



Annicka Hermsen, Radboud Universiteit Nijmegen / Grontmij
 Mario Maessen, Grontmij
 Edwin van der Pouw Kraan, Grontmij
 Jan Hendriks, Radboud Universiteit Nijmegen

Veldstudie naar belasting diffuse bronnen op stedelijk oppervlaktewater

De belangrijkste functie van water in de stad is de opvang en afvoer van overtollig regenwater en afvalwater. Stedelijk water wordt door zijn nabijheid ook vaak gebruikt voor recreatieve doeleinden. Mensen worden zich steeds bewuster van de ecologische waarde van stedelijk water. De belevingswaarde hangt nauw samen met de ecologische kwaliteit en daarmee dus ook met eventuele eutrofiëring. Het is dus belangrijk dat nutriëntentoevoer beperkt wordt. Een studie laat zien wat gemiddeld de bijdrage is van een aantal diffuse bronnen in de stikstof en fosfaatbelasting voor 15 locaties in de steden Amersfoort, Arnhem en Nijmegen. De emissie van de bronnen hondenpoep, bladval, eenden voeren en recreatievisserij is met een veldstudie gekwantificeerd. Hieruit blijkt dat vooral het eenden voeren een groot probleem kan zijn. De overige bronnen blijken individueel niet te leiden tot eutrofiëringsproblemen.

Verstedelijking kan zorgen voor problemen met de waterkwantiteit en waterkwaliteit¹⁾. Waterkwaliteit en derhalve ecologie en de beleving van stedelijke inwoners zijn sterk gerelateerd aan eutrofiëring²⁾, die wordt veroorzaakt door een overschot aan voedingsstoffen. Bijvoorbeeld stikstof en fosfor kunnen op verschillende manieren in het water terecht komen, direct of indirect via afstromend regenwater³⁾. Eutrofiëring in stedelijke wateren wordt vaak toegeschreven aan puntbronnen, maar ook diffuse bronnen kunnen een belangrijke oorzaak van eutrofiëring zijn.

Het doel van de studie was om de milieu-emissie en de belasting op de stedelijke wateren van een aantal diffuse bronnen te kwantificeren. Onderzocht zijn de diffuse bronnen lokvoer, hondenpoep, bladeren, uitwerpselen van watervogels en voedsel dat gevoerd wordt aan watervogels. Gekozen is voor deze bronnen, omdat eerder onderzoek suggereert dat ze zeer belangrijk kunnen zijn. Dat onderzoek is grotendeels gebaseerd op literatuurstudies waarin veel aannames zijn gemaakt. In deze studie is door middel van veldonderzoek de belasting van de genoemde bronnen gekwantificeerd. Als referentiewaarden voor de maximale nutriëntenbelasting zijn getallen gebruikt

van Janse⁴⁾. De maximale belasting is afhankelijk van de karakteristieken van het betreffende water. Voor deze studie is een gemiddelde kritische belasting per jaar van $0,8 \text{ g P m}^{-2}$ en 10 g N m^{-2} als richtwaarde aangehouden.

In Amersfoort, Arnhem en Nijmegen zijn vijf waterlichamen geselecteerd die nutriënten ontvangen uit één of meer van de onderzochte bronnen. Het betreft stadsvijvers in woonwijken met een diepte van ongeveer één meter. De waterlichamen zijn bemonsterd in het voorjaar én in de zomer van 2010. Elk waterlichaam werd elke periode tenminste drie keer één uur bezocht op een willekeurige dag in de week (inclusief weekeinden) en op willekeurige tijdstippen. In elke stad is één water uitgekozen waarbij het bezoek de hele dag duurde om na te gaan of dagelijkse patronen van invloed waren op de interpretatie van de resultaten.

Watervogels

Het voeren van eenden draagt bij aan een verhoogde nutriëntenaanvoer via hun uitwerpselen en niet opgegeten resten van brood. De hoeveelheid nutriënten die in het water terechtkomt door het voeren van watervogels, is onderzocht door middel van veldbezoeken. Tijdens die veldbezoeken is geteld hoeveel er werd gevoerd en werden

mensen ondervraagd over de hoeveelheid en het type voedsel dat zij gemiddeld aan de watervogels voeren. Via literatuur is achterhaald hoeveel stikstof en fosfaat in de soorten voedsel zit. De hoeveelheid nutriënten die watervogels uitscheiden, is bepaald door het aantal vogels te tellen en per soort te noteren. Het model Waterbird 1.0⁵⁾ is gebruikt om de hoeveelheid stikstof en fosfaat per individu per soort te bepalen. Vogels scheiden de ingenomen hoeveelheid stikstof en fosfaat ook weer uit. Uit de veldwaarnemingen bleek dat eenden bijna altijd in het water poepen. Alle overige watervogels, zoals ganzen, meerkoeten en waterhoentjes, poepen juist op de oever.

Bladval

Bij het verrotten van blad in het water komen nutriënten vrij en kan zuurstofschaarste ontstaan. Daarnaast kan het water door ophoping van blad ondieper worden met snellere opwarming tot gevolg. Tijdens dit onderzoek is alleen gekeken naar nutriënten die vrijkomen door decompositie van in het water gevallen blad. Er is gekeken naar het aantal bomen nabij de waterlichamen, de afstand van iedere boom tot het waterlichaam en de kruindiameter. Uit de literatuur is een gemiddelde bladval van 307 gram per m^2 bij een volledige overkapping van het

waterlichaam met bomen afgeleid^(6,7,8). De gemiddelde hoeveelheid stikstof en fosfaat in blad bedraagt respectievelijk 0,98 en 0,053 procent van het drooggewicht van het blad⁽⁶⁾. De afbraaksnelheid van blad in het water is 0,001 d⁽⁹⁾. Verder is in de berekening rekening gehouden met het feit dat bladeren in het water kunnen waaien. Na inventarisatie van de individuele bomen op de oever (afstand, hoogte, diameter boomkruin) is per boom berekend hoeveel blad in het water terecht komt.

Hondenpoep

Oppervlakkige afspoeling van nutriënten uit hondenpoep zorgt voor een verhoogde nutriëntentoevoer naar het waterlichaam. Tijdens veldbezoeken is het aantal hondendrollen op meerdere geselecteerde secties van 15 meter lengte op het talud geteld. Verder is de omtrek van het water waar honden konden poepen, bepaald. Stukken waar tuinen of hoge struiken aanwezig waren, zijn uitgesloten. De gemiddelde afbraaksnelheid van een hondendrol is bepaald door in het veld te kijken hoe lang een hondendrol ongeveer blijft liggen. Via literatuuronderzoek is achterhaald wat de gemiddelde hoeveelheid stikstof en fosfaat is in een hondendrol (0,75 g P en 0,54 g N)⁽¹⁰⁾. Aangenomen is dat de nutriënten via oppervlakkig afstromend regenwater worden afgevoerd. Aan de hand van de infiltratiesnelheid is over een tienjarige periode berekend welk deel van de neerslag op het talud als oppervlakkige runoff naar het water afstroomt. Dat is tevens de fractie nutriënten die uit de hondendrol rechtstreeks in het water terecht komt. Voor kleigrond is berekend dat 30 procent afspoelt en voor zand 0,6 procent. De hoeveelheid infiltrerende nutriënten per m² per jaar is veel lager dan de opnamecapaciteit van gras. Daarmee is aangenomen dat de infiltrerende nutriënten niet via grondwater in het oppervlaktewater komen.

Vissers

Sportvissers brengen middels lokvoer nutriënten in het watersysteem. Verder zorgt een overmaat aan nutriënten ervoor dat bodemwoelende vissen het systeem zullen gaan domineren, waardoor het systeem in eutrofe toestand komt of blijft. Tijdens veldbezoeken is gekeken naar het aantal vissers. Ze zijn ondervraagd over de hoeveelheid en soort lokvoer die ze gebruiken en het aantal malen dat ze in een jaar vissen. Om na te gaan of hierdoor niet een systematische onderschatting ontstaat, zijn deze waarden geverifieerd door middel van observaties van het voergedrag op afstand. Gemiddeld werd per visser 0,5 kg lokvoer, acht sneetjes witbrood en een klein blikje maïs gevoerd. De hoeveelheid stikstof en fosfaat in lokvoer (13 g N/kg en 3 g P/kg) is via literatuuronderzoek achterhaald⁽¹¹⁾.

Resultaten

Uit veldwaarnemingen blijkt dat eenden een nadelig effect op de waterkwaliteit hebben, omdat ze grondelen en hierbij de bodem opwoelen, waardoor het water troebel wordt of blijft. Tevens heeft het voeren van eenden een aantrekkingskracht op de eenden. Door regelmatig te voeren, komen er meer eenden. Tijdens de veldbezoeken is waargenomen dat personen met de auto zakken brood kwamen brengen die zo in het water werden gegooid, waarna de rit werd vervolgd (geen sprake van recreatief voeren). Tevens zijn veel soorten voedsel waargenomen: brood, pitabroodjes, stokbrood, krentenbrood, zoutjes, Turkse broden, fruitsalades, andijvie, linzen en couscous.

Uit de enquêtes blijkt dat bezoekers zich vaak ergeren aan de hondendrollen op het talud. Mensen laten hun hond regelmatig verspreid over de dag uit; over de gehele dag worden gemiddeld ieder uur evenveel honden uitgelaten. Ook het voeren van eenden vindt

verspreid over de dag en de week plaats. De 1-uurs waarnemingen kunnen zonder problemen geëxtrapoleerd worden naar aantallen voor een hele dag.

De resultaten zijn gepresenteerd in een *box whisker plot* (zie afbeelding 1 en 2). Deze geeft goed de spreiding in resultaten van de locaties weer. Iedere locatie blijkt uniek te zijn. De resultaten laten zien dat van de onderzochte bronnen het voeren van watervogels en de uitwerpselen van watervogels voor de grootste belasting zorgen. Beide verschillen significant van de overige bronnen. Onderling verschillen het voeren van watervogels en uitwerpselen van watervogels niet significant van elkaar ($P > 0,05$), wat suggereert dat deze twee bronnen aan elkaar gerelateerd zijn.

De tabel geeft een overzicht van aantallen van iedere bron die nodig zijn om de kritieke limiet van 0,8 g P m² en 10 g N m² te bereiken. Als men bij een waterlichaam gaat inventariseren welke bronnen mogelijk problemen zouden kunnen opleveren voor de waterkwaliteit, dan is via deze tabel eenvoudig te achterhalen of extra aandacht nodig is voor de onderzochte bronnen. Bladval bereikt de kritische limiet voor nutriënten nooit, omdat de maximale belasting onder de kritische belasting ligt.

Conclusies

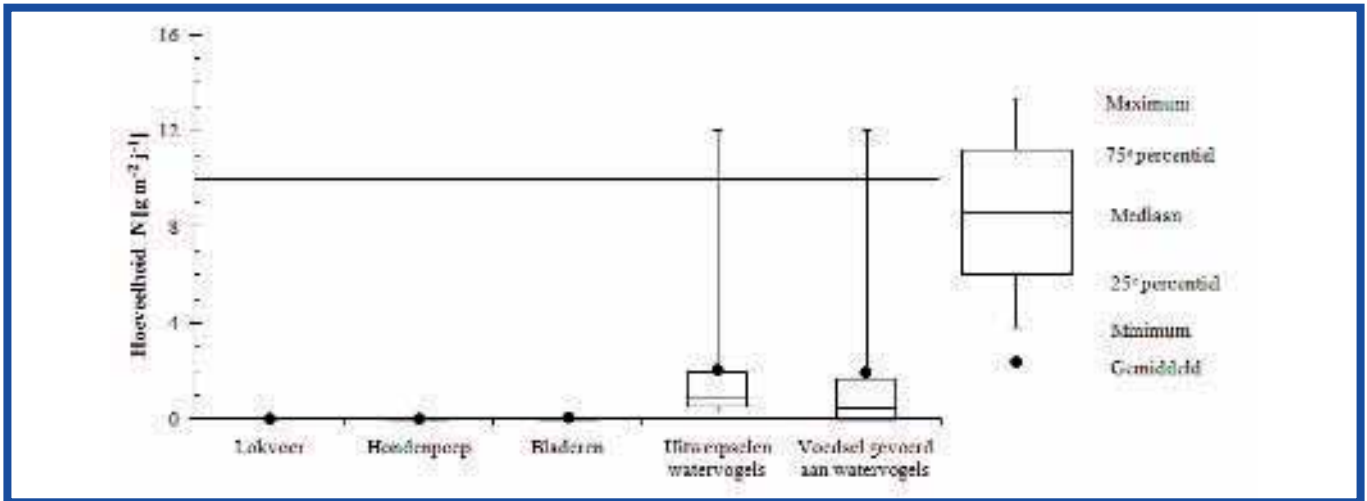
Het veldwerk bleek een realistisch inzicht te geven in de hoeveelheid nutriënten die het water bereikt door de onderzochte diffuse bronnen. De bronnen dienen wel op iedere locatie apart geïnventariseerd te worden, omdat de variatie in de nutriëntenbelasting tussen de verschillende locaties heel hoog is.

De resultaten geven alleen weer wat de belasting is van iedere bron afzonderlijk. Het effect hiervan op de waterkwaliteit en ecologie is voor elk waterlichaam

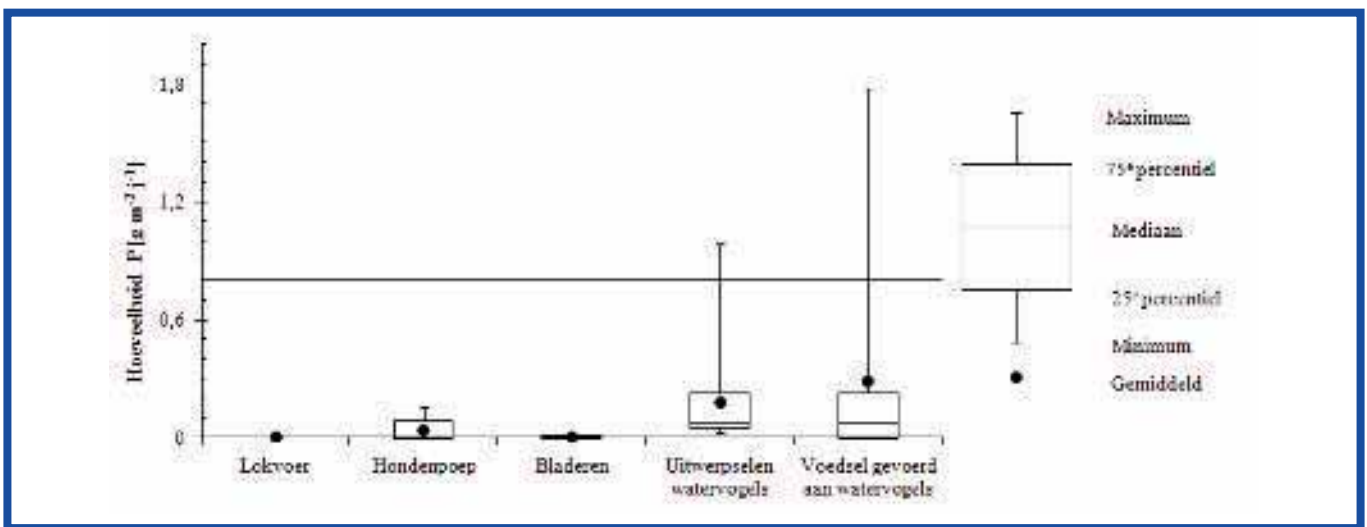
Indicatie van het maximaal benodigde aantal van iedere bron om de kritieke limiet te bereiken voor verschillende wateroppervlaktes, per dag. In de toelichting staat welke condities gelden bij deze aantallen.

wateroppervlak (m ²)	500		1.000		5.000		10.000		toelichting
	N	P	N	P	N	P	N	P	
aantal hondendrollen op klei	80	5	160	9	800	46	1600	92	per hondendrol 0,75 g P en 0,54 g N, infiltratiesnelheid 0,036 m/d.
aantal hondendrollen op zand	6700	390	13.000	780	67.000	3.900	130.000	7.800	per hondendrol 0,75 g P en 0,54 g N, infiltratiesnelheid 0,5 m/d.
aantal vissers	2,3	1,0	4,7	1,9	23,4	9,6	46,8	19,2	44 vissessies per jaar. In lokvoer is aanwezig 13 g N kg en 3 g P kg. Gemiddeld 0,5 kg lokvoer, 8 sneetjes witbrood en 1 klein blikje maïs per visser.
aantal eenden	27,1	24,7	54,1	49,4	270,7	246,8	541,4	493,6	alleen uitgegaan van eenden, excretie per eend per dag 0,5 g N en 0,04 g P
aantal sneetjes brood	37,7	20,4	75,3	40,8	376,7	204,0	753,4	408,1	alleen uitgegaan van brood, per sneetje brood 0,36 g N en 0,07 g P
aantal bomen*	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	maximale belasting: 3 g N m ⁻² j ⁻¹ en 0,16 g P m ⁻² j ⁻¹

* Niet berekend, maximale belasting ligt onder de kritische belasting.



Afb. 1: Stikstofbelasting veroorzaakt door lokvoer, hondenpoep, bladeren, uitwerpselen van watervogels en voedsel dat aan watervogels gevoerd wordt. De kritische belasting wordt aangegeven door de horizontale lijn.



Afb. 2: Fosforbelasting veroorzaakt door lokvoer, hondenpoep, bladeren, uitwerpselen van watervogels en voedsel dat aan watervogels gevoerd wordt. De kritische belasting wordt aangegeven door de horizontale lijn.

verschillend. Als de verblijftijd van het water erg kort is, zal een hoge belasting waarschijnlijk minder problemen opleveren dan bij ondiepe en stagnante wateren.

Tijdens het onderzoek bleek dat vooral watervogels een hoog aandeel hebben in de nutriëntenbelasting. Uit ervaring is bekend dat geen problemen optreden voor de nutriëntenbelasting bij wateren waar incidenteel wordt gevoerd en het bij voeren van een paar stukjes brood blijft. Secundaire effecten, zoals het grondelen, suggereren op basis van veldwaarnemingen een grotere ecologische schade. In enkele gevallen is wel sprake van een aantoonbaar veel te hoge nutriëntenbelasting. Uitwerpselen van honden, bladeren en lokvoer leverden tijdens het onderzoek geen kritieke bijdrage aan de nutriëntenbelasting op stedelijk water. Hoewel de nutriëntenbelasting door hondenpoep niet hoog is, wordt het aantal drollen op de oever door de geïnterviewden als hinderlijk ervaren.

Omdat alleen het eendjes voeren leidt tot een te hoge nutriëntenbelasting, wordt geadviseerd het voeren van eenden te ontmoedigen en actief op te treden op plaatsen waar zeer veel wordt gevoerd. Gelet

op eventuele humane gezondheidsrisico's en de negatieve belevingswaarde van hondendrollen is het wenselijk maatregelen te treffen op locaties die vaak door recreanten worden bezocht^{12),13)}.

LITERATUUR

- 1) Ministerie van VROM (2005). Water in de stad. Rapport 5133.
- 2) Stoianov I., S. Chapra en C. Maksimovic (2000). A framework linking urban park land use with pond water quality. Urban Water 2, pag. 47-62.
- 3) Birch G., C. Matthai, M. Fazeli en J. Suh (2004). Efficiency of a constructed wetland in removing contaminants from stormwater. Wetlands nr. 2, pag. 459-466.
- 4) Janse J. (2005). Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Thesis (PhD) Wageningen Universiteit.
- 5) Hahn S., S. Bauer S. en M. Klaassen (2008). Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds. Freshwater Biology 53, pag. 181-193.
- 6) Muller R. en W. Martin (1983). Autumn leaf fall and nutrient return in an old-growth and a second-growth forest in eastern Kentucky. Botanical Gazette, nr. 4, pag. 552-558.
- 7) Webster J., E. Benfield, J. Hutchens, J. Tank, S. Golladay en J. Adams (2001). Do leaf breakdown rate actually measure leaf disappearance from streams? International Review of Hydrobiology nr. 4-5, pag. 417-427.
- 8) Tatenno R., T. Aikawa en H. Takeda (2005). Leaf-fall phenology along a topography-mediated environmental gradient in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Japan. Journal of Forest Research nr. 4, pag. 269-274.
- 9) Aalderink R. (1997). Chapter 8: Eutrof2A. In: Procesbeschrijving DUFLOW voor Windows. STOWA-rapport 97-20.
- 10) Wood C., K. Cummins, C. Williams en B. Wood (2004). Impact of diet and age on element excretion from dogs. Communication in soil science and plant analysis 35 (9-10), pag. 1263-1270.
- 11) Van Emmerik W. en J. Peters (2009). Invloed van lokvoer op waterkwaliteit. Sportvisserij Nederland.
- 12) De Man H., M. Kuiper en I. Leenen (2009). Volksgezondheid en water in stedelijk gebied. STOWA-rapport 2009-25.
- 13) Wanga J., H. Solo-Gabriele, A. Abdelzaher en L. Fleming (2010). Estimation of enterococci input from bathers and animals on a recreational beach using camera images. Marine Pollution Bulletin 60, pag. 1270-1278.