

Maaiveldafvoer in beeld

Jan van Bakel¹, Perry de Louw², Harry Massop³, Bas Worm⁴

Maaiveldafvoer is één van de slechtst bekende hydrologische verschijnselen, terwijl het belang van meer kennis erover evident is voor iedereen die in het ruimtelijk domein werkzaam is. Van de boer en waterbeheerder tot de strategische planner. Immers, als we zowel het proces als de parameterisatie niet goed in de vingers hebben, hoe kunnen we dan goede voorspelmodellen maken? En hoe kunnen we een juiste afweging maken tussen maatregelen die geacht worden van invloed te zijn op die maaiveldafvoer om zo ingezet te worden tegen ongewenste overstromingen benedenstrooms? Maaiveldafvoer is bovendien een veelkoppig monster. Het kan namelijk leiden tot extreem hoge afvoeren, erosie en tot piekbelastingen met nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen op het oppervlaktewater. De neerslaggebeurtenissen onder invloed van het klimaat worden ook extremer en daarmee nemen ook de kans en omvang van het optreden van deze grote onbekende toe. Aanleiding genoeg om het fenomeen maaiveldafvoer beter in beeld te brengen. In dit artikel geven wij allereerst enige achtergronden bij het proces maaiveldafvoer. Vervolgens geven we een samenvatting van een verkennend onderzoek waarbij gebiedsdekkend voor het waterschap Vechtstromen de maaiveldafvoer in beeld is gebracht. Ten slotte dalen we af van regionaal naar lokaal niveau door een praktische toepassing van kennis van maaiveldafvoer bij het Natura 2000-gebied Boetelerveld te beschrijven.

Inleiding

Neerslag komt tot afvoer via verschillende routes: 1) stroming van water over het grondoppervlak naar ontwateringsmiddelen (maaiveldafvoer), 2) stroming van water door de grond naar ontwateringsmiddelen (grondwaterafvoer) en 3) stroming van water in ont- en afwateringsmiddelen (oppervlaktewaterafvoer). De kennis over de laatstgenoemde twee routes is groot en er zijn vele modellen en data beschikbaar die het mogelijk maken dit proces adequaat te simuleren. Dat geldt echter niet voor de maaiveldafvoer. Dit heeft verschillende oorzaken:

- in landbouwgebieden stijgen grondwaterstanden zelden tot aan het maaiveld en daarom is, of beter gezegd: was, de opvatting dat het in kwantitatieve zin weinig voorstelt;

1 De Bakelse Stroom (jan.van.bakel@hetnet.nl)

2 Deltares (perry.delouw@deltares.nl)

3 WUR-WENR (harry.massop@wur.nl)

4 Waterschap Vechtstromen (b.worm@vechtstromen.nl)

- de gedachte dat maaiveldafvoer en erosie door maaiveldafvoer in Nederland alleen maar in Zuid-Limburg voorkomen;
- maaiveldafvoer is een grillig proces en is moeilijk te kwantificeren. Onbekend maakt onbemind?
- we zitten meestal binnen tijdens intensieve buien en zien het proces daarom niet (waarnemingsprobleem);
- in grasland is plasvorming en maaiveldafvoer vaak niet te zien (geldt overigens ook voor grondwaterafvoer).

Door het optreden van extreem zware buien in de afgelopen jaren is echter duidelijk geworden dat maaiveldafvoer een belangrijke bijdrage kan leveren aan (extreem) hoge afvoeren en de daarmee gepaard gaande overstromingen. Denk bijvoorbeeld aan de neerslaggebeurtenissen van augustus 2010 in de Achterhoek, in mei 2014 in Drenthe en Overijssel, in juli 2014 in de omgeving van Arnhem en in juni 2016 in Noord-Brabant en Limburg. De absolute top was 160 millimeter neerslag in 24 uur op 26 en 27 augustus 2010 in het stroomgebied van de Hupselse beek (Brauer e.a., 2011).

Naast hoge afvoeren en overstromingen levert maaiveldafvoer een fikse bijdrage aan de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (Van der Velde e.a., 2011; Rozemeijer e.a., 2010; Van der Salm e.a., 2012; Massop e.a., 2012; Benneton e.a., 2013). In het onderzoek is daarom recent meer aandacht voor het proces van maaiveldafvoer. (o.a. Appels, 2013, Appels e.a., 2013; Massop e.a., 2014; De Louw e.a., 2015 en De Louw en Kuijper, 2016).

Het waterschap Vechtstromen probeert de laatste jaren meer grip te krijgen op het verschijnsel maaiveldafvoer. Het doel is om kunstmatige waterlopen beter te kunnen dimensioneren en beheerproblemen bij meer natuurlijke waterlopen aan te pakken. Dat laatste was de reden om in het stroomgebied van de Springendalse Beek in 2014 een veldopstelling te plaatsen om real-time maaiveldafvoer te meten. Ook uit onverwachte hoek bleek gebiedsbrede kennis over maaiveldafvoer van belang. Namelijk vanuit de wens om te komen tot een geharmoniseerde legger. Deze was nodig na de fusie tussen het waterschap Regge en Dinkel en waterschap Velt en Vecht. Of een waterloop in de legger moet worden opgenomen hangt af van de Maatgevende Afvoer (MA). Het optreden van maaiveldafvoer is daarbij een grote onbekende, maar soms de bepalende factor.

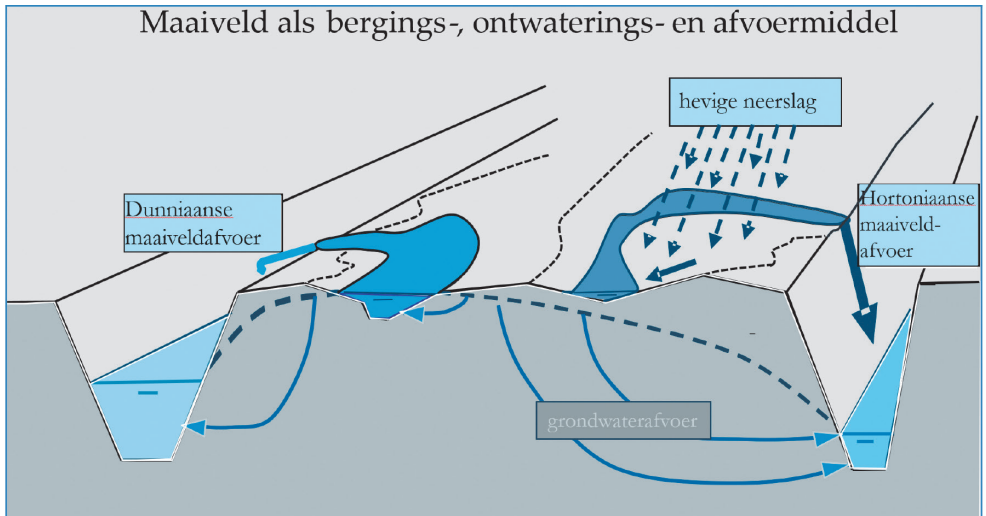
Het maaiveldafvoerproces

Neerslag kan op 2 manieren tot afvoer komen: over het maaiveld (maaiveldafvoer) of via de ondergrond (grondwaterafvoer). Soms ook wel aangeduid als de overdegrondse en de doordegrondse route.

Maaiveldafvoer treedt in verschillende vormen op:

- a) De grondwaterstand stijgt tot boven het maaiveld. Hierdoor ontstaan op de laagste plekken plassen die overlopen en afvoeren naar de sloot (grondwaterstandsgereleerde maaiveldafvoer, in de Engelstalige literatuur aangeduid als 'Dunne Runoff' en hier vertaald als Dunniaanse maaiveldafvoer).
- b) De neerslagintensiteit is hoger dan de infiltratiesnelheid in de bodem waardoor water gaat afstromen naar lagere terreingedeeltes. De dan ontstane plassen lopen over en voeren af naar een sloot ('Hortonian overland flow' in de Engelstalige literatuur, hier vertaald als Hortoniaanse maaiveldafvoer).
- c) Een combinatie van de twee bovenstaande vormen.

In afbeelding 1 is de specifieke hydrologische rol van het maaiveld en de daarmee verbonden afvoeren weergegeven.



Afbeelding 1: Schematische voorstelling van de overdegrondse en doordegrondse routes voor afvoer van het neerslagoverschot naar de sloten

Beide vormen van maaiveldafvoer vragen een aparte behandeling bij het in beeld brengen van het proces en de omvang ervan.

Dunniense (grondwaterstandsgerelateerde) maaiveldafvoer

Het stijgen van de grondwaterstand tot boven maaiveld is een goed begrepen en te modelleren proces. Als de grondwaterstand bekend is, net als de beschikbare bodemberging en de relatie tussen grondwaterstand en de doordegrondse afvoerintensiteit, dan kan worden bepaald welk deel van de neerslag ‘over is’ en op het maaiveld komt te staan.

Het daarop volgende proces van plasmvorming in ingesloten laagtes en afvoer van water over het maaiveld naar de sloten is veel ingewikkelder te modelleren en vereist kennis over de aard van de begroeiing en de variatie in maaiveldhoogte. De combinatie van begroeiing en maaiveldhoogtevariatie bepaalt de bergingsmogelijkheden op het maaiveld en de stromingsmogelijkheden over het maaiveld naar de ontwateringsmiddelen. Diverse digitale terreinmodellen zijn beschikbaar om dit proces in beeld te brengen. Deze modellen kunnen worden gebruikt om de maximale hoeveelheid water in ingesloten laagtes en grotere depressies te bepalen en via welke route het water over het maaiveld naar de sloten gaat stromen (als dat dan mogelijk is). Dit is de zogenaamde ‘fill and spill’ methode.

Hortoniaanse (infiltratiecapaciteitsgerelateerde) maaiveldafvoer

De intensiteit van deze vorm van maaiveldafvoer wordt grotendeels bepaald door de infiltratiesnelheid van water in de grond. Er zijn verschillende theorieën die het infiltratieproces beschrijven (Turner, 2006).

Appels (2013) maakt in haar studie gebruik van de infiltratievergelijking van Philips. Philips heeft aangetoond dat als water valt op een bodem met een uniforme initiële vochtinhoud, de wiskundige vergelijking van de stroming van water tijdens het infiltratieproces kan worden uitgedrukt als een oneindige machtreeks (Ward, 1975). Voor praktische toepassingen kan deze reeks worden beperkt tot twee termen:

$$f = \frac{S}{2\sqrt{t}} + k_v$$

waarbij:

t : tijd [d]

f : infiltratiesnelheid [m/d]

S : sorptivity [m/ \sqrt{t}]

k_v : verzadigde verticale doorlatendheid [m/d].

Sorptivity is door Philips gedefinieerd als een maat voor de capaciteit van een bodem om water te absorberen of desorberen in de poriën. Sorptivity is de cumulatieve infiltratie bij het begin van het infiltratieproces. Het is de dominante parameter in het begin van de infiltratie en is afhankelijk van het bodemtype en de initiële vochttoestand van de bodem. De sorptiviteit van de bodem is groter bij een droge bodem waardoor er bij aanvang van de bui de infiltratiesnelheid groter is dan de k_v . Naarmate de bodem natter wordt, neemt de sorptiviteit af en nadert de infiltratiesnelheid, de k_v -waarde.

Echter, de werkelijke infiltratiesnelheid (infiltratiecapaciteit) is meestal kleiner dan k_v . Dit komt door processen als luchtinsluiting en verslemping. Jarvis (1995) en Jarvis e.a. (2007) hebben voorgesteld de doorlatendheid bij een drukhoogte van -10 cm te gebruiken (air entry value). Dit wordt veelal toegepast bij modellen voor preferent transport.

Het optreden van maaiveldafvoer is een sterk niet-lineair proces want het treedt pas op als de neerslagintensiteit groter is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem en de bergingscapaciteit op het land wordt overschreden. Het gebruik van gebieds- of tijdsgemiddelde waarden van de verzadigde doorlatendheid kan leiden tot niet-realistische uitkomsten. We willen bij voorkeur werken met uurwaarden voor de neerslag en een adequate karakteristiek voor de spreiding in de verzadigde doorlatendheid, zoals het gemiddelde en de standaardafwijking van een lognormale verdeling.

De verzadigde doorlatendheid kan maar in beperkte mate worden gekoppeld aan een karteerbaar kenmerk (Van der Gaast e.a., 2006) zoals de bodemfysische eenheid (Massop, 2014). Dit komt omdat de ruimtelijke variabiliteit binnen een eenheid groot is en omdat de temporele variabiliteit (als gevolg van bewerkingen en berijdingen) niet te karteren is. De variabiliteit vertoont bovendien ruimtelijke patronen, zoals de relatief slechte verticale doorlatendheid van kopakkers die meestal dicht bij een sloot liggen. Evenals bij Dunniaanse maaiveldafvoer is bij Hortoniaanse maaiveldafvoer het proces van plasvorming en afvoer naar nabije ontwateringsmiddelen alleen goed te beschrijven als we beschikken over kennis over de maaiveldshoogtevariatie en de hydraulische ruwheid van het terrein.

Als we de kans op maaiveldafvoer in beeld willen brengen is het onderscheid tussen Dunniaanse en Hortoniaanse maaiveldafvoer nuttig. Eerstgenoemde proces treedt vooral op in aanhoudende regenperioden in de winter, het tweede proces treedt vooral op bij piekbuien in de zomerperiode. Intensieve zomerbuien hebben een tot wel tien keer hogere intensiteit als de buien in de winter. Een bepaalde regenperiode

of bui is te definiëren als maatgevend voor het optreden van maaiveldafvoer. De kans op optreden van maaiveldafvoer hangt dus af van de herhalingstijd van de maatgevende regenperiode c.q. maatgevende bui. Voor de verschillende klimaatscenario's (KNMI, 2014) zijn bij dezelfde herhalingstijd de hoeveelheden neerslag verschillend zodat we, naast de herhalingstijd, ook een keuze moeten maken voor welk klimaat-scenario we de kans op maaiveldafvoer in beeld willen brengen.

Maaiveldafvoer in waterschap Vechtstromen in beeld gebracht

Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn gedefinieerd:

- we gaan uit van 3 klimaatscenario's: huidig klimaat en de KNMI-klimaat-scenario's 2050-WL en 2050-WH (KNMI, 2014);
- we gebruiken 2 maatgevende herhalingstijden: één per jaar (als maatgevend voor de MA) en één per 10 jaar (als maatgevend voor de NBW-norm voor grasland);
- we hanteren 2 maatgevende periodelengtes: 8 dagen voor de wintersituatie en 1 dag voor de zomersituatie;
- we gebruiken als representatief neerslagstation Twente;
- de begingrondwaterstand voor de wintersituatie is de GHG;
- de infiltratiecapaciteit is geschat op basis van de k_{sat} -waarden voor de meeste bovengrondbouwstenen van de profielen uit de Bodemfysische Eenheden-kaart (Wösten e.a., 2013). Voor de uiteindelijke bepaling van de infiltratiecapaciteit is deze k_{sat} gereduceerd om rekening te houden met luchtinsluiting en verslemping. Door Hendriks (in Jansen e.a., 2013) zijn voor enkele bouwstenen reductiefactoren gegeven, voor de overige bouwstenen zijn de reductiefactoren geschat op basis van hun omschrijving en de gegeven reductiefactoren volgens Hendriks. Zie tabel 1.

Tabel 1: Infiltratiecapaciteit gekoppeld aan een aantal Staringsreeks-bovengrondbouwstenen

Bouwsteen Staringsreeks	Benaming	Aantal	K _{sat} Staringsreeks in cm/d			Reductie- factor	Infiltratie- capaciteit cm/d
			1987	1994	2001		
B1	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	4	33	17	23	0,72	13
B2	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	10	32	10	13	0,76	7
B3	Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	7	18	18	15	0,68	10
B5	Grof zand	3			53	0,72	40
B6	Keileem	1			101	0,4	38
B8	Matig zware zavel	9	23	2	2	0,54	40
B9	Zware zavel	11		2	2	0,4	0,6

B11	Matig zware zavel	4	64	5	5	0,12	0,5
B12	Zeer zware klei	1	99	15	5	0,05	0,3
B15	Venig zand	4			81	0,56	46
B16	Zandig veen en veen	3	13	13	7	0,56	35
B17	Venige klei	4		4	4	0,21	0,9
B18	Kleilig veen	1	35	7	7	0,21	1,4
	Volgens Rob Hendriks (persoonlijke mededeling)						
	Ingeschat op basis omschrijving bouwsteen						

Procedures voor winter- en zomersituatie

De procedure voor het in beeld brengen van maaiveldafvoer in een wintersituatie is als volgt:

1. Per maatgevende periode bepalen van de dagwaarden van de gekozen neerslagreeksen.
2. Bepaal de beschikbare berging van water in de bodem aan het begin van de maatgevende neerslagperiode. Deze wordt bepaald uit de bodemeigenschappen zoals die zijn ontleend aan de BOFEK-profielen (Wösten e.a., 2013), de GHG en een aangenomen neerwaartse flux door de onverzadigde zone van 2 mm/d.
3. Bepaal de doordegrondse afvoer in de GHG-situatie, waarbij gebruik is gemaakt van de in een eerder onderzoek bepaalde relatie tussen GHG en maatgevende afvoer (Van der Gaast en Massop, 2008).
4. Bepaal de potentiële maaiveldafvoer door de cumulatieve neerslag over de periode van 8 dagen te verminderen met de ondergrondse afvoer en de bodemberging.
5. Bepaal de bergingscapaciteit op het maaiveld, als de som van maximale berging in de vegetatie (ook wel strooisellaag genoemd) als die aanwezig is, de maximale berging in microlaagtes als gevolg van het microreliëf (binnen de gridcel van 0,5*0,5 m) en de maximale berging in terreindepressies. Voor de eerste 2 posten wordt onderstaande experttabel (tabel 2) gehanteerd. De maximale berging in terreindepressies wordt met het Algemeen Hoogtebestand van Nederland (AHN) bepaald.
6. De potentiële maaiveldafvoer vermindert met de bergingscapaciteit op het maaiveld levert de maaiveldafvoer op (mits niet negatief).

Tabel 2: Experttabel voor inschatting van de berging van water in microreliëf en strooisellaag (in mm)

Landgebruik (LGN7)	Microreliëf	Strooisellaag	Totaal
Gras	2	5	7
Natuurgrasland	10	5	15
Mais	5	0	5
Akkerbouw	5	0	5
Heide	20	10	30
Bos	0	25	25
Bebouwing en infrastructuur Water en moeras	0	0	0

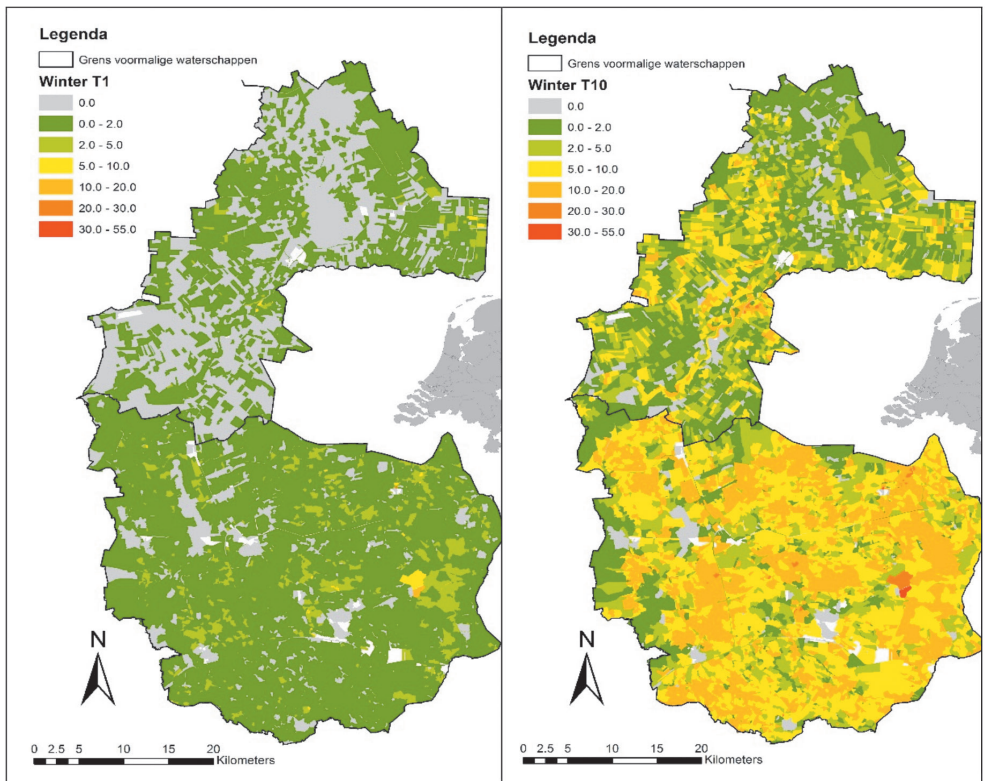
De procedure voor de zomersituatie is als volgt:

1. Per maatgevende bui worden de uurwaarden van de gekozen neerslagreeksen bepaald.
2. Op uurbasis wordt de hoeveelheid neerslag verminderd met de infiltratiecapaciteit.
3. De uitkomsten (mits niet negatief) worden bij elkaar opgeteld.
4. Bepaling van de maaiveldafvoer zoals beschreven in stap 5 en 6 bij de wintersituatie.

Al deze berekeningen zijn uitgevoerd per gridcel van 25 bij 25 m. Hierbij is het bestand met de maaiveldbergings van een 0,5 m grid omgezet naar een 25 m grid. De resultaten zijn vervolgens op te schalen naar gewenste aggregatieniveaus, bijvoorbeeld per afwateringseenheid.

Representatieve resultaten

Allereerst de plaatjes voor de winter voor 2 herhalingstijden.

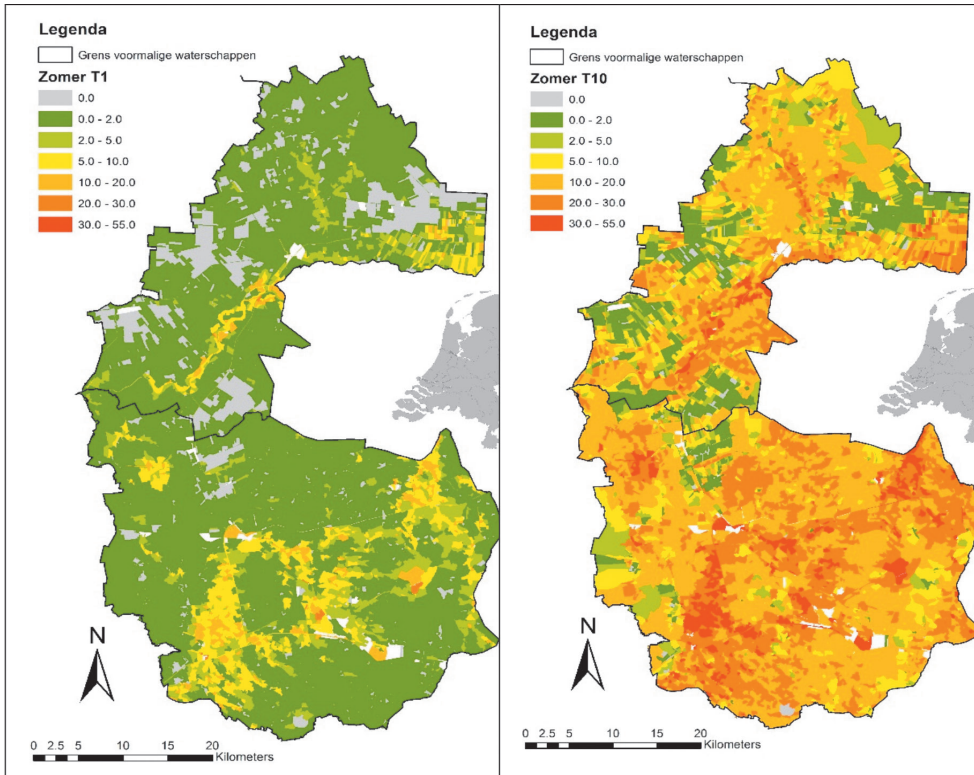


Afbeelding 2: Verwachtingswaarde (het verachte aantal mm's maaiveldafstroming) over een 8-daagse periode in de winter per afwateringseenheid, voor 2 herhalingstijden: 1 jaar (links) en 10 jaar (rechts)

Voor een maatgevende neerslagperiode van 8 dagen is er bij een herhalingstijd van 1 jaar nauwelijks maaiveldafvoer. Bij een herhalingstijd van 10 jaar zijn de hoeveelheden nog steeds vrij beperkt (Afbeelding 2). Wat opvalt is de duidelijke grens tussen

de 2 voormalige waterschapsgebieden. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat de beschikbaar gestelde GHG's: in het beheersgebied van voormalig waterschap Velt en Vecht liggen de GHG's over het algemeen lager dan in het beheersgebied van voormalig waterschap Regge en Dinkel. Dit is onmiskenbaar een artefact, maar ook een indicator voor de gevoeligheid van de berekende maaiveldafvoer voor de aangeleverde GHG's en daarmee ook deels de modelfout.

De plaatjes voor de zomersituatie geven een ander beeld.



Afbeelding 3: Verwachtingswaarde (in mm) van de dagelijkse maaiveldafvoer in de zomer per afwateringseenheid, voor 2 herhalingstijden: 1 jaar (links) en 10 jaar (rechts).

In de zomersituatie treedt vooral bij een herhalingstijd van 10 jaar in een flink aantal afwateringseenheden meer dan 20 mm maaiveldafvoer op gedurende 1 dag (Afbeelding 3). Dit is flink hoger – circa 1,5 keer – dan de maatgevende afvoer voor natte zandgronden, zoals opgenomen in het Cultuurtechnisch Vademecum (Werkgroep herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1987). Dit is een aanwijzing dat maaiveldafvoer een bron van hoge afvoeren kan zijn en bovendien een aanwijzing dat de in het Cultuurtechnisch Vademecum opgenomen lijst van maatgevende afvoeren aanpassing behoeven.

Klimaatverandering

Bij zowel het 2050-W_L- als het 2050-W_H-scenario neemt de 10-daagse neerslagsom met een herhalingstijd van 10 jaar toe met respectievelijk 12 en 17%. De maaiveldafvoer neemt daardoor toe met een nog hoger percentage. Voor de zomersituatie neemt de dagelijkse neerslag met een herhalingstijd voor beide klimaatscenario's ongeveer evenveel toe maar omdat er geen uurwaarden beschikbaar waren is dit niet vertaald naar de verwachtingswaarden voor de zomerse maaiveldafvoer.

Discussie en conclusies

De berekende maaiveldafvoer voor waterschap Vechtstromen is te beschouwen als een eerste poging en is voor verbetering vatbaar. Zo kunnen de beschikbare gekoppelde hydrologische modellen (bodem-, grond- en oppervlaktewater) worden ingezet om de initiële condities en ondergrondse afvoer nauwkeuriger in beeld te brengen voor verschillende klimaatscenario's. Daarnaast is er nog veel onzekerheid over de parameters die de infiltratiecapaciteit bepalen. De sorptiviteit is niet meegenomen, waardoor de maaiveldafvoer in de zomer wordt overschat. De spreiding in infiltratiecapaciteit binnen het karterbaar kenmerk 'Bodemfysische eenheid' is niet meegenomen. Een eerste verkennende berekening liet zien dat het effect op de berekende maaiveldafvoer beperkt lijkt te zijn. Maar de belangrijkste verbetering of in dit geval beperking is: er is niet gewerkt met *in het veld gemeten waarden* van de sorptiviteit en de infiltratiecapaciteit. De werkelijke situatie is vervangen door een gestandaardiseerde. Lokale effecten van begroeiing, wortels, macroporiën (door o.a. scheuren, wormgangen), luchtinsluiting, verslemping en eventueel aanwezige ondiepe, stagnerende lagen zijn nu niet meegenomen. Het effect van veranderingen in teelten, bodembeheer en mechanisatie kunnen zo niet in beeld gebracht worden.

Met deze opmerkingen in het achterhoofd is de belangrijkste conclusie van deze verkennende studie dat maaiveldafvoer vooral in de zomerperiode kan zorgen voor hoge afvoeren en daarmee gepaard gaande hoge oppervlaktewaterstanden of zelfs overstromingen. Bij de (her)dimensionering van waterlopen en kunstwerken, het onderhoud van waterlopen en het wel of niet opnemen van waterlopen in de legger, dienen waterschappen er uitdrukkelijk rekening mee te houden dat de maatgevende afvoeren groot kunnen zijn. Zelfs fors groter dan blijkt uit de tabellen in het Cultuurtechnisch Vademecum (factor circa 1,5). Dat betekent overigens niet dat we als reactie meteen maar alle leggerwaterlopen ruwweg 50% groter moeten maken. Dat zou geen recht doen aan de zoektocht naar een nieuwe balans tussen te droog en te nat in het watersysteem. Daarnaast werkt het gebruik van steeds zwaardere machines in de landbouw maaiveldafvoer behoorlijk in de hand. Dus het zoeken naar oplossingen in deze sector lijkt logisch.

Toepassing in N2000-gebied Boetelerveld (Salland)

In het landbouwgebied rondom het N2000-gebied Boetelerveld worden vernattingmaatregelen genomen in het kader van Natura2000. Het betreft met name het dempen van sloten in een bufferstrook rondom het natuurgebied. Het doel hiervan is de GVG van bepaalde natuurstandplaatsen in het natuurgebied te verhogen. De hydrologische effectberekeningen zijn beschreven in Van Bakel e.a. (2017). Een over-

wegend bezwaar van agrariërs is dat daardoor bij zware buien gedurende de zomer de maaiveldafvoer wordt geblokkeerd waardoor in het teeltseizoen plassen op het land komen te staan en het bovendien ook langer duurt voordat deze plassen droog vallen. Er is daarom gezocht naar mitigerende maatregelen die de beoogde vernatting in het voorjaar ongemoeid laten maar wel (maaiveld)afvoer in de zomerperiode faciliteren. Eén van die maatregelen is de sloten niet te dempen maar af te dammen en zo in te richten als zaksloten. Om te bepalen hoeveel water er in de zaksloten geborgen moet worden is afgesproken dat de maaiveldafvoer met een herhalingstijd van 10 jaar maatgevend is. Om die te kunnen bepalen is het noodzakelijk de maximale infiltratiesnelheid te kennen. Daartoe zijn op 20 februari 2018 infiltratieproeven uitgevoerd met dubbele ring-infiltrometers (zie afbeelding 4), direct ten zuiden van het Boetelerveld.



Afbeelding 4: De dubbele-ringinfiltrometers opgesteld in een landbouwperceel

Het gemiddelde van de 9 gemeten infiltratiesnelheden (die gecorrigeerd zijn voor het feit dat de viscositeit bij de lage temperaturen tijdens de proef 50% hoger is dan in de zomer) bedroeg 14 cm/d en komt redelijk goed overeen met de waarde voor bouwsteen B3 uit tabel 1 (10 cm/d). De gemeten waarden zijn gebruikt om het gemiddelde en de standaardafwijking van de maximale infiltratiesnelheid te bepalen. Op basis van de door De Louw e.a. (2015) afgeleide relatie tussen sorptiviteit en infiltratiesnelheid is de hoeveelheid water geschat, die extra kan infiltreren bij aanvang van het infiltratieproces. De maximale berging bij aanvang van een bui is vervolgens bepaald als som van de sorptiviteit en de maximaal mogelijke berging in de vegetatie, in het microreliëf en in de ingesloten laagtes. De sorptiviteit en de berging in vegetatie zijn geschat op basis van expertise, waarbij het landgebruik (maaïen of beweiden) is meegenomen. De ingesloten laagtes zijn bepaald met behulp van het AHN. Met het AHN zijn ook de vanggebieden van sloottrajecten bepaald. Voor het overige is de procedure zoals hierboven beschreven toegepast. Er zijn ook mitigerende maatregelen

genomen zoals de aanleg van maaiveldputjes die de maaiveldafvoer van de directe omgeving verzamelen en via een ondergrondse buis naar de dichtstbijzijnde sloot afvoeren.

De berekende maaiveldafvoer met een herhalingsstijd van 10 jaar gaf als resultaat dat de aanwezige sloten enigszins moeten worden verruimd om deze maaiveldafvoer te kunnen bergen. Voor meer achtergronden, zie Van Bakel e.a. (2018).

Een pleidooi

Maaiveldafvoer is een hydrologisch proces waarover de kennis beperkt is. Te beperkt, gezien het bredere belang ervan. Wij pleiten daarom voor een COLN-achtige inspanning waarbij gedurende een aantal jaren met moderne middelen de topsysteemhydrologie (dus inclusief de maaiveldafvoer) in kaart wordt gebracht. Alleen zo krijgen we meer grip op een fenomeen dat nu nog onbekend is, wat in de modellen nu vooral nog 'weggekalibreerd' wordt, maar wat het doorgronden waard is omdat dan pas de juiste maatregelen op gebiedsniveau echt goed afgewogen kunnen worden.

Surface runoff in the picture

Surface runoff is one of the least known hydrological phenomena, while the importance of more knowledge is evident. It can lead to extremely high discharges, erosion and to peak loads with nutrients and crop protection agents on surface waters. Meanwhile, we see the precipitation events due to climate change become more extreme and thus increasing the chance and scale of occurring surface runoff.

Firstly, we give some background in this article to the process of surface runoff. Subsequently, a summary of an exploratory study is described in which, for the area of waterboard Vechtstromen, maps are produced for the change of occurring surface runoff. The article ends with practical application for the Natura2000 area of Boetelerveld, in which the infiltration capacity is measured and the results were applied to calculate the dimensions of ditches in which the surface runoff temporarily can be stored.

Literatuur

Appels, W.M., I.G.A.M. Noij en H.Th.L. Massop, (2013) Spatiotemporal variability of saturation excess surface runoff in flat fields due to interactions with meso- en microtopography; in: Appels, W.M. (2013).

Appels, W.M. (2013), Water redistribution at the soil surface, ponding and surface runoff in flat fields; Thesis, Wageningen University. ISBN 9789461735065 – 154.

Benetton, P., Y. van der Velde, S.E.A.T.M. van der Zee, A. Rinaldo, G. Botter (2013), Chloride circulation in a lowland catchment and the formulation of transport by travel time distributions, *Water Resour. Res.*, 49, 4619-4632.

Brauer, C., R. Teuling, A. Overeem en R. Uijlenhoet (2011) Extreme regenval en overstromingen in het stroomgebied van de Hupselse Beek *H₂O* (18): 23-26.

Jansen, P., H. Massop, P. Groenendijk, L. Renaud en R. Hendriks (2013) Oppervlakkige afstroming en diepte van modelprofielen; Invloed op N- en P-vrachten in STONE2.3.

Jarvis, N.J. and I. Messing (1995) Near-saturated hydraulic conductivity in soils of contrasting texture as measured by tension infiltrometers *Soil Sci. Soc. Am. J.* (59): 27-34.

Jarvis, N.J., M. Larsbo, S. Roulier, A. Lindahl and L. Persson (2007) The role of soil properties in regulating non-equilibrium macropore flow and solute transport in agricultural topsoils: in: *Eur. J. Soil Sci.*, vol 58, pag282-292.

KNMI (2014) KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland. Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie.

De Louw, P.G.B., M. Kuijper, R. Drost, D. Hendriks, J. Rozemeijer en L. Stuyt (2015) Veldonderzoek oppervlakkige afstroming en regelbare drainage in het kader van DROP. Opzet meetnet en eerste resultaten. Deltares-rapport 1208453-000.

De Louw, P.G.B. en M. Kuijper (2016) Uitkomsten aanvullende metingen ten behoeve van het veldonderzoek oppervlakkige afstroming en regelbare drainage. Deltares-rapport 1208453-000.

Massop, H.Th.L., I.G.A.M, Noij, W.M. Appels en A. van den Toorn (2012) Oppervlakkige afspoeling op landbouwgronden: metingen op zandgrond in Limburg. Alterra-rapport 2270.

Massop, H.Th.L., J. Clement en C. Schuiling (2014) Plassen op het land: een landsdekkende kaart van potentiële risicolocaties voor oppervlakkige afspoeling. Alterra-rapport 2546.

Massop, H.Th.L., P.J.T. van Bakel en P.G.B. de Louw (2017) Maatgevende afvoer en maaiveldafvoer in waterschap Vechtstromen. Beschouwing over de bruikbaarheid van afvoernormen voor bepaling van de maatgevende afvoer, als gevolg van veranderingen in de waterhuishouding en het optreden van maaiveldafvoer. WUR/De Bakelse Stroom/Deltares. WENR-rapport 2839.

Rozemeijer, J.V. (2010) Field-scale processes to catchment-scale monitoring. PhD thesis, Utrecht University, The Netherlands.

Turner, E.R. (2006) Comparison of infiltration equations and their field validation with rainfall simulations. Department of Biological Resources Engineering. Thesis, University of Maryland.

Van Bakel, J., P. de Louw en J. Snepvangers (Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld) (2017) De hydrologische effecten van de maatregelen in het Boetelerveld en omgeving.

Van Bakel, J., P. de Louw en H. Massop (2018) Alternatieven voor te dempen waterlopen bij enige landbouwpercelen aan de zuid- en westzijde van het Boetelerveld.

Van der Gaast, J.W.J., H.Th.L. Massop, H.R.J. Vroon en I.G. Staritsky (2006) Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken. Wageningen, Alterra-rapport 1339.

Van der Gaast, J.W.J. en H.Th.L. Massop (2008) De hydrologie voor het beheergebied van waterschap Velt en Vecht; Een karakterisering op basis van karteerbare kenmerken. Alterra-rapport 1686.

Van der Salm, C., A. van den Toorn, W.J Chardon and G.F. Koopmans (2012) Water and nutrient transport on a heavy clay soil in a fluvial plain in the Netherlands; in: *Journal of Environmental Quality*, vol 41(1):

Van der Velde, Y. (2011) Dynamics in groundwater and surface water quality. From field-scale processes to catchment-scale models. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands.

Ward, R.C. (1975) Principles of Hydrology. Second Edition. McGraw-Hill Book Company (UK) Limited. Great Britain.

Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch vademecum (1987) Cultuurtechnisch Vademecum. Cultuurtechnische vereniging.

Wösten., J.H.M. , F. de Vries, T. Hoogland, H.Th.L. Massop, A.A. Veldhuizen, H.R.J. Vroon, J.G. Wesseling, J. Heijkers, en A. Bolman (2013) BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra-rapport 2387.

