



DE DRUPPEL

*die de beken
deed overlopen*



**LAND- EN TUINBOUWBOND
LIMBURG
Wateroverlast in het Landelijk Gebied**

Afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem

LAND- EN TUINBOUWBOND LIMBURG

Wateroverlast in het Landelijk Gebied

Afvoercapaciteit van het oppervlaktewatersysteem

Projectnummer:	LTB003
Rapportnummer:	1
Status:	Concept
Datum:	17-01-2017

Opsteller:	
Caspar Cluitmans	

Verificatie:	
Bert Hage	

Validatie:	
Petra Thijs-Spee	

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Achtergrond.....	2
2.1	Voor de ruilverkaveling.....	2
2.2	Tijdens de ruilverkaveling	2
2.3	Na de ruilverkaveling	2
2.3.1	Grondwaterstandsverhoging.....	3
2.3.2	Beek- en natuurherstelprojecten	3
2.3.3	Extensief maaibeheer	3
3	Neerslag	4
3.1	De metingen	4
3.2	De voorspellingen	5
4	Buffering en afvoer	6
4.1	Buffering	6
4.2	Afvoer	6
4.2.1	Weerstand.....	7
4.2.2	Effect van extensief maaibeheer en herinrichting waterlopen.....	7
4.2.3	Dimensies van een beek	9
4.2.4	Dimensionering van beek versus praktijk	10
5	Een watersysteem voor de landbouw	11
5.1	Buffer- en afvoercapaciteit op systeemniveau.....	11
5.2	Buffer- en afvoercapaciteit op beekniveau	12
6	Worst-case scenario	13
7	Conclusie en advies.....	15
8	Referenties	16

Tabellenlijst

Tabel 1: Gewenste doorleggingsnormen of grondwaterpeilen zoals aangegeven in het Nieuw Limburgs Peil.	3
Tabel 2: Algemene gunstige en ongunstige k_{manning} waarden.	7

Afbeeldingenlijst

Afbeelding 1: Grafiek afkomstig uit PBL, 2012. Deze grafiek laat zien dat door de eeuw heen meer neerslag is gemeten.	4
Afbeelding 2: Neerslagintensiteiten gemeten bij station Herwijnen (bron: KNMI).	5
Afbeelding 3: Schematische weergaven van het nat oppervlak.	7
Afbeelding 4: Voorbeeld van niet uniforme groeipatronen in een waterloop.	8
Afbeelding 5: Vereenvoudigde bovenaanzichten van een waterloop. De bovenste laat zien hoe vegetatie in de werkelijkheid kan groeien. De onderste bovenaanzicht laat zien hoe vegetatieweerstand in een model wordt opgenomen.	9
Afbeelding 6: Het berekende dwarsprofiel van de watergang.	10
Afbeelding 7: De praktische uitvoering van de watergang.	10
Afbeelding 8: Schematisch zijaanzicht van een watergang.	11
Afbeelding 9: Metingen afkomstig van een peilbuis in het meetnet van de gemeente Bergen (bron: Kragten).	13

Afbeelding 10: Neerslag bij Arcen voor de periode 29-05-2016 tot en met 02-06-2016.
14

1 Inleiding

Eind mei en begin juni van 2016 is er uitzonderlijk veel neerslag gevallen in Midden- en Noord-Limburg. Deze hevige neerslag viel in het groeiseizoen van de landbouw. De landbouw sector heeft veel schade geleden als gevolg van de hevige neerslag en van beken die buiten hun oevers traden. Op sommige plaatsen in het land viel tot 200 mm neerslag. In het Limburgse Ysselstein viel in die periode zelfs 277 mm (bron: KNMI).

Tijdens dergelijke hevige neerslag speelt de buffer- en afvoercapaciteit van het gehele watersysteem een belangrijke rol. Deze bepalen uiteindelijk de vorm en mate van wateroverlast. Naar aanleiding van de hevige schade heeft de Limburgse Land- en Tuinbouwbond (LLTB) Kragten gevraagd om te onderzoeken welke uitgangspunten en randvoorwaarden voor de landbouw een belangrijke rol spelen in het watersysteem. Het vermoeden is gerezen dat de schematisatie in de hydraulische modellen van het oppervlaktewatersysteem mogelijk ver afstaat van de praktijk. Zeker gezien de diverse ontwikkelingen van de afgelopen twee decennia, waaronder extensivering van onderhoud. Duidelijk is dat de neerslagintensiteiten extreem zijn, de vraag daarbij is of het oppervlaktewatersysteem optimaal functioneert. In dit rapport worden de resultaten van het onderzoek beschreven.

Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt onder andere het maatschappelijk-historisch kader van het Limburgse waterbeheer beschreven. Hierbij richten we ons met name op de ontwikkelingen die geleid hebben naar het hedendaagse waterbeheer. Daarnaast besteden we ook aandacht aan klimaatverandering. In Hoofdstuk 3 richten we ons op de neerslag, op datgene wat gemeten is in de afgelopen tijd, en op datgene wat verwacht wordt dat zal gaan vallen. In Hoofdstuk 4 kijken we naar de aspecten die invloed hebben op de buffer- en afvoercapaciteit van het watersysteem. Hierbij kijken we met name vanuit de landbouwkundige bril naar deze aspecten. In Hoofdstuk 5 bespreken we de aspecten van het watersysteem die van belang zijn voor de landbouw. Het onderwerpen van het watersysteem aan een op de landbouw gerichte stress-test is ons inziens van belang om in het kader van klimaatveranderingen het landbouwbelang te garanderen. Een hiervoor ingerichte worst-case scenario wordt besproken in Hoofdstuk 6. Tot slot leggen we in Hoofdstuk 7 onze conclusie en advies voor.

2 Achtergrond

De visie op het watersysteem is door de tijd heen veranderd. Om de huidige benadering van het watersysteem te begrijpen, is het belangrijk om inzicht te krijgen in de herziening in denken die heeft plaats gevonden. Ten behoeve van de ruilverkaveling en de landbouwverbetering (jaren '60 – '80) is het watersysteem grondig aangepast. Het huidige landbouw- en watersysteem is in belangrijke mate gevormd door ingrepen van destijds. Vanwege deze belangrijke rol die de ruilverkaveling heeft gespeeld, is dit ons startpunt voor onze beschouwing.

2.1 Voor de ruilverkaveling

Voor de ruilverkaveling werd het Limburgse watersysteem maar in beperkte mate aangepast. Destijds vond er echter al ontvening, ontginning en de erbij horende ontwatering plaats. Dit werd destijds echter niet zo omvangrijk gedaan als ten tijde van de ruilverkaveling. Landgebruik werd daarom ook meer afgestemd op wat mogelijk was in het natuurlijke watersysteem. Op de hoger gelegen gronden bevonden zich boomgaarden en akkerbouw. Dit met name omdat de grondwaterstanden daar dergelijk landgebruik toelieten. In de natte beekdalen daarentegen lieten de grondwaterstanden dergelijk landgebruik niet toe. Hier lagen daarom met name weilanden. Ook bevond zich in de natte beekdalen natuur die zich aangepast had op de natte omstandigheden (bijvoorbeeld het Sarsven en de Banen).

2.2 Tijdens de ruilverkaveling

Tijdens de ruilverkaveling werden (landbouw)kavels met elkaar geruild. Op deze manier werden grotere en efficiënter te beheren percelen verkregen. De kleinschalige ambachtelijke landbouw is daardoor omgevormd naar grootschaligere, industriële landbouw. Aanvullend op de ruilverkaveling werd landbouwoptimalisatie/-verbetering doorgevoerd, waarvoor ook het watersysteem grondig werd aangepast. Zo kreeg men naast de beter te beheren landbouwpercelen ook grotere oppervlakten die geschikt waren voor het opgelegde landgebruik.

Beken werden in die periode verdiept, verbreed en gekanaliseerd. Hiermee werd gegarandeerd dat destijds de gewenste ontwateringsdieptes werden behaald. Ook zorgde men hiermee dat voldoende (regen)water afgevoerd kon worden. De landbouw had destijds dus een primair bepalende rol in het waterbeheer. Het waterbeheer als dienend aan de landbouw.

Deze aanpassingen hadden als gevolg dat de grondwaterstand daalde. Op sommige plekken daalde deze zelfs met 1 tot 1,5 meter. Dit zorgde er onder andere voor dat het landgebruik in de natte beekdalen veranderden. Waar voorheen vanwege de geringe grondwaterdieptes alleen weiland mogelijk was, werd nu ook ander landgebruik zoals akkerbouw mogelijk. Een nadelig effect van deze aanpassingen aan het watersysteem was dat kenmerkende natte natuur verdroogde, waaronder de Peelvenen. Het bovengenoemde Sarsven en de Banen, beide gelegen in de Peelregio, zijn hier voorbeelden van.

2.3 Na de ruilverkaveling

De aanpassingen vanuit agrarisch perspectief aan het landschap had enkele negatieve gevolgen op diverse wilde planten- en diersoorten. Onder andere hierdoor kreeg de ruilverkaveling maatschappelijk gezien een slechte naam. Daarom kwam er eind jaren '80 een eind aan dit beleid en volgde allerlei beleidsmaatregelen om de negatieve ontwikkelingen om te buigen.

De hoge prioriteit die binnen het waterbeheer aan landbouw werd gesteld had ervoor gezorgd dat het watersysteem ingrijpend was veranderd. Mede daarom werd in de jaren '90 tot op heden, gezocht naar manieren om de gevolgen van de aanpassingen te mitigeren. Integraal waterbeheer is sindsdien een belangrijke rol gaan spelen. Bij deze vorm van waterbeheer wordt ernaar gestreefd om alle aspecten die invloed hebben op/belangen hebben in het watersysteem tegen elkaar afgewogen worden.

Om de gevolgen van de aanpassingen aan het watersysteem ten tijde van de ruilverkaveling te mitigeren heeft men in Noord- en Midden-Limburg een aantal projecten opgezet:

1. Grondwaterstandsverhoging (Nieuw Limburgs Peil).
2. Beek- en natuurherstelprojecten.
3. Extensief maaibeheer.

2.3.1 Grondwaterstandsverhoging

Ieder waterschap moet een Gewenst Oppervlakte- en Grondwater Regime (GGOR) opstellen. Waterschap Peel en Maasvallei heeft het GGOR opgesteld onder de naam Nieuw Limburgs Peil (NLP). De volgende gewenste droogleggingsnormen zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Gewenste doorleggingsnormen of grondwaterpeilen zoals aangegeven in het Nieuw Limburgs Peil.

Type teelt	Hoog (meters minus maaiveld)	Laag (meters minus maaiveld)
Grasland	0,30	0,80
Akkerbouw	0,50	1,00
Tuinbouw	0,80	1,20
Diepwortelende tuinbouw	1,00	1,20

In het NLP heeft men gezocht naar mogelijkheden voor grondwaterstandsverhoging. Dit had als doel om de (met name) tijdens de ruilverkaveling verdroogde natuur weer te vernatten. Daarnaast heeft het als voordeel voor de landbouw dat tijdens droogtes een grotere grondwaterbuffer is. De bereikte waterstandsverhoging zijn echter beperkt, zeker vergeleken de waterstandsverlagingen die eerder gerealiseerd zijn. De gecombineerde maatregelen van NLP beogen een gemiddeld grondwaterstandsverhoging van 10 à 15 cm. Berekeningen laten zien dat lokaal de grondwaterstanden verhoogd worden met circa 40 tot 50 cm. De hoger gelegen landbouwpercelen ondervinden voordeel van deze verhoging van de grondwaterstand (minder groot risico op droogteschade). De lager gelegen landbouwpercelen zullen als gevolg hiervan meer natschade ondervinden. Dit zijn met name de landbouwpercelen in de buurt van natuurgebieden en in beekdalen. De modelberekeningen laten echter zien dat ook binnen primair landbouwgebied de natschade toe kan/zal nemen. Het waterschap heeft een compensatieregeling voor deze toegenomen natschade (afkopen van natschade).

2.3.2 Beek- en natuurherstelprojecten

Ten behoeve van de ruilverkaveling zijn veel beken gekanaliseerd. Dit was/is een gunstige ontwikkeling voor de landbouw, maar een negatieve voor natuurontwikkeling. Daarnaast zorgt het kanaliseren van beken ervoor dat benedenstroomse gebieden grotere risico's lopen vanwege hoge afvoeren. Daar waar een win-win situatie was/is te behalen voor zowel landbouw als natuur hebben de waterschappen veel beek- en natuurherstelprojecten uitgevoerd sinds de jaren '90. Bij deze projecten probeert men bepaalde trajecten van de beek te herstellen naar zijn natuurlijke loop. Natuur krijgt hierdoor meer ontwikkelmogelijkheden en de waterkwaliteit moet als gevolg hiervan toenemen. Trajecten die men heeft laten hermeanderen houden in principe ook meer water vast. Dit kan in bepaalde gevallen voordelig uitvallen voor bijvoorbeeld gebieden benedenstrooms van het traject dat weer meandert. In sommige situaties heeft een dergelijk traject echter ook invloed op de afvoer van bovenstroomse gebieden (lagere capaciteit).

2.3.3 Extensief maaibeheer

Extensief maaibeheer heeft als doel de ecologische kwaliteit van de beken te verbeteren. Door minder te maaien krijgen de flora en fauna meer mogelijkheden om tot ontwikkeling te komen, met als gevolg een hogere biodiversiteit. De waterkwaliteit moet als gevolg van deze ontwikkelingen ook verbeteren.

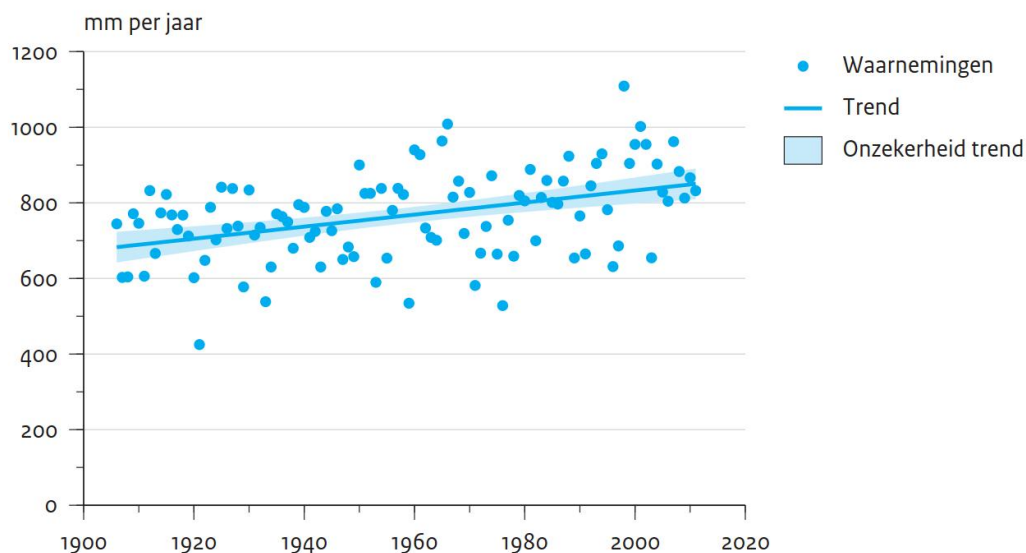
3 Neerslag

Primair is het de neerslag die de eisen stelt aan het oppervlaktewatersysteem. De hoeveelheid neerslag en de intensiteiten van de neerslag zijn de onvermijdelijke factoren die bepalen hoeveel er in een gebied gebufferd en afgevoerd moet worden. In dit hoofdstuk is daarom gekeken naar de ontwikkeling van de neerslag in de afgelopen tientallen jaren. Tevens zijn toekomstverwachtingen bekeken op basis van de huidige kennis van de klimaatverandering.

3.1 De metingen

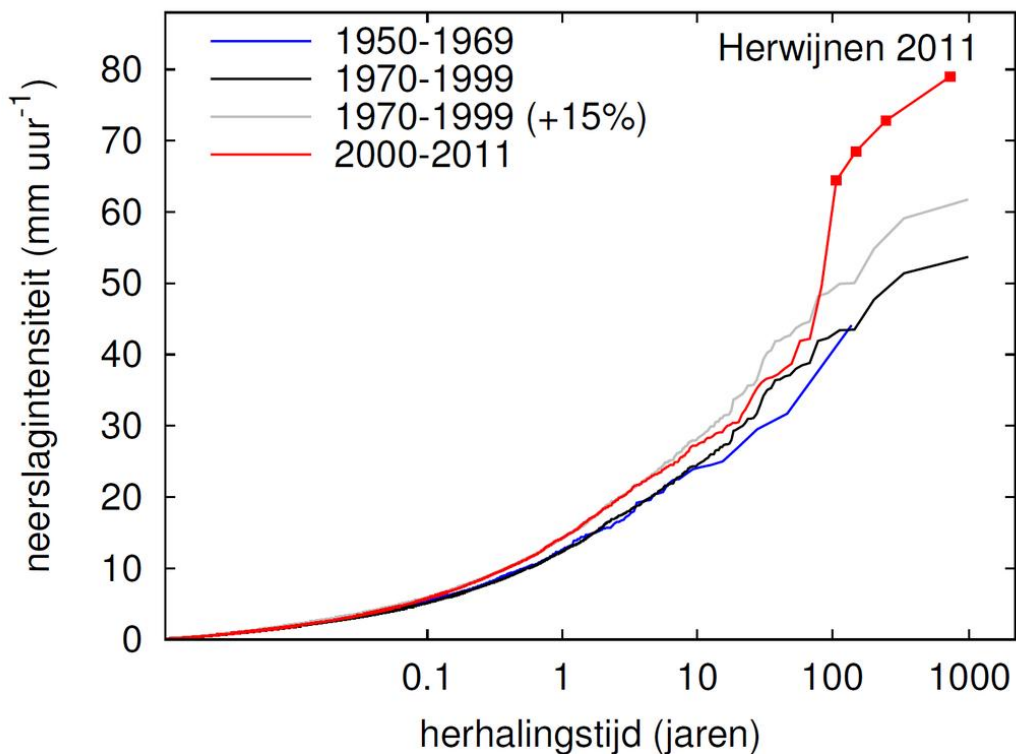
Klimaatverandering zorgt ervoor dat er zowel gemiddeld meer neerslag valt als dat de intensiteit van de buien toeneemt. In Afbeelding 1 is een grafiek te zien (Planbureau voor de Leefomgeving, 2012) die de metingen van neerslag door de 20^{ste} en begin 21^{ste} eeuw heen laat zien.

Afbeelding 1: Grafiek afkomstig uit PBL, 2012. Deze grafiek laat zien dat door de eeuw heen meer neerslag is gemeten.



Afbeelding 1 laat duidelijk zien dat de gemiddelde neerslaghoeveelheid is toegenomen door de tijd heen. Naast deze algemene toename is er ook een trend waarneembaar van toename in intensiteit van de buien. In Afbeelding 2 is een grafiek van het KNMI te zien. Deze grafiek laat op de verticale as de neerslagintensiteit zien (millimeter per uur). Op de horizontale as is te zien wat de herhalingstijd is van die neerslag (in jaren). De blauwe lijn laat de gemeten neerslag in 1950 – 1969 zien. Een bui met een herhalingstijd van eens in de 100 jaar had in die periode een intensiteit van circa 40 mm per uur bij station Herwijnen. De rode lijn, de metingen in de periode 2000 – 2011, laten een sterke toename zien in intensiteit. Een bui met een herhalingstijd van eens in de honderd jaar had destijds een intensiteit van 65 mm per uur.

Afbeelding 2: Neerslagintensiteiten gemeten bij station Herwijnen (bron: KNMI).



De metingen van afgelopen decennia laten dus zien dat zowel de gemiddelde neerslaghoeveelheid als de neerslagintensiteit toeneemt.

3.2 De voorspellingen

Naast de waarneembare (gemeten) toename in hoeveelheid van de neerslag en de intensiteit, laten de KNMI klimaatscenario's zien dat het vermoeden is dat de waarneembare trend nog niet uitontwikkeld is. We geven in deze paragraaf een korte toelichting op de huidige voorspellingen met als horizon 2050.

We weten niet precies hoe het klimaat zich in de toekomst zal ontwikkelen. Daarom heeft het KNMI een viertal scenario's gemaakt. Op basis van deze scenario's is gekeken hoeveel neerslag tegen 2050 te verwachten valt. Voor alle vier de scenario's geldt dat de gemiddelde neerslag in de winterperiode zal toenemen. Afhankelijk van het scenario neemt deze tussen 3 en 17 procent toe in 2050. Het zelfde geldt voor de lente. Men verwacht voor deze periode dat rond 2050 de gemiddelde neerslag hoeveelheid zal toenemen tussen de 2,3 en 11 procent. Voor de zomer verwacht men daarentegen dat er oftewel een kleine toename van neerslag is (maximaal +1,4 procent) of een flinke afname (maximaal -13 procent). Waar men in de winter en in de lente juist meer neerslag verwacht, verwacht men in de zomer juist meer droogte. Met name de lenteperiode is voor dit onderzoek het meest zorgwekkende aspect met het oog op gewasschade.

Op basis van de klimaatscenario's van het KNMI kan men aannemen dat de toekomstige weersomstandigheden voor de landbouw naar alle waarschijnlijkheid ongunstiger worden. Winter en voorjaar worden natter, terwijl de zomer aanzienlijk droger wordt.

4 Buffering en afvoer

De neerslag valt niet te beïnvloeden. Verandering in intensiteit en hoeveelheid, zoals nu het geval is, kunnen we niet veranderen. Daar waar wel invloed op uitgeoefend kan worden is de buffering- en afvoercapaciteit van het watersysteem. In dit hoofdstuk zullen we kijken naar de buffering en afvoer van het watersysteem tijdens hevige neerslag. Met buffering bedoelen we datgene wat het watersysteem lokaal kan opvangen, voordat het verder afgevoerd moet worden richting het benedenstrooms watersysteem. Hierbij zal altijd naar het hele watersysteem gekeken moeten worden. Lokale postzegel maatregelen op perceelniveau hebben weinig nut. Uiteindelijk bepaald de zwakste schakel in het waterstelsel de afvoercapaciteit en de mate van wateroverlast.

4.1 Buffering

Buffering van het watersysteem wordt door een aantal aspecten bepaald. Hierbij moet onderscheidt gemaakt worden op lange termijn buffering en korte termijn buffering. Met lange termijn buffering bedoelen we bijvoorbeeld de mogelijkheid van het watersysteem om overtollig regenwater op te slaan in het grondwaterreservoir. Voor de landbouw wordt de grens van deze lange termijn buffer bepaald door de vereiste ontwateringsdiepten. Het meest evidente voorbeeld van korte termijn buffering is een waterbuffer. Bij een zeer hoge afvoer in de waterloop houdt een dergelijke buffer tijdelijk het overtollig water van een waterloop vast. Vervolgens laat het waterschap het opgevangen water gedoseerd terug de waterloop in stromen.

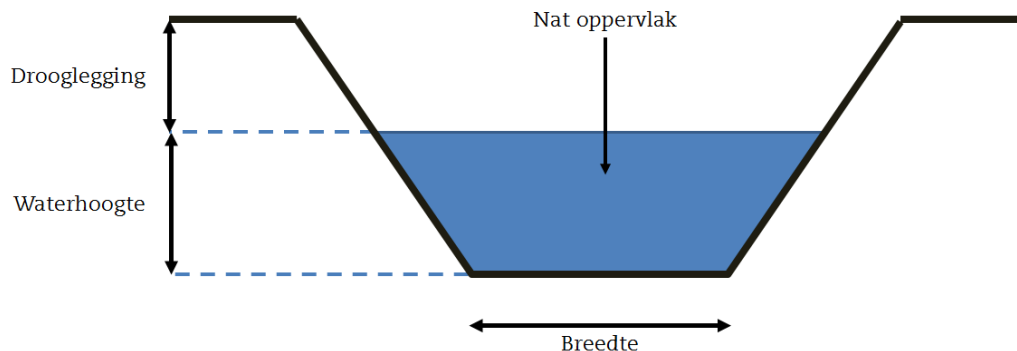
Een minder voor de hand liggende vorm van buffering is vertraagde afvoer. Dat duidt op de capaciteit van het systeem om niet direct alle het regenwater in de waterloop te laten stromen, daarmee bereikend dat de afvoergolf minder groot wordt.

De buffercapaciteit van het landelijk watersysteem wordt ook beïnvloed door de buffercapaciteit van het stedelijk watersysteem. Gemeenten hebben een verantwoordelijkheid voor de regenwaterafvoer van stedelijke gebieden. Er zijn verschillen in ambitie tussen gemeenten. Bij overbelasting van het gemeentelijke stelsel wordt het surplus geloosd op het oppervlaktewaterstelsel. Het landelijke gebied wordt in die gevallen extra belast. Vanuit de landbouw is met de veranderde klimaatsituatie de vraag naar afkoppelen van stedelijk gebied enorm toegenomen. Het is namelijk in het belang van de landbouw dat zo min mogelijk regenwater geloosd wordt op het watersysteem in het landelijke gebied. Zo blijft er meer capaciteit in het beekstelsel over voor de afvoer van regenwater in het landelijk gebied. De gemeentelijke (hemelwater-)stelsels dienen daarom verder te worden geoptimaliseerd.

4.2 Afvoer

Voor het bepalen van de afvoer van een beek kan men de volgende formule hanteren: *afvoer = nat oppervlak X stroomsnelheid*. Het nat oppervlak is het watervoerende deel van de waterloop. In Afbeelding 3 is een schematisatie van het nat oppervlak weergegeven.

Afbeelding 3: Schematische weergaven van het nat oppervlak.



Het natte oppervlak is de resultante van het debiet en de daardoor ontstane waterhoogte.

4.2.1 Weerstand

De ruwheid van de oevers en de bodem van de waterloop heeft een belangrijke invloed op de weerstand van de beek en dus op de stroomsnelheid. Hoe hoger de ruwheid, des te meer wrijving er ontstaat, met als gevolg dat het water langzamer zal gaan stromen. Dit principe is gemakkelijk te visualiseren. Water zal sneller over glad beton stromen (zeer lage ruwheid) dan over vegetatie. Een veel gebruikte term binnen het waterbeheer om de weerstand in een waterloop uit te drukken, is de k_{Manning} . Deze weerstandsfactor maakt van origine onderdeel uit van de formule van Manning, die gebruikt wordt om de stroomsnelheid te bepalen. Hoe hoger de k_{Manning} , des te meer weerstand in de beek en des te langzamer zal het water stromen. In Tabel 2 zijn wat voorbeeld waarden te zien van de k_{Manning} (Nortier & Koning, de, 1994).

Tabel 2: Algemene gunstige en ongunstige k_{Manning} waarden.

Type waterloop	Gunstige k_{Manning}	Ongunstige k_{Manning}
Waterloop uitgegraven in aarde die glad en uniform is afgewerkt	0,017	0,025
Waterloop gebaggerd in aarde	0,025	0,033
Waterloop met aarden bodem, voorzien van steenbestorting langs het talud	0,028	0,035
Schone, rechte regelmatige natuurlijke waterloop	0,025	0,033
Natuurlijke waterloop met enige begroeiing en stenen	0,030	0,040
Bochtige natuurlijke waterloop met diepten en ondiepten	0,033	0,045
Bochtige natuurlijke waterloop met diepten, ondiepten, begroeiing en stenen	0,035	0,050

Wat duidelijk in de bovenstaande tabel te zien is, is dat de weerstand door veel verschillende factoren beïnvloedt kan worden. Type vegetatie, en/of oeverbekleding, maar ook de mate waarin de beek meandert, hebben allemaal een invloed op de weerstand.

4.2.2 Effect van extensief maaibeheer en herinrichting waterlopen

Extensief maaibeheer en de herinrichting van waterlopen hebben invloed op de weerstand van de beek, en dus de afvoercapaciteit. Zoals in 4.2.1 al aangegeven zal de weerstand groter worden wanneer beken meer begroeiing hebben en meer meanderen. Waterschap Peel en Maasvallei heeft bijvoorbeeld vanaf 2007 metingen uitgevoerd om vast te stellen hoe de ruwheid, in de vorm van hydraulische weerstand is toegenomen als gevolg van herinrichting van waterlopen (Coenen & Peerboom, 2009). Hieruit is gebleken dat een heringerichte waterloop die niet wordt onderhouden meer dan drie keer zo ruw is als een betegelde waterloop.

Effect type vegetatie op weerstand

Extensief maaibeheer wordt toegepast om de ecologische kwaliteit van de beken te verbeteren. Er zijn echter een aantal onzekerheden met betrekking tot de effecten van vegetatie op de weerstand, en daarmee dus met de waterveiligheid in de beken. Het type vegetatie dat in een beek groeit bepaald onder andere de mate van weerstand en dus welke k_{manning} gehanteerd moet worden. Er zijn echter vegetatiesoorten die makkelijk mee buigen met de waterstroom wanneer de afvoer toeneemt. Ander vegetatiesoorten zijn stijver en zullen daardoor bij een toename van afvoer niet zo makkelijk mee buigen. Dit type vegetatie zal dus een groter effect hebben op de weerstand dan vegetatie dat makkelijk mee buigt (Verschoren et al., 2014). Kennis van de lokale plantengroei is dus essentieel voor de correcte keuze van een representatieve weerstandswaarde (k_{manning}).

Beplanting die kan leiden tot hoge weerstanden zijn onder andere:

- Riet;
- Struikgroei (wilg);
- Hout els;
- Lisdodde.

Ruimtelijke groeipatronen

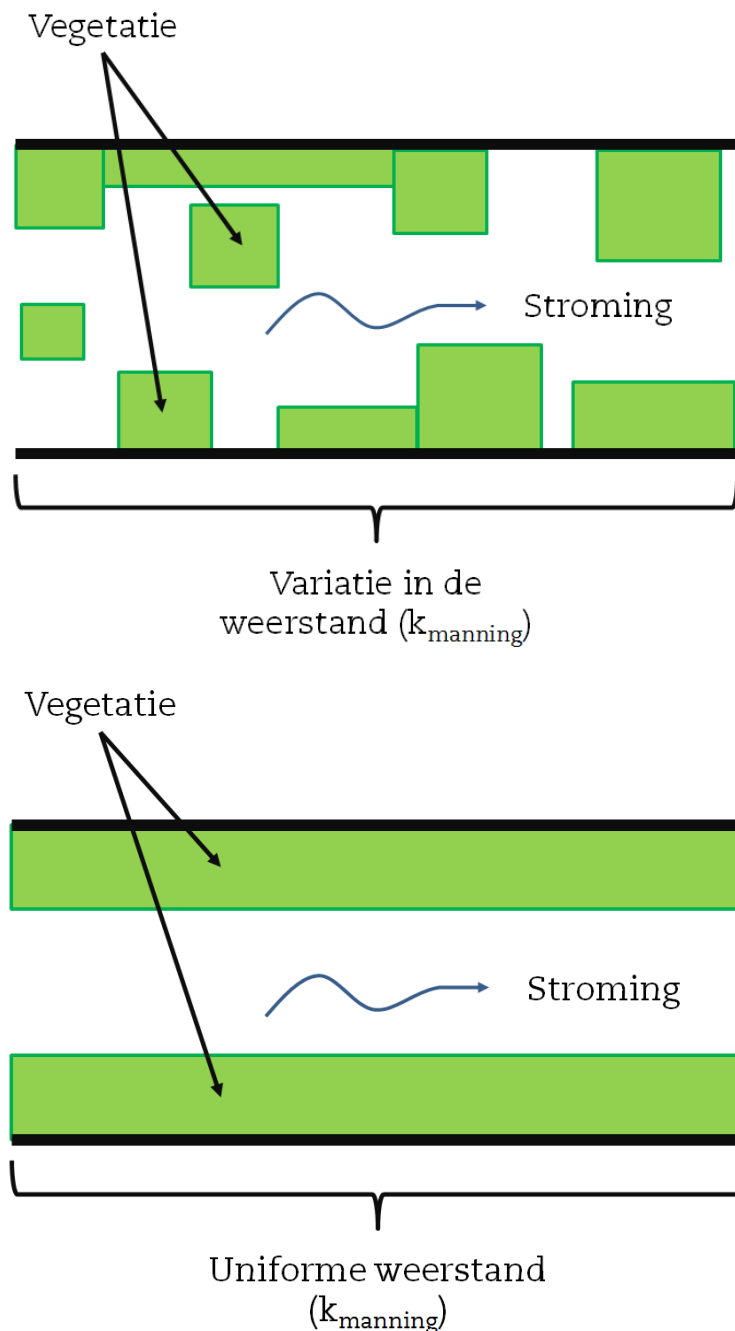
Wanneer vegetatie de vrije hand krijgt in een beek ontstaan niet uniforme groeipatronen. Dat wil zeggen, de vegetatie zal niet overal even hard groeien. Verspreid over de waterloop ontstaat een diversiteit aan vegetatieontwikkeling. Dit betekent dat lokaal de weerstand kan verschillen. Lokale knelpunten als gevolg van deze ruimtelijke groeipatronen kunnen een significante invloed hebben op de totale weerstand van - een sectie van - het beeksysteem (Buis et al., 2013). Een duidelijk voorbeeld van niet uniforme groeipatronen is te zien in Afbeelding 4.

Afbeelding 4: Voorbeeld van niet uniforme groeipatronen in een waterloop.



Dergelijke ruimtelijke groeipatronen in de vegetatieontwikkeling kunnen in de gehanteerde (1D) modellen (waaronder SOBEK) niet gemodelleerd worden. In dit soort modellen wordt daarom aangenomen dat over de te modelleren sectie van de beek de weerstand uniform verdeeld is. Het effect van lokale knelpunten wordt hierdoor niet meegenomen. Zeker wanneer niet gebruikt gemaakt wordt van praktische, lokale gebiedskennis. In Afbeelding 5 hebben we het bovenstaande gevisualiseerd.

Afbeelding 5: Vereenvoudigde bovenaanzichten van een waterloop. De bovenste laat zien hoe vegetatie in de werkelijkheid kan groeien. De onderste bovenaanzicht laat zien hoe vegetatieweerstand in een model wordt opgenomen.



4.2.3 Dimensies van een beek

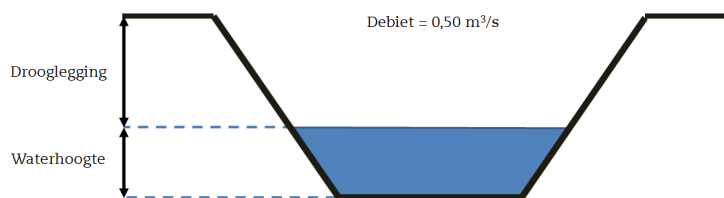
Zoals eerder gesteld is de dimensionering van de waterloop bepalend voor de afvoercapaciteit. Vegetatieontwikkeling in de beek betekent een reductie van de dimensies van de beek. Het gedeelte waar werkelijk water stroomt, en wat dus een belangrijke functie vervult tijdens de afvoer van hevige neerslag, zal veranderen qua vorm (verkleinen). Het totale (legger)profiel zal als gevolg hiervan dan ook van ondergeschikt belang raken ten opzichte van het gedeelte waar het meeste water stroomt (Querner, 1995).

In de legger is vastgelegd wat het profiel van een waterloop is. Als gevolg van sedimentatie, vegetatiegroei en andere autonome ontwikkelingen kan het voorkomen dat het werkelijke profiel van een waterloop niet overeenkomt met het geregistreerde leggerprofiel. Modelleren op basis van daadwerkelijke inmeting van de waterloop is een vereiste om het functioneren ervan bij met name hoge (piek-)afvoeren realistisch te kunnen beoordelen.

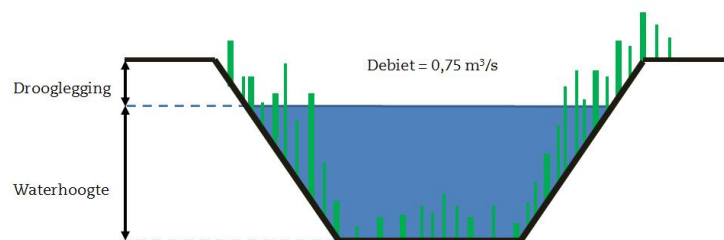
4.2.4 Dimensionering van beek versus praktijk

Het profiel van de beek is in het verleden gedimensioneerd als weergegeven in Afbeelding 6. Hierbij is uitgegaan van een bepaald theoretisch dwarsprofiel met bijbehorend nat oppervlak. Dit nat oppervlak werd onder andere bepaald door een bepaalde afvoer en drooglegging. In de praktijk komen echter hogere afvoeren voor (wat de situatie in mei/juni 2016 aantoont). Daar komt nog bij dat men het maaibeheer op een aantal plaatsen is gaan extensiveren. Als gevolg hiervan komt de praktische uitvoering van een beek vaker in de buurt van Afbeelding 7. Als gevolg hiervan komt de drooglegging dus in gedrang en wordt de situatie voor sommige landbouwpercelen nijpend.

Afbeelding 6: Het berekende dwarsprofiel van de watergang.



Afbeelding 7: De praktische uitvoering van de watergang.



5 Een watersysteem voor de landbouw

De hogere intensiteit en toename van neerslag veroorzaakt steeds vaker inundaties. Het is echter essentieel dat ter plaatse van landbouwgebieden inundatie vanuit beken niet voorkomt. Beeksystemen hebben echter niet altijd voldoende buffer- en afvoercapaciteit om dit te garanderen. Wij kijken daarom eerst op systeem niveau naar hoe beken geschikt gemaakt kunnen worden voor landbouwgebieden. Vervolgens kijken we naar praktische aanpassingen in het veld.

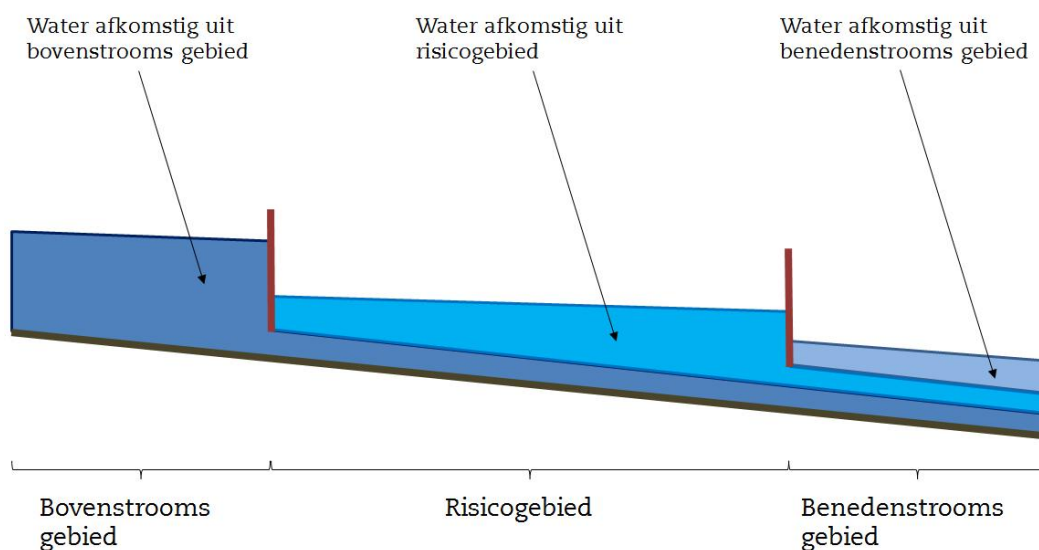
Onderzoek naar de huidige knelpunten in het systeem is nodig om te zien in welke gebieden aanpassingen zijn vereist. Middels het doorrekenen van een op de landbouw gerichte stress-test zou hier meer inzicht in ontstaan (zie Hoofdstuk 6).

5.1 Buffer- en afvoercapaciteit op systeemniveau

Het huidige landbouw systeem is in belangrijke mate gevormd door het (rijks)beleid van de jaren '60 –'80. Dat betekent dus ook dat de landbouw zich ingesteld heeft op een dergelijk hydrologisch systeem. Zowel beleidsverandering ten aanzien van prioritering van de landbouw binnen het watersysteem als klimaatverandering zorgen ervoor dat de buffer- en afvoercapaciteit veranderen. Het gehele watersysteem opnieuw volledig inrichten op de landbouw is niet meer mogelijk (Raad voor Landelijk Gebied, 2001). Een nieuwe, volwaardige plaats opeisen echter wel.

Vanuit hydrologisch oogpunt is het van belang dat het landbouwgebied waar natschade optreedt aangemerkt wordt als risicogebied / knelpunt. Voor deze gebieden moet dan een prioritering komen in de te nemen maatregelen. Idealiter wordt een risicogebied natuurlijk volledig ontzien. Al het overtollig water wat van bovenstroomse zijde komt moet in een dergelijke geval geremd/opgevangen worden. De hoeveelheid water wat vanuit de opvang doorgelaten wordt moet dan afgestemd worden op datgene wat het risicogebied in kwestie zelf kan verwerken. Het kan zijn dat ook in het risicogebied gekeken moet worden om zo veel mogelijk water vast te houden. Dit om risicogebieden verder benedenstrooms te ontzien. In Afbeelding 8 is schematisch het zijaanzicht van een watergang weergegeven. Het bovenbeschreven principe is in deze afbeelding gevisualiseerd. Het bovenstroomse water wordt zoveel mogelijk tegengehouden om het risicogebied te ontzien. Zo wordt in het risicogebied ruimte gecreëerd om het regenwater wat in dat gebied af te voeren. Om benedenstroomse landbouwpercelen te ontzien zal ook gekeken moeten worden of in het risicogebied zelf water vastgehouden kan worden.

Afbeelding 8: Schematisch zijaanzicht van een watergang.



Een systeembenadering hierbij is essentieel. Per gebied moet nauwkeurig gekeken worden hoeveel water er vast gehouden moet worden en hoeveel afgevoerd kan worden. Effectief zijn dit de twee knoppen waaraan gedraaid moet worden om ervoor te zorgen dat het watersysteem beter om kan gaan met hoge afvoeren ten aanzien van de landbouw. Om het optimale balans te vinden zijn onder andere gedegen modelberekeningen nodig om te kijken hoeveel water waar stroomt ten tijde van een extreme neerslag periode. Zie Hoofdstuk 6 voor meer hierover.

5.2 Buffer- en afvoercapaciteit op beekniveau

Middels (gedegen) modelberekeningen kan op systeem niveau worden onderzocht wat in grote lijnen gedaan moet worden om de landbouw te ontzien. Naast deze (essentiële) theoretische benadering zullen ook “in het veld” maatregelen genomen moeten worden om ervoor te zorgen dat risicogebieden ontzien worden. Zowel rigoureuzer onderhoud van de watergangen, als telemetrisch aansturing van stuwen en soortgelijke watersturende kunstwerken kunnen hier een oplossing in bieden.

Rigoureuzer onderhoud in risicogebieden is nodig om de afvoercapaciteit van de watergangen daar te garanderen. Dit betekent dat de watergangen op die locaties periodiek gebaggerd moeten worden. Daar waar extensief maaibeheer wordt toegepast en inundatie voorkomt, kan het nodig zijn om gedurende de groeiperiode toch preventief extra te maaien (periode eind mei/begin juni). Dit betekent dus dat een (politieke) keuze gemaakt moet worden aangaande de prioritering binnen het maaibeheer. Extensivering van het maaibeheer is voordelig om toe te passen eind juni en in augustus. Dit zijn in het algemeen droge periodes. De extra begroeiing in de beken zorgt er in die periode juist voor dat het water wordt vastgehouden.

Daarnaast het is ook van belang dat stuwen versneld neergelaten kunnen worden. Bij het handmatig neerlaten van stuwen bestaat het risico dat er niet snel genoeg gereageerd wordt op plotse hoosbuien. Inundatie kan dan plaats vinden voordat men ter plaatse de stuw heeft verlaagd. Het uitbreiden van het netwerk van op afstand bestuurbare / zelfsturende stuwen vormen hierbij een belangrijk deel van de oplossing. In tegenstelling tot het plaatsen van opvangbekkens zijn dit dus maatregelen gericht op real-time aansturing van het watersysteem tijdens neerslaggebeurtenissen. Het is belangrijk om ervoor te zorgen dat men begint met het plaatsen van de op afstand bestuurbare stuwen in de gebieden waar de risico's voor de landbouw het grootst zijn.

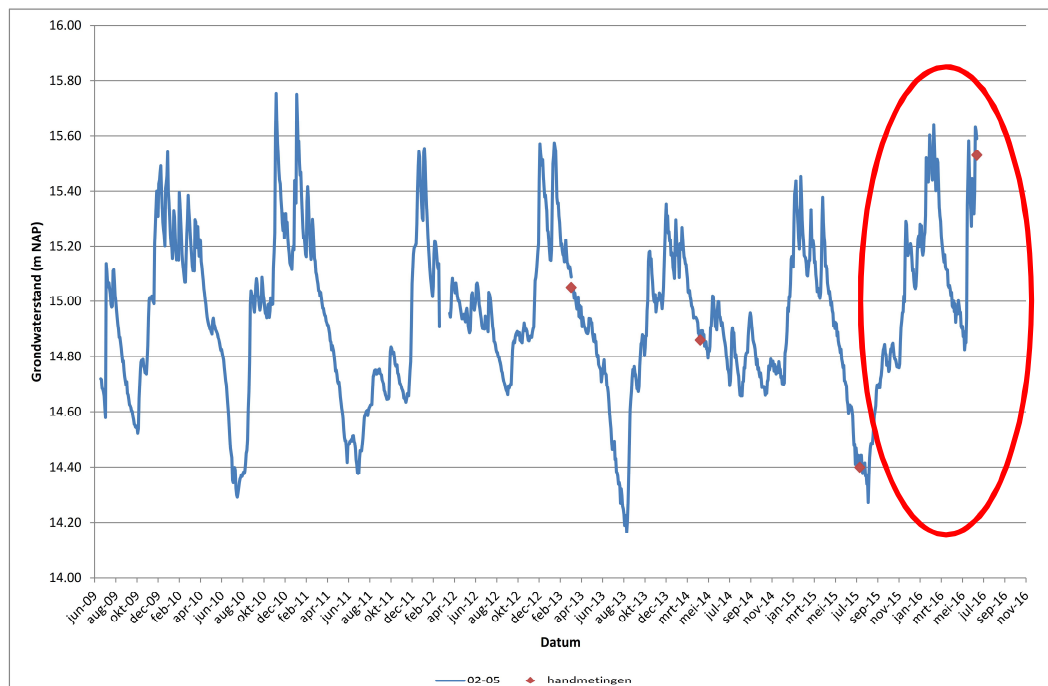
6 Worst-case scenario

Om een beeld te krijgen van de mogelijke knelpunten is het van belang om een worst-case scenario door te rekenen. Bij dergelijke berekeningen voert men een stress-test uit op het systeem. In dit hoofdstuk formuleren we een dergelijke stress-test.

Verzadigd gebied

In mei/juni was het (grond)watersysteem verzadigd voordat de extreme buien vielen. In Afbeelding 9 is een grafiek weergegeven van grondwaterstanden geregistreerd in het meetnet van de gemeente Bergen.

Afbeelding 9: Metingen afkomstig van een peilbuis in het meetnet van de gemeente Bergen (bron: Kragten).



Normaliter bereiken de grondwaterstanden in de winterperiode hun hoogste stand. Vervolgens zakken ze tot hun laagste stand in de eind zomer/begin herfst. Opvallend is dat in 2016 na een korte daling in maart/mei, de grondwaterstanden omhoog schieten naar dezelfde maximale waterstand als in de winter. Gevolg hiervan is dat het watersysteem verzadigd is en dus weinig buffercapaciteit heeft.

Het is dus mogelijk dat in het groeiseizoen “winterse” grondwaterstanden worden bereikt. Daarom adviseren wij om in een worst-case scenario te rekenen met de grondwaterstanden die corresponderen met die van de wintermaanden. Dit zijn dus de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstanden (GHG).

Neerslag

Voor de neerslag adviseren we te kijken naar de neerslaggebeurtenissen die plaats hebben gevonden in mei/juni 2016. In Midden- en Noord-Limburg, de gebieden die destijds hard zijn getroffen door wateroverlast, bevinden zich twee KNMI neerslagstations (Arcen en Ell). We hebben de neerslagreeks van beide stations geanalyseerd voor het definiëren van neerslaggebeurtenissen die bij deze worst-case scenario hoort. Door gebruik te maken van twee KNMI stations zorgen we ervoor dat we een beeld krijgen van de ruimtelijke variabiliteit van de neerslag.

Op de eerste plaats hebben we neerslaggebeurtenissen gedefinieerd. Een neerslag gebeurtenis hebben we gedefinieerd als neerslag momenten met daartussen droge periodes die niet langer zijn dan 24 uur. Een neerslaggebeurtenis kan dus bestaan uit meerdere buien die elkaar opvolgen.

Op 29/30 mei en 1/2 juni zijn volgens bovenstaande definitie twee neerslaggebeurtenissen geregistreerd bij zowel station Ell als Arcen. Bij Arcen zijn de volgende hoeveelheden gevallen:

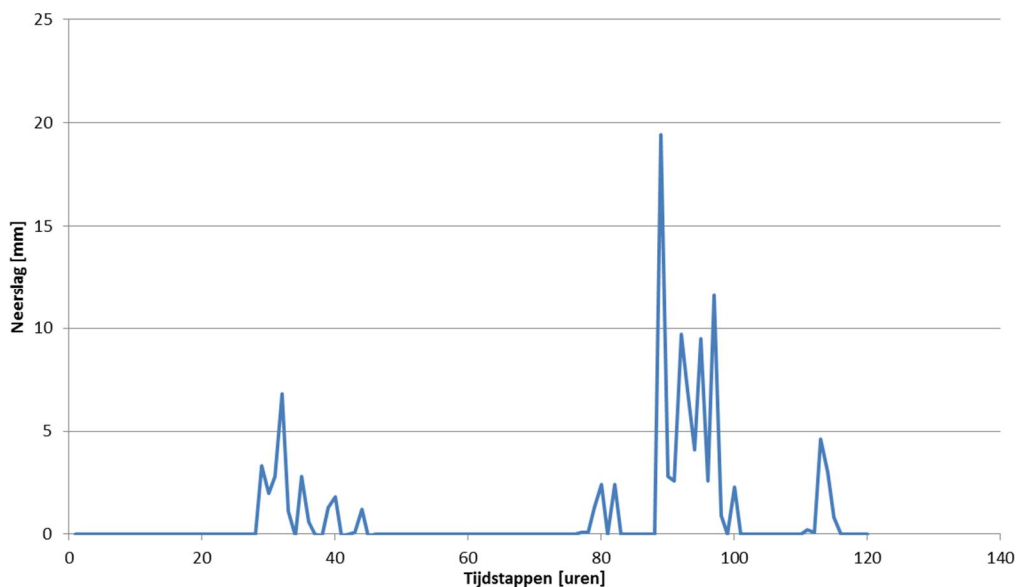
- 30 mei: 23,8 mm in 15,1 uur;
- 1/2 juni: 87,5 mm in 38,1 uur.

Bij neerslagstation Ell zijn de volgende neerslaggebeurtenissen geregistreerd:

- 29/30 mei: 40,6 mm in 29,1 uur;
- 1/2 juni: 57,9 mm in 38,1 uur.

Bij Arcen is tijdens de neerslaggebeurtenis van 1/2 juni de meeste neerslag geregistreerd. Op basis van het Cultuurtechnisch Vadamecum is bepaald dat deze neerslaggebeurtenis grofweg correspondeert met een neerslaggebeurtenis met een herhalingsjijd van eens in de 45 jaar.

Afbeelding 10: Neerslag bij Arcen voor de periode 29-05-2016 tot en met 02-06-2016.



Het KNMI voorspelt dat in het meest ongunstige scenario de neerslag met 17 procent kan toenemen. Dit gecombineerd met bovenstaande bevindingen ten aanzien van de neerslag leidt er toe dat wij adviseren om voor de worst-case scenario een $T = 45 + 17\%$ neerslaggebeurtenis te hanteren.

Vegetatie in de waterloop

We adviseren om in de worst-case scenario ervan uit te gaan dat daar waar extensief maaibeheer wordt toegepast er niet tijdig gemaaid is. Dit betekent dat de waterloop dus een hogere ruwheid heeft.

7 Conclusie en advies

Een veranderend klimaat met een significante toename qua neerslaghoeveelheid en buitensiteiten betekent dat we geconfronteerd zijn met een nieuwe situatie. In de huidige verdeling van verantwoordelijkheden wordt de landbouw het meest hard getroffen. Het bestaande retentiebeleid in de watersystemen is daarom aan een herziening toe.

Gebleken is dat alleen al door klimaatverandering het bestaande oppervlaktewaterstelsel niet in staat is schade te voorkomen. Het landbouwsysteem is ingericht op de hydrologische situatie die de norm was ten tijde van de ruilverkaveling. Vanaf de jaren negentig is vanuit een beleidsmatig oogpunt het watersysteem complexer geworden. Zowel klimaatverandering als de volwaardige rol die de natuur heeft opgeëist zorgen ervoor dat de landbouwsector heeft moeten inboeten. Er moet daarom een nieuw balans gezocht worden in het watersysteem, zodat de belangrijke rol van de landbouw in de nieuwe situatie gewaarborgd blijft. In de zoektocht naar dit nieuwe balans zijn de volgende punten van belang:

- Aanscherping van bestaande modellen en het doorrekenen van worst-case scenario. Verdere aanscherping zorgt ervoor dat de impact van andere omgevingsfactoren op het watersysteem, en hun relatie met de landbouw, nog nauwkeurig in kaart worden gebracht. Deze toegenomen nauwkeurigheid zorgt ervoor dat een optimaler balans gevonden kan worden tussen de diverse sectoren (natuur, landbouw, stedelijk watersysteem, etc.).
- Real-time sturing van het watersysteem.
- In risicogebieden de afvoercapaciteit van de watergangen garanderen door te baggeren en mogelijk intensiever maaibeheer toe te passen.
- De klimaatverandering vergroot de urgentie van het afkoppelen in stedelijk gebied. Hierdoor zal de belasting van het stedelijk gebied op het buitengebied, zowel landbouw als natuur, minder groot worden. Herzien van het ambitieniveau voor het afkoppelen van stedelijke gebieden en voortgang in de realisatie van afkoppelplannen is noodzakelijk.

8 Referenties

Buis et al., 2013, *'The effect of spatial distribution of vegetation in lowland streams on hydraulic resistance'*, Conferentie: HydroEco.

Coenen & Peerboom, 2009, *'Inspelen op weerstand'*, H₂O, 2009 nummer 8.

PBL, 2012, *'Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012'*

Nortier & Koning, de, 1994, *'Toegepaste vloeistofmechanica – hydraulica voor waterbouwkundigen'*, Stam Techniek, zevende druk, derde oplage.

Raad voor het Landelijk Gebied, 2001, *'Bergen met Beleid – Signaaladvies over de implementatie van waterberging en waterbuffering in beleid en uitvoeringsplannen'*, publicatie RLG 01/4.

Verschoren et al., 2014, *'Resistance and reconfiguration of natural flexible submerged vegetation in hydrodynamic river modelling'*, Environmental Fluid Mechanics.

Querner, E., 1995, *'De stromingsweerstand en de berekening van de afvoer in begroeide waterlopen'*, Het Waterschap, 1995 nummer 9.