



Beschikbare zuiveringstechnieken voor de Kaderrichtlijn Water

FREEK KRAMER, WITTEVEEN+BOS
WOUTER SLOTEMA, WITTEVEEN+BOS
CORA UIJTERLINDE, STOWA
GERARD RIJS, RIZA

Zowel de waterkwaliteitsbeheerders als beleidsmakers hebben behoefte aan praktische informatie over vergaande zuiveringstechnieken waarmee de kwaliteit van het effluent van rioolwaterzuivering-installaties wordt verbeterd. Deze informatie kan worden gebruikt om emissiereducerende maatregelen te formuleren binnen het afwegingsproces van de Kaderrichtlijn Water. Het eind 2005 uitgebrachte rapport 'Verkenningen zuiveringstechnieken en KRW' geeft invulling aan deze behoefte en verschaft basisinformatie over kansrijke zuiveringstechnieken (of combinaties daarvan) om de emissie van schadelijke rwzi-relevante KRW-stoffen te reduceren. Daarnaast zijn de huidige leemten in kennis en praktijkervaring in beeld gebracht.

De komende jaren zal het waterbeheer in Nederland in het teken staan van het opstellen van de stroomgebiedbeheersplannen van de Kaderrichtlijn Water, waarin onder meer het analyseren en afwegen van een pakket aan emissiereducerende maatregelen een belangrijk onderdeel zal vormen. Naast andere emissiebronnen blijken ook rioolwaterzuiverings-installaties (rwzi) een substantiële bijdrage te leveren aan de emissies naar het oppervlaktewater. Om het aandeel van rwzi's in de totale belasting naar het oppervlaktewater te verlagen wordt door overheid en waterkwaliteitsbeheerders gekeken naar mogelijke maatregelen in de vorm van bronaanpak en/of vergaande zuivering op de rwzi.

In opdracht van STOWA, RIZA en The Urban Water Cycle (Interreg IIIB Noordzee-Programma) hebben Witteveen+Bos en Kiwa verkend wat mogelijke extra zuiveringsstappen zijn op de rwzi. Dit resulteerde in het rapport 'Verkenningen zuiveringstechnieken en KRW'. Geïnventariseerd is welke combinaties van technieken toegepast kunnen worden om het rwzi-effluent te laten voldoen aan eisen ten aanzien van prioritair en stroomgebiedrelevante KRW-stoffen en de doelstellingen van de nieuwe EU-Zwemwaterrichtlijn.

Rwzi-relevante KRW-stoffen

De KRW richt zich op bescherming van het water en stelt tot doel om de kwaliteit van de Europese wateren in een 'goede toestand' te

brengen en te houden. Een goede toestand betekent zowel een goede chemische als een goede ecologische toestand. Hierbij zullen de normen afhankelijk worden gemaakt van de functie-eisen van het betreffende oppervlaktewater. Voor de chemische toestand is door de

EU een lijst met 33 prioritair (gevaarlijke) stoffen opgesteld. Deze stoffen worden zo bezwaarlijk geacht dat voor de prioritair stoffen de maatregelen gericht moeten zijn op een progressieve vermindering van de emissies en voor de prioritair gevaarlijke stoffen op beëindiging van de lozingen binnen een periode van 20 jaar.

Daarnaast wordt door middel van risicoanalyses voor elk waterlichaam in beeld gebracht of de te stellen (waterkwaliteits)doelen in het kader van een goede chemische en ecologische toestand naar verwachting in de toekomst haalbaar zijn. De normatieve invulling hiervan wordt uitgewerkt per waterlichaam (biologische kwaliteitselementen en nutriënten) of generiek voor een stroomgebied (algemeen geldende chemische normen voor milieuvreemde stoffen). Voor de Maas en Rijn zijn 'stroomgebiedrelevante' stoffen vastgesteld. Als het waterlichaam een beschermde status heeft, bijvoorbeeld de functie zwemwater, wordt voor het realiseren van een goede bacteriologische waterkwaliteit aansluiting gezocht bij de in de nieuwe Europese Zwemwaterrichtlijn vermelde parameters.

Om binnen de 'verkenningen' naar vergaande zuiveringstechnieken op rwzi's in eerste instantie de aandacht toe te spitsen op een beperkt aantal probleemstoffen is als vertrekpunt een lijst met rwzi-relevante KRW-stoffen vastgesteld. Dit zijn de stoffen die recent in rwzi-effluenten zijn aangetoond en waarvan in de KRW-stroomgebiedrapportages is vermeld dat deze een overschrijding geven van de

Toepasbare technieken voor de verwijdering van KRW-stoffen.

technieken	vlokkingsfiltratie	biofiltratie	adsorptie actief kool	micro/ultrafiltratie (incl. coagulatie)	oxidatie UV/H ₂ O ₂	ionenwisseling
stoffen ¹⁾						
stikstof						
fosfor						
zwevende stof						
zware metalen						
organische micro's ²⁾						
bacteriën, virussen						

1) volledige verwijdering – gedeeltelijke verwijdering

2) organische micro-verontreinigingen en bestrijdingsmiddelen

Filtratietechnieken

biofiltratie:	bedfiltratie met filtermateriaal waarop een biofilm groeit. In het filterbed vindt biologische omzetting plaats.
vlokkingsfiltratie:	filtratie van de bij coagulatie- en flocculatie gevormde vlokken. In het filterbed vindt vlokaf scheiding plaats.
bio/vlokkingsfiltratie:	bedfiltratie met voorgeschakelde in-line coagulatie. Vlokvorming en -af scheiding vinden plaats in het filterbed.
bio/vlokkingsfiltratie:	bedfiltratie met filtermateriaal waarop een biofilm groeit en met voorgeschakelde in-line coagulatie. Vlokvorming, -af scheiding en biologische omzetting vinden plaats in het filterbed.

waterkwaliteitsnormen van het oppervlaktewater. Toetsing heeft voor de prioritaire KRW-stoffen plaatsgevonden conform de voorlopige normen van het Fraunhofer instituut en voor de overige stoffen aan de Nederlandse MTR-waarden voor oppervlaktewater.

Het betreft de volgende rwzi-relevante KRW-stoffen: de nutriënten stikstof en fosfor, enkele polycyclische aromatische koolwaterstoffen, de bestrijdingsmiddelen hexachloorcyclohexaan, atrazine en diuron, de metalen cadmium, koper, nikkel, lood en zink én de weekmaker di-ethylhexylftalaat.

Ook de gebromeerde difenylethers en octyl/nonylfenolen, waarvoor geen toetsing heeft kunnen plaatsvinden, worden vooralsnog als relevant aangemerkt vanwege hun algemene aanwezigheid in het zwevende stof van rwzi-effluenten en de lage (negatieve) effectconcentraties voor waterorganismen. Bij

zwemwater zijn pathogene micro-organismen van belang. De verwachting is dat deze stoffenlijst de komende jaren nog zal veranderen door de geplande monitoring van KRW-stoffen in onder meer rwzi-effluenten.

Keuze van zuiveringstechnieken

De KRW stelt dat in 2009 plannen moeten klaarliggen voor de te treffen maatregelen en dat in 2015 de 'goede toestand' van het water moet zijn gerealiseerd. Dit tijdpad leidt tot de keuze van toepasbare technieken die in een periode van drie tot vijf jaar op rwzi's operationeel (kunnen) zijn.

Voor de selectie van toepasbare technieken zijn de volgende criteria gebruikt: ze moeten in staat zijn om de relevante KRW-stoffen uit rwzi-effluent te verwijderen tot de normen voor oppervlaktewater; ze dienen grote debieten te kunnen verwerken; ze zijn bij voorkeur in staat een breed spectrum van stoffen te ver-

wijderen én ze vragen bij voorkeur weinig energie, hulpstoffen en grondoppervlak.

De zuiveringstechnieken zijn geselecteerd op basis van het verwijderingsprincipe en inschatting van de effectiviteit van de werking op rwzi-effluent. Deze inschatting is voor een deel gebaseerd op resultaten van praktijkonderzoek naar kwaliteitsverbetering van rwzi-effluenten. Daarnaast zijn bij onvoldoende beschikbare gegevens de mogelijke verwijderingsrendementen afgeleid uit andere toepassingen, zoals de drinkwaterbereiding of industriële waterbehandeling. Naast de technieken voor de nabehandeling van rwzi-effluent zijn ook geïntegreerde technieken beschouwd, waaronder de toepassing van een membraanbioreactor. Hierbij is evenwel aangenomen dat de effluentkwaliteit van een MBR overeenkomt met een vergelijkbaar conventioneel actiefslibstelsysteem met nageschakelde micro- of ultrafiltratie.

Combinaties van zuiveringsstechnieken

Veel van de KRW-stoffen zijn in meer of mindere mate aanwezig in gesuspendeerde of colloïdale deeltjes. Verwijdering van zwevende stof uit het rwzi-effluent als eerste nageschakelde zuiveringsstap leidt dan ook tot kwaliteitsverbetering voor een breed spectrum aan (adsorbeerbare) verontreinigende stoffen. Verder heeft het als bijkomend voordeel dat verstoring van de nageschakelde zuiveringstechnieken wordt voorkomen.

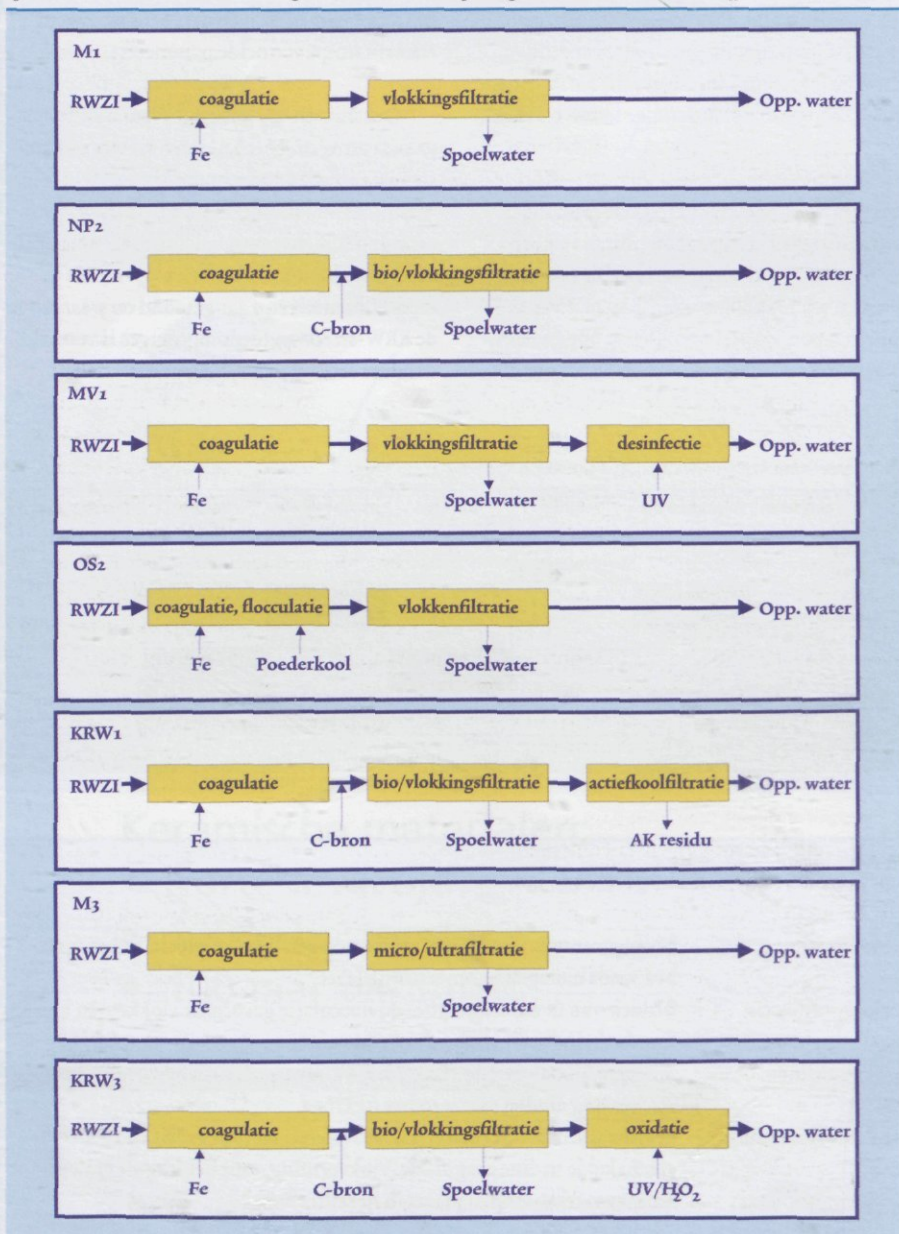
Per categorie(en) KRW-stoffen zijn combinaties van zuiveringstechnieken samengesteld teneinde de gewenste kwaliteitsverbetering te kunnen bewerkstelligen. Op hoofdlijnen zijn combinaties te onderscheiden voor verdergaande verwijdering van gesuspendeerde en colloïdale deeltjes, nutriënten, opgeloste organische macromoleculen en metalen, in combinatie met adsorptieve of oxidatieve technieken voor de verwijdering van organische microverontreinigingen en bestrijdingsmiddelen.

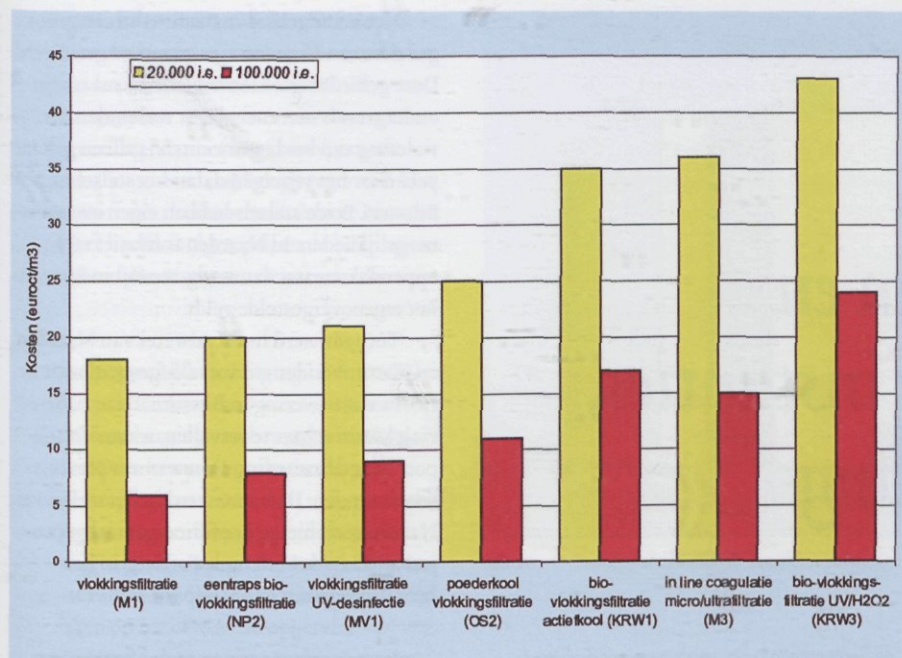
Het schema toont voorbeelden van combinatiemogelijkheden voor de verwijdering van nutriënten (NP2), organische microverontreinigingen (OS2), zware metalen (M1 en M3) en voor een maximaal ambitieniveau om zo veel mogelijk KRW-stoffen te verwijderen (KRW1 en KRW3).

Indien naast de KRW-kwaliteitsdoelstellingen ook dient te worden voldaan aan de eisen van de Zwemwaterrichtlijn is extra desinfectie middels UV vereist.

Bij deze combinaties van zuiveringstechnieken dient een voorbehoud te worden gemaakt voor de vergaande verwijdering van zware metalen. De verwachting is dat met de verwijdering van deeltjes en opgeloste complexe organische metaalverbindingen een

Afb. 1: Combinaties van zuiveringstechnieken voor verwijdering van rwzi-relevante KRW-stoffen.





Afb. 2: Jaarlijkse kosten voor de verwijdering van KRW-stoffen uit rwzi-effluent.

effectieve verwijdering van de kritische zware metalen mogelijk is.

Kosten

Per zuiveringstechniek of combinatie van meerdere technieken is een raming opgesteld van de stichtingskosten en totale jaarlijkse kosten. De kostenramingen zijn uitgevoerd voor de schaalgrootten 20.000 i.e. en 100.000 i.e. Hierbij is uitgegaan van een maximale hydraulische capaciteit van 1,5 maal de droogweeraanvoer (DWA). Hiermee wordt naar verwachting 75 tot 85 procent van het jaardebiet behandeld. Tevens is er vanuit gegaan dat voldoende oppervlak beschikbaar is voor de extra zuiveringsstappen.

De jaarlijkse kosten per combinatie van zuiveringstechnieken voor het verwijderen van categorieën KRW-stoffen variëren van 0,18 tot 0,43 euro per kubieke meter (13 tot 31 euro/i.e./j) bij een schaalgrootte van 20.000 i.e. en van 0,06 tot 0,24 euro (5 tot 18 euro/i.e./j) bij een schaalgrootte van 100.000 i.e.. Schaalvergroting van 20.000 tot 100.000 i.e. resulteert in een daling van de specifieke behandelingskosten met een factor 2 tot 3. Dit komt vooral doordat de absolute kosten van de inpassing in de bestaande rwzi-structuur, het benodigde opvoergemaal, de voorbehandeling en voorzieningen voor opslag van chemicaliën slechts weinig uiteenlopen bij de beschouwde schaalgrootten 20.000 en 100.000 i.e..

Voor vergaande nutriëntenverwijdering leidt een ééntraps filterconfiguratie (NP2), bestaande uit een combinatie van vlokkingsfiltratie en denitrificatie in één processtap, tot de laagste behandelingskosten. Voor toepassing

in de praktijk is dit evenwel nog geen bewezen techniek. De hoogste behandelingskosten treden op bij de toepassing van vlokkingsfiltratie in combinatie met geavanceerde oxidatie (KRW3). Biofiltratie met poederkool dosering en vlokkingsfiltratie of een bio/vlokkingsfiltratie gevolgd door actief-koolfiltratie (KRW1) leiden tot de laagste kosten behorende bij het hoogste ambitieniveau, te weten vergaande verwijdering van alle rwzi-relevante KRW-stoffen.

Leemten in kennis

Met de implementatie van het KRW-beleid wordt een nieuwe fase in de behandeling van stedelijk rioolwater ingeluid. Dit leidt tot een nieuwe focus op de afvalwaterbehandeling, waarbij het aantal voor de zuivering relevante stoffen sterk wordt uitgebreid, nieuwe zuiveringstechnieken worden toegepast en extra kostendragers worden geïntroduceerd. Bij al deze aspecten bestaan leemten in kennis en is nader onderzoek vereist om vanaf 2009, indien nodig, extra zuiveringstechnieken op rwzi's te kunnen inzetten.

Van veel KRW-stoffen, met name organische microverontreinigingen, is slechts een beperkte hoeveelheid meetgegevens in rwzi-effluent beschikbaar. Verder bestaat nog onvoldoende inzicht in de te verwachten zuiveringsefficiëntie van de (combinaties aan) zuiveringstechnieken. Deze verwachting is voor een deel gebaseerd op resultaten van praktijkonderzoek en bij onvoldoende beschikbare ervaringen met rwzi-effluent afgeleid uit de drinkwaterbereiding of industriële (afval)waterbehandeling.

Dit betekent dat nader onderzoek gewenst is voor het vaststellen van de exacte verwijde-

ringsrendementen van de zuiveringstechnieken voor de relevante KRW-stoffen.

Gelet op de te verwachten hoge investeringen voor aanvullende zuivering op rwzi's en de levensduur daarvan, lijkt binnen dergelijk onderzoek een doorkijk naar een breed spectrum aan andere verontreinigende stoffen of naar een vermindering van de milieubelasting aan de hand van ecotoxiciteitstesten (totaal effluentbeoordeling) gerechtvaardigd. Eventuele niet voorziene negatieve effecten door de introductie van deze vergaande zuiveringsstechnieken kunnen dan in beeld worden gebracht, zoals bij het gebruik van polymeren bij filtratie of de vorming van ongewenste bijproducten bij geavanceerde oxidatie.

De kostenramingen van een aantal technieken zijn geëxtrapoleerd vanuit andere toepassingsgebieden, bij gebrek aan praktijktoepassingen op rwzi-effluent. Daarbij bestaat het risico dat de werkelijke kosten hoger of lager zullen uitvallen. De toepasbaarheid van deze technieken in de praktijk zal voor een belangrijk deel afhangen van de kosten. Het is daarom belangrijk om de komende tijd op basis van voortschrijdend inzicht vanuit de effluentbehandeling de kostenramingen te toetsen en waar nodig bij te stellen.

Wat nu?

De 'Verkenningen Zuiveringstechnieken en KRW' zijn geëvalueerd in een workshop met een ruime vertegenwoordiging van de waterkwaliteitsbeheerders in Nederland. De resultaten van deze workshop vormen de basis voor het toekomstige onderzoeksprogramma van STOWA gericht op de implementatie van KRW.

Verder vormen de combinaties van zuiveringstechnieken met bijbehorende kosten de basis voor het doorrekenen op verschillende ambitieniveaus van de KRW van een aantal zuiveringsscenario's van vergaande zuivering op rwzi's in Nederland. Deze quick scan 'Kostenscenario's vergaande zuivering rwzi en KRW' wordt momenteel door Royal Haskoning in opdracht van RIZA en STOWA uitgevoerd. ■

LITERATUUR

- 1) Ministerie van Verkeer & Waterstaat (2004). Pragmatische implementatie Europese Kaderrichtlijn Water in Nederland. Tweede Kamer vergaderjaar 2003-2004, 28.808, nr. 12.
- 2) STOWA (2005). Verkenningen Zuiveringstechnieken en KRW. STOWA-rapport 2005-28.