

4 Stadsvijver: beschouwing onderzoeksvragen

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt voor de stadsvijver de onderzoeksvragen 2 en 3:

- Wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?
- In hoeverre is die relatieve bijdrage te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

De kenmerken van een stadsvijver vindt u in paragraaf 2.2.1.

4.2 Onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen?

De relatieve bijdrage vanuit het afvalwatersysteem aan de waterkwaliteitsproblemen is uitgewerkt per stofgroep. In deze paragraaf komen de volgende onderwerpen aan de orde:

| 43

- Fosfaathuishouding (zie paragraaf 4.2.1).
- Stikstofhuishouding (zie paragraaf 4.2.2).
- Zuurstofhuishouding (zie paragraaf 4.2.3).
- Zware metalen (zie paragraaf 4.2.4).
- PAK10 (zie paragraaf 4.2.5).
- Hygiënische betrouwbaarheid (zie paragraaf 4.2.6).
- Bestrijdingsmiddelen: glyfosaat (zie paragraaf 4.2.7).
- Resultaten onderzoeksvraag 2 (zie paragraaf 4.2.8).

4.2.1 Fosfaathuishouding

De relatieve bijdrage aan de fosfaathuishouding is bepaald voor een stadsvijver van 0,5 m diep met lozing vanuit een gemengd stelsel en lozing vanuit een gescheiden stelsel. Op basis van de belasting vanuit verschillende bronnen (afvalwatersysteem en andere bronnen), hydraulische verblijftijd en de diepte is de resulterende fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater bepaald met een eenvoudig empirisch model (Meijer, 2000; zie paragraaf 3.7). Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor negen combinaties van belastingen vanuit de afvalwaterketen en overige bronnen. Deze combinaties komen tot stand door drie reële situaties voor de afvalwaterketen (lage, gemiddelde en hoge literatuurwaarden voor rekenconcentraties) te combineren met drie reële situaties voor de overige bronnen (lage, gemiddelde en hoge literatuurwaarden). Voor elke combinatie is bepaald in hoeverre de resulterende fosfaatconcentratie voldoet aan de gewenste kwaliteit. Voor fosfaat is de gewenste kwaliteit het MTR.

Tabel 4.1 toont de resultaten voor de stadsvijver waarop een gescheiden rioolstelsel loost. In het groen staat hier een belastingcombinatie die tot een te verwachten fosfaatconcentratie leidt die kleiner is dan het MTR. Uitkomsten tussen het MTR en

2*MTR staan in het geel en uitkomsten groter dan 2*MTR staan in het rood. Zo is direct duidelijk of er combinaties van belastingen vanuit afvalwaterketen en overige bronnen zijn die wel en niet voldoen aan de gewenste kwaliteit.

Tabel 4.1 P-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel

| Norm (MTR): 0,15 mg/l | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
|---|------|--|------|------|
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,9 | 0,04 | 0,30 | 0,54 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 3,0 | 0,12 | 0,37 | 0,62 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 11,3 | 0,42 | 0,67 | 0,92 |

De waarden in de gekleurde cellen van tabel 4.1 zijn de resulterende fosfaatconcentraties in de stadsvijver. De waarden boven de gekleurde cellen zijn de belasting van overige bronnen, oplopend van links naar rechts. De waarden links van de gekleurde cellen zijn de emissies vanuit de afvalwaterketen, oplopend van boven naar beneden. De reikwijdtes van de belasting vanuit overige bronnen (0,2 tot 14 kg P/j) en de afvalwaterketen (0,9 tot 11,3 kg P/j) komen aardig overeen, waardoor geen van beide altijd de dominante belastingsbron is.

44 |

Tabel 4.1 laat zien dat bij een lage belasting vanuit overige bronnen (0,2 kg P/j) en een lage tot gemiddelde belasting vanuit de afvalwaterketen (0,9 tot 3,0 kg P/j) is te voldoen aan het MTR voor P-totaal. De maximale rekenbelasting vanuit de afvalwaterketen is dermate hoog, dat de waterkwaliteit onafhankelijk van de overige bronnen altijd onvoldoende blijft. Ook laat de tabel zien dat bij een gemiddelde tot hoge belasting vanuit overige bronnen de emissiegrootte vanuit het afvalwatersysteem niet meer van belang is. De waterkwaliteit is dan in alle gevallen onvoldoende.

Tabel 4.2 laat de resultaten van een vergelijkbare exercitie zien voor de situatie waarin alleen een gemengd rioolstelsel op de stadsvijver loost. De reikwijdte van de belasting vanuit het gemengde stelsel is veel kleiner dan bij het gescheiden riool. De maximale belasting vanuit het gemengde riool ligt met 2,9 kg P/j zelfs bijna 75% lager dan die vanuit het gescheiden rioolstelsel. Desondanks is de score op te verwachten oppervlaktewaterkwaliteit duidelijk slechter dan in tabel 4.1. Dit komt door de berekeningswijze, waar de verblijftijd in de stadsvijver een grote rol speelt. Dus hoewel de belasting van het gemengde stelsel lager ligt, is de resulterende oppervlaktewaterkwaliteit juist slechter. Deze conclusie is van belang met het oog op de beoordeling van de ernst van een bepaalde emissie.

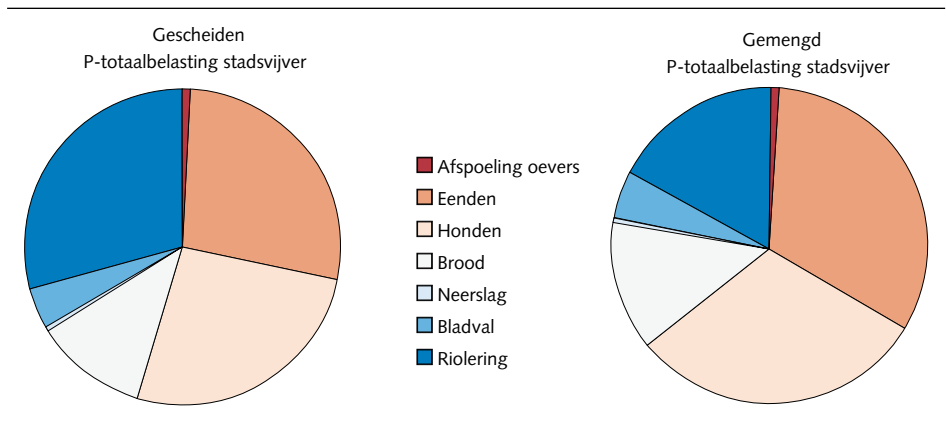
Tabel 4.2 P-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel

| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
|--|-----|--|------|------|
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Norm (MTR): 0,15 mg/l | | | | |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 1,3 | 0,30 | 1,71 | 3,07 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 1,9 | 0,42 | 1,83 | 3,19 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 2,9 | 0,63 | 2,04 | 3,40 |

De bijdrage door honden, eenden en het voeren van eenden domineert de belasting vanuit de overige bronnen (zie tabel 4.3 en figuur 4.1). In de minimale variant is het uitgangspunt dat deze bronnen afwezig zijn. Dit biedt ook direct een doorkijk naar mogelijke maatregelen. Als in de stadsvijver problemen met de fosfaathuishouding niet wenselijk zijn, dan is het voorkomen van belasting door honden en eenden een harde randvoorwaarde voor succes.

Tabel 4.3 Jaarvrucht P op stadsvijver (kg)

| Emissiebron | P-totaal kg/jaar | | |
|-------------------------------|------------------|-------------|--------------|
| | Laag | Gemiddeld | Hoog |
| Afspoeling oevers | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Eenden | 0 | 2,80 | 6,40 |
| Honden | 0 | 2,69 | 5,38 |
| Brood | 0 | 1,20 | 1,20 |
| Neerslag | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Bladval | 0,08 | 0,41 | 0,90 |
| Totaal overige bronnen | 0,21 | 7,23 | 14,01 |
| Gescheiden riolering | 0,90 | 3,00 | 11,30 |
| Gemengde riolering | 1,30 | 1,90 | 2,90 |



N.B. Links de verdeling bij gescheiden riolering, rechts bij gemengde riolering
 Figuur 4.1 Verdeling nutriëntenbelasting naar bron (gemiddelde waarden)

4.2.2 Stikstofhuishouding

De in paragraaf 4.2.1 voor fosfaat beschreven presentatiemethode geldt ook voor stikstof. Hierbij is de waterkwaliteit getoetst aan het MTR. De reikwijdte van belastingen vanuit de afvalwaterketen en overige bronnen is voor stikstof vergelijkbaar met die voor fosfaat (17 - 78 kg N/j vanuit overige bronnen, 14 - 61 kg N/j voor gescheiden rioolstelsels). De berekeningswijze van de waterkwaliteit vindt u in paragraaf 3.7.

Tabel 4.4 geeft de resultaten voor de stadsvijver waarop een gescheiden rioolstelsel loost. Bij de combinatie met de laagste belasting (minimale literatuurwaarden voor afvalwaterketen en overige bronnen) voldoen de waarden ruim aan het MTR, terwijl bij de hoogste belastingen de concentratie boven $2 \times$ MTR uitkomt. Dit houdt in dat de bijdrage vanuit het gescheiden rioolstelsel aan de waterkwaliteitsproblemen significant kan zijn. Daarom is goed inzicht in de feitelijke bijdrage vanuit het gescheiden rioolstelsel van belang.

46 |

Tabel 4.4 N-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel

| Norm (MTR): 2,2 mg/l | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
|---|------|--|------|------|
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 14,0 | 1,09 | 2,18 | 3,22 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 19,8 | 1,29 | 2,38 | 3,43 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 60,5 | 2,72 | 3,80 | 4,85 |

Tabel 4.5 geeft juist een heel ander beeld. De emissie vanuit het gemengde rioolstelsel is een factor 3 tot 9 kleiner dan de belasting vanuit overige bronnen. De waterkwaliteit voor stikstof is hiermee onafhankelijk van de emissiegrootte vanuit het gemengde rioolstelsel. Hieruit is te concluderen dat:

- 1 het niet noodzakelijk is op dit schaalniveau meer inzicht in de stikstofemissie vanuit gemengde rioolstelsels te hebben;
- 2 maatregelen in het gemengde rioolstelsel niet kunnen bijdragen aan het bereiken van de gewenste waterkwaliteit voor N-totaal.

Tabel 4.5 N-totaalconcentratie in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel

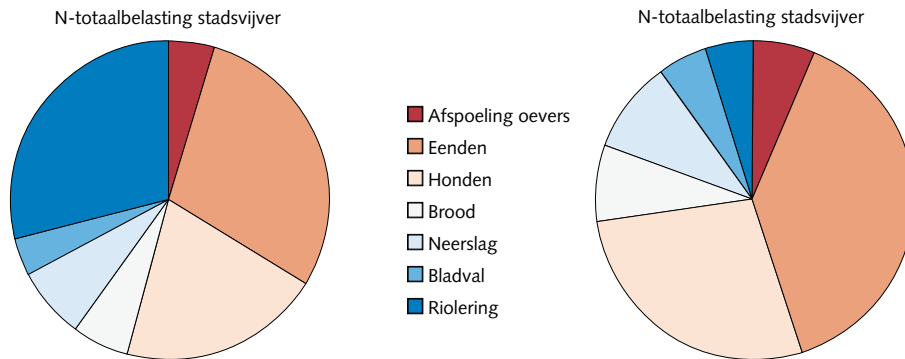
| Norm (MTR): 2,2 mg/l | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
|--|-----|--|------|------|
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 6,1 | 0,66 | 1,54 | 2,40 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 7,9 | 0,72 | 1,60 | 2,45 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 9,1 | 0,75 | 1,63 | 2,48 |

Ter illustratie geven tabel 4.6 en figuur 4.2 een beeld van de herkomst van de jaarlijkse stikstofbelasting op de stadsvijver. Ook voor stikstof blijken uitwerpselen van eenden en honden een significante bijdrage aan de totale belasting te leveren.

Tabel 4.6 Belasting stikstof op stadsvijver (kg)

| Emissiebron | N-totaal kg/jaar | | |
|-------------------------------|------------------|-------------|-------------|
| | Laag | Gemiddeld | Hoog |
| Afspoeling oevers | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| Eenden | 4,6 | 19,7 | 34,0 |
| Honden | 0 | 14,1 | 27,9 |
| Brood | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Neerslag | 4,9 | 4,9 | 4,9 |
| Bladval | 0,7 | 2,6 | 4,5 |
| Totaal overige bronnen | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Gescheiden riolering | 14,0 | 19,8 | 60,5 |
| Gemengde riolering | 6,1 | 7,9 | 9,1 |

N.B. De tabel toont per bron een boven- en ondergrens.



Figuur 4.2 Verdeling nutriëntenbelasting naar bron (gemiddelde waarden)

N.B. Links de verdeling bij gescheiden riolering, rechts bij gemengde riolering.

4.2.3 Zuurstofhuishouding

De zuurstofhuishouding is in beeld gebracht op basis van een zuurstofmodel net als in TEWOR. Hierbij is de zuurstofhuishouding voor piekgebeurtenissen bepaald, waarbij de overige bronnen niet zijn meegenomen. De gehanteerde werkwijze is als volgt:

- bepalen lozingsvolume per piekgebeurtenis;
- bepalen BZV-lozing per piekgebeurtenis met lage, gemiddelde en hoge concentratie uit literatuur;
- bepalen minimale zuurstofconcentratie in stadsvijver;
- bepalen score:
 - minimale zuurstofconcentratie > 5 mg O₂/l (groen in de tabellen 4.7 en 4.8);
 - 2 mg O₂/l < minimale zuurstofconcentratie < 5 mg O₂/l (geel in de tabellen 4.7 en 4.8);
 - minimale zuurstofconcentratie < 2 mg O₂/l (rood in de tabellen 4.7 en 4.8).

Zoals verwacht leidt voor gescheiden rioolstelsels de emissie bij geen enkele herhalingstijd tot problemen in de stadsvijver (zie tabel 4.7). Voor gemengde rioolstelsels

(zie tabel 4.8) treden wel degelijk problemen op. Afhankelijk van de gehanteerde rekenconcentratie doen zich al problemen voor bij een bui T = 0,5 bij hoge rekenconcentraties en een bui T = 5 bij lage rekenconcentraties. Dit houdt in dat het specifieke ontwerp en beheer van het gemengde rioolstelsel bepalen in hoeverre de zuurstofhuishouding in de stadsvijver van 0,5 m diep problematisch is.

Tabel 4.7 Minimale zuurstofconcentratie (mg/l) in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel

| gescheiden rioolstelsel | | concentratie geloosd water (mg BZV/l) | | |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| herhalingsstijd bui: (jaar) | volume (m ³) | 2,5 | 4 | 14 |
| T = 10 | 2.053 | 8,9 | 8,4 | 5,1 |
| T = 5 | 1.821 | 8,9 | 8,5 | 5,3 |
| T = 2 | 1.040 | 9,1 | 8,7 | 6,3 |
| T = 1 | 947 | 9,1 | 8,8 | 6,5 |
| T = 0,5 | 765 | 9,1 | 8,8 | 6,9 |
| T = 0,2 | 549 | 9,2 | 9,0 | 7,4 |
| T = 0,1 | 331 | 9,3 | 9,1 | 8,1 |
| T = 1 maand | 304 | 9,3 | 9,1 | 8,2 |
| T = 0,5 maand | 158 | 9,3 | 9,3 | 8,7 |

Tabel 4.8 Minimale zuurstofconcentratie (mg/l) in oppervlaktewater: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel

| gemengd rioolstelsel | | concentratie geloosd water (mg BZV/l) | | |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| herhalingsstijd bui: (jaar) | volume (m ³) | 40 | 82 | 124 |
| T = 10 | 802 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| T = 5 | 744 | 2,0 | 0,0 | 0,0 |
| T = 2 | 292 | 5,8 | 1,8 | 0,0 |
| T = 1 | 168 | 7,1 | 4,7 | 2,3 |
| T = 0,5 | 101 | 8,0 | 6,5 | 4,9 |
| T = 0,2 | 2 | 9,4 | 9,4 | 9,3 |

4.2.4 Zware metalen

De belasting van het oppervlaktewater met zware metalen is voor de oppervlaktewaterkwaliteit alleen nadelig als de zware metalen ook (bio)beschikbaar zijn in de waterfase. Het bepalen van het daadwerkelijk beschikbare gehalte aan zware metalen is moeilijk. In de waterfase kunnen de zware metalen namelijk in een aantal vormen voorkomen en deze verdeling is lastig te bepalen. Naar het zich nu laat aanzien, vormen de zware metalen in de waterfase geen groot probleem in Nederland.

Een probleem dat lokaal wél een rol speelt, is de oplading van slib op de waterbodem met zware metalen. Om dit probleem te kunnen inschatten, is de belasting vanuit de afvalwaterketen en overige bronnen vertaald naar een te verwachten kwaliteit van het slib in de waterbodem van de stadsvijver. Dit is gebeurd op basis van het in paragraaf 3.7 beschreven mengmodel, waarbij de jaarlijkse metaalbelasting is verdeeld over de jaarlijkse slibaanwas door zwevende stof. De jaarlijkse metaalbelasting vindt u in tabel 4.10.

De presentatie is identiek aan die van fosfaat en stikstof. De kwaliteit van de waterbodem is getoetst aan de waarden uit tabel 4.9. De kleurcoderingen in tabellen 4.10 tot en met 4.13 staan voor:

- groen: berekende concentratie < toegestane concentratie verspreiding in zoet water;
- geel: berekende concentratie > toegestane concentratie verspreiding in zoet water en < interventiewaarde;
- rood: berekende concentratie > interventiewaarde.

Tabel 4.9 Toetsingskader slibkwaliteit

| Toetsingswaarde | Koper | Zink | PAK10 |
|--|-----------|-------------|----------|
| Maximale concentratie toegestaan voor verspreiding van slib/bagger in zoet water | 96 mg/kg | 563 mg/kg | 10 mg/kg |
| Interventiewaarde slib | 190 mg/kg | 2.000 mg/kg | 40 mg/kg |

| 49

Tabel 4.10 laat zien dat de te verwachten slibkwaliteit varieert met de aangehouden rekenconcentratie voor koper in regenwateruitlaten. Alleen bij een lage rekenconcentratie en daarmee een lage jaarbelasting in g/j ontstaan in de stadsvijver geen problemen met de slibkwaliteit. Bij de gemiddelde samenstelling van regenwater uit gescheiden rioolstelsels komt de slibkwaliteit al snel boven de interventiewaarde uit, zij het slechts met een kleine overschrijding. Ondanks de eenvoudige berekeningswijze blijkt de reikwijdte van de berekende waarden goed overeen te komen met de in de praktijk gemeten slibkwaliteit in een regenwatervijver in Nijmegen, voor zowel koper als zink.

Tabel 4.10 Concentratie koper in slib waterbodem: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel

| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|--|-------------|---------------------------------------|---------|---------|
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 35 (105) | 89 | 83 | 78 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 116 (233) | 204 | 192 | 182 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 547 (1.746) | 261 | 257 | 253 |

Naast de jaarlijkse metaalbelasting vanuit het gescheiden stelsel en de overige bronnen geeft tabel 4.10 de jaarlijkse slibaanwas in kg/jaar tussen (). Deze slibaanwas is berekend op basis van kengetallen voor droge stof per bron.

Voor gemengde stelsels (zie tabel 4.11) is de variatie in belasting een stuk minder en liggen de waarden vrijwel allemaal tussen de interventie- en verspreidingswaarde in. Bij de maximale belasting vanuit de overige bronnen is in tabel 4.11 één vakje groen. De verbetering van de slibkwaliteit is hier toe te schrijven aan de hogere slibaanwas vanuit de overige bronnen.

Tabel 4.11 Concentratie koper in slib waterbodem: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel

| | | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|---|----|-------|---------------------------------------|---------|---------|
| | | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 41 | (64) | 110 | 102 | 95 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 56 | (130) | 126 | 118 | 111 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 69 | (195) | 134 | 126 | 119 |

Naast de jaarlijkse metaalbelasting vanuit het gemengde stelsel en de overige bronnen geeft tabel 4.11 de jaarlijkse slibaanwas in kg/jaar tussen (). Deze slibaanwas is berekend op basis van kengetallen voor droge stof per bron.

De resultaten voor zink staan in de tabellen 4.12 en 4.13. Het beeld is vergelijkbaar met dat van koper. Voor gescheiden stelsels is de lozing vanuit de afvalwaterketen dominant en bepalend voor de slibkwaliteit. Bij gemengde rioolstelsels is de variatie in belasting op basis van de rekenconcentraties uit de literatuur dermate klein, dat dit geen effect heeft op de te verwachten slibkwaliteit.

50 |

Tabel 4.12 Concentratie zink in slib waterbodem: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel

| | | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|--|-------|---------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 256 | (105) | 844 | 910 | 968 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 1.106 | (233) | 2063 | 2044 | 2029 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 5.238 | (1.746) | 2539 | 2525 | 2512 |

Naast de jaarlijkse metaalbelasting vanuit het gescheiden stelsel en de overige bronnen geeft de tabel de jaarlijkse slibaanwas in kg/jaar tussen (). Deze slibaanwas is berekend op basis van kengetallen voor droge stof per bron.

Tabel 4.13 Concentratie zink in slib waterbodem: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel

| | | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|---|-----|-------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 217 | (64) | 834 | 907 | 970 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 262 | (130) | 815 | 880 | 938 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 287 | (195) | 766 | 827 | 882 |

Naast de jaarlijkse metaalbelasting vanuit het gemengde stelsel en de overige bronnen geeft de tabel de jaarlijkse slibaanwas in kg/jaar tussen (). Deze slibaanwas is berekend op basis van kengetallen voor droge stof per bron.

Voor de zware metalen leidt dit op het niveau van de stadsvijver tot de volgende conclusies:

- Goed inzicht in de belasting vanuit gescheiden stelsels en daarmee in de rekenconcentraties bij de uitlaten is belangrijk.
- Voor de riooloverstorten is geen extra inzicht nodig in de emissie van koper en zink.

4.2.5 PAK10

Voor PAK10 zijn in de waterfase nauwelijks problemen te verwachten, omdat alle rekenconcentraties onder het MTR liggen. Maar PAK accumuleert wel in bodemslib, waar net als bij zware metalen op termijn wel degelijk overschrijding van de slibkwaliteitsnormen mogelijk is. Tabel 4.14 toont de rekenconcentratie in slib. Net als voor metalen is hierbij getoetst aan de waarden in tabel 4.9. In geen van de doorge-rekende combinaties komt de rekenconcentratie boven de toetswaarden uit. Maar de bijdrage van lokale bronnen is hier niet in beeld gebracht. Een kleine bijdrage hiervan (enkel g/j) zorgt direct voor een overschrijding van de toetswaarden. Maar de interventiewaarde met 40 mg/kg droge stof is nog lang niet aan de orde.

Tabel 4.14 Concentratie PAK in slib waterbodem in mg PAK10/kg droge stof: stadsvijver 0,5 m diep, gescheiden rioolstelsel

| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|--|------------|---------------------------------------|---------|---------|
| | | 0 (376) | 0 (414) | 0 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 1 (105) | 2 | 2 | 2 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 3 (233) | 6 | 5 | 5 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 14 (1.746) | 7 | 6 | 6 |

N.B. De belasting in PAK staat in g/jaar, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

Tabel 4.15 Concentratie PAK in slib waterbodem in mg PAK10/kg droge stof: stadsvijver 0,5 m diep, gemengd rioolstelsel

| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|---|---------|---------------------------------------|---------|---------|
| | | 0 (376) | 0 (414) | 0 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 0 (64) | 0 | 0 | 0 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 0 (130) | 0 | 0 | 0 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 1 (195) | 1 | 1 | 1 |

N.B. De belasting in PAK staat in g/jaar, tussen () de slibaanwas in kg/jaar.

4.2.6 Hygiënische betrouwbaarheid

De hygiënische betrouwbaarheid is getoetst aan de EU-zwemwaternorm van 500 coliformen/100 ml. De presentatie komt overeen met die van de zuurstofhuishouding. Want ook hier moet het effect op de waterkwaliteit per gebeurtenis worden beoordeeld en is de bijdrage van de overige bronnen op deze belasting niet in beeld.

In tabel 4.16 staan de piekconcentraties voor totaal coliformen door overstortingen vanuit het gemengde stelsel. De grootte van de overstortingsgebeurtenis en de te hanteren aantallen coliformen in overstortend water blijken nauwelijks iets uit te maken voor de hygiënische betrouwbaarheid. Behalve bij de bui met een herhalings-tijd van vijf keer per jaar ($T = 0,2$) en minimale aantallen coliformen is de hygiënische betrouwbaarheid overal onvoldoende. Met andere woorden: na elke overstorting is de vijver hygiënisch onbetrouwbaar.

Tabel 4.16 Totaal coli door overstorting gemengd rioolstelsel in ondiepe vijver (0,5 m) per 100 ml

| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m ³) | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------|----------|
| | | 100.000 | 100.0000 | 100.0000 |
| T = 10 | 802 | 4E+04 | 3E+05 | 3E+06 |
| T = 5 | 744 | 3E+04 | 3E+05 | 3E+06 |
| T = 2 | 292 | 2E+04 | 2E+05 | 2E+06 |
| T = 1 | 168 | 1E+04 | 1E+05 | 1E+06 |
| T = 0,5 | 101 | 7E+03 | 6E+04 | 6E+05 |
| T = 0,2 | 2 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |

Voor gescheiden rioolstelsels ligt de situatie iets genuanceerder (zie tabel 4.17). Alleen bij kleine buien en lage rekenconcentraties (in termen van aantallen coliformen/100 ml) leidt de emissie niet tot problemen. Al bij een concentratie van 10⁴ coliformen/100 ml is de vijver bij alle buien hygiënisch onbetrouwbaar. Dit is een belangrijke bevinding met het oog op het inpassen van water in de leefomgeving.

52 |

Tabel 4.17 Totaal coli door overstorting gescheiden rioolstelsel in ondiepe vijver (0,5 m) per 100 ml

| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m ³) | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|---------|
| | | 1200 | 120.00 | 120.000 |
| T = 10 | 2.053 | 8E+02 | 7E+03 | 7E+04 |
| T = 5 | 1.821 | 8E+02 | 7E+03 | 7E+04 |
| T = 2 | 1.040 | 6E+02 | 5E+03 | 5E+04 |
| T = 1 | 947 | 6E+02 | 5E+03 | 5E+04 |
| T = 0,5 | 765 | 6E+02 | 4E+03 | 4E+04 |
| T = 0,2 | 549 | 5E+02 | 3E+03 | 3E+04 |
| T = 0,1 | 331 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |
| T = 1 maand | 304 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |
| T = 0,5 maand | 158 | 3E+02 | 1E+03 | 1E+04 |

4.2.7 Bestrijdingsmiddelen: glyfosaat

De rekenconcentraties glyfosaat in afstromende neerslag liggen ruim onder het MTR, dat ligt op 77 µg/l. De belasting met glyfosaat levert hiermee gemiddeld gezien geen probleem op voor de lokale waterkwaliteit. Maar dit is geen garantie dat deze stof nooit tot problemen leidt. Het risico op hoge pieklozingen door bijvoorbeeld onvoorzichtig gedrag van consumenten of het niet opvolgen van de beleidslijnen voor duurzame onkruidbestrijding (dob) blijft uiteraard bestaan.

4.2.8 Resultaten onderzoeksvraag 2

Tabel 4.18 geeft een overzicht van de resultaten voor het niveau stadsvijver voor onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen? De laatste kolom van tabel 4.18 geeft aan of de bijdrage aan het waterkwaliteitsprobleem afhankelijk is van de toegepaste rekenconcentraties voor de belasting vanuit de waterketen.

Tabel 4.18 Relatieve bijdrage waterkwaliteitsproblemen stadsvijver

| Stofgroep | Type stelsel | Bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem? | Is de waterketen de oorzaak? | Is probleem afhankelijk van rekenconcentraties? |
|------------------------|--------------|--|---------------------|------------------------------|---|
| Fosfaathuishouding | gescheiden | 30% | 2*MTR | mede | ja |
| Fosfaathuishouding | gemengd | 25% | >> 2*MTR | ja, door geringe verversing | ja |
| Stikstofhuishouding | gescheiden | 30% | 1 - 2*MTR | mede | ja |
| Stikstofhuishouding | gemengd | 15% | nee | nee | nee |
| Zuurstofhuishouding | gescheiden | n.v.t. | geen | n.v.t. | n.v.t. |
| Zuurstofhuishouding | gemengd | n.v.t. | ja, T = 0,5, T = 1 | ja | ja |
| Zware metalen | gescheiden | Cu 90%, Zn 84% | ja: Cu en Zn > IW | ja | ja |
| Zware metalen | gemengd | Cu 83%, Zn 55% | ja: Cu en Zn > VW | ja | nee |
| PAK10 | gescheiden | 100% | nee | overige bronnen | onbekend |
| PAK10 | gemengd | 100% | nee | overige bronnen | onbekend |
| Hygiënisch betrouwbaar | gescheiden | n.v.t. | >>zwemwater-norm | ja | ja |
| Hygiënisch betrouwbaar | gemengd | n.v.t. | >>zwemwater-norm | ja | nee |
| Bestrijdingsmiddelen | gescheiden | 100% | nee, << MTR | overige bronnen | onbekend |
| Bestrijdingsmiddelen | gemengd | 100% | nee, << MTR | overige bronnen | onbekend |

| 53

4.3 Onderzoeksvraag 3: in hoeverre is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen te beïnvloeden door maatregelen in het afvalwatersysteem?

Bij de uitwerking van de derde onderzoeksvraag zijn dezelfde indeling en presentatie aangehouden als in paragraaf 4.2. Voor elke maatregel zijn ook dezelfde soort tabellen opgesteld. Daarmee zijn de effecten van maatregelen eenvoudig te beoordelen door te kijken naar de verandering in de kleurverdeling in de tabellen per situatie. Als na toepassing van de maatregelen veel verandert in de score op een bepaald waterkwaliteitsprobleem, is deze maatregel effectief. Verandert er niet veel, dan heeft de maatregel nauwelijks effect. De beschouwde maatregelen op het schaalniveau stadsvijver zijn:

Maatregelen in het gescheiden stelsel:

- lamellenfilter;
- bodempassage;
- ombouw naar VGS;
- straatreinigen.

Maatregelen in het gemengde stelsel:

- afkoppelen via infiltratie;
- groene berging.

4.3.1 Effect maatregelen op fosfaathuishouding

Tabel 4.19 geeft een overzicht van de effecten van maatregelen in gescheiden rioolstelsels. Zoals verwacht zetten deze maatregelen nauwelijks zoden aan de dijk, omdat de fosfaatbelasting uit de omgeving medebepalend is. Daarnaast speelt bij bijvoorbeeld het toepassen van een VGS dat de belasting weliswaar afneemt, maar de verblijftijd toeneemt. Hierdoor kan het totale effect zelfs negatief uitpakken.

Tabel 4.19 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op fosfaathuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)

| Norm (MTR): 0,15 mg/l | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
|---|------|--|------|------|
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 0,9 | 0,04 | 0,30 | 0,54 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 3,0 | 0,12 | 0,37 | 0,62 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 11,3 | 0,42 | 0,67 | 0,92 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j) | 0,7 | 0,03 | 0,29 | 0,53 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j) | 2,2 | 0,09 | 0,34 | 0,59 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j) | 8,2 | 0,31 | 0,56 | 0,81 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j) | 0,2 | 0,04 | 0,69 | 1,32 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j) | 0,6 | 0,07 | 0,73 | 1,35 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j) | 2,1 | 0,22 | 0,87 | 1,50 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 0,9 | 0,04 | 0,30 | 0,54 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 2,0 | 0,08 | 0,33 | 0,58 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 6,6 | 0,25 | 0,50 | 0,75 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j) | 0,2 | 0,04 | 0,69 | 1,32 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j) | 0,8 | 0,09 | 0,75 | 1,37 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j) | 3,0 | 0,29 | 0,95 | 1,58 |

De maatregelen in de gemengde stelsels leiden tot minder via de overstort geloosd volume. Hierdoor neemt de emissie af en neemt de verblijftijd toe. De groene berging van 14 mm heeft hierbij alleen een positief effect als de bijdrage van de overige bronnen (honden/eenden) minimaal is. Zonder reductie hiervan heeft deze groene berging geen effect (zie tabel 4.20).

Tabel 4.20 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op fosfaathuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)

| Norm (MTR): 0,15 mg/l | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
|--|-----|--|------|------|
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 1,3 | 0,30 | 1,71 | 3,07 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 1,9 | 0,42 | 1,83 | 3,19 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 2,9 | 0,63 | 2,04 | 3,40 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j) | 0,7 | 0,21 | 1,87 | 3,47 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j) | 1,0 | 0,29 | 1,95 | 3,55 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j) | 1,6 | 0,42 | 2,08 | 3,68 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 0,2 | 7,2 | 14,0 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 0,2 | 0,12 | 2,06 | 3,92 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 0,4 | 0,16 | 2,09 | 3,95 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 0,6 | 0,21 | 2,14 | 4,00 |

4.3.2 Effect maatregelen op stikstofhuishouding

Tabel 4.21 geeft een overzicht van de effecten van maatregelen in gescheiden rioolstelsels op de stikstofhuishouding. Het algehele beeld verandert niet veel: alleen bij een lage belasting vanuit de overige bronnen en de afvalwaterketen is een goede waterkwaliteit haalbaar. Met een ombouw naar een VGS is de goede waterkwaliteit ook te realiseren, zodra de overige bronnen een lage belasting leveren.

Doordat de overige bronnen dominant zijn, kunnen de maatregelen in een gemengd stelsel voor de stikstofhuishouding niet zorgen voor een omslag in de waterkwaliteit (zie tabel 4.22).

4.3.3 Effect maatregelen op zuurstofhuishouding

Het effect van maatregelen op de zuurstofhuishouding is alleen beschouwd voor gemengde rioolstelsels (zie tabel 4.23), omdat bij een gescheiden rioolstelsel hiervoor geen problemen optraden. Zowel 20% afkoppelen als de aanleg van groene berging zorgt voor een vermindering van de problemen met de zuurstofhuishouding. In alle gevallen speelt de rekenconcentratie nog steeds een rol: bij lage rekenconcentraties treden minder problemen op.

4.3.4 Effect maatregelen op zware metalen

Tabel 4.24 toont het effect van maatregelen in het gescheiden rioolstelsel op de slibkwaliteit in de stadsvijver. Zoals verwacht op basis van de relatief grote bijdrage vanuit het gescheiden rioolstelsel, werken de maatregelen sterk door. Bij het ombouwen naar een verbeterd gescheiden stelsel (VGS) of het aanbrengen van een bodempassage wordt de slibkwaliteit goed, behalve bij de hoogste rekenconcentraties.

Tabel 4.21 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op stikstofhuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)

| Norm (MTR): 2,2 mg/l | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
|---|------|--|------|------|
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 14,0 | 1,09 | 2,18 | 3,22 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 19,8 | 1,29 | 2,38 | 3,43 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (kg/j) | 60,5 | 2,72 | 3,80 | 4,85 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j) | 11,5 | 1,00 | 2,09 | 3,13 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j) | 16,2 | 1,17 | 2,25 | 3,30 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (kg/j) | 49,6 | 2,34 | 3,42 | 4,47 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j) | 2,7 | 0,99 | 2,54 | 4,04 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j) | 3,8 | 1,05 | 2,60 | 4,09 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (kg/j) | 11,5 | 1,44 | 2,98 | 4,48 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 14,0 | 1,09 | 2,18 | 3,22 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 17,5 | 1,21 | 2,30 | 3,34 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (kg/j) | 39,6 | 1,98 | 3,07 | 4,12 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j) | 3,7 | 1,04 | 2,59 | 4,09 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j) | 5,2 | 1,12 | 2,67 | 4,16 |
| Belasting vanuit VGS (kg/j) | 15,9 | 1,65 | 3,20 | 4,70 |

Tabel 4.22 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op stikstofhuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)

| Norm (MTR): 2,2 mg/l | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
|--|-----|--|------|------|
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 6,1 | 0,66 | 1,54 | 2,40 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 7,9 | 0,72 | 1,60 | 2,45 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (kg/j) | 9,1 | 0,75 | 1,63 | 2,48 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j) | 3,3 | 0,59 | 1,47 | 2,32 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j) | 4,3 | 0,61 | 1,49 | 2,35 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (kg/j) | 5,0 | 0,63 | 1,51 | 2,36 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (kg/j) | | |
| | | 17,3 | 48,4 | 78,4 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 1,2 | 0,52 | 1,41 | 2,26 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 1,5 | 0,53 | 1,42 | 2,27 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (kg/j) | 1,8 | 0,54 | 1,42 | 2,27 |

Tabel 4.23 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op zuurstofhuishouding in ondiepe vijver (0,5 m)

| Stadsvijver: minimale zuurstofconcentratie in oppervlaktewater (mg/l) | | concentratie geloosd water (mg BZV/l) | | |
|---|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|
| gemengd rioolstelsel | volume (m ³) | 40 | 82 | 124 |
| herhalingstijd bui (jaar) | | | | |
| T = 10 | 802 | 1,6 | 0,0 | 0,0 |
| T = 5 | 744 | 2,0 | 0,0 | 0,0 |
| T = 2 | 292 | 5,8 | 1,8 | 0,0 |
| T = 1 | 168 | 7,1 | 4,7 | 2,3 |
| T = 0,5 | 101 | 8,0 | 6,5 | 4,9 |
| T = 0,2 | 2 | 9,4 | 9,4 | 9,3 |
| GEM-20% afk | | concentratie geloosd water (mg BZV/l) | | |
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 40 | 82 | 124 |
| T = 10 | 546 | 3,4 | 0,0 | 0,0 |
| T = 5 | 487 | 3,9 | 0,0 | 0,0 |
| T = 2 | 178 | 7,0 | 4,5 | 1,9 |
| T = 1 | 93 | 8,1 | 6,7 | 5,3 |
| T = 0,5 | 25 | 9,1 | 8,7 | 8,3 |
| GEM + 14 mm gr b | | concentratie geloosd water (mg BZV/l) | | |
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 40 | 82 | 124 |
| T = 10 | 518 | 3,6 | 0,0 | 0,0 |
| T = 5 | 461 | 4,1 | 0,0 | 0,0 |
| T = 2 | 9 | 9,3 | 9,1 | 9,0 |

| 57

Tabel 4.24 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op koper in bodemslib in ondiepe vijver (0,5 m)

| Cu-concentratie in slib (mg/kg) | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|--|-------------|---------------------------------------|---------|---------|
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 35 (105) | 89 | 83 | 78 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 116 (233) | 204 | 192 | 182 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 547 (1.746) | 261 | 257 | 253 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j) | 29 (67) | 82 | 76 | 71 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j) | 95 (149) | 196 | 184 | 173 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j) | 449 (1.118) | 306 | 298 | 291 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j) | 7 (20) | 36 | 34 | 32 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j) | 22 (44) | 71 | 66 | 61 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j) | 104 (332) | 158 | 150 | 143 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j) | 35 (105) | 89 | 83 | 78 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j) | 116 (175) | 225 | 211 | 199 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j) | 547 (931) | 424 | 413 | 402 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit VGS (g/j) | 9 (27) | 42 | 39 | 36 |
| Belasting vanuit VGS (g/j) | 31 (61) | 87 | 81 | 76 |
| Belasting vanuit VGS (g/j) | 143 (458) | 181 | 174 | 167 |

Tabel 4.25 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op koper in bodemslib in ondiepe vijver (0,5 m)

| Cu-concentratie in slib (mg/kg) | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|---|----------|---------------------------------------|---------|---------|
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 41 (64) | 110 | 102 | 95 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 56 (130) | 126 | 118 | 111 |
| Belasting vanuit gemengd rioolstelsel (g/j) | 69 (195) | 134 | 126 | 119 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j) | 22 (35) | 73 | 67 | 63 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j) | 31 (71) | 86 | 79 | 74 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j) | 38 (106) | 94 | 87 | 82 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 8 (376) | 8 (414) | 8 (451) |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j) | 8 (12) | 40 | 37 | 35 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j) | 11 (25) | 46 | 43 | 40 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j) | 13 (37) | 50 | 47 | 44 |

58 |

Tabel 4.26 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op zink in bodemslib in ondiepe vijver (0,5 m)

| Zn-concentratie in slib (mg/kg) | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|--|---------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 256 (105) | 844 | 910 | 968 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 1.106 (233) | 2063 | 2.044 | 2.029 |
| Belasting vanuit gescheiden rioolstelsel (g/j) | 5.238 (1.746) | 2539 | 2.525 | 2.512 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j) | 187 (67) | 760 | 838 | 905 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j) | 807 (149) | 1823 | 1.818 | 1.815 |
| Belasting vanuit GS + lamellenfilter (g/j) | 3.824 (1.118) | 2661 | 2.638 | 2.617 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j) | 49 (20) | 501 | 610 | 703 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j) | 210 (44) | 856 | 930 | 994 |
| Belasting vanuit GS + bodempassage (g/j) | 995 (332) | 1.618 | 1.625 | 1.632 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j) | 256 (105) | 844 | 910 | 968 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j) | 407 (175) | 1.012 | 1.059 | 1.102 |
| Belasting vanuit GS - 100% straatvuil (g/j) | 1.281 (931) | 1.094 | 1.112 | 1.130 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit VGS (g/j) | 67 (27) | 537 | 641 | 730 |
| Belasting vanuit VGS (g/j) | 290 (61) | 1.006 | 1.065 | 1.117 |
| Belasting vanuit VGS (g/j) | 1.373 (458) | 1.827 | 1.823 | 1.821 |

Ook voor een gemengd rioelstelsel is de relatieve bijdrage van de riolering groot. Maatregelen werken daarmee sterk door op de slibkwaliteit in de waterbodem (zie tabel 4.25). Zowel 20% afkoppelen als de aanleg van een groene berging leidt tot een goede slibkwaliteit voor koper.

Maatregelen in gescheiden rioelstelsels leiden voor zink wel degelijk tot een verbetering van de slibkwaliteit. Dit effect is wederom het grootst bij een bodempassage (zie tabel 4.26).

De maatregelen in het gemengde stelsel leiden ook tot een verbetering van de slibkwaliteit (zie tabel 4.27). Maar in dit geval is de invloed van de overige bronnen relatief groot, waardoor zij een dominante rol spelen in de eindsituatie.

Tabel 4.27 Effect maatregelen gemengd rioelstelsel op zink in bodemslib in ondiepe vijver (0,5 m)

| Zn-concentratie in slib (mg/kg) | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
|---|-----------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit gemengd rioelstelsel (g/j) | 217 (64) | 834 | 907 | 970 |
| Belasting vanuit gemengd rioelstelsel (g/j) | 262 (130) | 815 | 880 | 938 |
| Belasting vanuit gemengd rioelstelsel (g/j) | 287 (195) | 766 | 827 | 882 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j) | 119 (35) | 653 | 745 | 825 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j) | 143 (71) | 655 | 741 | 815 |
| Belasting vanuit GEM - 20% verh opp (g/j) | 157 (106) | 635 | 716 | 788 |
| | | Belasting vanuit andere bronnen (g/j) | | |
| | | 149 (376) | 216 (414) | 282 (451) |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j) | 42 (12) | 493 | 604 | 699 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j) | 50 (25) | 499 | 607 | 699 |
| Belasting vanuit GEM + 14 mm gr b (g/j) | 55 (37) | 495 | 601 | 691 |

4.3.5 Effect maatregelen op PAK10

De effecten van maatregelen op PAK10 zijn niet in beeld gebracht, omdat in de huidige situatie geen problemen optreden.

4.3.6 Effect maatregelen op hygiënische betrouwbaarheid

Tabel 4.28 toont het effect van maatregelen in gescheiden rioelstelsels op de hygiënische betrouwbaarheid van de stadsvijver. De verschillende maatregelen hebben wel effect, maar dit effect is te klein om voor alle rekenconcentraties een hygiënisch betrouwbare situatie te krijgen. Zelfs bij een verbeterd gescheiden stelsel of bodempassage kunnen buien met een herhalingsstijd van $T = 0,5$ leiden tot een overschrijding van de zwemwaternorm. In feite is de conclusie dat het oppervlaktewater na een bui altijd in hygiënische zin 'verdacht' is.

Bij een gemengd rioolstelsel (zie tabel 4.29) schiet de hygiënische kwaliteit na elke overstoring in het rood. Maar de maatregelen verlagen wel de frequentie waarmee dit gebeurt.

Tabel 4.28 Effect maatregelen gescheiden rioolstelsel op hygiënische betrouwbaarheid in ondiepe vijver (0,5 m)

| gescheiden rioolstelsel | | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|---------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 1.200 | 12.000 | 120.000 |
| T = 10 | 2.053 | 8E+02 | 7E+03 | 7E+04 |
| T = 5 | 1.821 | 8E+02 | 7E+03 | 7E+04 |
| T = 2 | 1.040 | 6E+02 | 5E+03 | 5E+04 |
| T = 1 | 947 | 6E+02 | 5E+03 | 5E+04 |
| T = 0,5 | 765 | 6E+02 | 4E+03 | 4E+04 |
| T = 0,2 | 549 | 5E+02 | 3E+03 | 3E+04 |
| T = 0,1 | 331 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |
| T = 1 maand | 304 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |
| T = 0,5 maand | 158 | 3E+02 | 1E+03 | 1E+04 |

| GS + lamellenfilter | | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|--------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 984 | 9.840 | 98.400 |
| T = 10 | 2.053 | 7E+02 | 6E+03 | 6E+04 |
| T = 5 | 1.821 | 7E+02 | 6E+03 | 5E+04 |
| T = 2 | 1.040 | 6E+02 | 4E+03 | 4E+04 |
| T = 1 | 947 | 5E+02 | 4E+03 | 4E+04 |
| T = 0,5 | 765 | 5E+02 | 3E+03 | 3E+04 |
| T = 0,2 | 549 | 4E+02 | 3E+03 | 3E+04 |
| T = 0,1 | 331 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |
| T = 1 maand | 304 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |
| T = 0,5 maand | 158 | 3E+02 | 1E+03 | 1E+04 |

| GS + bodempassage | | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|--------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 476,4 | 4.764 | 47.640 |
| T = 10 | 1.503 | 4E+02 | 3E+03 | 2E+04 |
| T = 5 | 886 | 3E+02 | 2E+03 | 2E+04 |
| T = 2 | 658 | 3E+02 | 2E+03 | 1E+04 |
| T = 1 | 461 | 3E+02 | 1E+03 | 1E+04 |
| T = 0,5 | 315 | 3E+02 | 1E+03 | 8E+03 |
| T = 0,2 | 195 | 3E+02 | 8E+02 | 6E+03 |
| T = 0,1 | 108 | 3E+02 | 6E+02 | 3E+03 |
| T = 1 maand | 88 | 3E+02 | 5E+02 | 3E+03 |
| T = 0,5 maand | 16 | 3E+02 | 3E+02 | 7E+02 |

| GS - 100% straatvuil | | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|--------|
| herhalingsstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 120 | 1.200 | 120.00 |
| T = 10 | 2.053 | 2E+02 | 8E+02 | 7E+03 |
| T = 5 | 1.821 | 2E+02 | 8E+02 | 7E+03 |
| T = 2 | 1.040 | 2E+02 | 6E+02 | 5E+03 |
| T = 1 | 947 | 2E+02 | 6E+02 | 5E+03 |
| T = 0,5 | 765 | 2E+02 | 6E+02 | 4E+03 |
| T = 0,2 | 549 | 2E+02 | 5E+02 | 3E+03 |
| T = 0,1 | 331 | 2E+02 | 4E+02 | 2E+03 |
| T = 1 maand | 304 | 2E+02 | 4E+02 | 2E+03 |
| T = 0,5 maand | 158 | 2E+02 | 3E+02 | 1E+03 |

| VGS | | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------|---------|
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 1.200 | 12.000 | 120.000 |
| T = 10 | 1.503 | 7E+02 | 6E+03 | 6E+04 |
| T = 5 | 886 | 6E+02 | 5E+03 | 4E+04 |
| T = 2 | 658 | 5E+02 | 4E+03 | 4E+04 |
| T = 1 | 461 | 5E+02 | 3E+03 | 3E+04 |
| T = 0,5 | 315 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |
| T = 0,2 | 195 | 4E+02 | 2E+03 | 1E+04 |
| T = 0,1 | 108 | 3E+02 | 1E+03 | 8E+03 |
| T = 1 maand | 88 | 3E+02 | 9E+02 | 7E+03 |
| T = 0,5 maand | 16 | 3E+02 | 4E+02 | 1E+03 |

Tabel 4.29 Effect maatregelen gemengd rioolstelsel op hygiënische betrouwbaarheid in ondiepe vijver (0,5 m)

| gemengd rioolstelsel | | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 100.000 | 1.000.000 | 10.000.000 |
| T = 10 | 802 | 4E+04 | 3E+05 | 3E+06 |
| T = 5 | 744 | 3E+04 | 3E+05 | 3E+06 |
| T = 2 | 292 | 2E+04 | 2E+05 | 2E+06 |
| T = 1 | 168 | 1E+04 | 1E+05 | 1E+06 |
| T = 0,5 | 101 | 7E+03 | 6E+04 | 6E+05 |
| T = 0,2 | 2 | 4E+02 | 2E+03 | 2E+04 |

| GEM-20% afk | | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 100.000 | 1.000.000 | 10.000.000 |
| T = 10 | 546 | 3E+04 | 3E+05 | 3E+06 |
| T = 5 | 487 | 2E+04 | 2E+05 | 2E+06 |
| T = 2 | 178 | 1E+04 | 1E+05 | 1E+06 |
| T = 1 | 93 | 6E+03 | 6E+04 | 6E+05 |
| T = 0,5 | 25 | 2E+03 | 2E+04 | 2E+05 |

| GEM + 14 mm gr b | | concentratie geloosd water (#/100 ml) | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------|------------|
| herhalingstijd bui (jaar) | volume (m ³) | 100.000 | 1.000.000 | 10.000.000 |
| T = 10 | 518 | 3E+04 | 3E+05 | 3E+06 |
| T = 5 | 461 | 2E+04 | 2E+05 | 2E+06 |
| T = 2 | 9 | 8E+02 | 6E+03 | 6E+04 |

4.3.7 Resultaten onderzoeksvraag 3

Paragrafen 4.3.1 tot en met 4.3.6 onderzochten per stofgroep in hoeverre maatregelen in de waterketen de totale belasting van de stadsvijver op een niveau kunnen brengen, waarbij de waterkwaliteitsproblemen niet meer optreden.

Tabel 4.30 geeft een overzicht van de resultaten voor het niveau stadsvijver voor onderzoeksvraag 2: wat is de relatieve bijdrage aan de waterkwaliteitsproblemen?

Tabel 4.30 Effect maatregelen op terugdringen waterkwaliteitsproblemen stadsvijver

| Stofgroep | Type stelsel | Hebben maatregelen effect op reductie waterkwaliteitsprobleem? | Percentage bijdrage waterketen aan totale belasting | Is er een probleem? |
|-----------------------------|--------------|--|---|---------------------|
| Fosfaathuishouding | gescheiden | beperkt | 30% | 2*MTR |
| Fosfaathuishouding | gemengd | geen | 25% | >> 2*MTR |
| Stikstofhuishouding | gescheiden | beperkt | 30% | 1 - 2*MTR |
| Stikstofhuishouding | gemengd | geen | 15% | nee |
| Zuurstofhuishouding | gescheiden | n.v.t. | n.v.t. | geen |
| Zuurstofhuishouding | gemengd | afkoppelen/groene berging | n.v.t. | ja |
| Zware metalen | gescheiden | bodempassage, ombouw VGS | Cu 90%, Zn 84% | ja: Cu en Zn > I.W. |
| Zware metalen | gemengd | groene berging, (afkoppelen alleen voor koper) | Cu 83%, Zn 55% | ja: Cu en Zn > V.W. |
| PAK10 | gescheiden | nee | 100% | nee |
| PAK10 | gemengd | nee | 100% | nee |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gescheiden | beperkt | n.v.t. | >> zwemwater-norm |
| Hygiënische betrouwbaarheid | gemengd | beperkt | n.v.t. | >> zwemwater-norm |
| Bestrijdingsmiddelen | gescheiden | geen effect | 100% | nee |
| Bestrijdingsmiddelen | gemengd | geen effect | 100% | nee |

I.W. = interventiewaarde

V.W. = verspreidingswaarde: maximale concentratie waarbij verspreiding van slib in waterfase is toegestaan