

E-WATER GROUP BV NEEMT BINNENKORT BESLUIT

Effluent als bron voor industriewater in oostelijk Zuid-Limburg

De e-Water Group BV neemt binnenkort een besluit over de realisatie van een groot industriewaterproject in oostelijk Zuid-Limburg, waardoor meer dan een half miljoen kubieke meter drinkwater op jaarbasis bespaard kan worden. Aan de basis van dit onderzoek liggen de resultaten van een technische en economische haalbaarheidsstudie die dit voorjaar gehouden zijn, evenals die van een onderzoek op semi-praktijkschaal, verricht op de rioolwaterzuiveringsinstallatie Kaffenberg in Kerkrade door Witteveen+Bos, TU Delft en USF Rossmark Waterbehandeling.

In 1997 begon Waterleiding Maatschappij Limburg (WML) met de ontwikkeling van een watermanagementsysteem op een zevental industrieterreinen in oostelijk Zuid-Limburg. De levering, het gebruik en de verwerking van waterstromen binnen industriële processen werden integraal benaderd, gericht op een zo economisch en efficiënt mogelijk watergebruik. Ter voorbereiding op de levering van industriewater is een technisch/economische haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de realisatie van een tweede distributiestelsel voor industriewater (e-Water). Op basis van de kwaliteitseisen van

de verschillende industriële eindgebruikers is de te leveren basiskwaliteit van het industriewater vastgesteld. Ongeveer 90 procent van de industriewaterleverantie zal direct worden ingezet als koel- of proceswater. De leveringshoeveelheid bedraagt 500.000 tot 600.000 kubieke meter per jaar. Bij een deel van

grond van de evaluatie van de kwaliteit van de bronnen, de beschikbaarheid, de transportafstand tot de potentiële afnemers en de kosten, bleek het effluent van de rwzi Kaffenberg de meest geschikte bron.

Van rwzi-effluent tot industriewater

De rwzi Kaffenberg te Kerkrade is een (ultra)laagbelast actiefslibstelsysteem. De kwaliteit van het effluent is representatief voor de nieuwe generatie communale zuiveringsin-



De proefinstallatie

de industriële gebruikers zal het geleverde water ter plaatse verder worden gezuiverd tot de gewenste eindkwaliteit.

Voor de productie van industriewater zijn in de regio diverse bronnen geïnventariseerd. De meest-geschikte bronnen zijn grondwater, mijnwater uit de Nederlandse mijnschachten, oppervlaktewater uit de Worm, rwzi-effluent, afvalwater van bestaande bedrijven en hemelwater. Op

stallaties in Nederland waarin vergaande verwijdering van gesuspendeerde stoffen, organische componenten en nutriënten wordt bereikt. In een aanvullende zuivering zal verwijdering van gesuspendeerde stoffen en troebelheidveroorzakende componenten moeten worden gerealiseerd. Tevens zal een substantiële reductie van CZV, ammonium en kleur moeten worden bereikt. Daarnaast zal het

geproduceerde industriewater chemisch en biologisch stabiel en hygiënisch betrouwbaar moeten zijn.

Door de aanwezigheid van biodegradeerbare stoffen en nutriënten bestaat het risico van nagroei in het distributiestelsel. De nagroei-potentie kan sterk worden gereduceerd door verdergaande verwijdering van deze componenten in combinatie met toepassing van transportdesinfectie. Voor

deze desinfectie wordt uitgegaan van de dosering van natriumhypochloriet. Hiermee wordt tevens hygiënisch betrouwbaar water verkregen.

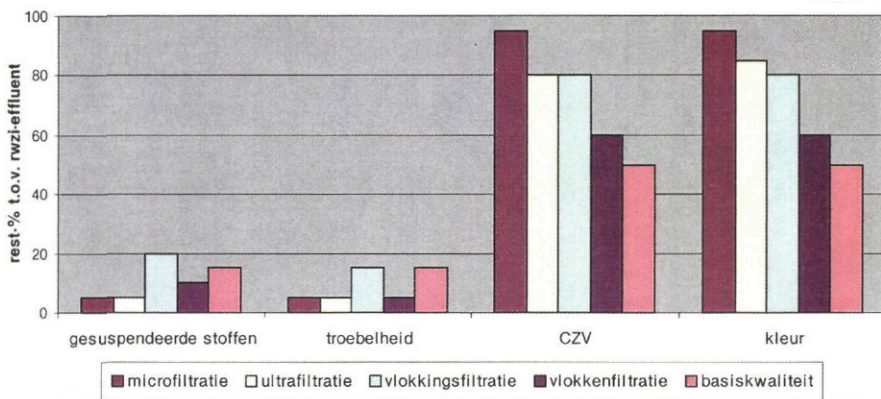
Het gemiddelde jaardebiet van rwzi Kaffenberg bedraagt zes miljoen kubieke meter per jaar meter per jaar, waarvan 10 procent zal worden ingezet voor de productie van industriewater.

Het doel van het onderzoek was na te gaan of met diverse filtratietechnieken kan worden voldaan aan de gestelde kwaliteits-eisen voor de basiskwaliteit e-water. Daarnaast dienden de ontwerpgrondslagen te worden vastgesteld met het oog op het ontwerp van de full scale-zuivering en raming van de investeringskosten en operationele kosten. Tevens is de bedrijfszekerheid van de onderzochte technieken vastgesteld.

Uitgaande van de huidige stand van de filtratietechnieken en de gestelde kwaliteits-eisen is de keuze gemaakt voor toepassing van snelfiltratie vlokingsfiltratie (snelfiltratie), micro- en ultrafiltratie. Vlokingsfiltratie kan worden opgevat als een uitontwikkelde conventionele zuiveringstechniek. Deze techniek wordt in Europa en de Verenigde Staten in toenemende mate ingezet voor polishing van rwzi-effluent. Micro- of ultrafiltratie als zuiveringstechniek voor effluent is een toepassing die momenteel een snelle ontwikkeling doormaakt. Vanwege de vrijwel volledige verwijdering van gesuspenderde stoffen en colloïdale deeltjes is het micro- en ultraf filtraat zeer geschikt voor een verdere opwerking met behulp van bijvoorbeeld nano- of hyperfiltratie. Ultrafiltratie van rwzi-effluent is een nieuwe ontwikkeling die nog volop in ontwikkeling is. Met microfiltratie van effluent is daarentegen reeds veel praktijkervaring opgedaan.

Het vlokingsfiltratie-onderzoek is gericht op het bereiken van een stabiele filtraatkwaliteit volgens de vooraf gedefinieerde eisen voor de basiskwaliteit van industriewater bij een variërende ingangskwaliteit (rwzi-effluent). Hierbij zijn deelonderzoeken uitgevoerd voor het bepalen van het meest geschikte vlokmiddel en de dosis in relatie tot diverse procesinstellingen. Daarnaast is het onderzoek gericht op de biologische verwijdering van ammonium. Hierbij is ondermeer geëxperimenteerd met de toevoeging van zuivere zuurstof ter verhoging van de nitrificatiepotentie van het vlokingsfilter.

Het micro- en ultrafiltratie-onderzoek is



Afb. 1 Verwijdering van de kritische parameters, uitgedrukt als rest-procent ten opzichte van rwzi-effluent

gericht op het bereiken van een zo hoog mogelijke flux en recovery bij een stabiele bedrijfsvoering en wisselende ingangskwaliteit (rwzi-effluent). Bij microfiltratie is het toevoerdebiet (brutoflux) gevarieerd afhankelijk van de watertemperatuur en samenstelling van het rwzi-effluent. De procesinstellingen bij microfiltratie (o.a. spoel- en reinigingsintervallen) zijn ingesteld op basis van resultaten van beschikbare praktijkervaringen met deze techniek in vergelijkbare toepassingen. Bij ultrafiltratie is intensief onderzoek uitgevoerd naar methoden voor periodieke membraanreiniging en voorbehandeling (coagulatie en voorfiltratie) alvorens tot optimalisatie van de brutoflux en recovery is overgegaan.

Resultaten van het onderzoek

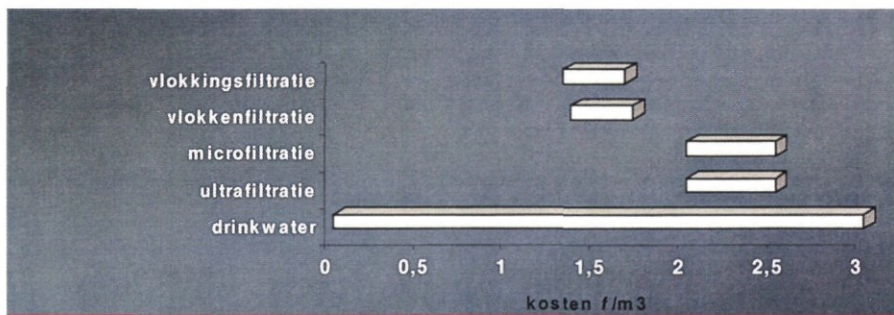
Het onderzoek is gericht op de verwijdering van de meest kritische kwaliteitsparameters voor de productie van industriewater. Afbeelding 1 illustreert de verwijdering van gesuspenderde stoffen, troebelheid, kleur en CZV bij de verschillende zuiveringstechnieken. Hierbij is voor vlokingsfiltratie een onderscheid gemaakt in de werking van het filter bij lage en hoge vlokmiddeldosering (respectievelijk 0,5 tot 2,5 mg en 5 tot 15 mg aluminium per liter). In het laatste geval functioneert het filter meer als een vlokken- in plaats van vlokingsfilter. De verhoogde vlokmiddeldosering is in de eindfase van het onderzoek toegepast. De invloed van deze proceswijziging op de bedrijfsvoering is derhalve niet vastgesteld. De resultaten van ultrafiltratie betreffen de bedrijfssituatie met voorgeschakelde buisfloculator (in line coagulatie). De resultaten voor microfiltratie zijn zonder toediening van een vlokmiddel.

Een sterke variatie van de biologische en hydraulische belasting van de rwzi resulteert in een wisselende samenstelling van het effluent. Dit is echter een kenmerkend aspect van het gebruik van rwzi-effluent en

slechts in een beperkte mate beïnvloedbaar. Een sterk verhoogde concentratie gesuspenderde stoffen en daarmee ook verhoogde waarde voor de troebelheid is slechts incidenteel opgetreden. Met uitzondering van vlokingsfiltratie wordt bij alle overige zuiveringstechnieken een tevredenstellend resultaat bereikt voor de verwijdering van gesuspenderde stoffen en troebelheidveroorzakende componenten. Met vlokingsfiltratie bij een lage vlokmiddeldosering van circa één milligram aluminium per liter kan niet aan de gestelde eis voor de verwijdering van gesuspenderde stoffen worden voldaan (verwijderingsrendement 50 tot 70 procent). Verhoging van de dosering tot 2,5 milligram aluminium leidt echter tot een sterke verbetering van de verwijdering van gesuspenderde stoffen (meer dan 80 procent). Met aluminium als vlokmiddel zijn de beste resultaten bereikt, ook bij een lage afvalwatertemperatuur (8 °C).

Een substantiële verlaging van het CZV-gehalte kan alleen worden bereikt indien coagulatie wordt toegepast. Bij een lage vlokmiddeldosering wordt het CZV-gehalte verlaagd met 10 á 20 procent. Bij een hoge vlokmiddeldosering (vlokkenfiltratie) stijgt de CZV-verwijdering tot 40 á 50 procent. Dit geldt eveneens voor de kleurverwijdering. Verdergaande verwijdering van kleur tot 40 procent was mogelijk bij een hoge vlokmiddeldosering. Voor de verwijdering van zowel CZV als kleur geldt dat de vereiste industriewaterkwaliteit niet volledig wordt bereikt, maar wel wordt benaderd. Een verdere verlaging van het kleur- en CZV-gehalte kan slechts worden bereikt door toepassing van extra behandelingstechnieken, zoals chemische oxidatie, adsorptietechnieken of nanohyperfiltratie.

Als gevolg van nitrificatie in het filterbed treedt alleen bij snelfiltratie ammoniumverwijdering op. De ammoniumverwijdering in het vlokingsfilter werd gelimi-



Afb. 2 Bandbreedte in totale kosten voor industriewaterproductie per zuiveringstechniek.

teerd door de beschikbare hoeveelheid zuurstof in het rwzi-effluent bij een afvalwatertemperatuur variërend van 9 tot 15°C. In de voorgeschakelde cascade werd het zuurstofgehalte verhoogd tot 5 á 6 milligram per liter waarbij tijdens het onderzoek 1 tot 1,5 milligram ammonium per liter werd verwijderd in het filter. Bij experimenten met aanvullende dosering van zuivere zuurstof werd een verdubbeling van de nitrificatiecapaciteit bereikt.

De resultaten bij het vlokkingfilter zijn behaald bij een filtratiesnelheid van 7 tot 10 m/h en een looptijd van meer dan 24 uur. Als vlokmiddel is aluminium toegepast. Bij een verhoogde aluminiumdosering van 5 tot 15 mg per liter fungeert het filter niet meer als vlokkingfilter maar als vlokkenfilter; de gevormde vlokken worden in de eerste filterlaag afgevangen (antraciet 2 tot 4 mm). Een te hoge vlokmiddeldosering leidt tot een onacceptabele daling van de looptijd (kleiner dan 12 uur). Om een acceptabele looptijd te bereiken zal moeten worden uitgegaan van een maximale dosering van 5 tot 6 mg aluminium per liter.

Een stabiele bedrijfsvoering van de microfiltratie is bereikt bij een nettoflux van circa 80 liter per vierkante meter per uur (bij 15°C). De looptijd tussen de periodieke chemische membraanreiniging varieerde van drie tot negen dagen en was sterk afhankelijk van de kwaliteit van het rwzi-effluent, met name het gehalte aan gesuspendeerde stoffen. Bij ultrafiltratie kon aanvankelijk geen stabiele bedrijfsvoering worden bereikt. Een stabiele bedrijfsvoering is in de eindfase van het onderzoek bereikt door toepassing van voorbehandeling door in line coagulatie (0,5 tot 1 milligram aluminium per liter). De nettoflux was circa 70 liter per vierkante meter per uur (bij 15°C). De looptijd tussen de periodieke chemische membraanreinigingen varieerde van één tot twee dagen. Bij de grootste afnemer zijn proeven uitgevoerd met het filtraat van het vlokkingfilter. Het water is gebruikt voor het wassen en verven van wollen stoffen.

Het resultaat is vergeleken met proeven waarbij drinkwater is gebruikt. Het gebruik van het filtraat als grondstof is positief beoordeeld.

Conclusies

Het onderzoek op de rwzi Kaffenberg heeft geleid tot een sterk verbeterd inzicht in de toepassing van diverse zuiveringstechnieken voor de opwerkingen rwzi-effluent tot de basiskwaliteit industriewater. De kritische kwaliteitsparameters zijn gesuspendeerde stoffen, troebelheid, CZV, kleur en ammonium. Met het oog op het realiseren van de gewenste basiskwaliteit industriewater bestaat een duidelijke voorkeur voor de toepassing van vlokkenfiltratie. Bij deze techniek is naast verwijdering van gesuspendeerde stoffen en troebelheidveroorzakende componenten ook een substantiele reductie van CZV, ammonium en het kleurgetal mogelijk. Met micro- en ultrafiltratie kan niet aan de gestelde kwaliteitseisen worden voldaan.

Vlokkingfiltratie is beoordeeld als de meest bedrijfszekere techniek. In tegenstelling tot micro- en ultrafiltratie zijn gedurende de onderzoeksperiode geen storingen opgetreden, ondanks sterke wisseling in de kwaliteit van het rwzi-effluent.

Verdergaande ammoniumverwijdering kan worden gerealiseerd door verbetering van de beluchting in het actiefslibstelsel van de rwzi Kaffenberg, waardoor het ammoniumgehalte in het rwzi-effluent wordt verlaagd en pieken worden afgevlakt. Deze verbetering zal tevens leiden tot verbetering van de slibbezink eigenschappen, waardoor de slibuitspoeling zal verminderen. Onderzoek hierna wordt thans uitgevoerd door het Zuiveringschap Limburg. Daarnaast kan de nitrificatie in het filterbed worden verhoogd door de dosering van zuivere zuurstof.

Om nagroei in het distributiestelsel te voorkomen is transportdesinfectie noodzakelijk. Vooralsnog wordt uitgegaan van

chloordosering. De toe te passen chloordosis is mede afhankelijk van het nog aanwezige CZV- en ammoniumgehalte. Bij een verhoogd ammoniumgehalte in het rwzi-effluent (3 tot 6 milligram per liter) kan een situatie ontstaan waarbij in het geproduceerde filtraat nog ammonium aanwezig is. In deze situatie zal breekpuntschlorering moeten plaatsvinden. Om het chloorverbruik bij transportdesinfectie te minimaliseren, zal in de full scale-toepassing een snelfilter worden nageschakeld. Belangrijk neveneffect van de chloordosering is dat oxidatie van kleurverbindingen zal optreden, waardoor het kleurgetal verder zal dalen.

Kosten

Op basis van de resultaten van het onderzoek zijn de ontwerpgrondslagen voor de full scale-toepassingen van de onderzochte zuiveringstechnieken afgeleid en zijn de investeringskosten en operationele kosten geraamd voor een industriewaterlevering met een nominale en maximale capaciteit van respectievelijk 100 en 200 kubieke meter per uur. De uitgevoerde kostenraming is indicatief. Als gevolg van ontwerp-optimalisaties, maar ook als gevolg van wijziging van financiële uitgangspunten, kunnen de hier gepresenteerde kosten wijzigen. De jaarlijkse kosten zijn herleid tot een kostprijs per kubieke meter industriewater (inclusief buffers, transportdesinfectie, distributiepompen en distributie). Bij de kostenraming voor vlokking- of vlokkenfiltratie is uitgegaan van naschakeling van conventionele snelfilters met het oog op verdergaande verwijdering van ammonium. In afbeelding 2 is per zuiveringstechniek de bandbreedte in kosten per kubieke meter industriewater weergegeven.

Uit afbeelding 2 blijkt dat vlokking- en vlokkenfiltratie tot de laagste kostprijs leiden. Voor het bereiken van de gewenste kwaliteit zal moeten worden uitgegaan van vlokkenfiltratie. De kostprijs hiervoor ligt tussen fl. 1,35 en fl. 1,75 per kubieke meter. De toepassing van micro- of ultrafiltratie is financieel niet aantrekkelijk vanwege de hoge kostprijs en de benodigde extra voorzieningen voor de aanvullende CZV- en kleurverwijdering.

Ch. Ruiters (e-Water Group BV)
F. Kramer (Witteveen+Bos)
A. de Man (Zuiveringschap Limburg)
A. Hoeijmakers (Waterleiding Maatschappij Limburg)