De vispassage moet minimaal functioneren vanaf een afvoer van 50 l/s en tot een afvoer van 100 l/s. De (totale) afvoer van 100 l/s (50/50 verdeling) komt overeen met een situatie die ca. 22 dagen per jaar onderschreden wordt. De maximale afvoer waarop de vispassage werkt is 100 l/s. Alle 'resterende' afvoer wordt via de molen en/of losgoot afgevoerd. Met dit afvoerbereik werkt de vispassage ca. 343 dagen per jaar.

### 1.2.2 Waterpeilen

Bovenstrooms van de watermolen vindt een continuemeting van de waterpeilen plaats. De gemeten waterpeilen bovenstrooms van de molen zijn:



Dit komt neer op een minimaal gemeten waterpeil van 13,50 m NAP en een maximaal gemeten waterpeil van 14,80 m NAP.

De benedenstroomse waterpeilen worden niet gemeten. Met een modellering (NOM02a01.lit) zijn de onderstaande peilen berekend. Dit zijn de waterpeilen direct benedenstrooms van de molen.

Situatie	% van de piekafvoer	Waterpeil in m NAP
Basisafvoer	5	11,55
Zomerafvoer	20	11,60
Voorjaarsafvoer	30	11,65
Winterafvoer	50	11,75
Jaarlijkse piekafvoer	100	11,85

Het peilverschil tijdens een basisafvoer is hierbij 1,95 meter. Tijdens een piekafvoer is het peilverschil nog ca. 2,85 meter.

#### Randvoorwaarde:

De benedenstroomse randvoorwaarde voor het waterpeil is 11,55 m NAP. Op deze waterpeilen moet de uitstroom/laagst gelegen drempel op worden ontworpen. De bovenstroomse randvoorwaarde is 13,50 m NAP. Hier moet de instroom/hogst gelegen drempel op worden ontworpen.

### 1.3 Correctiefactoren voor robuustheid

Om de robuustheid van de vispassage te garanderen moeten de onderstaande correctiefactoren worden toegepast (Bron: DWA):

- Stroomsnelheid: 0,72
- Energiedemping: 0,9

### 1.4 Overige randvoorwaarden

- Maximale energiedemping ( $W/m^3$ ):  $100 W/m^3$ .<sup>1</sup>
- Materiaalkeuze (levensduur in jaren): minimaal 20 jaar
- Materiaalkeuze bodem: hoge ruwheid en minimaal 20 cm dik over de gehele passage
- De hoek van de lokstroom moet 0-30 graden zijn ten opzichte van de as van de waterloop.
- Uitstroom van de vispassage mag niet uitkomen in de turbulente zone en niet te ver weg liggen van de migratielijn van de stuw of eventueel nieuw aan te leggen barrière (max. 5 meter vanaf de stuw/barrière)
- De bodem van de vispassage moet op de beekbodem boven- en benedenstrooms van het kunstwerk aansluiten.
- Stroomsnelheid van de lokstroom
  - Minimum: 0,3 m/s
  - Maximum: 1,3 m/s

---

<sup>1</sup>Maat voor de turbulentie. In bekkenpassages wordt deze berekend volgens formule  $\epsilon = P/V = \rho * g * Q * \Delta h / L * B * \gamma_0$



## 2 Randvoorwaarden beheer en monitoring

- Bereikbaarheid
  - *Werkpad:*
  - Technische passage: Onderhoud vanaf de weg (geen werkpad aanwezig)  
Bekkenpassage: Onderhoud vanaf de noord/westzijde; 3,5 m werkpad
  - Onderhoudbaarheid bekkens/open ruimtes:  
(Indien bekkens worden aangelegd)

Methode	Obstakelvrije breedte (bekkenlengte) benodigd
Korf	5 meter

- *Afsluitbaarheid van de passage:* moet afsluitbaar zijn met spindel of andere voorziening.
- *Mogelijkheden voor monitoring:* geen aanvullende voorzieningen voor monitoring noodzakelijk.
- *Beheer afvangen drijfvuil:* Drijfbalk wenselijk
- Beschaduwing (% beschaduwing) en mate van dichtgroei van de passage (% dichtgroei)
  - % beschaduwing : 50-70%
  - % dichtgroei : 30% dichtgroei (maximum)
- *(optioneel) plaatsing van beplanting ten opzichte van de passage (bv in afstand vanaf passage, % bedekking en beschrijving ongewenste soorten):* bij keuze bypass, beplanting waar mogelijk aan de zuidzijde/zonzijde.

Verder moet een uitgewerkte passage inzicht geven in het beheer na aanleg, 2 jaar na aanleg en in de eindsituatie. Hierbij hoort ook een risicoparagraaf (bijvoorbeeld hoe het risico van niet werken van de passage is afgedekt).

# FOTO'S EN WAARNEMINGEN LINGSFORTERBEEK OKTOBER 2020

Technische passage langs terras molen – binnendijks

Functioneren watermolen: 100 – 200 l/s

Functioneren vistrap (conform document): 50 – 100 l/s

Afvoer = 160 dagen per jaar << 200 l/s

De afspraken over waterverdeling vistrap-molengebruik dienen nog te worden gemaakt

Normaal peil molen bovenstrooms (document): 13,60 – 14,80 → **wat is molenpeil?**

Normaal peil benedenstrooms: 11,60. Dit is conform beschrijving direct benedenstrooms van de molen.



Duiker onder weg Schans vanaf Kasteellaan. Is duidelijk een drempel te zien. Wat is dit? Blijft deze liggen? Geen knelpunt?



Krooshek bovenstrooms kruising met kering.  
Krooshek is een duidelijke vuilvang en resulteert in een opstuwing. Verschil lijkt circa 30-40 cm.  
Meetpunt WL zit direct bovenstrooms krooshek: waterstand **beekherstel 3** op 22-10-2020 12:30 = 14,48 m +NAP

Peil ligt veel hoger dan laagste peil aanname document: 13,55 m =NAP. Dit is in ieder geval niet het gevolg van een hoge afvoer. Debiet bedraagt conform debietmeting Lingsforterbeek circa 185 l/s.

Besloten om **maximale waterstand van 13,85** als ontwerprandvoorwaarde te gebruiken?

Waterstand benedenstrooms krooshek (peilschaal tegen duiker): circa 14,0 meter +NAP.

Dus ruim 40 cm opstuwing door krooshek / vuilophoping.







Duiker direct bovenstrooms molen:  
geringe waterschijf over betonplaat,  
situatie lijkt derhalve ongestuwd.  
Molen draait ook niet.





Situatie beneden molen, zie hieronder detail peilschaal. Waterstand af te leiden?



Peilschaal benedenstrooms molen.

Inschatting peil = Lijkt rond de 12,0 m +NAP (zelfs iets hoger als je het aantal lagen baksteen telt → waterpeil circa 12,10





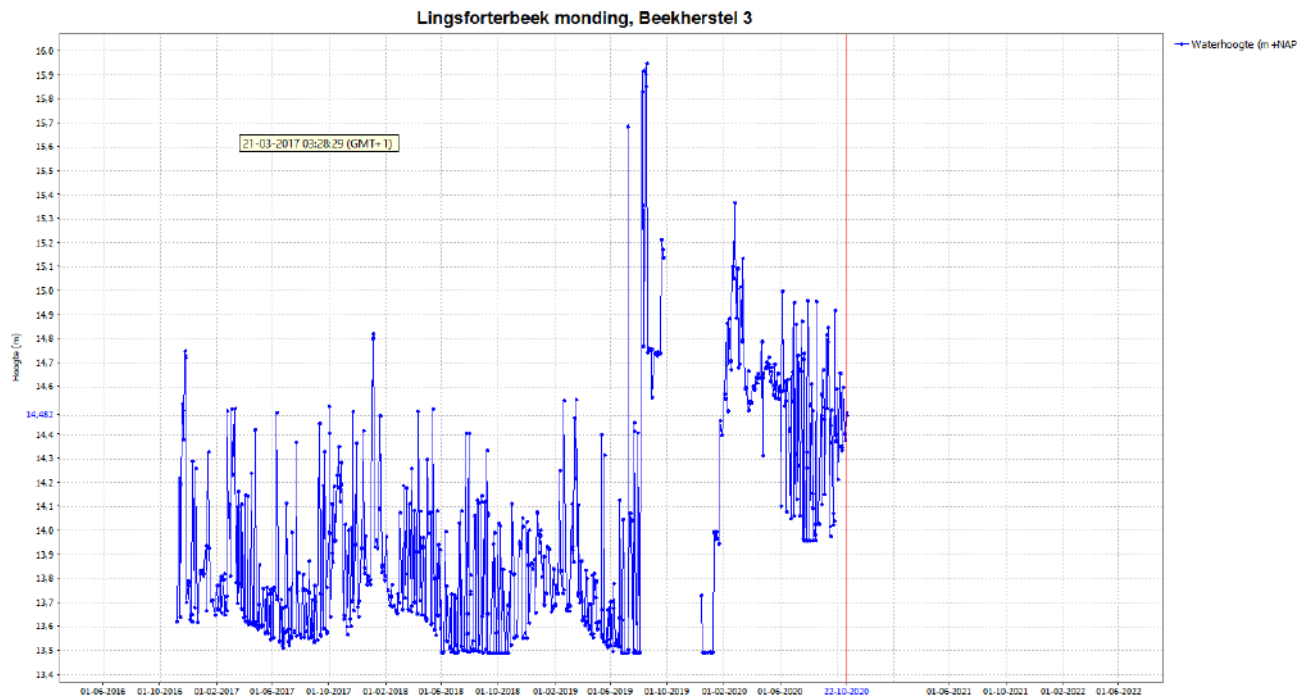
Benedenloop Lingsforterbeek.

Puin aanwezig

Ook natuurlijke drempels in het systeem aanwezig.

Maaspeil monding is circa 11,15 m +NAP

Controle KM120: klopt bij lage afvoer  
waterstand = 11,13 m +NAP



- **Waar takt toekomstige bypass/vistrap aan op Lingsforterbeek?** Als dat ter hoogte van duiker onderdoorgang met weg Schans is dan is dat extra reden de beschreven uitgangspunten goed tegen het licht te houden. BOB duiker Schans ligt conform gegevens op 13,80 m +NAP. Ontwerphoogte waterpeil laatste drempel kan dan nooit 13,50 m +NAP bedragen conform oude document uitgangspunten. Minimale waterpeil aantakking ligt dan eerder op 114,0 m +NAP (aanname op basis van circa 20 cm normale waterdiepte bij lage afvoeren).
- Tevens ligt de duiker onder de bestaande kering op een BOB hoogte van 13,55 (conform info GeoWeb). Dit is de duiker die direct benedenstrooms het krooshek is gelegen. Het krooshek veroorzaakt, zoals eerder in dit document beschreven, opstuwning. Het meetpunt (beekherstel 3) ligt bovenstrooms van dit meetpunt. Waterstand bij dit meetpunt moet bij normale afvoersituaties derhalve altijd ruim boven de 13,55 m +NAP liggen, nog los van het opstuwende effect veroorzaakt door het krooshek. Meetgegevens in periode tot circa aug/sept 2019 laten veelal metingen zien waarbij de waterstand lager ligt dan de bob van de duiker. Erg vreemd, betekent dat systeem dus droog staat. Twijfel daarmee dus ook aan de betrouwbaarheid van de waterstandsmetingen tot aug/sept 2019 en daarmee dus ook aan de beschreven randvoorwaarden in het document.
- Navraag gedaan bij IDM: blijkt in meetreeks tot en met 2019 structurele meetfout te zitten van 47 cm. Waterstanden voorliggende periode moeten dus met 47 cm verhoogd worden. Meetreeks vanaf maart/april 2020 zijn wel representatief. Laagste waterstand ligt dus op 14,0 (waarbij dus nog wel steeds het opstuwende effect van het krooshek wordt gemeten). Ook de te hanteren hoogste waterstand moet dus met 47 cm verhoogd worden.

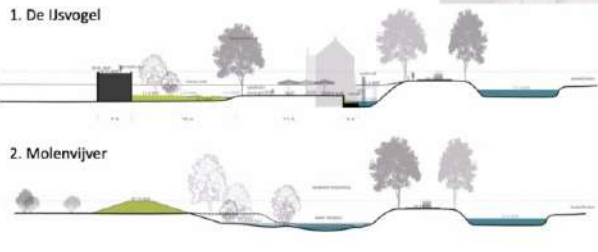
## Toevoegingen naar aanleiding van overleg werksessie 1 (5 november 2020)

- Watermolen ligt nu buitendijks, straks binnendijks
- Grachten kwelwatergevoed, maar ook deels afhankelijk van watersysteem
- Watermolen kan ook functioneren middels bovenslagrad: daarvoor moet het water extra gestuwd worden. Welk molenpeil hoort hier bij? Uitbater weet het niet. Dit kan namelijk consequenties hebben voor de ontwerpuitgangspunten.
- Natuurlijke inrichtingsvariant (zie concept voorbeeld figuur hieronder) heeft nagenoeg ieders voorkeur (in combinatie met harde kering waardoor er meer ruimte voor een vistrap is)
- Kadehoogte nieuwe situatie wordt 18,15 m +NAP – voor constructie geldt 18,45 m +NAP als ontwerphoogte (ter indicatie, waterpeil ligt op circa 11,50 - 12,0).
- Discussie over afmeting duiker onder kering
- **Discussie over prioritering watermolen-vismigratie-kasteelpark** → de laatste jaren is al vaak sprake van het feit dat de molen simpelweg niet kan malen vanwege een gebrek aan debiet. Gegevens van het meetpunt bevestigen dit. Trend is een steeds verder afnemende afvoer met zelfs droogval als gevolg. Straks zal beschikbare debiet ook nog eens verdeeld moeten worden tussen vistrap en watermolen. We moeten ons realiseren dat één van beide of beide functies frequent niet goed kunnen/zullen functioneren.
- Kan/moet er een prioritering worden afgesproken welke functie in welke situatie voorrang krijgt? Bijvoorbeeld afhankelijk van vismigratieperiodes? Dit moet aan de voorkant goed geregeld worden anders hebben we hier na uitvoering een groot probleem.

## Toevoegingen naar aanleiding van overleg werksessie 2

- Molenaar heeft molenrechten zegt ie, ik denk dat dit wordt verward met een stuwvergunning (geeft wel aan dat ie mag stuwen, maar niets over het recht aan water)
- Molenaar zegt circa 1x per week gedurende het seizoen te willen malen (30 x per jaar)
- Klein bovenslagrad is rad om belast mee te malen: peil circa 14,60-14,70
- Middenslagrad = rad om commercieel en onbelast mee te draaien
- Welke debieten nodig zijn wordt niet uitgesproken / is onduidelijk
- Er is in de huidige situatie sprake van achterwater bij molenrad – rad hangt deels in water
  - Actueel peil moet eigenlijk dus omlaag (opschonen beektracé)
  - Komt ook wel overeen met mijn vermoeden dat huidig peil hoger is dan theoretisch berekende peilen uitgangsdokument
  - Vandaar wens/actie om actief peil te gaan meten benedenstrooms molenrad

# Watermolen harde kering vistrappark



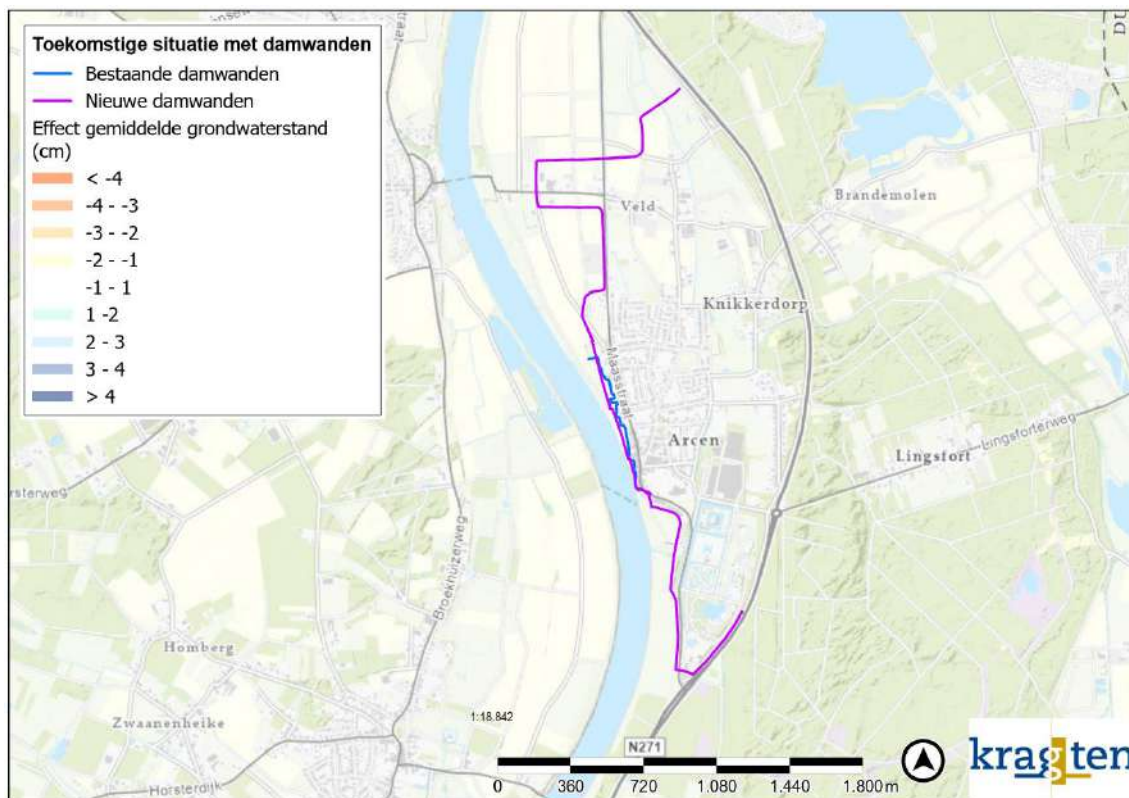




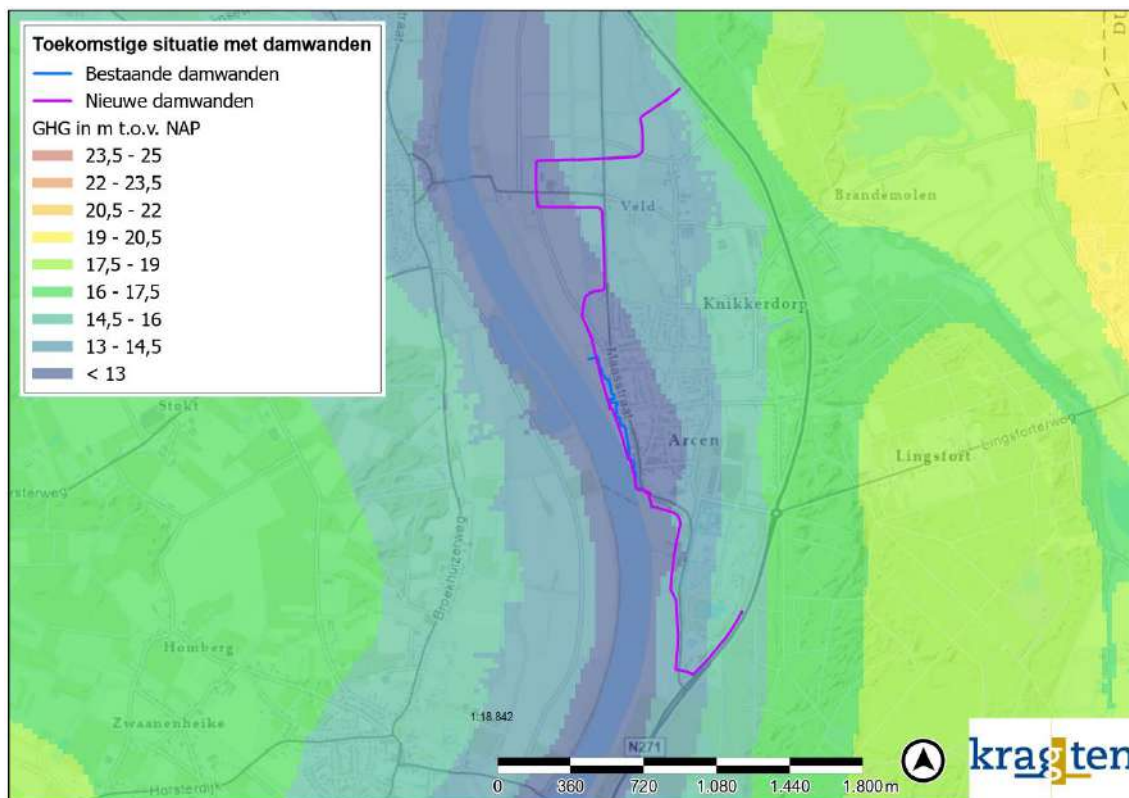
# BIJLAGE

# B

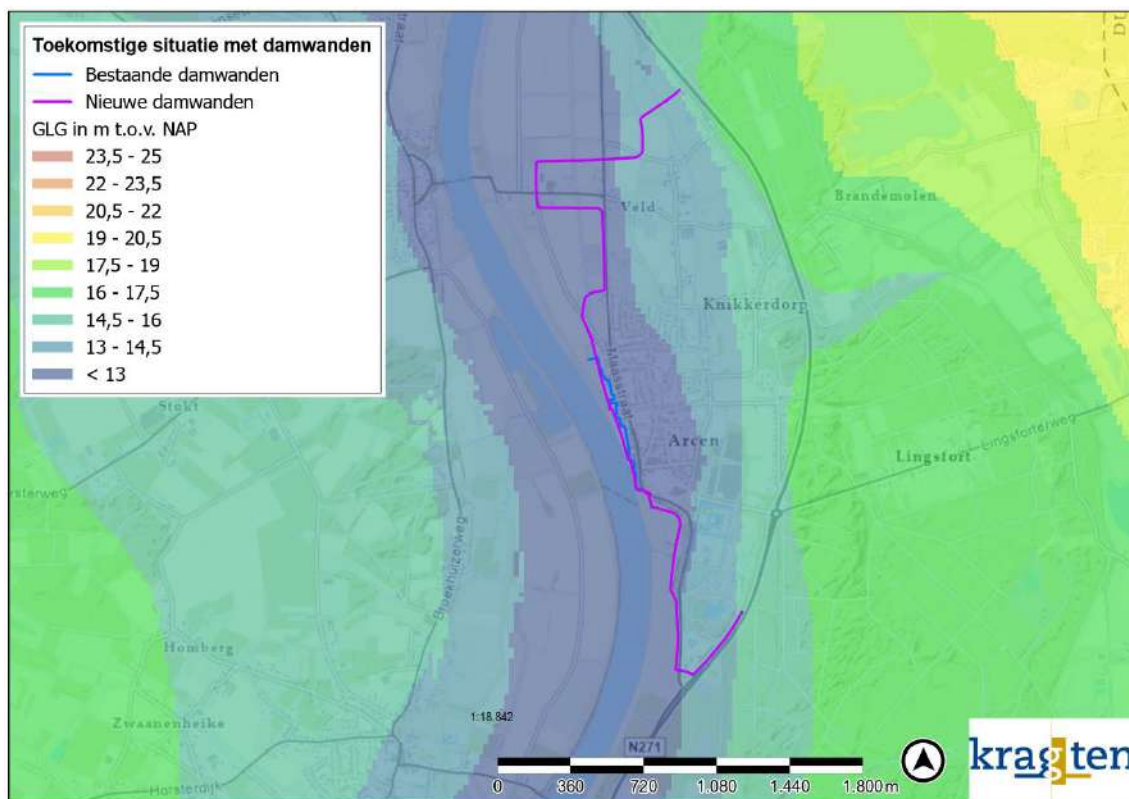
EFFECTEN  
GRONDWATER  
MODEL



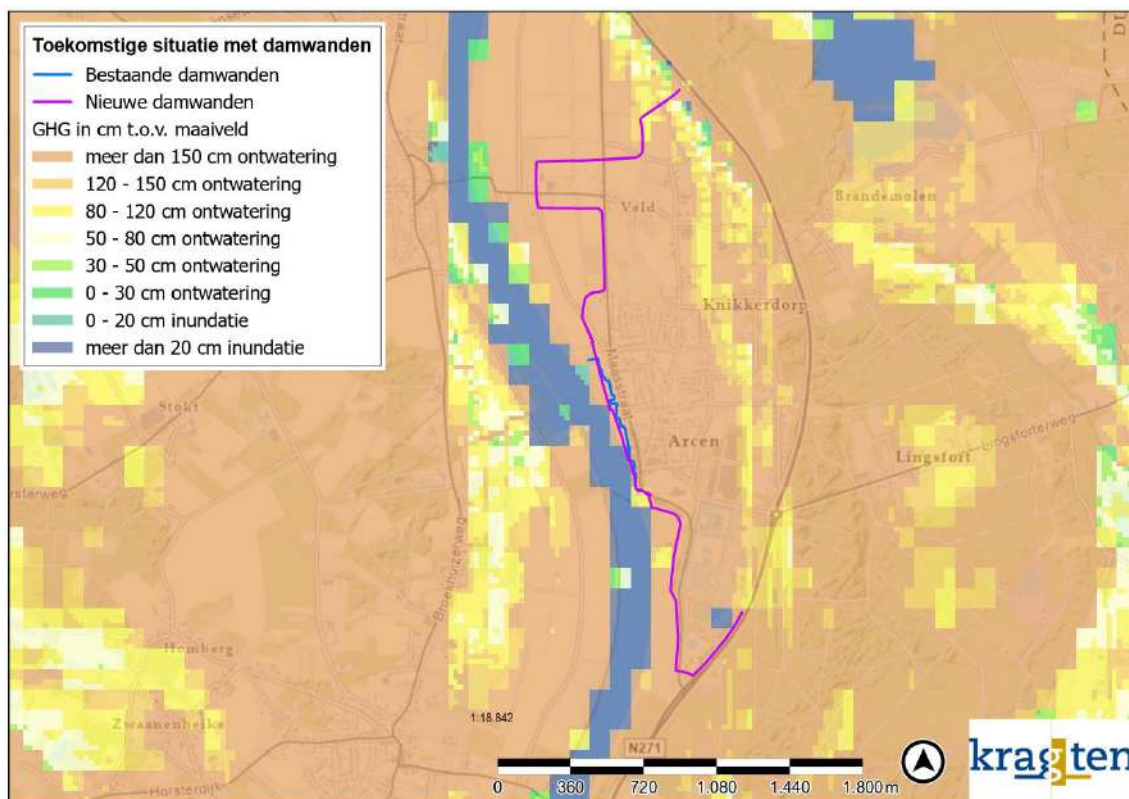
Figuur 3-1: Effect op gemiddelde grondwaterstand laag 1



Figuur 3-2: Toekomstige situatie met nieuwe damwand, GHG laag 1 t.o.v. NAP

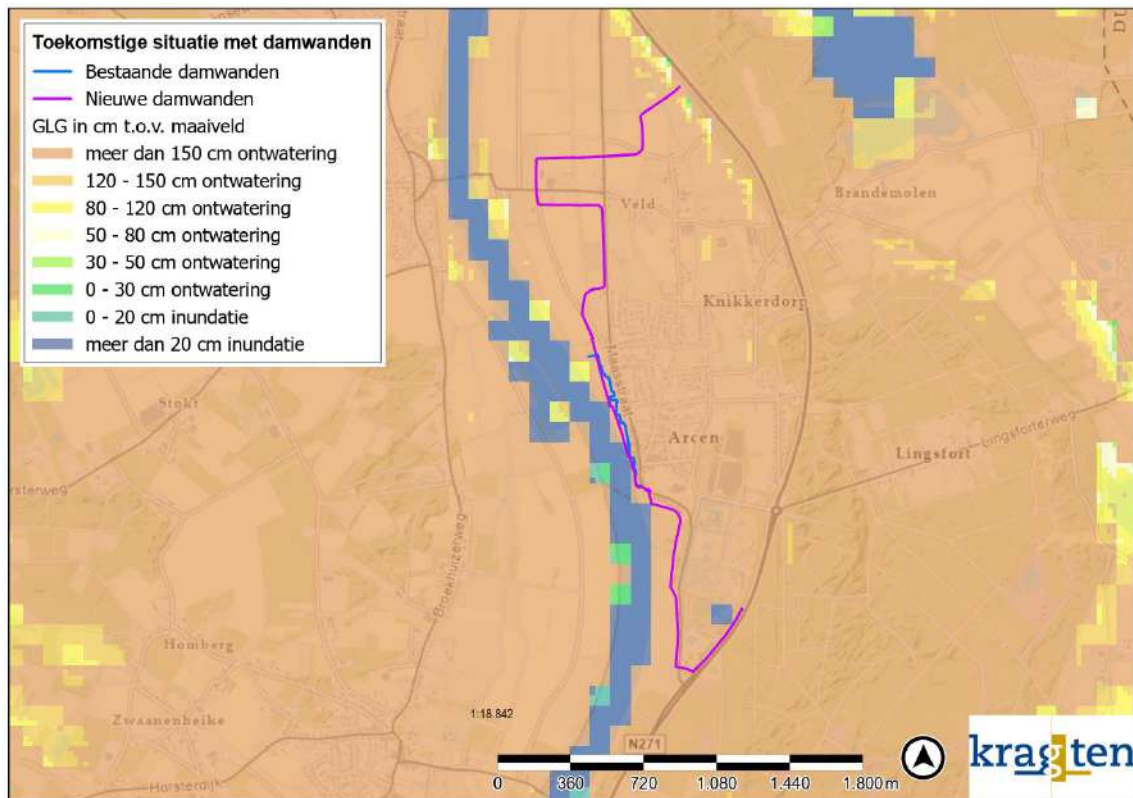


Figuur 3-3: Toekomstige situatie met nieuwe damwand, GLG laag 1 t.o.v. NAP

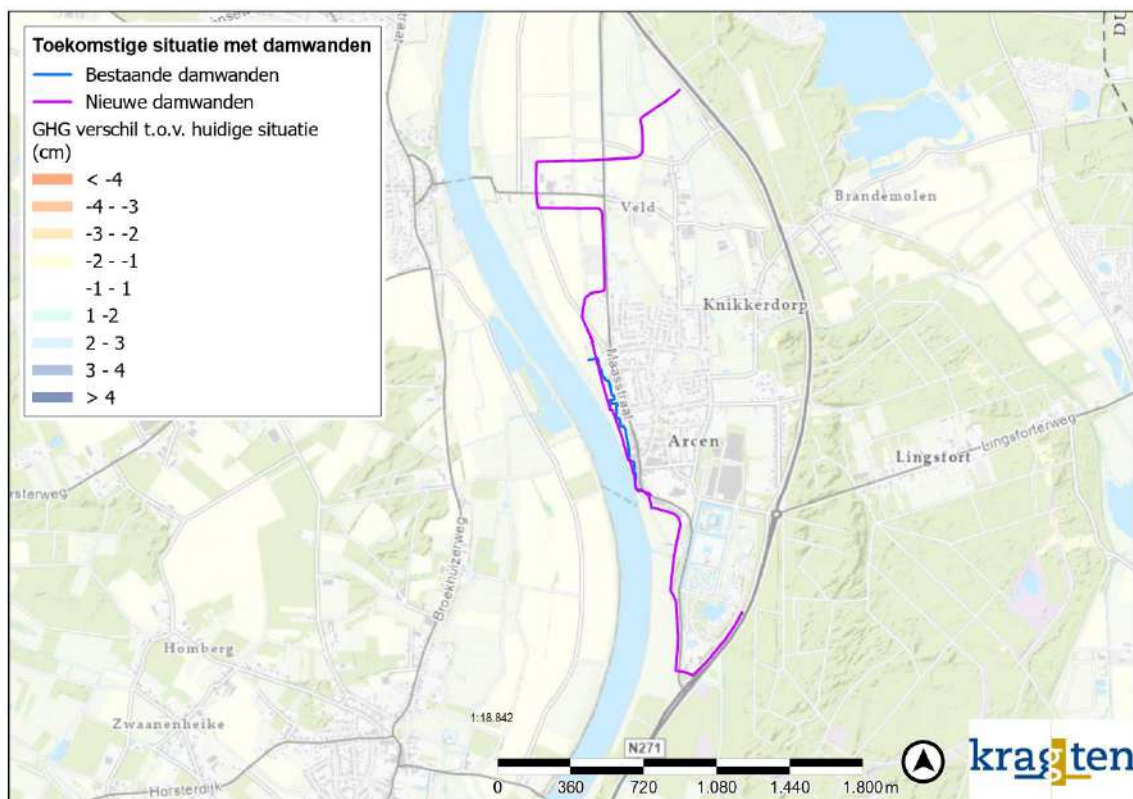


Figuur 3-4: Toekomstige situatie met nieuwe damwand, GHG laag 1 t.o.v. maaiveld



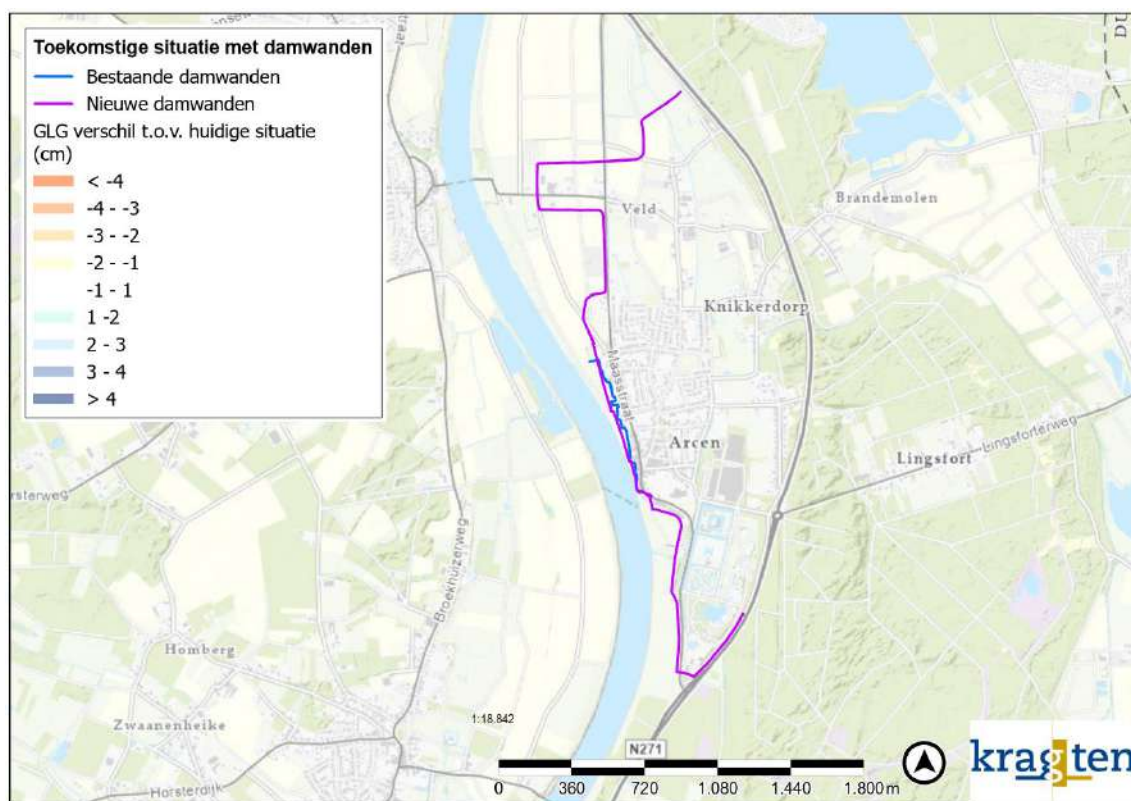


Figuur 3-5: Toekomstige situatie met nieuwe damwand, GLG laag 1 t.o.v. maaiveld



Figuur 3-6: Toekomstige situatie met nieuwe damwand, verschil GHG laag 1





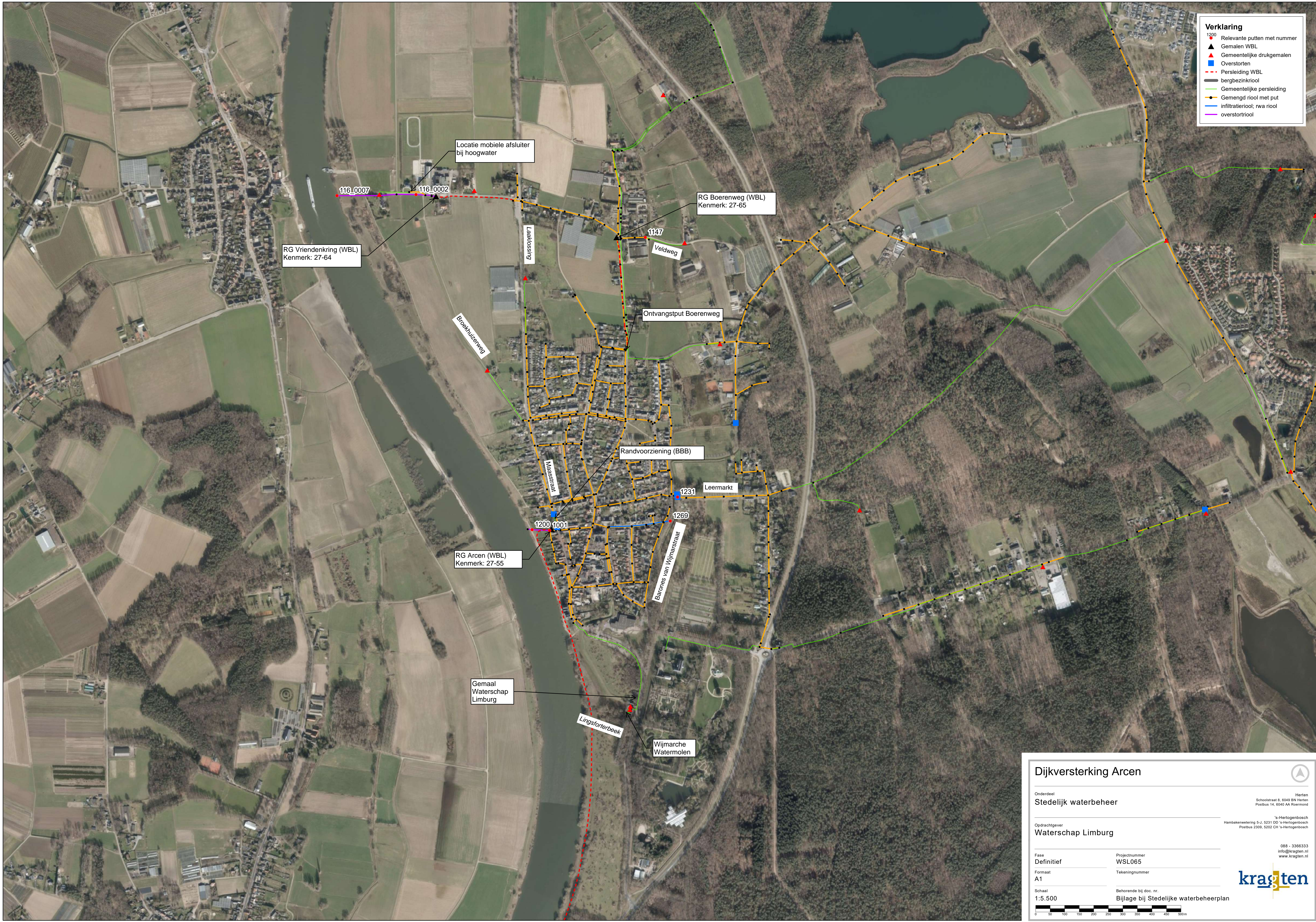
Figuur 3-7: Toekomstige situatie met nieuwe damwand, verschil GLG laag 1

# BIJLAGE

C

OVERZICHTS-  
KAART STEDELIJK  
WATER





- Verklaring**
- 1200 Relevante putten met nummer
  - ▲ Gemeentelijke drukgemalen
  - ▲ Gemeentelijke drukgemalen
  - Overstorten
  - Persleiding WBL
  - bergbezinkriool
  - Gemeentelijke persleiding
  - Gemeind riool met put
  - infiltratieriool; rwa riool
  - overstortriool

RG Vriendenkring (WBL)  
Kenmerk: 27-64

116\_0007    116\_0002

Locatie mobiele afsluiter bij hoogwater

RG Boerenweg (WBL)  
Kenmerk: 27-65

Ontvangstput Boerenweg

RG Arcen (WBL)  
Kenmerk: 27-55

Randvoorziening (BBB)

Gemaal Waterschap Limburg

Wijmarche Watermolen

**Dijkversterking Arcen**

Onderdeel: Stedelijk waterbeheer

Opdrachtgever: Waterschap Limburg

Fase Definitief

Schaal: 1:5.500

Projectnummer: WSL065

Tekeningnummer:

Behorende bij doc. nr. Bijlage bij Stedelijke waterbeheerplan

Herten  
Schoolstraat 8, 6040 BN Herten  
Postbus 14, 6040 AA Roermond

's-Hertogenbosch  
Hambakenweg 5-J, 5231 DD 's-Hertogenbosch  
Postbus 2300, 5202 CH 's-Hertogenbosch

088 - 3366333  
info@kragten.nl  
www.kragten.nl

**kragten**

0 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500m