

# **Afstroming van N en P**

Achtergrondrapport

Datum : 18 december 2018

# **PARTNERS4URBANWATER**

Langeveld | Liefting | Schilperoort | De Haan

Javastraat 104 A

6524 MJ Nijmegen

**E** [info@urbanwater.nl](mailto:info@urbanwater.nl)

**I** [www.urbanwater.nl](http://www.urbanwater.nl)

Titel : Afstroming van N en P  
Ondertitel : Achtergrondrapport bij factsheet EmissieRegistratie  
Opdrachtgever : Deltares  
Kenmerk : Deltares06\_R\_181218  
Auteur : ir. H.J. Liefting  
Collegiale toets : dr.ir. Jeroen Langeveld  
Status : Concept  
Datum : 18 december 2018

# Inhoudsopgave

1	Inleiding .....	5
2	Aanpak .....	7
3	Belasting op naar de riolering afvoerend oppervlak .....	9
3.1	Water- en slibbalans .....	9
3.2	Verontreinigingen aan water en slib .....	10
3.3	Geschatte afstroming N en P naar de riolering .....	10
4	Bijdragen bronnen .....	13
4.1	Atmosferische depositie (nat en droog) .....	13
4.2	Bladval .....	13
4.3	Uitspoeling van zand en grond .....	14
4.4	Urine en uitwerpselen van huisdieren .....	14
4.5	Uitwerpselen van vogels .....	14
4.6	Sommatie bijdragen .....	15
4.7	Verdeling over dak- en wegoppervlakken en infiltratieverlies .....	15
4.8	Vergelijking belasting bronnen met belasting uit metingen water en slib .....	15
4.9	Relatieve bijdragen .....	16
5	Trend .....	17
5.1	Trend N-totaal Atmosferische depositie .....	17
5.2	Overige trendfactoren .....	17
6	Vergelijking met andere factsheets .....	19
6.1	Factsheet Atmosferische depositie .....	19
6.2	Factsheet Afvalwaterketen .....	19
7	Bronnen .....	21



# 1 Inleiding

In de huidige EmissieRegistratie is sprake van discrepanties tussen gemeten en gemodelleerde vrachten met betrekking tot stikstof en fosfor. Een van de onzekere factoren is de bijdrage van stikstof en fosfor in afspoelend hemelwater. Deltares heeft Partners4UrbanWater gevraagd (literatuur)onderzoek te doen met de volgende doelstellingen:

1. Een betrouwbare schatting van de stikstof- en fosforvracht in afspoelend hemelwater inclusief een kwantificering van het aandeel atmosferische depositie en de overige bijdragen.
2. Een check van de balans van de berekende en gemeten influentconcentraties in de EmissieRegistratie.
3. Een opgeleverde factsheet “Nutriënten in afspoelend hemelwater”.

Dit rapport beschrijft als achtergronddocument het model waarmee de getallen in de factsheet tot stand zijn gekomen.

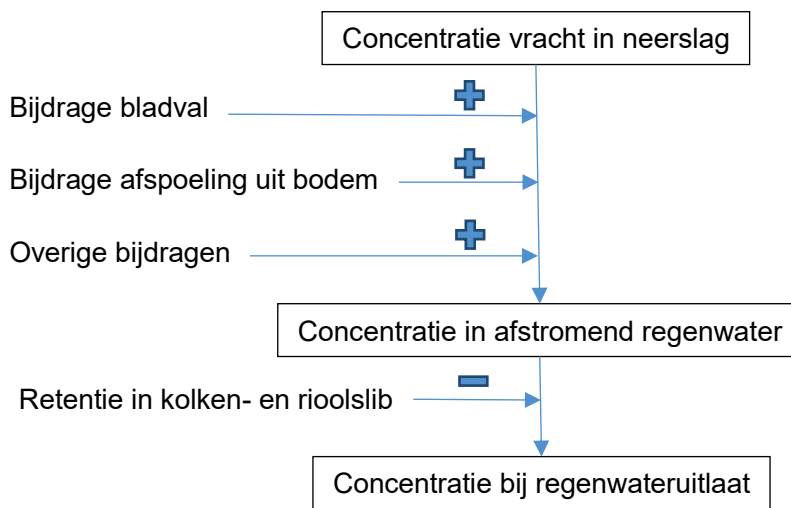


## 2 Aanpak

De volgende aanpak is gevolgd:

1. *Uitzoeken gehalten stikstof en fosfor in (afspoelend) regenwater.* In een literatuurstudie en met gebruikmaking van beschikbare metingen uit de STOWA-hemelwaterdatabase en het Landelijk Meetnet Regenwater (LMRe) van het RIVM zijn stikstof- en fosforgehalten in neerslag en afspoelend regenwater van daken en wegen onderzocht. Ook is literatuuronderzoek gedaan naar de concentraties in regenwater bij regenwateruitlaten en de retentie in kolken- en rioolslib.
2. *Onderzoeken omvang bronnen en opstellen balans.* Diverse bronnen dragen bij aan de verhoging van de N- en P-concentratie tijdens afspoeling over het verharde oppervlak van daken en wegen. Het betreft hier atmosferische depositie (nat en droog) bladval, uitspoeling uit de bodem en uitwerpselen van diverse dieren. Op basis van literatuurwaarden is de relatieve omvang van deze bronnen geschat en een stoffenbalans opgesteld, zie figuur 1.
3. *Berekenen vrachten.* Op basis van de bepaalde concentraties uit de voorgaande stappen is de vracht bepaald door de concentratie te vermenigvuldigen met de hoeveelheid afstromende neerslag.

Vergelijkbaar met de aanpak van de factsheet “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s” is uitgegaan van een waterbalans. De stoffenbalans is opgesteld door de waterbalans te vermenigvuldigen met bekende concentraties (zie Figuur 1).



**Figuur 1** Schematische voorstelling stoffenbalans afstromend regenwater. Relatief veel metingen zijn beschikbaar van concentraties in verse neerslag en bij regenwateruitlaten. Minder betrouwbare metingen zijn beschikbaar van afstromend regenwater voordat het via de kolken in de riolering terecht komt.





## 3 Belasting op naar de riolering afvoerend oppervlak

### 3.1 Water- en slibbalans

Navolgende waterbalans is opgesteld met inachtneming van dezelfde uitgangspunten als het achtergrondrapport bij de factsheet “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s”, maar dan voor de situatie t/m 2017. In Nederland valt jaarlijks ongeveer 880 mm neerslag (gemiddeld sinds 2010, zie Tabel 1). In stedelijk gebied valt deze neerslag op verharde en onverharde oppervlakken. Ongeveer 210 mm van de neerslag op verharde oppervlakken verdampt weer. Van de 670 mm ‘effectieve neerslag’ infiltreert 150 mm via open wegverharding en scheuren in het wegdek; 520 mm stroomt af via kolken en hemelwaterafvoeren en komt in de riolering terecht.

In Nederland is ongeveer 1.566 km<sup>2</sup> (156.600 ha) verhard oppervlak aangesloten op de riolering, ongeveer gelijk verdeeld over dak- en wegooppervlak (zie Tabel 2, getallen afkomstig uit Achtergrondrapport bij de factsheet “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s”). Genoemde 1566 km<sup>2</sup> \* 150 mm komt neer op jaarlijks ongeveer 234 \* 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> hemelwater dat via wegooppervlak infiltreert. Via de riolering wordt afgevoerd 1566 km<sup>2</sup> \* 520 mm = 813 \* 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

**Tabel 1** Neerslag uit KNMI jaaroverzichten neerslag en verdamping

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Neerslag* [mm]	764	798	975	834	867	945	857	941

\* 1990, 1995 en 2000 op basis van De Bilt (CBS); vanaf 2005 op basis van landelijk Overzicht van de neerslag en verdamping in Nederland (KNMI). KNMI rapporteert op zijn website jaaroverzichten vanaf 2003.

**Tabel 2** Woningen in Nederland (Bron: CBS Statline) en op de vrijvervalriolering aangesloten verhard oppervlak (201 m<sup>2</sup>/huishouden)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Huishoudens * 10 <sup>6</sup>	6,06	6,47	6,80	7,09	7,39	7,67	7,72	7,79
Aangesloten verhard oppervlak [km <sup>2</sup> ]	1218	1300	1367	1425	1485	1541	1552	1566

Met het afstromende hemelwater wordt ook vast materiaal meegevoerd. Volgens het CBS is de jaarlijkse hoeveelheid slib die wordt verwijderd uit kolken, leidingen en gemalen 84 \* 10<sup>6</sup> kg (2014). Met een drogestofgehalte van 40% is dit 34 \* 10<sup>6</sup> kg, ofwel 220 kg per ha aangesloten verhard oppervlak. Ditzelfde kengetal is gebruikt in de EmissieRegistratie factsheet “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s”.

Hoeveel van dit materiaal valt toe te rekenen aan afstromende neerslag en hoeveel aan andere bronnen die lozen op de riolering? In onderzoek in Almere (STOWA 2016-05B) is afgeleid dat de hoeveelheid sediment die jaarlijks via de kolken het riool binnenkomt, 218 kg DS / ha of meer kan bedragen. Daarom is aangenomen dat de bijdrage van afstromende neerslag op het totale sedimentvolume dominant is. Een andere mogelijke bron, binnentreden van zand door lekke buisverbindingen, is veel kleiner en verwaarloosd.

De jaarlijkse hoeveelheid verwijderd rioolslib neemt volgens het CBS af in de loop van de tijd (Tabel 3). Hetzelfde geldt voor veegafval. Dit terwijl de hoeveelheid verhard oppervlak toeneemt. De oorzaak hiervan ligt wellicht in bezuinigingen bij de gemeenten waardoor ofwel minder wordt gereinigd en geveegd ofwel een andere wijze van verwerken wordt gekozen. De afname van de hoeveelheid afvalstoffen betekent niet noodzakelijk dat de hoeveelheid sediment die naar de riolering wordt afgevoerd ook afneemt.

**Tabel 3** Hoeveelheid gemeentelijke afvalstoffen: riool- kolken- en gemalenafval en veegafval. Bron: CBS Statline

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Riool-, kolken- en gemalenafval [ $10^6$ kg]		105	98	88	86	92	82	82
Veegafval [ $10^6$ kg]		331	339	305	274	228	230	225

## 3.2 Verontreinigingen aan water en slib

Afstromend hemelwater wordt via kolken en hemelwaterafvoeren in de gemeentelijke vrijvervalriolering geloosd. In gemengde rioolstelsels wordt dit hemelwater gemengd met bedrijfsmatig en huishoudelijk afvalwater. In hemelwaterriolen vindt deze vermenging in principe niet plaats, zodat de kwaliteit van hemelwater in hemelwaterriolen alleen wordt bepaald door de kwaliteit van het afstromende hemelwater.

De concentratie van N-totaal en P-totaal in hemelwaterriolen is in Nederland sinds 2008 vrij goed onderzocht. Op basis van verschillende grootschalige onderzoeken is vastgesteld dat de gemiddelde concentratie van N en P in afstromende neerslag bij de regenwateruitlaat respectievelijk 2,3 mg N/L en 0,24 mg P/L zijn. Het gehalte onopgeloste bestanddelen is gemiddeld 28 mg DS/L. Genoemde concentraties zijn afkomstig uit de STOWA regenwaterdatabase (STOWA, 2007-2017). De gebruikte getallen uit de database zijn aanvullend op kwaliteit getoetst en ook gebruikt in het model "Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's". Dit betreft afstromend hemelwater dat niet significant vervuild is door foutaansluitingen en niet vermengd is met grondwater van een andere kwaliteit. Wanneer wel sprake is van zulke vervuiling, dan zijn de concentraties hoger. Lokale verschillen treden op, maar van een trend in de tijd met betrekking tot deze concentraties is op basis van de beschikbare gegevens (sinds 2008) geen sprake.

Naast de waterstroom wordt een deel van de N- en P-belasting gebonden aan het sediment in kolken en leidingen. De kwaliteit van het kolkenslib in hemelwaterriolering is onderzocht in Almere (STOWA 2016-05B). De N-totaal concentratie is 7,0 g/kg DS en de P-totaal concentratie 1,9 g/kg DS (DS = drogestofgehalte). Aangenomen is dat deze kwaliteit representatief is voor de kwaliteit van het sediment dat met het afstromend hemelwater in de riolering terecht komt en dat door de reinigingsdiensten wordt afgevoerd. Trendgegevens met betrekking tot de kwaliteit van kolkenslib zijn niet beschikbaar.

Tabel 4 geeft de kwaliteit met betrekking tot N en P in hemelwater bij hemelwateruitlaten en in kolken- en rioolslib.

**Tabel 4** Omvang water- en slibstroom door afstroming van hemelwater van verharde oppervlakken naar de riolering in Nederland (156.600 ha aangesloten verhard oppervlak)

	Omvang	Droge stof	N-concentratie	P-concentratie
Waterstroom naar riolering	813 * $10^6$ m <sup>3</sup>	23 * $10^6$ kg DS	2,3 mg/L	0,24 mg/L
Retentie sediment	84 * $10^6$ kg	34 * $10^6$ kg DS	7,0 g/kg DS	1,9 g/kg DS

## 3.3 Geschatte afstroming N en P naar de riolering

De totale geschatte afstroming van N en P naar de riolering is gelijk aan de jaarlijkse hoeveelheid die het systeem verlaat. Dit is gelijk aan de jaarlijkse hoeveelheid afstromende neerslag vermenigvuldigd met de concentraties in de waterstroom, plus de hoeveelheid droge stof in kolken- en rioolslib vermenigvuldigd met de gehalten N en P in kolkenslib. Tabel 5 laat de totale N- en P-

belasting op de riolering door afstromend hemelwater zien voor alle vrijvervalriolering in Nederland door extrapolatie van de vrachten in hemelwaterriolering over de andere rioleringstypen. Teruggerekend per ha aangesloten verhard oppervlak is de afstroming van N-totaal geschat 13 kg/ha/jaar en de afstroming van P-totaal 1,7 kg/ha/jaar. N.B. Dit is nog niet gelijk aan de totale belasting van het oppervlak, omdat een deel van de belasting op wegoppervlak via open verharding infiltreert in de ondergrond.

**Tabel 5** Geschatte jaarlijkse afstroming van N en P naar de vrijvervalriolering op basis van gemeten concentraties bij de hemelwateruitlaat (waterstroom) als gevolg van 880 mm neerslag op een aangesloten verhard oppervlak van 1566 km<sup>2</sup> en een retentie in kolken- en rioolslib (sedimentstroom) van 220 kg DS/ha/jaar.

	Retentie sediment (kolken- en leidingenslib)		Waterstroom incl. onopgeloste bestanddelen		Totaal afstromend naar de riolering (gemeten waterstroom + retentie)	
	[10 <sup>6</sup> kg/jaar]	[kg/ha/jaar]	[10 <sup>6</sup> kg/jaar]	[kg/ha/jaar]	[10 <sup>6</sup> kg/jaar]	[kg/ha/jaar]
N-totaal	0,24	1,5	1,9	12	2,1	13
P-totaal	0,065	0,42	0,19	1,3	0,26	1,7



## 4 Bijdragen bronnen

Bijdragen van de volgende bronnen zijn onderzocht en zover mogelijk gekwantificeerd:

1. Atmosferische depositie nat;
2. Atmosferische depositie droog;
3. Bladval;
4. Uitspoeling zand en grond;
5. Uitwerpselen van huisdieren;
6. Uitwerpselen van vogels.

Voor een goede vergelijking zijn de bijdragen allemaal teruggerekend naar kg/ha/jaar.

### 4.1 Atmosferische depositie (nat en droog)

Het landelijk meetnet regenwater van het RIVM verzamelt meetgegevens van de concentraties N en P in neerslag. N is onderverdeeld in  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$ . Over de afgelopen jaren, 2010 – 2016, lijkt in de stikstofconcentratie een lichte daling plaats te vinden. Gemiddeld bevat regenwater in deze periode ongeveer 89  $\mu\text{mol N/L}$  en 0,45  $\mu\text{mol P/L}$ , wat gelijk is aan 1,25 mg N/L en 0,014 mg P/L. In 2000 was dit nog resp. 110  $\mu\text{mol N/L}$  en 0,4  $\mu\text{mol P/L}$ . Wanneer wordt aangenomen dat de genoemde concentraties representatief zijn voor Nederland, dan is de hoeveelheid stikstof die op verhard oppervlak terechtkomt gelijk aan 880 mm x 1,25 mg/L = 11 kg N/ha/jaar. De hoeveelheid P-totaal is 0,12 kg P/ha/jaar.

Het Planbureau voor de Leefomgeving heeft in 2010 de rapportage “Grootschalige stikstofdepositie in Nederland; Herkomst en ontwikkeling in de tijd” gepubliceerd. Uit deze rapportage, die is gebaseerd op modelberekeningen, is af te leiden dat de totale depositie (nat + droog) van stikstof in Nederland gemiddeld ongeveer 1660 mol/ha/jaar bedroeg, ofwel 23 kg/ha/jaar. Genoemde rapportage van het Planbureau baseert zich op berekeningen met het OPS model.

De factsheet “Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat” baseert zich eveneens op het OPS model. Voor het landelijk (onverhard) gebied wordt eveneens een atmosferische stikstofdepositie van ongeveer 23 kg/ha/jaar. Voor het stedelijk gebied is de berekende atmosferische depositie (nat + droog) echter veel kleiner: 11 kg/ha/jaar. In overleg met Deltares is gekozen om verder te rekenen met 11 kg/ha/jaar totale atmosferische depositie van N, waarbij gesteld wordt dat de ammoniakdepositie in het stedelijk gebied nagenoeg nihil is.

Van de droge atmosferische depositie van P-totaal in de Nederlandse situatie zijn geen data gevonden. Op basis van een Zwitsers onderzoek van Zobrist et al. (2000) is een droge depositie van 0,35 kg P/ha/jaar afgeleid. De droge N-depositie in dit onderzoek was 7 kg N/ha/jaar.

### 4.2 Bladval

De organische fractie van het kolken- en rioolslib (220 kg DS/ha/jaar) bedraagt op basis van metingen in Almere 20%. Ook onder de onopgeloste bestanddelen die in de waterstroom via de hemelwateruitlaat worden geloosd ( $28 \text{ mg/l} * 813 * 10^6 \text{ m}^3 / 156.600 \text{ ha} = 145 \text{ kg DS/ha/jaar}$ ), is een deel organisch materiaal. Op basis van metingen aan fijn slib in Almere is hiervoor een fractie van 43% aangenomen. In totaal betreft de hoeveelheid organisch materiaal geschat 107 kg DS/ha/jaar. Aangenomen is dat deze organische fractie volledig bestaat uit bladeren, bloesem en ander plantaardig materiaal. Van plantaardig materiaal is bekend dat het drooggewicht voor ongeveer 3% uit N bestaat en voor 0,3% uit P. Dit resulteert in een bijdrage van 3,20 kg N/ha/jaar en 0,32 kg P/ha/jaar aan belasting van blad en ander plantaardig materiaal die naar de riolering afstroomt.

### 4.3 Uitspoeling van zand en grond

De niet-organische fractie van het slib en de onopgeloste bestanddelen in het water worden toegeschreven aan de afspoeling van zand, grond en stof van het verharde oppervlak. Het meeste zal afstromen van wegen, maar ook een deel van daken (depositie door wind). De fractie zand en grond is aangenomen (maximaal) gelijk te zijn aan de totale hoeveelheid DS (365 kg DS/ha/jaar) minus het organisch materiaal (107 kg DS/ha/jaar), dus 259 kg DS/ha/jaar. Grond heeft een P-gehalte tussen 0,1 (grof materiaal) en 1 g P/kg DS (fijn materiaal). Depositie van Saharazand heeft een concentratie van ongeveer 0,8 g P/kg DS. Hier is als rekenwaarde aangenomen 0,3 g P/ kg DS. Vermenigvuldigd met 259 kg/ha DS/jaar is de belasting door P als gevolg van uitspoeling van zand en grond 0,08 kg/ha/jaar.

### 4.4 Urine en uitwerpselen van huisdieren

In het stedelijke gebied komen urine en uitwerpselen van huisdieren op straat terecht en worden door afspoelend hemelwater meegenomen. Hier is alleen gekeken naar honden, onder de aanname dat andere huisdieren meestal binnenshuis hun behoefte doen en anders (katten) gewoonlijk op onverharde oppervlakken.

In Nederland zijn ongeveer 1,8 miljoen honden die samen jaarlijks 145 miljoen kg uitwerpselen produceren, ofwel 220 g/hond/dag. Hoeveel van deze uitwerpselen worden daadwerkelijk meegenomen door afstromende neerslag op verharde oppervlakken? Een significant deel van de feces zal op onverharde oppervlakken terechtkomen. Van wat wel op verhard oppervlak terechtkomt zal het grootste deel direct de eigenaar wordt opgeruimd en een kleiner deel later door de gemeentelijke reinigingsdienst. Geschat wordt dat niet meer dan 10% uiteindelijk tot afstroming komt.

Van urine zal eveneens een significant deel op onverhard oppervlak (bomen, plantsoenen) terecht komen. Urine van honden wordt in tegenstelling tot de feces niet opgeruimd. Daarentegen zal een deel van de urine die op verharde oppervlakken terecht komt, direct in de bodem infiltreren en dus niet worden gemengd met afstromend hemelwater. Bovendien zal een deel van N als ammoniak in de atmosfeer worden opgenomen. Geschat wordt dat uiteindelijk 10% van de totale geproduceerde hoeveelheid N en P in urine wordt meegenomen met afstromend hemelwater.

De totale belasting door urine en uitwerpselen is volgens in RionedReeks 13 geciteerd Amsterdams onderzoek 3,36 kg N/hond/jaar en 0,64 g P/hond/jaar. De totale geschatte jaarlijkse productie komt daarmee op  $6,0 \cdot 10^6$  kg N/jaar en  $1,2 \cdot 10^6$  kg P/jaar. Geschat wordt dat 10% in het afstromende hemelwater terecht komt, dus  $0,6 \cdot 10^6$  kg N/jaar en  $0,12 \cdot 10^6$  kg P/jaar, ofwel 3,9 kg N/ha/jaar en 0,74 kg P/ha/jaar.

### 4.5 Uitwerpselen van vogels

Nederland telt enkele tientallen miljoenen vogels. Op basis van een schatting van ongeveer 10 miljoen broedparen (<https://www.vogelvisie.nl/top50.php>) en evenveel juveniele en trekvogels is het totaal geschat op 40 miljoen. Uit Frans onderzoek (Marion et al., 1994) is bekend dat 1,5 miljoen vogels via de uitwerpselen ongeveer  $7,0 \cdot 10^3$  kg N/jaar en  $2,3 \cdot 10^3$  kg P/jaar produceren, ofwel 0,12 kg N/vogel/jaar en 0,041 kg P/vogel/jaar. Voor de totale Nederlandse vogelstand betekent dit een geschatte productie van  $19 \cdot 10^5$  kg N/jaar en  $6,1 \cdot 10^5$  kg P/jaar. Bij een gelijkmatige verdeling van de vogeluitwerpselen over Nederland ( $42 \cdot 10^3$  km<sup>2</sup>) komt dit neer op 0,045 kg N/ha/jaar en 0,015 kg P/ha/jaar. Vergeleken met de overige bronnen is dit dus een niet-significante bijdrage.

## 4.6 Sommatie bijdragen

In Tabel 6 is de bijdragen van de verschillende bronnen van N en P samengevat een gesommeerd. Vergelijking met de totale hoeveelheid die afstroomt naar de riolering leert dat de schattingen van de bijdragen van N aan de afspoeling een overschatting geven. Deels kan deze overschatting worden verklaard door het deel van het afspoelende hemelwater dat niet afstroomt naar de riolering, maar infiltreert in de ondergrond. Voor N, dat mobieler is dan P, zou deze infiltratiefractie vrij groot kunnen zijn. Bovendien wordt een deel van N als ammoniak in de atmosfeer opgenomen.

Voor P klopt de sommatie van de bijdragen goed met de totale hoeveelheid die afstroomt naar de riolering, zoals die op basis van de metingen is bepaald. Behalve de al genoemde infiltratie in de ondergrond van P in de urine van honden wordt de resterende hoeveelheid van de belasting op het verharde oppervlak voor het grootste deel afgevoerd naar de riolering.

**Tabel 6** Sommatie bijdragen N en P aan belasting van naar de riolering afvoerende verharde oppervlakken

	N [kg/ha/jaar]	P [kg/ha/jaar]
Atmosferische depositie (nat + droog)	11	0,47 (0,12 + 0,35)
Bladval	3,2	0,32
Uitspoeling zand en grond	0	0,08
Urine en uitwerpselen van huisdieren	3,9	0,74
Uitwerpselen van vogels	0,045	0,015
Totaal bijdragen	18	1,6
<i>Totaal afstromend naar riolering (Tabel 5)</i>	<i>13</i>	<i>1,7</i>

## 4.7 Verdeling over dak- en wegoppervlakken en infiltratieverlies

De verschillende belastingen komen terecht op dak- en wegoppervlak. Atmosferische depositie en bladval komen terecht op zowel dak- als wegoppervlak (rwa-beide). Uitspoeling van zand en grond en urine en uitwerpselen van huisdieren zijn alleen op wegoppervlak (rwa-weg), zie Tabel 7. In het model "Effluënten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's" zijn verliesfactoren opgenomen voor infiltratie met regenwater naar de ondergrond opgenomen via open verharding. (N.B. Dit is dus geen directe infiltratie, maar infiltratie waarbij de stoffen worden meegevoerd door infiltrerende neerslag). Deze verliesfactoren zijn ook in de tabel opgenomen.

**Tabel 7** Verdeling van de belasting over dak- en wegoppervlak.

	Rwa-stroom	Infiltratieverlies	Naar riolering
Atmosferische depositie (nat + droog)	Rwa-beide	22%	78%
Bladval	Rwa-beide	22%	78%
Uitspoeling zand en grond	Rwa-weg	42%	58%
Urine en uitwerpselen van huisdieren	Rwa-weg	42%	58%

## 4.8 Vergelijking belasting bronnen met belasting uit metingen water en slib

Vermenigvuldiging van de verliesfactoren uit Tabel 7 met de belastingen uit Tabel 6 levert de afstroming naar de riolering op:

- Afstromend naar de riolering N-totaal 13 kg/ha/jaar. Dit komt overeen met de afstroming die is teruggerekend uit de concentraties in hemelwater en slib (Tabel 5)

- Afstroming naar de riolering P-totaal 1,1 kg/ha/jaar. Dit is lager dan de afstroming van 1,7 kg/ha/jaar die is teruggerekend uit de concentraties in hemelwater en slib (Tabel 5)

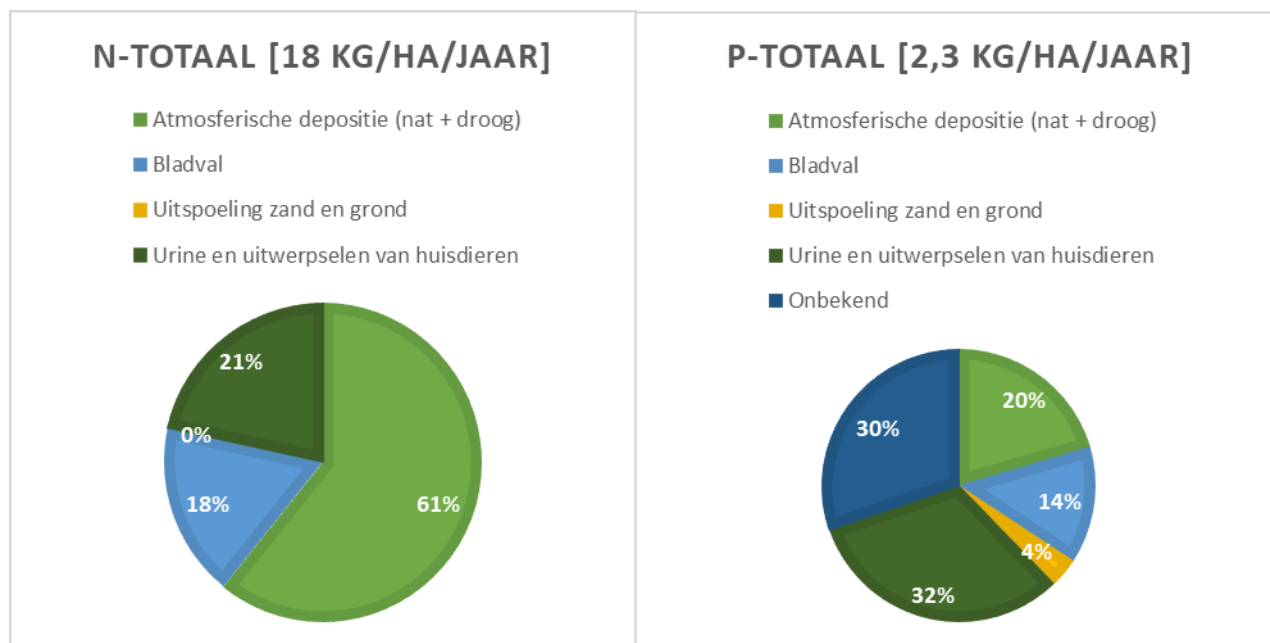
Er is sprake van een onbekende bijdrage van P-totaal op de (hemelwater)riolering. Aangenomen is dat deze bron moet worden opgeteld bij de andere belastingen op daken en wegen (rwa-beide).

**Tabel 8** Sommatie bijdragen N en P aan belasting van naar de riolering afvoerende verharde oppervlakken en resulterende afvoer naar de riolering

	N-totaal [kg/ha/jaar]		P-totaal [kg/ha/jaar]	
	Bruto belasting	Netto naar riolering	Bruto belasting	Netto naar riolering
Atmosferische depositie	11	8,5	0,47	0,37
Bladval	3,2	2,5	0,32	0,25
Uitspoeling zand en grond	0	0,0	0,08	0,05
Urine en uitwerpselen van huisdieren	3,9	2,3	0,74	0,43
<i>Onbekend</i>			0,7	0,55
Totaal	18	13	2,3	1,7
<i>Totaal afstromend naar riolering (Tabel 5)</i>		13		1,7

## 4.9 Relatieve bijdragen

Op basis van de bijdragen uit Tabel 6 aan de N- en P-belasting van naar de riolering afvoerende verharde oppervlakken zijn de relatieve bijdragen in Figuur 2 getoond.



**Figuur 2** Relatieve bijdragen bronnen aan N- en P-belasting riolering door afstromend hemelwater



## 5 Trend

Is er sprake van trends in de vrachten N en P die met afstromend hemelwater naar de riolering afspoelen?

### 5.1 Trend N-totaal Atmosferische depositie

De totale atmosferische belasting van N in de afgelopen decennia afgenomen (factsheet Atmosferische depositie), zie Tabel 9. Te verwachten valt dat met de totale N-belasting van het aangesloten verhard oppervlak de vracht N in afstromend hemelwater eveneens (evenredig) afneemt.

**Tabel 9**      **Ontwikkeling atmosferische depositie N-totaal op aangesloten verhard oppervlak (2017 = 1,00)**

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
N-totaal atmosferische depositie [2017 = 1,00]	2,05	1,78	1,56	1,44	1,17	1,00	1,00	1,00

De hoeveelheid neerslag is variabel. Hierdoor varieert ook de hoeveelheid natte depositie. Onbekend is of dit ook tot gevolg heeft dat de totale atmosferische depositie (nat + droog) varieert. Het rapport van het Planbureau voor de Leefomgeving houdt geen rekening met de neerslagvariatie. Daarom wordt deze variatie als niet significant verondersteld.

### 5.2 Overige trendfactoren

Er zijn te weinig harde gegevens beschikbaar over de ontwikkeling van de kwaliteit van het afstromende hemelwater of van de ontwikkeling in de bijdragen van de diverse bronnen in de tijd om hierin een trend aan te kunnen geven. De overige belastingen zijn daarom stabiel verondersteld per ha aangesloten oppervlak. Het aangesloten verhard oppervlak neemt in de loop van de jaren toe (Tabel 2). De totale vracht N en P groeit evenredig met de hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak, zie Tabel 10.

**Tabel 10**      **Ontwikkeling overige belastingen (2017 = 1,00)**

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Trend overige belastingen [2017 = 1,00]	0,78	0,83	0,87	0,91	0,95	0,98	0,99	1,00



## 6 Vergelijking met andere factsheets

Hoe verhouden de vrachten in Tabel 5 en Tabel 8 zich tot de vrachten in de factsheets “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s” en “Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat” (factsheet Afvalwaterketen)?

### 6.1 Factsheet Atmosferische depositie

De factsheet “Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat” bevat een prognose van de belasting van de riolering in Nederland, zie Tabel 11 (in genoemde factsheet tabel 8).

**Tabel 11** Prognose belasting riool uit de factsheet “Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat”

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
N-totaal [10 <sup>6</sup> kg]	7,04	6,11	5,38	4,95	4,03	3,44	3,44	-
P-totaal [10 <sup>6</sup> kg]	0	0	0	0	0	0	0	-

Op dit moment is in de EmissieRegistratie atmosferische depositie de enige bron van N-totaal voor naar de riolering afstromend hemelwater. Vergelijking van Tabel 11 met Tabel 5 laat zien dat de prognose van de belasting door atmosferische depositie voor wat betreft N-totaal de belasting op basis van metingen overschrijdt ( $3,44 \cdot 10^6$  kg versus  $2,1 \cdot 10^6$  kg). Voor P-totaal is juist sprake van een bijdrage die in de EmissieRegistratie niet is gekwantificeerd. De belastingen op de riolering in de factsheet “Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat” zijn dus te hoog voor N en te laag voor P.

De verklaring voor de hoge N-belasting in de factsheet Atmosferische depositie ligt in het in deze factsheet aangenomen omvang van het afvoerend oppervlak. Deze omvang is met 326.000 ha veel groter dan de 156.600 uit voorliggend rapport. De factsheet Atmosferische depositie verwijst naar het CBS-bestand Bodemgebruik, maar een nadere onderbouwing ontbreekt, zodat niet goed is vast te stellen waardoor de verschillen worden veroorzaakt.

Aanbevolen wordt om het aangesloten verhard oppervlak voor de factsheet Atmosferische depositie te actualiseren. Deze aanbeveling geldt ook voor de factsheet Bestrijdingsmiddelengebruik bij niet-landbouwkundige toepassingen (alias Afspoeling verhardingen). Omdat de atmosferische depositie van N nu in twee factsheets staat beschreven, dient te worden gewaakt voor dubbeltellingen in het model van de EmissieRegistratie.

### 6.2 Factsheet Afvalwaterketen

De factsheet “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s” (versie 2018) bevat correcties op de emissieoorzaken, conform de beschikbare kennis over de kwaliteit van het afstromende hemelwater. Deze correcties zijn bepaald voor peiljaar 2014 en staan in Tabel 12. De totale belasting op het model van de EmissieRegistratie zijn iets hoger dan de schatting in Tabel 5. Dit komt doordat het model van de EmissieRegistratie ook de infiltratie van hemelwater via het wegooppervlak meetelt. De correcties zijn alleen bepaald voor 2014 en worden als constant verondersteld.

**Tabel 12** Correctie-emissies in de factsheet “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s” (peiljaar 2014)

	Belasting (atmosferische depositie)	Correctie-emissie	Resulterende emissie
N-totaal [10 <sup>6</sup> kg]	3,44	-1,00	2,44
P-totaal [10 <sup>6</sup> kg]	0	0,27	0,27

Er is een verschil tussen hoe het model “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s” rekt met de verliesfactor door rioolslib en hoe voorliggend rapport dit doet. Het komt erop neer dat in het genoemde model voor de afvalwaterketen de verliesfactor door rioolslib in regenwaterriolen en in gemengde riolen procentueel gelijk zijn getrokken, terwijl in voorliggend rapport de kwaliteit van het rioolslib in hemelwaterriolen gelijk is verondersteld met de kwaliteit van het kolkenslib. De afwijking is op de totale belasting is relatief klein (5 – 10%).

Aanbevolen wordt om in het model “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s” een aanpassing door te voeren in de verliesfactor van rioolslib in hemelwaterriolen, zodat de kwaliteit van het rioolslib in hemelwaterriolen gelijk wordt getrokken met de kwaliteit van het kolkenslib

Aanbevolen wordt om in het model “Effluenten RWZI’s, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA’s” de correctie-emissies voor N en P voor afstromend hemelwater te schrappen na implementatie van de geactualiseerde emissies uit voorliggend rapport.

## 7 Bronnen

- Hans Aalderink, Jeroen Langeveld, Erik Liefthing en Anne de Weme, 2009. Oppervlaktewaterkwaliteit: wat zijn relevante emissies? Vergelijkende analyse van vervuilingbronnen en maatregelen aan het afvalwatersysteem, beoordeeld op hun effect op de kwaliteit van diverse oppervlaktewateren. RIONED-Reeks 13, Stichting RIONED
- Centraal Bureau voor de Statistiek. CBS Statline. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/>, <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/37975/table?ts=1542029962297>, <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83558NED/table?ts=1542029824124>, Geraadpleegd 8 november 2018
- KNMI. Overzicht van de neerslag en Verdamping in Nederland. <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv>. Geraadpleegd 8 november 2011
- Jeroen Langeveld, Erik Liefthing en Rémy Schilperoord, 2016. Regenwaterproject Almere. Volledige rapportage STOWA 2016-05B
- Erik Liefthing, Heleen de Man en Jeroen Langeveld, 2017. EmissieRegistratie Afvalwaterketen. Achtergrondrapport bij de in 2017 geactualiseerde factsheet 'Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's. Website emissieregistratie: [http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Water/Rapporten/Deltares02\\_R\\_1706\\_15\\_Achtergrondrapport\\_Emissieregistratie\\_Afvalwaterketen.pdf](http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Water/Rapporten/Deltares02_R_1706_15_Achtergrondrapport_Emissieregistratie_Afvalwaterketen.pdf)
- Loïc Marion, Philippe Clergeau, Luc Brient & Georges Bertru, 1994. The importance of avian-contributed nitrogen (N) and phosphorus (P) to Lake Grand-Lieu, FranceHydrobiologia 279/280: 133-147, 1994
- Planbureau voor de Leefomgeving, 2010. Grootschalige stikstofdepositie in Nederland; Herkomst en ontwikkeling in de tijd
- A.P. Stolk, 2001. Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling; Meetresultaten 2000. RIVM Rapport 723101 057 / 2001
- STOWA, 2007- 2017. Database Regenwater. <https://www.stowa.nl/publicaties/database-regenwater>
- TNO DELTARES EN PBL, 2018. Atmosferische Depositie op Nederland en Nederlands Continentaal Plat. Factsheet Emissieregistratie. Versie juni 2018.
- TNO DELTARES EN PBL, 2018. Effluenten RWZI's, regenwaterriolen, niet aangesloten riolen, overstorten en IBA's. Factsheet Emissieregistratie. Versie juni 2018.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Landelijk meetnet Luchtkwaliteit. Chemische samenstelling van neerslag 2010-2017. <https://www.lml.rivm.nl/gevalideerd/index.php>. Geraadpleegd 1 november 2018.
- Vogelvisie.nl. <https://www.vogelvisie.nl/top50.php>. Geraadpleegd 5 november 2018.
- J. Zobrist, S. R. Müller, A. Ammann, T. D. Bucheli, V. Mottier, M. Ochs, R. Schoenenberger, J. Eugster and M. Boller, 2000. Quality of Roof Runoff for Groundwater Infiltration. Wat. Res. Vol. 34, No. 5, pp. 1455-1462, 2000