



Ronny Vergouwe, Ingenieursbureau BCC
 Heino Niewold, Ingenieursbureau BCC
 Nico ten Heggeler, Waterschap De Dommel
 Jeroen Tempelaars, Waterschap De Dommel

Beekherstel in Brabant, enkele effecten op het afvoerpatroon

In zijn waterbeheerplan formuleert Waterschap De Dommel beleid voor herstel van beeksystemen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het opnieuw laten meanderen van genormaliseerde beektrajecten. Naast het verlengen van het beektraject betekent beekherstel veelal het verkleinen van de dimensies van de beek en het verwijderen van stuwen. Deze ingrepen hebben effect op het afvoerpatroon. Over deze effecten is echter nog relatief weinig bekend. Om hier meer inzicht in te krijgen, is een studie uitgevoerd.



Afb. 1: Ligging geselecteerde deeltrajecten.

Het eerste deelonderzoek moest met behulp van modellering inzicht geven in de effecten van beekherstel op het afvoerpatroon van een bepaald traject. Hiervoor zijn er drie geselecteerd: de Tongelreep, Raamsloop en de Reusel (zie afbeelding 1).

Tabel 1. Dimensies Raamsloop voor de huidige situatie en de situatie na beekherstel.

Raamsloop	huidig	streefbeeld
trajectlengte (m)	3.782	5.098
bodembreedte (m)	2,0-3,0	0,9
diepte watergang (m)	2,1-4,1	1,9-2,8
talud (-)	1,2	1,0
sinuositeit (-)	1,11	1,5
verhang (m/km)	0,71	0,53

Voor het bepalen van de effecten van de herinrichting van de beektrajecten op het afvoerpatroon is gebruik gemaakt van SOBEK-1D2D¹⁾, een combinatie van Channel Flow (ééndimensionaal) en Overland Flow (tweedimensionaal). SOBEK-1D2D is een programma om het gedrag van een watersysteem te simuleren waarbij zich overstromingen over land voordoen. De koppeling biedt de mogelijkheid de beken te schematiseren met daarin de dwarsprofielen en kunstwerken. Het effect dat optreedt als gevolg van het beekherstel (overstroming, meestromende berging en berging in lokale depressies) is tweedimensionaal in beeld gebracht. Het model maakt gebruik van het Aktueel Hoogtebestand Nederland (AHN), dat is opgeschaald naar een resolutie van 25 x 25 meter en van het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN), op basis waarvan de ruwheid van het maaiveld is bepaald.

Van de drie geselecteerde beektrajecten zijn met het modelinstrumentarium modellen

gemaakt van de huidige en de situatie na beekherstel. Om de situatie na beekherstel te bepalen is gebruik gemaakt van literatuur, streefbeelden²⁾ en bekende oude profielen van de beektrajecten van voor de ruilverkaveling. Aangezien niet bekend is welke inrichting de beekdalen krijgen na beekherstel, is voor deze situatie hetzelfde landgebruik aangehouden als voor de huidige situatie.

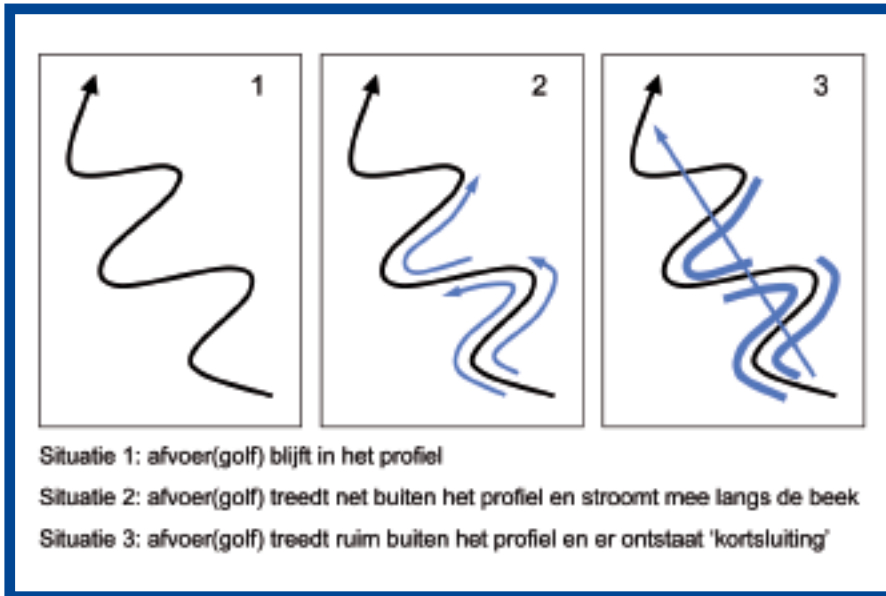
In de tabellen 1 en 2 zijn de dimensies van de Raamsloop en Tongelreep in de huidige en de situatie na beekherstel (streefbeeld) weergegeven. De Reusel is in dit artikel verder buiten beschouwing gelaten, omdat diverse factoren, zoals een automatische stuw, de bijdrage en de locatie van de Voorste Stroom (een laterale instroom) de resultaten sterk hebben beïnvloed.

Hypothese en scenario's

Door het aanpassen van de dimensies, het verlengen van de beek en het verwijderen van stuwen neemt de afvoercapaciteit

Tabel 2. Dimensies Tongelreep voor de huidige situatie en de situatie na beekherstel.

Tongelreep	bovenstrooms		middenloop		benedenstrooms	
	huidig	streefbeeld	huidig	streefbeeld	huidig	streefbeeld
trajectlengte (m)	8.201	12.504	5.551	7.876	1.272	1.493
bodembreedte (m)	7,06	2,95-3,01	5,3	3,01-3,58	5,84	3,58-3,70
diepte watergang (m)	1,21-3,55	1,45	0,49-3,27	1,5	1,23-1,78	1,55
talud (-)	variabel	1,3	variabel	1,3	variabel	1,3
sinuositeit (-)	1,05	1,6	1,06	1,5	1,28	1,5
verhang (m/km)	0,81	0,44	0,49	0,45	0,80	0,46



Afb. 2: Drie verschillende afvoergolven.

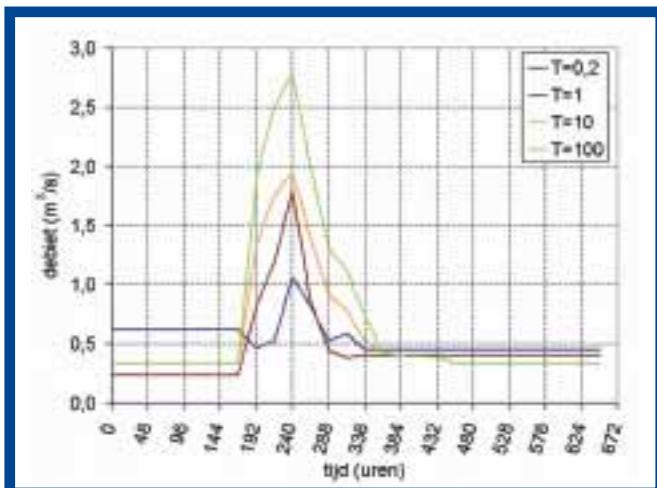
af en zal de beek vanaf een lagere afvoer buiten haar oevers treden en het maaiveld overstroomt. Bij relatief lage afvoeren zal het water binnen het (nieuwe) beekprofiel blijven. Doordat het water een langere weg moet afleggen, is de verwachting dat de afvoer(peak) vertraagd en/of gedempt tot afstroming zal komen. Hierbij is verondersteld dat, wanneer het water buiten het

beekprofiel treedt, lokale depressies en onregelmatigheden ervoor zullen zorgen dat een deel van het water niet of vertraagd tot afstroming komt. Dit tijdelijke bergen heeft eveneens tot gevolg dat de (afvoer)piek wordt gereduceerd en/of vertraagd. Naast dit effect zal een deel van het water over het maaiveld gaan meestromen (meestromende berging). Op het maaiveld zal het water

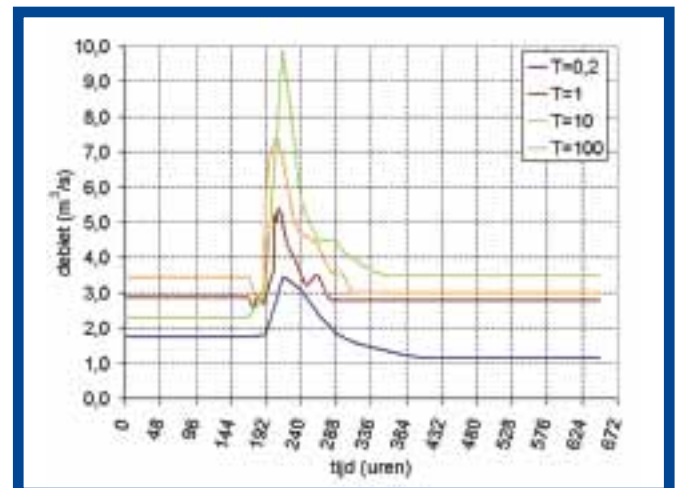
Tabel 3. Reductie (%) en vertraging (u) van de afvoerpiek voor drie beektrajecten.

	Raamsloop		Tongelreep	
	reductie afvoerpiek	vertraging afvoerpiek	reductie afvoerpiek	vertraging afvoerpiek
totale oppervlakte stroomgebied	2.100 ha		15.000 ha	
totale beekdallengte	10 km		20 km	
huidige lengte deeltraject	3,7 km		15 km	
streefbeeldlengte	5,1 km		21,9 km	
afvoersituatie				
5x per jaar (T = 0,2)	14%	24 uur	4%	15 uur
1x per jaar (T = 1)	12%	17 uur	12%	17 uur
1x per 10 jaar (T = 10)	2%	10 uur	8%	11 uur
1x per 100 jaar (T = 100)	0,5%	8 uur	11%	6 uur

Afb. 3: Afvoergolven met herhalingsijd (1/jr) voor de Raamsloop.



Afb. 4: Afvoergolven met herhalingsijd (1/jr) voor de Tongelreep.



meer weerstand ondervinden, waardoor de afvoer(peak) wordt gedempt en/of vertraagd. Bij extreem hoge afvoeren kan 'kortsluiting' optreden wanneer een groot deel van het water niet meer de weg van het beekprofiel volgt, maar bochten gaat afsnijden via het maaiveld (zie afbeelding 2).

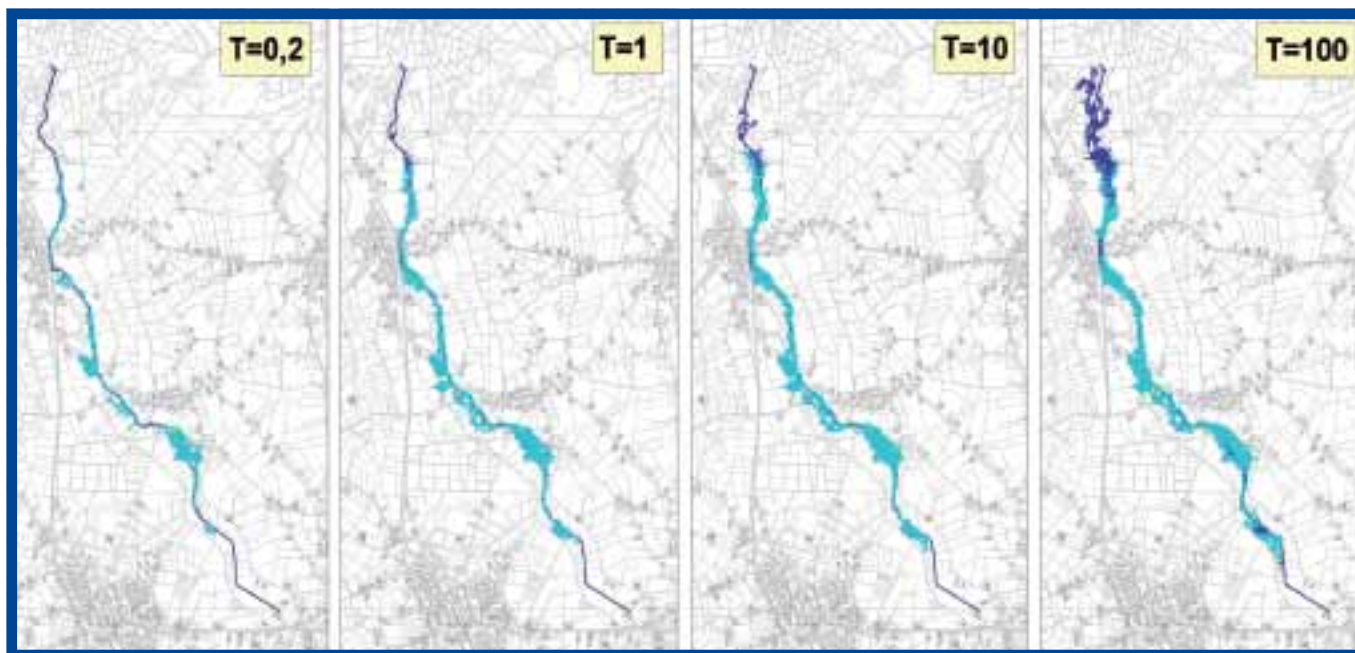
Wanneer welk effect optreedt, is onder andere afhankelijk van de optredende afvoergolf. Om deze reden zijn vier afvoersituaties doorgerekend: een afvoersituatie die circa vijf keer per jaar optreedt (T = 0,2), één keer per jaar (T = 1), één keer per tien jaar (T = 10) en één keer per 100 jaar (T = 100). Om hier invulling aan te geven, zijn uit de afvoermeeptreksen van de huidige situatie afvoergolven geselecteerd waarvan de piekafvoer een frequentie heeft van respectievelijk vijf keer per jaar, één keer per jaar en één keer per tien jaar. De afvoergolf met een herhalingsijd van 100 jaar is gebaseerd op stochastische berekeningen met het regionale waterbergingsmodel van het waterschap (zie afbeelding 3 en 4).

Resultaten

Bij het zoeken naar de effecten van beekherstel op het afvoerpatroon hebben wij ons geconcentreerd op de vertraging van de afvoerpiek en de reductie van de afvoerpiek ten opzichte van de huidige situatie. Die vertraging is direct benedenstrooms van het herstelde traject bepaald. Deze zijn voor de verschillende beektrajecten weergegeven in tabel 3.

Raamsloop

Uit de berekeningen blijkt dat de mate van reductie en de vertraging van de afvoerpiek sterk afhangt van de afvoersituatie (zie tabel 3). Over een relatief kort traject is een behoorlijke reductie van de afvoerpiek berekend voor de afvoersituaties T = 0,2 en T = 1. Voor de afvoersituaties T = 10 en T = 100 bedraagt de reductie slechts respectievelijk twee procent en een half procent. Ook de vertraging van de afvoerpiek is het grootst voor de T = 0,2 afvoersituatie (24 uur) en het kleinst voor de T = 100 afvoersituatie (8 uur). De verklaring voor de relatief grote reductie en vertraging van de afvoerpiek voor de afvoersituaties T = 0,2 en T = 1 wordt gezocht in de optredende overstromingen



Afb. 5: Overstroming langs de Raamsloop voor en na beekherstel per afvoersituatie.

langs de Raamsloop gecombineerd met de lengtetoe name van de beek (kleiner verhang). Afbeelding 5 geeft de maximale overstroming langs de Raamsloop weer voor de huidige situatie (donkerblauw). Het in lichtblauw weergegeven gebied overstroomt extra als gevolg van de beekaanpassing. De maximale overstroming is het gebied dat als gevolg van een afvoersituatie 'nat' wordt.

Reeds bij de $T = 0,2$ afvoersituatie treedt de beek in de situatie na herstel voor een groot deel buiten haar oevers en wordt water geborgen op het maaiveld. In de huidige situatie gebeurt dit nauwelijks. Dit in combinatie met het beperkte volume van de afvoergolf ($T = 0,2$) levert een grote reductie/vertraging op. Ook voor de $T = 1$ situatie neemt de overstroming fors toe ten opzichte van de $T = 0,2$ situatie, terwijl in de huidige situatie nog weinig overstroming optreedt. Voor de situaties $T = 10$ en $T = 100$ neemt de overstroming (areaal) nauwelijks toe ten opzichte van de $T = 1$ situatie. Daarnaast is het volume van de afvoergolf groter en vindt in de huidige situatie bij dergelijke afvoersituaties reeds overstroming

plaats (donkerblauw), waardoor het verschil tussen de situatie voor en na beekherstel kleiner wordt. De afvoer van water via het beekdal waarin processen als 'kortsluiting' voorkomen, nemen voor de Raamsloop in de situatie na beekherstel het hoofd deel van de afvoer voor haar rekening ten opzichte van de afvoer via de beek.

In afbeelding 6 is de afvoer van de beek ten opzichte van de afvoer via het beekdal weergegeven voor de huidige situatie en de situatie na beekherstel ($T = 0,2$ en $T = 100$) op een willekeurige locatie in de beek.

Tongelreep

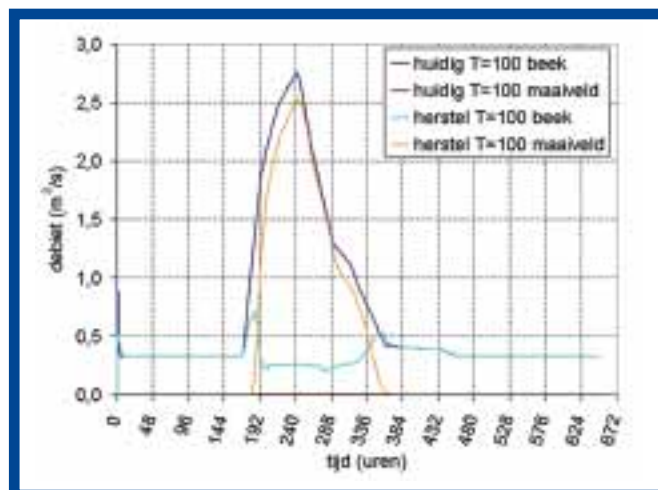
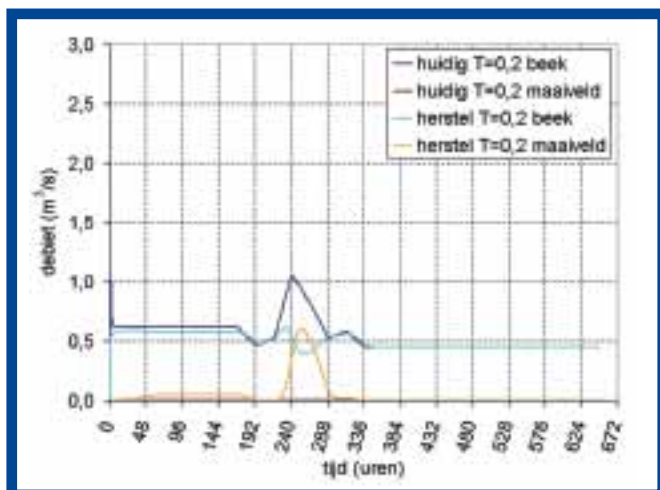
In tegenstelling tot de Raamsloop bestaat voor de Tongelreep geen eenduidig verband tussen de afvoersituatie en de mate van reductie en vertraging van de afvoerpiek. In eerste instantie neemt de reductie van de afvoerpiek toe van vier procent voor $T = 0,2$ naar twaalf procent voor $T = 1$. Tevens neemt bij een toename van de afvoer de vertraging van de afvoerpiek toe. De verklaring voor de toename van de reductie en de vertraging wordt gezocht in het feit dat voor de afvoersituaties $T = 0,2$ en $T = 1$ nog

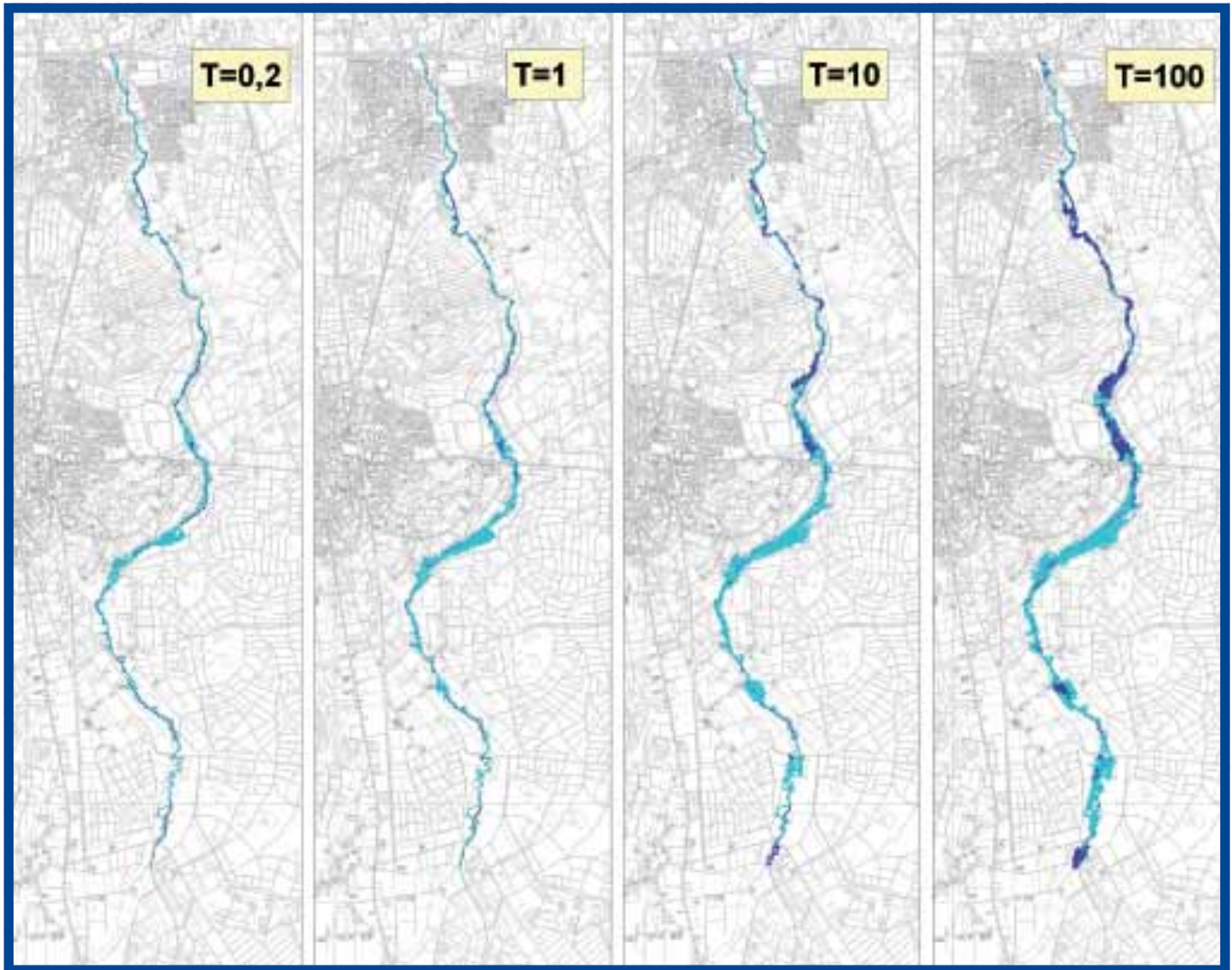
relatief veel water door de beek stroomt en weinig meestromende berging optreedt (zie afbeelding 7). Het verlengen van de beek heeft voor de Tongelreep dus een groot effect op de reductie en de vertraging van de afvoerpiek voor de afvoersituaties $T = 0,2$ en $T = 1$.

Voor $T = 10$ neemt de reductie en de vertraging van de afvoerpiek echter niet toe ten opzichte van de $T = 1$ afvoersituatie. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de meestromende berging nu een grotere bijdrage vormt aan de totale afvoer. Door een toename van de afvoer ontstaat kortsluiting (zie afbeelding 2). Het water wordt niet meer via de langere beekloop afgevoerd, maar komt over het maaiveld tot afstroming en legt als gevolg daarvan een kortere weg af. Het effect van de toename van de lengte van de beek op de reductie en de vertraging wordt tenietgedaan door de kortsluiting.

In de $T = 100$ afvoersituatie is de bijdrage van de meestromende berging aan de totale afvoer relatief groot. Door een toename van de afvoer ten opzichte van de andere afvoer

Afb. 6: Afvoer via respectievelijk beek en maaiveld (beekdal) voor en na beekherstel van de Raamsloop ($T = 0,2$ en $T = 100$).





Afb. 7: Overstroming langs de Tongelreep voor en na beekherstel per afvoersituatie.

situaties ontstaat nog meer kortsluiting. Als gevolg hiervan neemt de vertraging in de afvoerpiek verder af. Door het beekherstel overstromen wel grotere delen langs de beek (meer meestromende berging), met name in het bovenstroomse deel. Als gevolg daarvan neemt de afvoerreductie in de T = 100 afvoersituatie weer toe ten opzichte van de T = 10 afvoersituatie.

Conclusies

De resultaten van de berekeningen bieden goed inzicht in de effecten van beekherstel op de afvoerpiek voor de Raamsloop en Tongelreep. Het herstel van deze beken leidt voor alle geselecteerde afvoersituaties tot een afvoerpiekreducerend en -vertragend effect. De effecten van het beekherstel voldoen daarmee aan de verwachtingen ten aanzien van de reductie en vertraging van de afvoerpiek. Laagfrequente afvoersituaties (T = 10 en T = 100) leveren relatief weinig reductie en vertraging van de afvoerpiek op, terwijl hoogfrequente gebeurtenissen (T = 0,2 en T = 1) relatief veel vertraging en reductie van de afvoerpiek opleveren.

Een groot aantal factoren zijn van invloed op de vervorming en vertraging van afvoergolven door een beek en/of het beekdal. Hierbij valt te denken aan (lokale) depressies in het maaiveld, het landgebruik, dimen-

sionering van de beek, vorm en volume van de afvoergolf, moment van overstromen, optreden van kortsluiting etc. Doordat deze effecten op de afvoergolven sterk afhankelijk van lokale omstandigheden en de wijze van uitvoering van beekherstel zijn de resultaten van deze studie niet zonder meer te extrapoleren naar andere beektrajecten.

LITERATUUR

- 1) WL|Delft Hydraulics (2004). Release Notes SOBEK v2.09.001.
- 2) Provincie Noord-Brabant en de waterschappen in Noord-Brabant (2002). Streefbeeld voor beken en kreken in Noord-Brabant.