



Ryszard Blazejewski, landbouwuniversiteit van Poznan
Katarzyna Kujawa, universiteit van Wageningen

Hergebruik grijswater in individuele zuiveringsystemen in Polen

De doelmatigheid van de huidige rioleringsystemen, waarbij allerlei soorten afvalwater en regenwater worden gemengd en gezuiverd in een centrale zuiveringsinstallatie, komt steeds meer ter discussie te staan, niet alleen in Nederland maar ook in andere EU-landen, zoals Polen. De huidige werkwijze leidt tot verdunning van zeer geconcentreerd afvalwater, tot vervuiling van dun afvalwater én verlies van bruikbare grondstoffen.

Dit artikel is geschreven in het kader van contacten tussen de landbouwuniversiteit van Poznan (afdeling Milieubescherming) en de universiteit van Wageningen (afdeling Milieutechnologie). Het omvat een analyse van technische en economische aspecten van systemen voor hergebruik van grijs afvalwater. Dit is voornamelijk bestemd voor eengezinswoningen in landelijke gebieden die te maken hebben met perioden van droogte; een steeds vaker voorkomende situatie in west- en centraal Polen.

Het geconcentreerde afvalwater van toiletten (urine, feces en spoelwater), met daarin veel nutriënten (85 procent stikstof, 50 tot 60 procent fosfor, 70 procent kalium), resten van farmaceutische middelen, hormonen en pathogenen, wordt gemengd met relatief 'schoon' afvalwater van de badkamer, wasmachine en keuken. Deze twee stromen zouden gescheiden ingezameld en afzonderlijk en adequaat behandeld moeten worden om de daarin aanwezige stoffen te kunnen afscheiden en hergebruiken. Hieronder vallen nutriënten die te gebruiken zijn als meststof in de landbouw. Met name fosfor wordt in dit verband aangehaald, omdat de natuurlijke voorraden uitgeput zullen raken over 100 tot 150 jaar^{1),2)}. Daarnaast kan door een anaërobe behandeling via fermentatie en gisting een deel van het afvalwater relatief eenvoudig worden omgezet in methaan - de drager van energie. Hergebruik van water, door een juiste

behandeling van bijvoorbeeld grijswater, is ook een mogelijkheid. In Nederland geniet deze nieuwe, duurzame vorm van afvalwaterbeheer, een toenemende belangstelling. Onderzoeksinstituten verrichten onderzoek naar optimale technologieën voor zuivering van afzonderlijk ingezameld afvalwater en voor het terugwinnen van grondstoffen uit het afvalwater. Hier en daar worden pilots uitgevoerd, bijvoorbeeld in Sneek met toepassing van vacuümtechnologie voor het inzamelen van geconcentreerd zwartwater, in Culemborg door gescheiden inzameling van grijs afvalwater en behandeling in helofytenfilters, in Anderen via gescheiden inzameling van urine voor gebruik als een natuurlijke meststof of zoals in Sleen door intensieve reiniging gericht op de verwijdering van farmaceutische middelen en hormonen.

Ook in Polen groeit inmiddels de belangstelling voor deze nieuwe manier van afvalwaterbeheer.

Grijswater wordt gedefinieerd als gebruikt water afkomstig van keuken, badkamer, textielwassen. In Polen vormt dit 50 tot 80 procent van het huishoudelijk afvalwater. In Nederland is dit ongeveer 70 procent. Vanwege het relatief grote volume en een relatief 'goede' kwaliteit, in vergelijking met toiletafvalwater, wordt grijswater meer frequent ter plaatse gebruikt voor verschillende doeleinden zoals autowassen, het doorspoelen van de wc en irrigatie in de landbouw. Terugwinnen van de warmte-inhoud in grijswater wordt ook regelmatig overwogen. Grijswater kan zowel ongezuiverd als gezuiverd worden hergebruikt. In beide gevallen is een dubbel

leidingstelsel noodzakelijk en in het tweede geval ook een zuiveringsinstallatie van brongescheiden grijswater. De installatie binnenshuis wordt doorgaans ingewikkelder en het afvalwater heeft meestal een zekere mate van zuivering nodig ten behoeve van hergebruik. Dit genereert hogere investeringskosten, die gedeeltelijk kunnen worden gecompenseerd door lagere exploitatiekosten voor water en energie en/of een hogere kans van slagen van het nieuwe zuiveringssysteem binnen een bewust huishouden.

Op dit moment is hergebruik van grijswater het meest populair op plaatsen waar water schaars en/of te duur is. Ook daar waar gebruikers het zich kunnen veroorloven om water te hergebruiken en wanneer afvalwatertransport- en behandeling ingewikkeld en kostbaar zijn, is hergebruik van grijswater een realistische optie (zoals in Australië, Israël, Californië en op boten, cruiseschepen, etc.).

Oost- en centraal-Polen worden beschouwd als gebieden met bijzonder lage waterreserves. Jaarlijks lag de gemiddelde neerslag tussen 1971 en 2000 op circa 550 millimeter per jaar. Ter vergelijking: de gemiddelde jaarlijkse neerslag van meer jaren voor Nederland ligt boven de 800 millimeter. In de maanden mei en juni van de jaren 1971 t/m 2000 bedroeg de gemiddelde neerslag slechts 108 millimeter. In 2008, tijdens extreme droogte, bedroeg de totale tweemaandelijke neerslag 18 millimeter! Het verschil van 108 - 18 = 90 millimeter is noodzakelijk om bijvoorbeeld een tuin van 300 m² te besproeien. Dit zou kunnen

worden gecompenseerd door grijswater geproduceerd door huishoudens in een hoeveelheid van 0,42 kubieke meter per dag.

De kwaliteit van grijswater wordt mede beïnvloed door (af)wasmiddelen en persoonlijke verzorgingsproducten. Ingrediënten hiervan vormen een deel van de organische fractie, uitgedrukt als CZV of BZV. Sommige stoffen zijn moeilijk of niet afbreekbaar met als resultaat een accumulatie van deze stoffen in het natuurlijke milieu.

De makkelijkste manier om grijswater te behandelen is sedimentatie, om op die manier snel bezinkbare deeltjes af te scheiden. Sedimentatie kan worden gerealiseerd in simpele bezinkers of in met elkaar verbonden tanks. Meer geavanceerde systemen zijn microfiltratie en biologische behandeling met een biorotor of een gefluïdiseerd bed.

Vanwege de relatief hoge concentratie aan organisch materiaal (BZV, CZV) kan met grijswater een vergaande denitrificatie

worden gerealiseerd. Een mogelijk behandelingsstelsel is bijvoorbeeld een systeem waarin het afvalwater afkomstig uit toilet, wastafel en bad in een septictank wordt behandeld, gevolgd door een verticaal zandfilter. Afvalwater van keuken en wasmachines gaat naar een tweede kleinere septictank en daarna naar een verticale grindkoffer, waar ook het effluent van het zandfilter, dat rijk is aan nitraat, naartoe wordt gebracht. Onder anoxische omstandigheden in de grindkoffer wordt denitrificatie gerealiseerd. Gezuiverd afvalwater kan daarnaast worden gedesinfecteerd met behulp van bijvoorbeeld chloorverbindingen of UV-technologie.

Opties voor hergebruik van grijswater zijn afhankelijk van kwaliteit en kwantiteit. Vaak wordt gezuiverd grijswater gebruikt om toiletten door te spoelen of als gietwater in de tuin. Het wassen van auto's of landbouwmachines is ook een optie. De makkelijkste manier om grijswater her te gebruiken is afvoer van waswater via een voldoende lange slang in de tuin. Op deze

manier kan echter slechts een kwart van het grijswater worden benut. Een hogere mate van hergebruik vraagt om een gescheiden leidingsysteem in huis.

Technisch-economische analyse

Een technisch-economische analyse is uitgevoerd om de verwachte jaarlijkse kosten te berekenen volgens de volgende formule:

$$K_c = I \cdot r + K_e$$

waarin: I de investering is en r de jaarlijkse afschrijving berekend volgens de vergelijking:

$$r = \frac{p(1+p)^n}{(1+p)^n - 1}$$

K_e voor de jaarlijkse exploitatiekosten staat, p de rente en n de exploitatieperiode.

Acht verschillende scenario's van afvalwaterinzameling, -behandeling, -hergebruik en -lozing zijn geanalyseerd, waarvan vier zonder hergebruik:

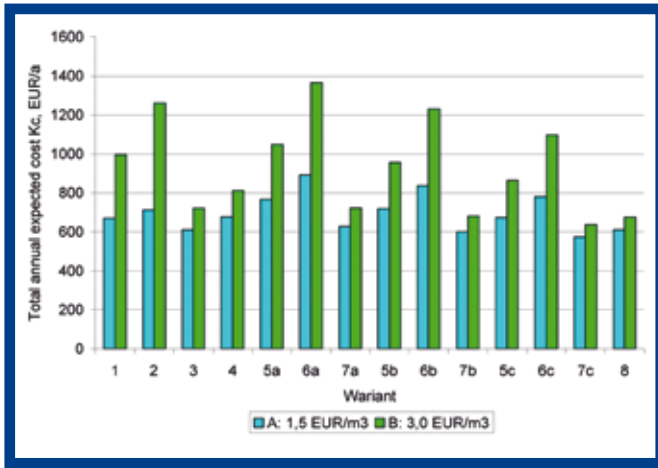
- collectieve inzameling van al het afvalwater (riool);
- afvoer van al het afvalwater via septictank;
- decentrale rwzi (septictank - pomp - verticaal helofytenfilter - via drainage infiltratie van gezuiverd grijswater in de grond;
- decentrale rwzi als in vorige variant, maar met hergebruik van grijswater als gietwater in de tuin voor zeven maanden per jaar; voor resterende vijf maanden wordt grijswater gebruikt om de wc door te spoelen;
- grijswater gezuiverd. Overschot wordt samen met zwartwater afgevoerd naar collectief riool;
- grijswater behandeld in IBA bestaande uit septictank - pomp - verticaal helofytenfilter. Overschot wordt daarna samen met zwartwater afgevoerd naar centrale awzi;
- grijs- en zwartwater worden gezuiverd in IBA bestaande uit septictank, helofytenfilter met recirculatiesysteem. Gezuiverd afvalwater wordt geïnfiltrerd in de grond of wordt gebruikt voor de WC-spoeling;

Tabel 1. Kwaliteit grijswater op basis van literatuur en normen voor hergebruik afvalwater.

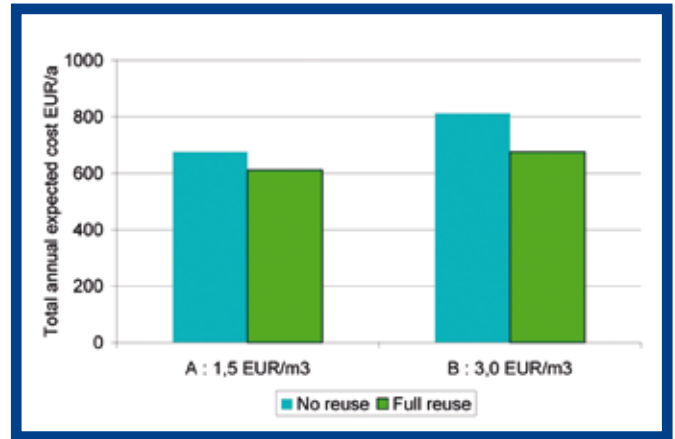
	vrachten (g/persoon/d)		concentraties (mg/l)			normen hergebruik voor irrigatie, tweede kwaliteit water
	Kujawa en Zeeman (2006) ³⁾	Vinnerås (2002) ⁴⁾	Palmquist en Hanaeus (2005) ⁵⁾	Hypes (1974) in Eriksson et al. (2002) ⁶⁾	Hernandez et al. (2008) ⁷⁾	
volumen			66 liter per persoon per dag	-		
N	1,0-1,4	1,4	9,68		18; 27	
P	0,3-0,5	0,52	7,53		3; 6	
BZV	26-28	26	418	270-360		3-5
CZV	52	52	588	283-549	400; 700	20
<i>E. coli</i>						10 ³ -10 ⁵
Helmint eggs						< 1/l

Tabel 2. Kosten van geanalyseerde systemen voor afvalwaterinzameling, -behandeling en -hergebruik.

variant	percentage hergebruik	water-volume m ³ /j	afvalwater-volume m ³ /j	investering euro	jaarlijkse exploitatie- en drinkwaterkosten en afvalwaterafvoer		verwachte jaarlijkse totale kosten	
					A	B	A	B
1	0	219	219	3400	329	657	669	997
2	0	219	219	1650	548	1095	713	1260
3	0	219	219	4525	160	269	612	722
4	0	272	219	4900	186	322	676	812
5a	14	188	188	4825	283	565	765	1048
6a	14	188	188	3725	521	992	893	1364
7a	14	188	188	4850	144	238	629	723
5b	28	158	158	4825	237	473	719	956
6b	28	158	158	3925	444	838	837	1231
7b	28	158	158	4725	129	208	601	680
5c	42	127	127	4825	191	381	673	864
6c	42	127	127	4125	368	685	780	1098
7c	42	127	127	4600	114	177	574	637
8	172	127	0-127	4975	114	177	611	675



Afb. 1: Vergelijking verwachte jaarlijkse kosten van de systemen van watergebruik en afvalwaterbeheer bij twee verschillende prijzen voor (afval)water.



Afb. 2: Vergelijking van de verwachte jaarlijkse kosten van systeem 4 (zonder hergebruik) en systeem 8 (met volledig hergebruik van het afvalwater) bij verschillende (afval)waterprijzen.

- idem, maar met hergebruik van het gezuiverd afvalwater als gietwater in de tuin voor zeven maanden per jaar.

De invloed van investerings- en exploitatiekosten (inclusief water- en afvalwaterprijzen) op de totale jaarlijkse kosten is vervolgens geanalyseerd. Investeringskosten zijn berekend voor een nieuwe installatie bestaande uit drinkwater- en binnenriolering in een nieuwbouwwoning voor vier personen. Twee varianten zijn doorgerekend. In variant A bedroeg de drinkwaterprijs 0,50 euro per kubieke meter, de prijs voor het afvoeren van rioolwater naar het collectieve riool één euro per kubieke meter, de kosten voor rioolwater afgevoerd per as naar een centrale rwzi twee euro per kubieke meter en de elektriciteitsprijs 0,07 euro per kWh. Dergelijke prijsniveaus (met 2005 als referentiejaar) voor drink- en rioolwater houden ongeveer vier procent van het beschikbare budget in van een gemiddeld huishouden in Polen. Deze prijs lag toen op de grens van de maatschappelijke acceptatie. Ter vergelijking zijn in variant B dubbele prijzen aangenomen. Deze werden in 2005 gehanteerd in sommige steden in Polen. Op dit moment komen ze steeds vaker voor. In beide varianten is voor de rente 8% aangenomen en voor de afschrijvingstermijn 20 jaar, resulterend in een *r factor* van 0,10. Er zijn drie niveaus voor hergebruik van grijswater bekeken (a, b en c) van respectievelijk 14, 28 en 42 procent in relatie tot de totale hoeveelheid huishoudelijk afvalwater. Voor hergebruik van water is een maximale potentiële hoeveelheid water aangenomen op een niveau van 0,15 kubieke meter per dag. Dit wil zeggen dat de hoeveelheid geloosd afvalwater gelijk is aan de hoeveelheid afgenomen door individuele huishoudens. De analysesresultaten zijn samengevat in tabel 2 en de afbeeldingen 1 en 2.

Discussie

Vanuit de technisch-economische analyse (tabel 2) blijkt dat een IBA-systeem voor de behandeling van een relatief kleine hoeveelheid grijswater voor hergebruik in toiletten en een septictank voor zwart water met periodiek transport naar een rwzi het duurst (systeem 6a) is. Deze oplossing

blijft het duurst ongeacht de hoogte van de kosten voor water en afvalwater, mits die tussen de 1,5 en 3 euro per kubieke meter bedragen (zie afbeelding 1). Hoe hoger het afvalwaterhergebruik, des te lager de verwachte jaarlijkse kosten voor drink- en afvalwater.

De variant met individuele behandeling van de totale afvalwaterstroom met gedeeltelijk hergebruik voor toiletten spoelen en/of irrigatie van sierplanten en infiltratie in de grond buiten het vegetatiesseizoen, bleek het goedkoopst. In deze variant zou druppelirrigatie⁸⁾ kunnen worden toegepast. De invloed van secundair afvalwaterhergebruik op de verwachte jaarlijkse kosten van drink- en afvalwater is weergegeven in afbeelding 2. Totaal hergebruik van gezuiverd afvalwater (systeem 8) resulteert in een besparing die een dubbele verhoging van de water- en afvalwaterprijs kan compenseren.

Bij de huidige water- en afvalwaterprijzen in Polen is hergebruik van grijswater of de totale afvalwaterstroom na behandeling niet rendabel en daarmee niet populair. De steeds verder stijgende prijs voor (afval)water en de gevolgen van de klimaatverandering (droogte) maken deze opties wel degelijk denkbaar. Verschillende projecten worden nu geïnitieerd, bijvoorbeeld op initiatief van het bedrijf Titan-Eco in nauwe samenwerking met de Universiteit van Life Sciences in Poznan. Doel van dit project is de ontwikkeling van goedkope en hygiënisch veilige systemen voor hergebruik van grijswater op huishoudelijk niveau in een landelijke omgeving.

Conclusies

- Het economisch meest aantrekkelijke systeem van de reeks geanalyseerde opties voor afvalwaterhergebruik op huishoudelijk niveau (met vier inwoners) blijkt de traditionele (gezamenlijke) inzameling van alle afvalwaterstromen te zijn, aeroob behandeld in een IBA-systeem, gevolgd door zandfiltratie in de grond en hergebruik (recirculatie) van 42 procent van het gezuiverde afvalwater voor het spoelen van toiletten;
- Een verhoogde graad van afvalwaterhergebruik verlaagt de verwachte jaarlijkse

kosten van drinkwatergebruik en afvalwaterafvoer (inclusief zuivering), vooral bij hogere prijzen voor drinkwater- en afvalwaterafvoer;

- Volledig hergebruik van gezuiverd afvalwater (systeem 8) is alleen aantrekkelijk als de (afval)waterprijzen verdubbelen;
- Bij de huidige (afval)waterprijzen in Polen is hergebruik van grijswater voor het spoelen van WC niet rendabel en daarom nog niet populair. Regelmatige prijsverhogingen voor drinkwater- en afvalwaterafvoer en langdurige droogtes maken deze optie wel steeds aantrekkelijker.

LITERATUUR

- 1) Smil V. (1990). Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. Annual review of energy and the environment jaargang 25.
- 2) Herring J. en R. Fantel (1993). Phosphate rock demand into the next century; impact on world food supply. Natural Resources Research jaargang 2, nr. 3.
- 3) Kujawa-Roeleveld K. en G. Zeeman (2006). Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts. Re-views in Environmental Science and Biotechnology nr. 1, pag. 115-139.
- 4) Vinneras B. (2002). Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine diversion. Department of Agricultural Engineering. Swedish University of Agricultural Sciences.
- 5) Palmquist H en J. Hanaeus (2005). Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households. Science of the Total Environment nr. 1-3, pag. 151-163.
- 6) Eriksson E., K. Auffarth, M. Henze en A. Ledin (2002). Characteristics of grey wastewater. Urban Water 4, pag. 85-104.
- 7) Hernández L., G. Zeeman, H. Temmink, A. Marques en C. Buisman (2008). Biological treatment of grey water: comparison of three systems. Proceeding of the IWA international conference Sanitation Challenge, 19-21 May 2008, Wageningen.
- 8) Bohrer R. M. en J. Converse (2001). Soil treatment performance and cold weather operation of drip distribution systems. Proceedings of the 9th National Symposium on Individual and small community sewage systems. ASAE, St. Joseph, pag. 561-583.