

stowa

AFVALWATERKETEN ONTKETEND



RAPPORT

2005
12

AFVALWATERKETEN ONTKETEND

RAPPORT

2005

12

ISBN 90.5773.301.3



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 623 05 13 FAX 078 623 05 48 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

COLOFON

Utrecht, april 2005

UITGAVE STOWA, Utrecht

AUTEURS

Adriaan Mels (LeAF)
met bijdragen van
Katarzyna Kujawa (Wageningen UR)
Jac Wilsenach (TU Delft)
Bert Palsma (STOWA)
Grietje Zeeman (Wageningen UR)
Mark van Loosdrecht (TU Delft)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

ir. Harm Baten (Hoogheemraadschap van Rijnland)
ir. Elbert Majoor (Waterschap Veld en vecht)
drs. Bert Palsma (STOWA)
ir. Ruud Schemen (Hoogheemraadschap van het Hollands Noorderkwartier)

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2005-12
ISBN 90.5773.301.3

TEN GELEIDE

Op verschillende plaatsen in Europa worden initiatieven genomen, gericht op de ontwikkeling van nieuwe concepten voor afvalwaterinzameling en -behandeling. Deze concepten zijn gebaseerd op de gescheiden inzameling en behandeling van stromen uit het huishouden. Het uiteindelijke doel van deze initiatieven is een efficiënter systeem voor de afvalwaterketen te ontwikkelen. Het alternatief moet voldoen aan de doelen en randvoorwaarden van het huidige systeem terwijl het tegelijkertijd oplossingen genereert voor huidige knelpunten.

Het rapport is opgesteld door Adriaan Mels (LeAF), met bijdragen van Katarzyna Kujawa (Wageningen UR), Jac Wilsenach (TU Delft), Bert Palsma (STOWA), Grietje Zeeman (Wageningen UR) en Mark van Loosdrecht (TU Delft). De begeleiding is verzorgd door ir. Harm Baten (Hoogheemraadschap van Rijnland), ir. Elbert Majoor (Waterschap Veld en Vecht), drs. Bert Palsma (STOWA) en ir. Ruud Schemen (Hoogheemraadschap van het Hollands Noorderkwartier).

Dit rapport geeft een overzicht van de stand van zaken van een andere aanpak en gaat in op de vraag welke mogelijkheden deze concepten bieden bij de actuele aandachtspunten in de (afval)waterketen in Nederland. Daarnaast worden de onderzoeks- en ontwikkelbehoeften die nodig zijn voor praktijktoepassing in kaart gebracht. Het rapport is bedoeld als een aanzet tot een discussie rondom de ontwikkeling van de afvalwaterketen van de toekomst.

Met dit rapport willen wij de zoektocht naar andere manieren van sanitatie ondersteunen.

Utrecht, april 2005

De directeur van de STOWA
Ir. J.M.J. Leenen

SAMENVATTING

INLEIDING

Op verschillende plaatsen in Europa worden initiatieven genomen, gericht op de ontwikkeling van nieuwe concepten voor afvalwaterinzameling en -behandeling. Deze concepten zijn gebaseerd op de gescheiden inzameling en behandeling van stromen uit het huishouden. Het uiteindelijke doel van deze initiatieven is een efficiënter systeem voor de afvalwaterketen te ontwikkelen. Het alternatief moet voldoen aan de doelen en randvoorwaarden van het huidige systeem terwijl het tegelijkertijd oplossingen genereert voor huidige knelpunten. Dit rapport geeft een overzicht van de stand van zaken van deze aanpak en gaat in op de vraag welke mogelijkheden deze concepten bieden bij de actuele aandachtspunten in de (afval)waterketen in Nederland. Daarnaast worden de onderzoeks- en ontwikkelbehoeften die nodig zijn voor praktijktoepassing in kaart gebracht. Het rapport is bedoeld als een aanzet tot een discussie rondom de ontwikkeling van de afvalwaterketen van de toekomst.

ONTWIKKELINGEN IN DE AFVALWATERKETEN ANNO 2004

In stedelijke gebieden in Nederland wordt afvalwater met grootschalige rioleringsstelsels getransporteerd naar rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) waar het water wordt gezuiverd en geloosd op het oppervlaktewater. De afvalwaterketen functioneert goed wat betreft zijn voornaamste functie, bescherming van de volksgezondheid. Ook de bescherming van oppervlaktewater en milieu door het voorkomen van ongezuiverde lozingen is over het algemeen goed te noemen, met uitzondering van de overstorten tijdens regenbuien.

Voor het komende decennium liggen er verschillende ontwikkelingen en aandachtspunten in de afvalwaterketen. De belangrijkste punten zijn:

- Renovatie van een belangrijk deel van het rioleringsstelsel;
- De vermindering van overstorten met het oog op de Basisinspanning Riolering en de tegelijkertijd verwachte toename in regenintensiteit vanwege klimaatverandering; De huidige middelen hiervoor zijn de afkoppeling van hemelwater, capaciteitsuitbreidingen en het bouwen van bergbezinkbassins.
- De vermindering van emissies uit rwzi's; De aandacht gaat vooral uit naar het verder verminderen van de gehalten nutriënten en microverontreinigingen in rwzi-effluenten met het oog op de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water voor 2015. De benodigde maatregelen voor het halen van de Kaderrichtlijn zijn op dit moment nog niet bepaald.
- De lozing van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen via overstorten en rwzi-effluenten; Het onderzoek naar de effecten hiervan is in volle gang; vooralsnog zijn voor de verwijdering nauwelijks nog economisch haalbare technieken beschikbaar.
- De problematiek van het communaal zuiveringsslib;
- Het beheer van het rioleringsstelsel door gemeenten; In veel gemeenten is sprake van onvoldoende inzicht in het huidige stelsel en onvoldoende capaciteit om het te beheren en benodigde renovaties en uitbreidingen te plegen.
- De sterk stijgende kosten voor rioleringszorg en bij implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water ook de zuiveringskosten vanwege de toepassing van tertiaire zuiveringstechnieken. De geschatte kostenstijging voor de afvalwaterketen (riolering en waterzuivering) bedraagt voor de komende tien jaar – gecorrigeerd voor inflatie – minimaal 25%.

Aanvullende aandachtspunten zijn te vinden in het streven naar duurzame technologische ontwikkeling waarbij efficiënt omgaan met grond- en afvalstoffen en vermindering van emissies sleutelbegrippen zijn. Stedelijk afvalwater wordt in onze samenleving vooral als afvalstof gezien. Vanuit het perspectief van duurzame ontwikkeling zijn met name terugwinning van fosfaat uit stedelijk afvalwater (met het oog op dalende voorraden), opwekking van 'groene' energie uit slib en organisch afval (met het oog op reductie van de CO₂-uitstoot) en het gebruik van gezuiverd afvalwater voor natuurontwikkeling en lokale verdrogingbestrijding punten die sterke raakvlakken hebben met de afvalwaterketen.

AFVALWATERKETENS GEBASEERD OP GESCHIEDEN INZAMELING VAN STROMEN

In huishoudens komen geconcentreerde en minder geconcentreerde afvalwaterstromen vrij. Een onderscheid wordt over het algemeen gemaakt naar zwart water (urine en faeces) en grijs water afkomstig van bad, douche, wasmachine en keuken. In het huidige inzamelingssysteem worden deze afvalwaterstromen gemengd afgevoerd. Meestal wordt ook hemelwater via de riolering afgevoerd. Verdere verdunning vindt plaats door vermenging met instromend oppervlaktewater, lekwater en bronneringswater.

De verschillende stromen verschillen aanzienlijk in samenstelling en volume. De grootste bron van nutriënten is menselijke urine. Urine bevat ongeveer 80% van de totale hoeveelheid stikstof (N), 50% van het fosfaat (P) en 70% van het kalium (K) in stedelijk afvalwater. In combinatie met faeces vormt urine een geconcentreerde stroom aan zwart water die ongeveer anderhalve liter per persoon per dag bedraagt. In de riolering wordt deze stroom verdund met toiletspoelwater (gemiddeld 35 liter per dag) en relatief licht vervuild grijs afvalwater afkomstig van keuken, wasmachine en badkamer (gemiddeld 90 liter per dag).

Vanwege het verschil in concentratie en samenstelling is het vanuit procestechnologisch perspectief logisch om zwart en grijs water apart te behandelen. De gescheiden inzameling en behandeling van urine is ook een mogelijkheid. Een brongerichte aanpak waarbij afvalwaterstromen op huisniveau gescheiden ingezameld worden kan dan ook leiden tot een doelmatiger aanpak. Bovendien sluit het aan bij de prioriteitstelling van het afvalstoffenbeleid volgens de Ladder van Lansink: preventie, hergebruik en nuttige toepassing, verbranden, storten.

Recente ontwikkelingen, zowel op het gebied van afvalwatertransport als op het gebied van afvalwaterzuivering, bieden een groeiend aantal technische mogelijkheden voor de gescheiden behandeling van stedelijk afvalwater. Voorbeelden hiervan zijn de toenemende kennis op het gebied van vacuümtransporttechnologie, de ontwikkeling van sterk waterbesparende toiletsystemen, verbeteringen in anaërobe reactortechnologie om zwart water te behandelen, membraanbioreactoren om grijs water te behandelen en de ontwikkeling van innovatieve technieken voor stikstofverwijdering uit urine of zwart water (SHARON, Anammox en Canon).

Het schaalniveau waarop de verschillende stromen behandeld worden (centraal, semi-centraal of decentraal) een afgeleide is van de systeemkeuze. Door het toepassen van andere technieken ontstaan andere optima ten aanzien van transport en behandeling. Verschillende studies wijzen uit dat voor kosteneffectieve toepassing van nieuwe systemen gedacht moet worden aan schaalgroottes vanaf minimaal 2000 tot 5000 aangesloten personen.

TWEE VERSCHILLENDE CONCEPTEN

Er zijn flink aantal demonstratieprojecten op praktijkschaal te vinden in Europa, waarvan ook enkele in Nederland. Een uitgebreidere beschrijving van voorbeelden in Nederland, Duitsland

en Zweden wordt binnenkort gepubliceerd (STOWA, 2005-13¹). De meeste technologieën die binnen deze concepten worden toegepast zijn ontwikkeld en in principe beschikbaar voor praktische toepassing. Er zijn ruwweg twee verschillende concepten te onderscheiden:

1. *Urine-afkoppeling door toepassing van No Mix technologie*

Door de toepassing van speciale toiletten of urinoirs kan menselijke urine apart worden opgevangen. De separaat ingezamelde urine wordt tijdelijk op gebouw- of wijkniveau opgeslagen in speciale tanks. Vervolgens kan transport per as plaatsvinden. Urine is direct of na bewerking toepasbaar als meststof, als toeslagstof bij compostering of als nutriëntenbron bij communale of industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties. Resterend afvalwater wordt afgevoerd via de riolering.

Centrale rioolwaterzuiveringsinstallaties kunnen door vermindering van de stikstofbelasting door urine-afkoppeling aanzienlijk kleiner worden gedimensioneerd. Tevens daalt de energiebehoefte. Bij grootschalige toepassing van No Mix technologie (75% afkoppeling van urine) kan het effluent zonder aanvullende maatregelen aan de MTR-normen voor stikstof en fosfaat voldoen. Urinescheiding is inpasbaar binnen de bestaande infrastructuur. Urine is een relatief schone, nutriëntenrijke grondstof met een zeer laag gehalte aan zware metalen.

2. *Totaalsysteem gebaseerd op gescheiden inzameling en behandeling van stromen*

Op basis van brongescheiden inzameling van zwartwater, urine en grijs water kan een totaalstelsel met afzonderlijke behandeling van stromen ontworpen worden. Zwart water kan hierbij bijvoorbeeld in combinatie met organisch keukenafval op wijkschaal worden vergist en vervolgens worden ingezet als meststof. Het opgewekte biogas kan worden gebruikt voor energieopwekking. Ook mengvormen van centrale en decentrale behandeling zijn mogelijk, waarbij het grijs water bijvoorbeeld op wijkschaal wordt behandeld, terwijl zwart water naar een centrale behandelingsfaciliteit wordt getransporteerd. Totaalsystemen zijn met name geschikt voor nieuwe wijken en kantoren.

Gescheiden inzameling van zwart water kan gecombineerd worden met de inzameling van organisch keukenafval door toepassing van afvalvermalers in de keuken. Dit vereenvoudigt de inzameling van organisch afval en biedt extra gemak aan bewoners.

De toepassing van vacuümtoiletten of No Mix toiletten levert een waterbesparing van 10-20% van het huishoudelijk waterverbruik op.

POTENTIEEL VAN EEN BRONGERICHTE AANPAK IN DE AFVALWATERKETEN

Op basis van beschikbare kennis is een kwalitatieve beoordeling gemaakt van het potentieel van een brongerichte aanpak in de afvalwaterketen. Hierbij is geëvalueerd in hoeverre nieuwe systemen voldoen aan de primaire doelen en nevenfuncties van het huidige afvalwatersysteem. Vervolgens is nagegaan of deze systemen een bijdrage kunnen bieden bij het oplossen van eerder gesignaleerde knelpunten

Brongerichte sanitatiesystemen die goed ontworpen zijn en juist beheerd worden, kunnen voldoen aan de primaire doelen 'bescherming van de volksgezondheid' en 'bescherming van oppervlaktewater en milieu'. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat naast de toepassing van brongerichte systemen ook maatregelen voor de gescheiden inzameling van hemelwater en van drainagewater worden getroffen.

Door gescheiden inzameling en behandeling van zwart water en / of urine worden emissies van nutriënten en microverontreinigingen via riooloverstorten en rwzi-effluenten vermin-

derd of voorkomen. Nieuwe systemen kunnen het daarom naar verwachting beter doen dan het huidige systeem.

Onderzoek van Wageningen Universiteit laat zien dat het slib dat als restproduct vrijkomt bij gescheiden inzameling van zwart water aanzienlijk minder zware metalen bevat in vergelijking met communaal zuiveringsslib. Het slib kan voor de metalen chroom, lood, cadmium en nikkel aan de BOOM-normen voldoen. Voor koper en zink werden overschrijdingen gevonden; de gemeten waarden lagen echter aanzienlijk lager dan in zuiveringsslib. De betere slibkwaliteit opent perspectieven voor toepassing als meststof in de landbouw. Hierdoor kan de hoeveelheid communaal zuiveringsslib in Nederland potentieel worden verminderd en kunnen nutriënten uit de stedelijke afvalwaterketen (met name fosfaat en kalium) worden hergebruikt.

Het grijswater bevat relatief lage concentraties nutriënten en is daardoor relatief eenvoudig te zuiveren. Dit leidt tot een efficiënte behandeling van het grootste deel (70%) van stedelijk afvalwater. Door lokale behandeling ontstaat een nieuwe extra bron van water. Dit biedt mogelijkheden voor lokale verdrogingbestrijding en extra mogelijkheden om een aantrekkelijke woonomgeving te creëren. De lokale behandeling van grijswater past binnen de gestelde prioriteitsvolgorde ten aanzien van waterkwantiteit en -afvoer ('vasthouden, bergen, afvoeren').

AANBEVELINGEN VOOR PRAKTISCHE TOEPASSING

De kwalitatieve evaluatie wijst uit dat de gescheiden sanitatiesystemen mogelijkheden bieden voor een efficiëntere afvalwaterketen. Op basis hiervan wordt dan ook aanbevolen om voor de Nederlandse praktijksituatie meer ervaring op praktijkschaal op te doen en een aantal demonstratieprojecten op te starten. Daarnaast wordt aanbevolen om parallel hieraan met een monitoringprogramma de ontwikkelingen in zowel Nederlandse als buitenlandse projecten te volgen en te evalueren en te laten toetsen door praktijkexperts.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

AFVALWATERKETEN ONTKETEND

INHOUD

TEN GELEIDE
SAMENVATTING
STOWA IN HET KORT

1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond en doelstelling	1
1.2	Leeswijzer	1
2	ONTWIKKELINGEN IN DE AFVALWATERKETEN	2
2.1	Inleiding	2
2.2	Ontstaan en functioneren van de afvalwaterketen	2
2.3	Ontwikkelingen in de rioleringszorg	4
2.4	Ontwikkelingen in de zuivering van rioolwater	5
2.5	Kostenontwikkeling in de waterketen	8
2.6	Algemene trends in waterbeheer en duurzame ontwikkeling	9
2.7	Samenvatting en conclusies	9

3	AFVALWATERKETENS GEBASEERD OP GESCHEIDEN INZAMELING VAN STROMEN	12
3.1	Inleiding	12
3.2	Een brongerichte aanpak in de afvalwaterketen	12
3.3	Gescheiden inzameling van zwartwater en organisch keukenafval	14
3.4	No Mix technologie	21
3.5	Lokale behandeling van grijswater	26
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	29
4.1	Inleiding	29
4.2	Potentieel van een brongerichte aanpak in de afvalwaterketen	29
4.3	Aanbevelingen voor praktische toepassing	33
4.4	Aandachtspunten bij praktische toepassing	33
4.5	Aanbevelingen voor onderzoek en ontwikkeling	35
5	REFERENTIES	36
BIJLAGE A	Zware metalen in urine, faeces en grijswater	39
BIJLAGE B	Nichemarkt: Afzet van urine in de papierindustrie?	40

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGROND EN DOELSTELLING

In stedelijke gebieden in Nederland wordt afvalwater met grootschalige rioleringsstelsels getransporteerd naar rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) waar het water wordt gezuiverd en geloosd op het oppervlaktewater. De afvalwaterketen functioneert goed wat betreft de afvoer van afvalwater, het voorkomen van watergedragen ziektes en de bescherming van het aquatisch milieu. Daarnaast vervult het systeem een belangrijke rol bij de afvoer van overtollig hemelwater en grondwater. Belangrijke aandachtspunten in de afvalwaterketen zijn momenteel de renovatie en uitbreiding van een belangrijk deel van het rioleringsstelsel, het frequent voorkomen van ernstige puntlozingen door overstorten, emissies van nutriënten en microverontreinigingen via rwzi-effluenten en de productie van vervuild zuiveringsslib.

Op verschillende plaatsen in Europa worden initiatieven genomen, gericht op de ontwikkeling van nieuwe concepten voor afvalwaterinzameling en -behandeling. Deze concepten zijn gebaseerd op de gescheiden inzameling en behandeling van stromen uit het huishouden. Het uiteindelijke doel van deze initiatieven is een efficiënter systeem voor de afvalwaterketen te ontwikkelen. Het alternatief moet voldoen aan de doelen en randvoorwaarden van het huidige systeem terwijl het tegelijkertijd oplossingen genereert voor huidige knelpunten. Dit rapport geeft een overzicht van de stand van zaken van deze aanpak en gaat in op de vraag welke mogelijkheden deze concepten bieden bij actuele knelpunten in de (afval)waterketen in Nederland. Daarnaast worden de onderzoeks- en ontwikkelbehoeften die nodig zijn voor praktijktoepassing in kaart gebracht. Het rapport is bedoeld als een aanzet tot een discussie rondom de ontwikkeling van de afvalwaterketen van de toekomst.

Het rapport is gebaseerd op de resultaten van drie deelonderzoeken:

- Een inventarisatie door Lettinga Associates Foundation naar praktische toepassingen van gescheiden inzameling en behandeling van afvalwaterstromen in Nederland, Duitsland en Zweden;
- Onderzoek door Wageningen Universiteit, Sectie Milieutechnologie, naar anaërobe behandeling van geconcentreerd zwart water en organisch keukenafval;
- Onderzoek door Technische Universiteit Delft, Bioprocestechnologie, naar de gescheiden inzameling, behandeling en hergebruik van urine ('No Mix technologie').

1.2 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 worden de actuele ontwikkelingen in de afvalwaterketen in kaart gebracht. In hoofdstuk 3 wordt een overzicht van vernieuwende afvalwaterconcepten beschreven die zijn gebaseerd op gescheiden inzameling en behandeling van stromen. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens in kaart gebracht welke kansen deze nieuwe systemen bieden in het licht van de ontwikkelingen en behoeften die er liggen in de (afval)watersector en worden aanbevelingen gedaan voor praktijkimplementatie en verder onderzoek.

2

ONTWIKKELINGEN IN DE AFVALWATERKETEN

2.1 INLEIDING

Anno 2004 spelen diverse ontwikkelingen in de afvalwaterketen die aanleiding geven om na te denken over de uitgangspunten van het huidige afvalwatersysteem. Het doel van dit hoofdstuk is om deze ontwikkelingen globaal in kaart te brengen.

In de volgende hoofdstukken wordt een overzicht van vernieuwende afvalwaterconcepten gebaseerd op gescheiden inzameling en behandeling van stromen gepresenteerd. Op basis van de conclusies van dit hoofdstuk zal in kaart gebracht worden welke kansen deze nieuwe systemen bieden in het licht van de ontwikkelingen en behoeften die er liggen in de (afval)watersector.

Het hoofdstuk begint met een korte schets van het ontstaan en functioneren van het huidige systeem. Uit deze schets worden ook de doelen en functies duidelijk. In de paragrafen daarna wordt ingegaan op verschillende relevante ontwikkelingen wat betreft riolering en waterzuivering en algemene trends in duurzame ontwikkeling en de waterketen. De laatste paragraaf geeft hiervan een samenvatting.

2.2 ONTSTAAN EN FUNCTIONEREN VAN DE AFVALWATERKETEN

KORTE HISTORISCHE SCHETS

Door de Britse medicus John Snow werd in 1849 aangetoond dat infectieziekten zoals cholera worden verspreid door vervuiling van drinkwaterbronnen met menselijke afvalstoffen en niet (alleen) via de lucht zoals tot dat moment werd aangenomen. Duidelijk werd ook dat in veel stedelijke gebieden de bronnen van drinkwater (grondwater, oppervlaktewater) in toenemende mate vervuild raakten door beerputten en lozingen en dat de bevolking bloot stond aan infectieziekten. Om de hygiënische toestand van steden te verbeteren ontstond rond 1870 in Nederland het tonnetjessysteem. Met behulp van een ophaalsysteem met karren werden menselijke afvalstoffen (urine en faecaliën) in stedelijke gebieden ingezameld. In veel gevallen werd het ingezamelde materiaal gebruikt als meststof in de landbouw. Met name aan het eind van de 19^e eeuw was hier veel belangstelling voor vanwege de grote behoefte aan nutriënten en er bestond een levendige handel in menselijk mest. De grondslagen van het huidige systeem van riolering en afvalwaterbehandeling werden aan het eind van de 19^e eeuw gelegd en verliepen min of meer parallel aan de installatie van drinkwatervoorzieningen. Door de toenemende beschikbaarheid van drinkwatervoorzieningen, de uitvinding van het WC (Water Closet) en een groeiende bevolking kregen steeds meer steden last van een afvalwaterprobleem. De hoeveelheid water bleek lastig af te voeren en grachten en drinkwaterbronnen raakten daardoor in toenemende mate vervuild. Dit vormde een gevaar voor de volksgezondheid. Na verschillende uitbraken van cholera werden in navolging van buitenlandse steden als Hamburg, Parijs en Londen op veel plaatsen in Nederland rioleringsystemen aangelegd om het afvalwater uit de stad te leiden.

FIGUUR 1

HET TONNETJESSTEEEM



De afvoer van het afvalwater uit de steden leidde weliswaar tot vermindering van ziektes maar veroorzaakte, door lozing van het afvalwater, een sterke verontreiniging van het oppervlaktewater. Vanaf de jaren 1920 worden ter bescherming van het oppervlaktewater rioolwaterzuiveringsinstallaties gebouwd. In 1958 werd het afvalwater van circa 2 miljoen mensen gezuiverd. De introductie van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater in 1970 leidde tot een grootschalige aanpak van de watervervuiling. Anno 2004 wordt 98% van het geproduceerde afvalwater behandeld voor lozing op het oppervlaktewater.

DOELEN EN NEVENFUNCTIES

Het historisch overzicht maakt duidelijk dat de huidige afvalwatervoorzieningen in de eerste plaats zijn ontstaan ter bescherming van de volksgezondheid. Door faeces en urine uit stedelijk gebied af te voeren, eerst met het tonnetjessysteem en later via riolering, werd voorkomen dat de drinkwaterbronnen (grond- en oppervlaktewater) besmet raakten met ziekteverwekkers zoals de cholerabacterie. Het rioleringsysteem ontstond als antwoord op de toenemende beschikbaarheid van drinkwater en de groeiende populariteit van de WC en de daarmee gepaard gaande stijging van de hoeveelheid menselijk afvalwater. Om drinkwaterbronnen en het oppervlaktewater buiten de stad te beschermen tegen de lozing van zuurstofbindende stoffen, nutriënten en ziekteverwekkende bacteriën werden rioolwaterzuiveringsinstallaties gebouwd.

Samenvattend wordt duidelijk dat het afvalwatersysteem in onze samenleving de volgende doelen dient:

TABEL 1

PRIMAIRE DOELEN VAN HET AFVALWATERSYSTEEM

- Bescherming van de volksgezondheid (voorkomen van 'watergedragen' ziektes) door veilige afvoer en verwerking van menselijke afvalstoffen
- Bescherming van oppervlaktewaterkwaliteit en milieu door het voorkomen van de lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten.

Vanzelfsprekend zullen nieuwe afvalwaterketenconcepten moeten voldoen aan de doelen die gesteld zijn aan het huidige systeem.

Belangrijke nevenfuncties van rioleringsstelsels in veel stedelijke gebieden zijn, naast de afvoer van afvalwater, de afvoer van hemelwater en van overtollig grondwater. In gemeenten met een hoge grondwaterstand infiltreert grondwater door bewuste of onbewuste lekkages in het rioleringsstelsel. Recent onderzoek laat zien dat hierdoor op sommige plaatsen tot 80% extra water via het stelsel wordt afgevoerd boven op de afvoer van de gecombineerde stroom aan stedelijke afvalwater én hemelwater.

TABEL 2 BELANGRIJKE NEVENFUNCTIES VAN HET HUIDIGE AFVALWATERSYSTEEM

- Afvoer van hemelwater
- Afvoer van overtollig grondwater uit stedelijk gebied

2.3 ONTWIKKELINGEN IN DE RIOLERINGSZORG

De riolering is één van de oudste en belangrijkste elementen van de ondergrondse infrastructuur in Nederland. In totaal ligt er meer dan 86 duizend kilometer aan rioleringsbuizen onder de grond (St. Rioned, cijfers 2002²). Het grootste deel van het systeem (84%) bestaat uit vrijvervalbuizen die gebaseerd zijn op watergedragen transport. Om het watergedragen transport te waarborgen is een minimale hoeveelheid water per persoon per dag nodig om sedimentatie van afvalstoffen en daarmee gepaard gaande verstoppingen te voorkomen. Een kleiner deel van het stelsel (16%) bestaat uit drukriolering.

De aanleg en het onderhoud van rioleringsstelsels is een kostbare zaak. De aanlegkosten per woning variëren van € 3500 tot € 7800 per woning in 2002³. De investeringskosten voor riolering bedragen ongeveer 80% van de totale investeringskosten in de afvalwaterketen tegenover 20% voor afvalwaterzuivering.

Een groot deel van de riolering (22%) in Nederland is ouder dan 40 jaar en in veel gevallen slechts sporadisch gerestaureerd. Het gaat hierbij vaak om riolering onder oude stadsgedelen en drukke wooncentra. Een interessant fenomeen van riolering is dat stelsels de neiging hebben autonoom te groeien. Bij de bouw van nieuwe wijken worden extra aansluitingen aan het bestaande systeem gekoppeld, iets wat lang niet altijd was voorzien bij het capaciteitsontwerp van het oorspronkelijk deel.

RIOLERINGSINSPANNINGEN

De rioleringszorg ziet zich momenteel voor verschillende problemen geplaatst die de nodige inspanningen zullen vragen. De komende jaren zal een belangrijk deel van het huidige stelsel vervangen of gerenoveerd moeten worden. Veel rioleringsstelsels hebben bovendien onvoldoende afvoer capaciteit wat leidt tot een te hoge overstortfrequentie en lokale lozing van ongezuiverd afvalwater op vaak kwetsbaar oppervlaktewater. De Basisinspanning Riolering verplicht gemeenten om per 1 januari 2006 het aantal riooloverstorten op oppervlaktewater terug te brengen met 50% ten opzichte van 2000. Het ministerie van VROM verwacht dat de in voorbereiding zijnde Europese Zwemwaterrichtlijn de noodzaak tot vermindering van de overstorten nog zal versterken⁴.

Een complicerende factor is dat verwacht wordt dat de hoeveelheid overstorten bij gelijkblijvend beleid juist zullen toenemen door toenemende neerslag. Het KNMI voorspelt voor de komende decennia extremere neerslag en grotere pieken in afvoer, met name in de winter. Volgens het Nationaal Bestuursakkoord Water moet het watersysteem in 2015 op orde zijn om de gevolgen van klimaatverandering voor de waterhuishouding aan te kunnen. Dat wil zeggen dat ook de capaciteit van de riolering zodanig moet zijn dat wateroverlast door verhoogde regenintensiteit zo veel mogelijk wordt voorkomen.

Om de overstorten terug te brengen is het beleidsuitgangspunt sinds enkele jaren dat de riolering niet meer voor hemelwaterafvoer gebruikt moet worden. In nieuwe wijken is het afkoppelen van hemelwater een uitgangspunt bij de stedenbouwkundige inrichting. Gestreefd

wordt naar tenminste 60 procent afkoppeling. In bestaand stedelijk gebied is afkoppeling moeilijker. Er wordt op langere termijn gestreefd naar 20 procent gescheiden inzameling. In 2002 was 5 procent van het areaal verhard oppervlak afgekoppeld. De verwachting is dat het in 2010 14 procent zal zijn (CWI, 2003⁵). Het afgekoppelde regenwater kan in gebieden met een lage grondwaterstand afgevoerd worden door lokale infiltratie. In gebieden met een hoge grondwaterstand is afwatering via regenwaterriolering nodig en wordt vaak gewerkt met lokale wijkwatersystemen.

AFVOER VAN RIOOLVREEMD WATER

Een knelpunt bij afkoppeling is dat, zoals al eerder werd vermeld, het rioleringsstelsel in gemeenten met een hoge grondwaterstand ook functioneert als drainagesysteem. Via lekken in het stelsel stroomt grondwater het riool in. De lekkages kunnen veroorzaakt zijn door zettingsschade bij bijvoorbeeld verzakkingen in het geval van dalende bodems. Vaak ook is er sprake van aansluiting van drainagesystemen op de riolering, instroom van oppervlaktewater en/of bronneringswater.

Recent onderzoek van STOWA maakt duidelijk dat het hierbij om aanzienlijke hoeveelheden 'rioolvreemd' water kan gaan. Dit kan oplopen tot 100% boven op de droog weerafvoer⁶. In dit onderzoek wordt ook geraamd dat bij de aanvoer van 25 procent rioolvreemd water ten opzicht van de droogweerafvoer een extra bedrag aan zuiveringskosten van 15 euro per vervuilingseenheid per jaar (ongeveer 30% totale zuiveringsheffing) vanwege de noodzakelijke aanleg van grotere randvoorzieningen en het aanpassen van gemalen en afvalwaterzuiveringen. Omgekeerd geldt ook dat afhankelijk van de grondwaterstand afvalwater het rioleringsstelsel uit kan lekken. Dit heeft diffuse grondwatervervuiling in het stedelijk gebied tot gevolg.

Op dit moment is nog onduidelijk hoe het beleid ten aanzien van de verantwoordelijkheden voor drainage en grondwaterafvoer zich zal ontwikkelen. In recente discussies rondom de toekomst van het stedelijk waterbeheer neigt de Tweede Kamer ernaar om de verantwoordelijkheid hiervoor bij gemeenten te leggen.

RIOLERINGSBEHEER

De bouw en het operationeel beheer van de riolering is de taak van gemeenten. In tegenstelling tot de vergaande professionalisering van rioolwaterzuivering kampt de rioleringszorg bij gemeenten vaak met capaciteitstekorten. Veel gemeenten hebben onvoldoende mogelijkheden om de benodigde en gespecialiseerde kennis die nodig is voor rioleringszorg in huis te hebben. Het resultaat is dat de riolering vaak slecht in kaart is gebracht en min of meer autonoom groeit door de koppeling van nieuwbouwwijken. Er is vaak slechts een beperkt inzicht in de kosten. Duidelijk wordt ook dat veel gemeenten de kosten die nodig zijn voor de verwachte renovatie en verbetering van stelsels slechts met moeite kunnen opbrengen.

2.4 ONTWIKKELINGEN IN DE ZUIVERING VAN RIOOLWATER

De huidige staat van rioolwaterzuiveringstechnologie is in de loop van de 20^{ste} eeuw steeds geavanceerder geworden. De eerste aandacht ging met name uit naar de verwijdering van organische, zuurstofbindende stoffen. In de jaren '80 werd steeds meer aandacht geschonken aan eutrofiëring van oppervlaktewater en kreeg nutriëntenverwijdering groeiende aandacht. Conform de EU richtlijn voor behandeling van stedelijk afvalwater (EC 91/271) dienen voor 1 januari 2005 de effluenten van rwzi's aan strenge lozingsnormen voor stikstof en fosfaat te voldoen (N totaal < 10 mg/l; P < 1 mg/l voor een installatie groter dan 100.000 i.e.).

FIGUUR 2

RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIE



Door toenemende druk op waterreserves worden echter nog steeds hogere eisen gesteld aan de zuiveringsprestaties van zuiveringsinstallaties. Het oppervlaktewatersysteem moet niet alleen geschikt zijn voor gebruik als vaarwater, maar ook voor natuurontwikkeling, waterrecreatie en de bereiding van drinkwater. De Europese Kaderrichtlijn Water en de zwemwaterrichtlijn⁷ zullen naar verwachting een aanscherping van de lozingsnormen tot gevolg hebben. Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat verwacht dat op ongeveer de helft van de rwzi's extra emissiebeperkende maatregelen getroffen zullen moeten worden⁸. Daarnaast vormt de lozing op oppervlaktewater van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen via het effluent van rwzi's een zorgpunt met het oog op de drinkwaterwinning.

EUROPESE KADERRICHTLIJN WATER

De Europese Kaderrichtlijn Water (EKW) is bedoeld als een kader voor de bescherming van landoppervlaktewater, overgangswater, kustwateren en grondwater. De maatregelen moeten er toe leiden dat het oppervlaktewater, inclusief het kustwater, en het grondwater in de stroomgebieddistricten in 2015 'in een goede toestand' verkeert. Naar verwachting zal de richtlijn leiden tot verdere aanscherping van de lozingseisen voor veel rwzi's. Eind 2004 zal aan Brussel moeten worden gerapporteerd welke wateren in Nederland worden aangegeven als 'natuurlijk', 'kunstmatig' of als 'sterk veranderd'⁹. De verwachting is dat veel oppervlaktewater in Nederland aangemerkt zal worden als 'sterk veranderd' wat betekent dat gestreefd zal worden naar wat genoemd wordt 'goed ecologisch potentieel'. Onbekend is op dit moment wat de precieze consequenties zullen zijn, maar verwacht wordt dat voor veel rwzi's aanvullende emissiebeperkende maatregelen getroffen moeten worden. Waarschijnlijk zal de kwaliteit op veel plaatsen moeten voldoen aan de zgn. MTR-kwaliteit (MTR – Maximaal Toelaatbaar Risico). De maatregelen worden naar verwachting rond 2006 / 2007 van kracht, waarbij de effluënten van rwzi's in 2015 aan de eisen zullen moeten voldoen. Tabel 3 geeft ter illustratie de MTR-waarden voor stikstof en fosfaat en de metalen koper en zink weer.

TABEL 3

HUIDIGE EFFLUENTEISEN VOOR N, P, KOPER EN ZINK EN DE MTR- WAARDEN

	rwzi	MTR-waarden
Totaal N	< 10 mg/l	< 2,2 mg/l
Totaal P	< 1 mg/l	< 0,15 mg/l
Koper (Cu)	geen	3,8 µg/l
Zink (Zn)	geen	40 µg/l

Bron: Vierde Nota waterhuishouding – Regeringsbeslissing, Ministerie van Verkeer en Waterstaat

AANDACHT VOOR LOZING VAN MEDICIJNRESTEN EN HORMOONVERSTORENDE STOFFEN

Door de overkoepelende organisatie van drinkwatermaatschappijen VEWIN werd vorig jaar aandacht gevraagd voor de aanwezigheid van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen in het oppervlaktewater^{10 11}. Vooral via effluënten van rwzi's komen (residuen van) geneesmiddelen in het oppervlaktewater terecht blijkt onder andere uit onderzoek van RIWA, RIZA, RIVM en Kiwa. De VEWIN stelt dat de overheid bij de bewaking en verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit de drinkwaterbelangen nadrukkelijker als uitgangspunt moet hanteren. De aanwezigheid van medicijnresten vormt nu nog geen direct probleem voor de drinkwatervoorziening. Gezien toekomstige ontwikkelingen zoals toenemend geneesmiddelgebruik door onder meer vergrijzing van de bevolking, is de verwachting dat de druk van geneesmiddelen op de bronnen van drinkwater toeneemt. De watersector is bovendien steeds vaker afhankelijk van oppervlaktewater als bron voor de drinkwatervoorziening.

VEWIN stelt ook dat veel winst te behalen valt met het gescheiden opvangen van geneesmiddelen en hormoonverstorende stoffen via menselijke ontlasting. Met name voor locaties waar veel geneesmiddelen gebruikt worden, zoals ziekenhuizen, bejaarden- en verpleeghuizen. VEWIN roept het Ministerie van Verkeer en Waterstaat op om deze zorginstellingen te stimuleren afval- en rioolwater apart te behandelen.

ZUIVERINGSSLIB

De gehalten aan metalen in het slib dat vrijkomt bij de zuivering van afvalwater overschrijden in het algemeen de normen van het Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen (BOOM-besluit) (VROM, 1991). Zuiveringsslib dient daarom behandeld te worden als chemisch afval en wordt in de huidige praktijk veelal verbrand waarna de asrest wordt gestort. De totale hoeveelheid zuiveringsslib bedraagt in Nederland jaarlijks ongeveer 350.000 ton drogestof (kosten verwerking: € 300 tot € 400 per ton drogestof). De kosten van verwerking van zuiveringsslib bedragen ongeveer 40% van de kosten die gemoeid zijn met rioolwaterzuivering.

Zowel in Nederland als breder in Europa is de verwerking van dit zuiveringsslib en de kosten die ermee gemoeid zijn een groeiend aandachtspunt. Er lopen verschillende onderzoeken om enerzijds de hoeveelheid slib die geproduceerd wordt bij rwzi's te verminderen door toepassing van bijvoorbeeld slibozonisatie of ultrasonificatie. Anderzijds is er aandacht voor verwerking van het verbrande slib als toeslagstof bij bouwmaterialen of als vulmateriaal onder wegen. Er wordt ook onderzoek gedaan naar de verbetering van de kwaliteit door het uitloggen van zware metalen, maar dit lijkt vooralsnog niet economisch haalbaar.

BEHEER VAN RWZI'S

De zuivering van rioolwater is de verantwoordelijkheid van de waterschappen. De bouw en het beheer wordt gekenmerkt door een zeer bedrijfsmatige aanpak. Er is een duidelijke trend naar steeds verdergaande centralisatie door de clustering van riolering en de bouw van grotere rwzi's. Deze grootschaliger aanpak biedt (op sectoraal niveau) kostenvoordelen en de

mogelijkheid tot inzet van geavanceerdere zuiveringstechnieken waardoor een betere effluentkwaliteit bereikt kan worden.

2.5 KOSTENONTWIKKELING IN DE WATERKETEN

Figuur 1 laat zien dat de kosten van de gehele waterketen in 2002 ongeveer € 400 bedroegen voor een meerpersoons huishouden. Hiervan omvatten de kosten voor drinkwater 39%, het rioolrecht 26% en de zuiveringsheffing 35%. Bij het rioolrecht dient aangetekend te worden dat het op dit moment slechts 85% van de jaarlijkse rioleringskosten dekt en bovendien de investeringskosten buiten beschouwing laat (deze worden voldaan bij aansluiting van nieuwe woningen op de riolering).

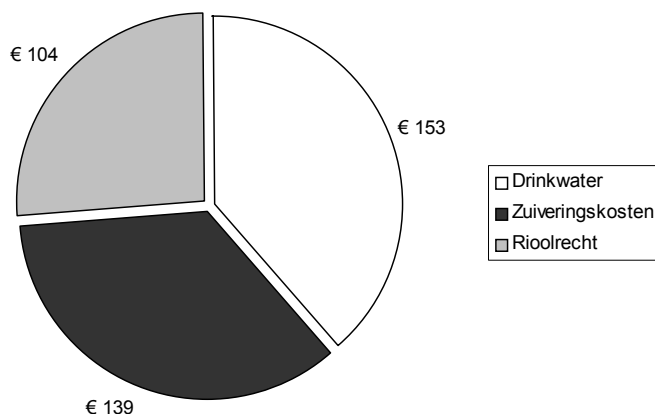
Uit onderzoek van COELO, onderzoeksinstituut van de Rijksuniversiteit Groningen blijkt dat de totale lasten van de gehele waterketen tussen 1990 en 2002 – gecorrigeerd voor inflatie – gemiddeld met 3% per jaar zijn gestegen¹². Deze lastenstijging wordt voornamelijk veroorzaakt door de rioolrechten die met ruim 5% per jaar opliepen.

Een beredeneerde schatting van COELO betreffende de reële kostenontwikkeling (gecorrigeerd voor inflatie) van de gehele waterketen tussen 2005 en 2010 komt uit op 1,5 à 3% per jaar ofwel 8 tot 16% over de gehele periode. De kosten van de drinkwatervoorziening blijven gelijk of nemen mogelijk met 1% per jaar af. De kosten van afvalwaterzuivering stijgen naar verwachting met 1 à 2 % per jaar waarbij naast de toename van de hoeveelheid afvalwater milieumaatregelen van invloed zijn. Evenals in het verleden stijgen de kosten van riolering in de toekomst fors. De toename zal naar verwachting 5 tot 7,5% per jaar bedragen. Behalve meer aansluitingen, sanering van overstorten en aansluiting van het buitengebied brengt achterstallig onderhoud extra kosten met zich mee.

In de berekeningen zijn de kostenstijgingen die gemoeid zijn met extra verwijdering van nutriënten op rwzi's met het oog op de Europese Kaderrichtlijn Water niet meegenomen. Indicatieve berekeningen door verschillende ingenieursburo's geven aan dat de zuiveringskosten met minimaal 15-20% zullen stijgen wanneer in 2015 aan de MTR-waarden voor stikstof en fosfaat dient te worden voldaan.

De conclusie is dat de kosten voor de afvalwaterketen het komende decennium met minimaal 25% zullen stijgen, exclusief de inflatie.

FIGUUR 3 JAARLIJKSE KOSTEN VAN DE WATERKETEN PER HUISHOUDEN IN 2002. (BRON: RIOOL IN CIJFERS, ST. RIONED). DEZE KOSTEN ZIJN EXCLUSIEF DE AANLEGKOSTEN VAN DE RIOLERING.



2.6 ALGEMENE TRENDS IN WATERBEHEER EN DUURZAME ONTWIKKELING

VASTHOUDEN, BERGEN, AFVOEREN EN BESTRIJDING VAN LOKALE VERDROGING

Het Nederlands beleid met betrekking tot de waterkwantiteit heeft in het licht van de verwachte toename van de regenintensiteit, de verhoogde piekafvoer door rivieren en de stijging van de zeespiegel een nieuwe richting gekregen met de adviezen van de Commissie Waterbeheer 21^{ste} eeuw en de afspraken in het Nationaal Bestuursakkoord Water. Het Nederlandse waterbeleid in de 21^{ste} eeuw breekt met de traditie van zo veel mogelijk pompen en zo snel mogelijk lozen. De Nederlandse waterbeheerders hebben gekozen voor een drietrapsstrategie, die uitgaat van het principe dat een overvloed aan water wordt opgevangen waar deze ontstaat. Dat betekent dat het water niet meer zo snel mogelijk wordt afgevoerd, maar zoveel mogelijk wordt vastgehouden in de 'haarvaten' van het watersysteem. Is vasthouden niet meer mogelijk, dan kan er sprake zijn van berging in gebieden die daarvoor zijn uitgekozen. Wanneer 'vasthouden' of 'bergen' niet mogelijk blijkt te zijn, wordt pas gekozen voor afvoeren. Voor de aanpak van oppervlaktewaterkwaliteit is deze volgorde: schoonhouden, scheiden en ten slotte zuiveren van waterstromen.

De gescheiden inzameling en behandeling van afvalwaterstromen past binnen de bovengenoemde aanpak. Het lokaal behandelen van grijswater en infiltratie hiervan met afgekoppeld hemelwater past binnen deze strategie. Dit zou tevens de verdroging en de dalende grondwaterstand waarvan sprake is in sommige stedelijke gebieden tegengaan.

VERMINDERING VAN DE VOORRADEN FOSFAAT EN KALIUM

De laatste vijf jaar wordt er vanuit de fosfaatproducerende industrie sterk aandacht gevraagd voor het opraken van de voorraden fosfaaterts. De verwachting is een uitputting van de voorraden op termijn van 50 tot 100 jaar. Onderzoek van o.a. STOWA vindt momenteel onder andere plaats naar terugwinning van fosfaat uit deelstromen afkomstig van de biologische defosfatering bij rioolwaterzuiveringsinstallaties. De mogelijkheid om nutriënten uit de stedelijke waterkringloop te winnen is in bijvoorbeeld Zweden één van de belangrijkste motieven voor de ontwikkeling van afvalwaterconcepten gebaseerd op brongerichte inzameling van stromen.

Voor kalium geldt in feite hetzelfde. Hoewel er op dit moment nog geen sprake is van schaarste is het wel een eindige grondstof.

ENERGIEBELEID

Een ander aandachtspunt dat raakvlakken heeft met gescheiden inzameling is de aandacht voor een energiebesparing, verminderde afhankelijkheid van fossiele brandstoffen en de reductie van de CO₂ emissie. De Nederlandse klimaatdoelstelling is om in de periode van 2008 tot 2012 een reductie van de emissie broeikasgassen met 6% ten opzichte van de uitstoot in 1990 te bewerkstelligen. Eén van de belangrijke aandachtsgebieden is de energiewinning uit biomassa¹³.

2.7 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Uit dit hoofdstuk wordt duidelijk dat de afvalwaterketen in Nederland op dit moment goed functioneert waar het zijn voornaamste functie, bescherming van de volksgezondheid, betreft. Ook de bescherming van oppervlaktewater en milieu door het voorkomen van ongezuiverde lozingen is over het algemeen goed te noemen, met uitzondering van de overstorten tijdens regenbuien.

De afvoer van overtollig hemelwater en grondwater uit stedelijk gebied is een nevenfunctie van het rioleringsstelsel. Deze waterafvoer staat momenteel sterk onder discussie vanwege de samenhang met de overstortproblematiek. Het beleidsuitgangspunt van VROM en van de rioleringssector is dat de riolering alleen bestemd is voor de afvoer van afvalwater. De vraag is in hoeverre dit op langere termijn realistisch is gezien de kosten en technische mogelijkheden van afkoppeling in stedelijk gebied en de belangrijke functie die het riool in veel gebieden heeft voor afvoer van grondwater.

Voor het komend decennium liggen er verschillende ontwikkelingen en aandachtspunten in de afvalwaterketen. Tabel 4 geeft hiervan een uitgebreider overzicht. De belangrijkste punten zijn:

- Renovatie van een belangrijk deel van het rioleringsstelsel;
- De vermindering van overstorten en de daarmee gepaard gaande puntlozingen tijdens regenbuien. Tegelijkertijd wordt een toename in de regenintensiteit verwacht vanwege klimaatverandering. De huidige middelen hiervoor zijn de afkoppeling van hemelwater, capaciteitsuitbreidingen en het bouwen van bergbezinkbassins;
- De vermindering van emissies uit rwzi's; de aandacht gaat met name uit naar het verder verminderen van de gehalten nutriënten en microverontreinigingen in rwzi-effluenten met het oog op de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water voor 2015. De exact benodigde maatregelen voor het halen van de Kaderrichtlijn zijn op dit moment nog niet bepaald.
- De lozing van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen via overstorten en rwzi-effluenten. Het onderzoek naar de effecten hiervan is in volle gang; vooralsnog zijn voor de verwijdering nauwelijks nog economisch haalbare technieken beschikbaar;
- De problematiek van het communaal zuiveringsslib;
- Het beheer van het rioleringsstelsel door gemeenten; in veel gemeenten is sprake van onvoldoende inzicht in het huidige stelsel en onvoldoende capaciteit en financiële middelen om het te beheren en benodigde renovaties en uitbreidingen te plegen;
- De sterk stijgende kosten voor rioleringszorg (5 tot 7,5% per jaar) en bij implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water ook de zuiveringskosten vanwege de toepassing van tertiaire zuiveringstechnieken (de geschatte kostenstijging bedraagt 15-20% van de huidige zuiveringskosten); De totale kostenstijging voor de afvalwaterketen (riolering en waterzuivering) bedraagt voor de komende tien jaar – gecorrigeerd voor inflatie – minimaal 25%.

Aanvullende aandachtspunten zijn te vinden in het streven naar duurzame technologische ontwikkeling waarbij efficiënt omgaan met grond- en afvalstoffen en vermindering van emissies sleutelbegrippen zijn. Stedelijk afvalwater wordt in onze samenleving vooral als afvalstof gezien. Vanuit het perspectief van duurzame ontwikkeling zijn met name terugwinning van fosfaat uit stedelijk afvalwater (met het oog op dalende voorraden), opwekking van 'groene' energie uit slib en organisch afval (met het oog op reductie van de CO₂-uitstoot) en het gebruik van gezuiverd afvalwater voor natuurontwikkeling en lokale verdrogingbestrijding punten die sterke raakvlakken hebben met de afvalwaterketen.

In hoofdstuk 3 en 4 wordt ingegaan op de mogelijkheden die afvalwaterconcepten gebaseerd op gescheiden inzameling en behandeling van stromen bieden om belangrijke knelpunten in de afvalwaterketen op te lossen.

TABEL 4 OVERZICHT VAN ONTWIKKELINGEN EN AANDACHTSPUNTEN IN DE AFVALWATERKETEN VOOR DE KOMENDE DECENNIA

Riolering	Renovatie rioleringsstelsel Vermindering riooloverstorten Onvoldoende capaciteit voor rioolbeheer bij veel gemeentes Afkoppeling hemelwater Aandacht voor functie als drainagesysteem Sterk stijgende kosten
Rwz's	Terugdringen emissies nutriënten / prioritare stoffen met oog op EKW Emissies van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen Terugdringen hoeveelheid zuiveringslib Stijgende kosten
Waterketen / duurzame ontwikkeling	Vasthouden, bergen, afvoeren Verdrogingsbestrijding Opraken fosforreserves Vermindering afhankelijkheid fossiele brandstoffen en reductie van de CO ₂ uitstoot

3

AFVALWATERKETENS GEBASEERD OP GESCHEIDEN INZAMELING VAN STROMEN

3.1 INLEIDING

Op verschillende plaatsen in Europa worden initiatieven genomen gericht op de ontwikkeling van nieuwe concepten voor afvalwaterinzameling en -behandeling. Deze concepten zijn gebaseerd op de gescheiden inzameling en behandeling van stromen uit het huishouden. Het uiteindelijke doel van deze initiatieven is een efficiënter systeem voor de afvalwaterketen te ontwikkelen dat voldoet aan de doelen en randvoorwaarden van het huidige systeem terwijl het tegelijkertijd oplossingen genereert voor knelpunten.

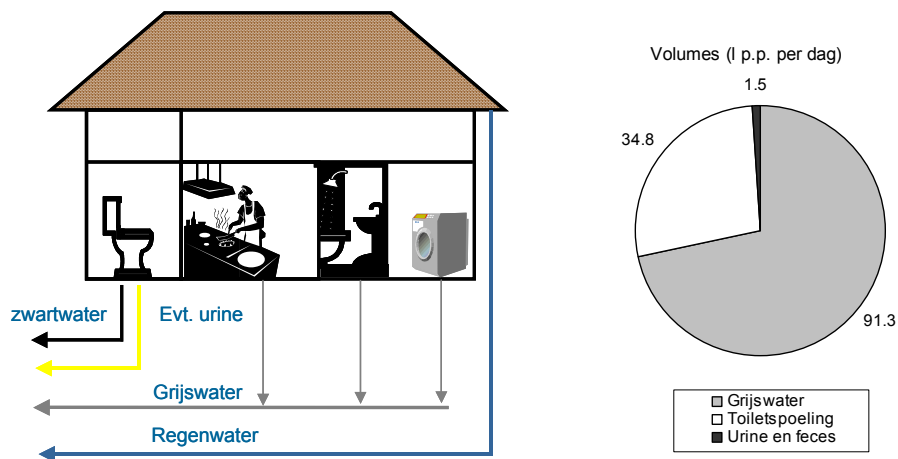
Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de stand van zaken van deze aanpak. In paragraaf 3.2 wordt allereerst een algemeen beeld geschetst van de toepassing van een brongerichte aanpak in de afvalwaterketen. Vervolgens wordt in de paragrafen 3.3 tot en met 3.5 ingegaan op de verschillende technische mogelijkheden die er zijn om afvalwater gescheiden in te zamelen en te behandelen.

3.2 EEN BRONGERICHTE AANPAK IN DE AFVALWATERKETEN

In huishoudens komen geconcentreerde en minder geconcentreerde afvalwaterstromen vrij. Een onderscheid wordt over het algemeen gemaakt naar zwart water (urine en faeces) en grijs water afkomstig van bad, douche, wasmachine en keuken (figuur 4). In het huidige inzamelingssysteem worden deze afvalwaterstromen gemengd afgevoerd. Meestal wordt ook hemelwater via de riolering afgevoerd.

De verschillende huishoudelijke stromen verschillen aanzienlijk in concentratie en samenstelling. De grootste bron van nutriënten in stedelijk afvalwater is menselijke urine, zoals wordt weergegeven in figuur 3. Urine bevat ongeveer 80% van de totale hoeveelheid stikstof (N), 50% van het fosfaat (P) en 70% van het kalium (K) in stedelijk afvalwater. In combinatie met faeces vormt urine een zeer geconcentreerde stroom aan zwart water die ongeveer anderhalve liter per persoon per dag bedraagt. In de riolering wordt deze stroom verdund met een toiletspoelwater (gemiddeld 35 liter per dag) en relatief licht vervuild grijs afvalwater afkomstig van keuken, wasmachine en badkamer (gemiddeld 90 liter per dag). De afgevoerde hoeveelheid hemelwater varieert per jaar en per locatie maar bedraagt indicatief circa 100 liter per persoon per dag.

FIGUUR 4

VERSCHILLENDE HUISHOUDELIJKE AFVALWATERSTROMEN EN HUN OMVANG (NIPO/VEWIN, 2001^{1,4})

Vanwege het verschil in concentratie en samenstelling is het vanuit procestechnologisch perspectief logisch om zwart en grijs water apart te behandelen. De gescheiden inzameling en behandeling van urine is ook een mogelijkheid. Een brongerichte aanpak waarbij afvalwaterstromen op huishoudniveau gescheiden ingezameld worden kan dan ook leiden tot een doelmatiger aanpak. Bovendien sluit het aan bij de prioriteitstelling van het afvalstoffenbeleid volgens de Ladder van Lansink: preventie, hergebruik en nuttige toepassing, verbranden, storten.

Recente ontwikkelingen, zowel op het gebied van afvalwatertransport als op het gebied van afvalwaterzuivering, bieden een groeiend aantal technische mogelijkheden voor de gescheiden behandeling van stedelijk afvalwater. Voorbeelden hiervan zijn de toenemende kennis op het gebied van vacuümtransporttechnologie, de ontwikkeling van sterk waterbesparende toiletsystemen, verbeteringen in anaërobe reactortechnologie om zwart water te behandelen, membraanbioreactoren om grijs water te behandelen en de ontwikkeling van innovatieve technieken voor stikstofverwijdering uit urine of zwart water (SHARON, Anammox en Canon).

Overigens wordt hierbij opgemerkt dat het schaalniveau waarop de verschillende stromen behandeld worden (centraal, semi-centraal of decentraal) een afgeleide is van de systeemkeuze. Door het toepassen van andere technieken ontstaan andere optima ten aanzien van transport en behandeling. Dit geldt zeker als ook het hergebruik van nutriëntenhoudende restproducten in de landbouw of gebruik van biogas als energiebron wordt meegenomen. Verschillende studies wijzen uit dat voor kosteneffectieve toepassing van nieuwe systemen gedacht moet worden aan schaalgroottes vanaf 2000 tot 5000 aangesloten personen.

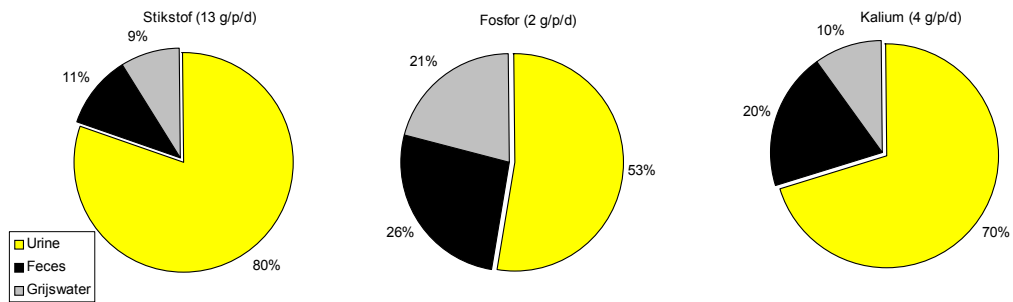
Het uitgangspunt van de ontwikkeling van nieuwe systemen is dat deze aan de doelen en randvoorwaarden van het huidige systeem voldoen en waarin huidige knelpunten waar mogelijk worden opgelost.

Uit de resultaten van het lopend onderzoek en de brede inventarisatie van lopende projecten in Europa zijn de volgende (onderdelen van) afvalwatersystemen gebaseerd op scheiding van stromen naar voren gekomen:

- Gescheiden inzameling van zwartwater en organisch keukenafval
- No Mix technologie (inzameling van urine)
- Lokale behandeling en hergebruik van grijswater

Deze concepten worden in de paragrafen 3.3, 3.4 en 3.5 verder uitgewerkt.

FIGUUR 5

HERKOMST VAN MINERALEN IN STEDELIJK AFVALWATER¹⁵

3.3 GESCHIEDEN INZAMELING VAN ZWARTWATER EN ORGANISCH KEUKENAFVAL

INLEIDING

Hoewel menselijke afvalstoffen slechts 1 tot 2 volumepercent van de totale afvalstroom be- dragen, is het overgrote deel van de nutriënten, menselijke pathogenen, medicijnenresten en hormoonverstorende stoffen in stedelijk afvalwater eruit afkomstig. Door zwart water gescheiden in te zamelen en veel minder of geen spoelwater te gebruiken in het toilet, blijven nutriënten en farmaceutische reststoffen geconcentreerd. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid tot efficiënte verwerking, energiewinning en mogelijk hergebruik van meststoffen.

Zwart water (toiletafvalwater) is verhoudingsgewijs een kleine afvalwaterstroom (ongeveer 1,5 liter per persoon per dag). In geconcentreerde vorm is zwart water een potentiële meststof die van oudsher als zodanig wordt erkend. Daarnaast vertegenwoordigt de organische stof in zwart water een bepaalde hoeveelheid energie die bijvoorbeeld door vergisting in combina- tie met organisch keukenafval kan worden gewonnen in de vorm van methaangas.

Gescheiden inzameling en behandeling van zwart water kan leiden tot de productie van schoner slib in vergelijking met de productie van zuiveringslib. Het oorspronkelijk materiaal (faeces) bevat relatief weinig zware metalen, maar wordt in de riolering vermengd met an- dere stromen die zwarte metalen bevatten. Dit kunnen industriële lozingen zijn, maar ook afspoelwater van weg en en daken. Daarnaast kan grijswater een aanzienlijke vracht metalen bevatten.

In een gewoon toilet (water closet) wordt zwart water verdund met 6 tot 9 liter spoelwater per spoeling. Dit gebeurt om het toilet schoon te spoelen, maar ook om transport in vrijverval- riolering mogelijk te maken. Om te komen tot efficiënte behandeling van zwart water wordt minimalisering van het spoelwaterverbruik over het algemeen als een randvoorwaarde be- schouwd¹⁶. Hiervoor kunnen speciale toiletten zoals vacuümtoiletten, 'low flush' toiletten of composteringstoiletten worden toegepast. Een voordeel is dat hiermee aanzienlijk in het drinkwatergebruik bespaard kan worden. Een nadeel van een laag spoelwaterverbruik is dat gravitair afvalwatertransport vooralsnog niet mogelijk lijkt; 6 liter per spoeling wordt in NEN 3215 als minimum beschouwd voor transport in afvoerleidingen in het huis¹⁷. Toepassing van drukgebaseerd transport zoals bijvoorbeeld met vacuümriolering of met een persleiding is daarom noodzakelijk.

AFVALWATERCONCEPTEN

Er zijn verschillende concepten voor de gescheiden inzameling en behandeling van zwart water. In Duitsland zijn een aantal voorbeelden waar composteringstoiletten worden toegepast. Het ingezamelde materiaal wordt op huis- of gebouwschaal gecomposteerd. Ook zijn er enkele voorbeelden waarbij spoeltoiletten met een zeer laag waterverbruik worden toegepast. Voor een uitgebreidere beschrijving wordt verwezen naar een overzicht van voorbeelden in Nederland, Duitsland en Zweden dat binnenkort wordt gepubliceerd (Mels en Zeeman, 2004¹⁸). Beide type systemen hebben tot dusver nog enkele nadelen en worden daarom niet besproken in dit rapport¹⁹.

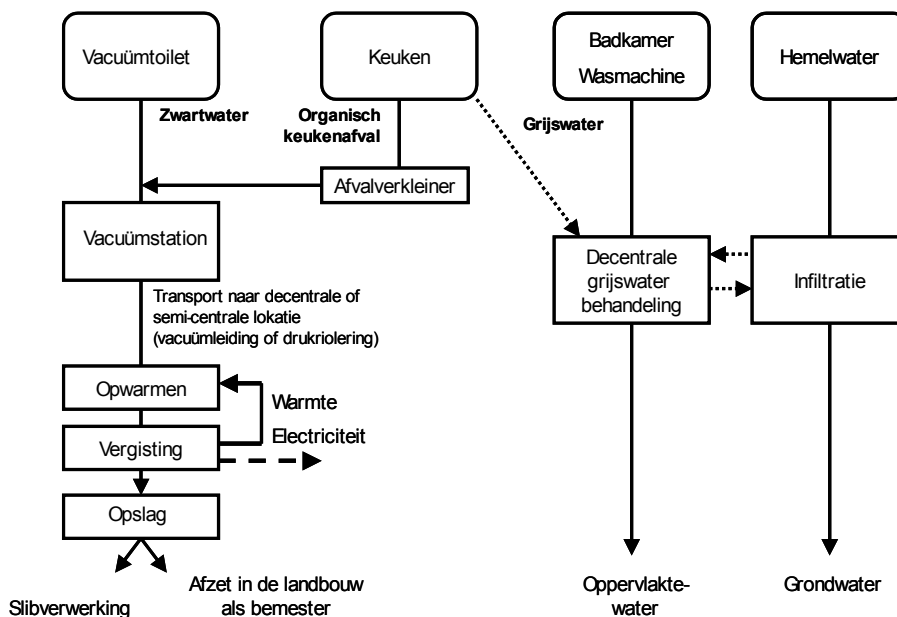
In figuur 4 wordt een systeem weergegeven waarin zwartwater gescheiden wordt ingezameld met vacuümtoiletten. Het uitgangspunt van de ontwikkeling van het systeem is dat deze aan de doelen en randvoorwaarden van het huidige systeem voldoet en waar mogelijk huidige knelpunten worden opgelost.

In de huizen zijn vacuümtoiletten geïnstalleerd die het zwart water middels vacuümriolering afvoeren naar een vacuümstation. Organisch keukenafval wordt met behulp van een afvalverkleiner in het aanrecht vermalen en afgevoerd via de dezelfde vacuümriolering (systeem is in ontwikkeling). Het ingezameld zwart water kan vervolgens worden vergist. Dit kan op wijk-schaal (decentraal) of – na transport via drukriolering of vacuümriolering – op centrale schaal. Het restproduct (slib) kan potentieel direct of indirect worden afgezet als bemester in de landbouw als het aan de normen van het BOOM-besluit kan voldoen of worden behandeld als slib.

Het grijswater dat vrijkomt in de badkamer, van wastafels en van de wasmachine wordt op wijk-schaal behandeld en samen met regenwater geïnfiltreerd of geloosd op lokaal oppervlaktewater. Ook afvalwater van de afwasmachine uit de keuken kan ingevoerd worden in deze grijswaterbehandeling, maar zou ook, gezien de relatief hoge concentratie, samen met het organisch afval in de zwartwaterafvoer ingevoerd kunnen worden.

FIGUUR 6

AFVALWATERCONCEPT GEBASEERD OP GESCHIEDEN INZAMELING EN DECENTRALE OF (SEMI-)CENTRALE VERGISTING VAN ZWARTWATER EN ORGANISCH KEUKENAFVAL. GRIJSWATER WORDT OP WIJKSCHAAL BEHANDELD EN WORDT SAMEN MET REGENWATER GEÏNFIETREERD OF GELOOSD OP LOKAAL OPPERVLAKTEWATER.

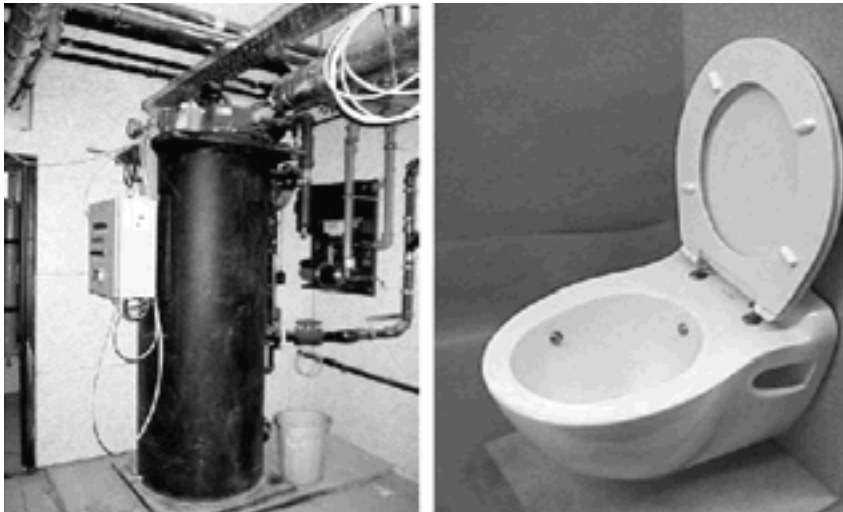


In de volgende paragrafen wordt een overzicht gegeven van de verschillende onderdelen van dit concept. De lokale behandeling van grijs water wordt in paragraaf 3.4 beschreven.

VACUÛMTOILETTEN

Vacuümtoiletten zijn gebaseerd op afvoer via lucht. Door het aanleggen van een onderdruk (0,5-0,6 bar) en het openen van een klep tijdens de spoeling wordt de inhoud van het toilet verwijderd. Tijdens het legen stroomt een geringe hoeveelheid water toe (0,5 tot 2 liter per spoeling) om daarmee het toilet te reinigen. Vacuümtoiletten worden veel toegepast op schepen en in treinen vanwege de geringe waterbehoefte die leidt tot een lage afvalwaterproductie. Er zijn ook veel ziekenhuizen die vacuümtoiletten toepassen op afdelingen waar patiënten behandeld worden met contrastvloeistoffen of andere potentieel milieugevaarlijke stoffen om hiermee de benodigde opslagvolumina te minimaliseren en de verwerking eenvoudiger te maken.

FIGUUR 7. VACUÛMPOMPSTATION EN VACUÛMTOILET (PANESAR EN LANGE, 2003²⁰)

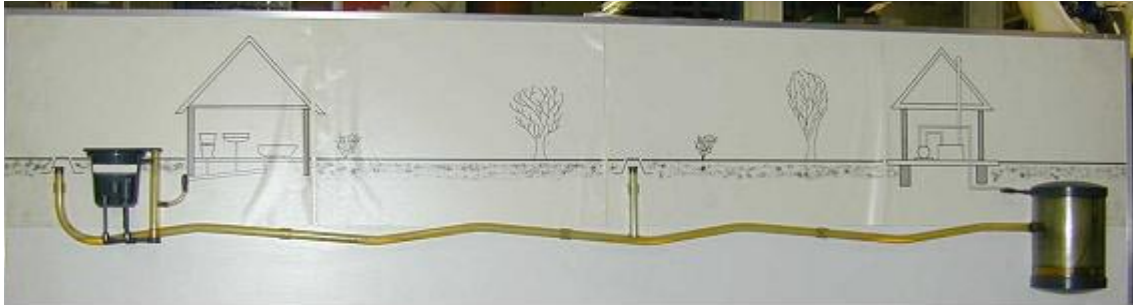


VACUÛMTRANSPORT

Vacuümtransportsystemen werden ontwikkeld in de tweede helft van de 19^e eeuw en hebben een lange ontwikkelingsgeschiedenis. Het zijn veel toegepaste systemen voor gemengd afvalwater in gebieden met zachte bodem, zoals veengebieden. Vacuümtransport is in dergelijke gevallen technisch geschikter dan vrijval- of persdrukriolering. Het systeem is gebaseerd op flexibele 'zigzag' pijpen die 80-100 cm onder de grond liggen en een diameter van 80 tot 100 mm hebben. De onderdruk wordt in stand gehouden door pompen die om de 2-3 km geïnstalleerd worden waardoor ook transport over langere afstanden kan plaatsvinden. De zigzag-structuur is zo ontworpen dat er water in de laagst gelegen stukken blijft staan, waardoor voorkomen wordt dat het systeem bij lage waterafvoer onnodig veel energie gebruikt om de onderdruk in stand te houden.

FIGUUR 8

SCHAALMODEL VAN EEN VACUÛMTRANSPORTSISTEEM VOOR ZWART AFVALWATER OP WIJKSCHAAL



GEcombineerde AFvoer VAN ORGANISCH KEUKENAFVAL MET ZWART WATER

De vacuüminzameling van zwart water kan gecombineerd worden met de inzameling van keukenafval. Keukenafval wordt gedefinieerd als de resten die ontstaan bij de bereiding van voedsel en de restanten van maaltijden. De hoeveelheid keukenafval bedraagt naar schatting ca. 75 tot 215 g per persoon per dag²¹. Combinatie met afvoer van het organisch deel van het huishoudelijk afval levert een stuk extra gebruiksgemak en levert bovendien een besparing op door het gedeeltelijk opheffen van het GFT-ophaalsysteem²². Bovendien leidt het in de vergister tot een hogere biogasproductie.

Voor de inzameling van keukenafval wordt in de afvoer van het aanrecht een voedselrestenvermaler geïnstalleerd en aangesloten op de vacuümrilering. Het organisch afval wordt hierbij samen met het keukenwater afgevoerd. Het waterverbruik van deze systemen ligt rond de 1,1 tot 4,5 liter per persoon per dag en het energieverbruik rond 1,5 – 6,5 kWh per persoon per jaar. Onderzoek door de Sectie Consumentenwetenschappen van Wageningen Universiteit en het bedrijf Roediger heeft laten zien dat de aansluiting van voedselrestenvermalers op vacuümrilering mogelijk is. Minimalisering van waterverbruik is een belangrijk punt van onderzoek. Afvalverkleiners (vermogen 0,4 tot 0,55 kW) worden veel gebruikt in de Verenigde Staten waarbij het organisch afval via de riolering wordt afgevoerd. In Nederland is dit niet toegestaan vanwege de extra energievraag op rwzi's, maar in combinatie met separate inzameling en anaërobe verwerking van zwart water lijkt dit mogelijk en energetisch aantrekkelijk.

FIGUUR 9

VERKLEINER VOOR ORGANISCH KEUKENAFVAL (FOTO: INSINKERATOR) MET AANSLUITING OP EEN VACUÛMRIOLERINGSSYSTEEM (FOTO: ROEDIGER)



VERGISTING EN KWALITEIT VAN HET EINDPRODUCT

Door de Sectie Milieutechnologie van Wageningen Universiteit is binnen het DESAH-programma onderzoek gedaan naar de vergisting van het zwarte water afkomstig van de vacuümtoiletten. Het doel van het onderzoek was het ontwikkelen en testen van verschillende reactoren voor de anaërobe verwerking van (zeer geconcentreerd) zwart water en/of bruin water en het evalueren van de kwaliteit van het eindproduct met het oog op landbouwkundige toepassing als meststof. Hierbij is ook de combinatie met organisch keukenafval onderzocht. In de volgende paragrafen worden de belangrijkste resultaten weergegeven, voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar het eindrapport van dit onderzoek²³.

In tabel 5 is de hoeveelheid en samenstelling van het zwart water exclusief en inclusief keukenafval, zoals gevonden tijdens het onderzoek.

TABEL 5 GEMETEN HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING (GEMIDDELTE PER PERSOON PER DAG) VAN ZWART WATER AFKOMSTIG VAN VACUÛMTOILETTEN, EXCLUSIEF EN INCLUSIEF ORGANISCH KEUKENAFVAL¹

Type influent	Eenheid	Zwart water zonder keukenafval	Zwart water met keukenafval
Hoeveelheid	l/p/d	7,0	5,3 - 7,5
CZV	g/l	9,5 - 12,3	13,3 - 22,9
Gesuspendeerd CZV	g/l	7,0 - 9,6	10,3 - 17,1
Totaal stikstof	gN/l	1,0 - 1,4	1,2 - 1,7
Totaal fosfor	gP/l	0,09 - 0,14	0,11 - 0,21

¹ Hierbij is uitgegaan van 200 g keukenafval per persoon per dag

Het zwart water werd vergist bij temperaturen van 15, 20 en 25 °C in twee typen systemen, de UASB septic tank en de accumulatievergister (zie figuur 10). De gemiddelde afbraak van organische stof tijdens het vergistingsproces was in beide systemen meer dan 50%. De maximale omzetting die gemeten werd binnen dit onderzoek bedroeg 58%, in het accumulatiesysteem bedreven bij 20 °C.

Per persoon kan voor een mengsel van zwart water en keukenafval ongeveer 30 liter methaan per dag geproduceerd te worden (11,0 m³ op jaarbasis). De afbraak was afhankelijk van de procestemperatuur en de verblijftijd. In tabel 6 is berekend dat de energie die hiermee opgewekt kan worden ongeveer 1,1% van het totaal huishoudelijk verbruik bedraagt.

TABEL 6 GEMETEN HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING (GEMIDDELTE PER PERSOON PER DAG) VAN ZWART WATER AFKOMSTIG VAN VACUÛMTOILETTEN, EXCLUSIEF EN INCLUSIEF ORGANISCH KEUKENAFVAL

Lokale energieopwekking en besparing			Energiebalans	
Biogas opwekking	11,0	m ³ CH ₄ per jaar	393	MJ/jaar
Energieverbruik vacuümtransport ¹	-26,6	kWh/jaar	- 95,8	MJ/jaar
Energieverbruik afvalvermalers	-5	kWh/jaar	- 18,0	MJ/jaar
Energiebesparing rwzi ²	24	kWh/jaar	86,4	MJ/jaar
Totale energie opwekking + besparing per inwoner			366	MJ/jaar
Totale energie opwekking + besparing per huishouden van 2,3 personen			842	MJ/jaar
Energiegebruik per huishouden in 2002				
Aardgas ³	1.760	m ³ CH ₄ per jaar	63.008	MJ/jaar
Electriciteit ³	3.400	kWh/jaar	12.240	MJ/jaar
Totaal energieverbruik per huishouden in 2002			75.248	MJ/jaar

Bronnen: ¹ praktijktoepassingen in Duitsland: Flintenbreite en Kugelantiriff; ² CBS,2002;

³ ECN (<http://www.energie.nl/index2.html?stat/trends024.html>)

De kwaliteit van het vergist materiaal is onder andere geëvalueerd op basis van de concentraties van de metalen koper, chroom, zink, lood, cadmium en nikkel en op basis van de aanwezige pathogenen na vergisting. In tabel 6 worden de resultaten van het metalenonderzoek weergegeven in relatie tot de toegestane gehalten voor het gebruik als meststof in de landbouw volgens het Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen (BOOM-besluit) (VROM, 1991). Hierbij is ook een vergelijking gemaakt met de kwaliteit van zuiverings-slib dat vrijkomt bij conventionele rioolwaterzuiveringsinstallaties. De tabel laat zien dat voor koper en zink voor beide systemen nog te hoge concentraties worden gevonden. Duidelijk wordt echter ook dat het slib van beide systemen significant lagere concentraties heeft dan zuiverings-slib.

TABEL 7 CONCENTRATIES VAN ZWARE METALEN IN HET SLIB VAN DE VERGISTINGSSYSTEMEN EN COMMUNAAL ZUIVERINGSSLIB EN MAXIMALE GEHALTEN BIJ GEBRUIK VAN SLIB ALS MESTSTOF VOLGENS HET BOOM BESLUIT

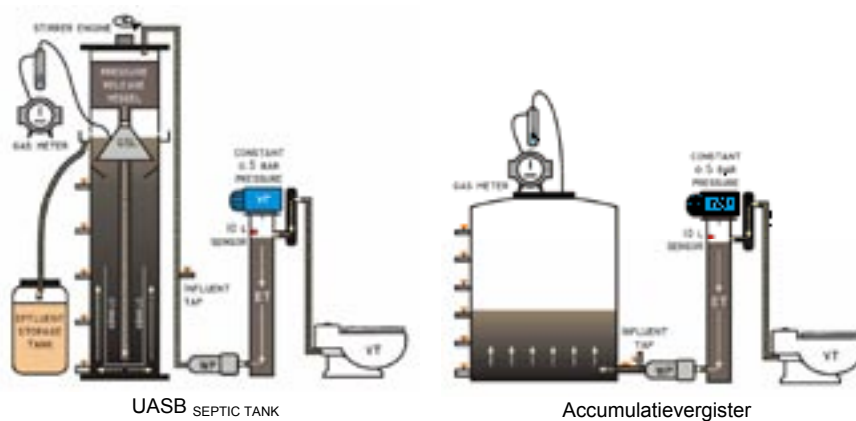
Metaal	BOOM-norm (gehalte ten hoogste, in mg/kg d.s.) ¹	Slib UASB septic tank (mg/kg d.s.)	Slib AC systeem ² (mg/kg d.s.)	Communaal zuiverings-slib Praktijkgemiddelde en spreiding (mg/kg d.s.)
Koper	75	74 - 77	67 - 123	424 (100 - 800)
Chroom	75	3 - 9	6 - 9	66 (30 - 500)
Zink	300	335 - 755	372 - 545	1094 (500-3000)
Lood	100	2 - 9	16 - 35	206 (250 - 800)
Cadmium	1,25	0,4 - 1,0	0,6 - 1,0	3,8 (2 - 20)
Nikkel	30	6 - 10	10 - 11	36 (20 - 150)
Kwik	0,75			1,9
Arseen	25			7,3 (1 - 20)
	VROM, 1991	Kujawa et al, 2004	Kujawa et al, 2004	NVA Slibcommissie, 1994

¹ het organisch gehalte dient tenminste 50 % van de droge stof te bedragen of de zuurbindende waarde moet tenminste 25 zijn op d.s. basis

² de accumulatievergisters waren geënt met rwzi slib waardoor waarschijnlijk een relatief hoge metalenconcentratie in het slib aanwezig was bij het opstarten van de reactoren

FIGUUR 10

PROCESSHEMA'S VAN DE GEBRUIKTE SYSTEMEN VOOR VERGISTING VAN ZWART WATER; LINKS UASB SEPTIC TANK, RECHTS ACCUMULATIEVERGISTER



ENKELE VOORBEELDEN UIT DE PRAKTIJK

De gedachte om zwartwater (afvalwater van het toilet; excreta) apart in te zamelen is niet nieuw. Een interessant voorbeeld is de ontwikkeling van de pneumatische afvoer van zwartwater aan het einde van de 19^e eeuw door de Nederlander Charles Liernur (1828 – 1893). Eén van de belangrijke doelstellingen van het stelsel van Liernur was het behoud van meststoffen voor de landbouw²⁴. De menselijke meststoffen moesten zonder overlast of nadeel voor de bevolking zo snel mogelijk onverdund op het land worden gebracht. Om dit te bereiken ontwierp Liernur een leidingsstelsel waarin zwartwater via ondergrondse ijzeren buizen door het toepassen van luchtdruk in verzamelreservoirs werd opvangen. Het stelsel werd 's nachts door middel van vacuüm leeggezogen. De onderdruk werd opgewekt door een locomobiel. In tien minuten kon het afvalwater van 400-500 mensen in 60-80 huizen worden verzameld. Per nacht van acht uur kon het zwartwater van 12.000-15.000 mensen door een locomobiel en drie tankwagens worden ingezameld. Het Liernur systeem heeft gedurende meer dan 25 jaar op kleine schaal goed gefunctioneerd in Leiden, Dordrecht, Amsterdam, Luxemburg, Praag en St. Petersburg. De verkoop van de meststoffen, hetzij direct hetzij na bewerking als poudrette (ingedampt residu) of als zwavelzure ammoniak, maakte het systeem economisch rendabel. In Amsterdam was de exploitatie zelfs gedurende lange tijd winstgevend en was uitbesteed aan een lokale fabrikant.

FIGUUR 11.

INSTALLATIE VAN HET LIERNUR SYSTEEM IN AMSTERDAM



Een interessant voorbeeld van de toepassing van gescheiden inzameling en behandeling van zwart en grijs water is te vinden in de Duitse stad Lübeck aan de Oostzee. In een wijk genaamd Flintenbreite zijn 117 woningen gebouwd met gescheiden inzameling van zwart- en grijsafvalwater. Voor de inzameling van zwartwater zijn vacuümtoiletten geïnstalleerd. Deze vacuümtoiletten gebruiken 0,7 liter water per spoeling waardoor 20% minder drinkwater wordt gebruikt in vergelijking met het gemiddeld verbruik in Duitsland. Het geconcentreerde zwartwater wordt via een vacuümrioleringsstelsel afgevoerd naar een vergistingsinstallatie in een centraal gelegen wijkgebouw. Het geproduceerde biogas wordt aangevuld met aardgas en gebruikt in een WKK-installatie voor wijkverwarming en lokale elektriciteitsopwekking. Na vergisting wordt het zwartwater met tankwagens afgevoerd naar een dicht bijzijnde zuiveringsinstallatie. Het is de bedoeling dat dit op termijn wordt afgezet in de landbouw.²⁵ Grijswater wordt apart afgevoerd en lokaal behandeld in helofietenfilters en vervolgens geloosd op een nabijgelegen beek. Het hemelwater wordt geïnfiltreerd in de bodem via wadi's.

FIGUUR 12 GEScheiden INZAMELING VAN ZWART WATER IN DE DUITSE STAD LÜBECK; LINKS: CENTRAAL GELEGEN WIJKGEBOUW MET VERGISTINGSRUIMTE IN DE KELDER; RECHTS: VACUÛMINZAMELINGSTATION VOOR DE WIJK



3.4 NO MIX TECHNOLOGIE

INLEIDING

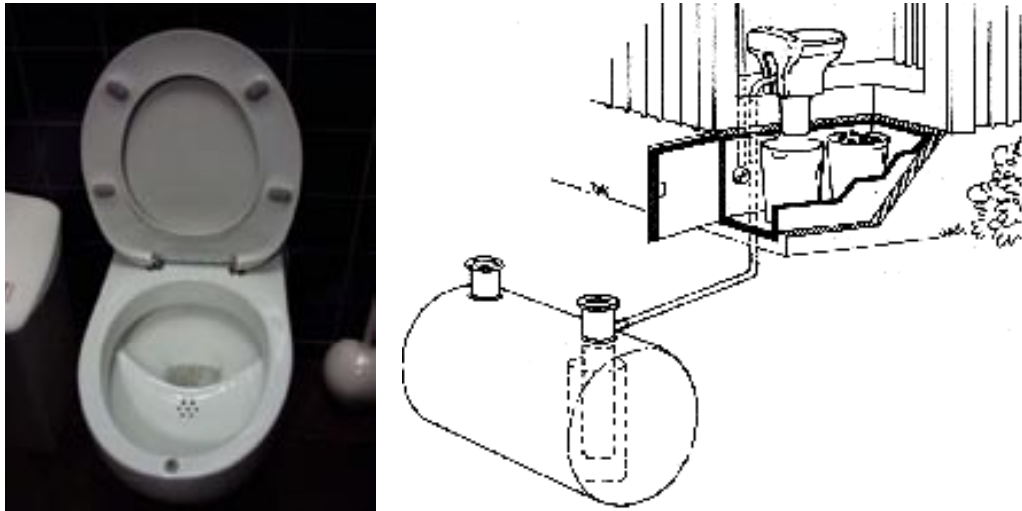
De grootste bron van nutriënten in stedelijk afvalwater is menselijke urine. Urine bevat ongeveer 80% van de totale hoeveelheid stikstof (N), 50% van het fosfaat (P) en 70% van het kalium (K) in stedelijk afvalwater. Deze stroom omvat ongeveer 1 tot 2 liter per persoon per dag of ongeveer 1% van de totale hoeveelheid stedelijk afvalwater. Urine bevat een relatief geringe hoeveelheid organische stoffen. Wel kan urine medicijnresten en microverontreinigingen bevatten die via de nieren worden uitgescheiden.

Urine kan apart worden opgevangen door de toepassing van urinescheidende toiletten of urinoirs. Urinescheidende of 'No Mix' toiletten hebben een speciale afvoer voor gescheiden inzameling aan de voorkant van het toilet. De separaat ingezamelde urine wordt tijdelijk op gebouw- of wijkniveau opgeslagen in speciale tanks. Vervolgens kan transport per as of een speciaal stelsel naar een centrale plaats voor direct hergebruik of voor verwerking worden gebracht. Tijdens de urinespoeling wordt relatief weinig water verbruikt om te komen tot geconcentreerde opslag. Het waterverbruik van No Mix toiletten is daarmee lager dan van conventionele toiletten (5-16 liter per persoon per dag). Er zijn verschillende typen No Mix toiletten die verschillen in ontwerp en werking van het systeem (zie ook het overzicht in het STOWA-rapport 2001-39).

Door urine apart en geconcentreerd in te zamelen ontstaan mogelijkheden voor efficiënt hergebruik als bemester. De menselijke nieren functioneren als een omgekeerd-osmose-systeem waardoor urine over het algemeen steriel is en geen pathogenen bevat. De mineralen in urine vertegenwoordigen omgerekend naar de equivalente hoeveelheid kunstmest een economische waarde van 3 tot 4 euro per persoon per jaar.

FIGUUR 13

NO MIX TOILET IN HET WATERMUSEUM IN ARNHEM (ROEDIGER) EN TIJDELIJKE OPVANG IN SEPARATE TANK (JENSSEN, 1996)



NO MIX TECHNOLOGIE IN COMBINATIE MET AFVOER VAN HET OVERIG AFVALWATER VIA DE BESTAANDE RIOLERING

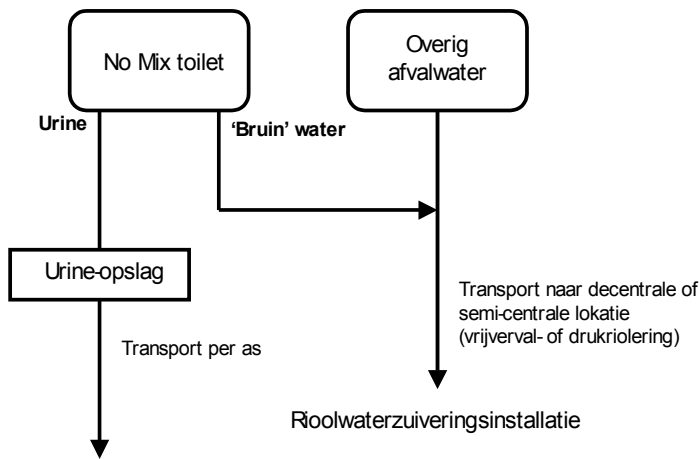
No Mix toiletten kunnen relatief eenvoudig worden toegepast in de bestaande infrastructuur. Hierbij kan het overig afvalwater van het toilet ('bruin' water) samen met grijswater afgevoerd worden via de riolering. Figuur 12 geeft hiervan een schema. De mogelijkheden voor afzet van de urine worden in paragraaf 5.4 besproken.

Centrale rioolwaterzuiveringsinstallaties kunnen door vermindering van de stikstofbelasting aanzienlijk kleiner worden gedimensioneerd. Een noodzakelijke uitbreiding van een bestaande rwzi kan door toepassing van No Mix technologie in nieuwe wijken of kantoorgebouwen potentieel worden vermeden. Tevens daalt de energiebehoefte voor de zuivering van het influent per inwoner equivalent zoals blijkt uit studies van de TU Delft.²⁶ De huidige energiebehoefte van zuiveringsinstallaties is 6 W per persoon. Door afscheiding van 50-75% van de urine is een energieproductie van circa 1,5 W per persoon mogelijk. Daarnaast wijzen berekeningen uit dat rwzi's bij vergaande afkoppeling van urine (75%) zonder aanvullende maatregelen aan de MTR-eisen voor N en P voldoen.

Een ander potentieel pluspunt van de gescheiden inzameling van urine voor bestaande en nieuwe rwzi's is een vermindering van de belasting met medicijnresten en hormoonverstorende stoffen. De meeste van deze stoffen verlaten het menselijk lichaam via de nieren. Dit vormt tegelijkertijd een aandachtspunt bij gescheiden verwerking en hergebruik, omdat deze stoffen in een aanzienlijk geconcentreerdere vorm terug te vinden zijn in de urine.

FIGUUR 14

NO MIX TECHNOLOGIE IN COMBINATIE MET AFVOER VAN HET OVERIG AFVALWATER VIA DE BESTAANDE RIOLERING



Gebruik als meststof (na 6 mnd opslag)

Verwerking via proces TU Delft (struvietkristallisatie en CANON)

Gebruik als toeslagstof bij compostering

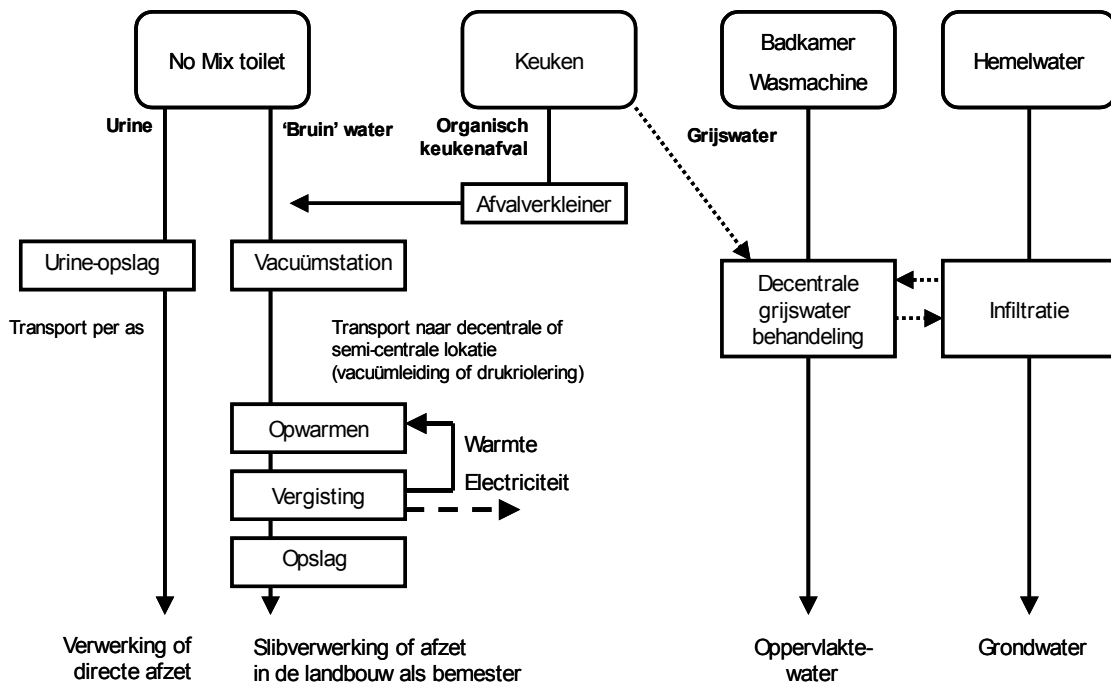
Gebruik in industriële waterzuivering

NO MIX TECHNOLOGIE IN COMBINATIE MET GESCEIDEN BEHANDELING VAN ZWART WATER

De toepassing van scheidingstoiletten kan ook gecombineerd worden met gescheiden inzameling van de overige stromen, zoals weergegeven in figuur 13. Hierbij wordt het overige afvalwater van het toilet ('bruin' water) op decentrale of semi-centrale schaal vergist. Deze toepassing vertoont veel overeenkomsten met het concept dat in hoofdstuk 4 al is besproken. Hierbij wordt vermeld dat in Duitsland ook verschillende onderzoeken naar de compostering van het bruine water worden uitgevoerd.

FIGUUR 15

NO MIX TECHNOLOGIE IN COMBINATIE MET AFVOER VAN HET OVERIG AFVALWATER VIA DE BESTAANDE RIOLERING



AFZET VAN PRODUCTEN

Urine kan gebruikt worden als meststof in de landbouw. In Zweden wordt dit in verschillende projecten toegepast. Uit onderzoek van de Universiteit van Upsala blijkt dat door onvolledige scheiding sporen van faeces in de urine aanwezig kunnen zijn. Hun onderzoek wijst ook uit dat opslag van de urine gedurende 6 maanden voldoende ontsmetting geeft voor landbouwkundig gebruik. Tijdens de opslag stijgt de pH door hydrolyse van ureum naar ongeveer 9 en worden aanwezige ziektekiemen gedood²⁷. Het Zweeds onderzoek laat ook zien dat urine in vergelijking met kunstmest en dierlijke meststoffen aanzienlijk lagere concentraties aan zware metalen per gram nutriënten bevat.

Planten nemen stikstof voornamelijk in de vorm van nitraat op, terwijl de stikstof in urine voornamelijk als ammonium aanwezig is. Een mogelijkheid om de kwaliteit van urine als bemester te verbeteren is behandeling in een aërobe bioreactor waarbij het ammonium gedeeltelijk wordt genitrificeerd. Het Zwitserse onderzoeksinstituut EAWAG heeft een dat door toepassing van een *moving bed biofilm reactor* een 1:1 ammonium nitrate oplossing geproduceerd kan worden die erg geschikt is voor landbouwkundige toepassingen²⁸.

Een aandachtspunt bij hergebruik van urine vormt de aanwezigheid van medicijnresten en microverontreinigingen die via de nieren worden uitgescheiden. Op dit moment is zeer weinig bekend over de eventuele risico's hiervan bij landbouwkundig gebruik. Er is aangetoond dat de meeste van deze stoffen biologisch afgebroken kunnen worden, zij het zeer langzaam. Deskundigen veronderstellen dat door de lange verblijftijd in de bodem deze stoffen afgebroken zullen worden²⁹. Opname door planten is onwaarschijnlijk; plantwortels vormen een effectieve (osmotische) barrière tegen grotere moleculen.

EAWAG onderzoekt momenteel de mogelijkheden voor verwijdering van medicijnstoffen en hormoonresten uit urine. Ozonbehandeling is in principe geschikt, terwijl ook omgekeerde osmose en biologische behandeling mogelijkheden lijken te bieden³⁰.

Ook kan gedacht worden aan indirect hergebruik door nutriëntenwinning uit urine. TU Delft heeft binnen het DESAR programma een concept ontwikkeld waarbij fosfaat en kalium door precipitatie in de vorm van struviet (magnesiumammoniumfosfaat of kaliumammoniumfosfaat) wordt teruggewonnen. De stikstofcomponenten worden vervolgens door een combinatie van gedeeltelijke oxidatie tot nitriet (SHARON proces) in combinatie met autotrofe denitrificatie (Annamox) verwijderd. Deze stikstofverwijdering kan plaatsvinden in één reactor (het CANON proces).

Andere toepassingen van gebruik van urine zijn de toepassing als toeslagstof bij compostering ('spiking') of als voor dosering van stikstof en fosfaat bij industriële waterzuiveringsinstallaties met een nutriëntentekort. In bijlage A is een toepassing van urinedosering bij waterzuivering in de papierindustrie doorgerekend.

FIGUUR 16

LABSCHAAL REACTOR VOOR STRUVIETPRECIPITATIE (BRON:TU DELFT)



ACCEPTATIE VAN 'NO MIX' TECHNOLOGIE DOOR BURGERS EN LANDBOUW

Het Zwitsers instituut EAWAG heeft in samenwerking met de Universiteit van Osnabrück onderzoek gedaan naar de acceptatie door Zwitserse en Duitse burgers van No Mix technologie in zogenaamde 'focus' groepen³¹. Dit zijn kleine groepen geïnformeerde burgers die middels interviews en groeps gesprekken worden gevraagd naar hun mening over bepaalde nieuwe ontwikkelingen. De focusgroepmethode wordt veel gebruikt bij onderzoek naar de mening van en het meten van draagvlak onder belangengroepen.

Uit het onderzoek van EAWAG bleek dat het overgrote deel van de deelnemers bereid was om in een appartement met urinescheidingsstoiletten te gaan wonen en om groenten die bemest zijn met urine te kopen. Tegelijkertijd bleek dat het overgrote gedeelte van de aanwezigen niet bereid was extra kosten of inspanningen te leveren. Ook was er enige terughoudendheid en zorg betreffende de aanwezigheid van hormonen en medicijnresten in urine en de mogelijke effecten ervan op de gezondheid.

Door EAWAG is ook onderzoek gedaan naar de acceptatie van een op urine gebaseerde meststof met behulp van een enquête onder 127 boeren³². De studie liet zien dat de acceptatie door boeren hoog is. Het grootste deel van de ondervraagden (57%) gaf aan No Mix technologie een goed of zeer goed idee te vinden. 42% was geïnteresseerd in de aanschaf van een dergelijk product.

Een punt van aandacht vormt het gebruik van de No Mix toiletten. Uit Zweedse ervaringen blijkt dat het gebruik door mannen een potentieel knelpunt is, omdat niet iedereen bereid is te gaan zitten tijdens de 'kleine boodschap'. Hierdoor is het scheidingsrendement van de toiletten lager dan mogelijk. Het kan worden ondervangen door de installatie van (watervrije) urinoirs in huishoudens.

ENKELE VOORBEELDEN UIT DE PRAKTIJK

De toepassing van No Mix systemen is niet nieuw. Er zijn in Zweden voorbeelden van urinescheidingsstoiletten te vinden uit de 19e eeuw. De meeste praktijktoepassingen worden ook gevonden in Zweden, anno 2004 zijn er zo'n 10.000 urinescheidingsstoiletten verkocht (Jönsson, 2004).

Een voorbeeld van toepassing van No Mix technologie in de stedelijke omgeving is de wijk Palsternacken in Stockholm, Zweden. De wijk is zes jaar geleden gebouwd. De ingezamelde urine wordt opgevangen in aan de straat gelegen opvangtanks. Onderzoek naar dit systeem wijst uit dat per inwoner ongeveer 1,3 liter urine per persoon per dag (waarvan 0,3 liter spoelwater) wordt ingezameld³³. Door gebruik van urinescheidingstoiletten wordt bovendien ongeveer 50% spoelwater bespaard. De urine wordt ingezameld door lokale boeren die het na 6 maanden opslag gebruiken als meststof voor stikstof, fosfaat en kalium. De mest wordt toegediend met mestinjecteurs om verdamping van ammonia te voorkomen.

Het bedrijf Huber AG in Berching, Duitsland, is bezig een nieuwe lijn producten op te zetten op het gebied van brongescheiden inzameling en decentrale behandeling. Het heeft zelf het voortouw genomen door in het eigen nieuwe bedrijfsgebouw diverse technologieën te installeren. Er wordt gebruik gemaakt van zogenaamde No Mix toiletten, waarin urine gescheiden wordt ingezameld. Uit de urine worden nutriënten teruggewonnen door middel van struvietprecipitatie en ammoniumstripping. Het 'bruine' water van de toiletten ondergaat een vast/vloeistofscheiding waarna de vaste fractie thermofiel wordt vergist. De vloeibare fractie wordt in een aërobe membraanbioreactor behandeld en gebruikt voor irrigatie van het eigen terrein. Grijswater wordt binnen het bedrijfsgebouw met een membraanbioreactor gereinigd en gebruikt als spoeling voor het toilet.

Een ander voorbeeld waar scheidingstoiletten worden toegepast is het museum Lambertsmühle in Duitsland. De urine wordt opgevangen in een opslagtank en wordt gebruikt in de landbouw. De faecaliën worden ingedikt door het vocht af te scheiden middels een filter waarna de massa wordt gecomposteerd. Na opslag gedurende één jaar wordt dit samen met GFT-afval verder gecomposteerd en gebruikt als bodemverbeteraar.

FIGUUR 17

EINDBEELD? (BRON: PROF R.D. SCHUILING, GEOCHEM RESEARCH BV)



3.5 LOKALE BEHANDELING VAN GRIJSWATER

INLEIDING

Het volume grijswater omvat meer dan 70% van het huishoudelijk afvalwater. Een belangrijk voordeel van gescheiden behandeling van grijswater is dat het grijswater veel lagere concentraties nutriënten bevat en daardoor aanzienlijk eenvoudiger te behandelen is. Door lokale behandeling van grijswater ontstaat lokaal een nieuwe extra bron van water.

Er is met name veel ervaring met het gebruik van helofytenfilters voor grijswaterbehandeling. Gezien de aard van het afvalwater komen ook andere beluchte systemen zoals biorotoren of membraanbioreactoren voor zuivering van grijswater in aanmerking. Ook anaërobe behandeling lijkt goede mogelijkheden te bieden voor (gedeeltelijke) behandeling; resultaten van Cranfield University laten zien dat door anaërobe opslag gedurende 7 dagen 65-75% van het totaal CZV wordt verwijderd door een combinatie van fysische en anaërobe biologische processen³⁴.

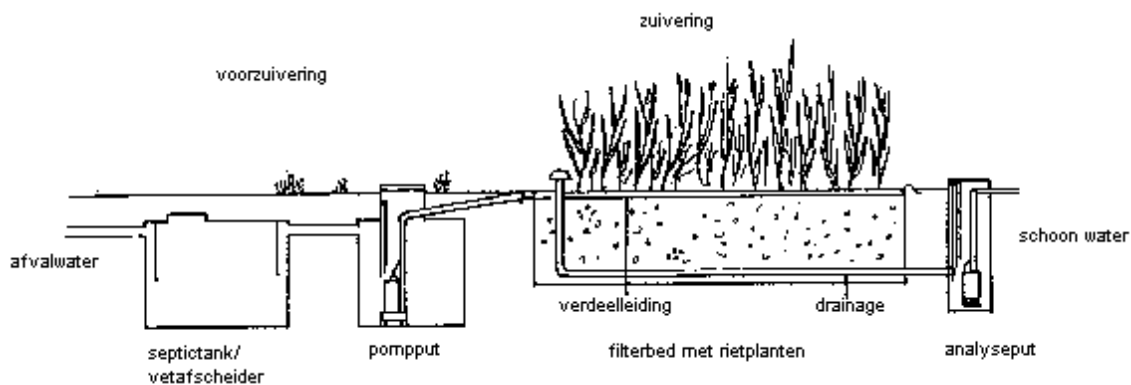
Helofytenfilters, de meest gebruikte systemen tot dusver

Uit de inventarisatie van Nederlandse projecten blijkt dat toepassing van brongerichte inzameling in Nederland hoofdzakelijk is beperkt tot lokale behandeling van grijs water waarbij in de meeste gevallen gebruik gemaakt wordt van helofytenfilters. Het behandelde grijs water wordt veelal geloosd in lokale waterpartijen die deel uitmaken van een aantrekkelijk stedenbouwkundig ontwerp. In gebieden met waterschaarste kan gezuiverd grijswater worden ingezet voor bijvoorbeeld verdrogingsbestrijding. De zuiveringsresultaten van deze systemen zijn over het algemeen goed en kunnen voldoen aan de gestelde lozingseisen.³⁵

Een helofytenfilter bestaat uit een waterdichte foliebak die gevuld is met rietplanten en een filtersubstraat. In het filter vinden biologische, fysische en chemische processen plaats waarbij afvalstoffen worden afgebroken en omgezet. Het afvalwater wordt intermitterend in het filter gebracht (frequentie 2 –4 maal per dag) middels een influentpomp.

Helofytenfilters zijn ruimtevergende systemen (2 tot 4 m² per inwoner). Dit kan een nadeel zijn in stedelijke gebieden. Architecten die betrokken zijn geweest bij het ontwerp van grijswaterprojecten geven aan dat door integratie van de helofytenfilters in het stedelijk ontwerp er nauwelijks extra kosten aan verbonden zijn aan deze decentrale vorm van afvalwaterbehandeling en hergebruik.

FIGUUR 18 SCHEMA VAN EEN HELOFYTENFILTERSYSTEEM



ENKELE PRAKTIJKVOORBEELDEN

Er zijn in Nederland verschillende voorbeelden te vinden van decentrale behandeling en gedeeltelijk hergebruik van grijswater waaronder de wijk Polderdrift in Arnhem, de wijk Lanxmeer in Culemborg en De Drielanden in Groningen. Het behandelde grijswater wordt in deze voorbeelden geloosd in lokale watersystemen. De motieven om te komen tot lokale behandeling van grijswater komen vooral voort uit het creëren van een lokale watervoorraad of ter bestrijding van verdroging. In de wijk Polderdrift wordt het gezuiverde water bovendien gebruikt voor toiletspoeling.

Tabel 8 geeft een overzicht van de resultaten van twee helofietenfilters voor behandeling van grijs water. Het betreft een systeem in De Drielanden (Groningen) en een systeem in Luebeck, Duitsland. De resultaten laten zien dat de behandeling een goede kwaliteit water oplevert die de MTR-waarden (zie tabel 3) naderen. Fosfaat kan een potentieel knelpunt vormen vanwege de relatief slechte verwijdering. Het afvalwater in De Drielanden bevat weinig fosfaat waardoor de effluent waarde laag is. De ervaringen in Duitsland laten zien dat bij hoge influentgehalten ook een relatief hoge effluentwaarde optreedt. De hoge influentwaarde was overigens onverwacht en hangt waarschijnlijk samen met het gebruik van afwasmachines.

TABEL 8 OVERZICHT VAN RESULTATEN VAN TWEE HELOFIETENFILTERS VOOR BEHANDELING VAN GRIJS WATER

	De Drielanden – Groningen (horizontaal doorstroomd helofietensysteem)		Flintenbreite - Luebeck, Duitsland (verticaal doorstroomd helofietensysteem)	
	Influent	Effluent 1999	Influent	Effluent
CZV (mg O ₂ /l)	550	45	502	59
BZV ₅ (mg O ₂ /l)	298	2	194	14
N-totaal (mg N/l)	12,6	1,6	12	2,7
NH ₄ -N (mg N/l)	3,8	0,22	4,5	0,9
NO ₃ -N (mg N/l)	< 0,03	0,11	--	--
P-totaal (mg P/l)	1,8	0,31	8	5,7
PO ₄ -P	0,94	0,23	7,6	4,8

4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

4.1 INLEIDING

Hoofdstuk 3 laat zien dat er verschillende concepten zijn voor een brongerichte inzameling en behandeling van stedelijk afvalwater. De meeste technologieën die binnen deze concepten worden toegepast zijn ontwikkeld en in principe beschikbaar voor praktische toepassing. Er zijn verschillende demonstratieprojecten op praktijkschaal te vinden in Europa, waarvan ook enkele in Nederland. Een uitgebreidere beschrijving van voorbeelden in Nederland, Duitsland en Zweden wordt binnenkort gepubliceerd (Mels en Zeeman, 2004³⁶).

Dit hoofdstuk gaat in op de vraag welke mogelijkheden deze nieuwe sanitatieconcepten bieden in het licht van actuele ontwikkelingen en knelpunten in de (afval)waterketen in Nederland. Daarnaast worden de onderzoeksbehoeften die nodig zijn voor praktijkimplementatie in kaart gebracht.

4.2 POTENTIEEL VAN EEN BRONGERICHTE AANPAK IN DE AFVALWATERKETEN

In tabel 9 is een kwalitatieve beoordeling gemaakt van het potentieel van een brongerichte aanpak in de afvalwaterketen. Hierbij is geëvalueerd in hoeverre nieuwe systemen voldoen aan de primaire doelen en nevenfuncties van het huidige afvalwatersysteem. Vervolgens is nagegaan of deze systemen een bijdrage kunnen bieden bij het oplossen van de in hoofdstuk 2 gesignaleerde knelpunten (zie tabel 4).

Brongerichte sanitatiesystemen die goed ontworpen zijn en juist beheerd worden, kunnen voldoen aan de primaire doelen 'bescherming van de volksgezondheid' en 'bescherming van oppervlaktewater en milieu'. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat naast de toepassing van brongerichte systemen ook maatregelen voor de gescheiden inzameling van hemelwater en van drainagewater worden getroffen. Nieuwe systemen kunnen het dan naar verwachting beter doen dan het huidige systeem, dat door riooloverstorten en door emissies van rwzi's op veel plaatsen frequent problemen heeft wat betreft van de hygiënische en milieukwaliteit van ontvangend oppervlaktewater.

Het gescheiden houden van hemel- en drainagewater van stedelijk afvalwater is een principeel uitgangspunt dat in het nieuwe waterbeheer in toenemende mate wordt opgenomen. Met name voor gebieden met een hoge grondwaterstand is aandacht nodig voor de daarvoor benodigde infrastructuur en de verdeling van verantwoordelijkheden over waterschap en gemeente.

In de volgende paragrafen wordt aan de hand van tabel 9 per technologie een verdere evaluatie van de systemen gemaakt:

NO MIX TECHNOLOGIE MET BEHOUD VAN BESTAANDE RIOLERING EN RWZI'S

No Mix systemen met toepassing van scheidingstoiletten en separate urine-afvoer kunnen relatief eenvoudig worden gerealiseerd binnen de bestaande afvalwaterketen. Het afkoppelen van urine van de riolering biedt een aantal belangrijke kansen:

- Een groot deel van de nutriënten, hormoonverstorende stoffen en medicijnresten blijft geconcentreerd in een separate afvalwaterstroom (urine); dit leidt tot reductie van de emissie van nutriënten en prioritair stoffen naar oppervlaktewater via overstorten en effluënten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's).
- Door vermindering van de stikstofbelasting kunnen rwzi's kleiner worden gedimensioneerd en wordt energie bespaard. De energiebesparing leidt tot een reductie in de CO₂ uitstoot.
- Bij grootschalige toepassing van No Mix technologie (75% afkoppeling van urine) kan het effluent zonder aanvullende maatregelen aan de MTR-normen voor stikstof en fosfaat voldoen.
- Urine is een relatief schone grondstof met een zeer laag gehalte aan zware metalen. De nutriënten stikstof, fosfaat en kalium blijven voor een belangrijk deel behouden en zijn direct of na bewerking toepasbaar als meststof in de landbouw, als toeslagstof bij compostering of als nutriëntenbron bij industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties.
- De toepassing van No Mix toiletten kan een waterbesparing van 10-15% van het huishoudelijk waterverbruik opleveren.

Het lot van hormoonverstorende stoffen en medicijnresten bij hergebruik van urine vormt een aandachtspunt voor onderzoek. Hoewel de op grond van diverse argumenten opname door planten of accumulatie in de bodem onwaarschijnlijk is, is meer informatie nodig om eventuele maatschappelijke weerstanden te overwinnen. Het feit dat het om een relatief geconcentreerde stroom gaat, biedt perspectieven om geavanceerde technieken toe te passen voor efficiënte verwijdering.

De effecten van urinescheiding op de emissies van de bestaande afvalwaterketen en het functioneren van rwzi's hangen uiteraard sterk af van de mate van afkoppeling die praktisch valt te realiseren. Om meetbare effecten te bereiken moeten veel No Mix toiletten worden geïnstalleerd. De mate van afkoppeling van urine wordt bovendien mede bepaald door de scheidingsefficiëntie van de toiletten. Uit Zweedse ervaringen blijkt deze maximaal 70-80% te bedragen.

TOTAALCONCEPT VOOR GESCHIEDEN INZAMELING EN BEHANDELING VAN ZWARTWATER, URINE EN GRIJS WATER

Op basis van brongescheiden inzameling kan een totaalsysteem met afzonderlijke behandeling van stromen ontworpen worden. Door het toepassen van andere technieken ontstaan andere optima ten aanzien van transport en behandeling. Het schaalniveau waarop de verschillende stromen behandeld worden is een afgeleide van de systeemkeuze. Verschillende studies wijzen uit dat voor kosteneffectieve toepassing van nieuwe systemen gedacht moet worden aan schaalgroottes vanaf minimaal 2000 tot 5000 aangesloten personen. Ook mengvormen van centrale en decentrale behandeling zijn mogelijk, waarbij het grijs water bijvoorbeeld op wijk-schaal wordt behandeld, terwijl zwart water naar een centrale behandelingsfaciliteit wordt getransporteerd.

De toepassing van totaalconcepten op decentrale schaal biedt mogelijkheden voor modulaire bouw van afvalwatertransport- en zuiveringsvoorzieningen. Dit kan leiden tot eenvoudiger planning van nieuwbouw en decentralisering van het beheer. Hierdoor kan potentieel ook een deel van het rioleringsstelsel worden vermeden.

De gescheiden inzameling van zwart water biedt een aantal belangrijke kansen:

- Door separate behandeling worden emissies van nutriënten en prioritare stoffen via riooloverstorten en rwzi-effluenten voorkomen. Deze stoffen blijven geconcentreerd in een relatief kleine stroom.
- Het onderzoek van Wageningen Universiteit laat zien dat het slib dat als restproduct vrijkomt aanzienlijk minder zware metalen bevat in vergelijking met communaal zuiveringsslib. Het slib kan voor de metalen chroom, lood, cadmium en nikkel aan de BOOM-normen voldoen. Voor koper en zink werden overschrijdingen gevonden; de gemeten waarden lagen echter aanzienlijk lager dan in zuiveringsslib. Kwik en arseen zijn in dit onderzoek niet gemeten.
- Gescheiden inzameling van zwart water kan gecombineerd worden met de inzameling van organisch keukenafval door toepassing van afvalvermalers in de keuken. Dit vereenvoudigt de inzameling van organisch afval en biedt extra gemak aan bewoners.
- De toepassing van vacuümtoiletten levert een waterbesparing van 15-20% van het totaal huishoudelijk drinkwaterverbruik op;
- Er ontstaan mogelijkheden om energie te winnen uit zwart water en organisch keukenafval door bijvoorbeeld anaërobe vergisting. De potentiële energieopbrengst is echter relatief gering en bedraagt ongeveer 1% van het jaarlijks huishoudelijk verbruik in Nederland;
- De betere kwaliteit biedt op de langere termijn mogelijkheden voor toepassing van vergist zwartwaterslib als meststof in de landbouw. Hierdoor kan de hoeveelheid communaal zuiveringsslib in Nederland verminderd worden en kunnen nutriënten uit de stedelijke afvalwaterketen (fosfaat, kalium, stikstof) worden hergebruikt.

Het overblijvende grijswater bevat relatief lage concentraties nutriënten en is daardoor relatief eenvoudig te zuiveren. Dit leidt tot een efficiënte behandeling van het grootste deel (70%) van stedelijk afvalwater. Door lokale behandeling ontstaat een nieuwe extra bron van water. Dit biedt mogelijkheden voor lokale verdrogingbestrijding en extra mogelijkheden om een aantrekkelijke woonomgeving te creëren. De lokale behandeling van grijswater past binnen de gestelde prioriteitsvolgorde ten aanzien van waterkwantiteit en -afvoer ('vasthouden, bergen, afvoeren').

TABEL 9 KWALITATIEVE EVALUATIE VAN DE MOGELIJKHEDEN VAN EEN BRONGERICHTE AANPAK (IN: GEEL: NEUTRAAL; GROEN: VOORDEEL / POTENTIËLE VERBETERING); ROOD: KNELPUNT / VERSLECHTERING)

	Huidige afvalwaterketen	No Mix technologie in combinatie met bestaande riolering en riwzi	Gescheiden inzameling in semi-centrale of decentrale toepassingen	
			Inzameling en behandeling van urine / zwart water / organisch keukenafval	Gescheiden behandeling van grijs water
Primaire doelen en nevenfuncties				
Bescherming volksgezondheid (veilige afvoer en verwerking menselijke afvalstoffen)	overstorten	afvoering van urine met/zt		
Bescherming van oppervlaktewaterkwaliteit en milieu door het voorkomen van de lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten	overstorten en emissies riwzi's	vermindering van emissie uitwasten van voedingsstoffen		
Afvoer van hemelwater				Paralel dienen voorzieningen getroffen te worden voor afvoer hemelwater en grondwater (infiltratie of drainagevoorzieningen)
Afvoer van overblijf grondwater uit stedelijk gebied				
Knelpunten				
Riolering				
Renovatie rioleringsstelsel				Brongerichte concepten bieden nieuwe mogelijkheden voor rioolnetwerken
Vermindering emissies door riooloverstorten				Gevoeligheden of voorafge-entusspeling afvalwater en riolering
Onvoldoende capaciteit voor rioolbeheer bij veel gemeentes				Mogelijkheid (toekomst) om afvalwaterverzuivering via lokale openbare of dienstverlenersbedrijven te organiseren
Sterk stijgende kosten				Berekeningen / praktijkervaringen positief
Riwzi's				
Terugdringen emissies nutriënten / prioritaire stoffen met oog op EKW				Mogelijkheid tot voorkomen van versprekkingen
Emissies van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen				Mogelijkheid tot voorkomen van versprekkingen
Terugdringen hoeveelheid zuiveringszand / verbetering kwaliteit zand				zand wordt minder zwaar metalen maar vuilzet nog niet aan TOOM NS er komt ook zand vrij bij grijswaterbehandeling
Stijgende kosten				Berekeningen / praktijkervaringen positief
Waterketen/ duurzame ontwikkeling				
Vasthouden, bergen, afvoeren				
Verdrogingsbestrijding in specifieke gebieden				
Opraken fosforreserves				
Vermindering afhankelijkheid fossiele brandstoffen reduce van de CO2 uitstoot				

4.3 AANBEVELINGEN VOOR PRAKTISCHE TOEPASSING

De kwalitatieve evaluatie wijst uit dat de gescheiden sanitatiesystemen mogelijkheden bieden voor een efficiëntere afvalwaterketen. Deze systemen kunnen voldoen aan de doelen en randvoorwaarden van het huidige systeem terwijl tegelijkertijd oplossingen gegenereerd worden voor huidige knelpunten.

Zoals eerder vermeld zijn de meeste technologieën die binnen deze concepten worden toegepast ontwikkeld en in principe beschikbaar voor praktische toepassing. Er zijn verschillende demonstratieprojecten op praktijkschaal te vinden in Europa, waarvan ook enkele in Nederland. Tegelijkertijd echter, staat de toepassing van gescheiden sanitatiesystemen nog in de kinderschoenen. Er is in feite nog te weinig ervaring beschikbaar om een eindoordeel over het potentieel te vellen.

Op basis hiervan wordt dan ook aanbevolen om voor de Nederlandse praktijksituatie meer ervaring op praktijkschaal op te doen en een aantal demonstratieprojecten op te starten. Daarnaast wordt aanbevolen om parallel hieraan met een monitoringprogramma de ontwikkelingen in zowel Nederlandse als buitenlandse projecten te volgen en te evalueren en te laten toetsen door praktijkexperts.

4.4 AANDACHTSPUNTEN BIJ PRAKTISCHE TOEPASSING

TRENDBREUK

Het toepassen van gescheiden inzameling, met name in decentrale of semi-centrale concepten, betekent een trendbreuk met de huidige afvalwateraanpak. Dit vormt in zichzelf een belemmering omdat zowel de bouwers van infrastructuur, overheidsbeleid en lokaal beheer gericht zijn op het huidige, gecentraliseerde systeem. Een belangrijk aandachtspunt bij het toepassen van andere concepten vormt betrokkenheid van de verschillende gemotiveerde belanghebbenden en goede informatieverstrekking.

De toepassing van demonstratieprojecten is met name interessant voor nieuwe wijken omdat de infrastructuur daar nog volledig tot stand zal moeten komen. De investeringskosten in de huidige infrastructuur zijn dermate hoge dat vervanging kostentechnisch gezien niet haalbaar lijkt. Ook kan gedacht worden aan toepassing in kantoorpanden. Dit betreft een relatief 'veilige' toepassing (niet 'thuis') die waarschijnlijk op minder weerstand zal rekenen dan toepassing op wijkschaal. De toepassing van urinescheiding in kantoorpanden kan een eerste aanzet zijn tot bredere toepassing. Bij brede toepassing hiervan kan op stadsschaal naar schatting een stikstofafkoppeling tot 10-20% worden bereikt.

BEHEERSSTRUCTUUR

Het operationeel beheer van de huidige afvalwaterketen is verdeeld over gemeenten (rioleringszorg) en waterschappen (waterzuivering en handhaving). Bij de toepassing van brongeerichte inzameling zullen beide partijen betrokken moeten worden, evenals toekomstige huiseigenaren. Met name voor het operationeel beheer en de afvoer van reststoffen van decentrale of semi-centrale systemen zullen innovatieve beheersoplossingen gezocht moeten worden. Voor zuivering op een kleinere schaalgrootte is lokaal personele capaciteit en expertise nodig om de systemen te beheren.

Bij de volledige behandeling op wijkschaal zoals bij gescheiden en (gedeeltelijk) lokale behandeling van zwart en grijs water het geval is, kan gedacht worden aan de opzet van een beheersorganisatie. De wijk Flintenbreite vormt een interessant voorbeeld waarbij de bewoners de lasten die gemoeid zijn met het afvalwaterbeheer onderbrengen in een stichting die het operationeel beheer heeft. Zij zijn ook de gezamenlijke eigenaars van de infrastructuur. Voor onderhoud en controle is iemand gedeeltelijk in dienst van deze stichting.

ACCEPTATIE DOOR BEWONERS EN PROJECTONTWIKKELAARS

Het introduceren van een afvalwatersysteem gebaseerd op gescheiden inzameling op bijvoorbeeld de schaal van een wijk, zal zich voor bewoners met name uiten in het gebruik van een ander type toilet in de woning en de lokale behandeling van zwart of grijs water in een apart gebouw of gebied in de wijk. Daarnaast zal er waarschijnlijk sprake zijn van een andere financieringsstructuur.

Een belangrijk kenmerk van het huidige afvalwatersysteem is het relatief hoge gebruiksgemak. Veel Nederlanders zich nauwelijks bewust van de infrastructuur die nodig is om de huidige voorzieningen in stand te houden ('flush and forget') en vaak wordt verondersteld dat de meesten dit graag ook zo willen houden en er weinig draagvlak is voor veranderingen.

Zwitsers onderzoek (zie ook paragraaf 5.3) laat in ieder geval zien dat veel mensen in principe niet afwijzend staan tegen het gebruik van een ander typen toilet, mits men goed geïnformeerd is over de achtergronden ervan en er geen (grote) eigen financiële bijdragen gevraagd worden. Ook uit andere buitenlandse ervaringen blijkt dat de meeste mensen een ander toiletsysteem positief waarderen of in ieder geval accepteren. Het goed informeren en waar mogelijk betrekken van toekomstige bewoners voorafgaand aan het project en later tijdens de daadwerkelijke bewoning lijkt een cruciaal punt voor het realiseren van een succesvolle introductie.

Een belangrijke hobbel bij het introduceren van een ander type toiletten in een nieuwe wijk kan ook de projectontwikkelaar zijn. De projectontwikkelaar draagt over het algemeen het grootste financiële risico bij de bouw van woningen en zal nieuwe ontwikkelingen kritisch evalueren met het oog op (de verwachtingen die hij heeft over) zijn klanten, de toekomstige huiseigenaren. Uit ervaringen bij de opstart van een demonstratieproject in Wageningen bleek het feit dat vacuümtoiletten vooralsnog slechts in twee modellen en één kleur geleverd kunnen worden, een onoverkomelijk struikelblok.

Nieuwe afvalwatersystemen kunnen overigens ook een positieve bijdrage leveren aan gebruikersgemak. Het installeren van mogelijkheden om organisch keukenafval via vacuümssystemen in te zamelen zal naar verwachting voor veel mensen en met name bewoners van flats een aangename verbetering van de huidige situatie zijn.

AFZET VAN PRODUCTEN

Een belangrijk aandachtspunt is de afzet van de restproducten (urine, vergist zwart water, struviet en evt. andere gewonnen meststoffen) uit de nieuwe concepten.

Een goede stap voor de implementatie van demonstratieprojecten kan gezet worden door het identificeren van 'nichemarkten' of 'nichelocaties' waar de meststoffen voor kortere of langere tijd afgezet kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is de mogelijkheid om urine of urine gebaseerde producten zoals struviet af te zetten bij industriële waterzuiveringsinstal-

laties of als toeslagstof bij de compostering waarvan een voorbeeld is uitgewerkt in appendix B. Hierbij zal de gewenste kwaliteit van de meststoffen nader uitgewerkt moeten worden. Het behandelingsproces kan hierop aangepast worden (bijv. desinfectie, concentrering). Bovendien is het in kaart brengen en regelen van de logistiek (de afvoer van zwart water of urine uit de stedelijke omgeving, gevolgd door het transport van meststoffen naar de klant) een belangrijk aandachtspunt.

4.5 AANBEVELINGEN VOOR ONDERZOEK EN ONTWIKKELING

- Behandeling van grijswater in compacte systemen
- Het lot van microverontreinigingen (medicijnresten en hormoonverstorende stoffen) in de bodem
- Verwijdering van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen uit geconcentreerde stromen
- Afzet van reststoffen
- Zoals industriële waterzuivering
- Beheersstructuren voor decentrale sanitatiesystemen

5

REFERENTIES

- ¹ Mels, A.R. en Zeeman, G. (2004). Brongerichte inzameling en lokale behandeling van afvalwater - praktijkvoorbeelden in Nederland, Duitsland en Scandinavië. STOWA-rapport.
- ² Stichting Rioned (2002). Het riool in cijfers.
- ³ Stichting Rioned (2002). Het riool in cijfers
- ⁴ von Meijenfeldt (2004) Toespraak ter gelegenheid van de 17e RIONED-dag op 5 februari 2004 te Utrecht, de heer drs. H.G. von Meijenfeldt, Directeur Bodem, Water, Landelijk Gebied, Ministerie van VROM.
- ⁵ Commissie Integraal Waterbeheer, Water in Cijfers 2003. <http://www.waterincijfers.nl/wic2003/>
- ⁶ H₂O, 23 januari 2004.
- ⁷ Gezondheidsraad, Microbiële risico's van zwemmen in de natuur, Den Haag, 2001
- ⁸ Aanvullende informatie ten behoeve van de behandeling van de wijziging van de Wet op de waterhuishouding en de Wet milieubeheer ten behoeven van de implementatie van richtlijn nr. 2000/60/EG van het Europees parlement en de Raad van de Europese Unie. Tweede Kamer, vergaderjaar 2003-2004, 28808, nr. 12.
- ⁹ Bouwers, T.J. (2004). Toespraak, ter gelegenheid van de 17e RIONED-dag op 5 februari 2004 te Utrecht, van de voorzitter van Stichting RIONED, de heer drs. T.J. Bouwers.
- ¹⁰ Staatscourant, nummer 217, 10 november 2003, Waterwinners zitten in hun maag met resten van medicijnen
- ¹¹ H₂O, 7 november 2003. VEWIN eist aandacht voor geneesmiddelen in oppervlaktewater.
- ¹² Riolering ondergraaft invoering waterketentarium, Persbericht COELO, 10 mei 2004
- ¹³ Uitvoeringsnota Klimaatbeleid' deel II, Tweede Kamer, vergaderjaar 1999-2000, 26 603 nr. 28
- ¹⁴ NIPO/VEWIN (2002). <http://www.rivm.nl/milieuennatuurcompendium/nl/i-nl-0037-03.html>
- ¹⁵ STOWA (2001-39). Separate urine collection and treatment. Options for sustainable wastewater systems and mineral recovery.

- ¹⁶ Bij het gebruik van spoeltoiletten met laag waterverbruik zijn, vanwege het toch nog aanzienlijke waterverbruik (4-6 liter per spoeling), nog geen goede technische mogelijkheden voor de behandeling ontwikkeld. Er worden momenteel wel enkele studies worden uitgevoerd naar gescheiden inzameling met gebruik van spoeltoiletten (Skogaberg, Göteborg; Lanxmeer – Culemborg, Valkenburg)
- ¹⁷ NEN 3215 'Binnenriolering in woningen en woongebouwen – Eisen en bepalingen'.
- ¹⁸ STOWA (2005). Brongerichte inzameling en lokale behandeling van afvalwater - praktijkvoorbeelden in Nederland, Duitsland en Scandinavië. STOWA-rapport 2005-13. Opgesteld door Lettinga Associates Foundation.
- ¹⁹ Compostering vergt relatief veel eigen inzet van de bewoners.
- ²⁰ Panesar, A., Lange, J. (2003). Innovative sanitation concept shows way towards sustainable urban development - Experiences from the model project 'Wohnen & Arbeiten' in Freiburg, Germany.
- ²¹ De Koning, J. Artikel over voedselrestenvermalers
- ²² Tuinafval dient nog wel apart ingezameld te worden; hoewel dit wellicht met een versnipperaar in een lokale vergister zou kunnen worden gebracht of lokaal kan worden gecomposteerd
- ²³ STOWA (2005) Anaerobic treatment of concentrated wastewater in DESAR concepts. STOWA rapport 2005-14. Opgesteld door Wageningen Universiteit, Sectie Milieutechnologie.
- ²⁴ Zon, Henk van, Een zeer onfrisse geschiedenis, studies over niet-industriële vervuiling in Nederland, 1850 – 1920. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, faculteit der letteren, 1986
- ²⁵ OtterWasser, Experiences with a separating wastewater treatment system – The ecological housing estate Lübeck – Flintenbreite, 2003
- ²⁶ Wilsenach, J., Loosdrecht, M. van, Impact of separate urine collection on wastewater treatment systems, Water Science and Technology, 48 no. 1, pp103-110, 2003
- ²⁷ Höglund, C., Vinnerås, B., Stenström, T.A. & Jönsson, H. (2000). Variation of chemical and microbial parameters in collection and storage tanks for source separated human urine. Journal of Environmental Science and Health A35(8): 1463-1475
- ²⁸ Udert, K.M., C. Fux, M. Münster, T.A. Larsen, H. Siegrist and W. Gujer (2003). Nitrification and autotrophic denitrification of source-separated urine. Water Science & Technology Vol 48 No 1 pp 119–130.
- ²⁹ Resultaten van een workshop over landbouwkundig hergebruik van urine in Linz, maart 2004

- ³⁰ Larsen, T., Lienert, J. (2004). Separate collection and treatment of urine, fate and removal of micropollutants. Contribution to DeSa/R symposium 14 July 2004, Berching, Germany
- ³¹ Pahl-Wostl, C., Schönborn, A. Willi, N., Muncke, J., Larsen, T.A. (2003). Investigating consumer attitudes towards the new technology of urine separation. *Water Science and Technology* 48 no. 1, pp 57-65.
- ³² Lienert, J., Haller, M., Berner, A., Stauffacher, M., Larsen, T.A. (2003). How farmers in Switzerland perceive fertilizers from recycled anthropogenic nutrients (urine). *Water Science and Technology* 48 no. 1, pp 47-56
- ³³ Jönsson H., Stenström, T.A., Svensson, J. & Sundin A., Source separated urine-nutrient and heavy metal content, water saving and faecal contamination, *Water Science and Technology* 35 no. 9, pp145-152, 1997
- ³⁴ Jefferson, B, Judd, S, Diaper, C. (2001). Treatment methods for grey water. In: *Decentralised Sanitation and Reuse-, Concepts, Systems and Implementation*. Eds. P. Lens, G. Zeeman and G. Lettinga. IWA Publishing, UK.
- ³⁵ Dijk, J. van, Stedelijk Waterbeheer Drielanden, evaluatie, Gemeente Groningen, Dienst Ruimtelijke Ordening en Economische Zaken, 2000
- ³⁶ STOWA (2005). *Brongerichte inzameling en lokale behandeling van afvalwater - praktijkvoorbeelden in Nederland, Duitsland en Scandinavië*. STOWA-rapport 2005-13. Opgesteld door Lettinga Associates Foundation.
- ³⁷ International Institute for the Urban Environment (2004). *Het ingenieuze stadslandschap: nieuwe mogelijkheden voor agroproductie*. Innovatienetwerk Groene Ruimte en Agrocluster. Zie ook: <http://www.agro.nl/innovatienetwerk/>

BIJLAGE A

ZWARE METALEN IN URINE, FAECES EN GRIJSWATER

In tabel 9 worden de totaalvrachten aan zware metalen zoals gemeten in de wijk Gebers – Stockholm, Zweden in 2001.

De tabel laat zien dat urine een zeer schone stroom is. Menselijke urine bevat nauwelijks zware metalen.

De metalen Cu, Cr, Ni, Pb en Cd zijn voor het grootste deel afkomstig uit het grijswater. Alleen Zn en Hg zijn voor meer dan 50% afkomstig uit faeces.

TABEL 10 ZWARE METALEN IN URINE, FAECES EN GRIJSWATER ZOALS GEMETEN IN DE WIJK GEBERS IN 2001; WEERGEGEVEN IN TOTAALVRACHT PER PERSOON PER JAAR EN DE PROCENTUELE VERDELING OVER DE STROMEN (PALMQUIST EN JÖNSSON, 2003)

	Totale vracht in mg per persoon per jaar	Urine	Faeces	Grijswater
Cu	3,337	1.1%	12%	87%
Cr	376	1.0%	2%	97%
Ni	480	0.5%	6%	94%
Zn	7,566	0.2%	52%	48%
Pb	373	0.2%	2%	98%
Cd	19	1.3%	20%	79%
Hg	5	5.9%	65%	29%

BIJLAGE B

NICHEMARKT: AFZET VAN URINE IN DE PAPIERINDUSTRIE?

In de papierindustrie wordt in de waterzuivering veel meststoffen toegevoegd, vanwege de eenzijdige samenstelling van het afvalwater (gebrek aan stikstof en fosfaat).

Het verbruik van nutriënten in de papierindustrie bedroeg in 1995:

- 450 ton fosforzuur, prijs ca. 200 euro per ton
- 350 ton ureum, prijs ca. 300 euro per ton
- 900 ton mengsel ureum en fosforzuur, prijs ca. 150 euro per ton

Parenco is de grootste afnemer met een nutriëntenverbruik van ca. 900 ton UAN (een mengsel van ureum en fosforzuur). Met een geschatte marktomszet van Dfl 680.000 per jaar (getallen 1995) ligt hier potentieel een goede afzetmarkt voor separaat ingezamelde urine. In de onderstaande paragraaf is een doorrekening gemaakt voor de waterzuivering Eerbeek (Industriewater Eerbeek).

Tabel 11 geeft een overzicht van de nutriëntensamenstelling van urine (STOWA, 2001-39). Uit deze gegevens volgt een N:P verhouding van 26:1. De optimale N:P-verhouding voor toediening aan een actief-slibinstallatie met onvoldoende nutriënten bedraagt ongeveer 5.

TABEL 11 NUTRIËNTSAMENSTELLING URINE

	g/p.d	kg/jaar	mol/p.d	mol/jaar
N- totaal	12	4.38	0.86	312.9
PO ₄ - P	1	0.37	0.03	11.8
K	3	1.1	0.08	28.1

In tabel 12 wordt de uitwerking voor Industriewater Eerbeek gegeven. Op deze waterzuivering wordt jaarlijks ongeveer 35 ton fosforzuur en 35 ton ureum gebruikt. De geschatte kosten zijn ca. € 17,500 per jaar.

TABEL 12 NUTRIËNTENVERBRUIK INDUSTRIEWATER EERBEEK; VERBRUIK EN KOSTEN PER JAAR

Middel	Jaarlijks verbruik (* 1000 kg)	Prijs per 1000 kg in 1995	Kostenindicatie per jaar	Omrekening naar mol
fosforzuur H ₃ PO ₄ (85%)	35	€ 300	€ 10,500	303.882
ureum CO(NH ₂) ₂ (100%)	35	€ 200	€ 7,000	583.333

In tabel 13 is het nutriëntenverbruik van Industrierwater Eerbeek omgerekend naar urine-equivalenten en volume-equivalenten en de potentiële opbrengst per urine equivalent. De N:P verhouding van urine is relatief ongunstig waardoor bij een voldoende toediening van stikstof 1.865 urine-equivalenten nodig zijn, terwijl voor voldoende toediening van fosfaat 25.726 equivalenten nodig zijn.

Bij volledige vervanging van het ureumgebruik door urine en gedeeltelijk vervanging van het gebruik van fosforzuur zal de potentiële opbrengst (= kostenbesparing) per urine-equivalent circa € 4,11 bedragen. Deze kosten zullen afgezet moeten worden tegen de kosten van transport van 1.021 m³ urine en van opslag ter plaatse.

Met betrekking tot de opslag dient opgemerkt te worden dat de huidige opslagcapaciteit ter plaatse waarschijnlijk beperkt is (maximaal ca. 10 m³). Opslag is nodig om continue dosering aan de zuivering te waarborgen.

De voorzichtige conclusie is dat er marktpotentieel is maar dat de urine een concentreringsstap (factor: 10-20?) nodig zal hebben om praktische toepasbaarheid in de industriële waterzuivering te hebben. Gedacht kan worden aan indamping of omgekeerde osmose (NB hierbij dient rekening te worden gehouden met hydrolyse van ureum naar ammonium; ammonium wordt niet volledig verwijderd).

TABEL 13

OMREKENING NAAR URINE-EQUIVALENTEN EN VOLUME-EQUIVALENTEN EN POTENTIËLE OPBRENGST PER URINE EQUIVALENT

Urine equivalenten (aantal personen)	Volume equivalenten (m ³)	Potentiële opbrengst per urine equivalent
25.726	14.085	€ 0,41
1.865	1.021	€ 3,75