

Afkoppelen van hemelwater: aandacht voor de waterkwaliteit

Jeroen Mandemakers, Jaap Klein (Witteveen+Bos), Simon Holsteijn (IMD BV), Winnie Rip (waterschap Amstel, Gooi en Vecht), Sjors Traast (gemeente Wijdemereren)

De wegen inclusief de riolering rondom de Loosdrechtse plassen worden heringericht. Uit metingen aan de kwaliteit van het afstromende hemelwater blijkt, in lijn met eerdere studies, dat dit water relatief veel fosfor bevat. Hierdoor veroorzaakt het verharde oppervlak 12 tot 16 procent van de totale fosforbelasting van de Loosdrechtse plassen. Dit is een risico voor de waterkwaliteit van de plassen én voor de omliggende natuurgebieden die inlaatwater uit de plassen ontvangen. Daarom zijn er maatregelen voorgesteld om het afstromende hemelwater water te zuiveren zodat de herinrichting van de wegen en de riolering leidt tot een verlaging van de fosforbelasting van de plassen.

Het afkoppelen van ‘schoon’ hemelwater van de gemengde riolering is een populaire maatregel om bebouwde gebieden klimaatbestendiger te maken. Dit is echter slechts één aspect van een duurzaam waterbeheer. Het is namelijk bekend dat afstromend hemelwater bepaald niet schoon is. Terwijl het hemelwater afstroomt over daken, wegen, parkeerplaatsen en andere verhardingen neemt het vuil mee. Dit stelt gemeenten, die verantwoordelijk zijn voor de riolering, en waterschappen, die als waterbeheerder verantwoordelijk zijn voor de waterkwaliteit van het oppervlaktewater, voor een dilemma: kan het afstromende hemelwater van verhardingen worden afgevoerd op het omliggende oppervlaktewater zonder dat hierdoor de waterkwaliteit en ecologische toestand in gevaar komt?

Deze vraag speelt bij de afwatering van de verhardingen rond de Loosdrechtse plassen. De gemeente Wijdemereren wil graag dat verhardingen worden afgekoppeld van de gemengde riolering. Bij voorkeur wordt hemelwater geïnfiltreerd in de bodem, maar wanneer dat niet mogelijk is (vanwege ruimtegebrek, een hoge grondwaterstand of een slecht doorlatende bodem) moet het hemelwater op het oppervlaktewater worden geloosd. In het Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP) is echter opgenomen dat vervuild hemelwater niet zonder behandeling geloosd mag worden op een ecologisch kwetsbaar watersysteem [1].

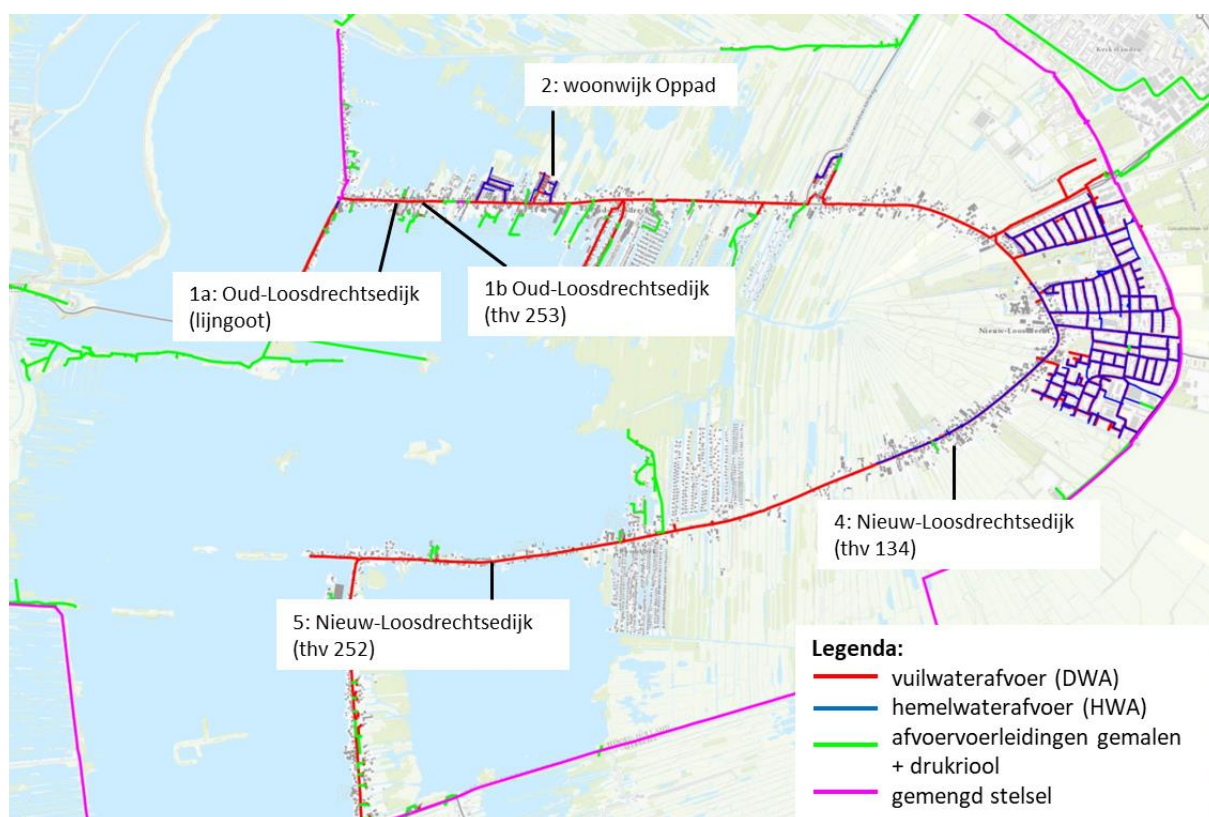
In opdracht van de gemeente en waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) is onderzocht 1) wat de kwaliteit van het afstromende hemelwater rondom de Loosdrechtse plassen is en 2) of de waterkwaliteit van de plassen hier negatief door beïnvloed wordt. De focus ligt op fosfor. De fosforbelasting van de Loosdrechtse plassen is namelijk nog altijd te hoog en staat een herstel van de waterkwaliteit en van het aquatische ecosysteem in de weg. Waterschap AGV werkt aan diverse maatregelen om de fosforbelasting te verlagen en vreest een verhoging van de fosforbelasting als gevolg van het afkoppelen van verhardingen. In dit artikel worden de belangrijkste meetresultaten uit dit onderzoek besproken en wordt ingegaan op de effecten hiervan op het aquatisch ecosysteem van de plassen.

Onderzoeksgebied en aanpak

In het afvoergebied van de Loosdrechtse plassen bevindt de meeste verharding zich in het dorp Nieuw-Loosdrecht en de doorgaande wegen van ‘het hoefijzer’ (zie afbeelding 1) met de daaraan gelegen bebouwing. In het dorp zelf ligt een gescheiden rioolstelsel; het hemelwater wordt afgevoerd op het

lokale oppervlaktewater en via de Drecht richting de plassen. De hemelwaterafvoer van de doorgaande wegen is niet eenduidig. Het hemelwater wordt in sommige delen afgevoerd op het oppervlaktewater (via de berm of met een leiding vanuit de straatkolken), maar in andere delen op het vuilwaterriool. Op verschillende trajecten is de afvoer van hemelwater problematisch en komt er bij hevige neerslag water op straat te staan, wat tot overlast leidt.

In de komende jaren wordt met de wegen ook de riolering in het hoefijzer vernieuwd. Hierbij moet dan de keuze gemaakt worden of het hemelwater direct op het oppervlaktewater geloosd mag worden. Om een verantwoorde keuze te kunnen maken richtte dit onderzoek zich op het meten van de kwaliteit van het afstromende hemelwater. Hiermee is de bijdrage van het verharde oppervlak aan de totale fosforbelasting van de Loosdrechtse plassen bepaald.



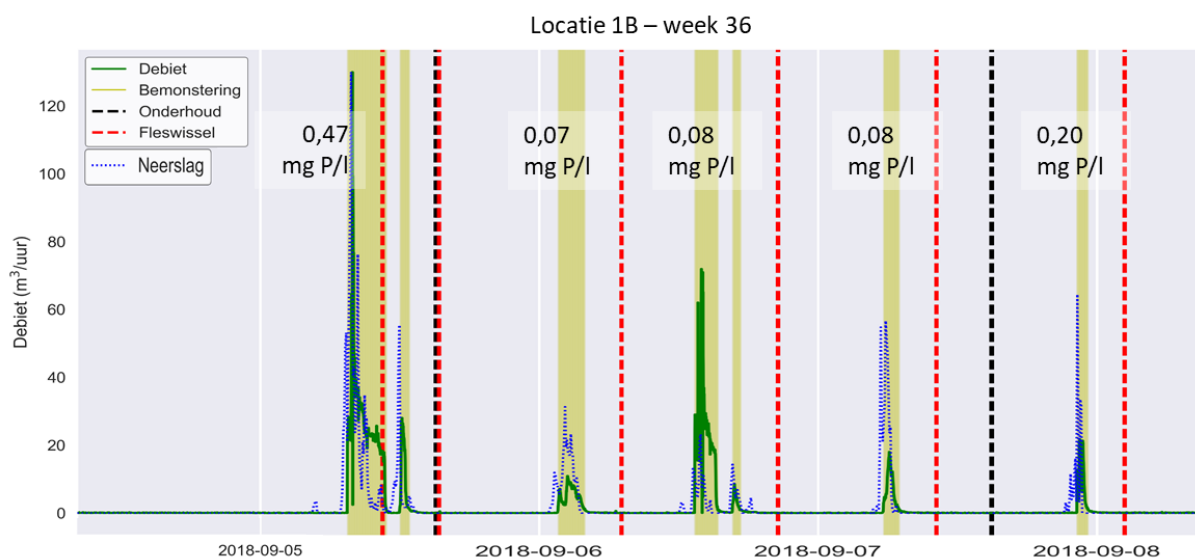
Afbeelding 1. Het 'hoefijzer' van Loosdrecht met een indicatie van de aanwezige riolering en de vijf meetlocaties van dit onderzoek

Verspreid over het hoefijzer zijn vijf locaties geselecteerd voor de bemonstering van het afstromende hemelwater. De meetlocaties 1, 4 en 5 zijn gekozen bij de uitstroom van enkele met elkaar verbonden straatkolken waar een weglengte van enkele honderden meters op afwatert. Locatie 1 aan de Oud-Loosdrechtsedijk bestaat uit twee monsterlocaties (1a en 1b). Hier ligt namelijk sinds enkele jaren een 100 meter lange lijngoot met filtersubstraat. De locaties 1a en 1b zijn representatief voor het effluent en influent van deze lijngoot. Locatie 2 ligt bij de uitstroom van het hemelwaterstelsel in een rustig woonwijkje dat aan het hoefijzer grenst. Het stelsel heeft een totaal afvoerend verhard oppervlak van circa 0,5 ha; zowel de wegen, parkeerplaatsen als de daken wateren hier op af.

In het onderzoek zijn verschillende meetmethoden gehanteerd. In het onderzoeksrapport worden deze uitvoerig besproken [2]. Dit artikel beperkt zich tot het voornaamste deel van de metingen. Dit

betreft actieve bemonstering door een monsternamecarroussel waarmee automatisch monsters genomen en opgeslagen worden (op de locaties 1b en 2). Deze monstername wordt aangestuurd door een debietmeter in de hemelwaterleiding. Zodra de debietmeter voldoende afvoer meet, worden tijdsproportioneel monsters genomen en hiermee wordt een mengmonster gemaakt van de afvoer gedurende één bui. Dit geeft inzicht in de gemiddelde waterkwaliteit van een bui. In dit artikel ligt bij de bespreking van de resultaten de focus op dit type metingen, omdat deze manier van meten de meeste informatie heeft opgeleverd en het minste onderhevig is aan onzekerheden in monstername, analyse etc. De verzamelde monsters zijn in het laboratorium geanalyseerd op verschillende nutriënten, zware metalen, minerale oliën en PAK's. Fosfor-totaal is bepaald voor ongefiltreerde monsters.

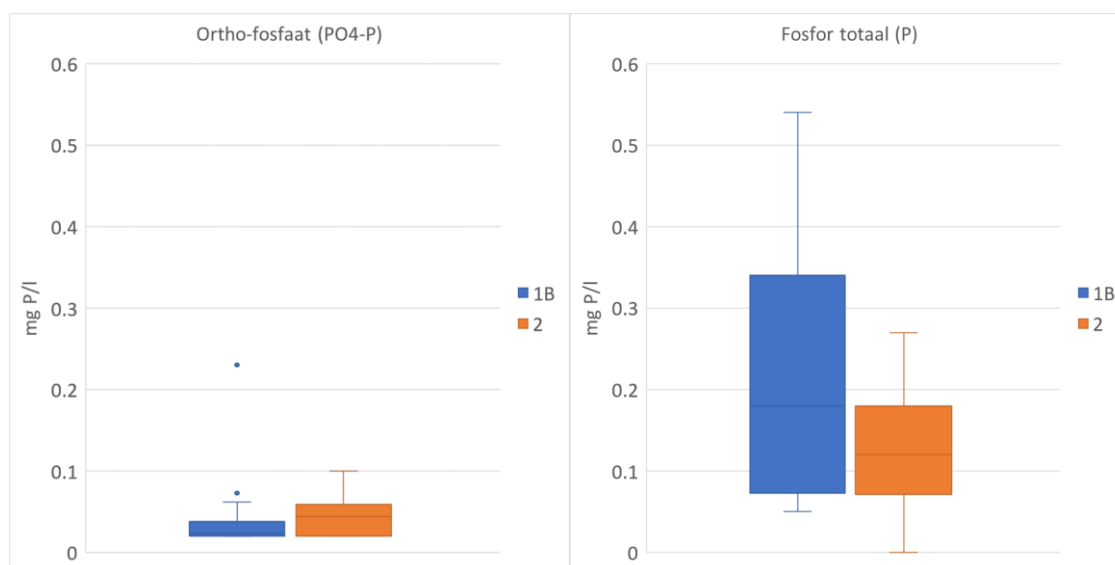
Tussen augustus en december 2018 zijn met de automatische monstername 23 monsters verzameld op locatie 1b (afstroming hemelwater op de Oud-Loosdrechtsedijk) en 29 op locatie 2 (de woonwijk). Afbeelding 2 geeft een voorbeeld van het verloop van de automatische monstername op locatie 1b (Oud-Loosdrechtsedijk) op 5, 6 en 7 september 2018. Er viel in die dagen respectievelijk 31, 15 en 16 mm regen. De eerste grote bui op 5 september bevatte een gemiddelde concentratie fosfor-totaal van 0,47 mg P/l. De daaropvolgende buien bevatten beduidend minder P-totaal. Dit patroon was vrijwel altijd zichtbaar, ook voor andere stoffen dan fosfor.



Afbeelding 2. Voorbeeld van het verloop van de automatische monstername op locatie 1b. De blauwe lijn is de neerslag (op basis van de buienradar), de groene lijn is het gemeten debiet in de hemelwaterafvoerleiding en het geelbruine vlak geeft weer dat er bemonstering heeft plaatsgevonden. Een rode verticale stippellijn geeft een 'fleswissel' aan, wat inhoudt dat een volgende bui in een nieuwe fles is bemonsterd. Per bemonsterde bui is de gemeten concentratie fosfor-totaal (mg P/l) weergegeven

Resultaten: kwaliteit van het afstromend hemelwater

Het afstromende hemelwater op de Oud-Loosdrechtsedijk bevat over het algemeen hogere concentraties nutriënten, zware metalen, minerale oliën en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) dan dat in de woonwijk (zie tabel 1). De naar debiet gewogen gemiddelde concentratie fosfor-totaal bedraagt respectievelijk 0,28 en 0,15 mg P/l. De spreiding in de meetwaarden is betrekkelijk gering (afbeelding 3). In deze afbeelding is ook te zien dat het afstromende hemelwater relatief weinig opgelost fosfor bevat (gemiddeld is 30% van het fosfor aanwezig als ortho-fosfaat). Het meeste fosfor zit dus gebonden aan andere deeltjes. Stikstof is ongeveer voor de helft in opgeloste vorm aanwezig en voor de helft particulier gebonden.



Afbeelding 3. De spreiding in de gemeten concentratie ortho-fosfaat (links) fosfor-totaal (rechts), beide in mg P/l, middels automatische monsternamen op locatie 1b en 2

De gemeten concentraties in dit onderzoek liggen in lijn met die in andere Nederlandse studies en kunnen verklaard worden gezien de aard van de locaties. Uit de landelijke regenwaterdatabase volgt voor fosfor in afstromend hemelwater van verhard oppervlak (daken + wegen) een gemiddelde concentratie van 0,42 mg P/l [3]. En ook in uitgebreid opgezette onderzoeken in Almere (uitgevoerd in 2013-2015) [4] en Zeewolde (2015-2016) [5] zijn vergelijkbare concentraties gemeten met gewogen gemiddelde concentraties per meetlocatie van 0,18 tot 0,42 mg P/l (de meetresultaten staan ter vergelijking naast de resultaten van dit onderzoek in tabel 1).

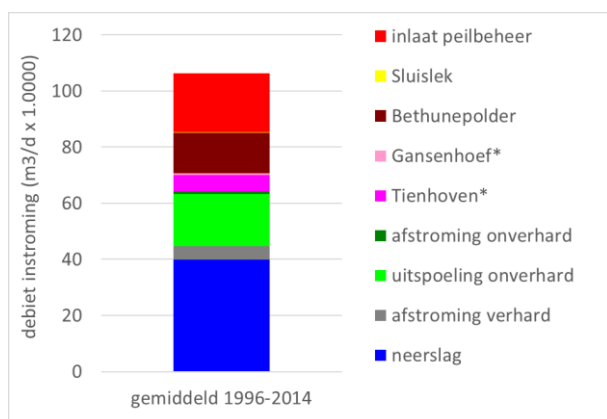
In de wetenschappelijke literatuur worden vergelijkbare concentraties gerapporteerd. In een literatuurstudie door Göbel et al. In 2007 zijn de resultaten van een groot aantal onderzoeken naar de kwaliteit van afstromend hemelwater bij elkaar gezet [6]. Hierbij worden voor de concentratie fosfor-totaal gemiddelde concentraties genoemd van 0,18 tot 0,29 mg P/l, afhankelijk van het type verharding: respectievelijk voor woonwijken en voor doorgaande wegen. De gewogen gemiddelde concentraties voor de woonwijk en de doorgaande weg in Loosdrecht vallen hier vrijwel mee samen. Het verschil in verkeersintensiteit is een belangrijke factor voor het verschil tussen woonwijken en doorgaande wegen: verschillende studies laten zien dat de fosforconcentratie van afstromend hemelwater van verhard oppervlak positief gecorreleerd is met de verkeersintensiteit [7], [8].

Tabel 1. Samenvatting van de resultaten met de naar debiet gewogen gemiddelde concentratie per meetlocatie (site mean concentration, SMC) en de minimale en maximale SMC's van twee referentieprojecten (vijf locaties in Almere en Zeewolde [4], [5])

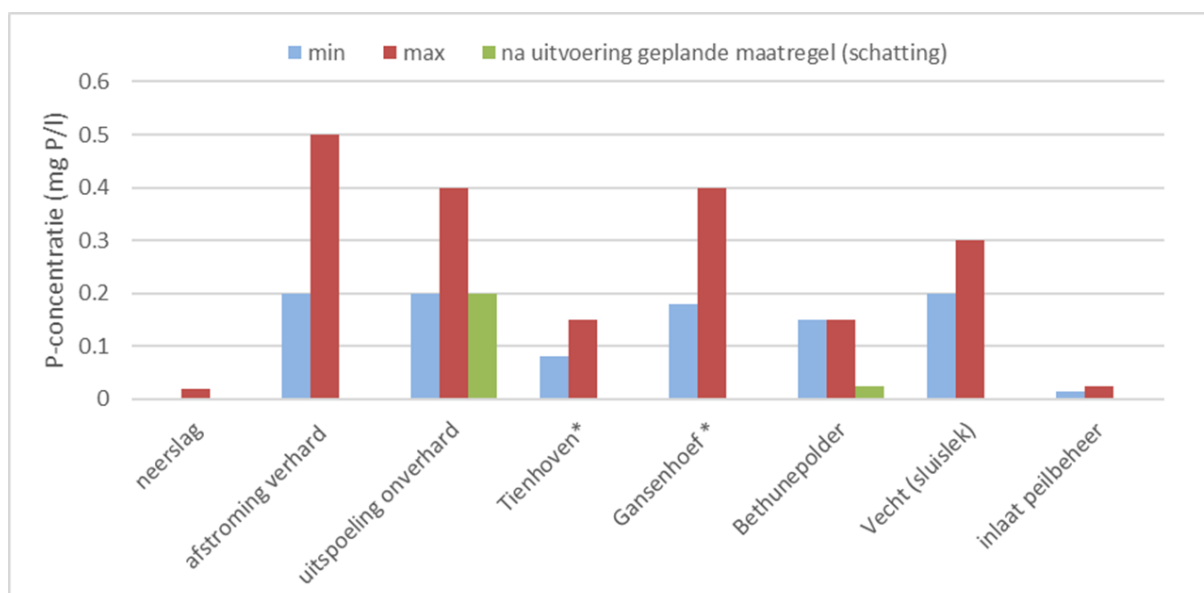
	Rapportagegrens	Oud-Loosdrechtsedijk (1B)		Woonwijk Oppad (2)		referentieprojecten (vijf locaties in Almere en Zeewolde)	
		n	SMC	n	SMC	laagste SMC	hoogste SMC
algemeen							
debiet (m ³)		23	nvt	31	nvt		
Chloride - (mg/l)	5	23	5.4	31	7.1		
nutriënten							
Ammonium (NH ₄ -N) - (mg N/l)	0.05	23	1.7	31	0.8	0.3	1
Nitraat (NO ₃ -N) - (mg N/l)	0.20	23	0.7	31	1.0	0.5	1.3
Nitriet (NO ₂ -N) - (mg N/l)	0.01	23	0.03	31	0.04	0.0	0.1
Stikstof volgens Kjeldahl (N) - (mg/l)	1.0	23	5.3	31	1.9	1.2	1.7
Ortho-fosfaat (PO ₄ -P) - (mg P/l)	0.02	23	0.08	31	0.04	0.02	0.08
Fosfor totaal (P) - (mg/l)	0.05	23	0.28	29	0.15	0.18	0.42
zware metalen							
Arseen (As) na ontsluiting - (µg/l)	1.5	7	2.2	13	1.5	2.7	13
Cadmium (Cd) na ontsluiting - (µg/l)	0.4	7	0.4	13	0.4	0.03	0.2
Chroom (Cr) na ontsluiting - (µg/l)	5	7	7	13	5	1.1	6.3
Koper (Cu) na ontsluiting - (µg/l)	5	7	37	13	7	5.3	9.3
Kwik (Hg) na ontsluiting - (µg/l)	0.1	7	0.1	13	0.1	0.0	0.1
Lood (Pb) na ontsluiting - (µg/l)	5	7	31	13	13	3.9	11.9
Nikkel (Ni) na ontsluiting - (µg/l)	5	7	7	13	5	1.3	5.7
Zink (Zn) na ontsluiting - (µg/l)	10	7	271	13	538	25	85
olie en PAK's							
Minerale olie totaal (C10-C40) - (µg/l)	50	6	182	9	54	49	193
PAK Totaal VROM (10) - (µg/l)	0.095 - 0.11	6	0.15	9	0.11	0.07	0.18

Discussie: invloed van afstromend hemelwater op de plassen

De metingen aan de kwaliteit van het afstromende hemelwater zijn gebruikt om de bijdrage van het verharde oppervlak aan de totale fosforbelasting van de Loosdrechtsse plassen te kwantificeren. Iedere dag stroomt er gemiddeld ruim 100.000 m³ water de Loosdrechtsse plassen in. Vanaf al het verharde oppervlak in het afvoergebied stroomt er gemiddeld bijna 5.000 m³ af, oftewel vijf procent van de totale instroming (afbeelding 4). Ten opzichte van de andere ingaande waterstromen bevat het afstromende hemelwater vanaf verhard oppervlak relatief veel fosfor: op basis van de metingen in dit onderzoek (tabel 1) moet rekening worden gehouden met een concentratie van 0,2 à 0,5 mg P/l.



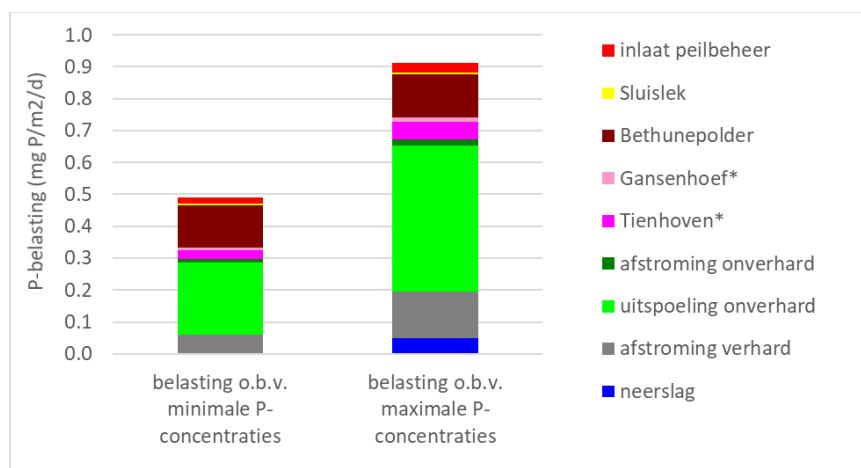
Afbeelding 4. Gemiddelde instroming naar de Loosdrechtse plassen (in 1.000 m³/d, gemiddeld over de periode 1996-2014). Directe neerslag op de plassen veroorzaakt bijna 40% van de totale instroming en de afwatering vanuit het eigen afvoergebied (afstroming van verhard en onverhard) is goed voor bijna 25% van de instroming. Overige instroming betreft inlaat voor het peilbeheer van de plassen (vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal) en de afvoer uit omliggende polders (Bethune, Gansenhoef* en Tienhoven*; deze laatste twee zijn na 2014 afgekoppeld van de Loosdrechtse plassen). Ten slotte is er enige instroming als gevolg van sluislek van de Mijndense Sluis (dit betreft instroming vanuit de Vecht)



Afbeelding 5. Bandbreedte in de fosforconcentratie (mg P/l) per ingaande waterstroom met de onder- (blauw) en de bovengrens (rood). Bronnen met *: waterstroom is na 2014 afgekoppeld. Voor sommige waterstromen worden maatregelen getroffen om de fosforconcentratie te verlagen; de groene balkjes geven de geschatte maximale concentratie na uitvoering

Op basis van de waterbalans (mate van instroming per bron, afbeelding 4) én de P-concentratie per bron (afbeelding 5) is de externe fosforbelasting van de plassen bepaald (afbeelding 6. NB. de P-belasting is uitgedrukt in mg P per m² oppervlak per dag). Hieruit volgt dat het afstromend hemelwater vanaf het verharde oppervlak twaalf à zestien procent van de totale fosforbelasting van de plassen veroorzaakt. Hiervan is ongeveer de helft afkomstig vanaf het hoefijzer en de andere helft vanuit de kern Nieuw-Loosdrecht. De relatieve bijdrage van het verharde oppervlak zal in de toekomst toenemen doordat er allerlei maatregelen getroffen worden om andere bronnen van fosfor te reduceren. Zo wordt water uit de Bethunepolder omgeleid en gedefosfateerd (deze maatregel is reeds

uitgevoerd) en wordt ook het water dat uitspoelt en afstroomt van het onverharde gebied gedefosfateerd door middel van drie ijzerzandfilters (deze maatregel is nog in ontwerp).



Afbeelding 6. De externe fosforbelasting (uitgedrukt in mg P/m²/d) van de Loosdrechtse Plassen volgens de waterbalans voor de situatie tot 2015. Nadien zijn enkele polders afgekoppeld (aangegeven met *) en worden andere bronnen aangepakt

Conclusie en aanbevelingen

Afstromend hemelwater vanaf verhard oppervlak vormt een kleine bijdrage aan de waterbalans van de Loosdrechtse plassen: ongeveer vijf procent van de totale instroming. Vanwege de relatief hoge concentratie fosfor-totaal vormt deze bron wel een significante bijdrage aan de fosforbelasting van de plassen; 12 tot 16 %. Hiermee is de afwatering van het verharde oppervlak een belangrijke sturingsparameter voor de fosforbelasting van de plassen. Dit pleit ervoor om bij de herinrichting van de riolering na te denken over de toepassing van zuiverende maatregelen.

Het uitgangspunt bij de herinrichting van de riolering in de Loosdrechtse dijken is een gescheiden stelsel. Het vuilwaterriool moet voldoende ruim gedimensioneerd zijn om de inzet van overstort of nooduitlaat minimaal te houden. Omdat de belasting van andere bronnen wordt aangepakt, neemt de belasting door het afstromende hemelwater relatief gezien toe.

Voor de verbetering van de waterkwaliteit in de Loosdrechtse plassen is de kwaliteit van het afstromende hemelwater van groot belang en voor het behalen van kwaliteitsdoelstellingen is zuivering van dit water nodig. Hiervoor is de volgende combinatie van maatregelen aan te bevelen: 1) bronmaatregelen (zoals bladval ruimen, voorlichting, geen honden- en paardenpoep op straat, frequent kolken reinigen en foutaansluitingen aanpakken waar dit nog niet gedaan is);

2) berm- en bodempassage en

3) op locaties waar een berm- of bodempassage niet inpasbaar is of een onvoldoende rendement levert, wordt een lokale zuivering voorgesteld in de vorm van een lijngoot met fosforbindend filtermateriaal, een lamellenfilter en/of een hydrodynamische afscheider inclusief een substraatfilter. Als onderdeel van de bronmaatregelen is het belangrijk dat de gemeente en het waterschap samen nader onderzoek doen naar eventuele foutaansluitingen op particuliere terreinen rondom het hoefijzer, omdat dit een grote maar thans nog onbekende bron van fosfor kan zijn.

Referenties

1. Gemeente Wijdemeren (2017). *Gemeentelijk Rioleringsplan Wijdemeren 2018-2021*. Ontwerpplan 6 december 2017
2. Witteveen+Bos (2019). *Kwaliteit afstromend hemelwater Loosdrecht*. Eindrapportage 28 oktober 2019. In opdracht van de gemeente Wijdemeren en Waternet.
3. *Database Regenwater versie 3.0*. <https://www.stowa.nl/publicaties/database-regenwater>, geraadpleegd op 6 juli 2020.
4. Stichting RIONED/STOWA (2016). *Regenwaterproject Almere*. Rapportnummer 2016-05B.
5. Liefing, E. & Schilperoort, R. (2016). *Regenwaterproject Bedrijventerrein Trekkersveld*. Partners4UrbanWater in opdracht van waterschap Zuiderzeeland en gemeente Zeewolde.
6. Göbel, P., Dierkes, C. & Coldewey, W.G. (2007). 'Storm water runoff concentration matrix for urban areas'. *Journal of Contaminant Hydrology* 91: 26-42.
7. Berndtsson, J.C. (2013). 'Storm water quality of first flush urban runoff in relation to different traffic characteristics'. *Urban Water Journal* 11 (4): 284-296.
8. Kuoppamäki, K., Setälä, H., Rantalainen, A. & Kotze, D.J. (2014). 'Urban snow indicates pollution originating from road traffic'. *Environmental Pollution* 195: 56-63.