

Nieuwe Nuts: Duurzaam ontlasten

Naar lokaal gebruik van afvalwater

Rapport in opdracht van InnovatieNetwerk, opgesteld door:
Dr.ir. A. (Adriaan) Mels, Lettinga Associates Foundation (LeAF), Wageningen

Projectleider InnovatieNetwerk:
Peter Oei

Dit rapport valt binnen het thema “Duurzaam Ondernemen”, concept “Nieuwe Nuts”.



Postbus 19197
3501 DD Utrecht
tel.: 070 378 56 53

internet: www.innovatienetwerk.org

Het ministerie van LNV nam het initiatief tot en financiert InnovatieNetwerk.

ISBN: 978 – 90 – 5059 – 361 – 8

Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.

Rapportnr. 08.2.182, Utrecht, juli 2008.

Voorwoord

Het is tijd om anders te kijken naar afvalwaterstromen. Hoewel er steeds meer belangstelling is voor zichtbare innovaties zoals groene en energieneutrale gebouwen, blijft de belangstelling voor de 'achterkant' van de keten nog achter. Toch is afvalwater in principe een bron voor energie, voedingsstoffen en biogas. Een nieuw soort 'bronwater', al moeten we misschien een boom opzetten over de term. Het gescheiden afvoeren van vloeistoffen biedt veel kansen voor milieuwinst en innovatie.

De technieken zijn essentieel voor concepten van InnovatieNetwerk, zoals de Zonneterp en Nieuwe Nuts. Schoon regenwater wordt te kostbaar om bij te mengen in het vuile water uit gebouwen, dat weer gesplitst dient te worden in urine, douchewater en toiletwater. Helaas zijn de huidige afvoernetten nauwelijks geschikt voor deze nieuwe aanpak. Het zijn immers altijd enkelvoudige netwerken voor al het afvalwater. Gelukkig bieden de ophanden zijnde restauratie van en herinvesteringen in verouderde rioleringsnetten een unieke kans om de stromen gescheiden in te richten, zonder al te veel extra kosten.

Experimenten met de nieuwe techniek lopen al in Zweden, Duitsland en ook in Nederland. Enkele tientallen woningen in Sneek bewijzen de haalbaarheid op praktijkschaal. Een commerciële projectontwikkelaar past de techniek bij twee recente projecten toe, vanwege de flexibiliteit van het leidingstelsel. In Waddinxveen zijn 400 woningen met een gescheiden systeem gepland, waarbij vergisting van de faeces, elektra en warmte oplevert. Maar ook in wijken waar grootschalig onderhoud aan de riolering gepland is, kan het Nieuwe Poepen en Plassen een oplossing bieden.

Het lokaal afvoeren en verwerken van afvalwater in volledig gesloten kringlopen kan de nieuwe norm worden in het hele land. De zorg

voor de reiniging gaat over van de waterschappen naar lokale verenigingen van eigenaren. Regionale zuiveringsinstallaties zijn steeds minder nodig, net zomin als kilometerslange aanvoersystemen. De investering kan omlaag, het rendement omhoog: het afval uit water wordt een bron van energie en meststof voor de landbouw. Het eindproduct zal vrijwel net zo schoon zijn als bronwater. Misschien houden we die term er dus toch maar wel in.

Op onze website is een minidocumentaire te zien over dit onderwerp, naast een aantal andere vormen van Nieuwe Nuts: lokale bronnen lokaal inzetten voor duurzame koude, warmte, elektra, afvalwaterzuivering en drinkwater. Als u een paar films gezien heeft, zult u zich afvragen waarom we dit niet eerder hebben bedacht. Systeeminnovaties op dit terrein zijn nu op korte termijn in te voeren. Waterschappen, woningbouwcorporaties en projectontwikkelaars kunnen aan de hand van deze publicatie nagaan welke kansen ze de komende tijd kunnen verzilveren.

Dr. G. Vos,
Directeur InnovatieNetwerk

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting	1
1. Inleiding	5
2. Geschiedenis van de (afval)waterketen	7
3. Knelpunten in de huidige afvalwater- infrastructuur	11 11
4. Scheiding van stromen aan de bron	13
5. Het Nieuwe Plassen	17
6. Waterbesparing, flexibel transport en biogasproductie door toepassing van vacuümtoiletten	21
7. Decentrale zuivering van grijswater en warmteterugwinning	27
8. Hemelwaterafkoppeling	31
9. Toepassingskansen, voordelen en kosten	35
Summary	39

Samenvatting

Hoewel de mens al duizenden jaren afvalwater produceert, is de infrastructuur voor afvalwater heel recent. In Nederland is de riolering tussen de 50 en 100 jaar oud. Deze rioleringsstelsels voeren hemelwater, waswater en toiletwater af naar zuiveringsinstallaties. Dit systeem is de standaard voor de riolering in West-Europa. Maar er zijn nieuwe ontwikkelingen: er wordt druk geëxperimenteerd met systemen waarin water grondstof is in plaats van afval. Dit rapport beschrijft de kansen die in de komende investeringsgolf een plaats kunnen krijgen.

Geschiedenis

Meer dan 4000 jaar geleden gebruikten de Minoërs op Kreta een leidingstelsel voor de aan- en afvoer van water. Bij de komst van de Romeinen ging deze kennis helaas verloren. Pas in de 19e eeuw, toen in Europa miljoenen mensen stierven door cholera en infectieziekten, werden nieuwe rioleringsstelsels aangelegd. Grote steden in Nederland kenden lange tijd een systeem met tonnetjes en een ophaaldienst. Het afval diende als meststof in de landbouw. Door de grote voedingswaarde van dit afval bestond er een levendige handel in, die duurde tot kunstmest beschikbaar kwam.

Het huidige systeem van waterleidingen, riolering en afvalwaterbehandeling is inmiddels een eeuw oud. Het afvalwater leidde tot een sterke vervuiling van het oppervlaktewater buiten de steden. Later legden waterschappen rioolwaterzuiveringsinstallaties aan om het afvalwater te zuiveren. Na de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater kwamen er honderden zuiveringsinstallaties bij. Van het geloosde water is nu 98 procent schoon.

Herinvesteringen nodig

In het huidige stelsel in Nederland is naar schatting 50 miljard geïnvesteerd. Een groot deel van de leidingen is ouder dan 40 jaar. Er zijn in de komende jaren aanzienlijke investeringen nodig voor vernieu-

wing en onderhoud. Daarnaast heeft het huidige stelsel onvoldoende afvoercapaciteit, waardoor steeds vaker ongezuiverd water in lokaal oppervlaktewater terecht komt.

Het gezuiverde water zal in de komende jaren steeds schoner worden ten gevolge van aangescherpte regels voor de kwaliteit. Medicijnresten en hormonen mogen over enkele jaren veel minder dan nu meetbaar zijn in het lozingswater. Geloosd water is dan weer geschikt als vaarwater en voor de bereiding van drinkwater.

Scheiding van stromen aan de bron

Grijs afvalwater van huishoudens komt van bad, was en keuken.

Daarnaast is er zwart afvalwater uit het toilet. Hemelwater is een aparte stroom die in veel steden ook via verharde oppervlakken in de riolering verdwijnt. Daarnaast heeft de riolering ook een functie voor de afvoer van grondwater: soms onbedoeld door leidingbreuken, soms bewust als drainage.

Een van de uitgangspunten bij innovaties binnen de afvalwaterketen is scheiding van stromen aan de bron. Door stromen apart in te zamelen, blijven pathogenen, voedingsstoffen en microverontreinigingen geconcentreerd in een klein deel van het water. Het gescheiden verwerken van de stromen daarna is zeer interessant

Het Nieuwe Plassen

Urine gescheiden inzamelen via speciale toiletten is een idee in deze nieuwe ontwikkeling. Menselijke urine is de grootste bron van voedingsstoffen in stedelijk afvalwater, hoewel slechts 1 procent van het afvalwater uit urine bestaat. Voor deze reststof bestaat een apart afvoersysteem, voor hergebruik als meststof. De meeste milieuvreemde stoffen en verontreinigingen kunnen na het apart inzamelen worden opgevangen. De speciale toiletten besparen dagelijks 10 tot 15 liter spoelwater per persoon. In Zweden zijn inmiddels meer dan 10.000 speciale toiletten verkocht. In Nederland zijn haalbaarheidsstudies uitgevoerd om het Nieuwe Plassen in woonwijken toe te passen, onder meer in de wijk IJburg in Amsterdam.

Zweden gebruiken de gescheiden ingezamelde urine als meststof, onder andere vanwege het fosfaat (een eindige delfstof). Het energiegebruik in zuiveringsinstallaties is gedaald. In Nederland is urine als meststof wettelijk nog niet toegestaan. Wageningen Universiteit en andere instanties doen op dit moment onderzoek naar de voor- en nadelen van toepassing in de landbouw. Hieruit blijkt dat urine een relatief schone meststof kan opleveren.

Van vacuümtoilet tot biogas

Vacuümtoiletten die we kennen uit treinen en vliegtuigen, kunnen nu ook een plaats krijgen in woningbouw. Deze toiletten gebruiken maar 1 liter water per spoeling. De plaatsing is minder afhankelijk van leidingen. Voordeel van deze wijze van afvoer in geconcentreerde vorm is dat energiewinning mogelijk is door vergisting en productie van biogas. Een proefproject in Sneek zamelt toiletwater en grijswater apart in. Het zwartwater verandert na enkele dagen vergisting in opgewerkt biogas. Naast woningbouwcorporaties gaan nu ook commerciële projectontwikkelaars vacuümriolering toepassen. In Lübeck in Duitsland loopt al een grootschalig project dat netto elek-

Decentrale zuivering

Meer dan 70 procent van het huishoudelijk afvalwater is grijswater. Dit water bevat veel minder afval- en voedingsstoffen dan zwartwater. Apart behandelen biedt daardoor veel voordelen. Dit kan in een open omgeving in de woonwijk worden gerealiseerd, waarbij een zeer hoge waterkwaliteit wordt gehaald. De benodigde oppervlakte voor de filters is goed in een woonwijk in te passen. Dit gebeurt bijvoorbeeld in Lanxmeer in Culemborg.

Warmte uit grijswater

Grijswater is vrij warm: tussen de 20 en 25 graden. Door deze warmte terug te geven aan het koude kraanwater, bespaart de gebruiker energie. Dergelijke systemen passen in zowel nieuwe als bestaande bouw. Door een juiste volgorde kunnen biologische processen optimaal presteren en blijft warmte maximaal behouden.

Behandeling van regenwater

Weinig rioleringsstelsels zijn opgewassen tegen hevige regen, met 'overstort' op het oppervlaktewater als resultaat. Afkoppeling van de regenwaterleidingen is inmiddels de standaard in nieuwe wijken. Aanpassing van het bestaande leidingnet is in oudere wijken het alternatief. Aangezien veel leidingnetten in steden toe zijn aan renovatie of onderhoud, is dit het aangewezen moment voor de aanleg van of aanpassing naar een gescheiden systeem. Aparte hemelwaterriolering is een dure oplossing. Waterdoorlatende bestrating of infiltratieputten kunnen dan een nieuwe oplossing vormen.

Kansen, voordelen en kosten

Afvalwaterscheiding is door de vele voordelen sterk in opkomst. Het Nieuwe Plassen kan door urinescheiding, vacuüm- en *no-mix*-toiletten grote verbeteringen opleveren in de afvalwaterketen. In combinatie met gisting en grijswaterzuivering leidt dat op de schaal van individuele wijken tot besparingen van 8 tot 10% op het gasverbruik. Volledig decentrale afvalwaterzuivering biedt uitdagende mogelijkheden voor energieretrouwwinning uit water en hergebruik van voedingsstoffen. Decentrale zuivering vraagt ook een andere inrichting en organisatie: lokale Verenigingen van Eigenaren, in plaats van centrale en dure instanties. Het kringloopproces dat eerder is toegepast voor De Zonneterp, combineert innovaties voor energie, tapwater en afvalverwerking met innovaties in de glastuinbouw, waardoor volledig gesloten en lokale kringlopen in 'eigen beheer' technisch mogelijk zijn.

1. Inleiding

Afvalwater en afval zijn zo oud als de mensheid. We gebruiken water om ons te wassen en moeten ons nu eenmaal ontdoen van onze uitwerpselen. De infrastructuur voor zowel de watervoorziening als de afvalwaterafvoer is in westerse steden nagenoeg onzichtbaar, maar is wel van groot belang voor de publieke gezondheid. Het is immers nog maar 150 jaar geleden dat steden in Europa werden geteisterd door ziektes en vuil. De gemiddelde levensverwachting in veel steden lag onder de 35 jaar, vooral door de hoge kindersterfte. De grootschalige aanleg van rioleringsstelsels en waterleidingen vanaf de tweede helft van de 19^e eeuw heeft deze situatie sterk veranderd. Volgens het *British Medical Journal* is de ontwikkeling van sanitatie zelfs de grootste medische vooruitgang van de laatste 160 jaar.

De meeste Nederlandse steden beschikken al meer dan 50 jaar over riolering. Riolering is het heersende paradigma geworden bij de afvoer van afvalwater en menselijke uitwerpselen. Deze rioleringsstelsels voeren niet alleen huishoudelijk afvalwater, maar ook hemelwater en grondwater af naar grootschalige rioolwaterzuiveringsinstallaties. Hoewel de aanpak werkt, zijn er nieuwe ontwikkelingen. In Nederland en andere Europese landen wordt namelijk druk geëxperimenteerd met systemen waarin afvalwater niet alleen wordt beschouwd als een afvalstof, maar ook als een potentiële grondstof voor bemesting of energieopwekking. Dit rapport geeft een overzicht van deze ontwikkelingen.

2.

Geschiedenis van de (afval)- waterketen

De oudste bekende waterinfrastructuur in Europa is te vinden op Kreta. De Minoërs (2700-1450 jaar voor Christus) gebruikten leidingen en buizen voor de aanvoer van hun water en de afvoer van afvalwater en uitwerpselen. Bij opgravingen bij een paleis bij Knossos zijn meer dan 4000 jaar oude rioleringsbuizen gevonden. De Grieken, en later de Romeinen, hebben veel van de kennis van de Minoërs overgenomen. Vooral de Romeinen beschikten over geavanceerde waterkennis. De stad Rome werd rond 100 voor Christus door elf aquaducten van water voorzien. Het water werd van tientallen kilometers afstand uit de bergen aangevoerd. Vanuit verzamelbekkens werd het water met een stelsel van loden en keramieken pijpen naar individuele woningen getransporteerd. Afvalwater werd via een rioleringsstelsel afgevoerd naar de rivier de Tiber. Bij de val van het Romeinse Rijk ging de technische kennis over de aan- en afvoer van water nagenoeg geheel verloren. Het duurde tot in de 19^e eeuw voordat er in de Europese steden weer waterleidingen en rioolsystemen ontstonden.

Door de industriële revolutie groeiden steden zoals Londen, Hamburg, Parijs en Amsterdam vanaf het einde van de 18^e eeuw zeer sterk. In 1834 werd Europa getroffen door een grote cholera-epidemie, waarna een groeiende interesse in de hygiënische situatie in de steden ontstond. De Britse medicus John Snow toonde in 1849 aan dat infectieziekten zoals cholera worden verspreid door vervuiling van drinkwaterbronnen met menselijke afvalstoffen, en niet 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 blootstond aan infectieziekten. Om de hygiënische toestand in de steden te verbeteren, ontstond rond 1870 in Nederland het tonnetjessysteem. Met behulp van een ophaalsysteem met karren werden

menselijke afvalstoffen (urine en fecaliën) in stedelijke gebieden ingezameld. In veel gevallen werd het ingezamelde materiaal gebruikt als meststof in de landbouw. Hiervoor was veel belangstelling vanwege de grote behoefte aan nutriënten, en er ontwikkelde zich gedurende enkele decennia een levendige handel in menselijke mest. Door de uitvinding van de kunstmest in 1890 zakten de prijzen voor nutriënten en werd de handel in stedelijke meststoffen minder lucratief. Hierdoor raakte het tonnetjessysteem langzaam uit de gratie.

Figuur 1: Hoewel de belangstelling voor de bemestende waarde van menselijke mest na 1890 sterk afnam door de komst van kunstmest, heeft het systeem in veel steden nog lang bestaan. In Alkmaar bestond het systeem in sommige wijken nog in 1954 (Bron: Regionaal Archief Alkmaar).



De grondslagen voor het huidige systeem van waterleidingen, riolering en afvalwaterbehandeling werden aan het eind van de 19^e eeuw gelegd. Waterleidingen werden steeds vaker aangelegd om zowel de bevolking van schoon water te voorzien als om te zorgen dat er voldoende bluswater voor brandbestrijding was. Door de toenemende beschikbaarheid van drinkwatervoorzieningen, de uitvinding van de wc (watercloset) en een groeiende bevolking, vormde afvalwater in steeds meer steden een probleem. De hoeveelheid water bleek lastig af te voeren, waardoor grachten en drinkwaterbronnen in toenemende mate vervuild raakten. Dit vormde een gevaar voor de volksgezondheid. Na verschillende uitbraken van cholera werden – in navolging van buitenlandse steden zoals Londen, Parijs en Hamburg – op veel plaatsen in Nederland rioleringsystemen aangelegd om het afvalwater uit de stad te leiden.

De afvoer van het afvalwater uit de steden leidde weliswaar tot vermindering van het aantal ziektes, maar veroorzaakte – door de lozing van het afvalwater – een sterke verontreiniging van het oppervlaktewater. Vanaf de jaren twintig werden ter bescherming van het oppervlaktewater, rioolwaterzuiveringsinstallaties gebouwd, met als resultaat dat in 1958 het afvalwater van circa 2 miljoen mensen werd gezuiverd. De introductie van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater in 1970 leidde tot een groot-schalige aanpak van de watervervuiling. Anno 2004 wordt 98% van het geproduceerde afvalwater behandeld voor lozing op het oppervlaktewater in bijna 400 rioolwaterzuiveringsinstallaties.

3.

Knelpunten in de huidige afvalwaterinfrastructuur

In totaal ligt er tegenwoordig in Nederland meer dan 86.000 kilometer aan rioleringsbuizen onder de grond, met een geschatte vervangingswaarde van circa 50 miljard euro. Het grootste deel van het systeem (84%) bestaat uit vrijervalbuizen 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. Een groot deel van de riolering (22%) in Nederland is ouder dan 40 jaar en in veel gevallen slechts sporadisch gerestaureerd.

De rioleringszorg ziet zich momenteel voor verschillende problemen geplaatst die de nodige inspanningen zullen vergen. Zo zal de komende jaren een belangrijk deel van het huidige stelsel vervangen of gerenoveerd moeten worden. Bovendien hebben veel rioleringsstelsels onvoldoende afvoercapaciteit, wat leidt tot een te hoge overstortfrequentie en lokale lozing van ongezuiverd afvalwater op vaak kwetsbaar oppervlaktewater.

Door de toenemende druk op de waterreserves worden ook steeds hogere eisen gesteld aan de zuiveringsprestaties van rioolwaterzuiveringsinstallaties. 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 Zwemwaterrichtlijn 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 worden¹. Daarnaast is de lozing op oppervlaktewater van medicijnresten en hormoonverstorende stoffen via het effluent van rwzi's, een zorgpunt met het oog op de drinkwaterwinning.

¹ Aanvullende informatie ten behoeve van de behandeling van de wijziging van de Wet op de waterhuishouding en de Wet milieubeheer ten behoeve 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.

4.

Scheiding van stromen aan de bron

Het afvalwater dat vanuit huishoudens naar de riolering stroomt, heeft verschillende bronnen (zie 0). Er is een 'grijze' stroom, afkomstig van bad, douche, wasmachine en keuken. Daarnaast is er 'zwart' afvalwater uit het toilet. Een derde stroom is hemelwater. In veel stedelijke gebieden wordt hemelwater bovendien van verhard oppervlak via de riolering afgevoerd.

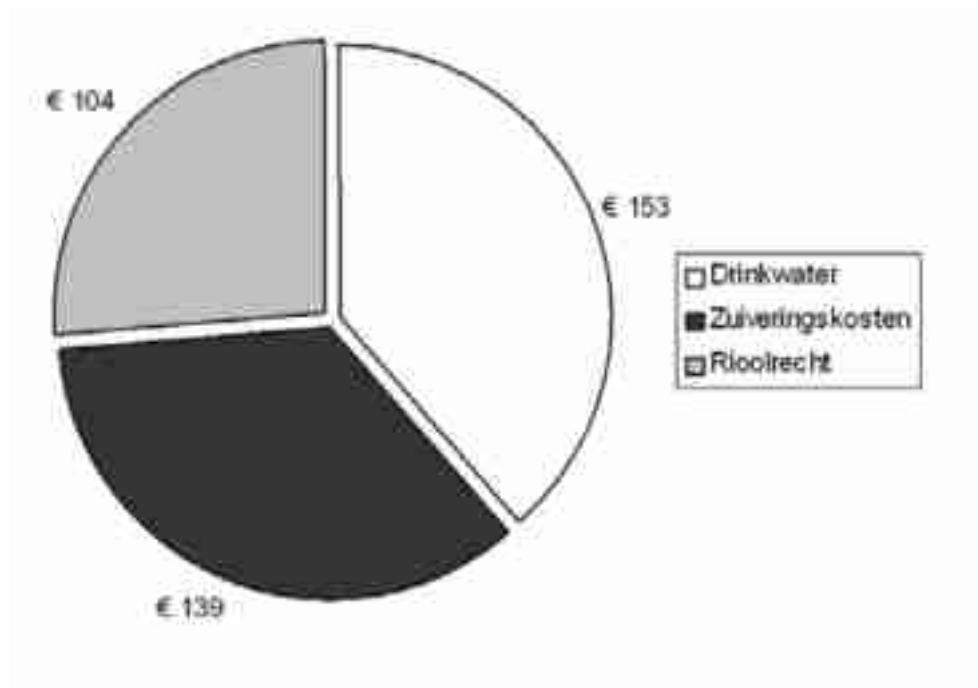
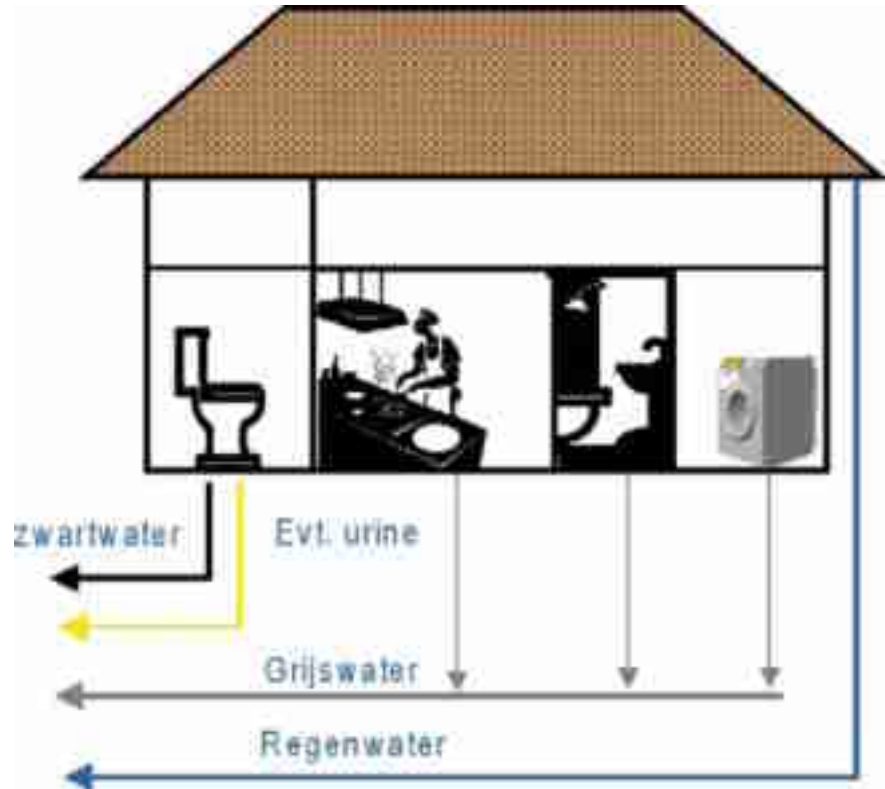
Een laatste, relatief onbekende bron van water in de riolering, is grondwater. In gemeenten met een hoge grondwaterstand functioneert het riool als drainagesysteem. Via lekken in het stelsel stroomt grondwater het riool in. De lekkages kunnen veroorzaakt zijn door zettingsschade bij bijvoorbeeld verzakkingen door dalende bodems. Ook is er vaak sprake van bewust aangebrachte openingen om drainage tot stand te brengen, of is zelfs sprake van aansluiting van drainagesystemen op de riolering. Uit onderzoek van STOWA blijkt dat dit kan oplopen tot 25-80% bovenop de droog- en hemelwaterafvoer².

Een van de uitgangspunten bij de innovaties die momenteel plaatsvinden binnen de (afval) waterketen, is de scheiding van stromen aan de bron. In de Nederlandse watersector is veel belangstelling voor deze aanpak. Door stromen apart in te zamelen, blijven pathogenen, nutriënten en microverontreinigingen geconcentreerd in relatief kleine volumes. Vanwege het verschil in samenstelling is het vanuit procestechnologisch perspectief interessant om de verschillende stromen apart te behandelen. De volgende paragrafen beschrijven verschillende innovaties gebaseerd op scheiding aan de bron.

² STOWA (2003). *Rioolvreemd water: onderzoek naar hoeveelheden en oorsprong afvalwater.*

Figuur 2: Verschillende huishoudelijke afvalwaterstromen en hun omvang³.

³ Mels, A. et al. (2005). Afvalwaterketen ontketend, Perspectieven voor afvalwatertransport en -zuivering in de 21ste eeuw. STOWA-rapport 2005-12, Utrecht.



5. Het Nieuwe Plassen

Een nieuwe ontwikkeling in Nederland is ‘het Nieuwe Plassen’, waarbij urine gescheiden wordt ingezameld door de toepassing van speciale toiletten of urinoirs. Urinescheidende of *No Mix*-toiletten hebben een aparte afvoer voor urine aan de voorkant van het toilet (zie 0). De ingezamelde urine wordt tijdelijk op gebouw- of wijkniveau opgeslagen in speciale tanks, en vervolgens per as afgevoerd naar een centrale plaats voor verwerking of hergebruik.

Menselijke urine is de grootste bron van nutriënten in stedelijk afvalwater (zie 0). Ook kan urine medicijnresten en microverontreinigingen bevatten die via de nieren worden uitgescheiden. Urine omvat ongeveer 1% van de totale hoeveelheid stedelijk afvalwater. Door urine apart in te zamelen, kunnen veel mineralen en milieuvreemde stoffen gescheiden worden ingezameld. Dit bespaart energie bij rioolwaterzuiveringsinstallaties en kan de missie van probleemstoffen naar het oppervlaktewater verminderen. Om de ingezamelde urine niet te veel te verdunnen, hebben *No Mix*-toiletten een lager spoelwatergebruik dan conventionele wc's. Hierdoor wordt dagelijks 10 tot 15 liter spoelwater per persoon bespaard.



Figuur 3: Bronnen van mineralen in stedelijk afvalwater⁴.

⁴ STOWA. 2001. *Separate urine collection and treatment. Options for sustainable wastewater systems and mineral recovery. 2001-39.*

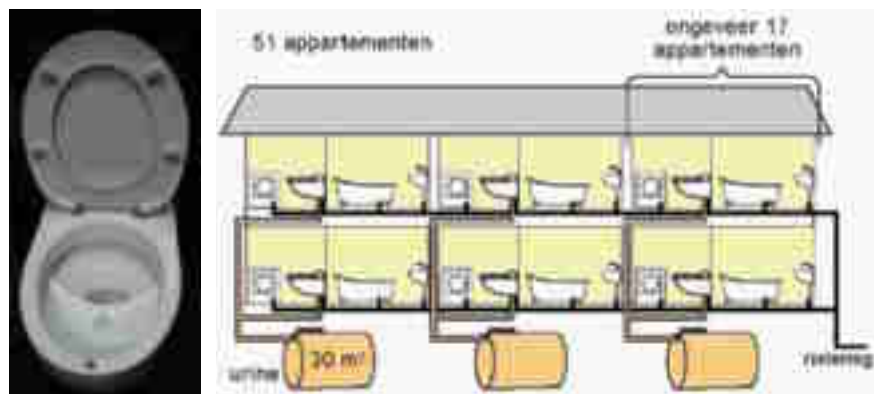
Het Nieuwe Plassen is ontwikkeld in Zweden, waar al meer dan 10.000 *No Mix*-toiletten zijn verkocht. In Nederland is het systeem voor het eerst toegepast in een woon-zorgcomplex in Meppel in 2005. Er zijn in Nederland inmiddels meerdere kantoorgebouwen uitgerust met *No Mix*-toiletten. Momenteel worden verschillende haalbaarheidsstudies uitgevoerd om het Nieuwe Plassen ook in woonwijken toe te passen (o.a. de Tweede Fase IJburg in Amsterdam). De firma Sealskin heeft het eerste Nederlandse designtoilet met urinescheiding ontwikkeld en wil dit op korte termijn op de markt brengen.

Veel waterschappen hebben interesse in het Nieuwe Plassen omdat deze aanpak de emissies van probleemstoffen (medicijnresten, hormonen) naar het oppervlaktewater aanzienlijk kan reduceren. Ongeveer 70-90% van de medicijnen wordt via de urine uitgescheiden. Rioolwaterzuiveringsinstallaties kunnen veel van deze stoffen niet of niet volledig uit het afvalwater verwijderen. Het Maasziekenhuis in Boxtel en het Waterschap Aa en Maas hebben in 2007 de vierde internationale Maasprijs ontvangen voor de voorgenomen urinescheiding in de nieuwbouw van het hospitaal. Het waterschap en het ziekenhuis willen hiermee de fosfaat- en stikstofbelasting op de rwzi verminderen, maar ook voorkomen dat er medicijnresten in de Maas terechtkomen. Een ander voordeel van urinescheiding is dat er veel energie bespaard kan worden in rioolwaterzuiveringsinstallaties. Daarnaast blijkt ook dat *No Mix*-toiletten gebruikers bewuster maken van de afvalwaterketen. Dit is iets wat past bij de huidige beleidsvoornemens in de Europese Kaderrichtlijn Water.

In Zweden wordt de gescheiden ingezamelde urine gebruikt als meststof, omdat deze zoveel nutriënten bevat. Hierdoor kan bespaard worden op kunstmest. Dit is met name interessant voor het mineraal fosfaat, omdat dit een eindige grondstof is waarvan de voorraden sterk aan het slinken zijn. Verder wordt er indirect energie bespaard voor de productie van kunstmest

In Nederland moet voor de toepassing van urine als meststof, toestemming van het lokaal bevoegd gezag aangevraagd worden omdat urine niet op de officiële lijst van toegelaten meststoffen staat. STOWA, Wageningen Universiteit, LeAF en Grontmij doen onderzoek naar de voor- en nadelen van toepassing in de landbouw. Uit dit onderzoek blijkt dat urine een relatief schone meststof is en er verhoudingsgewijs aanzienlijk minder zware metalen op bouwland gebracht worden in vergelijking met kunstmest en dierlijke meststoffen. De medicijnen en hormonen worden in de bodem voor zeer lange tijd vastgelegd door adsorptie aan bodemdeeltjes. De meeste stoffen blijken in de bodem langzaam af te breken. Er lopen ook diverse R&D-trajecten om urine op te werken tot meststof, tot toeslagstof bij compostering, of tot een nitraatrijke hulpstof bij het voorkomen van sulfietemissies in persleidingen.

Figuur 4: No Mix-toilet in het Watermuseum in Arnhem (Foto: Adriaan Mels) en toepassing van urinescheiding in een appartementencomplex in Stockholm, Zweden.



6. Waterbesparing, flexibel transport en biogasproductie door toepassing van vacuümtoiletten

Toepassing van vacuümtoiletten in woningbouw

Een andere nieuwe ontwikkeling is de toepassing van vacuümtoiletten in de woningbouw. 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 wordt een kleine hoeveelheid water toegevoegd (0,7 tot 1 liter per spoeling) om daarmee het toilet te reinigen. Vacuümtoiletten worden veel toegepast op schepen en in treinen vanwege de geringe waterbehoefte en de lage afvalwaterproductie.



Figuur 5: Boven- en zijaanzicht van een vacuümtoilet (Foto: Erwin Koetse).

De toepassing van vacuümtoiletten in woningen is nieuw en lijkt een groot potentieel te bieden. Er kan niet alleen aanzienlijk – 80-90% – bespaard worden op het watergebruik van het toilet, ook bieden deze toiletten mogelijkheden voor flexibele inzet in bijvoorbeeld houten

skeletbouw. Medio 2007 is een project gerealiseerd in een nieuw appartementencomplex in Deventer, genaamd Casa Vita, waarbij vacuümtoiletten zijn toegepast in 38 appartementen met houtskeletbouw.

Vacuümtechnologie blijkt uitstekend samen te gaan met houtskeletbouw, omdat beide technieken de bouw veel flexibeler maken. Bij het appartementencomplex Casa Vita konden de eigenaren zelf kiezen hoe ze hun leefoppervlakte ingericht wilden hebben. Vanwege de flexibiliteit en relatief kleine leidingdiameters van vacuümtechnologie was het niet meer noodzakelijk om het toilet dichtbij een hoofdleiding te situeren, zoals bij conventionele riolering normaal wel het geval is. Hierdoor was het mogelijk de toiletruimtes naar eigen inzicht een plaats te geven in het appartement. Voor deze vrijheid van oppervlakte-inrichting was veel belangstelling. Het heeft er mede voor gezorgd dat alle appartementen binnen drie weken waren verkocht.

Figuur 6: Appartementencomplex Casa Vita in Deventer, waar 38 houtskeletbouwappartementen met vacuümtoiletten zijn uitgerust (Foto: Paul Telkamp).



Biogasproductie uit toilet- en groenafval

Door vacuümopvang wordt toiletafval geconcentreerd ingezameld. In geconcentreerde vorm kan er uit zwartwater, energie worden gewonnen door middel van vergisting en productie van biogas. Hierbij is een combinatie met de vergisting van organisch keukenafval mogelijk. Voor de inzameling van keukenafval wordt hiertoe in de afvoer van het aanrecht een In-Sink-Erator⁵ geïnstalleerd en aangesloten op de vacuümriolering (dit verkeert nog in een experimentele fase). Het organisch afval wordt hierbij samen met het keukenwater afgevoerd naar een vergistingsinstallatie. Combinatie met afvoer van het organisch deel van het huishoudelijk afval levert extra gebruiksgemak op en een kostenbesparing door een verminderde afvoer van gft⁶. Na de vergisting kan het materiaal ingezet worden als meststof.

⁵ Voor toepassing van insinkerators is ontkoppeling van het riool noodzakelijk. Deze reststroom mag namelijk niet in de algemene rioolwaterzuivering terechtkomen.

⁶ In Nederland is de afvoer van organisch afval via de riolering officieel niet toegestaan door het ministerie van VROM vanwege het principe dat afval niet via de 'natte' route mag worden afgevoerd. Echter, in combinatie met separate inzameling en anaërobe verwerking van zwartwater, lijkt dit energetisch aantrekkelijk en zou een ontheffing waarschijnlijk mogelijk zijn.



Figuur 7: Voedselrestenvermaler met aansluiting op een vacuümrioleringsysteem (Foto's: homesandbargains.co.uk en plumberscrib.com).

Voorbeeldprojecten

Vacuümtechnologie heeft een lange ontwikkelingsgeschiedenis. De Nederlander Charles Liernur ontwikkelde aan het einde van de 19^e eeuw een systeem voor de pneumatische afvoer van menselijke uitwerpselen⁷. Een van de belangrijke doelstellingen van het stelsel van Liernur was het behoud van meststoffen voor de landbouw. Het systeem was gebaseerd op ondergrondse opslagvaten bij woningen die waren verbonden met een leidingstelsel van ijzeren buizen. Het stelsel werd 's nachts door middel van vacuümpompen leeggezogen. De onderdruk werd opgewekt door een locomobiel. In tien minuten kon het afvalwater van 400-500 mensen in 60-80 huizen worden verzameld.

Het Liernursysteem heeft gedurende meer dan 25 jaar op kleine schaal goed gefunctioneerd in Leiden, Dordrecht, Amsterdam, Luxemburg, Praag en Sint-Petersburg. In Amsterdam maakten tussen 1880 en 1910 rond de 100.000 mensen gebruik van het systeem. De meststoffen werden hier in een fabriek verwerkt tot *poudrette* (ingedampt residu) en zwavelzure ammoniak. De verkoop van deze producten maakte het systeem economisch kostendekkend.



Figuur 8: Installatie van het Liernursysteem in Amsterdam.

⁷ Zon, H. van. *Een zeer onfrisse geschiedenis, studies over niet-industriële vervuiling in Nederland, 1850-1920. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, faculteit der letteren, 1986.*

In Sneek loopt momenteel het eerste proefproject in Nederland waarbij zwartwater op decentrale schaal wordt behandeld. Van 32 woningen wordt het toiletwater met behulp van een vacuümsysteem ingezameld, en gescheiden van het grijze water afgevoerd. Na inzameling wordt het zwarte water in een vergistingsinstallatie gepompt. Het vrijkomende biogas gaat naar een HR-ketel. De vrijkomende warmte wordt nu gebruikt voor de verwarming van de (niet-geïsoleerde) gistingstank, maar het zou ook gebruikt kunnen worden om één appartement van gas te voorzien. Uit het digestaat van de gister wint men struviet, dat geschikt is voor toepassing als kunstmest. Verder staat er een proefinstallatie waar stikstof via een innovatieve biologische route wordt verwijderd. Het project is opgezet door Landuistrie, Universiteit Wageningen, Woningstichting De Wieren, Woningstichting Patrimonium, Gemeente Sneek en Roediger. Dit jaar begint ook een proef waarbij het grijze afvalwater van de 32 woningen wordt behandeld in een compacte zuiveringsinstallatie.

Een vergelijkbaar project, maar dan op iets grotere schaal, is te vinden in de Duitse stad Lübeck. 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 gemiddelde verbruik in Duitsland. Het geconcentreerde zwartwater wordt via een vacuümrioleringsstelsel afgevoerd naar een vergistingsinstallatie in een centraal gelegen wijkgebouw (zie 0). Deze vergistingsinstallatie wordt naar verwachting in de zomer van 2008 opgestart en zal ook bioafval gaan behandelen. Het geproduceerde biogas zal gebruikt worden in een WKK-installatie voor wijkverwarming en lokale elektriciteitsopwekking in aanvulling op aardgas. Na vergisting wordt het zwartwater met tankwagens afgevoerd naar een dichtbijzijnde rwzi. Het is de bedoeling dat dit op termijn gebruikt gaat worden als meststof in de landbouw. Helofytenfilters behandelen het grijze water op lokale schaal en lozen het vervolgens op een nabijgelegen beek. Het hemelwater wordt geïnfiltreerd in de bodem via wadi's.

Figuur 9: Flintenbreite, Lübeck. Links een centraal gelegen wijkgebouw met vergistingruimte in de kelder. Rechts een vacuüminzamelingsstation voor de wijk (Foto's: Adriaan Mels).



7.

Decentrale zuivering van grijswater en warmteterugwinning

Decentrale zuivering van grijswater

Het volume grijswater omvat meer dan 70% van het huishoudelijke afvalwater (zie 0). Grijswater bevat veel lagere gehalten nutriënten dan zwartwater, en is daardoor aanzienlijk eenvoudiger te behandelen. Dit maakt de gescheiden behandeling van grijswater erg aantrekkelijk. Bovendien ontstaat door de lokale behandeling van grijswater, lokaal een nieuwe *extra* bron van water die gebruikt kan worden voor lokale waterpartijen of verdrogingsbestrijding.

Nederland heeft inmiddels veel ervaring met het gebruik van helofytenfilters voor de zuivering van grijswater. Een helofytenfilter bestaat uit een waterdichte foliebak gevuld met rietplanten en een filtersubstraat (zie 0). Een influentpomp brengt het afvalwater intermitterend op het filter (frequentie 2-5 maal per dag). In het filter vindt verwijdering en omzetting van de afvalstoffen plaats door een combinatie van biologische, fysische en chemische processen. De zuiveringsresultaten van deze systemen zijn over het algemeen goed en kunnen voldoen aan hoge lozingseisen (IBA klasse 3b).



Figuur 10: Zuivering van grijswater in een helofytenfilter in Flintenbreite, Lübeck. Links de aanleg van een filter. In het midden het filter na voltooiing, maar zonder riet. Rechts het filter met riet.

Helofytenfilters vergen ruimte (1 tot 4 m² per inwoner), wat een nadeel kan zijn in stedelijke gebieden. Gezien de aard van het afvalwater komen ook andere compacte systemen, zoals biorotoren of membraanbioreactoren (zie 0), voor zuivering van grijswater in aanmerking. Architecten die betrokken zijn geweest bij het ontwerp van grijswaterprojecten geven echter aan dat door integratie van de helofytenfilters in het stedenbouwkundig ontwerp, er nauwelijks extra kosten verbonden zijn aan deze decentrale vorm van afvalwaterbehandeling en -hergebruik. Een mooi voorbeeld hiervan is te vinden in de wijk Lanxmeer in Culemborg (zie 0). Het gezuiverde water van de filters wordt hier bovendien gebruikt in het lokale wijkwatersysteem.

Figuur 11: Integratie van helofytenfilters voor zuivering van grijswater in het stedenbouwkundig ontwerp van de wijk Lanxmeer in Culemborg. De cirkels geven de locaties van de helofytenfilters weer. Het effluent van de filters wordt gebruikt in het lokale wijkwatersysteem.



Figuur 12: Compacte zuiveringsinstallatie (membraanbioreactor) voor de zuivering van grijswater in de wijk Wohnen & Arbeiten in Freiburg, Duitsland (Foto: Erwin Koetse).



Warmtewinning uit grijs afvalwater

Huishoudelijk grijswater is relatief warm door het gebruik van warm water voor onder andere douchen, baden, afwassen en schoonmaken. De gemiddelde temperatuur van gemengd grijswater ligt tussen de 20°C en 25°C. Er zijn verschillende mogelijkheden om deze warmte te benutten. Zo zijn er systemen op de markt die de warmte uit douchewater winnen en deze warmte via een warmtewisselaar afstaan aan de aanvoerleiding van de warmwaterinstallatie. Een andere mogelijkheid is het winnen van de warmte met een warmtepomp en deze te leveren aan de centrale verwarming of een WKO-systeem.

Douchewarmteterugwinning (DWTW) is een eenvoudige techniek waarbij het warme douchewater tijdens de afvoer een warmtewisselaar passeert en daar deels zijn warmte afstaat. Er zijn twee uitvoeringsvormen: een buisvormige wisselaar (buis-in-buissysteem) of een warmtewisselaar in de douchevloer. Het eerste systeem kan alleen worden toegepast als de douche niet op de begane grond staat, omdat de buizen relatief lang zijn (1,7-2,5 m) en anders niet in een schacht verwerkt kunnen worden. Voor het systeem in de vloer kan het best gewerkt worden met een in de vloer geïntegreerde douchebak. 0 laat zien hoe de douchewarmteterugwinning aangesloten kan worden op de warmwatervoorziening. Door het installeren van een DWTD kan een gasbesparing van ca. 30% per douchebeurt behaald worden (Dermeveil, 2003).



Voor warmtewinning uit gecombineerd grijswater is de toepassing van een warmtepomp geschikter. Dit kan ook op decentrale schaal, in combinatie met de zuivering van grijswater. De vrijgekomen warmte zou dan bijvoorbeeld ingezet kunnen worden bij een WKO-systeem. Hierbij is het beter de warmtewinning toe te passen na het zuiveringsproces, omdat de temperatuur van het grijswater daalt na warmtewinning. Dit is nadelig voor biologische processen. Tot een temperatuur van ca 40°C geldt voor de meeste biologische processen dat hoe warmer het water is, hoe sneller deze processen zullen verlopen – en omgekeerd.

Figuur 13: Mogelijkheden voor het aansluiten van douchewarmteterugwinning (Ten Have, 2006).

8.

Hemelwater-afkoppeling

Veel rioleringsstelsels hebben bij hevige buien onvoldoende afvoercapaciteit. Dit leidt regelmatig tot 'overstorten' waarbij ongezuiverd afvalwater op oppervlaktewater geloosd wordt, met alle nadelige gevolgen van dien. Het probleem staat extra hoog op de agenda van waterschappen en gemeenten omdat door klimaatverandering, de regenintensiteit en het aantal overstorten toenemen. Overstorten vormen een van de belangrijkste milieuproblemen in stedelijke gebieden van dit moment. Veel gemeentes hebben de afgelopen jaren al aanzienlijke inspanningen geleverd om de overstortfrequentie terug te dringen.

Om het aantal overstorten te verminderen, is sinds enkele jaren het beleidsuitgangspunt dat de riolering niet meer voor hemelwaterafvoer gebruikt moet worden. In nieuwe wijken is het afkoppelen van hemelwater een uitgangspunt bij de stedenbouwkundige inrichting (met een minimum van 60 procent afkoppeling van verhard oppervlak). In bestaand stedelijk gebied is afkoppeling moeilijker, omdat hiervoor het bestaande leidingstelsel veranderd moet worden. Het streven is om op de lange termijn te komen tot 20 procent gescheiden inzameling van hemelwater. In 2002 was ongeveer 5 procent van het areaal verhard oppervlak afgekoppeld. De verwachting is dat dit in 2010 14 procent zal zijn (CWI, 2003⁸).

Voor de afkoppeling van hemelwater van de riolering zijn verschillende maatregelen beschikbaar. In gebieden met een lage grondwaterstand is lokale infiltratie goed mogelijk. Dit kan bijvoorbeeld door gebruik te maken van waterdoorlatende bestrating, lokale infiltratie door wadi's of infiltratieputten en begroeide daken. In gebieden met een hoge grondwaterstand is een apart hemelwaterriool vaak geschikter (een zogeheten 'gescheiden stelsel' of 'verbeterd gescheiden stelsel'). De aanleg van hemelwaterriolering is een relatief dure oplossing.

⁸ *Commissie Integraal Waterbeheer, Water in Cijfers 2003. <http://www.waterincijfers.nl/wic2003/>*

Figuur 14: Hemelwaterafkoppelmaatregelen. Boven een wadi voor hemelwaterinfiltratie. Onder een begroeid dak voor gedeeltelijke verdamping en een geleidelijkere afvoer van het resterende hemelwater naar een infiltratievoorziening.



9.

Toepassings- kansen, voordelen en kosten

Het Nieuwe Plassen

Het Nieuwe Plassen staat momenteel sterk in de belangstelling bij Waterschappen. Deze aanpak kan de emissies van probleemstoffen (medicijnresten, hormonen) naar het oppervlaktewater aanzienlijk reduceren. Een ander voordeel van urinescheiding is dat er veel energie bespaard kan worden bij rioolwaterzuiveringsinstallaties en dat *No Mix*-toiletten, gebruikers bewuster maken van de afvalwaterketen.

Urinescheiding kan relatief eenvoudig geïntegreerd worden in het huidige afvalwatersysteem, en is daarom ook geschikt voor veel bestaande woningen. De belangrijkste aanpassing is de installatie van *No Mix*-toiletten en extra leidingwerk in woningen en opslagtanks. Het overige afvalwater gaat in deze aanpak nog gewoon het riool in. Het *No Mix*-toilet is iets duurder dan een gewoon toilet, maar deze kosten worden op termijn terugverdiend door waterbesparing. Er zijn wel hogere kosten door de aanleg van leidingen, opslagtanks en de ophaalservice. Kostenstudies laten zien dat de meerkosten 5-25 euro per persoon per jaar bedragen.

Vacuümtoiletten

De toepassing van vacuümtoiletten in woningen is nieuw en heeft veel potentie. Er kan aanzienlijk bespaard worden op het watergebruik van het toilet (80-90%). Door toepassing van lichte pijpen met kleine diameters, bieden vacuümtoiletten mogelijkheden voor de flexibele inzet in bijvoorbeeld houten skeletbouw. Een vacuümtoilet is iets duurder dan een gewoon toilet en er is (op gebouw- of wijkniveau) een pomp nodig voor het aanleggen van de onderdruk. Uit kostenstudies blijkt dat de extra jaarlasten (afschrijving en rentelasten) worden terugverdiend door de gerealiseerde waterbesparing.

Decentraal systeem gebaseerd op vacuümtoiletten, gisting en grijswaterzuivering

Een veel verdergaande toepassing is het realiseren van een volledig decentraal afvalwaterzuiveringssysteem. Dit kan door een combinatie van technieken en systemen, bijvoorbeeld door de toepassing van vacuümtoiletten en gisting, waarbij ook het bioafval van woningen kan worden meevergist. Grijs afvalwater kan op gebouw- of wijkschaal worden gezuiverd in een compactstelsel of een helofytenfilter. In aanvulling hierop kan de warmte uit grijswater worden gewonnen met een warmtepomp. Uit een studie voor Waternet, uitgevoerd door LeAF en Grontmij, blijkt dat hiermee 8 tot 10 % bespaard kan worden in het aardgasverbruik. Voorbeelden van decentrale afvalwaterzuiveringssystemen zijn onder andere te vinden in Sneek en Lübeck (Duitsland).

Kostenstudies laten zien dat decentrale waterzuiveringssystemen een zekere schaal nodig hebben om te concurreren met het huidige afvalwatersysteem. Indicatief moeten 500-1000 woningen aangesloten zijn voor een kostendekkende exploitatie. Deze berekeningen zijn uitgevoerd bij de huidige stand van de techniek en kosten. Verwacht wordt dat de kosten in de toekomst zullen dalen.

Een volledig decentraal afvalwaterzuiveringssysteem is niet alleen uitdagend vanuit het perspectief van technologische en systeeminnovatie, het vormt ook een mogelijkheid om afvalwatervoorzieningen volledig anders te organiseren, waarbij er veel meer mogelijkheden ontstaan voor energierugwinning en water- en nutriëntenhergebruik. Het vereist ook een andere organisatie, waarbij woningeigenaars gezamenlijk hun eigen voorzieningen realiseren. Dit kan bijvoorbeeld door een Vereniging van Eigenaren (VvE). Er zijn verschillende voorbeelden in Nederland waarbij een VvE eigenaar is van een helofytensysteem voor grijswaterzuivering, en waarbij onderhoud is uitbesteed aan een gespecialiseerd bedrijf, of gezamenlijk wordt uitgevoerd.

Vanuit het ontwerp voor een decentraal afvalwaterzuiveringssysteem ligt de aansluiting bij andere systemen (energie, tapwater) voor de hand. Dit leidt tot verdere optimalisatie en decentralisatie. Een interessant voorbeeld hiervan is het ontwerp voor het Kringloopproces de Zonneterp (www.zonneterp.nl). Zonneterp (zie 0) maakt een koppeling tussen glastuinbouw en woningen. In de kas wordt zonnearmte gewonnen met behulp van geavanceerde warmtewisselaars, en opgeslagen met een WKO-systeem. Een kas van 1 hectare kan zo winterwarmte voor ongeveer 100 woningen leveren. De kas heeft CO₂ en nutriënten nodig. Om CO₂ te winnen, wordt het zwartwater vergist om methaan op te wekken én CO₂ voor de tuinbouwkas te produceren. De nutriënten uit het zwartwater vormen een bron van meststoffen voor de kas. Grijs afvalwater kan ook decentraal worden gezuiverd en – desgewenst – gebruikt worden als bron voor irrigatiewater.

New utilities: Sustainable defecation. Towards local use of wastewater
Mels, A. (LeAF, Wageningen)
InnovationNetwork Report No. 08.2.182, Utrecht, the Netherlands,
July 2008

Although mankind has been producing wastewater and sewage for thousands of years, the infrastructure we possess to deal with it is extremely recent. The Dutch drainage system is between fifty and one hundred years old. It transports rainwater, domestic wastewater and sewage to remote treatment plants. This type of system is standard throughout Western Europe. However, new developments are now emerging, and experiments are being conducted with systems in which water becomes a reusable resource rather than a waste product. This report sets out the opportunities which may present themselves during coming maintenance and investment rounds.

History

Over four thousand years ago, the Minoans on Crete had a plumbing system for both the supply of fresh water and the disposal of wastewater. The Romans had similar systems, but following the fall of the Roman Empire, the required knowledge was forgotten for many centuries. It was not until the nineteenth century, when cholera and other infectious diseases were claiming the lives of millions of Europeans, that new drainage and sewerage systems were built. The larger cities in the Netherlands had a system of barrels which were collected on a regular basis. Waste products were used as fertilizer in agriculture. Given the high nutrient content, there was a thriving trade in 'biosolids' which persisted until chemical alternatives became available.

The Netherlands' network of water supply lines, drains, sewers and water treatment plants is now a century old. The use of wastewater accounted for serious pollution of surface water in some rural regions. Water management authorities therefore built treatment plants to purify the wastewater. The passing of the *Wet Verontreiniging Oppervlaktewater* (Surface Water Pollution Act) resulted in hundreds more treatment installations being operationalized. Of all water discharged into the environment, 98% now meets at least the minimum quality requirements.

Re-investment

The existing drainage and sewerage system in the Netherlands represents an estimated investment of some fifty billion euros. Much of that system is now over forty years old. Substantial maintenance and replacement investments will therefore be required in the years ahead. Moreover, the transport capacity of the existing system is inadequate, resulting in more frequent leaching of untreated water and raw sewage into the local surface water.

New legislative standards will soon require treated water to meet even higher quality standards, with a substantial reduction in the measurable levels of chemicals (e.g. from prescription medication) and hormones. Discharged water will then once again be suitable for navigation and for the production of mains drinking water.

Separating the flows at source

'Grey water' is the term given to domestic wastewater which has been used for ablutions, laundry and in the kitchen. There is also 'black water', being that which has been flushed through the toilet after use and therefore contains human waste. Rainwater is a separate flow which in many towns and cities runs off hard surfaces directly into the drainage system. These drains also transport some excess groundwater, whether further to broken pipes or as a deliberate water management measure.

One of the basic principles of innovations within the wastewater chain is to separate these various flows at source. By collecting the flows separately, it becomes possible to isolate the pathogens, nutrients and micro-contaminants contained in a small proportion of the total water flows. This will enable the water treatment processes to be undertaken more economically.

'New bathroom habits'

One proposal further to this concept is to collect urine separately using specially designed lavatories. Human urine is the main source of nutrients in urban wastewater, even though only 1% of that wastewater actually comprises urine. This flow will have a separate transport system enabling it to be used as fertilizer. It will be possible to intercept and remove the majority of chemical, physical and microbiological contaminants. Moreover, the special lavatories will result in a reduction in water consumption of between 10 and 15 litres per day, per person. Over ten thousand of these lavatories are already in use in Sweden. Feasibility studies have been conducted in the Netherlands to examine whether the concept can be applied in new residential developments (such as Amsterdam's IJburg district).

The Swedish do indeed use the separated and collected urine as a fertilizer, partly due to the high phosphate content. (Phosphate is a finite resource). Overall energy consumption by the water treatment plants has fallen. In the Netherlands, current legislation prohibits the use of urine as a fertilizer. Wageningen University and several other organizations are now conducting research into the advantages and disadvantages of the use of urine in agriculture. Results to date suggest that it can provide a relatively clean fertilizer.

From vacuum toilet to biogas

Vacuum flush toilets are already familiar from their use in trains and aeroplanes. They could also be usefully applied in the home. Vacuum toilets use only one litre of water per flush. Moreover, there is greater freedom of choice with regard to siting within the home, since they are less dependent on the position of the wide gauge downpipe. The advantage of transporting solid waste in concentrated form is that it can be used to generate energy from biogas produced by fermentation of the waste. In a trial project in Sneek (NL), black water and grey water were collected separately. After a few days' fermentation, a useable quantity of biogas was derived from the black water. Some housing associations and commercial project developers now have concrete plans to use vacuum flush toilets in their properties. In Lübeck (Germany) a large-scale project is currently underway in which water treatment results in the net generation of electricity. (Usually, water treatment only consumes energy).

Decentralized treatment

Over 70% of domestic wastewater is 'grey' water. It contains far fewer nutrients and microbiological contaminants than black water. Separate treatment therefore offers many advantages. It is possible to undertake treatment in an open environment within the residential district itself, while nevertheless achieving extremely high water quality. The surface area required for the necessary filters can easily be incorporated into a new housing development, as demonstrated by the Lanxmeer project in Culemborg.

Heat from grey water

Grey water is generally quite warm, at between 20 and 25 degrees Celsius. If this heat is transferred to the tapwater supply, the user can save energy. Such systems can be incorporated into both new and existing properties. Provided the right sequence of events is applied, biological processes will be optimized and heat retention maximized.

Rainwater

Few drainage systems are able to contend with particularly heavy rainfall within a short period, resulting in significant 'run-off' into the surface water. A standard solution in new residential districts is to uncouple the stormwater drains. In older districts, the alternative is to modify the existing system. Given that many of the urban water networks are now in need of renovation or maintenance, this would seem an appropriate time to create a fully separated system. However, a separate drainage system just for rainwater is an expensive solution. Permeable paving or stormwater infiltration wells offer a new alternative.

Opportunities, advantages and costs

The separation of wastewater flows has attracted great interest due to the many distinct advantages. The 'New Bathroom Habits' concept, with separated urine collection, vacuum flush toilets and 'no mix' toilets, could well bring about major improvements within the wastewater chain. Together with fermentation and low-level treatment of 'grey' water, the overall reduction in gas consumption at the level of individual neighbourhoods could be in the region of 8% to 10%. Fully decentralized wastewater treatment also offers opportunities for energy reclamation and re-use of nutrients.

However, decentralized treatment demands a different structure and organization, with responsibility falling to local Homeowners' Associations rather than the centralized (and expensive) water management organizations. The closed cycle process applied in the Greenhouse Village (De Zonneterp) project combines innovations in energy provision, drinking water supply and wastewater treatment with those in the glasshouse horticultural sector. The result is a fully closed, self-sustaining, local cycle which can be effectively managed at the local level.