

# BRONGERICHTE INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN AFVALWATER



RAPPORT

2005  
13

BRONGERICHTE INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN AFVALWATER

PRAKTIJKVOORBEELDEN IN NEDERLAND, DUITSLAND EN ZWEDEN

RAPPORT

2005

13

ISBN 90.5773.302.1



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, 2005

UITGAVE STOWA, Utrecht

AUTEURS

Adriaan Mels  
Grietje Zeeman  
Iemke Bisschops

BRON FIGUUR

Bokenäs

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2005-13  
ISBN 90.5773.302.1

# 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, Grietje Zeeman en Imke Bisschops (allen LeAF). De begeleiding is verzorgd door ir. Harm Baten (Hoogheemraadschap van Rijnland), ir. Elbert Majoor (Waterschap Veld en Vecht), ir. Ruud Schemen (Hoogheemraadschap van het Hollands Noorderkwartier) en Bert Palsma (STOWA).

In dit rapport zijn twintig praktijkvoorbeelden van deze aanpak in stedelijk gebied beschreven. Het rapport beoogt hiermee de huidige stand van zaken rondom de toepassing van decentrale afvalwaterketens in kaart te brengen en leerervaringen voor nieuwe projecten te verzamelen. De beschreven voorbeelden zijn afkomstig uit Nederland, Duitsland en Zweden. Per project is een korte beschrijving van het project en het toegepaste afvalwatersysteem gegeven. De hoeveelheid informatie die per project is gegeven verschilt. De reden hiervoor is de beperkte beschikbaarheid en slechte toegankelijkheid van gegevens in een aantal van de projecten.

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

Op verschillende plaatsen in Europa worden initiatieven genomen, gericht op de ontwikkeling van nieuwe concepten voor de afvalwaterketen. Deze concepten zijn gebaseerd op brongerichte inzameling en lokale behandeling van huishoudelijk afvalwater. Een brongerichte aanpak kan belangrijke voordelen bieden omdat de geconcentreerde stromen zwartwater en urine het grootste aandeel vormen van de vervuiling van stedelijk afvalwater. Door gescheiden inzameling kunnen deze stromen efficiënter worden behandeld. Bovendien wordt hiermee de diffuse lozing van nutriënten, pathogene micro-organismen en microverontreinigingen via riooloverstorten en effluenten van waterzuiveringsinstallaties voorkomen.

In dit rapport zijn twintig praktijkvoorbeelden van deze aanpak in stedelijk gebied beschreven. Het rapport beoogt hiermee de huidige stand van zaken rondom de toepassing van decentrale afvalwaterketens in kaart te brengen en leerervaringen voor nieuwe projecten te verzamelen. De beschreven voorbeelden zijn afkomstig uit Nederland, Duitsland en Zweden. Per project is een korte beschrijving van het project en het toegepaste afvalwatersysteem gegeven. De hoeveelheid informatie die per project is gegeven verschilt. De reden hiervoor is de beperkte beschikbaarheid en slechte toegankelijkheid van gegevens in een aantal van de projecten.

## **TECHNIEKEN DIE WORDEN TOEGEPAST IN DECENTRALE AFVALWATERKETENS**

Uit het overzicht van praktijkvoorbeelden blijkt dat de ervaring met decentrale afvalwaterketens voor stedelijke toepassingen nog relatief beperkt is. Dit neemt niet weg dat er binnen de diverse projecten veel ervaring is opgedaan en dat veel van de technologie die nodig is voor gescheiden inzameling en behandeling in principe beschikbaar is voor praktijktoepassing.

In Nederland is vooral veel ervaring met de lokale zuivering van grijswater in extensieve systemen zoals helofytenfilters. Deze systemen worden over het algemeen behalve als zuiveringssysteem, ook gezien als verrijking van de bebouwde omgeving door het groene karakter. Het gezuiverde water vormt een extra waterbron, naast regenwater, voor toepassing in lokale watersystemen. De zuiveringsresultaten van helofytenfilters voor grijswater in Nederland en Duitsland zijn over het algemeen goed te noemen. De effluentkwaliteit kan voldoen aan de Nederlandse normen voor lozing op oppervlaktewater. Een aandachtspunt vormt fosfaat omdat de verwijdering hiervan in helofytenfilters meestal laag is. In Duitsland zijn ervaringen dat – door relatief hoge concentraties in het influent – het effluent niet aan de lozingseisen kan voldoen.

Vermeldenswaardig is dat in Nederland al in de 19<sup>e</sup> eeuw gebruik gemaakt werd van vacuümtechnologie voor de gescheiden inzameling van zwartwater in het zogenaamde Liernurstelsel. Dit systeem werd meer dan 25 jaar toegepast in Leiden, Dordrecht en Amsterdam voor de inzameling van zwartwater van enkele duizenden personen. Het systeem bestond uit een stelsel van ondergrondse ijzeren buizen. Het leidingsysteem werd 's nachts door middel van vacuüm dat werd opgewekt met een locomobiel leeggezogen. De verkoop van de meststoffen, hetzij direct hetzij na bewerking als poudrette (ingedampt residu) of als zwavelzure ammoniak, maakte het systeem economisch rendabel.

In Duitsland en Zweden zijn verschillende stedelijke voorbeelden te vinden waarbij zwartwater gescheiden wordt ingezameld. Een meer 'traditionele' toepassing zijn de composteringsystemen. Composteringsystemen worden op meerdere plaatsen in Duitsland en Zweden toegepast, voor zowel laagbouw als hoogbouw. Bij toepassing van een goed werkende compostering wordt een droog product geproduceerd, dat kan worden ingezet als organische meststof. Als nadeel geldt dat per huishouden betrekkelijk veel ruimte nodig is voor het composteringssysteem en dat bewoners zelf tijd in onderhoud van het systeem moeten steken.

Vooraf in Zweden zijn ook composteringstoiletten te vinden met gescheiden inzameling van urine. Gescheiden inzameling van urine is raadzaam om de kans op verstoring van het biologisch proces, als gevolg een te hoog vochtgehalte, te verkleinen. In Nederland is in 2000 het gebruik van composttoiletten in een de Utrechtse wijk Groene Dak na zeven jaar stop gezet, wegens verstoring van het proces als gevolg van een te hoog vochtgehalte.

Vacuümtechnologie voor geconcentreerde inzameling van zwartwater is in Duitsland een veel toepaste technologie en kan als een 'bewezen technologie' worden beschouwd. Hierbij worden vacuümtoiletten met een laag waterverbruik (0,7 tot 2 liter per spoelbeurt) gebruikt. Er zijn toepassingen in appartementencomplexen, kantoren en in een wijk met laagbouw.

Vanwege het lage waterverbruik van vacuümtoiletten lijken deze zeer geschikt om te gebruiken in combinatie met anaërobe behandeling van zwartwater (zie ook het onderzoek naar dit systeem dat beschreven is in het STOWA-rapport 2005-14). Uit het overzicht van praktijkvoorbeelden blijkt dat met deze techniek nog nauwelijks praktijkervaring is opgedaan. Het enige werkende voorbeeld is in het vakantiepark Bokenäs in Zweden waar een vergistingssysteem wordt toegepast voor zwartwater en organisch keukenafval. Detailinformatie over het functioneren van dit systeem is echter in het kader van deze studie niet gevonden.

Wel zijn er in Duitsland op twee locaties vergistinginstallaties gebouwd. De opstart van deze systemen laat echter nog op zich wachten. In Nederland is de bouw van zwartwatervergisters voor de wijk Lanxmeer en een project in Sneek voorzien. In de wijk Knittlingen in Duitsland werkt men momenteel aan de realisatie van een anaërobe membraanbioreactor voor zwartwater. Gezien de groeiende belangstelling voor anaërobe systemen is aanvullende informatie over de ervaringen Bokenäs in zeer gewenst.

Met de gescheiden inzameling van urine is veel ervaring. Deze zogenaamde 'No Mix' technologie wordt op meerdere locaties in Zweden en Duitsland toegepast. Vooral Zweden kent een brede toepassing waarbij ongeveer 10.000 porseleinen scheidingstoiletten zijn geplaatst in gewone woningen. In de meeste gevallen gebeurt dit in combinatie met compostering van feces (vooral in landelijk gebied). Voor stedelijke toepassingen zijn in Zweden verschillende voorbeelden van gescheiden urineinzameling te vinden waarbij de overige afvalwaterstromen naar een centrale rioolwaterzuiveringsinstallatie worden afgevoerd. De afscheiding van urine binnen centrale concepten kan een belangrijk positief effect hebben op het ontwerp en bedrijf van actiefslibinstallaties door de verminderde stikstofbelasting (zie ook STOWA-rapport 2001-39).

Bij de grotere projecten in Zweden wordt de urine na een opslag van ongeveer zes maanden (voor hygiënisatie door de hoge pH) als meststof gebruikt in de landbouw. Een belangrijk aandachtspunt vormt de hellingshoek van de urineleidingen. Uit verschillende praktijkervaringen blijkt dat door de vorming van neerslagen verstoppingen in deze leidingen kunnen optreden.

Tot slot is het belangrijk op te merken dat veel van de beschreven voorbeelden tot stand zijn gekomen door initiatieven van groepen bewoners. De toepassing van gescheiden inzameling van stromen maakt daarbij meestal deel uit van een breder pakket aan maatregelen voor duurzaam bouwen.

#### **AANBEVELINGEN**

Uit de beschreven praktijkdemonstraties is nog niet eenduidig op te maken welk concept voor Nederland het beste scoort wat betreft duurzaamheid, gebruikersvriendelijkheid en economie. Wel wijst een kwalitatieve evaluatie uit dat gescheiden inzamelingssystemen mogelijkheden bieden voor een efficiëntere afvalwaterketen (zie hiervoor het parallel verschenen STOWA-rapport 2005-12). Er wordt dan ook aanbevolen om voor de Nederlandse situatie meer ervaring op te doen en een aantal demonstratieprojecten op te starten. Parallel hieraan zou een monitoringprogramma de ontwikkelingen in zowel de Nederlandse als buitenlandse projecten kritisch moeten blijven volgen en evalueren.

Gezien de sterke belangstelling voor anaërobe behandeling van zwartwater en de relatieve onbekendheid is een demonstratieproject voor dit concept van primair belang. Alleen dan kunnen massabalansen voor energieproductie en gebruik worden opgesteld en economische berekeningen gemaakt en worden vergeleken met conventionele systemen. In Nederland zal begin volgend 2006 in Sneek op een schaal van ca. 30 huizen een demonstratieproject starten waarbij vacuüminzameling en vergisting wordt gecombineerd met een behandelingsstap gericht op de verwijdering van nutriënten en de terugwinning van fosfaat.

De lokale behandeling van grijswater in helofytensystemen is een bewezen techniek. Voor locaties met een hoge grondprijs, kunnen intensieve systemen voor grijswaterzuivering een aantrekkelijk alternatief vormen. Voorbeelden van compacte systemen zijn biorotoren, membraanbioreactoren en actief-slibsystemen. Dit zijn op de markt beschikbare technologieën die in de praktijk nog niet toegepast voor grijswater. Het opdoen van praktijkervaring met dergelijke systemen is dan ook gewenst.

# 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](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)





# BRONGERICHTE INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN AFVALWATER

## INHOUD

TEN GELEIDE  
SAMENVATTING  
STOWA IN HET KORT

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Een brongerichte aanpak in de afvalwaterketen	1
<b>2</b>	<b>BRONGERICHTE SANITATIE IN NEDERLAND</b>	<b>3</b>
2.1	Inleiding	3
2.2	Het Liernurstelsel in Leiden, Dordrecht en Amsterdam (1870-1915)	4
2.3	Het Groene Dak, Utrecht	9
2.4	Drielanden, Groningen	16
2.5	Polderdrift, Arnhem	19
2.6	Lanxmeer, Culemborg	22
2.7	Waterspin Den Haag	25
2.8	Kantoorgebouw Rijkswaterstaat Terneuzen	27
2.9	EcoPark Emmeloord	29

<b>3</b>	<b>BRONGERICHTE SANITATIE IN DUITSLAND EN ZWEDEN</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	Inleiding	31
<b>3.2</b>	Waldquelle - Bielefeld, Duitsland	33
<b>3.3</b>	Öko-Technik-Park - Hannover, Duitsland	35
<b>3.4</b>	Project 'Wohnen & Arbeiten' - Freiburg, Duitsland	41
<b>3.5</b>	Lübeck - Flintenbreite, Duitsland	44
<b>3.6</b>	Lambertsmühle - Burscheid, Duitsland	48
<b>3.7</b>	Bostadrättsföreningen Myrstacken - Toarp, Zweden	53
<b>3.8</b>	Understenshöjden en Palsternackan - Stockholm, Zweden	58
<b>3.9</b>	Gebers - Stockholm, Zweden	61
<b>3.10</b>	Ekoporten - Norrköping, Zweden	64
<b>3.11</b>	Skogaberg - Göteborg, Zweden	67
<b>3.12</b>	Volvo Holiday Village - Bokenäs, Zweden	69

# 1

## INLEIDING

### 1.1 ACHTERGROND

Op verschillende plaatsen in Europa worden initiatieven genomen, gericht op de ontwikkeling van nieuwe concepten voor de afvalwaterketen. Deze concepten zijn gebaseerd op brongerichte inzameling en lokale behandeling van huishoudelijk afvalwater. Een brongerichte aanpak kan belangrijke voordelen bieden omdat de geconcentreerde stromen zwartwater en urine het grootste aandeel vormen van de vervuilinglast van stedelijk afvalwater. Door gescheiden inzameling kunnen deze stromen efficiënter worden behandeld. Bovendien wordt hiermee de diffuse lozing van nutriënten, pathogene micro-organismen en microverontreinigingen via riooloverstorten en effluenten van waterzuiveringsinstallaties worden voorkomen.

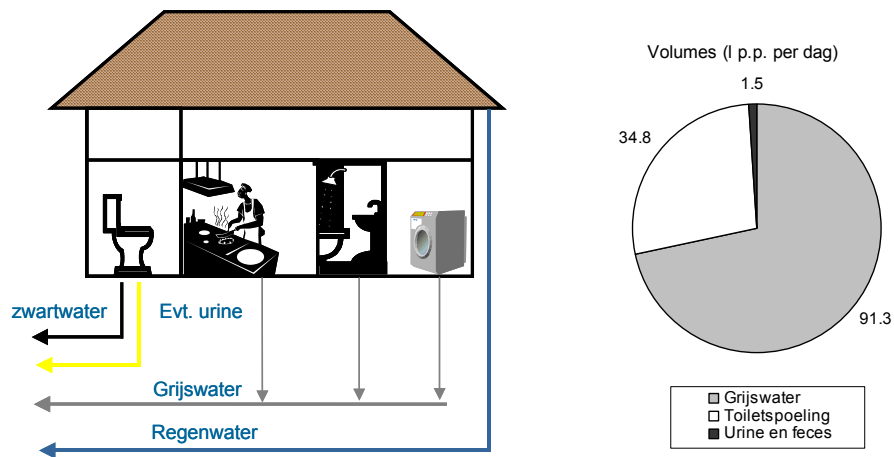
In dit rapport zijn twintig praktijkvoorbeelden van deze aanpak in stedelijk gebied beschreven. Het rapport beoogt hiermee de huidige stand van zaken rondom de toepassing van decentrale afvalwaterketens in kaart te brengen en leerervaringen voor nieuwe projecten te verzamelen. De beschreven voorbeelden zijn afkomstig uit Nederland, Duitsland en Zweden. Per project is een korte beschrijving van het project en het toegepaste afvalwatersysteem gegeven. De beschrijvingen zijn samengesteld op basis van literatuur en internetinformatie. Voor enkele Nederlandse projecten is contact gezocht met personen die bij de realisatie van het project betrokken zijn geweest. De hoeveelheid informatie die per project is gegeven verschilt. De reden hiervoor is de beperkte beschikbaarheid en slechte toegankelijkheid van gegevens in een aantal van de projecten.

### 1.2 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 feces) en grijs water afkomstig van bad, douche, wasmachine en keuken (figuur 1). In het huidige inzamelingsstelsel 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. 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 feces vormt urine een zeer geconcentreerde stroom aan zwartwater 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 1

VERSCHILLENDE HUISHOUDELIJKE AFVALWATERSTROMEN EN HUN OMVANG (NIPO/VEWIN, 2001<sup>1</sup>)

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 huishoude niveau 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.

De lokale behandeling van zwartwater kan gecombineerd worden met compostering of vergisting van organisch afval uit het huishouden. Dit kan een voordeel zijn, omdat dit de noodzaak voor een apart inzamelingsysteem vermindert wat kan leiden tot kostenbesparingen. Bij gescheiden inzameling van stromen uit het huishouden worden vaak ook maatregelen voor gescheiden inzameling of afkoppeling van regenwater getroffen.

## 2

## BRONGERICHTE SANITATIE IN NEDERLAND

## 2.1 INLEIDING

Tabel 1 geeft een samenvatting van stedelijke projecten in Nederland waarin (elementen van) brongerichte sanitatie worden toegepast. Van de meeste van de genoemde projecten worden uitgebreidere beschrijvingen gegeven in de paragrafen 2.2 tot en met 2.9.

TABEL 1 BRONGERICHTE SANITATIE IN STEDELIJKE GEBIEDEN IN NEDERLAND (APRIL 2005)

Naam en jaar van aanleg	Typering					
	Lokale grijswater-behandeling	Zwartwater, compost toilet	Zwartwater, Gustavstoilet	Zwartwater; vacuümtoilet	No Mix toiletten	Lokale regen-waterinfiltratie
Historie						
Liernursysteem, Leiden, Dordrecht en Amsterdam (1870-1915)				X		
Huidige projecten						
Groene Dak, Utrecht (1993)						X
Drielanden, Groningen (1995-1997)	X	X				X
Polderdrift, Arnhem (1996)	X					X
Lanxmeer, Culemborg (1999-2003)	X					X
Schutterstraat 1, Delft (1995)	X		X		X	X
Waterspin, Den Haag (1998)	X	X				X
Rijkswaterstaat Terneuzen (2000)	X					X
Watermuseum in Arnhem (2003)	X		X		X	X
Hoofdkantoor Hoogheemraadschap van Rijnland (2004)					X	X <sup>1</sup>
Projecten in voorbereiding						
EcoPark, Emmeloord (2003-2005)	X					X
Sneek (2006-2007)	X			X		X
Meppel (2005)					X	

<sup>1</sup> In het Watermuseum wordt regenwater gebruikt in diverse onderdelen van de tentoonstelling

Uit de inventarisatie van huidige Nederlandse projecten blijkt dat toepassing van brongerichte scheiding in Nederland hoofdzakelijk beperkt is tot lokale behandeling van grijswater met behulp van in de meeste gevallen helofytenfilters. Het behandelde grijswater wordt meestal geloosd in lokale watersystemen die deel uitmaken van een aantrekkelijk stedenbouwkundig ontwerp. In enkele van de beschreven projecten wordt het gezuiverde grijswater gebruikt als bron voor tweede-kwaliteitwater voor toiletspoeling en/of voor wasmachines. Deze toepassing is in het licht van de huidige discussie rondom de toepassing van huishoudwater enigszins omstreden.

Gescheiden inzameling en lokale behandeling van zwartwater of urine wordt in Nederland nauwelijks toegepast, in tegenstelling tot bijvoorbeeld Duitsland en Scandinavië (zie hoofdstuk 3). De gerealiseerde stedelijke toepassingen in Nederland betreffen een experiment met composteringstoiletten in Utrecht (het Groene Dak), toepassing van urinescheidingsstoiletten in een gebouw in Delft, het Watermuseum in Arnhem en sinds kort het kantoor van het Hoogheemraadschap van Rijnland.

De beschrijving van projecten start met een overzicht van de toepassing van het Liernursysteem in Leiden, Dordrecht en Amsterdam in de periode 1870-1915. Dit systeem was gebaseerd op de inzameling van zwartwater via een systeem van ijzeren pijpen en een locomobiel in combinatie met hergebruik van het ingezamelde materiaal als meststof in de landbouw. De langdurige toepassing van dit vacuümsysteem op een schaal van enkele duizenden personen is een interessant voorbeeld hoe brongericte sanitatiesystemen in het verleden op een economisch haalbare manier konden worden toegepast. Het is bovendien opvallend om te zien dat veel van de discussies die in die tijd plaatsvonden rondom het Liernursysteem ook nu weer actueel zijn.

## 2.2 HET LIERNURSTELSEL IN LEIDEN, DORDRECHT EN AMSTERDAM (1870-1915)

### INLEIDING

De gescheiden inzameling en verwerking van zwartwater met vacuümsystemen is geen nieuwe toepassing zoals blijkt uit de ontwikkeling en de langdurige toepassing van het Liernurstel<sup>1</sup> of de pneumatische fecaliënafoer eind 19<sup>e</sup> eeuw. Het systeem was bedacht door de in Haarlem geboren waterbouwkundige Liernur (1828 – 1893) en is toegepast geweest in Leiden, Dordrecht, Amsterdam, Praag en St. Petersburg in de periode 1870 – 1915.

In Londen ontwikkelde Liernur de pneumatische fecaliënafoer waarvoor hij in 1867 een eerste artikel publiceerde. Alvorens over te gaan tot het invoeren van een bepaald systeem diende men volgens Liernur goed te weten wat er met rioolafval moest gebeuren. Eén van de belangrijke doelstellingen van de afvoer van zwartwater was het produceren van meststof voor de landbouw. De menselijke afvalstoffen moesten zonder overlast of nadeel voor de bevolking zo snel mogelijk onverdund op het land worden gebracht. Om dit te bereiken wilde Liernur het zwartwater via ondergrondse ijzeren buizen door het toepassen van luchtdruk in verzamelreservoirs opvangen. Door toepassing van zo'n pneumatisch stelsel werd volgens Liernur niet alleen veel kostbaar water bespaard, maar ging bovendien de bemestende waarde van het zwartwater niet door verdunning verloren.

Het pneumatisch rioleringsstelsel maakte deel uit van een totaalconcept voor stadsreiniging dat door Liernur in latere publicaties werd uitgewerkt. Naast het stelsel voor zwartwater dienden kleine gemetselde riolen te zorgen voor het afvoeren van keuken -en regenwater naar een zuiveringsinrichting. Lozing in het oppervlaktewater mocht pas plaatsvinden na zuivering. Voor industrieel afvalwater formuleerde hij principes als zuivering aan de bron en controle-inrichtingen bij de lozingspunten van fabrieken.

### WERKING VAN HET LIERNURSTELSEL

In de woningen werd een toilet (zie Figuur 1) geïnstalleerd, een 'korte trechter van wit verglaasd aardewerk en zoo gevormd, dat er gedurende het gebruik geene faeces aan kunnen blijven kleven'. De feces vielen door de trechter en kwamen in ijzeren buizen terecht, die

uit kwamen in hoofdbuizen. In de takbuizen waren kleppen gedacht om te voorkomen dat er stank in de privaten zou opstijgen. Elke nacht werd dit leidingsysteem door middel van vacuüm leeg gezogen. Deze onderdruk werd opgewekt door een locomobiel waarbij toestroming van de lucht via de trechtertoiletten plaats vond.

Vanuit het eindreservoir werd het afval in een tankwagen opgezogen. In tien minuten kon het afvalwater van 400-500 mensen in 60-80 huizen worden verzameld. Per nacht van acht uur er konden zo de excreta van 1.200-15.000 mensen door een locomobiel en drie tankwagens worden ingezameld.

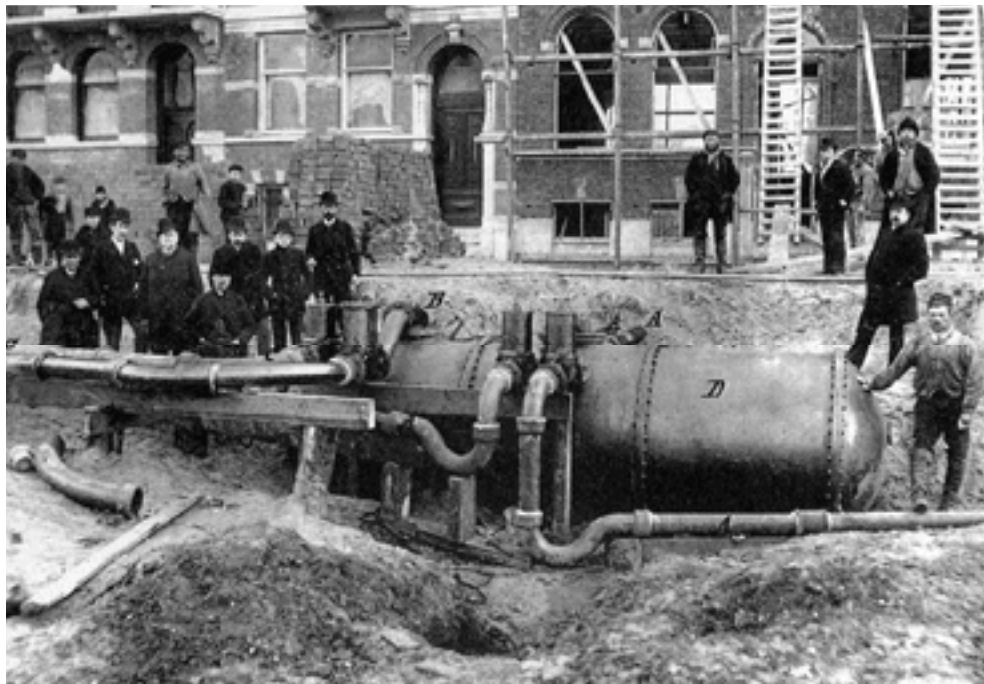
FIGUUR 1 TOILETSYSTEMEN ZOALS ONTWERPEN DOOR LIERNUR VOOR TOEPASSING IN HET PNEUMATISCH RIOLERINGSTELSEL



### PRAKTISCHE TOEPASSINGEN VAN HET LIERNURSTELSEL

Na een turbulente discussie die zich tot ver na de eerste praktische toepassingen voortzette was Leiden de eerste gemeente in Nederland die in 1870 besloot tot invoering van de pneumatische fecaliënafoer. Amsterdam volgde spoedig daarna. In 1872 werd het systeem operationeel in Leiden en Amsterdam met respectievelijk een aansluiting voor 1200 en 1700 mensen. In Dordrecht werden in 1874 128 woningen met 800 bewoners op het systeem aangesloten. In Praag en St. Petersburg werden in diezelfde periode ook Liernurstelsels aangelegd met aansluitingen voor 15.000 en 20.000 personen.

FIGUUR 2 ANLEG VAN HET LIERNURSTELSEL





In Leiden bestond aanvankelijk veel belangstelling voor het zwartwater uit het stelsel bij landbouwers in de Haarlemmermeer. Zij waren ook bereid hiervoor te betalen. De grootste afnemer liet zich zeer gunstig uit over de resultaten die hij met de mest bereikte. Hij betaalde enkele jaren zonder bezwaren de gevraagde prijs, maar weigerde, toen bleek dat Amsterdam voor de meststoffen geen koper kon vinden.

Na de invoering van het Liernurstelsel op kleine schaal werden in Leiden op grond van de gunstige resultaten enkele pogingen tot uitbreiding gedaan. Ondanks een gunstig advies van de gemeentearchitect en warme aanbevelingen van de 'Vereeniging tot verbetering van den Gezondheidstoestand' waar veel hoogleraren van de Medische Faculteit Leiden zich achter hadden geschaard, wilde de gemeente hiertoe niet overgaan. De vrees bestond dat Leiden de rol van proefkonijn voor de hele wereld zou vervullen en zou opdraaien voor de daarmee samenhangende kosten. De toepassing van het stelsel werd in 1915 beëindigd toen de machines aan vervanging toe waren.

In Dordrecht vond de eerste jaren regelmatig uitbreiding van het stelsel plaats, zowel bij nieuwe huizen als bij oude in de binnenstad. Het stelsel werkte tot tevredenheid van bewoners en autoriteiten. In augustus 1875 werd de locomobiel vervangen door een vaste installatie voor het opwekken van het vacuüm. In Dordrecht werd in 1876 jaar een poudrette-inrichting in bedrijf gesteld waarin het zwartwater gedroogd werd tot poeder. Hierdoor was het eenvoudiger te transporteren en te verkopen. Na ongeveer een half jaar experimenteren leverde deze installatie het gewenste resultaat op. Het gedroogde poeder had een stikstofgehalte van 8,8 procent. Voor het product bestond voldoende belangstelling.

Na de installatie van de poudrette-inrichting bleek dat het systeem door de verkoop met geringe winst kon worden bedreven. Wel bleek na enkele jaren uitbreiding van het stelsel noodzakelijk om de machines optimaal te benutten en om een geregelde exploitatie van de poudrettebereiding te verzekeren. In maart 1877 deed de directeur van gemeentewerken een voorstel tot vermeerdering van het aantal aansluitingen. Dit voorstel werd door het gemeentebestuur overgenomen. In september 1877 vond openbare aanbesteding van de uitbreiding plaats. B&W werden echter op onaangename wijze verrast door een notitie van Liernur waarin hij het gemeentebestuur voorrekende dat ruim f 33.000 nodig was om de poudrette-inrichting voor permanente exploitatie geschikt te maken. Er ontstond neen patstelling: enerzijds was uitbreiding van het net nodig voor een rendabele werking, anderzijds zagen de Dordtse bestuurders op tegen de hiervoor te maken kosten. In 1880 besloot de raad een onderzoek te laten verrichten naar de 'mogelijk van voldoende doorspoeling der riolen'. Dit onderzoek wees uit dat een gravitair rioolstelsel voor Dordrecht zeer goed mogelijk was. Naar aanleiding hiervan werd in maart 1882 besloten tot de aanleg van riolering. In de volgende jaren werden grote sommen uitgegeven, per jaar een veelvoud van de f 33.000 van Liernur. Gaandeweg werden leidingen van het Liernurstelsel op de nieuwe riolering aangesloten. In 1886 werd verklaard dat het spoelstelsel ook bedoeld was 'ter vervanging van het tonnen- en Liernurstelsel' bij voltooiing van de nieuwe riolering. Dit werd op 1 oktober 1887 gerealiseerd.

In Amsterdam werd het systeem aangelegd in het gebied rondom de gedempte Nieuwe Looijersloot. Aanvankelijk bleek het moeilijk om kopers voor de fecaalmest te vinden en werd een belangrijk deel van het zwartwater toch geloosd op oppervlaktewater. De oplossing werd uiteindelijk in 1889 gevonden in de bereiding van zwavelzure ammoniak. Hiertoe werden de vaste stoffen neergeslagen, waarna men uit de overblijvende vloeistof ammoniak kon bereiden. In april 1889 kwam een overeenkomst tot stand tussen de gemeente Amsterdam en de fabrikant Ketjen. Deze kreeg gedurende een jaar toestemming kreeg tot het verwerken

van 50 m<sup>3</sup> zwartwater per dag. De proef slaagde en in de loop van 1892 werd de productie opgevoerd, zodat steeds minder fecaliën hoefden te worden geloosd. De verwerking werd nog aanzienlijk verbeterd, toen men de vaste stoffen liet bezinken en het hieruit resulterende 'dik' ten bate van de gemeente verkocht. Na afloop van het tienjarig contract in 1901 werd geen nieuwe overeenkomst met de fabrikant afgesloten en werd het bedrijf als stedelijk onderneming voortgezet. In deze contractperiode was over de gehele periode een brutowinst van 282 duizend gulden gemaakt bij de ammoniakfabricage. Hiervan kwam de helft ten goede aan de gemeente Amsterdam. Daarnaast ontving de gemeente gedurende die periode nog ruim 110.000 gulden voor de verkoop van het 'dik'. De kosten van het stelsel bedroegen in de periode 1898 – 1991 f 0,53 tot 0,65 per persoon per jaar. Uit deze cijfers blijkt dat het Liernurstelsel in deze periode winstgevend was.

Eén van de problemen van het stelsel in Amsterdam was de toenemende waterafvoer van het stelsel. Waterclosets (WC's) werden steeds populairder en werden in toenemende mate op het stelsel geïnstalleerd. De zwartwaterproductie in Amsterdam bedroeg aanvankelijk 1,9 liter per persoon per dag. Dit liep gaandeweg op tot ongeveer 3 liter per persoon per dag (1879). Na een geringe daling werd in 1903 4 liter bereikt en in 1908 4,75 liter. De hogere afvoer leidde tot een hoger energiegebruik bij de ammoniakfabricage.

Voor de bedrijfsresultaten van het ammoniakbedrijf bleek de hogere waterafvoer geen consequenties te hebben. Toch werd de opkomst van het watercloset en de hogere waterafvoer die hiervan het gevolg was als een probleem voor het Liernurstelsel gezien. De gemeenteraad besloot daarom in 1902 de uitbreiding van het Liernurstelsel stop te zetten en in 1907 om buiten de Singelgracht riolering in te voeren. Het uitgangspunt hierbij was het 'wegvoeren van het vuil naar eene plaats, waar het geen last meer voor de stad kan veroorzaken'. In 1912 werd besloten tot opheffing van het Liernurstelsel.

### **SLOTBESCHOUWING**

Het Liernurstelsel heeft gedurende lange tijd technisch goed gefunctioneerd. Het systeem werd aangeprezen door medici en geneeskundig inspecteurs. Er was belangstelling voor het 'product' in de landbouw, hetzij direct hetzij na bewerking (poudrette, ammoniak). De verkoop van deze producten maakt het systeem in veel gevallen economisch rendabel. Het is daarom niet eenduidig te verklaren waarom het stelsel in het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw langzaam verdwenen is.

Een aantal factoren hebben hier volgens de historicus Van Zon een rol gespeeld (van Zon, 1986). De afzet van het zwartwater werd door Liernur aanvankelijk zeer positief voorgesteld. Hierbij werden grote opbrengsten in het vooruitzicht gesteld (5 tot 6 gulden per persoon per jaar). In de praktijk bleken de afzetmogelijkheden tegen te vallen; de poudrette- en ammoniakproductie waren daarvoor slechts een tijdelijke oplossing. Een tweede factor van invloed was de onbekendheid met de mogelijkheden van vacuümsystemen. Het systeem was in die tijd nog zo onbekend dat het meer terughoudendheid dan enthousiasme opwekte. Men had over het algemeen meer vertrouwen in water als middel voor de afvoer van het toiletafval. Een derde factor die door Van Zon met enige terughoudendheid wordt genoemd is de schijnbare totaaloplossing die riolering aan de gemeenten bood. In de opzet van het Liernurstelsel bleef de gemeente verantwoordelijk voor (afzet van) de afvalstoffen. Het rioleringsstelsel bood de bestuurders de mogelijkheid in één keer van het probleem af te zijn omdat de afvalstoffen tot buiten de gemeentegrenzen of in ieder geval buiten de bebouwde kom werden afgevoerd. Pas later bleek dat deze werkwijze stroomafwaarts tot grote problemen kon leiden.

Tenslotte heeft de persoon Liernur zelf ook een rol gespeeld in de aarzeling bij bestuurders tot het invoeren van het pneumatisch stelsel. Hoewel de discussies over zijn systeem zo hevig waren dat het leek 'alsof Liernur de grondslagen der maatschappij wilde ondermijnen' lokte hij vaak zelf uit tot strijd door de polemische toon van zijn artikelen. Volgens één van zijn biografen zou hij soms zelfs anoniem artikelen tegen zijn ideeën hebben geschreven om daar dan weer onder eigen naam tegen in te gaan.

#### **BRONNEN**

Biografie Charles T. Liernur via <http://www.absolutefacts.nl>

Zon, Henk van (1986). Een zeer onfrisse geschiedenis, studies over niet-industriële vervuiling in Nederland, 1850 - 1920. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, Faculteit der Letteren

## 2.3 HET GROENE DAK, UTRECHT

---

Titel:	Het Groene Dak
Plaats:	Utrecht
Project:	40 huur- en 26 koopwoningen
Typering:	Gescheiden inzameling van zwart en grijs afvalwater, lokale behandeling zwartwater in composteringstoiletten; lokale behandeling en terugvoer van grijswater naar het wijkwater
Website:	<a href="http://www.groenedak.nl">www.groenedak.nl</a>

---

### INLEIDING

Het Groene Dak is een ecologisch woningbouwproject in Utrecht-Voordorp dat in 1993 in gebruik is genomen. De wijk omvat 40 huur- en 26 koopwoningen. Het project is het initiatief van de vereniging 'Het Groene Dak', een groep van geïnteresseerden in duurzaam bouwen. Het project werd gerealiseerd door de woningbouwvereniging (verantwoordelijk voor de huurwoningen) en een zelfstandige ontwikkelaar/investeerder, in nauwe samenwerking met de vereniging Het Groene Dak.

Binnen het project is veel aandacht geschonken aan het gebruik van geschikte bouwmaterialen en aan energie- en waterbesparende maatregelen. Voor besparing van drinkwater zijn onder meer waterbesparende kranen, douches en toiletten toegepast. Er is per twee woningen een regenwateropslag van ongeveer 2000 l geïnstalleerd. Het regenwater wordt gebruikt voor wasmachines en de doorspoeling van toiletten.

De wijk bevat ook twee clusters van vijf huizen die oorspronkelijk geen aansluiting op het rioleringsysteem hadden. In deze huizen wordt grijswater behandeld in oxidatiebedden gecombineerd met behandeling in een helofytenfilter of 'vloeikas'. Het gezuiverde grijswater wordt geloosd op een vijver op het binnenterrein. Daarnaast werden gedurende zeven jaar composteringstoiletten toegepast. In de onderstaande paragrafen wordt verder ingegaan op het waterzuiveringssysteem van deze clusters.

FIGUUR 3

WONINGBOUWPROJECT HET GROENE DAK, UTRECHT (BRON: WEBSITE GROENE DAK)

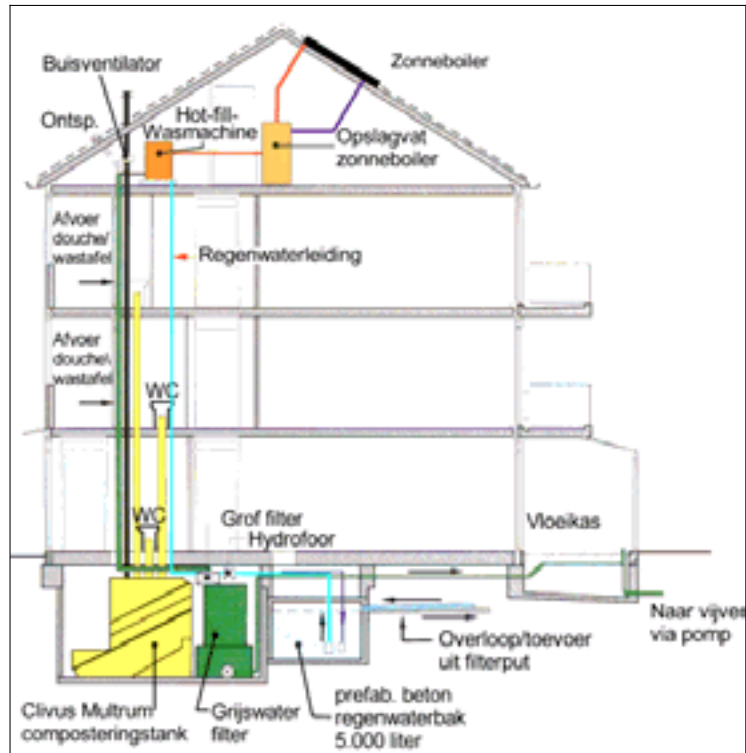


**GESCHIEDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN GRIJSWATER**

Het grijswater van de twee clusters wordt in de wijk gezuiverd en geloosd op de vijver in de gemeenschappelijke binnentuin. De behandeling omvat een voorzuiveringsreactor (type oxidatiebed) met nabehandeling. Het afvalwater passeert eerst een grofzandfilter en wordt vervolgens behandeld in een biologische reactor (1840 liter) met dragermateriaal. Door afvalwater te recirculeren over een oxidatiebed wordt zuurstof in het water gebracht. Daarnaast zijn anaërobe (*anoxische*) zones aanwezig voor denitrificatie. De nabehandeling verschilt voor beide clusters. In het eerste cluster wordt het water nabehandeld in een verticaal doorstroomd helofytenfilter, in het tweede met behulp van een infiltratievloeveld onder glas.

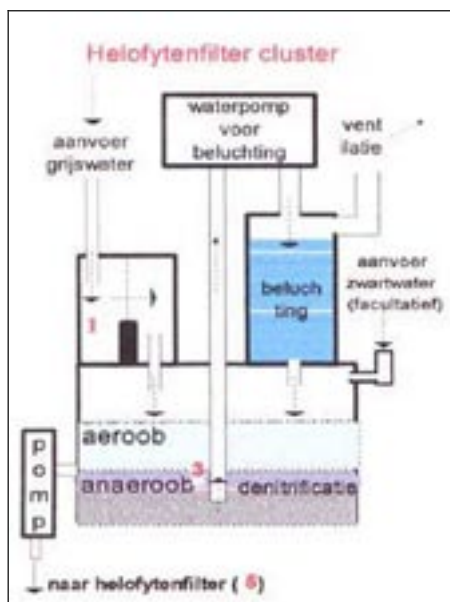
FIGUUR 4

OVERZICHT ENERGIE- EN WATERINSTALLATIES IN DE CLUSTERS ZONDER AANSLUITING OP HET RIOOL (BRON: WEBSITE GROENE DAK)



FIGUUR 5

SCHEMA BIOLOGISCHE VOORZUIVERINGSREACTOR VOOR GRIJSWATER (BRON: WEBSITE GROENE DAK)



Het oppervlak van het helofytenfilter (Figuur 6) is 70 m<sup>2</sup>, omgerekend 5-7 m<sup>2</sup> per inwoner. Het water wordt intermitterend (200 liter per keer) over het oppervlak gepompt, waarna het langs de wortels van de rietplanten de grond intrekt. Via drainagebuizen wordt het water vervolgens afgevoerd. In het andere cluster komt het voorgezuiverd afvalwater in een kas terecht. Het afvalwater wordt onder het oppervlak via een geperforeerde buis in de bodem geleid en na zuivering via een drainagebuis afgevoerd naar het wijkwatersysteem. In de kas worden gewassen geteeld waarbij water en nutriënten uit het voorgezuiverde afvalwater worden gebruikt.

FIGUUR 6 VERTICAAL DOORSTROOMD HELOFYTENFILTER VOOR GRIJSWATERZUIVERING (BRON: WEBSITE GROENE DAK)



Een meetcampagne door de Universiteit van Amsterdam (Matthijs and Balke, 1997) liet zien dat zeer acceptabele behandelingsresultaten werden bereikt met beide behandelingsystemen voor grijswater. Het effluent kan bijvoorbeeld voldoen aan de effluentlozingseisen voor IBA klasse III.

Een belangrijk deel van resultaten van deze meetcampagne wordt weergegeven in Tabel 2. Het betreft hier de gemiddelde waarden van maandelijkse metingen gedurende de periodes maart tot en met mei 1996 en oktober 1996 tot en met maart 1997. In de eerste periode werd alleen grijswater behandeld in het systeem. In de tweede periode werd ook afvoerwater (lekwater) van de composteringssystemen behandeld.

TABEL 2 GEMIDDELDE SAMENSTELLING (IN MG/L) EN SPREIDING (TUSSEN HAAKJES) VAN DE SAMENSTELLING VAN HET GRIJSWATER, HET EFFLUENT VAN HET OXIDATIEBED, HET HELOFYTENFILTER EN DE VLOEIKAS IN BEIDE CLUSTERS (MAART-MEI 1996) (MATTHIJS EN BALKE, 1997)

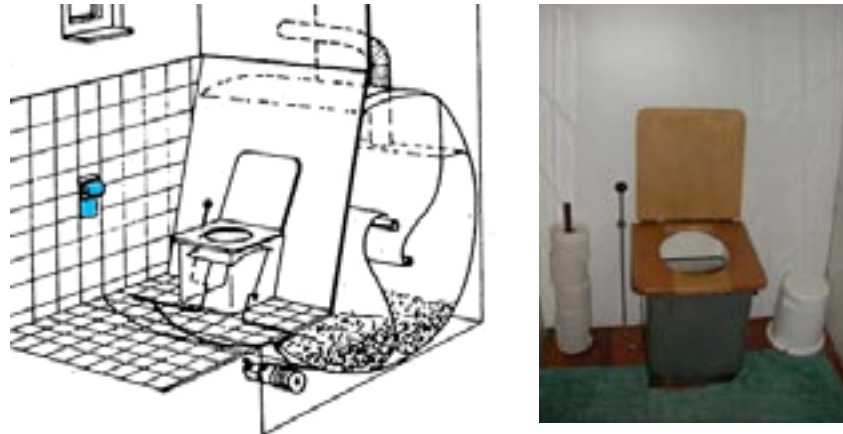
	Cluster 1			Cluster 2		
	Grijswater <sup>1</sup>	Effluent oxidatiebed	Effluent helofyten	Grijswater <sup>1</sup>	Effluent oxidatiebed	Effluent vloeikas
CZV	341 (196)	154 (26)	108 (6)	1013 (47)	180 (99)	63 (12)
BZV <sub>5</sub>	74 (32)	26 (4)	3 (1)	322 (21)	27 (2)	4 (3)
N-totaal	74,4 (13,8)	27,9 (11,4)	10,1 (2,0)	56,0 (17,1)	10,6 (5,5)	11,9 (2,1)
NH <sub>4</sub> -N	58,1 (16,9)	12,3 (7,3)	0,2 (0,0)	32,6 (11,8)	3,0 (1,5)	0,4 (0,4)
NO <sub>3</sub> -N	2,9 (0,4)	7,2 (1,5)	5,4 (1,9)	3,9 (1,7)	2,6 (0,7)	8,0 (1,7)
P-totaal	9,1 (0,5)	3,8 (1,3)	0,5 (0,03)	7,5 (0,6)	3,1 (0,5)	0,6 (0,2)
PO <sub>4</sub> -P	4,1 (0,5)	1,8 (0,8)	0,2 (0,05)	2,9 (0,3)	1,3 (0,3)	0,3 (0,1)

<sup>1</sup> In cluster 1 werd gemiddeld 8,6 m<sup>3</sup> per maand behandeld; in cluster 2 was dit 14,0 m<sup>3</sup>.

### CLIVUS MULTRUM COMPOSTERINGSTOILET

Het in Zweden ontwikkelde Clivus Multrum composttoilet is één van de bekendste composteringssystemen. Dit systeem heeft een composteringsruime die uit twee compartimenten bestaat (Figuur 7). De eerste ruimte wordt gedurende 6 tot 12 maanden gevuld, waarna het systeem in zijn geheel wordt gedraaid en het volgende compartiment kan worden gevuld. Het eerste compartiment kan gedurende deze periode aëroob stabiliseren.

FIGUUR 7 CLIVUS MULTRUM COMPOSTTOILET



De hygiënische kwaliteit van de compost is sterk afhankelijk van het functioneren en het onderhoud van het systeem. Om maximale veiligheid door afwezigheid van pathogenen te garanderen, heeft in de VS het Environmental Protection Agency de regel gesteld dat de compost gedurende een half jaar gecomposteerd moet worden zonder dat er materiaal wordt toegevoegd, voor het op de bodem mag worden gebruikt.

Het Clivus Multrumtoilet vergt regelmatig onderhoud en beheer in de vorm van het inbrengen van structuurbrengende en vochtopnemende stoffen zoals stro en het regelmatig (eens per 6 maanden tot eens per 2 jaar) legen van de composteringsruimte. De beheersinspanning die hiervoor geleverd moet worden is een belangrijk punt voor de acceptatie door gebruikers. De hoeveelheid geproduceerd compost per huishouden is afhankelijk van het aantal gebruikers, de temperatuur en de biochemische activiteit.

Een belangrijk kritisch punt bij composteringstoiletten is een goede verwijdering van vocht om aërobe omstandigheden te garanderen. Het systeem heeft daarom een goede lekafvoer nodig. Uitlekkende vloeistof wordt in de meeste systemen voor behandeling naar een grijswatersysteem geleid. In sommige typen composttoiletten wordt urinescheiding toegepast om daarmee al het grootste deel van het vocht af te scheiden (zie ook de voorbeelden in paragrafen 3.6 en 3.7).

Composteringstoiletten worden in Nederland relatief weinig toegepast, maar vinden brede toepassing de Verenigde Staten, Canada, Australië, Duitsland en Zuid-Afrika. Het betreft hier meestal toiletten in openbare gelegenheden of bij afgelegen locaties zoals berghutten, vakantiehuizen en boerderijen

### ZWARTWATERINZAMELING EN -BEHANDELING

In tien woningen van de twee clusters werden composteringstoiletten van het type *Clivus Multrum* geïnstalleerd. De verzamelde excreta werden in de kelder van de gebouwen gecomposteerd in combinatie met het organisch keukenafval. Overtollig vocht werd afgevoerd via een zeefstelsel en werd afgevoerd naar het behandelingsstelsel voor grijswater.

### ERVARINGEN BIJ HET GROENE DAK

Na zeven jaar is het gebruik van composttoiletten in 2000 gestopt op verzoek van de bewoners. Om onbekende redenen bleek de vochtafvoer niet voldoende waardoor het composteringsproces gedurende enkele jaren volledig verstoord raakte. Ondanks grote inspanningen van de bewoners bleef de composteringsruimte anaëroob wat leidde tot grote stank- en vliegoverlast. De composteringstoiletten zijn vervolgens vervangen door Gustavsbergtoiletten die aangesloten werden op het gemeentelijke rioleringsstelsel. De verwijdering van de opgehoopte 'koek' trok landelijke media-aandacht vanwege verondersteld explosiegevaar en de daaropvolgende evacuatie van de gehele woonwijk. Het explosiegevaar lijkt achteraf overdreven gezien het feit dat bij het systeem enkele jaren daarvoor een behoorlijke ventilator was geïnstalleerd waardoor de bovenhangende gassen continu werden afgevoerd.

FIGUUR 8

ONTMANTLING VAN DE COMPOSTERINGSTOILETTEN IN NOVEMBER 2000 (WEBSITE GROENE DAK)



### GUSTAVSBERGTOILETTEN

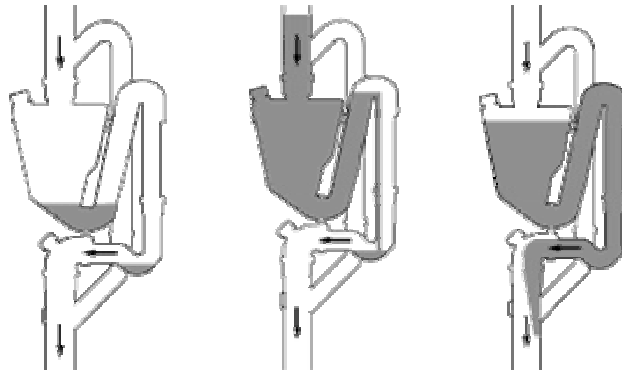
De gehele wijk maakt nu gebruik van Gustavsbergtoiletten (zie inzet). Een cluster van vier of vijf huizen is aangesloten op het gemeentelijke rioleringsstelsel via een stroomversneller. In totaal zijn er acht aansluitingen op het hoofdriool. Het beperkte aantal aansluitingen bracht aanzienlijke besparingen met zich mee, waarmee het gehele systeem (inclusief doorstroomvergroeters) kostenneutraal kon worden toegepast. Het Groene Dak was het eerste laagbouwproject in Nederland waarin het Gustavsbergsysteem werd toegepast. De stortbakken werden gemiddeld op ongeveer 4,5 liter afgesteld. In sommige woningen was het minimum 6 liter in verband met het doorspoelen van het riool.



### GUSTAVSBERGTOILETTEN

Gustavsbergtoiletten zijn in conventionele watersclosets met een sterk verlaagd waterverbruik. De toiletten hebben een keuzeknop voor spoeling met twee of vier liter water. Bij dergelijk lage spoelwaterafvoeren kan verstopping optreden in de leidingen. Om dit te voorkomen wordt in de afvoerleiding van het toilet of van een groep toiletten een zogenaamde 'stroomvergroter' aangebracht. Water van diverse spoelingen wordt hierin verzameld om een groter doorstroomvolume te krijgen. De stroomvergroter' is gebaseerd op het hevelprincipe. De spoelingen worden tijdelijk opgeslagen in een vat, dat verder wordt gevuld met de volgende spoelingen. Wanneer het opslagvolume geheel gevuld is stort het over (zie Figuur 9), waarbij grotere stroomsnelheid de doorstroming wordt bevorderd.

FIGUUR 9 - VOORBEELD VAN EEN STROOMVERGROTER IN WERKING (WISA)



Uit verschillende praktijktoepassingen blijkt de stroomvergroter gevoelig kan zijn voor verstopping, afhankelijk van de wijze van gebruik. Bij het gebruik is het belangrijk dat er geen verstoppend materiaal (wc-blokhoudertjes, doekjes, speelgoed maar ook vet) in het systeem komt.

FIGUUR 10 - GUSTAVSBERGTOILET EN DOORSTROOMVERGROTER (WEBSITE GROENE DAK)



## **FINANCIERING**

Het project werd in twee delen gefinancierd, de huurhuizen door de woningbouwvereniging (nu Portaal) en de koophuizen door een zelfstandige ontwikkelaar/investeerder. Hierdoor was er geen vast budget voor het hele project. Subsidies zijn ontvangen van onder andere Provincie Utrecht, gemeente Utrecht en het ministerie van VROM. Uiteindelijk was er ca. € 5000 (fl 11.000) per woning beschikbaar om milieumaatregelen te nemen. Een deel van de subsidies werd gebruikt om het Clivus Multrum composttoiletsysteem te installeren, dat in totaal tussen de € 45.000 en € 68.000 heeft gekost.

## **BRONNEN**

Bookoff M. (2002) Het Groene Dak - An Ecological Housing Development in Utrecht, the Netherlands, Presentatie Verenigde Staten.

Groene Dak website: [www.groenedak.nl](http://www.groenedak.nl)

Matthijs H.C.P., Balke J. (1997) Meetprogramma naar de kwaliteit van kleinschalige afvalwaterzuivering in eigen beheer bij 'Het Groen Dak', een ecologisch nieuwbouwproject in de Utrechtse wijk Voordorp. Amsterdam Research Institute for Substances in Ecosystems (ARISE).

WISA Website: [http://www.wisa-sanitair.com/nl/wst/wst\\_prod\\_system.html](http://www.wisa-sanitair.com/nl/wst/wst_prod_system.html)

## 2.4 DRIELANDEN, GRONINGEN

---

Titel:	wijk Drielanden
Plaats:	Groningen
Project:	Wijk met 166 woningen
Typering:	Gescheiden inzameling van grijs afvalwater, lokale behandeling van grijswater en terugvoer in wijkwatersysteem, regenwaterinfiltratie
Website:	<a href="http://www.drielanden.nl">www.drielanden.nl</a>

---

### INLEIDING

Op initiatief van de Vereniging Ecologisch Wonen Groningen is in 1995 in samenwerking met de gemeente Groningen en de woningcorporatie Nijestee de wijk Drielanden tot stand gekomen. Het project omvat 166 woningen (zowel sociale huurwoningen als koopwoningen). Deze huizen zijn naar de normen die in 1995 golden goed geïsoleerd, voorzien van waterbesparende maatregelen en voor een groot deel op de zon georiënteerd. Drielanden is verdeeld in drie delen, Waterland, Zonland en Mooiland. In september 1995 werden de eerste woningen in Waterland opgeleverd. In 1997 ontving het project een prijs van het ministerie van VROM in verband met de status van 'voorbeeldproject duurzaam en energiezuinig bouwen'.

FIGUUR 11

HUIZEN IN WATERLAND MET OP DE VOORGROND HET WIJKWATERSYSTEEM (BRON: ARTÈS)



In het grootste deel van de wijk (110 huishoudens) wordt grijs en zwart afvalwater apart ingezameld. Het zwartwater wordt afgevoerd naar de gemeentelijke riolering. Het grijswater wordt gezuiverd in een helofytenfilter. Het effluent van het filter wordt afgevoerd naar het lokale oppervlaktewater. De afvoer van regenwater gebeurt in Zonland en Mooiland door middel van een verbeterd gescheiden rioolstelsel. In Waterland is wordt regenwater afgevoerd door middel van een regenwaterriool of door vrije afstroming naar het wijkoppervlaktewater. Het wijkoppervlaktewaterstelsel is een gesloten systeem waarin gebiedsvreemd polderwater zoveel mogelijk wordt geweerd.

In eerste instantie werd door de Vereniging Ecologisch Wonen voorgesteld om gebruik te maken van composttoiletten. Dit stuitte echter bij zowel de aannemer en de architect als bij de gemeente Groningen op grote bezwaren. Argument waren enerzijds de hogere kosten voor het installeren van composteringsvolume in de kruipruimte (circa 1200-1500 euro per woning), anderzijds de onzekerheid over het functioneren van composttoiletten. Uiteindelijk is besloten tot inzameling van toiletafvalwater door middel van Gustavsbergtoiletten. Per tien woningen is er een stroomvergroter van 18 liter geïnstalleerd en een aansluiting op de gemeentelijke riolering. Lokale behandeling van het zwart afvalwater is om onduidelijke

redenen vrij snel uit het ontwerp verdwenen. De bewoners zijn over het algemeen tevreden over de toiletten, positieve punten zijn de goede reinigbaarheid en mooie vormgeving. Als nadelen worden genoemd: het soms tweemaal moeten spoelen voor het gewenste resultaat en het ontbreken van een spoelonderbreker.

### **GESCHEIDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN GRIJSWATER**

Het grijswater in de wijk Waterland wordt behandeld in een horizontaal doorstroomd helofytenfilter (ook wel aangeduid als vloeiveld) (*ontwerp Grontmij BV*). Dit systeem bestaat uit een 30 cm diep kanalsysteem waarin helofyten groeien. Het water is direct blootgesteld aan de lucht. Het systeem meandert en heeft een hydraulische verblijftijd van 18 dagen. Er is een ontwerpgrootte van ca. 10 m<sup>2</sup> per inwoner aangehouden. Het gezuiverde effluent wordt geloosd op het wijkwatersysteem. Het systeem ligt fysiek gescheiden van de wijk door een kanaal. Het is omsloten door een hek en is daardoor niet gemakkelijk toegankelijk voor publiek. Het systeem is alleen in de zomer in gebruik (1 april – 1 november), vanuit de verwachting dat er in de winter geen goede zuiveringsresultaten verwacht mogen worden gezien de lage temperatuur en onvoldoende/geen groei van het riet. Het filter is tot 1999 beheerd door één van de initiatiefnemers en huidige bewoners, Jan van Dijk, en is daarna overgedragen aan de gemeente Groningen, afdeling Openbare Werken. De bemonstering van het effluent van het systeem is in principe de verantwoordelijkheid van het lokale waterschap, die ook de vergunning heeft verleend.

**FIGUUR 12** HELOFYTENFILTER IN WATERLAND (BRON: DUBOWIJZER GIETBOUW)



In de seizoenen 1996 tot en met 1999 is door Jan van Dijk in opdracht van het Van Hall Instituut onderzoek gedaan naar de werking van het helofytenfilter (van Dijk, 2000). Uit het onderzoek blijken goede zuiveringsprestaties zoals geïllustreerd wordt in Tabel 3. Wel wordt in het rapport melding gemaakt van een vrijkomende geur. De geur is weliswaar door de diverse maatregelen afgenomen maar is nog wel merkbaar bij bepaalde weersomstandigheden (hierover is door de bewoners niet officieel geklaagd).

TABEL 3

JAARGEMIDDELTE SAMENSTELLING VAN HET INFLUENT EN EFFLUENT VAN HET GRIJS AFVALWATERFILTER (VAN DIJK, 2000)

Parameter	Influent <sup>1</sup> (grijswater)	Effluent 1996	Effluent 1997	Effluent 1998	Effluent 1999
BZV <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	298	2	7	4	2
N-Kjeldahl (mg N/l)	12,6	1,7	2,4	2,0	1,6
NH <sub>4</sub> -N (mg N/l)	3,8	0,19	0,06	0,34	0,22
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / NO <sub>2</sub> -N (mg N/l)	< 0,03	< 0,03	< 0,02	< 0,17	0,11
P-totaal (mg P/l)	1,8	0,24	0,49	0,31	0,31
PO <sub>4</sub> -P	0,94	0,07	0,27	0,15	0,23
pH	7,1	7,6	7,6	7,4	7,3
Zuurstof (mg O <sub>2</sub> /l)	2,3	8,6	6,9	6,3	5,7
Chloride (mg/l)	68	52	55	27	51

<sup>1</sup> Het grijs afvalwater in De Drielanden bevat nauwelijks bezinkbare bestanddelen (van Dijk, 2002)

In een studie naar de tevredenheid van de bewoners bleek dat driekwart van de mensen tevreden was over het helofytenfilter. Degenen die niet of minder tevreden waren hadden moeite met de stankhinder die af en toe optreedt en de hogere prijzen van de voorgeschreven schoonmaak- en wasmiddelen.

## BRONNEN

Artès Architecten en Adviseurs: <http://www.artes.nl>

Dijk, J. van (2000). Stedelijk Waterbeheer Drielanden, evaluatie. Gemeente Groningen, Dienst Ruimtelijke Ordening en Economische Zaken.

DuboWijzer Gietbouw, Groningen - Drielanden Waterland - Waaierwoningen, (<http://www.dubobeton.nl/projecten/project.php?id=24>)

Interview met Jan van Dijk, onderzoeker van het watersysteem en bewoner van de wijk

Silvester S., de Vries G., Woonsatisfactie, bewonersgedrag en bewonerswensen bij Voorbeeldprojecten Duurzaam Bouwen, ([www.io.tudelft.nl/research/dfs/publication](http://www.io.tudelft.nl/research/dfs/publication)), 1999

Website wijk Drielanden ([www.drielanden.nl](http://www.drielanden.nl))

## 2.5 POLDERDRIFT, ARNHEM

---

Titel:	Polderdrift
Plaats:	Arnhem
Project:	40 huurwoningen
Typering:	Gescheiden inzameling en lokale behandeling van grijs afvalwater, hergebruik van behandeld grijswater voor toiletspoeling
Website:	--

---

### INLEIDING

De wijk Polderdrift in Arnhem is een initiatief van de woningbouwvereniging Gelderland. Geïnteresseerde huurders werden tijdens de ontwikkelingsfase uitgenodigd om samen met de woningbouwvereniging vorm te geven aan de toekomstige woonomgeving. Uitgangspunten waren 'wonen op maat' en een 'ecologische woonomgeving'. Bij de bouw is veel aandacht besteed aan de toepassing van milieuvriendelijke materialen en energie- en waterbesparende maatregelen. De wijk is in 1997 gerealiseerd en omvat 40 huurwoningen, met enkele gemeenschappelijke voorzieningen, zoals een gemeenschappelijke ruimte en tuin.

FIGUUR 13

HELOFYTFILTER (ACHTER DE PAALTJES), TUIN EN GEMEENSCHAPPELIJKE BERGING IN APRIL 2001 (VAN DER LINDE)

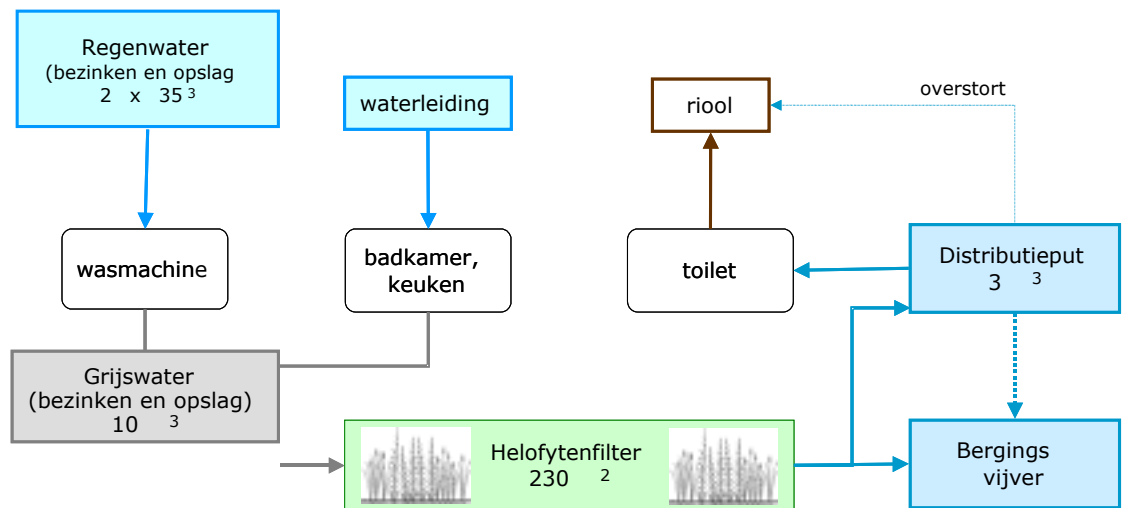


### GESCEIDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN GRIJSWATER

Bij het ontwerp van de wijk heeft het watersysteem veel aandacht gehad. Er is uiteindelijk gekozen voor een systeem met regenwaterinzameling en met zuivering van grijswater. Het regenwater wordt gebruikt in de wasmachine. Het grijswater wordt gezuiverd met een bezinker gevolgd door een verticaal ondergronds doorstroomd helofytenfilter (*ontwerp: Bureau opMAAT*). Er is gekozen voor deze constructie omdat het filter naast de bebouwing ligt en toegankelijk is voor spelende kinderen. Het gezuiverde water wordt vanuit een opslag-vijver ingenomen om gebruikt te worden voor de wasmachine, als toiletspoeling en voor het besproeien van de tuinen. Als er een te groot aanbod van grijswater is, vindt overstort naar het riool plaats. Figuur 14 geeft het watersysteem van Polderdrift schematisch weer. Door het hergebruik van water wordt water bespaard en wordt de afvoer via de riolering verminderd. Een brochure van de Algemene Woningbouwvereniging Arnhem geeft besparingen tot 60% van het waterverbruik en 85% van het op geproduceerde afvalwater. In de zomer is de hoeveelheid water soms niet voldoende voor het sproeien van alle tuinen.

FIGUUR 14

WATERSYSTEEM IN DE WIJK POLDERDRIFT, ARNHEM



Het watersysteem wordt beheerd door de woningbouwvereniging. De bewoners dragen medeverantwoordelijkheid voor het gebruik en onderhoud van het grijswatersysteem. De bewoners beschikken over een lijst met middelen die wel (bijvoorbeeld alcohol en spiritus) en niet (bijvoorbeeld aceton, lijm en verf) in de waterafvoer mogen komen. Ook worden diverse schoonmaakmiddelen aanbevolen voor gebruik, zoals het biologische afwasmiddel Ecovert. De bewoners zijn betrokken bij het onderhoud van het helofytenfilter en zijn medeverantwoordelijk voor:

- het maaien van het riet van het helofytenfilter;
- het schoonhouden van de leidingen in de grintbak;
- zichtcontroles van de vetafscheider van de grijswateropslag;
- contact opnemen met een reparateur bij technische storingen.

#### FUNCTIONEREN VAN HET SYSTEEM

Tot dusver zijn er geen problemen gerapporteerd met het helofytenfilter. Er zijn wel problemen geweest met de pompen die het water naar de toiletten voerden. Het is enkele keren voorgekomen dat het toilet niet kon worden doorgespoeld vanwege onvoldoende watertoevoer. In dergelijke gevallen was er wettelijk sprake van een onverhuurbare woning en kregen een gedeelte van de huur terug van de woningbouwvereniging. Uit een interview met een bewoner blijkt dat er soms deeltjes in het water zitten die kunnen leiden tot neerslag in het toilet.

Bij het rietveld is af en toe sprake van geuroverlast, vooral in de zomerperiode. De geuroverlast ontstaat bij de grijswateropslag. Na de zuivering is het water reukloos. Sommige bewoners hadden problemen met de geuroverlast, maar er is tot dusver geen officiële klacht ingediend.

Er zijn geen gegevens beschikbaar over de kwaliteit van het effluent van het filter. Het waterschap bemonstert niet in Polderdrift. Er is geen sprake van lozing op oppervlaktewater en dus is er geen WVO-vergunning nodig. Door de Wageningen Universiteit is het bezonken influent van het helofytenfilter een aantal keer bemonsterd en gekarakteriseerd. De resultaten hiervan worden weergegeven in tabel 4.

TABEL 4

SAMENSTELLING VAN INFLUENT VAN HET HELOFYTENFILTER (SOONS, 2003): VIER STEEKMONSTERS VAN HET GRIJSWATER GENOMEN NA DE BEZINKER (VERBLIJFTIJD 1,2 DAGEN)

Parameter	Voorbezonden grijswater	
	Gemiddelde waarde	Spreiding
CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	322	296 – 342
Gesuspendeerd	54	33 – 75
Colloïdaal	109	82 – 137
Opgelost	159	139 – 185
CZV/ BZV <sub>20</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	88%	één meting
N-Kjeldahl (mg N/l)	19,6	11,1 – 28,3
NH <sub>4</sub> -N (mg N/l)	3,7	1,4 – 5,9
P-totaal (mg P/l)	3,3	2,5 – 5,6
PO <sub>4</sub> -P (mg P/l)	0,6	0,2 – 1,9
E-Coli /100 ml (x 10 <sup>5</sup> )	7,7	1 – 220

### KOSTENASPECTEN

De kosten voor het aanleggen van het gehele watersysteem bedroegen fl 600.000. Per maand wordt 25 gulden per huishouden bijgedragen aan het watersysteem. Er is een eenmalige teruggave van het waterschap geweest (ongeveer 375 gulden). Dit bedrag was bedoeld als een stimuleringsbedrag. Er wordt nog wel zuiveringsheffing betaald; een structurele vermindering bleek wettelijk niet mogelijk.

### BRONNEN

Linde van der D. (2001) Arnhem-Zuid Stadsrandimpressies 2 - van Elden naar Huissen, Hogeschool Larenstein (<http://www.larenstein-velp.net/daan/stadsrandzone/stadsrandsite/stadsrandimpressies2/>)

Soons, J. (2003). Grey water: characteristics, treatment, reuse and recycle. Case study: Polderdrift Arnhem, The Netherlands. Wageningen Universiteit, Sectie Milieutechnologie.

Stein N., Luisig A., (9 december 2002) Verslag van gesprek met Ad van Ruiven, bewoner van wijk Polderdrift, Wageningen Universiteit/TU Delft.

Waterschap Rivierenland (telefoongesprek 1 december 2004)



## 2.6 LANXMEER, CULEMBORG

---

Titel:	Ecologische woonwijk Lanxmeer
Plaats:	Culemborg
Project:	Wijk met 200 woningen, appartementen en bedrijven
Typering:	Gescheiden inzameling en lokale behandeling van zwart en grijs afvalwater, regenwaterhergebruik als huishoudwater
Website:	<a href="http://www.eva-lanxmeer.nl">www.eva-lanxmeer.nl</a>

---

### INLEIDING

Op initiatief van de Stichting EVA (Ecologisch Centrum voor Educatie, Voorlichting en Advies) en de gemeente wordt in de wijk Lanxmeer te Culemborg vorm gegeven aan wat genoemd wordt een integrale aanpak van duurzame stedenbouw. De wijk omvat 200 woningen en appartementen en een aantal bedrijven, waaronder adviesbureaus, kantoren en werkplaatsen, een ecologische stadsboerderij en een bezoekerscentrum voor Integrale Ecologie. Bij de totstandkoming van deze wijk is o.a. veel aandacht besteed aan lokale behandeling en hergebruik van afvalwater en hemelwater. De bouw is begonnen in 1998. De laatste huizen zijn in 2004 in gebruik genomen.

Stuwende kracht bij de totstandkoming van het project Lanxmeer was de stichting EVA. In 1993 nam deze stichting het initiatief tot het verwezenlijken van een educatief woon/werkproject. In een brochure van de stichting EVA gaf een groep van deskundigen in 1995 haar visie over hoe een dergelijk project er uit zou kunnen zien. Vanuit de Provincie Gelderland en de gemeente Culemborg werd enthousiast gereageerd op deze plannen en werd besloten tot een voorbeeldproject. Hiertoe werden door de Provincie in het kader van de stuurnota "Duurzame stedenbouw" speciaal extra wooncontingenten toegewezen aan de gemeente Culemborg en werd een vergunning afgegeven voor het bouwen van een waterwingebied.

Om het project te starten werd een projectgroep gevormd waarin de gemeente Culemborg, de Stichting EVA, de bewonerscommissie en verschillende specialisten participeerden. De gemeente heeft de wijk in eigen beheer ontwikkeld. Een deel van woningbouw in de wijk is ontworpen door een architect. In een ander deel is ruimte gemaakt voor een vrij ontwerp van bewoners. De kosten van de projectontwikkeling zijn gedekt door de gemeente Culemborg die de huizen ook rechtstreeks (via een makelaar) verkocht. Door de projectontwikkeling in eigen beheer te houden en met inzet van verschillende subsidies konden de huizen tegen marktconforme prijzen verkocht worden.

De watersituatie in Lanxmeer is speciaal omdat de wijk boven een waterwingebied van het drinkwaterbedrijf Vitens ligt en speciale maatregelen zijn genomen om vervuiling van het grondwater te voorkomen. Regenwater wordt lokaal verzameld en opgeslagen in vijf retentievijvers die verspreid liggen over de wijk. Vanuit de retentievijvers wordt het water naar een vijver met zandfilter gebracht voor infiltratie.

FIGUUR 15

STEDENBOUWKUNDIG ONTWERP VAN DE WOONWIJK LANXMEER TE CULEMBORG (VERHAAGEN)



Oorspronkelijk lag er ook een plan om het water uit de retentievijvers samen met proceswater van de lokale drinkwaterwinning (het terugspoelwater van de zandfilters) te gebruiken als tweede-kwaliteitwater. Door de ervaringen met verkeerde aansluitingen in Leidsche Rijn en het daaruit voort komende ontmoedigsbeleid van het Ministerie van VROM heeft Vitens besloten dit niet te gaan leveren. De huizen hebben wel twee aanvoersystemen met een aparte watermeter, maar er wordt in beide leidingstelsels alleen drinkwater gebruikt. Vitens rekent een lagere prijs voor het water dat via de huishoudwaterleiding binnenkomt.

#### **GESCEIDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN GRIJSWATER**

Het grijswater wordt behandeld in twee grote (1500 m<sup>2</sup>) en drie kleine (300 m<sup>2</sup>) verticaal doorstroomde helofytenfilters (*ontwerp: Copijn tuin- en landschapsarchitecten en Arcadis*). De helofytenfilters zijn een belangrijk element van het stedenbouwkundig ontwerp. Ze zijn in 2003 in gebruik genomen en er zijn in totaal 200 woningen en kantoren op aangesloten. De filters liggen op drie plaatsen in de wijk buiten de 1-jaarszone van de drinkwaterwinning. Ze zijn dichtbij scholen gesitueerd en vervullen daarmee ook een educatieve functie. Het is de grootste toepassing van verticaal doorstroomende helofytenfilters in Nederland.

Het gezuiverde grijswater wordt geloosd op lokaal oppervlaktewater. Hiervoor is een WVO-vergunning afgegeven. Op het moment van het schrijven van dit rapport waren nog geen gegevens beschikbaar met betrekking tot de kwaliteit van het effluent van de filters.

#### **GESCEIDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN ZWARTWATER**

Voor de inzameling van het zwartwater is in Lanxmeer gekozen voor waterbesparende Gustavsbergstoiletten. Clusters van acht woningen zijn op een gemeenschappelijke afvoerleiding aangesloten en worden via een stroomvergroter op een apart stelsel voor zwartwater geloosd. De pijpen van de zwartwaterriolering zijn ovaal om de doorstroming te bevorderen. Uit een interview met een bewoner bleek dat de stroomvergroter van de Gustavbergtoiletten in het begin verstopt is geraakt. Het systeem moest worden opengemaakt worden en ontstopt.

De mogelijkheid om energie te winnen uit het zwart afvalwater en organisch keukenafval heeft veel aandacht gehad in het conceptueel ontwerp van de wijk. Op dit moment wordt het zwartwater nog afgevoerd naar de gemeentelijk riolering. Het is echter de bedoeling dat op termijn een anaërobe vergister wordt gebouwd waar zwartwater en organisch keukenafval op wijk-schaal wordt vergist. Het opgewekte biogas zou hierbij na gaswassing geïnjecteerd worden in de aanwezige aardgasleidingen.

De realisatie van de vergister is tot dusver op diverse problemen gestuit. Aanvankelijk is door het lokaal gasbedrijf deelname beloofd. Dit bedrijf is echter overgenomen door NUON. NUON ziet weinig in het project vanwege de relatief kleine gasopbrengst en de lastige controle van de kwaliteit van het gas. Er is inmiddels wel een door NOVEM gefinancierde studie uitgevoerd naar de mogelijkheden van gaswinning, gasbehandeling en invoer van het behandelde biogas in de lokale gasleidingen.

Het is de bedoeling dat het digestaat na de vergister in een zogenaamde 'Living Machine' wordt behandeld. Dit is een waterzuiveringssysteem in een kas, gebaseerd op een combinatie van anaërobe en aërobe stabilisatie en opname van nutriënten door waterplanten. Het is de bedoeling dat deze 'Living Machine' naast het nog te bouwen hotel- en congrescentrum van de stichting EVA gerealiseerd wordt.

#### **BRONNEN**

Bewonershandboek EVA-Lanxmeer, editie 2003. [http://www.bel-lanxmeer.nl/html/werkgroepen/bewonershandboek/031120\\_bewonershandboek.pdf](http://www.bel-lanxmeer.nl/html/werkgroepen/bewonershandboek/031120_bewonershandboek.pdf)

Interview met Marleen Kaptein, voorzitter Stichting EVA

Siemensma, M. (2000). De ontwikkeling van decentrale sanitatie en hergebruik in een woonwijk. Doctoraalverslag Wageningen Universiteit.

Website: <http://www.eva-lanxmeer.nl>

Website: [http://www.debuitenkans.nl/Project/Architecten/Hyco\\_Verhagen/hyco\\_verhaagen.htm](http://www.debuitenkans.nl/Project/Architecten/Hyco_Verhagen/hyco_verhaagen.htm)

Zijlemaker E., Bewoner Lanxmeer, Correspondentie november 2004.

## 2.7 WATERSPIN DEN HAAG

---

Titel:	Waterspin
Plaats:	Den Haag
Project:	Combinatie van wonen en werken met 21 huurwoningen, 18 koopwoningen en 9 bedrijfsruimten.
Typering:	Hergebruik water van de wasmachine na zuivering in een helofytenfilter
Website:	-

---

### INLEIDING

Het woningbouwproject De Waterspin is in 1998 gerealiseerd door Woningbedrijf Den Haag Zuid-Oost. In totaal bestaat het project uit vier gebouwen waarvan er twee nieuw gebouwd zijn. Het omvat 21 huurwoningen, 18 koopwoningen en 9 bedrijfsruimten.

Het initiatief voor de Waterspin kwam tot stand na de verbouwing van voormalige meubelfabriek Pander in Den Haag tot woon/werkcomplex. Mensen die op de wachtlijst stonden wilden ook aangrenzende panden verbouwen en richtten in 1992 "Vereniging De Waterspin" op. Er werd contact gezocht met Woningbedrijf Den Haag Zuid-Oost. De vereniging had veel inbreng bij de projectontwikkeling en de leden werden de uiteindelijke bewoners. Met het woningbedrijf werd een contract gesloten om de bewoners zelfbeheer over hun complex te geven.

Bij de bouw is zo veel mogelijk met duurzame materialen gewerkt. De gebouwen zijn zeer zuinig met energie. Ook wordt er water bespaard door middel van behandeling en hergebruik van wasmachinewater. Hoewel dit niet vanaf het begin in het ontwerp was meegenomen wilde men in een later stadium vier-liter toiletten installeren. Deze konden zelfs zonder meerkosten geleverd worden, maar door de late beslissing konden er echter geen stroomvergroeters meer in het ontwerp worden ingepast.

FIGUUR 16

DE WATERSPIN (DUBOCENTRUM)



### **GESCHIEDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN GRIJSWATER EN REGENWATER**

Waswater uit de collectieve wasmachineruimte wordt gezuiverd en opnieuw gebruikt om te wassen. Het waswater wordt opgevangen in een bezinker / vetafscheider en daarna wordt het via een pompput naar een helofytenfilter geleid. Het gezuiverde water wordt opnieuw in de wasmachines gebruikt. Verdere watermaatregelen zijn het gebruik van regenwater voor het spoelen van de toiletten en doorlatende stenen voor een goede infiltratie van regenwater in de bodem.

### **KOSTEN**

Bouwkosten per huurwoning: € 82.000,-.

De Dubo-meerkosten bedroegen ca. € 6.500 per woning.

### **BRONNEN**

DuBoCentrum

<http://www.dubo-centrum.nl/projecten/project.php?recID=18&item=projectgegevens>

European Green Building Forum – Catalogue of Best Practice Examples – Waterspin

<http://www.egbf.org/PDFs/waterspin.pdf>

Gemeente Den Haag – Nieuwsbrief 'Duurzaam Den Haag' - De Waterspin: Een ultramodern ecologisch wooncomplex <http://www.denhaag.nl/smartsite.html?id=32872>

Mil van, R., 'Mitsen en maren' bij gebruik regen- en huishoudwater - Onderhoud aan systemen krijgt te weinig aandacht, Intech September 2002 p. 24-27

Servicepunt Anders Wonen Anders Leven - Ecodorpen en -wijken

<http://www.omslag.nl/wonen/ecodorpen.html>

SEV, NOVEM, DuBo Centrum (2000) Duurzaam Watergebruik –

Wat leren de voorbeeldprojecten ons?

## 2.8 KANTOORGEBOUW RIJKSWATERSTAAT TERNEUZEN

---

Titel:	Kantoorgebouw Rijkswaterstaat
Plaats:	Terneuzen
Project:	Kantoorgebouw
Typering:	Behandeling van zwart en grijswater voor hergebruik
Website:	-

---

### INLEIDING

Bij het samengaan van twee afdelingen van de dienst Rijkswaterstaat Zeeuws-Vlaanderen in Terneuzen in 1993 ontstond de behoefte aan een nieuw gebouw. Vanwege de eigen betrokkenheid bij milieuaspecten wilde men een voorbeeldgebouw neerzetten waarin aspecten van duurzaamheid en energiebesparende maatregelen opgenomen werden. In februari 2000 is het nieuwe gebouw in gebruik genomen.

Het afvalwater van het gebouw met 75 personeelsleden, zowel grijs als zwartwater, wordt lokaal behandeld. Gezuiverd water wordt hergebruikt voor het spoelen van de toiletten en in een kunstwerk. Regenwater wordt opgevangen en kan ook gebruikt worden voor toiletspoeling. Verder wordt regenwater tijdelijk vastgehouden op het met vetplanten begroeide dak om daarmee bergingscapaciteit te creëren. Er is voor gekozen om het grondoppervlak rond het gebouw slechts minimaal te verharden zodat regenwater in de bodem kan infiltreren.

FIGUUR 17

KANTOORGEBOUW VAN RIJKSWATERSTAAT IN TERNEUZEN (DUBOCENTRUM EN HULST-D3BN)



### GESCHIEDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN GRIJS EN ZWARTWATER

Zwartwater gaat eerst door een septic tank, waarna het in een helofytenfilter wordt nabehandeld. Grijswater uit de kranen, wastafels en douches stroomt eerst door een bezinkput en een vetafscheider die uitkomen in hetzelfde helofytenfilter. Het filter is opgebouwd uit twee parallelle rietvelden van elk 65 m<sup>2</sup>, met effluentrecirculatie om denitrificatie te bevorderen. Een deel van het filter staat periodiek onder water om stikstof te verwijderen. De waterbesparing werd voor de ingebruikname geschat op 27 liter drinkwater per persoon per dag. Tot dusver zijn er geen problemen met het systeem. In het begin had men last van vraat van het riet door konijnen. Dit probleem kon eenvoudig verholpen worden door het plaatsen van hekken. Het gezuiverde water heeft geen geur en geen extra aanslag in de toiletten. Wel heeft het een iets gele kleur.

TABEL 5

EFFLUENTKARAKTERISTIEKEN (GEMIDDELTE WAARDEN OP BASIS VAN STEEKMONSTERS) VAN HET HELOFYTENFILTER IN MG/L (JANSEN, 2004)

	Mei 2000	Juni 2003
CZV	69	23
BZV <sub>5</sub>	< 1	1,1
Chloride	3900	149
Zwevende stof	147	< 4
Kjeldahl stikstof (N)	3,6	0,5
Nitraat (N)	-	62
Nitriet (N)	-	0,2

### KOSTEN

De totale bouw- en inrichtingskosten van het 1750 m<sup>2</sup> grote kantoor waren 8,4 miljoen gulden. Dubo-meerkosten bedroegen circa 10%.

### BRONNEN

DuBo Centrum, projectpagina <http://www.dubo-centrum.nl/projecten/project.php?recID=40>

en nieuwspagina <http://www.dubo-centrum.nl/nieuws/nieuwsitem.php?recID=343>

HULST-D3BN, [http://www.architectenwerk.nl/hulst-d3bn/PF\\_Terneuzen.htm](http://www.architectenwerk.nl/hulst-d3bn/PF_Terneuzen.htm)

Jansen C.J. (2004) Rijkswaterstaat Dienstkring Zeeuwsch-Vlaanderen, telefoongesprek en correspondentie.

Lukasse D., van Asch D., Bleuzé P., Pötz H., Elfering M., Rijkswaterstaat Terneuzen – Zinnenprikkelend Gezond gebouw, Rijksgebouwendienst Den Haag.

Ministerie van VROM i.s.m. Rijksgebouwendienst (2000) Rijkswaterstaat Terneuzen – Pionierswerk duurzaam bouwen beloond (vrom 000150/p/3-00 16482/182)

Rijksgebouwendienst,

<http://www.rijksgebouwendienst.nl/dubo/Terneuzen/501993dubotx.htm>

## 2.9 ECOPARK EMMELOORD

Titel:	EcoPark Emmeloord
Plaats:	Emmeloord
Project:	Bedrijventerrein met woonfunctie (39 kavels)
Typering:	Gescheiden inzameling van zwart en grijs afvalwater, lokale behandeling van grijswater en terugvoer naar het wijkwater, regenwaterinfiltratie, winning van huishoudwater uit wijkwater
Website:	www.EcoPark.nl

### INLEIDING

EcoPark Emmeloord (12 ha) is een bedrijventerrein met woonfunctie dat momenteel wordt gerealiseerd. Bij de ontwikkeling, inrichting en bebouwing van dit terrein is veel aandacht geschonken aan het thema duurzaamheid. Het EcoPark ligt ten oosten van de gemeente Emmeloord, langs de Zwolse Vaart. Momenteel zijn de 39 kavels op dit terrein in de verkoop.

De ontwikkeling van het EcoPark is in 1997 geïnitieerd door BGM Projectontwikkeling uit Zwolle, de eigenaar van het gebied. In opdracht van deze projectontwikkelaar is door het Adviesbureau Haver Droeze uit Amersfoort en de architecten Peijnenborgh en Kristinsson in 1998 een stedenbouwkundig structuurplan ontworpen. Een basiselement in dit plan is de combinatie van werken en wonen in één gebied. Door op het bedrijventerrein ook ruimte voor wonen en recreatie te bieden wordt een stuk sociale controle ingebouwd en krijgt het terrein een aantrekkelijke uitstraling. Door de lokale oriëntatie van werken en wonen worden bovendien reisafstanden kleiner. Een tweede belangrijke element in het structuurplan is het nadrukkelijk meenemen van ecologische duurzaamheid in alle aspecten van de ontwikkeling en het beheer van het EcoPark. Hierbij is aandacht geschonken aan het (zoveel mogelijk) sluiten van kringlopen op lokale schaal, energiebesparing, organische vormgeving en een plezierige woonomgeving.

FIGUUR 18

PLATTEGROND VAN HET ECOPARK (LINKS) EN WERK/WOON-UNIT ONTWERP VAN ARCHITECT PIJNENBORGH (WEBSITE ECOPARK)



### GESCHIEDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN GRIJSWATER

In het EcoPark zal zwart en grijs afvalwater gescheiden worden ingezameld. Het zwartwater wordt via de riolering afgevoerd. Grijswater wordt lokaal behandeld in een voorbehandeling (vetafvanger, bezinker) en een dubbel systeem van verticaal doorstroomde helofytenfilters. Het gezuiverde water wordt teruggevoerd naar het wijkwater van het EcoPark. De helofytenfilters worden ingepast binnen het landschappelijk ontwerp van het EcoPark. Regenwater wordt via goten direct in dit wijkwatersysteem gebracht.

Het wijkwatersysteem is ontworpen als een op zich zelf staand watersysteem. Verwacht wordt dat enkele malen per jaar water in- of uitgelaten zal moeten worden naar de Zwolse Vaart.



Hiervoor is geen vergunning nodig. Het Waterschap Zuiderzeeland heeft echter wel verzocht om aan te geven wanneer dit gebeurt. Wijkwater zal via een retentiebeken worden ingenomen en – na filtratie – te leveren als huishoudwater voor toilet en wasmachine. Het grijswatersysteem wordt eigendom van de vereniging van eigenaren (VVE). De VVE zal het beheer van het systeem waarschijnlijk uitbesteden aan een bedrijf.

Oorspronkelijk was de idee om zowel zwart als grijswater lokaal te behandelen en – via het wijkwater – te gebruiken als huishoudwater. Vanwege weerstand bij de gemeente naar aanleiding van vragen over mogelijke gezondheidsrisico's bij hergebruik van (gezuiverd) zwartwater (vragen rondom hygiëne en mogelijke reststoffen), is besloten alleen het grijswater lokaal te behandelen.

Wat betreft de betaling van de zuiveringslasten voor het (zwarte) water dat via de riolering wordt afgevoerd moet nog overleg gevoerd worden met het Waterschap. Door de afkoppeling van grijswater wordt er een significant lagere vuilvracht afgevoerd naar de centrale rioolwaterzuiveringsinstallatie. In principe hoeven toekomstige bewoners daarmee minder zuiveringseenheden te betalen. Of dit wettelijk mogelijk is, is nog onduidelijk.

Een interessante discussie heeft zich met het Waterschap afgespeeld wat betreft het wijkwatersysteem. Centrale vraag hierbij was of dit als deel van het waterzuiveringssysteem gezien moest worden of als oppervlaktewater. Uiteindelijk is besloten dat het systeem als oppervlaktewater gezien moet worden en dat voor lozing van het effluent van de helofytenfilters op het wijkwater vergunning verleend zal worden.

**BRONNEN:**

Gesprek met:

Mr. Liedewij Haver Droeze (technisch directeur EcoPark Emmeloord, Jurist Ruimtelijke Ordening en Milieu van Adviesbureau Haver Droeze)

Dhr. Ronald Vissers (projectleider EcoPark Emmeloord, BGM projectontwikkeling)

Internetpagina: [www.EcoPark.nl](http://www.EcoPark.nl)

# 3

## BRONGERICHTE SANITATIE IN DUITSLAND EN ZWEDEN

### 3.1 INLEIDING

Tabel 6 geeft een overzicht van projecten gebaseerd op brongerichte sanitatie in Duitsland en Zweden. In Duitsland is veel ervaring met de gescheiden inzameling van zwartwater in combinatie met compostering of toepassing van vacuümsystemen. In de jaren '80 en '90 verschillende woonwijken aangelegd met composttoiletten en helofytensystemen. Momenteel staat de toepassing van vacuümtechnologie voor gescheiden inzameling en transport van zwartwater sterk in de belangstelling. Hierbij worden vacuümtoiletten met een laag waterverbruik gebruikt. Er zijn toepassingen in appartementencomplexen, kantoren en in een wijk met laagbouw.

In Zweden is veel ervaring met de gescheiden inzameling en hergebruik van urine. Er zijn in Zweden voorbeelden van No Mix toiletten te vinden uit de 19<sup>e</sup> eeuw. Anno 2004 zijn in dat land ongeveer 10.000 porseleinen urinescheidingstoiletten in normale woningen geplaatst. Daarnaast zijn er nog ongeveer 10.000 kunststoffen toiletten in gebruik in vakantiehuisjes. De gescheiden inzameling van urine krijgt momenteel ook extra aandacht vanwege het voornemen van de Zweedse regering om in het jaar 2015 minstens 60% van het fosfaat uit de stedelijke afvalwaterketen terug te voeren naar de landbouw.

Hoewel een groot aantal projecten is geïnventariseerd is de opgestelde lijst niet volledig. Ook is er sprake van sterke toename van het aantal projecten.

TABEL 6 OVERZICHT VAN TOEPASSINGEN VAN BRONGERICHTE SANITATIE IN STEDELIJKE GEBIEDEN IN DUITSLAND EN ZWEDEN (DECEMBER 2004)

Naam en jaar van aanleg	Typering					
	Lokale grijswater-behandeling en infiltratie	Zwartwater, compost toilet	Zwartwater; vacuümtoilet	Zwartwater; Gustavsbergtoilet	No Mix toiletten	Lokale regen-waterinfiltratie
Duitsland						
Bielefeld-Waldquelle (1994)		X				
Öko-Technik-Park, Hannover (1995)	X		X		X	
Modelproject 'Wohnen & Arbeiten', Freiburg (1999)	X		X			X
Ökologische Wohnsiedlung Flintenbreite (2000)	X		X			X
Lambertsühle, Burscheid (2002)	X				X	X
Kantoorgebouw KfW-bankiersgroep (Kreditanstalt für Wiederaufbau), Frankfurt (2004)			X			
Hoofdkantoor GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH), Frankfurt (2004)					X	
Projecten in voorbereiding						
DEUS 21, Knittlingen (2005)	X		X			X
Berliner Wasserbetriebe, Berlijn (2005)			X		X	
Zweden						
Bostadrättsföreningen Myrstacken, Toarp (1992)	X	X				
Volvo Holiday Village Bokenäs, Göteborg (1994)				X	X	
Palsternacken, Stockholm (1995)					X	X
Understenhöjden, Stockholm (1995)					X	
Ekoporten, Norrköping (1995)		X			X	
Gebers, Stockholm (1998)		X			X	
Skogaberg, Göteborg (2004)				X		

### 3.2 WALDQUELLE - BIELEFELD, DUITSLAND

---

Titel:	Ecologisch wijk Bielefeld-Waldquelle
Plaats:	Bielefeld, Duitsland
Project:	Stadswijk met eensgezinswoningen, meerlaagse appartementen en een kleuterschool
Typering:	Composteringstoiletten op wijkschaal (500 stuks)
Website:	

---

#### INLEIDING

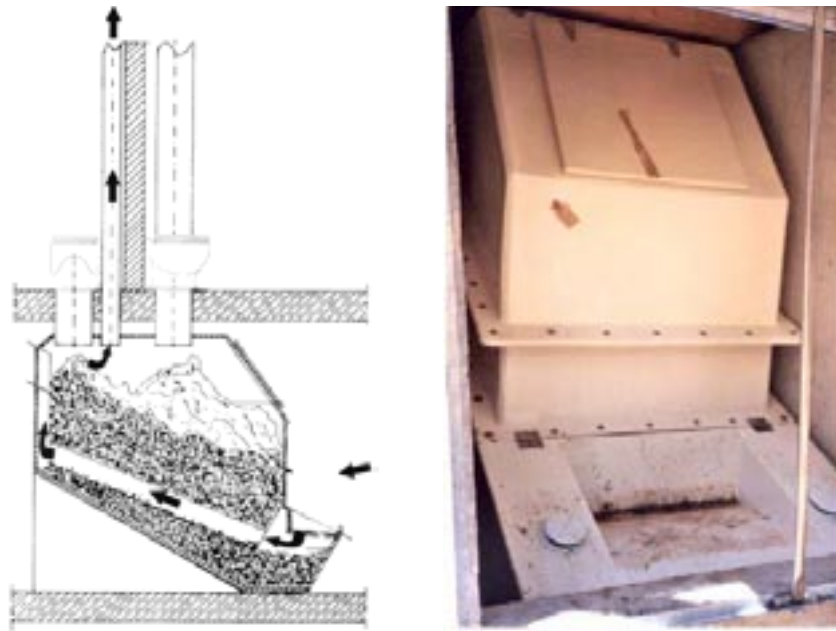
In de jaren '80 en '90 zijn in Duitsland verschillende woonwijken aangelegd met gedecentraliseerde afvalwaterbehandeling. Hierbij werden composteringstoiletten voor zwartwater en helofytensystemen voor de behandeling van grijswater toegepast. Het eerste voorbeeld was Hamburg-Allermöhe, gebouwd in 1986. Enkele andere voorbeelden zijn te vinden in Hamburg-Braamfeld, Kiel, Berlijn en Bielefeld. De randstedelijke wijk in Bielefeld-Quelle is met 500 geïnstalleerde composteringstoiletsystemen de waarschijnlijke grootste toepassing op wijkschaal in Europa. De wijk is een initiatief uit 1988 van een groep milieubewuste gezinnen en het architectenbureau Bültmann. In de periode 1994-1999 werden een kleuterschool en een groot aantal eengezinswoningen en meerlaagse appartementen gebouwd en voorzien van composteringstoiletten. Grijswater zou in helofytenfilters behandeld worden, maar vanwege ontbrekende financiële middelen zijn deze uiteindelijk niet gebouwd. Het grijswater wordt op het rioleringsysteem geloosd.

#### TERRANOVA COMPOSTTOILET

Een innovatief aspect van de wijk is de installatie van composteringstoiletten in vierlaagse appartementen. Hiervoor zijn speciale systemen ontwikkeld. Het geautomatiseerde *TerraNova* composteringstoiletsysteem (Figuur 21) is ontwikkeld op basis van het Zweedse Clivus Multrum systeem. Het is voorzien van een geïsoleerde composteringsruimte waarop het toilet met behulp van een verticale pijp (300 mm diameter) wordt aangesloten. De container wordt permanent mechanisch geventileerd en is verbonden met een luchtpijp die boven het dak (150 mm diameter) wordt uitgeleid. Een elektrische ventilator voorziet in de benodigde zuurstof voor het composteringsproces en in een lichte onderdruk om geuruitstoot uit het toilet te voorkomen. Per container kunnen vier toiletten worden aangesloten. Het systeem is daarmee ook geschikt voor appartementencomplexen. Voorafgaand aan het gebruik wordt een filterbed in de container geïnstalleerd om het composteringsproces te bevorderen. Ook organisch keukenafval kan handmatig of via het toilet worden toegevoegd.

FIGUUR 19

TERRANOVA COMPOSTERINGSCONTAINER MET VERBETERDE VENTILATIE (BERGER BIOTECHNIK)



#### INSTALLATIE EN BEHEER VAN DE COMPOSTERINGSTOILETTEN

De bewoners van de wijk hebben een contract getekend waarin afspraken zijn vastgelegd met betrekking tot het gebruik en beheer van de composteringstoiletten. Naast het beheer is ook de afzet van het eindproduct (ongeveer 40 liter per persoon per jaar) geregeld. Er is overeengekomen dat de compost op het eigen terrein wordt gebruikt of op een speciaal daarvoor bestemd terrein binnen de wijk.

Het beheer van het composteringssysteem vergt ongeveer een uur per maand en wordt uitgevoerd door de huiseigenaars. In de flats die gezamenlijk zijn aangesloten op composteringcontainers is één van de gebruikers hiervoor verantwoordelijk. Het maandelijks onderhoud omvat het egaliseren en uit elkaar halen van het materiaal met behulp van speciaal gereedschap en het inbrengen van structuurbrengende en vochtopnemende stoffen zoals stro. De laatste jaren geeft een groep van gemotiveerde en getrainde bewoners van de wijk advies over het beheer aan andere wijkbewoners. Wanneer een bewoner het beheer niet zelf kan of wil uitvoeren kan dit besteld worden als service binnen de wijk of van de producent van composttoiletten.

#### BRONNEN

Berger, W. (2003). Results in the use and practice of composting toilets in multi story houses in Bielefeld and Rostock, Germany

### 3.3 ÖKO-TECHNIK-PARK - HANNOVER, DUITSLAND

---

Titel:	Öko-Technik-Park Hannover
Plaats:	Hannover, Duitsland
Project:	Demonstratieproject voor diverse nieuwe milieutechnieken: ca. 520 huurwoningen
Typering:	Gescheiden inzameling van zwart afvalwater met vacuümtoiletten en vacuümverzameling, grijswaterbehandeling en scheidingstoiletten
Website:	<a href="http://www.oeko-technik-park.de/">www.oeko-technik-park.de/</a>

---

#### INLEIDING

Het Ecotechniepark Hannover is gebouwd in het stadsdeel Sahlkamp in 1995. Het project is opgezet vanuit het principe dat nieuwe milieutechnologieën niet alleen bedacht maar ook praktisch toegepast en uitgetest moeten worden. In het Ecotechniepark worden de prestaties van nieuwe milieutechnologieën geëvalueerd, verdeeld over:

- de stadsdeelboerderij Sahlkamp
- een gebouwencomplex van de evangelisch-lutherse Epiphaniaskerkgemeenschap
- basisschool Hägewiesen
- vijf gebouwen met 104 wooneenheden van BauBeCon Holding AG

FIGUUR 20 OVERZICHT VAN HET ÖKO TECHNIK PARK IN HANNOVER. DE NUMMERS HIERONDER GEVEN AAN WAAR MILIEUMAATREGELEN ZIJN TOEGEPAST (WEBSITE ÖKO TECHNIK PARK)



- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. ZEER GOEDE WARMTE-ISOLATIE     | 8. SCHEIDINGS- EN VACUÛMTOILETTEN |
| 2. ZONNEBOILER "SOLARMAX"         | 9. WATERKOSTENCONTROLESYSTEEM     |
| 3. ZONNEBOILERS                   | 10. WATERLOZE URINOIRS            |
| 4. AFSTANDAFLEESBARE WARMTELELLER | 11. ZONNECOLLECTOREN              |
| 5. WARMTEPOMPEN                   | 12. BLOKVERWARMINGSINSTALLATIE    |
| 6. BAKHUIS MET HOUTOVEN           | 13. ENERGIEBESPARENDE VERLICHTING |
| 7. REGENWATERBENUTTING            | 14. STROOMKOSTENCONTROLESYSTEEM   |
| 8. HELOFYTFILTER                  |                                   |

Het hoofddoel van het project was het demonstreren en praktisch uittesten van nieuwe milieutechnieken. Hierbij gaat het om energie-, warmte- en waterbesparing, en om scheiding, vermindering en hergebruik van afvalwaterstromen. Daarnaast wordt nagegaan of de technieken aansluiten bij de wensen en gebruiken van de bewoners. Tegelijkertijd wordt geprobeerd om het milieubewustzijn van de wijkbewoners te vergroten, vooral door middel van de stadsboerderij en via de basisschool.

### **STADSDEELBOERDERIJ SAHLKAMP**

De stadsdeelboerderij is een kinderboerderij. De helft van het dak is met gras begroeid om het gebouw in de zomer koel te houden. Een deel van het regenwater van het gebouw wordt opgevangen en gebruikt voor de toiletspoeling. Jaarlijks wordt hierdoor ongeveer 182 m<sup>3</sup> drinkwater bespaard. Om verdere besparing mogelijk maken en om de kinderen het principe van waterbesparing duidelijk te maken is een urinescheidingstoilet geïnstalleerd. Dit toilet heeft twee spoelknoppen, één met een spoeling van ongeveer 0,2 liter water die het urinebekken spoelt en één die met maximaal 6 liter water het hele toilet spoelt. De urine wordt niet apart opgevangen, maar afgevoerd naar de riolering.

### **GEBOUWENCOMPLEX VAN DE EVANGELISCH-LUTHERSE EPIPHANIAS KERKGEMEENSCHAP**

Van het kerkgebouw en de doopkapel wordt de helft van het regenwater opgevangen. Na filtering wordt het opgevangen in een cisterne onder de kapel. Twee toiletten en twee urinalen worden met dit regenwater gespoeld, wat een besparing van ongeveer 140 m<sup>3</sup> per jaar oplevert. Binnen het complex is een helofytenfilter van 4 m<sup>2</sup> voor de behandeling van grijswater van één wooneenheid. Drie huurwoningen zijn voorzien van scheidingstoiletten.

### **BASISSCHOOL HÄGEWIESEN**

De jongenstoiletten van de basisschool zijn uitgerust met waterloze urinoirs. In de sifon zit een biologisch afbreekbare vloeistof die lichter is dan urine, waardoor de urine weg kan stromen maar gassen niet naar boven kunnen komen. De urinoirs zelf worden regelmatig ingesmeerd met een olieachtig desinfectiemiddel om aanhechten van urine te voorkomen.

### **WOONEENHEDEN VAN BAUBECON HOLDING AG**

De BauBeCon Holding AG heeft verschillende technieken toegepast in vijf verschillende gebouwen. Hieronder worden ze kort beschreven. Het grootste project wordt in het volgende hoofdstuk verder uitgewerkt.

- Bij een gebouw met vierentwintig woningen is een helofytenfilter van 60 m<sup>2</sup> geïnstalleerd om het bad- en wasmachinewater van de 60 bewoners te zuiveren. Het gezuiverde water wordt opgeslagen in een voorraadvat en gebruikt voor toiletspoeling. Per jaar wordt zo 1000 m<sup>3</sup> drinkwater bespaard.
- In een gebouw van met zes woningen en totaal vijftien personen werd grijswater gezuiverd in twee aërobe bioreactoren van elk 1,5 m<sup>3</sup> met viltrepen als dragermateriaal. Het behandelde grijswater werd voor toiletspoeling gebruikt. Na ongeveer een half jaar is het experiment met deze reactoren beëindigd. Door kortsluitstromen in de reactoren was er sprake van menging van gezuiverd en ongezuiverd water waardoor het effluent van onvoldoende kwaliteit was. De aanwezigheid van gesuspendeerd materiaal in het effluent en de aangroei van materiaal in de leidingen veroorzaakte verstoppingen in leidingen en spoelbakken.
- Een gebouw met zes wooneenheden heeft een ander slib-op-dragersysteem. Met een biorotor wordt het water van wasmachines en badkuipen van twaalf personen gezuiverd. Na zuivering wordt het water met UV licht gedesinfecteerd. Door hergebruik van het

gezuiverde water als spoelwater resulteert dit in een waterbesparing van 204 m<sup>3</sup> per jaar (ca. 30%).

- In twaalf woningen zijn speciale badkuipen geïnstalleerd, waarvan er door problemen nog maar vier in werking zijn. Deze badkuipen hebben een opslagvat van 100 liter waarin het douche- en badwater kan wordt opgevangen. Bewoners kunnen zelf beslissen of ze het water voor toiletspoeling willen gebruiken of naar het riool willen afvoeren. Een pomp mengt het water en leidt het wanneer nodig naar de spoelbak. De toiletten worden met leidingwater gevuld wanneer er niet genoeg badwater is. Er wordt zo'n 20% drinkwater bespaard.
- Het grootste project is de inbouw van vacuümtoiletten in een appartementengebouw van 32 woningen met 80 personen. De vacuüminstallatie en het opslagvat staan in de kelder. Tijdens het spoelen van een toilet met één bekken worden 60 liter lucht en 1,2 liter water afgezogen. In het eerste jaar werd 950 m<sup>3</sup> water bespaard. Dit project wordt hieronder uitgebreider beschreven.

### TOEPASSING VAN VACUÛMTOILETTEN IN APPARTEMENTENCOMPLEX KUGELFANGTRIFT

In het vierlaagse appartementencomplex Kugelfangtrift (32 sociale huurwoningen) zijn bij de renovatie de spoeltoiletten vervangen door vacuümtoiletten. Het doel van dit project was het realiseren van een demonstratieproject met vacuümriolering in een appartementencomplex. De resultaten en ervaringen zijn beschreven door enkele van de initiatiefnemers, Thile Herrmann en Thomas Hesse in een artikel in *Wasser und Abwasser* in 2002.

#### VACUÛMTOILETTEN

Een onderdruk in het leidingsysteem zorgt ervoor dat de inhoud van het toilet verwijderd wordt wanneer de klep open gaat tijdens de spoeling. Voor het aanleggen van onderdruk (0,5-0,6 bar) wordt gebruik gemaakt van een pomp die ingeschakeld wordt zodra de onderdruk boven een bepaalde waarde komt. Tijdens het legen stroomt een geringe hoeveelheid water toe (1 tot 2 liter per spoeling) om het toilet te reinigen. Vacuümssystemen werden ontwikkeld in de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw door de Nederlander Liernur en hebben een lange ontwikkelingsgeschiedenis. Vacuümtoiletten worden veel toegepast op schepen en in treinen vanwege de geringe waterbehoefte en de lage afvalwaterproductie. Er zijn in Duitsland veel ziekenhuizen die vacuümtoiletten toepassen op afdelingen waar patiënten behandeld worden met contrastvloeistoffen of andere potentieel milieugevaarlijke stoffen. De laatste jaren staan vacuümtoiletten sterk in de belangstelling als onderdeel van decentrale sanitatiesystemen.

Als reden om vacuümtoiletten te installeren voeren Herrmann en Hesse allereerst de aanzienlijke drinkwaterbesparing aan. Daarnaast blijft het toiletafvalwater door het lage waterverbruik geconcentreerd en kan het potentieel worden vergist, waarna het digestaat als meststof kan worden gebruikt. Het project in Kugelfangtrift was vooral gericht op het opdoen van ervaring met het vacuümstelsel. Er is in dit geval geen vergister geïnstalleerd. Het digestaat wordt op de wijkriolering geloosd.



FIGUUR 21

APPARTEMENTENCOMPLEX KUGELFANGTRIFT



Per appartement werd één vacuümtoilet geïnstalleerd (in totaal 32 toiletten geleverd door *Evac Oy, Helsinki, Finland*). De afvoer vindt plaats via acht vrij-vervalleidingen die het zwartwater naar de kelder van het gebouw voeren. Hier wordt het via een polyethyleen afvoerpijp naar een roestvrijstalen verzamelstation van 500 liter gevoerd. Het systeem wordt door een, ook dubbel uitgevoerde, vacuümpomp op een onderdruk van 0,5 bar gehouden. De inhoud van de tank wordt met een afvalwaterpomp geleegd in het rioleringsstelsel van de wijk.

FIGUUR 22

VACUÛMPOMPEN EN VERZAMELSTATION



Door storingen in de centrale installatie viel het systeem het eerste jaar regelmatig uit. Er is een analyse van de storingen gedaan. De storingen gedurende de eerste jaren bleken voor ongeveer de helft te kunnen worden herleid naar onbekendheid met installatie van vacuümsystemen in appartementencomplexen en diverse 'kinderziektes' (constructiefouten; suboptimale instelling van het vacuümsysteem) die daarvan het gevolg waren. Ongeveer de helft van de storingen bleek gerelateerd aan verkeerd gebruik door bewoners door bijvoorbeeld het doorspoelen van verstoppende materialen (zoals kattenkorrels). Hierdoor bleven bijvoorbeeld vacuümkleppen openstaan. Door verbeteringen in de installatie en een goede voorlichting aan de bewoners loopt het systeem nu nagenoeg storingsvrij. Naar schatting zijn slechts enkele uren onderhoud per jaar nodig (onderhoudscontract bedraagt € 177,93 per jaar, zie Tabel 7).

Het water- en energieverbruik van het systeem is gedurende drie jaar bijgehouden. Het spoelwaterverbruik bedroeg tussen 7,5 en 9,4 liter per persoon per dag met een gemiddelde van 8,9. De waterprijs in Hannover bedraagt € 3,21 per m<sup>3</sup>. Dit omvat zowel de levering van drinkwater als de kosten voor afvalwatertransport en -zuivering. De jaarlijkse waterkostenbesparing bedraagt € 2.853 voor het hele appartementencomplex en € 36 per inwoner. Het gemiddelde energieverbruik bedroeg 2008 kWh per jaar ofwel 26,6 kWh per persoon per jaar. Bij een stroomkosten niveau van 18 eurocent per kWh bedragen de energiekosten € 361 voor het gehele gebouw of € 4,58 per persoon per jaar. Volgens Hermann en Hesse is dit stroomverbruik nog nodeloos hoog vanwege de keuze voor de vacuümpompen in dit gebouw. Dit type pomp verbruikt extra energie omdat het in smeeroil aanwezig water ook door middel van onderdruk verwijderd wordt. Door het toepassen van een ander type pomp kan circa 68% energie bespaard worden waarmee verwacht wordt dat het energieverbruik kan dalen tot 640 kWh per jaar.

Het geluid van de spoeling van vacuümtoiletten verschilt van dat van spoeltoiletten. De mening van bewoners over welk geluid in aangrenzende ruimtes de meeste overlast veroorzaakt is niet eensluidend. Door enkele personen werd het geluid van de vacuümtoiletten in de woning bij open deksel als onaangenaam ervaren. Door de auteurs van artikel wordt aangeraden in dergelijke gevallen de drukknop achter het omhoog geklapte toiletdeksel in de wand te monteren. Hierdoor wordt men genoodzaakt het deksel voor het spoelen dicht te klappen.

Tabel 7 geeft de investering en de jaarlijkse kosten van het vacuümtoiletsysteem in Kugelfangtrift.

TABEL 7 INVESTERINGSKOSTEN EN JAARLIJKSE KOSTEN VAN HET VACUÛMTOILETSYSTEEM IN KUGELFANGTRIFT (HERMANN EN HESSE, 2002)

Investeringskosten	Kosten (excl. omzetbelasting)	Jaarlijkse kosten	
		Eerste 5 jaar	Bij optimalisatie
Vacuümtoiletten (32)	€ 20.474	Onderhoud € 178	€ 178
Vacuümleidingen	10.634	Onderhoud driejaarlijkse reiniging elektroden	534
Vacuümstation volledig ingebouwd	27.288	Reparatie, opheffen verstoppingen	4.624
Jaarlijkse inspectie gedurende 5 jaar	5.556	Stroomkosten	361
Montage	9.396	Besparing kosten drink- en afvalwater	-2.854
Planning	8.452	Kapitaalkosten bouwmaatschappij (4,5% over € 24.414)	1.099
<b>Totaal</b>	€ 82.071	Afschrijving investering van € 24.414 over 30 jaar	814
Kosten normale toiletten	28.223		
<b>Meerkosten</b>	€ 53.849		
Gemeentesubsidie waterbesparing	29.433	<b>Meerkosten per jaar</b>	€ 4.755
<b>Meerkosten bouwmaatschappij</b>	€ 24.414	<b>Potentiële besparing per jaar</b>	(-) € 649

## **BRONNEN**

Herrmann, Thile en Hesse, Thomas (2002) Vakuumtoiletten im Wohnungsbau, ein Baustein zur nachhaltigen Wasser- und Ressourcenbewirtschaftung, Wasser und Abwasser 143 (4): 296-319.

Hesse, Thomas (2002). Erfahrungsberichte aus dem Öko-Technik-Park Hannover. Factagung der Fachvereinigung Betriebs aund regenwassernutzung e.V. Schriftenreihe fbr 9.

Internetpagina van het Öko Technik Park, <http://www.oeko-technik-park.de/>

Miljøstyrelsen (Deens milieuministerie), Mere viden om anvendelse af kildesortende toiletteknologi, hoofdstuk 3: Afprøvning af et kildesortende vakuumtoilet, <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2003/87-7972-734-4/html/kap03.htm>

### 3.4 PROJECT 'WOHNEN & ARBEITEN' - FREIBURG, DUITSLAND

---

Titel:	Project 'Wohnen & Arbeiten'
Plaats:	Freiburg, Duitsland
Project:	Vierlaags appartementencomplex met 20 woningen
Typering:	Gescheiden inzameling van zwart afvalwater door middel van vacuümtoiletten en vacuüminzameling; grijswaterbehandeling in een membraanbioreactor
Website:	

---

#### INLEIDING

In een vierlaags appartementencomplex met 20 woningen in Freiburg is een afvalwater- en energieconcept gerealiseerd waarbij zwartwater en grijswater gescheiden worden ingezameld en op gebouwniveau worden behandeld. Het gebouw staat in de wijk Vauban waarin zogenaamd 'vrij wonen' wordt aangemoedigd. Toekomstige bewoners krijgen in deze wijk de kans om gezamenlijk een eigen woonconcept te ontwerpen en stukken bouwgrond te kopen. De vereniging "FORUM-Vauban e.V., Freiburg" ([www.forum-vauban.de](http://www.forum-vauban.de)), opgericht door bewoners van Freiburg, vormt hiervoor het wettelijke kader. De groep 'Wohnen & Arbeiten' is één van de ongeveer 30 initiatiefgroepen. De groep heeft een appartementencomplex opgezet met een integraal afvalwater- en energieconcept.

FIGUUR 23

APPARTEMENTENCOMPLEX 'WOHNEN &amp; ARBEITEN' (BRON: PANESAR EN LANGE, 2003)



#### ORGANISATIE

Om subsidies aan te kunnen vragen en samen te kunnen werken met onderzoekspartners is door de toekomstige bewoners van 'Wohnen & Arbeiten' een vereniging opgericht. Daarnaast hebben de bewoners een contract ondertekend om vast te leggen dat zij met toekomstige onderzoeksprojecten zouden meewerken.

Subsidies voor de ontwikkeling en uitvoering van het energieconcept en het afvalwatersysteem (vacuümsysteem, biogasinstallatie, grijswaterfilter) werden verleend door de Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), het Fraunhofer Instituut en TBW GmbH in Frankfurt. TBW en het Fraunhofer ISI waren ook betrokken bij de realisatie. De bouw en het onderhoud van het vacuümsysteem werd aanbesteed aan de firma ROEDIGER, Hanau. De biogasinstallatie werd ontwikkeld en gebouwd door Mall-UMWELTSYSTEME die ook delen van de ontwikkeling en toepassing van het grijswaterfilter ondersteunde.

### **ENERGIECONCEPT**

Om energie te besparen en lokaal energie op te wekken zijn onder andere driedubbel uitgevoerde ramen en een warmtekrachtkoppelinginstallatie geïnstalleerd en zijn zonnepanelen aangebracht. In de zomer wordt voor 100% in de warmwaterbehoefte voorzien door een zonneboilerinstallatie.

### **HET AFVALWATERCONCEPT**

Voor het modelhuis 'Wohnen & Arbeiten' werd een gecombineerd vacuümsysteem gebouwd waarmee zwartwater en organisch keukenafval wordt ingezameld en vergist in een biogasreactor. De reactor produceert biogas dat gebruikt kan worden voor het koken en een potentiële meststof. Het grijswater van keukens en badkamers wordt na zuivering met een grijswaterfilter gebruikt voor het doorspoelen van het vacuümtoilet en het sproeien van de tuin. Regenwater stroomt via open goten naar twee sloten, waar het via grindpakketten wordt geïnfiltreerd naar het grondwater.

### **HET GRIJSWATERFILTER**

Het eerste grijswaterfilter werd gebouwd in 1999 in de vorm van een belucht zandfilter. Het functioneren van dit filter werd gedurende een langere periode gevolgd (Steeger-Ballbach 2001). Tengevolge van technische problemen is het filter uiteindelijk vervangen door een membraanfiltermodule die geleverd en gedeeltelijk gesponsord werd door het bedrijf MALLUMWELTSYSTEME (Donaueschingen, Duitsland).

### **VACUÛMTOILETTEN**

Het vacuümsysteem functioneert sinds 1999 bijna zonder technische problemen. Het vacuümsysteem wordt onderhouden door de firma ROEDIGER. Het spoelwaterverbruik is ongeveer 6 liter per persoon per dag. De acceptatie van het vacuümtoilet door de bewoners blijkt goed. In het beginstadium van het project namen de inwoners aan, dat het geluid van het vacuümtoilet wellicht een probleem zou kunnen zijn, maar dit bleek uiteindelijk voor niemand het geval te zijn.

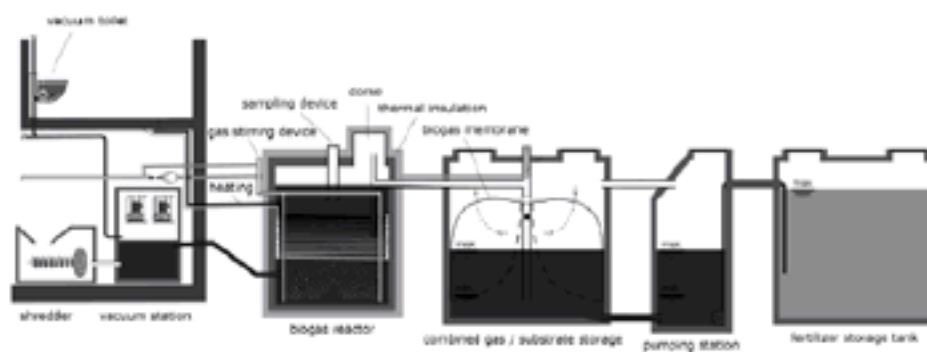
### **BIOGASINSTALLATIE**

De installatie in Freiburg is in Duitsland de eerste biogasinstallatie in een appartementencomplex. Het systeem bestaat uit een betonnen reactor waarin zwartwater en organisch keukenafval wordt vergist, een gecombineerde opslag voor uitgegist materiaal en gasopslag in een speciale plastic membraanzak, en een opslagtank voor het eindproduct. De biogasinstallatie is aangesloten op de interne gasleiding van het complex. Berekeningen laten zien dat het geproduceerde gas overeenkomt met het verbruik voor koken van 16 huishoudens.

De installatie is bijna klaar maar nog niet in gebruik. Er wordt nog gewerkt aan de automatische gasdrukregeling en het transportapparaat voor organisch keukenafval.

FIGUUR 24

BIOGASINSTALLATIE EN OPSLAG VOOR ZWARTWATER EN ORGANISCH KEUKENAFVAL IN 'WOHNEN &amp; ARBEITEN' (BRON: PANESAR EN LANGE, 2003)



De onderstaande tabel geeft technische informatie over het afvalverwerkingconcept van "Wohnen & Arbeiten".

TABEL 8

TECHNISCHE GEGEVENS VAN HET AFVALVERWERKINGCONCEPT VAN "WOHNEN &amp; ARBEITEN" (PANESAR &amp; LANGE, 2003)

<b>Aantal bewoners</b>	40 (incl. 10 Kinderen)
<b>Vacuümsysteem</b>	
Aantal vacuümtoiletten	25
Hoeveelheid water per spoeling	1 l
Hoeveelheid lucht per spoeling	20-40 l
<b>Vergister</b>	
Vergister	6 m <sup>3</sup>
Tussenopslag	14 m <sup>3</sup>
Biogasopslagtank	9 m <sup>3</sup>
Biogasproductie (verwacht)	2-3 m <sup>3</sup> /d
Zwartwater per dag (verwacht)	0,24 m <sup>3</sup> /d
Organisch afval (verwacht)	0,02 m <sup>3</sup> /d
Biomeststofproductie (verwacht)	0,26 m <sup>3</sup> /d
<b>Grijswatermembraanfilter</b>	
Te behandelen grijswater per dag	2 m <sup>3</sup> /d
Membraanoppervlak	16 m <sup>2</sup>
Primaire behandeling	1 m <sup>3</sup>
Slibbehandeling	4,5 m <sup>3</sup>
Vermogen beluchtingspomp	500 W

## BRONNEN

Panesar, A., Lange, J. (2003). Innovative Sanitation Concept Shows Way Towards Sustainable Urban Development - Experiences from the model project 'Wohnen & Arbeiten' in Freiburg, Germany.

### 3.5 LÜBECK - FLINTENBREITE, DUITSLAND

Titel:	Ökologische Wohnsiedlung Flintenbreite
Plaats:	Lübeck – Duitsland
Project:	Woonwijk met 117 koophuizen
Typering:	Gescheiden inzameling en lokale behandeling van zwart en grijs afvalwater, inzameling zwartwater met vacuümtoiletten en –riolering, grijswaterbehandeling in helofytenfilters, regenwaterinfiltratie
Website:	www.flintenbreite.de

#### INLEIDING

In de wijk Flintenbreite in de Duitse stad Lübeck (ca. 100 km boven Hamburg) wordt zwart- en grijswater gescheiden ingezameld en behandeld op wijkschaal. Het project is een initiatief in het kader van de Wereldtentoonstelling 2000 in Hamburg, en is deels nog in aanbouw. De wijk omvat 45 rijtjeshuizen, 12 twee-onder-één-kapwoningen, 56 appartementen en een wijkgebouw en biedt ruimte aan ongeveer 350 personen.

FIGUUR 25 PLATTEGROND FLINTENBREITE (BRON: WACHHOLZ IMMOBILIEN)



Naast de aandacht voor decentrale sanitatie is in de wijk veel aandacht geweest voor toepassing van innovatieve concepten op het gebied van milieuvriendelijk bouwen en energievoorziening. Voor de energievoorziening wordt gedeeltelijk gebruik gemaakt van zonne-energie. Voor verwarming van de huizen wordt gebruik gemaakt van een specifiek ventilatiesysteem, daarnaast zijn de huizen goed geïsoleerd en wordt stadsverwarming toegepast.

FIGUUR 26 HUIZEN IN FLINTENBREITE (BRON: WEBSITE FLINTENBREITE)



## INZAMELING EN BEHANDELING VAN ZWARTWATER

In de huizen zijn vacuümtoiletten gebouwd (*Roediger*) waardoor relatief weinig water wordt gebruikt (0,7-1,2 liter per spoeling). Het geconcentreerde zwartwater wordt via een vacuümrioleringsstelsel afgevoerd naar een vergistingsinstallatie die centraal in de wijk is gebouwd.

### VACUÛMTRANSPORTSYSTEMEN

Vacuümtransportsystemen zijn 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. De zigzagstructuur is zo ontworpen dat er water in de laagst gelegen delen blijft staan, waardoor voorkomen wordt dat het systeem bij lage waterafvoer onnodig veel energie gebruikt om de onderdruk in stand te houden. Vacuümtransportsystemen worden veel gebruikt voor transport van afvalwater in gebieden met een zachte bodem, zoals veengebieden, of in gebieden met een harde bodem zoals in rotsachtige gebieden.

De vergistingsinstallatie is gebouwd in de kelder van een centraal gelegen wijkgebouw. Dit wijkgebouw wordt gebruikt voor algemene doeleinden. Boven het wijkgebouw bevinden zich enkele appartementen. De vergister was eind 2004 nog niet in bedrijf omdat nog niet alle huizen waren verkocht.

De vergistingsinstallatie is ontworpen als een semi-continu met een slibverblijftijd van 21 dagen en een gistingstemperatuur van 38°C. Naast zwartwater wordt hier ook het organische keukenafval vergist. Voorafgaand aan de gisting wordt gemengd zwartwater en organisch afval conform Duitse voorschriften verwarmd gedurende minimaal 2 uur tot 55°C om ziektekiemen af te doden. Het geproduceerde biogas zal worden gebruikt in een warmtekrachtinstallatie die verder op aardgas functioneert.

FIGUUR 27

VAN LINKS NAAR RECHTS: VERKLEINER VOOR ORGANISCH KEUKENAFVAL, VACUÛMINSTALLATIE, OPVANG EN MENGVAT VOOR VERKLEIND KEUKENAFVAL EN ZWARTWATER EN HYGIËNISERINGSVAT (BRON: OTTERWASSER)



Om de geluidsoverlast van de vacuümtoiletten te minimaliseren is in de achterwand van de toiletten geluidsisolerend materiaal aangebracht. Daarnaast wordt het toiletafvalwater tijdelijk verzameld in 5 liter opslag tanks in de muur achter het toilet. Wanneer de tank vol is, wordt deze gelegegd in het centrale vacuümleidingsstelsel. Dit tijdelijke opslagvat vermindert het geluid en leidt ook tot minder verstoppingen, omdat het toiletafval met relatief meer water wordt weggespoeld. Het systeem wordt nog steeds verbeterd.



TABEL 9

GEMIDDELTE SAMENSTELLING VAN HET ZWARTWATER (OTTERWASSER, 2003); EERSTE TWEE JAAR ERVARING MET HET PROJECT. GEMIDDELTE HOEVEELHEID ZWARTWATER: 4,9 LITER PER PERSOON PER DAG

	Concentratie
CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	8.600
BZV <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	2.500
N-totaal (mg N/l)	1.700
NH <sub>4</sub> -N (mg N/l)	1.200
NO <sub>3</sub> -N (mg N/l)	3.2
P-totaal (mg P/l)	162
PO <sub>4</sub> -P	96

Bij aanvang van het project is er voor gekozen om permanent een monteur voor 0,5 fte aan operationele ondersteuning beschikbaar te hebben om problemen met het systeem direct te kunnen verhelpen. De daadwerkelijke operationele inzet blijkt na ruim twee jaar ervaring gemiddeld 1 uur per week per 30 appartementen te bedragen. In het begin waren er regelmatig storingen die te maken hadden met het gebruik van het systeem. Er werd bijvoorbeeld vulling van kattenbakken, speelgoed en oud papier doorgespoeld. Dit leidde geregeld tot problemen met verstopping of kleppen die niet voldoende sloten. Door de ervaringen en door voorlichting aan de bewoners wordt duidelijker voor alle gebruikers wat wel en niet in het systeem gebracht mag worden.

FIGUUR 28

CENTRAAL GELEGEN WIJKGEBOUW MET VERGISTINGRUIMTE IN DE KELDER



Het energieverbruik van de vacuümpompen bedroeg 0,20 kWh per persoon per dag en is in de loop van de tijd teruggebracht tot 0,06-0,08 kWh p.p. per dag. Dit is ongeveer 26 kWh per persoon per jaar en komt overeen met het energieverbruik in het Ecotechniepark Hannover.

#### INZAMELING EN BEHANDELING VAN GRIJSWATER

Grijswater wordt apart afgevoerd en wordt lokaal behandeld in helofytenfilters. Regenwater wordt lokaal geïnfiltreerd. Het grijswater wordt na het verwijderen van grove delen discontinu behandeld in drie lokaal gelegen verticaal doorstroomde helofytenfilters. De zuiveringsresultaten zijn goed (zie Tabel 10) en voldoen aan de lozingseisen behalve wat betreft fosfaat. Het gezuiverde water wordt geloosd op een nabijgelegen beek.

FIGUUR 29 VLNR. HELOFYTFILTER IN AANBOUW, NET AANGEPLANT EN VOLLEDIG BEGROEID (OTTERWASSER)



TABEL 10 GEMIDDELTE SAMENSTELLING VAN HET GRIJSWATER EN HET EFFLUENT NA BEHANDELING IN HET HELOFYTFILTER

	Oldenburg 2002 <sup>1</sup>		Otterwasser 2003 <sup>2</sup>	
	Influent helofytenfilter	Effluent helofytenfilter	Influent helofytenfilter	Effluent helofytenfilter
CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	421	41	502	59
BZV <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	144	9	194	14
N-totaal (mg N/l)	10,1	4,0	12	2,7
NH <sub>4</sub> -N (mg N/l)	-	< 0,5	4,5	0,9
NO <sub>3</sub> -N (mg N/l)	-	1,4	--	--
P-totaal (mg P/l)	5,3	4,3	8	5,7
PO <sub>4</sub> -P	4,7	3,9	7,6	4,8

<sup>1</sup> Eerste twee jaar ervaring, gemiddeld 61 liter per persoon per dag

<sup>2</sup> Gemeten in de zomer, 24-uurs gemiddelden, 56 liter per persoon per dag

## BRONNEN

Bezoek aan Flintenbreite in september 2001

Flintenbreite website: <http://www.flintenbreite.de/>

Oldenburg M. (2002) Alternative Sanitärkonzepte - Praxisbeispiele, Oberösterreichischer Umweltumweltkongress "Wasser: Lebensraum - Lebensmittel - Wirtschaftsfaktor"

OtterWasser (2003) Experiences with a separating wastewater treatment system - The ecological housing estate Lübeck - Flintenbreite

OtterWasser Internetpagina: <http://www.otterwasser.de/>

Wachholz Immobilien, <http://flintenbreite.wachholz-immobilien.de/expoplan.html>

### 3.6 LAMBERTSMÜHLE - BURSCEID, DUITSLAND

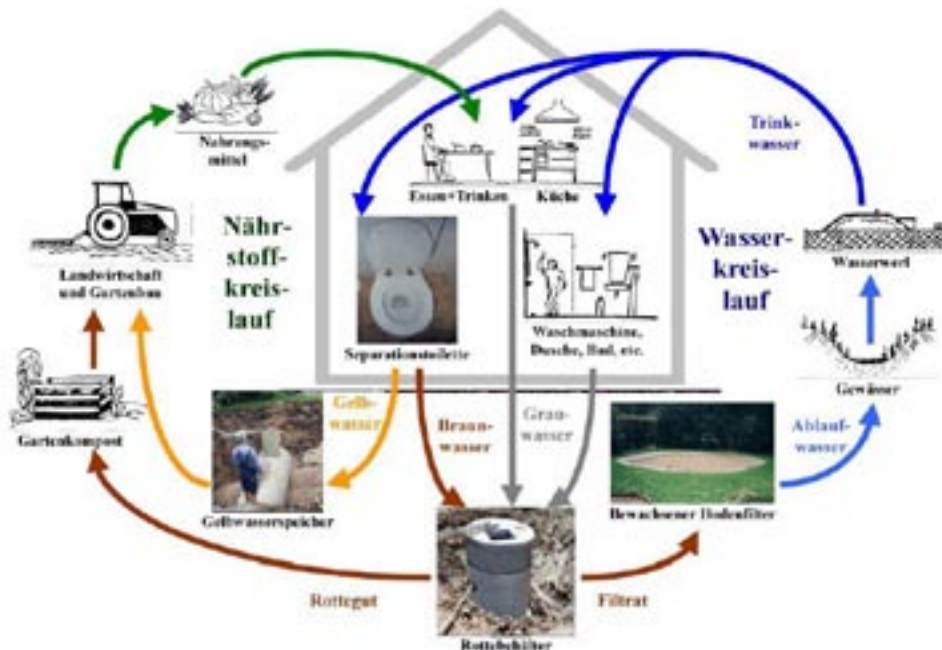
Titel:	Lambertsmühle
Plaats:	Burscheid, Duitsland
Project:	Watermolen met museum en bewoning
Typering:	Gescheiden inzameling van urine en bruin afvalwater, lokale behandeling van bruin water in composteringstoiletten; lokale behandeling van grijswater
Website:	www.lambertsmuehle.de

#### INLEIDING

De Lambertsmühle ligt ten zuidwesten van de stad Burscheid in Nord Rhein Westfalen. De oorsprong van deze watermolen gaat terug naar de 13<sup>e</sup> eeuw. Sinds 1983 is de molen een monument en wordt beheerd door de *Verein zur Förderung der Lambertsmühle zu Burscheid* die een gebruikskoncept heeft opgesteld voor de molen. Een gedeelte van de molen wordt als museum gebruikt. Daarnaast is aandacht geschonken aan milieubescherpende maatregelen, mede door de ligging in het beschermde natuurgebied Wiebachtal. In de Lambertsmühle woont een familie van vier personen.

Tijdens de restauratie is voor demonstratiedoeleinden een decentraal sanitatiesysteem geïnstalleerd. In dit demonstratieproject worden urinescheidingstoiletten en waterloze urinoirs toegepast voor in totaal acht personen. De ingezamelde urine wordt opgeslagen en na een periode van opslag gebruikt in de landbouw. De feces worden samen met organisch afval gecomposteerd en gebruikt in de tuin. Eén van de twee toiletten van het woonhuis kon om bouwtechnische redenen niet vervangen worden door een scheidingstoilet. Dat afvalwater wordt met de feces uit de andere toiletten in de voorcompostering behandeld. Grijswater wordt behandeld in een helofytenfilter samen met het filtraat van het composteringproces en afgevoerd naar een lokale beek. Een overzicht van de kringlopen in Lambertsmühle wordt gegeven in Figuur 30.

FIGUUR 30 AFVALWATERSYSTEEM IN LAMBERTSMÜHLE (BRON: OTTERWASSER)



### URINESCHEIDINGSTOILETTEN

Urinescheidingstoiletten worden gebruikt voor gescheiden inzameling van urine door een speciale afvoer aan de voorkant van het toilet. Door gescheiden inzameling en opvang is het mogelijk om de mineralen uit de urine direct of indirect te gebruiken als meststof. Daarnaast kan de nutriëntenbelasting van centrale rioolwaterzuiveringsinstallaties worden verminderd (STOWA, 2001-39). Het waterverbruik van urinescheidingstoiletten is in het algemeen aanzienlijk lager dan van conventionele toiletten (9-15 liter per persoon per dag), omdat tijdens urinespoeling relatief weinig water wordt verbruikt met als doel de urine zo geconcentreerd mogelijk op te kunnen slaan. Er zijn verschillende typen urinescheidingstoiletten die variëren in het ontwerp en de werking van het systeem (zie ook het overzicht in het STOWA-rapport 2001-39).

In Lamberts-mühle zijn drie verschillende toiletten geïnstalleerd (Figuur 31), een *Wost Man Ekology* toilet, een *Dubletten* toilet en een *Roediger*-toilet. Ook zijn waterloze urinoirs ingebouwd. De twee Zweedse modellen model hebben twee open gescheiden afvoeren, die elk apart gespoeld kunnen worden. In het *Roediger* toilet gaat de urineafvoer automatisch open zodra er iemand op plaats neemt. De urine wordt apart weggeleid, en de afvoer sluit weer op het moment van opstaan. Om het achterste compartiment te spoelen wordt er water door het hele toilet geleid.

FIGUUR 31

DE GEBRUIKTE SCHEIDINGSTOILETTEN. VAN LINKS NAAR RECHTS: WOST MAN EKOLOGY TOILET, DUBLETTEN TOILET EN ROEDIGER TOILET

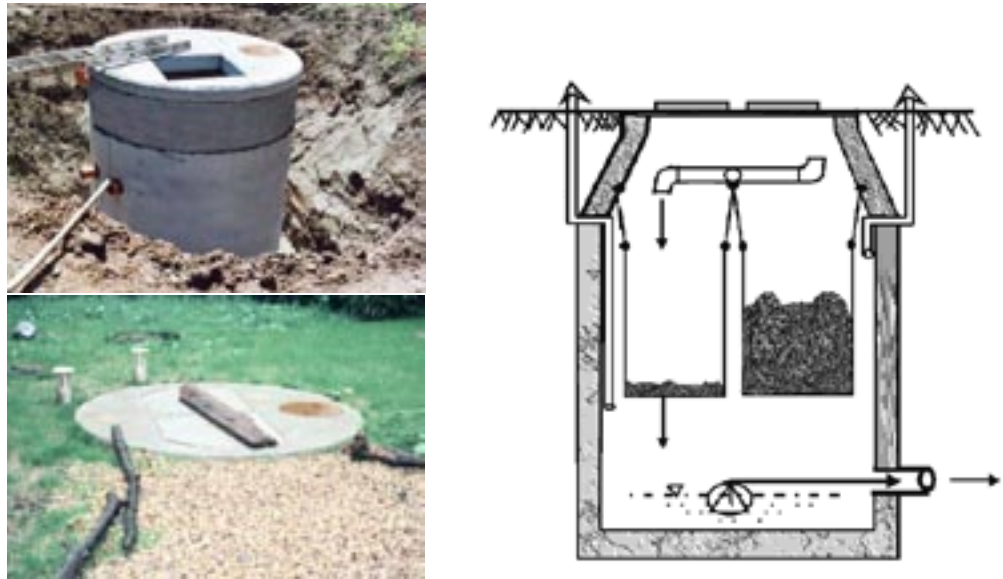


### BEHANDELING EN HERGEBRUIK

Met behulp van de urinescheidingstoiletten worden urine en feces gescheiden ingezameld. Urine wordt in een opslagruimte verzameld en daarna in de landbouw gebruikt. De feces worden samen met het spoelwater en het grijswater uit keuken en badkamer in een compostingsvat opgevangen (Figuur 32).

FIGUUR 32

LINKS: VOORCOMPOSTERINGSVAT TIJDENS EN NA INBOUW (BRON: OTTERWASSER),  
EN RECHTS: SCHEMATISCHE WEERGAVE VOORCOMPOSTERINGSVAT (NAAR GAJUREL)



In het voorcomposteringssysteem wordt gebruik gemaakt van twee poreuze zakken, die om beurten gevuld worden (Figuur 33). Het filtraat wordt opgevangen en naar een helofytenfilter geleid voor zuivering. Wanneer beide zakken vol zijn wordt het materiaal uit de eerste zak samen met GFT afval gecomposteerd.

FIGUUR 33

LEGE EN GEVULDE POREUZE ZAK (BRON: OTTERWASSER)



Grijswater wordt direct geleid naar de ruimte waar het filtraat uit de zakken wordt opgevangen. Voor de behandeling van grijswater en het filtraat van de voorcompostering wordt een helofytenfilter beplant met riet (*phragmites australis*) gebruikt. Het effluent van het filter wordt geloosd op de lokale beek.

FIGUUR 34

LINKS: HELOFYTFILTER IN AANBOUW, RECHTS: HETZELFDE HELOFYTFILTER BEGROEID (BRON: WEBSITE LAMBERTSMÜHLE)



## RESULTATEN

### Toiletten

De urinescheidings toiletten worden door de museumbezoekers gebruikt, wat een goede vergelijking van de verschillende typen mogelijk maakt. Voor kinderen en mensen die kleiner zijn dan gemiddeld is de positie niet goed, waardoor de feces in het urinedeel terechtkomen. Alleen bij het *Dubletten* toilet is een speciale toiletbril voor kinderen aanwezig waardoor een andere zitpositie mogelijk is (zie middelste toilet in Figuur 31). Ook bleek het principe van twee verschillende knoppen voor een kleine en een grote spoeling niet voor iedereen duidelijk.

### Urineopslag

Anders dan verwacht bleken er geen geurproblemen te ontstaan. Metingen geven de volgende gehalten aan: totaal stikstof > 1.200 mg/l, totaal fosfor > 120 mg/l, CZV ongeveer 10.000 mg/l. Voor goede hygiëne en om hydrolyse van ureum tegen te gaan is een lage pH van 3 in de opslagtank toegepast. Hiertoe wordt zwavelzuur gedoseerd. Testen wijzen uit dat de stikstofwerking van de opgeslagen urine gelijk is aan die van (kunst)mest.

### Voorcompostering

In de praktijk bleek het ontwerp niet helemaal goed. Er bleek regenwater bij het filtraat te kunnen komen waardoor het helofytenfilter teveel water te verwerken kreeg. De filterzakken bleken niet gemakkelijk te verwijderen door de wijze van bevestigen en het gewicht van het materiaal. Ook voldeed het toegevoegde droge structuurmateriaal niet aan de eisen, waardoor het materiaal erg nat bleef en niet de gewenste structuur had. Inmiddels zijn er aanpassingen gedaan. De filterzakken hangen nu bijvoorbeeld in manden die uit de put getakeld kunnen worden en de opslag is goed afgedicht om regenwater buiten te houden. Meetgegevens voor beide filterzakken staan in Tabel 11.

TABEL 11 INHOUD VAN DE ACTIEVE EN DE INACTIEVE FILTERZAK. WAARDEN WEERGEGEVEN IN % VAN DROGE STOF, BEHALVE HET DROGE STOF GEHALTE (% VAN HET NATTE MATERIAAL). DS=DROGE STOF, OS=ORGANISCHE STOF

zak	DS (%)	OS	C	N	P	K	S	C:N	pH
actief 9-2001	12	95	47	6.7	0.7	1.1	1.3	6.9	7.2
actief 4-2002	16	93	42	2.5	0.6	0.2	0.2	17	7.1
inactief 9-2001	17	93	50	7.2	0.6	1.6	1.3	7	6.3
inactief 4-2002	17	91	44	3.0	0.7	0.2	0.4	15	6.3

Het droge stof gehalte is te laag voor compostering, waarschijnlijk hebben ook anaërobe processen plaatsgevonden, vooral in het binnenste van het materiaal. Aan het hoge gehalte VS is te zien dat er slechts weinig organisch materiaal is omgezet.

### Helofytenfilter

In totaal bestaat 40%-60% van het influent van het helofytenfilter uit grijswater. Het effluent van het helofytenfilter heeft CZV en BZV<sub>5</sub> waarden die onder de toegestane waarden van respectievelijk 150 mg/l en 40 mg/l liggen. De gemeten concentraties zijn: totaal stikstof < 18 mg/l en CZV ongeveer 50 mg/l. Het grijswater heeft een vrij hoge fosfaatconcentratie (5 mg PO<sub>4</sub>-P/l), die waarschijnlijk uit douchegel en afwasmiddel afkomstig is. Na behandeling in het helofytenfilter is deze concentratie afgenomen tot 1,4 mg/l.

*Kostenanalyse*

In tabel 12 zijn de investeringkosten voor het afvalwatersysteem in de Lambertsmühle weer-gegeven:

**TABEL 12** **INVESTERINGSKOSTEN LAMBERTSMÜHLE**

Investeringskosten		
Binneninstallaties incl. sanitair		€ 14.000
Buiteninstallaties	leidingen en graafwerk	7.000
	geelwateropslag (4 m <sup>3</sup> )	5.800
	voorcomposteringsvat	9.300
	helofytenfilter	10.700
Totaal		€ 46.800

**BRONNEN**

Gajurel D.R., Li Z. en Otterpohl R. (2003) Investigation of the effectiveness of source control sanitation concepts including pre-treatment with Rottebehaelter, *Water Science and Technology*, 48 (1), 111–118

Lambertsmühle website: <http://www.lambertsmuehle-burscheid.de/>

Otterwasser (2004) Pilotprojekt Lambertsmühle zu Burscheid – Internetpagina  
<http://www.otterwasser.de/german/konzepte/land.htm>

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

Website Wupperverband: <http://www.wupperverband.de/forschung/lambert/index.htm>

Wupperverband (2001) Zwischenbericht zum Forschungsprojekt "Lambertsmühle" Zukunftsfähiges Abwassermanagement im ländlichen Raum, WiW Wupperverband-gesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH, Wuppertal.

Wupperverband (2003) Das Projekt Lambertsmühle: Zukunftsfähiges Abwassermanagement im ländlichen raum?, WiW Wupperverbandgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH, Wuppertal.

### 3.7 BOSTADRÄTTSFÖRENINGEN MYRSTACKEN - TOARP, ZWEDEN

---

Titel:	Bostadrättsföreningen Myrstacken
Plaats:	Toarp
Project:	37 huizen
Typering:	Composttoiletten, grijswaterbehandeling in helofytenfilter
Website:	<a href="http://www.ekoby.nu/">http://www.ekoby.nu/</a>

---

#### INLEIDING

Het ecodorp Bostadrättsföreningen Myrstacken in Toarp werd gebouwd in 1992 door woningcorporatie HSB op initiatief van de gemeente Malmö en bestaat uit 37 huizen die energiezuinig en met natuurlijke materialen zijn gebouwd. Er kunnen maximaal 150 mensen wonen. De bewoners hebben een eigen grondwaterbron, tuinen om eigen groenten te kweken en een aantal gemeenschappelijke ruimtes.

FIGUUR 35

HUIZEN IN TOARP (WEBSITE TOARPS EKOPY)



Het grijswater van de huizen in het ecodorp wordt lokaal behandeld in een helofytenfilter. Daarnaast waren alle huizen in het begin voorzien van een composttoilet. Door gebrek aan kennis en onvoldoende instructie van de bewoners waren er veel technische en operationele problemen met de composttoiletten. Dit heeft geleid tot het vervangen van ongeveer de helft ervan door spoeltoiletten, die verbonden zijn met het helofytenfilter. Het product van de composttoiletten wordt gebruikt door de bewoners zelf in de tuin.

#### COMPOSTTOILETTEN

Er zijn in Toarp drie typen composttoiletten geïnstalleerd. Vanwege de koude winters in Zweden is ook een verwarmingssysteem aangebracht in de composteringsruimte. Om de compostering te verbeteren wordt berkenschaafsel gebruikt, in hoeveelheden van 1 tot 20 liter iedere twee weken tot drie maanden. De helft van de huishoudens voegde organisch keukenafval toe aan het toilet. Hieronder worden ervaringen met de drie systemen beschreven (Fitsschen, 1997)



### EKOLOO COMPOSTTOILET

Het Ekoloo composttoilet is een Zweeds systeem met drie composteringsruimtes die wisselend gebruikt worden. Er zijn 17 toiletten van dit type geplaatst. Een groot probleem bleek dat het compostvat in de kelder zeer moeilijk bereikbaar was. Om het vat te controleren of te legen moesten twee zware deksels verwijderd worden. Het legen van de compostkamer werd door de meeste bewoners dan ook als zeer lastig en onaangenaam ervaren. Het toilet zelf bleek moeilijk schoon te maken. De ventilatie was goed en er waren geen geurproblemen.

Het lukte slechts één huishouden om goede compost te produceren, de overige moesten een bedrijf bellen om de compostkamers leeg te laten zuigen. Het probleem bleek de slechte ventilatie, waardoor de lucht alleen in de toplaag kon doordringen. Ook was er geen drainage-systeem. Het succes van de ene familie kwam waarschijnlijk doordat zij de enigen waren die elke dag berkenschaafsel toevoegden. Een groot deel van de gebruikers van het Ekoloo systeem was erg ontevreden over hun toilet.

### LINDÉN COMPOSTTOILET

Van het Lindén composttoilet zijn er tien geplaatst. Dit is een Zweeds systeem met één compostkamer. Deze kamer was makkelijker te inspecteren vanaf buiten het huis, maar het onderhoud bleek niet erg praktisch. De ventilatie was goed en er waren geen geurproblemen. De ervaringen van gebruikers waren erg verschillend.

FIGUUR 36

LINDÉN COMPOSTTOILET (SVEN LINDÉN)



### SNURREDASS COMPOSTTOILET

Ook van het Noorse Snurredass systeem met vier composteringscompartimenten zijn tien exemplaren geplaatst. Dit systeem had een goed toegankelijke composteringsruimte. De toiletput zelf bleek het meest eenvoudig schoon te maken van de drie systemen. Er was geen geuroverlast. Een aantal families verkreeg een goed gecomposteerd product, omdat door het gebruikte type verwarmingssysteem een goede verdamping van het water optrad. De gebruikers waren bijna allemaal tevreden over dit toilet.

FIGUUR 37

SNURREDASS COMPOSTTOILET (VERA MILJØ)



### ALGEMENE ERVARINGEN MET DE COMPOSTTOILETTEN

Uit de ervaringen in Toarp bleek dat de bewoners in het algemeen te weinig informatie hadden ontvangen over hoe men een goede compost kan verkrijgen. Het belang van het toevoegen van berkenschaafsel of zaagsel voor het verbeteren van de drainage en de permeabiliteit van het materiaal. Daardoor moesten bewoners in feite experimenteren en werd te weinig structuurmateriaal toegevoegd. Toen de eerste problemen optraden waren er geen experts beschikbaar om de bewoners bij te staan. In het originele ontwerp was een betere toegang tot de composteringsruimte voorzien, maar vanwege economische redenen en de Zweedse bouwnormen zijn tijdens de uiteindelijke ontwerp- en bouwfase veranderingen aangebracht.

Het energieverbruik van de composttoiletten was hoog door de verwarming van de compostruimtes. In totaal werd 325 tot 650 kWh per persoon per jaar verbruikt.

In mei en juni 1995 werden vier Ekoloo toiletten en één Lindén toilet vervangen door WM Ekologen urinescheidings toiletten. Dit systeem is een urinescheidings toilet zonder waterspoeling en vormde een goed alternatief voor de composttoiletten. De urine wordt gescheiden afgevoerd, waardoor er aanzienlijk minder vocht in de composteringsruimte terecht komt. De afgescheiden urine werd samen met het grijswater behandeld in het helofytenfilter.

Eind 1995 wilde woningcorporatie HSB alle toiletten vervangen door spoeltoiletten en het dorp aansluiten op de riolering. Ondanks de slechte ervaringen met het composttoilet protesteerden de bewoners tegen dit plan. Vervolgens werd de keuze aangeboden om het composttoilet te vervangen door een urinescheidings toilet met behandeling van het afvalwater in de eigen waterzuivering. Op vier families na koos iedereen voor deze optie, waaronder ook mensen die tevreden waren over hun *Snurredass* composttoilet vanwege twijfels over de milieubelasting door het hoge energieverbruik.

Na verloop van tijd heeft een aantal bewoners het WM Ekologentoilet toch vervangen door een spoeltoilet. Redenen hiervoor waren deels technisch van aard. De originele afvoerbuizen van het compostsysteem was te smal waardoor veel vaste delen bij de vernauwing bleven steken. Daarnaast voelden nieuwe bewoners zich niet prettig bij het steeds weer uitleggen aan gasten hoe ze het toilet moesten gebruiken. Veel bewoners wisten niet genoeg van de hygiënische aspecten van compostering van fecaal materiaal waardoor ze zich niet prettig voelden bij het werken met het opgevangen materiaal.

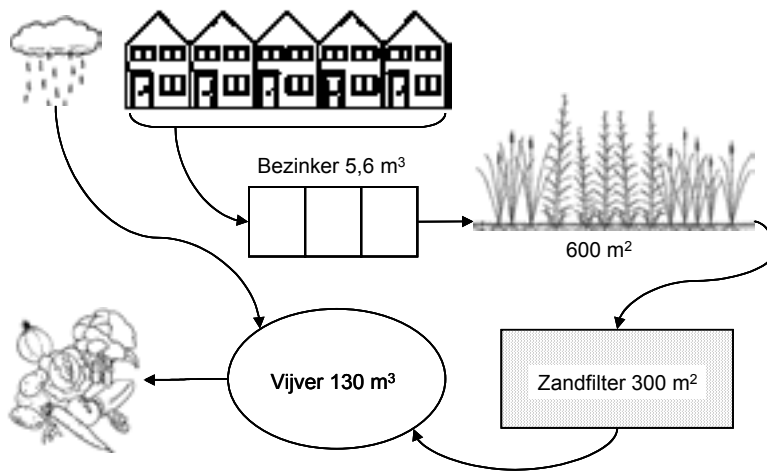
### BEHANDELING VAN GRIJSWATER

Het systeem voor de behandeling van grijswater bestaat uit een bezinker, een helofytenfilter en een zandfilter. Het gezuiverde water wordt geloosd op een lokaal vijversysteem en van daaruit regelmatig gebruikt voor besproeiing van de tuinen. Het slib uit de bezinker wordt gebruikt door een boer uit de omgeving.

Het systeem heeft een zuiveringscapaciteit van 40 m<sup>3</sup> per dag. Dit is omgerekend 200 liter per dag voor 150 inwoners, gebaseerd op het gemiddelde watergebruik in Zweden van 200 liter per dag. De dimensionering was *de facto* een overdimensionering omdat het werkelijk waterverbruik zeker lager zou zijn vanwege het gebruik van droge toiletten. Men wilde echter zeker zijn van voldoende capaciteit.

FIGUUR 38

GRIJSWATER SYSTEEM IN TOARP



TABEL 13

ZUIVERINGSRENDEMENT VAN HET HELOFYTENFILTER IN TOARP. WAARDES ZIJN IN MG/L, '&lt;DL' = ONDER DETECTIELIMIET (FITTSCHEN 1997)

	samenstelling grijswater	effluent helofytenfilter	effluent zandfilter	effluent vijver
CZV	361	46	43	56
BZV <sub>7</sub>	165	< dl (5)	< dl	< dl
totaal N	18	7	1	< 0,4
totaal P	4	4,5	0,8	0,2
Cu	0,23	0,08	< dl (0,02)	< dl
Zn	0,17	< dl (0,005)	< dl	0,03
Pb	< dl (0,05)	0,06	< dl	< dl

**BRONNEN**

Fabrikant Snurrefass toilet: Vera Miljø AS <http://www.hyttetorget.no/>

Fabrikant Lindén toilet: Sven Lindén AB <http://www.svenlinden.se/>

Fittschen I., Niemczynowicz J. (1997). Experiences with dry sanitation and greywater treatment in the ecovillage Toarp, Sweden, *Water Science and Technology* 35 (9), p. 161-170, 1997

Haraldsson H. (1998). Is ecological living in Sweden different from conventional living? -A case study of the ecological village Toarp and the conventional town Oxie in south Sweden Master's thesis, Lunds universitet, December 1998

Norbeck M., "Ekoby.org", internetpagina over negen ecodeorpen in Zweden.

Website Toarps Ekoby: <http://www.ekoby.nu/ekobyn/>

### 3.8 UNDERSTENSHÖJDEN EN PALSTERNACKAN - STOCKHOLM, ZWEDEN

---

Titel:	Understenshöjden en Palsternackan
Plaats:	Stockholm, Zweden
Project:	44 huizen, 51 flats
Typering:	Gescheiden inzameling van urine en direct gebruik in de landbouw (na 6 maanden opslag)
Website:	<a href="http://www.stockholmvatten.se/pdf_arkiv/english/Urinsep_eng">www.stockholmvatten.se/pdf_arkiv/english/Urinsep_eng</a> .

---

#### INLEIDING

Op initiatief van Stockholm Water zijn in de wijken Understenshöjden en Palsternackan respectievelijk 44 huizen en 51 appartementen voorzien van *Dubletten* urinescheidings-toiletten. De urine wordt aan de bron gescheiden en opgeslagen. De ingezamelde urine van de twee locaties wordt met tankwagens afgevoerd naar een boerderij bij het Borsjön-meer, waar het na 6 maanden opslag voor hygiënisatie met mestinjecteurs wordt gebruikt in de landbouw.

Studies van de landbouwuniversiteit in Uppsala wezen uit dat de urine een goede stabiele meststof is, met een werking die vergelijkbaar is met die van kunstmest. Er wordt gemiddeld 1,34 liter urine per inwoner per dag werd verzameld (waarvan 0,34 liter water). Urinemonsters werden in een studie (Jönsson, 1997) gemeten en bleken goed overeen te komen met verwachte concentraties.

#### UNDERSTENSHÖJDEN

Toen in 1995 de wijk Understenshöjden gebouwd werd, hebben de toekomstige bewoners zelf besloten dat zij scheidings-toiletten wilden en hebben ook zelf de beslissingen genomen over toe te passen technologieën. Zij waren beter geïnformeerd en ook meer gemotiveerd om het systeem te gebruiken dan op andere locaties. Het uiteindelijke percentage urinescheiding is 82%. Dit is hoog in vergelijking met veel andere projecten.

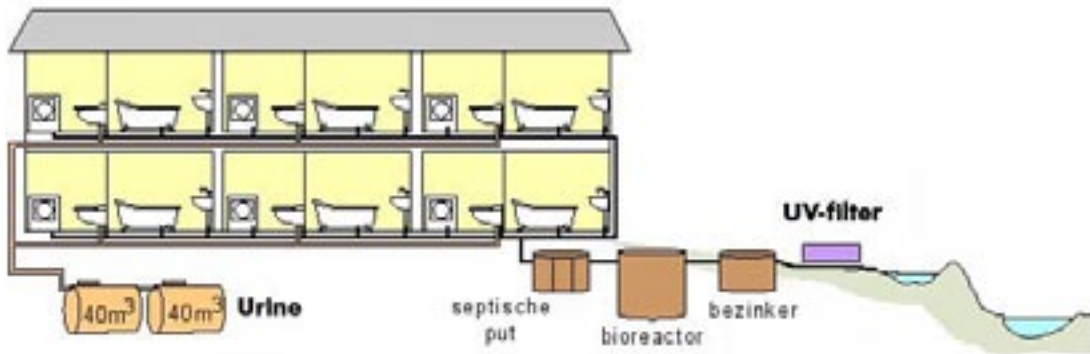
FIGUUR 39

UNDERSTENSHÖJDEN (EKOBY)



De verzamelde urine wordt één keer per jaar opgehaald. Het overige toiletwater en het grijswater zou behandeld worden in een lokaal behandelingssysteem (zie Figuur 40). Op dit moment hebben de bewoners echter geen toestemming van de overheid om het behandelde water op het vijversysteem te lozen, omdat de concentratie fosfor hoger is dan de norm van 0,5 mg/l. Daarom wordt nu op het riool geloosd. Het water voldoet wel aan de hygiënische normen en aan de BZV-norm van 15 mg/l. De bewoners zijn tevreden met hun scheidings-toiletten en willen dat deel van het lokale watersysteem zeker behouden.

FIGUUR 40 OORSPRONKELIJK ONTWERP VAN HET WATERSYSTEEM IN UNDERSTENHÖJDEN (JOHANSSON, 2002). URINE WORDT APART VERZAMELD. HET OVERIGE AFVALWATER WORDT MOMENTEEL NA HET BEHANDELINGSSYSTEEM GELOOSD OP DE RIOLERING.



### PALSTERNACKAN

In 1995 werden de 51 appartementen van Palsternackan gerenoveerd en voorzien van *Dubletten* urinescheidingsstoiletten. De huurders moesten een “milieucontract” tekenen waarin zij beloofden zich aan bepaalde gedragsregels te houden.

FIGUUR 41 DE WIJK PALSTERNACKAN MET OP DE VOORGROND ÉÉN VAN DE URINEOPSLAGSYSTEMEN (LINKS) EN DE OPZET VAN HET WATERSYSTEEM (RECHTS). PER 17 WONINGEN IS ER ÉÉN URINEOPSLAGVAT. (JOHANSSON)



Het percentage afgescheiden urine lag lager dan in Understenhöjden, namelijk op 63%. Dit komt waarschijnlijk doordat de bewoners minder gemotiveerd waren. Eens per jaar wordt de urine opgehaald en naar dezelfde boerderij gebracht als de urine van Understenhöjden. Feces, het bijbehorende spoelwater en het grijswater uit de appartementen worden afgevoerd naar Henriksdal, de grootste rioolwaterzuiveringsinstallatie van Stockholm.

### GEbruikerservaringen en urinekwaliteit in Understenhöjden en Palsternackan

Urinescheidingsstoiletten bleken niet meer geuroverlast te geven en over het algemeen niet moeilijker schoon te maken dan conventionele toiletten. In Palsternackan stopte een aantal bewoners met het gebruik van het urinegedeelte van het toilet, waarschijnlijk omdat de mannen liever staand wilden urineren. Dit is waarschijnlijk ook de reden voor het lagere scheidingspercentage. In interviews gaven bewoners in beide complexen aan ‘trots’ te zijn om mee te helpen aan een beter milieu. Ze waren tegelijkertijd vaak niet overtuigd van de werkelijke bijdrage van hun toiletten hieraan, omdat was gebleken dat vaak meerdere keren moeten doorgespoeld moest worden om de toiletpot goed schoon te krijgen en er twijfels waren over de kwaliteit van de urine. Het idee om gewassen en groenten die bemest zijn met menselijke urine te eten vond bijna niemand een bezwaar.

De Tabellen 14 en 15 geven de samenstelling van de opgevangen en opgeslagen urine van beide complexen:

**TABEL 14** HOEVEELHEDEN GESCHIEDEN INGEZAMELDE NUTRIËNTEN IN GRAM PER PERSOON PER DAG, MET DAARACHTER HET CORRESPONDERENDE PERCENTAGE VAN DE VERWACHTE HOEVEELHEID (JOHANSSON, 2000)

	Understenhöjden	Palsternackan
Stikstof	4,9 [80%]	4,2 [60%]
Fosfor	0,4 [78%]	0,4 [60%]
Kalium	1,3 [98%]	1,1 [70%]

**TABEL 15** SAMENSTELLING VAN URINE IN HET MIDDEN VAN OPVANG- EN OPSLAGVATEN (JOHANSSON 2000)

	N (g/l)	P (g/l)	K (g/l)	DS (%)
Opvang Understeshöjden	2,8	0,24	0,89	0,70
Opvang Palsternackan	3,1	0,26	0,78	0,65
Opslag Bornsjön 2 weken	2,7	0,24	0,80	0,66
Opslag Bornsjön 3 maanden	2,7	0,24	0,80	0,66

## FUNCTIONEREN VAN HET SYSTEEM

### *Verstoppingen in de urineleidingen*

In het begin vormden verstoppingen in de u-bocht van de urineleidingen van de toiletten een groot probleem. Vooral doordat de gebruikers niet wisten hoe ze deze konden verhelpen. Het grootste deel van de verstoppingen werd veroorzaakt door haren, vezels en zich daarop vastzettende aanslag van mineralen (calcium- en magnesiumammoniumfosfaten). Overige verstoppingen werden veroorzaakt door precipitaten direct op de wanden van de buis. Alle verstoppingen bleken verholpen te kunnen worden met natronloog of met heet water onder druk. De achterliggende oorzaak van de vorming van precipitaten is de biologische omzetting van ureum in ammonium door biologisch slib dat zich vormt in de buizen. Dit proces zorgt voor een pH-verhoging van 6 naar rond de 9, een pH waarbij ionen uit de urine neerslaan. Het is dus praktisch gezien moeilijk om de vorming van precipitaten te voorkomen. Slib werd gevonden in alle horizontale delen van het systeem maar kan makkelijk weggespoeld worden. Met voldoende grote buizen die onder een helling staan kan het belangrijkste deel van de aanslag voorkomen worden (Jönsson, 2001)

## BRONNEN

Ekoby, Understeshöjden, Case study 9 (<http://www.ekoby.org/cs9.html>)

Jönsson H. (2001). Source separation of human urine - Separation efficiency and effects on water emissions, crop yield, energy usage and reliability, Internet Dialogue on Ecological Sanitation, 15 Nov.-20 Dec., 2001

Johansson M. (2000). Urine separation – Closing the nutrient cycle, Final report on the R&D project “Source-separated human urine – A future source of fertilizer for agriculture in the Stockholm region?” 2000

Krantz H. (2003). A methodology combination to expose and assess water and sanitation related household behaviour, 2nd International Symposium on ecological sanitation “Ecosan - Closing the loop”, Luebeck, Germany, April 2003

### 3.9 GEBERS - STOCKHOLM, ZWEDEN

---

Titel:	Gebers
Plaats:	Stockholm, Zweden
Project:	32 flats
Typering:	Gescheiden inzameling van urine, compostering en direct gebruik in de landbouw (na 6 maanden opslag)
Website:	<a href="http://www.ekbo.se/">http://www.ekbo.se/</a>

---

#### INLEIDING

In 1998 zijn 32 appartementen in gebruik genomen in een voormalig gebouw voor medische zorg in Orhem, een buitenwijk in het zuiden van Stockholm. De verbouwing tussen 1994 en 1998 werd uitgevoerd door EKBO (Ecological Collective Living in Orhem). In 2002 woonden er 80 mensen. Eén van de ambities van het project was het gebruik van de nutriënten uit urine en feces voor landbouwkundige doeleinden. De urine wordt aan de bron gescheiden, opgeslagen en met tankwagens afgevoerd naar de boerderij bij het Bornsjön-meer (zie project Understenshöjden en Pasternackan), waar het na 6 maanden opslag voor hygiënisering met mestinjecteurs wordt gebruikt voor bemesting. Grijswater wordt afgevoerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie van Stockholm.

FIGUUR 42

APPARTEMENTENGEBOUW GEBERS (URBAN WATER)

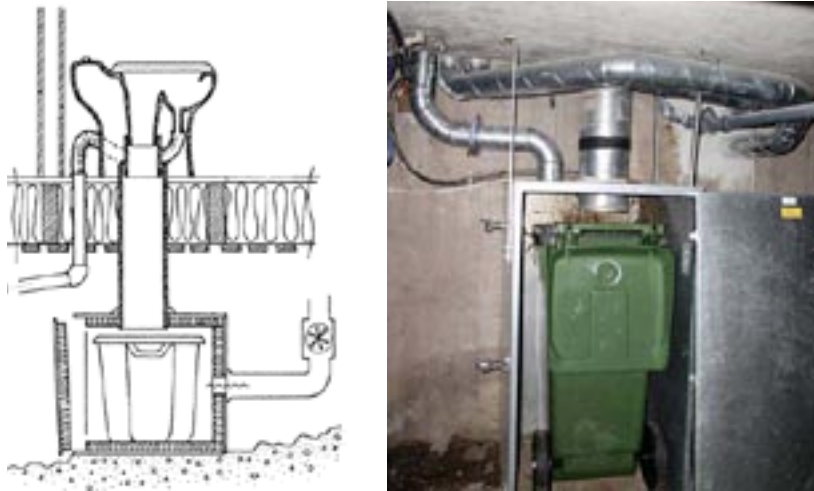


#### GESCEIDEN INZAMELING EN BEHANDELING VAN URINE

Urine wordt afgescheiden met toiletten van Wost Man Ecology AB (ES Classic model). Deze toiletten gebruiken 0,1 liter water voor de spoeling van urine. De urine wordt opgeslagen in vaten van 3 tot 6 m<sup>3</sup> in de kelder. Feces en toiletpapier worden droog afgescheiden en tijdelijk opgeslagen in de kelder. Vervolgens wordt dit materiaal gecomposteerd. Het ventilatiekanaal van de badkamer leidt lucht door het toilet om stankproblemen te voorkomen. Ook versnelt dit de droging van de feces en maakt het een waterslot overbodig.



FIGUUR 43 WOST MAN TOILET SCHEMATISCH (LINKS), FECESOPVANG IN DE KELDER IN GEBERS (RECHTS)  
(BRONNEN: WOSTMAN EN COALITION CLEAN BALTIC)



TABEL 16 SAMENSTELLING AFVALWATERSTROMEN IN GEBERS IN 2001, WEERGEGEVEN ALS MASSABALANS IN MASSA PER PERSOON PER JAAR  
(PALMQUIST EN JÖNSSON, 2003)

	Einheid	Urine + spoelwater	Feces + toiletpapier <sup>2</sup>	Grijswater
Natte massa	kg	646	81	40150
TS	kg	7	18,6	14,6
CZV	g	3720	1668	17500
BZV7	g	1829	1223	7700
N	g	3830	710	510
P	g	250	250	220
K	g	820	280	350
S	g	230	78	584
Cu	mg	17,2	635	2370
Cr	mg	0,16	49	149
Ni	mg	4,2	82	241
Zn	mg	107	16940 <sup>1</sup>	2255
Pb	mg	4,2	13,5	88
Cd	mg	0,08	5,7	5,5
Hg	mg	0,16	3,2	1,1

<sup>1</sup> Hoge zinkconcentratie waarschijnlijk door gegalvaniseerde leidingen

<sup>2</sup> Totaal gebruik van toiletpapier bedroeg 8,5 kg TS per persoon per jaar.

## FUNCTIONEREN VAN HET SYSTEEM

### *Urine-inzameling*

De knelpunten met betrekking tot gescheiden inzameling van urine waren vergelijkbaar met die genoemd in paragraaf 3.8.

### *Fecesopslag*

Afhankelijk van het gebruik moeten bewoners de ton regelmatig legen, variërend van eens per maand tot eens per vier maanden. Het systeem trekt vaak vliegen aan, wat als een knelpunt wordt ervaren. Het vaker legen van de ton vermindert dit probleem. Uit een bewonersonderzoek blijkt dat het legen meestal door mannen wordt uitgevoerd. Argumenten hiervoor zijn het gewicht van de ton en de moeite waarmee de ton uit de kelder gehaald kan worden. In één huishouden werd het toiletpapier dat alleen met urine verontreinigd was apart weggegooid om de ton niet te vaak te hoeven legen.

## **BRONNEN**

Coalition Clean Baltic, Alternatives to Conventional Wastewater Systems, ([http://www.ccb.se/downloads/gebers\\_bk.ppt](http://www.ccb.se/downloads/gebers_bk.ppt))

Ingvar-Nilsson S., EcoEng-Online, Case Study 4, Nutrient Recycling in Gebers Housing Project, Sweden, 2001 ([http://www.iees.ch/cs/cs\\_4.html](http://www.iees.ch/cs/cs_4.html))

Palmquist H., Jönsson H., Urine, faeces, greywater and biodegradable solid waste as potential fertilisers, 2nd International Symposium on ecological sanitation "Ecosan - Closing the loop", Luebeck, Germany, April 2003

Urban Water, Gebers in Stockholm - Urban enclave  
<http://www.urbanwater.org/dyndefault.asp?p=2522>

Wost Man Ecology AB: <http://www.wost-man-ecology.se/>

### 3.10 EKOPORTEN - NORRKÖPING, ZWEDEN

---

Titel:	Ekoporten
Plaats:	Norrköping
Project:	18 appartementen
Typering:	Urinescheiding, aquatron, compostering feces en GFT
Website:	-

---

#### INLEIDING

Ekoporten in Norrköping is een appartementencomplex van 18 woningen dat in 1995/1996 is verbouwd door woningbouwcoöperatie Hyresbostäder I Norrköping AB. Er is zoveel mogelijk met milieuvriendelijke materialen gebouwd. Het bestaande rioleringsstelsel werd vervangen door een systeem met scheiding van urine (*Dubletten*), feces en grijswater.

FIGUUR 44 EKOPORTEN GEBOUW (ARKITEKTURMUSEET) EN HET DAAR GEBRUIKTE DUBLETEN TOILET (DUBLETEN)



Porten was een gebied dat al 25 jaar kampte met sociale problemen en verval, en de woningen voldeden niet meer aan de moderne standaarden. Woningbouwcoöperatie Hyresbostäder had in 1995 alle gebouwen op één na verbouwd, en besloot om in het laatste gebouw te experimenteren met milieuvriendelijk bouwen en de nieuwste technologieën. Het doel was om ervaring op te doen voor toekomstige projecten en om een positief beeld naar buiten te brengen van het bedrijf en het gebied Porten. Na de verbouwing zijn nieuwe bewoners gekomen via de normale procedure, dat wil zeggen zonder te selecteren op milieubewustzijn.

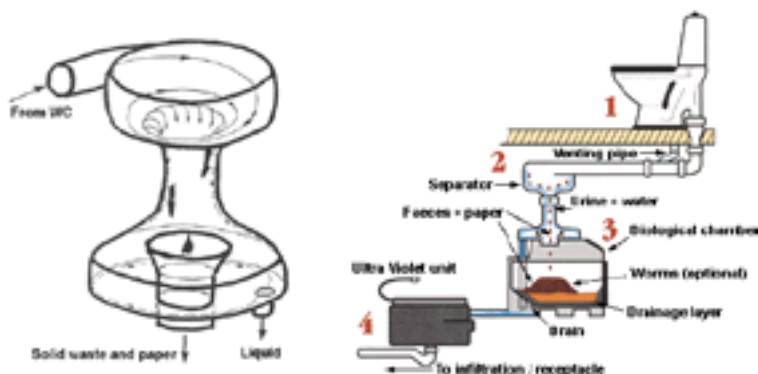
#### GESCHIEDEN INZAMELING EN BEHANDELING VAN AFVALWATERSTROMEN

Urine wordt apart ingezameld, opgeslagen en in de landbouw gebruikt. Het overige water (feces en spoelwater) wordt gescheiden van de vaste delen met behulp van een zogenaamd *Aquatronsysteem*. Dit is een modificatie van het composttoilet waarbij gebruik wordt gemaakt van een watergespoeld toilet. Door het toepassen van de zogenaamde *Aquatron Separator*, een op centrifugaalkrachten gebaseerd systeem, worden de vaste stoffen van de vloeistof gescheiden. Het vast materiaal wordt vervolgens gecomposteerd (zie Figuur 45).

Onderzoek van Vinnerås (2001) laat zien dat 87% van het spoelwater in de Aquatron wordt afgescheiden. Desondanks is het drogestof gehalte van de vaste fractie vrij laag, slechts 0,2%. Dit wordt mede veroorzaakt doordat veel water wordt opgenomen door het toiletpapier. De gescheiden feces worden samen met ander organisch huishoudelijk afval opgevangen in een opslagvat. Na zes weken wordt het materiaal overgebracht naar composteringsvaten waar het zes maanden opgeslagen blijft. De compost wordt gebruikt in de tuin.

Het afgescheiden water werd in Ekoporten in eerste instantie met UV lampen gedesinfecteerd en vervolgens samen met het grijswater in een helofytenfilter te behandelen en te lozen op het oppervlaktewater. Het zuiveringsrendement van het helofytenfilter bleek de gewenste eindconcentraties voor fosfaat niet te halen, waarna besloten is om het toch op de stadsriole-ring aan te sluiten.

FIGUUR 45 AQUATRON SEPARATOR MET LINKS DE HYDROCYCLOON VOOR SCHEIDING VAN DE VASTE EN DE VLOEIBARE FRACTIE (BRON: AQUATRON)



### FUNCTIONEREN VAN HET SYSTEEM

Het percentage afgescheiden urine ligt in Ekoporten rond de 70%. Net als in de eerder beschreven projecten was er sprake van te weinig helling in de leidingen. Dit leidde tot verstoppingen door precipitaten en organische afzettingen. In eerste instantie was gepland om de opgeslagen urine af te zetten in de biologische landbouw. Dit bleek niet mogelijk omdat de EU-regulering met betrekking tot biologische landbouw het gebruik van menselijke urine als meststof voornamelijk niet toelaat voor het cultiveren van gewassen bestemd voor menselijke consumptie. Sinds 2002 wordt de urine afgenomen door twee 'gewone' boerderijen in de buurt die het gebruiken voor de bemesting van grasland.

Ook het composteringsproces bleek niet geoptimaliseerd waardoor er allerlei problemen ontstonden. Zaagsel bleek geen goed hulpmateriaal en was de oorzaak van zuurstoflimitering en ook van verstoppingen. Er traden lekkages op in het opslagvat.

De algemene conclusies was dat er in de ontwerpfase meer aandacht had moeten zijn voor details. Na veel verbeteringen functioneert het systeem nu naar tevredenheid.

TABEL 17 ANALYSE VAN STROMEN IN EKOPORTEN IN 1999, DAGELIJKSE HOEVEELHEID VAN 35 PERSONEN (VINNERÅS 2001)

		Urine, spoelwater	Feces, toiletpapier, spoelwater	Grijswater	Biodegradeerbaar vast afval
Volume	kg/dag	45,9	1006	3640	7,9
TS	g/kg	8,5	0,7	0,6	261
N	g/kg	2,5	0,1	0,02	6,9
P	g/kg	0,3	0,1	0,01	1,1
K	g/kg	1,0	0,5	0,04	2,4
Cu	mg/kg	1,8	0,06	0,11	3,7
Cr	µg/kg	13	4	9	3190
Ni	µg/kg	40	6	8	410
Zn	µg/kg	180	260	130	8010
Pb	µg/kg	19	25	14	2470
Cd	µg/kg	0,6	0,34	0,30	33

## BRONNEN

Aquatron International AB: <http://www.aquatron.se>

Arkitekturmuseet.: <http://www.arkitekturmuseet.se/ung/utstallning/permanent/nutid2.html>

Canada Mortgage and Housing Corporation, Ekoporten: An Innovative Swedish Apartment Eco-Retrofit ([http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/imquaf/himu/buin\\_010.cfm?renderforprint=1](http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/imquaf/himu/buin_010.cfm?renderforprint=1))

Case Study: "Source Separating Wastewater System in Ekoporten, Norrköping" Working Group 2, COST Action C8 Best practice for sustainable urban infrastructures (<http://www.cf.ac.uk/archi/research/cost8/case/watersewerage/sweden-ekoporten.pdf>)

Dubletten: <http://www.dubletten.nu>

Jönsson H., Source separation of human urine - Separation efficiency and effects on water emissions, crop yield, energy usage and reliability, Internet Dialogue on Ecological Sanitation, 15 Nov.-20 Dec., 2001

Torjusen G., Environmental Systems Analysis of sewerage alternatives in an urban district "Blackwater System – Skogaberg" A pilot project in Göteborg, Environmental Programme, Institution for Thematic Education and Research Campus Norrköping, Linköpings University, Sweden, 2002

Vinnerås B. (2001). Faecal separation and urine diversion for nutrient management of household biodegradable waste and wastewater, thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, 2001

Warnqvist Å., Hanqvist H., Ekoporten - The Ekoport - "the gate to ecology", ([www.aurora.komvux.norrkoping.se/komvux/envir/12/Ekoporten.doc](http://www.aurora.komvux.norrkoping.se/komvux/envir/12/Ekoporten.doc))

### 3.11 SKOGABERG - GÖTEBORG, ZWEDEN

---

Titel:	Skogaberg, Göteborg
Plaats:	Göteborg, Zweden
Project:	110 huizen en 3 flats
Typering:	Gescheiden inzameling zwartwater; concentratie met behulp van omgekeerde osmose; vergisting en hergebruik

---

#### INLEIDING

De nieuwe wijk Skogaberg in Göteborg bestaat uit 110 huizen en 23 appartementen. In de wijk is een afvalwatersysteem geïnstalleerd dat gericht is op de terugwinning van de mineralen uit het afvalwater ten behoeve van landbouwkundig gebruik. Hiertoe worden zwartwater en organisch keukenafval gecombineerd ingezameld. Het grijswater wordt via de riolering naar de rwzi van Göteborg afgevoerd.

Het betreft een technologieonwikkelings- en demonstratieproject dat gefinancierd wordt door het 'Recyclingskantoor' van de stad Göteborg. Op langere termijn is voorzien dat het project beheerd zal worden door het lokale drink- en afvalwaterbedrijf VA Verket, dat onderdeel uitmaakt van de Gemeente Göteborg.

#### GESCHIEDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN ZWARTWATER

In de woningen zijn waterbesparende toiletten geïnstalleerd (2 tot 4 l water per spoeling in de appartementen, 6 l per spoeling in de huizen) waardoor het ingezamelde zwartwater relatief geconcentreerd blijft. Door het grote hoogteverschil in de wijk kan het middels een vrijvervalriolering afgevoerd worden naar een lokale behandelingsfaciliteit die in het laagste deel gebouwd zal worden. In de keuken zijn afvalvermalers geïnstalleerd voor verkleining van het organisch afval waarna ook dit op de vrijvervalleiding uitkomt. De totale stroom zwartwater bedraagt 15 tot 20 m<sup>3</sup> per dag voor de hele wijk.

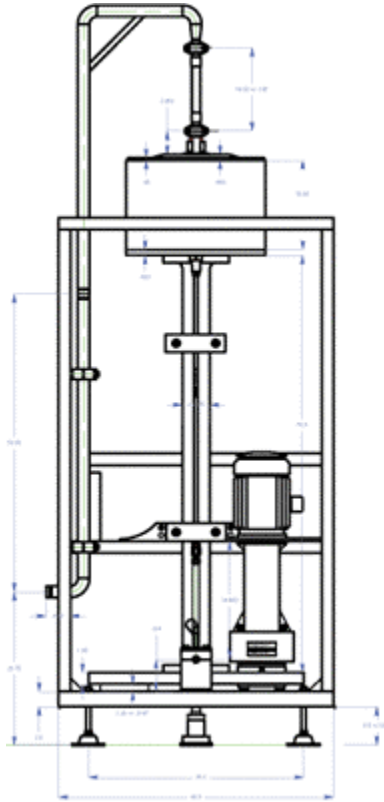
Er zijn verschillende technologieën voor lokale verwerking van zwartwater bestudeerd, waaronder fysisch-chemische en biologische behandelingstechnieken. Na de oriënterende studie is besloten om het onderzoek te richten op de toepassing van omgekeerde osmose om het zwartwater lokaal te concentreren. Het concentraat zal per as naar een centrale verwerking getransporteerd worden. Hier zal het samen met andere groene stromen met een hoge nutriënteninhoud uit de stad verwerkt gaan worden. De verdere behandeling bestaat waarschijnlijk uit anaërobe vergisting en ontwatering.

Er is een serie laboratoriumexperimenten uitgevoerd met het concentreren van het zwartwater met behulp van omgekeerde osmose. De experimenten bleken succesvol en momenteel (zomer 2004) worden voorbereidingen getroffen voor een praktijkexperiment. De experimenten zijn uitgevoerd met zogenaamde VSEP membranen, een systeem van roterende, vibrerende membranen dat door het maken van snelle bewegingen minder snel vervuild en speciaal geschikt is voor geconcentreerde afvalwaterstromen met hoge concentraties zoals zwartwater. Een eerste kosteninschatting liet zien dat de kapitaallasten en operationele kosten ongeveer € 5 per m<sup>3</sup> behandeld zwartwater bedragen.

De voorbehandeling bestaat uit trommelzeven (0,6 mm) en dosering van zuur en/of antiscalant. Vanuit een buffertank wordt het vervolgens naar het membraanfilter gevoerd. In de laboratoriumproeven is gewerkt bij drukverschillen van maximaal 30 bar afhankelijk van het type membraan. In de experimenten bleek een concentrering van een factor 10 te kunnen worden bereikt. De stikstofverwijdering bedroeg in de experimenten circa 70 %. De gemeten

ammoniumconcentratie in het permeaat was 10 - 20 mg/l. De verwijdering bleek afhankelijk van de pH en de concentratiefactor. In het demonstratieonderzoek dat eind 2004 van start is gegaan op een schaal van circa 100 liter per uur wordt gestreefd naar hogere concentratiefactoren (20 - 40).

FIGUUR 46 OMGEKEERD OSMOSESISTEEM VAN VSEP (HTTP://WWW.VSEP.COM)



#### BRONNEN

Documentation Black Water Seminar, June 20, 2002, Gothenburg, Sweden

Interview met ir. Mark de Blois  
 H2OLAND  
 Södra Strömgatan 15  
 441 30 Alingsås,  
 Zweden  
 www.H2OLAND.se  
 e-mail: mark.de.blois@telia.com

### 3.12 VOLVO HOLIDAY VILLAGE - BOKENÄS, ZWEDEN

---

Titel:	Bokenäs Volvo Holiday Village
Plaats:	Bokenäs, Zweden
Project:	vakantiedorp met 103 appartementen
Typering:	Gescheiden inzameling en lokale behandeling van grijswater, zwartwater en organisch keukenafval
Website:	www.bokenaes.com

---

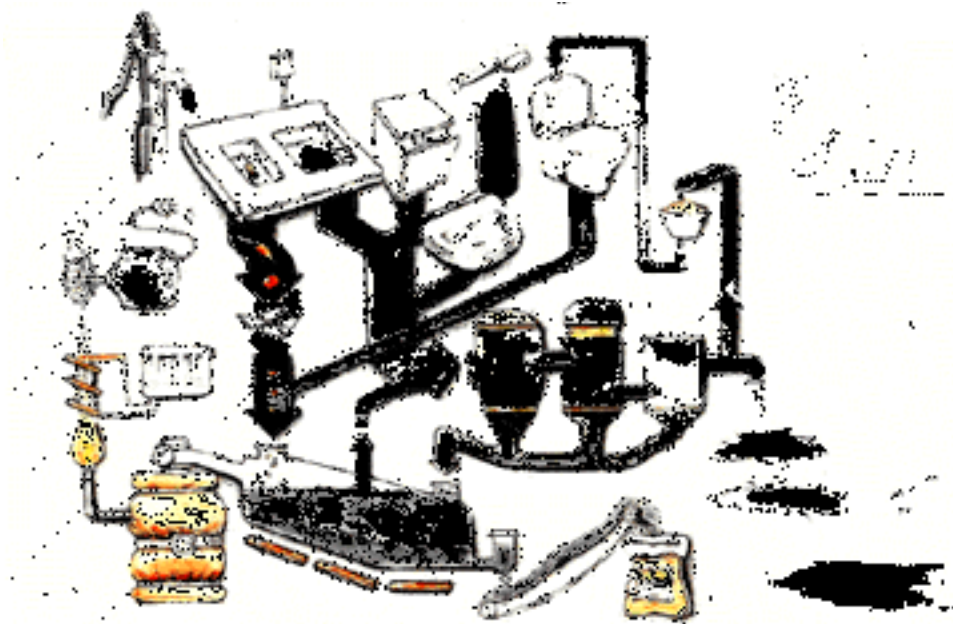
#### INLEIDING

Bokenäs is een vakantiedorp voor werknemers van Volvo ongeveer 70 km ten noorden van Göteborg. Het dorp heeft ook faciliteiten voor conferenties. Er zijn 103 appartementen en gedurende de zomerperiode herbergt het dorp ongeveer 465 mensen.

Vanwege de afgelegen ligging heeft het dorp – net als veel geïsoleerde gemeenschappen - een eigen drinkwaterzuivering en afvalwaterbehandeling. In Bokenäs heeft men sinds 1994 voor de behandeling van het afvalwater een experimenteel systeem in gebruik gebaseerd op brongerichte inzameling. De Norwegian University of Agriculture is betrokken geweest bij het ontwerp van het systeem.

FIGUUR 47

HET BEHANDELINGSSYSTEEM VOOR ZWART EN GRIJS AFVALWATER VAN VAKANTIEDORP BOKENÄS



#### GESCHIEDEN INZAMELING EN BEHANDELING VAN ZWARTWATER EN ORGANISCH KEUKENAFVAL

In de appartementen zijn waterbesparende Gustavsbergtoiletten geïnstalleerd die ongeveer 4 liter per spoeling gebruiken. De openbare toiletten hebben een spoelkeuzeknop om 2 of 4 liter water per spoeling te gebruiken. Het zwartwater wordt samen met organisch afval naar een opslagruimte in het behandelingsgebouw gepompt. Het toiletafvalwater wordt aangevuld met organisch afval dat via het afvalwaterstelsel wordt ingezameld. In de keukenaanrechten zijn vermalers (leverancier Sinkerator) geïnstalleerd die het organisch afval verkleinen.

Via een mengtank wordt het in een anaërobie vergistingtank gepompt. In de mengruimte wordt ijzerchloride toegevoegd. De verblijftijd in de vergister is 21 dagen. Het vergist materiaal wordt vervolgens gedurende 7 dagen opgeslagen en wordt daarna onder toevoeging



van polymeer ingedikt. Het uitgaande slib heeft een drogestofconcentratie van circa 2%. Het afgescheiden water wordt samen met het grijswater behandeld. Het slib werd eerder afgevoerd naar een biologische boer/landbouwer, maar sinds Zweden deelt uitmaakt van de EU is toepassing van zuiveringsslib niet langer toegestaan bij ecologische bedrijven. Momenteel wordt het afgevoerd naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Het gevormde biogas wordt opgeslagen in een gasopslagtank en gebruikt in een warmtekrachtkoppelinginstallatie. De vrijkomende warmte wordt gebruikt om de gistingstank op te warmen. De restwarmte en de opgewekte elektriciteit wordt gebruikt in het centrale gebouw voor de verwarming van radiatoren, kraanwater en elektriciteitsvoorziening.

#### **GESCHEIDEN INZAMELING EN LOKALE BEHANDELING VAN GRIJSWATER**

Het grijswater wordt gravitair afgevoerd naar een voorbehandeling. Het slib van de voorbehandeling wordt samen met het zwartwater vergist. Vervolgens wordt het grijswater in twee opeenvolgende aërobe reactoren behandeld vervolgens geloosd in een algenfilter gevolgd door verschillende vijversystemen. Een deel van het water wordt geloosd op het oppervlaktewater, het overige wordt hergebruikt in de spoeltoiletten.

#### **BRONNEN**

Documentation Black Water Seminar, June 20, 2002, Gothenburg, Sweden

Website: [www.bokenaes.com](http://www.bokenaes.com)