

**Øget genanvendelse af  
gråt spildevand i fællesanlæg  
i større bysamfund**

## Øget genavnedelse af gråt spildevand i fællesanlæg i større bysamfund

Kenneth F. Janning, Gert Holm Kristensen og Martin Andersen  
DHI Institut for vand og Miljø

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	<b>11</b>
<b>1 BAGGRUND OG FORMÅL MED PROJEKTET</b>	<b>15</b>
1.1 BAGGRUND	15
1.2 FORMÅL	16
1.3 RAPPORTENS OPBYGNING	16
<b>2 GENANVENDELSE AF VAND – DANSKE OG INTERNATIONALE ERFARINGER</b>	<b>17</b>
2.1 GENANVENDELSESMULIGHEDER AF VANDRESSOURCER	18
2.2 OPSAMLING AF REGNVAND TIL VANDGENBRUG	18
2.3 GENBRUG AF SPILDEVAND	18
2.3.1 <i>Genanvendelse af gråt spildevand</i>	18
2.3.2 <i>Central genanvendelse af kommunalt spildevand</i>	19
2.3.3 <i>Intern genanvendelse af industrielt spildevand</i>	20
2.3.4 <i>Ekstern genanvendelse af industrielt spildevand</i>	20
<b>3 VANDFORBRUG I HERLEV KOMMUNE</b>	<b>23</b>
3.1 UDVIKLINGEN I VANDFORBRUGET I HERLEV KOMMUNE	23
3.1.1 <i>Vand- og afledningsafgifter i Herlev Kommune</i>	24
3.1.2 <i>Fordelingen af vandforbruget i Herlev Kommune</i>	26
3.2 VANDINDVINDING I KOMMUNEN	27
3.3 PROGNOSE FOR VANDFORBRUG I HERLEV KOMMUNE	28
<b>4 VÆSENTLIGE VANDFORBRUGERE I HERLEV KOMMUNE</b>	<b>29</b>
4.1 SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE	29
4.1.1 <i>Fremgangsmåde og svarstatistik</i>	30
4.1.2 <i>Selektion af væsentlige vandforbrugende virksomheder og institutioner</i>	30
<b>5 IDENTIFIKATION AF POTENTIELLE PRIMÆR- OG SEKUNDÆR-ANLÆG</b>	<b>33</b>
5.1 HOVEDRESULTATER AF SPØRGESKEMAUNDERSØGELSEN	33
5.2 SELEKTION AF RELEVANTE PRIMÆR- OG SEKUNDÆRANLÆG	33
5.2.1 <i>Identifikation af mulige primæranlæg</i>	33
5.2.2 <i>Identifikation af mulige sekundæranlæg</i>	35
5.3 VALG AF ANALYSEPARAMETRE	37
5.4 PRØVETAGNINGSRISULTATER	38
5.4.1 <i>Prøvetagning</i>	38
5.4.2 <i>Analyseresultater</i>	39
5.5 OPSTILLING AF VANDMATRICER	43
5.5.1 <i>Geografisk placering af potentielle primær- og sekundæranlæg</i>	44
5.5.2 <i>Vandmængde- og afstandsforskel mellem potentielle primær- og sekundæranlæg</i>	45
5.5.3 <i>Gråvandsleverance og gråvandsforbrugsmønstre ved primær- og sekundæranlæg</i>	47
5.5.4 <i>Logistiske forhold omkring vandudveksling mellem virksomheder</i>	49
5.5.5 <i>Identifikation af vandkvalitetskrav og opgraderingsbehov</i>	52
5.5.6 <i>Arbejds miljø mæssige forhold</i>	55
<b>6 ØKONOMISK EVALUERING AF SCENARIER</b>	<b>57</b>

6.1	FORUDSÆTNINGER FOR ØKONOMISKE BEREKNINGER	57
6.2	ØKONOMI, SCENARIO 1: CENTRALAPOTEKET – NORTHOR	58
6.2.1	<i>Anlægsudgifter, scenario 1</i>	58
6.2.2	<i>Driftsudgifter, scenario 1</i>	59
6.2.3	<i>Samlet økonomi for scenario 1</i>	60
6.3	ØKONOMI, SCENARIO 2: HJORTESPRINGBADET – PAPYRO-TEX	60
6.3.1	<i>Anlægsudgifter, scenario 2</i>	60
6.3.2	<i>Driftsudgifter, scenario 2</i>	62
6.3.3	<i>Samlet økonomi for scenario 2</i>	62
6.4	BETYDNINGEN AF ÆNDREDE FORUDSÆTNINGER	63
<b>7</b>	<b>ANBEFALINGER TIL FREMTIDIG GENBRUG AF GRÅT SPILDEVAND</b>	<b>65</b>
7.1	GENERELLE ANBEFALINGER TIL FREMTIDIG PLANLÆGNING AF FÆLLESANLÆG MED HENBLIK PÅ UDNYTTELSE AF GRÅT SPILDEVAND	65
7.2	ANBEFALINGER TIL FREMGANGSMÅDE FOR PLANLÆGNING AF GENBRUG AF GRÅT SPILDEVAND I EKSISTERENDE FÆLLESANLÆG	65
7.2.1	<i>Afklaringsfasen</i>	66
7.2.2	<i>Undersøgellesfasen</i>	68
7.2.3	<i>Detailplanlægningsfasen</i>	68
<b>8</b>	<b>KONKLUSION</b>	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCELISTE</b>	<b>73</b>
	Bilag A: Spørgeskema til projektet ”Øget genanvendelse af gråt spildevand i fællesanlæg i større bysamfund”.	77
	Bilag B: Spørgeskemabesvarelser	

# Forord

Denne rapport præsenterer resultaterne af projektet ”Øget genbrug af gråt spildevand i fællesanlæg i større bysamfund”. Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen i forbindelse med projekter igangsat under Aktionsplanens 4. tema: ”Håndtering af regnvand og gråt spildevand”.

Projektet udføres i et samarbejde mellem Herlev Kommune og DHI – Institut for Vand og Miljø. Det er projektets mål at afklare de teknologiske, økonomiske, sundhedsmæssige og miljømæssige forhold ved genanvendelse af gråt spildevand mellem større fællesanlæg. I projektet er Herlev Kommune valgt som case-område på grund af kommunens infrastruktur med store bolig- og industriområder og på grund af kommunens betydelige engagement i arbejdet mod en miljømæssig bæredygtig udvikling.

Projektet er gennemført af en teknikergruppe bestående af: Lars Knudsen (projektleder)/- Kenneth F. Janning (konstitueret), Martin Andersen og Gert Holm Kristensen, DHI – Institut for Vand og Miljø; Tanja Jerlang, Ib Kjeldsen og Steen Fogde, Herlev Kommune.

Projektet har været fulgt af en styregruppe bestående af:

Maja Dam, Miljøstyrelsen

Steen Fogde, Herlev Kommune

Karsten Krogh Andersen, DHI – Institut for Vand og Miljø

Lars Knudsen/Kenneth F. Janning (konstitueret), DHI – Institut for Vand og Miljø



# Sammenfatning og konklusioner

Genanvendelse af gråt spildevand har globalt set indtil nu fundet sin største udbredelse i enkelthusholdninger eller afgrænsede ejendomskomplekser, hvor spildevandet undergår en given behandlingsproces, inden det genanvendes. Genanvendelse af gråt spildevand er dog ikke udbredt i Danmark.

Problematikken omkring en decentral genanvendelse af gråt spildevand er, at disse renseanlæg ved utilstrækkelig vedligeholdelse ikke formår at rense det grå spildevand tilfredsstillende, hvilket indebærer, at der ved indførelsen af spildevandet i offentlige institutioner og private husholdninger introduceres en betydelig smitterisiko. Genanvendelse af gråt spildevand på decentralt niveau syntes derfor både kompliceret og fordyrende i forhold til vandbesparelsespotentialer.

En mere central og voluminøs genanvendelse af gråt spildevand vil ud fra et teknisk, økonomisk og hygiejnisk synspunkt indebære flere fordele, idet der gives bedre mulighed for kontrol med disse anlæg.

I dette projekt fokuseres på mulighederne for genanvendelse af gråt spildevand fra større producenter (svømmebade, idrætsanlæg, visse industrivirksomheder, vaskerier, etc.). Genanvendelse vil typisk finde sted hos større aftagere, hvor der kan stilles lempeligere krav til det leverede vand end svarende til drikkevandskvalitet (industrivirksomheder, vaskehaller mv.). Målet med undersøgelsen har således været at:

- identificere større primæranlæg (producenter af gråt spildevand) og større sekundæranlæg (aftagere af gråt spildevand) inden for et givent case-område
- identificere de pågældende virksomheders gråvandsudvekslings-potentiale
- karakterisere gråvandets indhold af stoffer og mikroorganismer, som har betydning for tekniske og hygiejniske forhold
- fastsætte krav til kvaliteten af gråt spildevand ved de relevante sekundæranlæg.
- foretage en teknologisk, økonomisk og miljømæssig helhedsvurdering for udvalgte scenarier af koblinger mellem primær- og sekundæranlæg
- fremkomme med generelle og specifikke anbefalinger til fremtidig planlægning af fællesanlæg, hvorimellem der kan udveksles gråt spildevand

Der er i projektet taget udgangspunkt i Herlev Kommune som case-område. Vandforbruget i Herlev Kommune er præget af et relativt stort husholdnings- og institutionsvandforbrug (86%), mens erhvervens andel af vandforbruget er lavt i forhold til landsgennemsnittet (10% mod 18% på landsplan). Herlev Kommunes største vandforbruger er ubetinget Herlev Amtssygehus, som aftager 8% (155.000 m<sup>3</sup>/år) af kommunens samlede vandforbrug. De største industrielle og institutionelle vandforbrugere omfatter produktions- og fremstillingsvirksomheder (6.000 – 13.000 m<sup>3</sup>/år), kontor og servicevirksomheder (2.000 – 4.000 m<sup>3</sup>/år), svømmebade (7.000 – 9.000 m<sup>3</sup>/år) og folkeskoler (2.000 – 4.000 m<sup>3</sup>/år). Udviklingen i vandforbruget blandt de største industrielle vandaftagere har de seneste år primært været påvirket af konjunkturforholdene og har således været upåvirket af vandprisens udvikling i Herlev Kommune, som er fordoblet indenfor de sidste 6 år. Til gengæld er husholdnings- og institutionsvandforbruget faldet med 25% indenfor de sidste 10 år, hvilket hovedsageligt tilskrives de hastigt stigende vandpriser i kommunen.

De indsamlede virksomhedsoplysninger er tilvejebragt gennem en spørgeskemaundersøgelse blandt de 20 mest vandforbrugende virksomheder og institutioner i Herlev Kommune. Virksomhedernes interesse for deltagelse i undersøgelsen var overvejende positiv, idet svarprocenten i spørgeskemaundersøgelsen var over 90%. Der blev på baggrund af spørgeskemaundersøgelsen indsamlet oplysninger om vand- og kemikalieforbrug, vandforbrugsmønstre, nødvendig vandkvalitet og spildevandskarakterisering, økonomiske forhold samt generelle forhold omkring virksomhederne. Der blev på baggrund af besvarelser og inter-



views med virksomhederne udvalgt 7 potentielle primæranlæg og 6 potentielle sekundæranlæg til at medvirke i undersøgelsen.

Afdækningen af gråvandsressourcerne ved potentielle primæranlæg viste, at institutioner som svømmehaller, folkeskoler og idrætsanlæg kan bidrage med betragtelige gråvandsressourcer, hvilket fremgår af Tabel 0.1.

**Tabel 0.1 Oversigt over potentielle primæranlæg og deres gråvandsressourcer i Herlev Kommune.**

Primæranlæg	Gråvandsressource [m <sup>3</sup> /år]	Vandtype
Svømmehaller	3.200 – 5.500	Brusevand
	1.200 – 2.100	Filterskyllevand
Folkeskoler	1.000	Brusevand
Idrætsanlæg (Skøjtehal)	1.200	Afrenset is*
Sygehus	22.000	Regnvand**
Industrielle fremstillingsvirksomheder	4.400	RO-koncentrat (tyndt), destillationsvand
	750	Konc. rengøringsvand

\* Sæsonbetonet gråvandsressource (1/9 – 1/4).

\*\* Regnvand blev medtaget som potentiel gråvandsressource på grund af en stor eksisterende vandopsamlingsmulighed.

En stikprøveanalyse af gråvandet fra 4 potentielle primæranlæg blev foretaget for bestemmelse af relevante fysisk-kemiske- og mikrobiologiske parametre.

Gråvand fra svømmehaller og andre institutioner, hvor hovedkilden af den grå spildevandsproduktion stammer fra brusebadning, vurderes at indeholde et vist potentiale for mikrobiologisk eftervækst i situationer, hvor gråvandet skal opsamles og opbevares i udlignings-tanke (COD: 50 – 100 mg/l, SS: 100 – 200 mg/l, total – N: 5 – 10 mg/l, total – P: 1 – 2 mg/l). Da det af tekniske årsager kun var muligt at få analyseret filterskyllevand fra svømmehaller, blev vandkvaliteten af brusevand fra institutioner med et typisk stort vandforbrug til brusebadning skønnet ud fra andre gråvandsundersøgelser af tilsvarende vandtyper.

På industrielle fremstillingsvirksomheder blev lettere forurenede overskudsvand fra produktionslignende forhold kategoriseret som gråt spildevand. Gråvandskvaliteten varierer dog stærkt afhængigt af, hvilken processtype vandet stammer fra. Således blev vandkvaliteten af gråvand fra en medicinsk fremstillingsvirksomhed bestemt til omtrent at kunne leve op til kravene i Drikkevandsbekendtgørelsen. Fra en anden virksomhed, der fremstiller rengøringsprodukter, blev der produceret mindre gråvandsmængder i forbindelse med rengøring af processtanke, og her var forureningsgraden med hensyn til COD betydelig (> 3.000 mg COD/l).

Regnvand - opsamlet på Herlev Amtssygehus - blev på grund af stor overskudsproduktion ligeledes medtaget i undersøgelsen. Denne vandtype blev vurderet til i perioder at være meget uhygiejnisk på grund af en periodisk kraftig eftervækst af mikroorganismer. Til gengæld vurderedes den tekniske vandkvalitet udenfor vinterperioder, hvor der saltes, at være høj på grund af en lav hårdhedsgrad, ledningsevne og saltindhold.

**Tabel 0.2 Oversigt over potentielle sekundæranlæg i Herlev Kommune og deres procesvandsbehov.**

Sekundæranlæg	Procesvandsbehov m <sup>3</sup> /år	Proces
Jernindustriel fremstillingsvirksomhed	4.400	Kølevand Vand til fosfateringsproces
Stålvvarmebehandling	7.000	Kølevand
Låsefabrik	5.000 – 7.300	Vand til forchromningsproces
PVC-fremstillingsvirksomhed	4.200	Vand til rensning af procesluft
Servicestation	2.500	Bilvask
Kommunal materialegård	600	Rengøring af køretøjer

En identifikation af større vandforbrugende virksomheder viste, at en række industrier vil kunne stille lempeligere krav til det leverede genbrugsvand end svarende til drikkevandskvalitet. Disse virksomheder er opstillet i Tabel 0.2.

På baggrund af en afstands- og vandmængdematrice blev en række mulige koblinger mellem de udpegede potentielle primær- og sekundæranlæg bedømt, for hvilke forhold omkring vandmængdeudveksling og geografisk nærhed var optimal. De to mest oplagte scenarier var:

Scenarie 1: Centralapoteket (P) – Northor A/S (S)

Scenarie 2: Hjortespringbadet (P) – Papyro-tex A/S (S)

I scenarie 1 er opgraderingsbehovet af vandkvaliteten minimal, idet der er tale om udveksling af vand af en kvalitet, der er tæt på drikkevandskvalitet. Vandet, der består af overskydende destillationsvand og tyndt koncentrat fra et RO-anlæg, formodes at være lettere aggressivt, hvilket kan afhjælpes med en pH-justering og evt. kalktilsætning. Vandet skal primært benyttes til kølevands- og fosfateringsprocesser på Northor, der er en jernindustriel fremstillingsvirksomhed, beliggende ca. 100 m fra Centralapoteket. Der kan potentielt udveksles ca. 4.400 m<sup>3</sup>/år, såfremt der etableres en udligningstank i størrelsesordenen 10 m<sup>3</sup> ved Centralapoteket til udjævning af flowvariationer. Da vandkvaliteten er høj, ses der ikke at være arbejdsmiljømæssige forhold af afgørende betydning, som skal tilgodeses. På baggrund af en logistisk gennemgang af indvendige og udvendige forhold ved virksomhederne omkring etablering af et komplet gråvandsudvekslingsanlæg blev de økonomiske forhold belyst. Således blev den totale anlægsinvestering opgjort til 509.575 kr. med årlige omkostninger på 15.690 kr. for vedligeholdelse og drift af anlægget. Den årlige vandbesparelse udgør 89.900 kr. med en vandpris på 20,43 kr. (ekskl. moms og vandafgift), hvilket giver en nettonutidsværdi af investeringen på 52.600 kr. pr. år over en 20-årig afskrivningsperiode med en realrente på 4%.

I scenarie 2 er der tale om udveksling af brusevand opsamlet fra baderum på Hjortespringbadet. Vandet sendes til virksomheden Papyro-tex, der er en kalandreringsvirksomhed (fremstilling af PVC-folie), der forbruger vand til vask af procesluft. Afstanden mellem virksomhederne er ca. 250 m. Der blev fra Papyro-tex stillet krav om, at der ikke måtte forekomme partikler i gråvandet, der kunne bevirke en tilstopning af sprinklerdyserne. Derudover måtte der ikke kunne opstå lugtmæssige gener i forbindelse med anvendelsen af vandet. Der forbruges årligt ca. 5.500 m<sup>3</sup> vand til brusebadning på Hjortespringbadet og ca. 1.200 m<sup>3</sup>/år til filterskyl, men der er på Papyro-tex p.t. kun behov for ca. 3.500 m<sup>3</sup>/år, som kan dækkes af gråvand fra Hjortespringbadet. For udligning af forskelle i flowvariationer er det nødvendigt at etablere en udligningstank på 15 m<sup>3</sup>.

For rensning af det grå spildevand blev der foreslået en løsning bestående af et kombineret tryksandfilter og et UV-anlæg for fjernelse af partiklerne og hæmning af den mikrobielle vækst i udligningstanken. Derudover monteres et patronfilter ved aftapningsstedet for yderligere fjernelse af partikler i vandstrømmen. Renseanlægget blev således ikke designet til en komplet rensning af det grå spildevand, da de forholdsvis lave koncentrationer af opløste næringsstoffer i vandet ikke blev anset for problematiske for anvendelsen på Papyro-tex.

Da det rensede gråvand fra Hjortespringbadet skal benyttes i en lukket proces på Papyro-tex, ses der ikke at kunne opstå umiddelbare arbejdsmiljømæssige problemer, da der ingen fysisk kontakt opstår i forbindelse med anvendelsen af gråvandet.

En gennemgang af de logistiske forhold på virksomhederne i scenarie 2 viste, at det kun var nødvendigt med mindre omfattende indvendige arbejder, som gav udgifter i størrelsesordenen 95.000 kr. til etablering af de nødvendige faciliteter til opsamling og distribution af gråvandet på begge virksomheder. Til gengæld er de nødvendige udendørs anlægsudgifter for etablering af brønde, afløbsledninger, trykledninger, udligningstank og renseanlæg omfattende. Således blev den samlede nødvendige anlægsinvestering opgjort til 898.975 kr.; heraf 308.000 kr. til udendørs etablering af renseanlæg og udligningstank. Driftsudgifterne udgør 32.600 kr., hvilket giver en nettonutidsværdi (tab) på -4.100 kr. på anlægsinvesteringen. Såfremt hele den grå spildevandsmængde på 7.700 m<sup>3</sup>/år fra Hjortespringbadet kunne have været udnyttet, ville det have givet en nettonutidsværdi på 82.000 kr. pr. år over en 20-årig afskrivningsperiode. Det skal i den forbindelse bemærkes, at anlægsomkostning-

gerne stort set vil være uændrede, og at driftsomkostninger kun vil blive marginalt forøget ved behandlingen af den ekstra vandmængde.

Konklusionen er derfor, at såfremt der ikke forekommer særlige forhold, som gør installationsudgifterne eller rensningskravene i forbindelse med etablering af et gråvandsopsamlingsystem særligt fordyrende, vil der være god økonomi i at etablere og drive sådanne gråvandsudvekslingsanlæg, der måtte ligge geografisk nært placeret (f.eks. op til ca. 500 m afstand). Hovedforudsætningerne er dog, at vandprisen i kommunen ligger på et tilstrækkelig højt niveau (20 kr. eller mere pr. m<sup>3</sup> ekskl. moms og vandafgift), og at der som minimum kan udveksles gråvandsmængder i størrelsesordenen 4.000 – 5.000 m<sup>3</sup>/år. Desuden skal det sikres, at der ikke opstår arbejdsmiljømæssige problemer, f.eks. som følge af mikrobiologisk eftervækst i udligningstanken.

Ved fremtidig planlægning af vandforbrugende fællesanlæg vil det være oplagt dels at indrette afløbssystemet på en hensigtsmæssig måde, der gør det muligt efterfølgende at opsamle gråvandet, uden at det kræver fordyrende indgreb i installationerne, og dels at placere disse gråvandsproducenter i områder, hvor det vil være muligt for potentielle gråvandsaftagere at udnytte den til rådighed værende gråvandsressource.

# Summary and conclusions

From a global point of view recycling of grey water has been extended till now primarily in single households or in delimited groups of buildings where the wastewater is subjected to a given treatment before being reused. Recycling of grey water is, however, not common in Denmark.

The problem of decentralized recycling of grey water is that if the treatment plants in question are not properly maintained they are not able to treat the grey water to a satisfactory degree and consequently recycling of the wastewater in public institutions and private households will represent a considerable risk of infection. Decentralized recycling of grey water therefore seems to be complicated as well as expensive compared to the potential water saving.

From a technical, economic and hygienic point of view a more centralized and voluminous recycling of grey water would be more advantageous as it would ensure better possibilities for supervising the plants.

This project focuses on the possibilities of recycling grey water from large producers (swimming baths, sports centres, certain industrial enterprises, laundries, etc.). Recycling will typically be interesting for large consumers having less strict requirements to the supplied water than what applies to drinking water (industrial enterprises, car washers, etc.). The purpose of the study has therefore been:

- to identify large primary plants (producers of grey water) and large secondary plants (consumers of grey water) within a given case area
- to identify the potential of grey water exchange of the enterprises in question
- to characterize the content in the grey water of substances and microbes influencing the technical and hygienic conditions
- to lay down requirements to the quality of grey water for the secondary plants of relevance
- to make a technological, economic and environmental overall evaluation of selected scenarios of coupling between primary and secondary plants
- to make general and specific recommendations for future planning of mixed plants among which grey water can be exchanged

The project is based on the municipality of Herlev as a case area. The water consumption in the municipality of Herlev is characterized by a relatively high water consumption from households and institutions (86%), while the water consumption of the trades and industries is low compared to the national average (10% compared to 18% on a national basis). The largest water consumer in the municipality of Herlev is definitely the county hospital (Herlev Amtssygehus) which takes 8% (155.000 m<sup>3</sup>/year) of the total water consumption of the municipality. The largest industrial and institutional water consumers include production and manufacturing enterprises (6.000 – 13.000 m<sup>3</sup>/year), offices and service companies (2.000 – 4.000 m<sup>3</sup>/year), swimming baths (7.000 – 9.000 m<sup>3</sup>/year) and public schools (2.000 – 4.000 m<sup>3</sup>/year). During recent years the development of the water consumption among the most important industrial water consumers has been influenced by the trade conditions and thus unaffected by the prices in the municipality of Herlev, which have been doubled during the last 6 years. On the other hand, the water consumption of households and institutions has decreased by 25% within the last 10 years, which is attributable primarily to the rapidly increasing water prices of the municipality.

The collected business information has been obtained from a questionnaire study among the 20 most water consuming enterprises and institutions in the municipality of Herlev. The attitude of the enterprises to participate in the study was mainly positive and more than 90% answered the questionnaire. Based on the questionnaire study information was collected in

relation to water and chemical consumption, water consumption pattern, necessary water quality and wastewater characterization, economic conditions as well as the general situation of the enterprises. Based on the answers and on interviews of the enterprises 7 potential primary plants and 6 potential secondary plants were selected to participate in the project.

The identification of the grey water resources of the potential primary plants indicated that institutions such as swimming baths, public schools and sports centres can contribute considerable grey water resources as it is seen from Table 0.1.

**Table 0.1** Survey of potential primary plants and their grey water resources in the municipality of Herlev.

Primary plants	Grey water resources [m <sup>3</sup> /year]	Type of water
Swimming baths	3.200 – 5.500	Shower water
	1.200 – 2.100	Filter rinse water
Public schools	1.000	Shower water
Sports centres (Icerink)	1.200	Cleaned ice*
Hospital	22.000	Rain water**
Industrial production enterprises	4.400	RO-concentrate (dilute), distillation water
	750	Conc. cleaning water

\* Seasonal grey water resource (1/9 – 1/4).

\*\* Rain water was included as a potential grey water resource due to a large existing water collection facility.

A spot check analysis of the grey water from 4 potential primary plants was performed for determination of pertinent physical-chemical and microbiological parameters.

Grey water from swimming baths and other institutions, where the principal source of the grey water production comes from showering, is estimated to contain a certain potential for microbiological after-growth in situations where the grey water is to be collected and stored in equalizing tanks (COD: 50 – 100 mg/l, SS: 100 – 200 mg/l, total – N: 5 – 10 mg/l, total – P: 1 – 2 mg/l). Due to technical problems it was only possible to analyse the filter rinse water from swimming baths and the quality of shower water from institutions having typically a large consumption of water for showering was consequently estimated based on other studies of similar types of grey water.

At industrial manufacturing enterprises slightly polluted wastewater from production-like conditions was classified as grey water. However, the quality of the grey water varies much dependent on which type of process the water comes from. For example, the quality of grey water from a medical production enterprise was found to almost meet the requirements of the Executive Order on Drinking Water (Danish Ministry of Environment). Another enterprise manufacturing cleaning materials produced less amounts of grey water during their cleaning of the process tanks, but in this case a considerable degree of pollution was seen in relation to COD (> 3.000 mg COD/l).

Rainwater – collected at the Herlev County Hospital – was also included in the study because of an important surplus production. This type of water was estimated to be periodically very unhygienic because of a heavy after-growth of microbes in certain periods. Due to a low hardness, conductivity and salinity, however, the technical water quality was estimated to be high apart from the winter periods, where salt is sprinkled.

**Table 02** Survey of potential secondary plants in the municipality of Herlev and their need for process water.

Secondary plants	Need for process water m <sup>3</sup> /year	Process
Iron and steel manufacturer	4.400	Cooling water Water for phosphatizing process
Steel heat treatment	7.000	Cooling water
Lock factory	5.000 – 7.300	Water for chromium-plating process
PVC manufacturing enterprise	4.200	Water for cleaning of process air
Service station	2.500	Car washing
Municipal store house	600	Cleaning of vehicles

The identification of highly water consuming enterprises has indicated that a number of industries would be willing to accept a reduced quality of the supplied recycled water compared to the normal drinking water quality. These enterprises are listed in Table 0.2.

Based on a distance and water volume matrix a number of possible couplings between the selected potential primary and secondary plants were evaluated in order to find the optimum conditions in relation to exchange of heat volume and geographic proximity. The two most obvious scenarios were:

Scenario 1: The Central Pharmacy (P) – Northor A/S (S)

Scenario 2: The swimming bath “Hjortespringbadet” (P) – Papyro-tex A/S (S)

In scenario 1 the need for upgrading of the water quality is insignificant, as the quality of the water exchanged in this case is close to that of drinking water. The water, which consists of surplus distillation water and a dilute concentrate from an Reverse Osmosis plant is supposed to be slightly aggressive but this can be remedied by means of a pH adjustment and by adding calcium oxide, if necessary. The water is primarily meant to be used in cooling water and phosphatizing processes at Northor, which is an iron and steel manufacturing enterprise situated approx. 100 m from the Central Pharmacy. It should potentially be possible to exchange approx. 4.400 m<sup>3</sup>/year if an equalizing tank at a size of 10 m<sup>3</sup> is established near the Central Pharmacy in order to counterbalance the flow variations. Since the water quality is high, no crucial working occupational health problems need to be taken into consideration. Based on a logistic review of indoor and outdoor conditions at the enterprises in question in relation to the establishment of a complete grey water exchange system, the economic situation was analysed. Thus, the total construction investment was calculated to 509.575 DKK not counting the yearly expenses of 15.690 DKK for maintenance and operation of the system. The water savings correspond to 89.900 DKK/year based on a water price of 20,43 DKK (exclusive of VAT and water charge), resulting in a net present value of the investment of 52.600 DKK/year during a depreciation period of 20 years with a real interest rate of 4%.

Scenario 2 deals with exchange of shower water collected from the bathrooms of the swimming bath “Hjortespringbadet”. The water is transported to the company Papyro-tex, which is a hot-pressing enterprise (manufacturing PVC foil) using water for cleaning of process air. The distance between the two enterprises is approx. 250 m. It was required by Papyro-tex that no particles, which might cause a blocking of the sprinkler jets, were allowed in the grey water. Furthermore, it was important to ensure that no odour nuisances could arise during recycling of the water. The swimming bath uses approx. 5.500 m<sup>3</sup>/year of water for showering and approx. 1.200 m<sup>3</sup>/year for filter rinse while Papyro-tex for the time being only needs approx. 3.500 m<sup>3</sup>/year, which can be covered by grey water from the “Hjortespringbadet”. In order to equalize the difference in flow variations it will be necessary to establish an equalizing tank of 15 m<sup>3</sup>.

For treatment of the grey water a combination of a pressure sand filter and a UV-system was suggested to remove particles and inhibit the microbial growth in the equalizing tank. In addition, a cartridge filter should be installed at the drainage for further removal of particles in the water flow. Thus the treatment system was not designed for a complete treatment

of grey water, since the relatively low concentrations of dissolved nutrients in the water were not considered problematic for the application at Papyro-tex.

As the treated grey water from the “Hjortespringbadet” is to be applied in a closed process at Papyro-tex, no immediate occupational health problems are anticipated, since there is no physical contact in relation to using the grey water.

A review of the logistic situation at the enterprises of scenario 2 showed that there was a need for only minor indoor changes corresponding to expenses of approx. 95.000 DKK for establishment of the necessary facilities to collect and distribute the grey water at both enterprises. The necessary outdoor construction works, however, are extensive, including establishment of wells, drain pipes, pressure pipes, equalizing tanks and treatment system. Working expenses amounts to 32.600 DKK corresponding to a net present (loss of) value of -4.100 DKK concerning the initial expenditures. If the total amount of grey water from the “Hjortespringbadet”, corresponding to 7.700 m<sup>3</sup>/year, could have been recycled the result would have been a net present value of 82.000 DKK per year during a depreciation period of 20 years. It should be noted that the initial expenses will remain almost unchanged and that the working expenses will increase only very little in case the extra amount of water is to be treated, too.

On this background it can be concluded that in case of no particular circumstances, which might raise the installation expenses or the treatment expenses during the establishment of a grey water collecting system, it would be economically profitable to establish and run such grey water exchange systems, provided that they are situated in the neighbourhood (at a distance of up to approx. 500 m). The main condition is however that the price of water of the municipality is sufficiently high (20 DKK or more per m<sup>3</sup> exclusive of VAT and water tax) and that a minimum of 4.000 – 5.000 m<sup>3</sup>/year of grey water can be exchanged. Furthermore, it is important to ensure that no occupational health problems will arise for instance as a result of microbiological after-growth in the recycling systems.

When making future plans for common water consuming systems it would be obvious to prepare the sewer system in a way which makes it possible afterwards to collect the grey water without having to make expensive changes of the existing installations. It is furthermore recommended to locate the grey water producers in areas allowing potential grey water consumers to exploit the available grey water resource.

# 1 Baggrund og formål med projektet

## 1.1 Baggrund

I større bysamfund overstiger vandforbruget i dag i væsentlig grad grundvandsproduktionen, hvilket har medført en reduktion af grundvandsressourcen i disse områder. Udnyttelsen af gråt spildevand vil kunne reducere forbruget af drikkevand og dermed være med til at ændre udviklingen i retning af en større bæredygtig udnyttelse af grundvandsressourcen.

Hidtidige erfaringer fra undersøgelser omhandlende udnyttelse af gråt spildevand i husholdninger har vist, at der kan opstå komplikationer i form af driftsforstyrrelser og store reparationsudgifter på anlæggene til behandling af gråt spildevand. Anlæggene er forholdsmæssigt dyre i anskaffelse, og deres energiforbrug er relativt højt, ikke mindst på grund af krav til hygiejniserings. De seneste undersøgelser viser, at genanvendelse af både regnvand og gråt spildevand i private husholdninger til toiletskyl er forbundet med en vis om end lav smitterisiko, idet der introduceres patogene mikroorganismer i boligerne, som normalt ikke forekommer med rensset vandværksvand /8/. Selvom der ikke er direkte berøring med dette vand, kan bakterierne nemt overføres ved sprøjt og aerosoler /14/. Derudover har det også vist sig, at gråvandsanlæg kan være forbundet med betydelige lugtgener, som i yderste konsekvens kan resultere i en lukning.

Desværre har det vist sig, at det snarere er reglen end undtagelsen, at de små decentrale rensningsanlæg i husholdningerne ikke vedligeholdes tilstrækkeligt og dermed ikke formår at rense det grå spildevand tilstrækkeligt. Senest er der ved tilsyn på en række regnvandsanlæg i Odense konstateret væsentlige fejl på hovedparten, hvoraf nogle er så alvorlige, at de kan udgøre en smitterisiko med bakterier. Genanvendelse af gråt spildevand og regnvand i private husholdninger synes derfor kompliceret, og i øvrigt også potentielt økonomisk begrænset, da det typisk kun vil være vandforbrug i forbindelse med toiletskyl og tøjvask, der kan reduceres – et vandforbrug, som for samtlige husholdninger kun udgør ca. 7% af det samlede drikkevandsforbrug i Danmark /9/.

En mere centraliseret genanvendelse af gråt spildevand vil set ud fra et teknisk, økonomisk og hygiejnisk synspunkt indebære flere fordele, idet der gives mulighed for bedre kontrol med sådanne anlæg, og den genanvendte vandmængde mellem større vandforbrugende fællesanlæg vil være betydeligt større end små decentrale anlæg i husholdningerne, hvilket i afgørende grad kan ændre projektøkonomien. Rentabiliteten ved genanvendelse vil således kunne forbedres, hvis enkeltanlæg kan bygges og drives så store som muligt, hvilket også vil være en afgørende motiverende faktor for engagement i sådanne projekter.

I dette projekt fokuseres på muligheder for at genanvende gråt spildevand fra større primæranlæg (producenter af vand – f.eks. svømmebade og vandproducerende virksomheder) hos større sekundæranlæg (aftagere af vand – f.eks. bus- tog og autovaskehaller, køleanlæg mv.). I disse tilfælde kan det forventes, at der kan stilles lempeligere krav til det leverede genbrugsvand end svarende til drikkevandskvalitet, hvormed en omfattende rensning af genbrugsvandet kan undgås.

Der tages i dette projekt udgangspunkt i Herlev Kommune som case-område. Valget af Herlev Kommune blev truffet ud fra kommunens infrastruktur med store bolig- og industriområder og på grund af Herlev Kommunes betydelige engagement i arbejdet mod en miljømæssig bæredygtig udvikling. Herlev Kommune har således gennem de sidste ca. 3½ år arbejdet meget med miljøforhold med henblik på at øge politikernes, forvaltningens, borgernes og virksomhedernes bevidsthed om og interesse for reduktion af miljøbelastningerne.

Herlev Kommune har i forbindelse med fremtidige byplanlægningsovervejelser udarbejdet en analyse af kommunens erhvervsområder, som bl.a. har til formål at vurdere, om de fun-



gerer optimalt. Ét af hovedspørgsmålene i denne analyse var, hvorvidt lokaliseringen af erhvervsvirksomheder ud fra betragtninger om gensidig udnyttelse af hinandens bi- eller spildprodukter ville kunne lægges til grund for en eventuel tilladelse til lokalisering i bestemte områder af kommunen. Disse og andre miljømæssige tiltag vil således kunne indgå i den fremtidige kommuneplan-debat.

## 1.2 Formål

Formålet med undersøgelsen har været at belyse en række af de teknologiske, økonomiske, og miljømæssige forhold ved genanvendelse af gråt spildevand fra fællesanlæg i større bysamfund. Som udgangspunkt skulle undersøgelsen afgrænses til Herlev Kommune som case-område.

I forbindelse med undersøgelsen har det været målet at identificere de mest vandforbrugende primæranlæg og sekundæranlæg i Herlev Kommune og anlæggenes produktion af gråt spildevand. Det har været relevant at fastsætte krav til kvaliteten af gråt spildevand for potentielle sekundæranlæg med henblik på den tekniske, miljømæssige og sundhedsmæssige kvalitet af genbrugsvandet. Dermed har det været nødvendigt at karakterisere det grå spildevand fra potentielle primæranlæg med hensyn til fysisk-kemiske- og generelle mikrobiologiske parametre.

De opnåede resultater har resulteret i en teknisk, økonomisk og miljømæssig helhedsvurdering for udvalgte scenarier af koblinger mellem primær- og sekundæranlæg.

## 1.3 Rapportens opbygning

Rapportens kapitel 2 oplister de mulige genanvendelsesmuligheder af vandressourcer, regnvand såvel som spildevand, der er opnået nationalt som internationalt.

Kapitel 3 gennemgår vandforbrugssituationen i Herlev Kommune, herunder fordelingen og udviklingen i vandforbruget i kommunen, vandindvindingsmulighederne samt en prognose for udviklingen i vandforbruget de kommende år.

Kapitel 4 beskriver, hvorledes spørgeskemaundersøgelsen for udvælgelse af væsentlige vandforbrugere i Herlev Kommune blev gennemført.

En identifikation af potentielle primær- og sekundæranlæg med hovedresultater fra spørgeskemaundersøgelsen er foretaget i kapitel 5, hvor bearbejdningen af de udpegede fællesanlæg med henblik på opstilling af relevante scenarier for udveksling af gråt spildevand mellem virksomheder desuden indgår. Der indgår således forhold som vandmængde- og afstandsforhold, vandforbrugsmønstre, analyseresultater og vandkvalitetskrav, logistiske forhold omkring etablering af vandtransportsystemer og arbejdsmiljømæssige forhold, som har teknisk, økonomisk og miljømæssig betydning for udveksling af gråt spildevand mellem virksomheder.

I kapitel 6 er der foretaget økonomiske konsekvensberegninger for de valgte scenarier for vandudveksling.

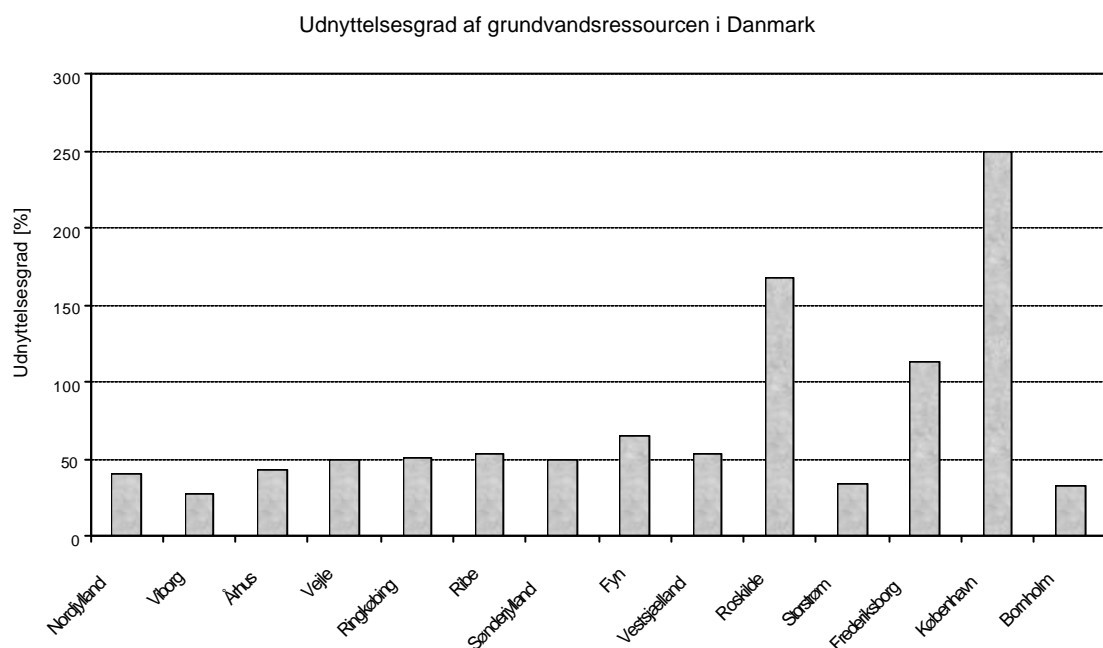
I kapitel 7 gives en række generelle anbefalinger til, hvilke forhold og hensyn der bør tages ved fremtidig byplanlægning, såfremt udveksling af gråt spildevand mellem større fællesanlæg - teknisk som økonomisk set - viser sig at være en god idé. I kapitlet gives desuden en række specifikke anbefalinger til, hvorledes et projekt omkring udveksling af gråt spildevand mellem eksisterende virksomheder foretages mest hensigtsmæssigt.

Rapporten afsluttes i kapitel 8 med en konklusion.

## 2 Genanvendelse af vand – danske og internationale erfaringer

Der ses i litteraturen stadigt flere eksempler på vandgenbrug i forskellige regioner af verden. Nødvendigheden af vandgenbrug er oftest forårsaget af en kombination af stigende efterspørgsel på vandressourcer og en begyndende mangel på rent grund- eller overfladevand. I gølle og udtørrede områder af verden som f.eks. Australien, Middelhavslandene, Golfstaterne, den sydvestlige del af USA og ikke mindst i store dele af Afrika er genanvendelse af vand således en nødvendighed for regionernes fortsatte udvikling på grund af en for stor udnyttelsesgrad af de eksisterende vandressourcer, hvilket sætter en bæredygtig udnyttelse af vandressourcerne i fokus. I de tættest befolkede områder af verden som Singapore, storbyer i Japan og Californien har et for stort vandressourceforbrug resulteret i en ny vandforsyningsstrategi med et dobbelt vandforsyningssystem – et system med vand af drikkevandskvalitet, og et system med rensat og desinficeret spildevand til industriel og teknisk brug.

I Danmark som helhed er udnyttelsesgraden af grundvandsressourcen stadig mindre end 100%, selvom der i de tætbefolkede regioner tæres mere på vandressourcerne, end der dannes, hvilket fremgår af Figur 2.1.



Figur 2.1

**Udnyttelsesgraden af grundvandsressourcen i Danmark. Baseret på amtsrapporter for vandindvindingen i Danmark for 1995 – 1996 /17/ samt Vandrådets skøn over grundvandsressourcen /18/. Udnyttelsesgraden er beregnet som vandindvindingen/udnyttelige grundvandsressource.**

Da vi i Danmark stadig er i den enestående situation, at stort set alt drikkevand kan produceres ud fra oppumpet grundvand ved simple rensningsprincipper, er det vigtigt, at der fortsat sættes på en bæredygtig udnyttelse af grundvandsressourcen, da drikkevandsbehandlingen nødvendigvis bliver mere kompliceret og fordyrende at foretage. Derudover er der en risiko for, at drikkevandskvaliteten kan blive forringet på grund af nødvendigheden af desinfektion, som ofte må indføres sammen med de mere avancerede rensningsprincipper.

## 2.1 Genanvendelsesmuligheder af vandressourcer

Genanvendelse af vandressourcer foretages oftest i forbindelse med: vandgenbrug på landbrugs- og landskabsarealer (parker, golfbaner, kirkegårde, etc.) industriel vandgenbrug, grundvandssikring, teknisk vandgenbrug (brandslukningsvand, aircondition, toiletskyl, etc.) og direkte drikkevandsgenbrug. Nødvendigheden af vandgenbrug er oftest drevet af knappe vandressourcer, økonomiske hensyn samt nødvendigheden af en reduceret forureningsbelastning af recipienter fra spildevandsudledninger.

Vandressourcerne kan i princippet genindvindes på to måder: Opsamling af regnvand eller udnyttelse af en eksisterende spildevandskilde med henblik på genbrug.

## 2.2 Opsamling af regnvand til vandgenbrug

Regnvandsopsamling med henblik på vandgenbrug tiltrækker sig stadig større opmærksomhed – ikke mindst i Danmark, hvor priserne på drikkevandsforsyning og -afledning er blandt verdens højeste. I /9/ blev det estimeret, at den potentielle vandbesparelse i danske husholdninger ved anvendelse af regnvand fra tagflader udgjorde 6,8% af den totale produktion af vandværksvand svarende til 64 mio. m<sup>3</sup> pr. år (under forudsætning af, at regnvandet kan erstatte toiletskyl og tøjvask). Selvom disse betragtninger stadig er af teoretisk karakter, åbnes der i Danmark nu mulighed for en mere økonomisk rentabel model for udnyttelse af regnvand til husholdnings- og industriformål, idet kommunerne med en ændring af loven om betalingsregler for spildevandsanlæg (lov nr. 342 af 17. maj 2000) har fået mulighed for at fritage eller reducere vandafledningsbidraget ved genanvendelse af regnvand, såfremt der er miljømæssige hensyn, der taler for det /15/.

Der er i litteraturen ikke fundet mange eksempler på brug af regnvand i industriel sammenhæng. Potentialet for genanvendelse af regnvand fra virksomheder med store tagarealer er imidlertid betragteligt, idet store mængder vand kan opsamles. Senest er der i /16/ rapporteret genbrug af regnvand i størrelsesordenen 100 m<sup>3</sup>/mm regnvand fra den 100.000 m<sup>2</sup> store tagflade af ”The Millennium Dome” i London i kombination med gråt spildevand og afværge-oppumpet grundvand. Et mere aktuelt eksempel for denne undersøgelse er genanvendelsen af regnvand på Herlev Amtssygehus til sygehusets airconditionanlæg, hvor der årligt kan opsamles ca. 32.000 m<sup>3</sup> regnvand fra tagarealer og parkeringspladser /4/. På Herlev Amtssygehus genanvendes i dag ca. 10.000 m<sup>3</sup>/år til køling, hvilket betyder, at der stadig er et stort muligt genanvendelses-potentiale af regnvand, som ikke er udnyttet endnu.

Regnvand er som udgangspunkt særdeles velegnet som procesvand, idet vandet har en meget lav hårdhedsgrad og kun indeholder små koncentrationer af forurenende stoffer. Regnvand kan dog forurennes efter opsamling fra tagarealer og befæstede arealer og ved længere tids opbevaring i store tankanlæg, hvilket resulterer i høje kimtal og mulighed for forurening med patogene mikroorganismer /8/. Ved opsamling fra parkeringsarealer om vinteren kan regnvandet opnå høje ledningsevneværdier, såfremt der saltes i området /4/. Afhængig af anvendelsen kan der derfor kræves effektive rensningsforanstaltninger ved genanvendelse af regnvand for at sikre en god teknisk og hygiejnisk kvalitet.

## 2.3 Genbrug af spildevand

Det største potentiale for genanvendelse af vandressourcer ligger i genbrug af spildevand. Der skelnes i litteraturen typisk mellem genbrug af tre spildevandsformer: Gråt spildevand fra husholdningsbrug (tøjvask og brusevand), rensset kommunalt spildevand (herunder brug af sekundavand) og industrielt spildevand.

### 2.3.1 Genanvendelse af gråt spildevand

Gråt spildevand kan ifølge /16/ karakteriseres som den spildevandsstrøm, der med hensyn til næringsstoffer og organisk stof er den lavest belastede spildevandsstrøm fra enhver husholdningskilde. Gråt spildevand er i praksis derfor alt husholdningsspildevand, som ikke indeholder sanitært spildevand fra toiletter (sort spildevand), og spildevand der ikke er

stærkt forurenet med hensyn til miljøfremmede organiske forbindelser, tungmetaller eller stærke syrer/baser. Forureningsgraden af gråt spildevand kan variere meget - afhængig af fra hvilken kilde det stammer. Oftest vil gråt spildevand blive betragtet som en lettere forurenet spildevandskilde, der indeholder lavere koncentrationer af næringssalte (primært kvælstof) og patogene mikroorganismer end fækaltholdigt spildevand /23/. Nye undersøgelser viser ifølge /22/ imidlertid, at andre typer mikroorganismer som protozoer (parasitter) og forskellige former for virus også trives i vandgenbrugssystemer.

Genanvendelse af gråt spildevand sker typisk decentralt i enkelthusholdninger eller afgrænsede ejendomskomplekser, hvor spildevandet undergår en given behandlingsproces, hvormed det opnår en kvalitet, der gør det teknisk og hygiejnisk anvendeligt til genanvendelsesformål. Der ses i litteraturen talrige eksempler på genanvendelse af gråt spildevand i husholdninger, f.eks. /14, 16, 24, 26, 27, 28, 29, 30/. I husholdningssammenhæng udgør den grå spildevandsmængde langt den overvejende del af spildevandsmængden. Ifølge /24, 25/ andrager gråvandet således ca. 70% af den daglige spildevandsmængde fra en almindelig husholdning.

I og med at gråt spildevand blandt andet også omfatter vaskevand, er der i industrimæssig sammenhæng stadig flere eksempler på genanvendelse af gråt spildevand på industrivaske- rier /53, 54/, hvor langt størstedelen af vandforbruget anvendes i vaske- og skylleprocesser. Der er udelukkende set eksempler på internt genbrug af gråt spildevand på vaskerier, da der i vaske- og skylleprocessen ofte kan foretages direkte vandgenbrug eller vandgenbrug med en begrænset form for rensning af genbrugsvandet. Spildevandet fra vaskerier med vandgenbrug vil stadig kunne karakteriseres som gråt spildevand, selvom det vil forekomme at være væsentligt mere forurenet, end hvis der ikke havde været foretaget vandgenbrug.

Der er ikke fundet eksempler på genbrug af gråt spildevand mellem producenter af gråt spildevand (virksomheder og institutioner) og tilstødende virksomheder. På baggrund af resultater fra dette projekts spørgeskemaundersøgelse kunne det blandt andet skyldes en formodning om, at det ville være for dyrt at etablere et nyt afløbssystem, hvori sanitært spildevand fra toiletter og urinaler holdes adskilt fra det grå spildevand.

### 2.3.2 Central genanvendelse af kommunalt spildevand

Renset spildevand til genanvendelse (også kaldet sekundavand) kommer oftest fra centrale kommunale rensningsanlæg, hvorfra spildevandet renses, desinficeres og sendes retur i et sekundært distributionssystem. Der er talrige eksempler på genanvendelse af rensed spildevand: Vanding af landbrugsarealer og rekreative områder /31, 32, 33, 34, 35/, som kølevand i industrier /36, 37, 38, 39/, ved genanvendelse af vand i storbyer /19, 20/ og ved grundvandsopfyldning for modvirkning af saltvandsindtrængning /42/. Fordelen ved genanvendelse af rensed spildevand fra centrale rensningsanlæg er, at spildevandsstrømmen er en stabil og konstant vandressource, så længe der tilledes spildevand til rensningsanlægget. Ved central spildevandsgenanvendelse er det derfor muligt at planlægge sin vandforsyningsstrategi på baggrund af en stabil vandressource. Dette ses f.eks. i visse af Japans storbyer /20/, i Singapore /21/ og i Californien /19/, hvor vandressourcerne er mangelfulde. Her sendes det rensede spildevand fra renseanlæggene retur til brug i toiletter og industrier i større to-strengssystemer. Alene i Japan genanvendes over 40% af spildevandet fra centrale rensningsanlæg til industrielle formål /11/.

En anden type sekundavand, der i stor udstrækning genanvendes til industrielt brug, er forurenet grund- og overfladevand, der ikke overholder kvalitetskravene til drikkevandsbrug med den vandbehandling, der foretages. I Danmark ses stadig flere eksempler på oppumpninger af grundvand fra kildepladser med afværgeboringer, som ikke er anvendelig efter drikkevandsbehandling. Ifølge Københavns Vand /47/ blev der i 1999 oppumpet mere end 3,1 mio. m<sup>3</sup> forurenet grundvand (primært TCE- og BAM-forureninger) fra kildepladser beliggende i omegnskommuner til København. Som eksempel på brugen af afværgeoppumpet grundvand kan nævnes Vestforbrænding, som årligt aftager omkring 300.000 m<sup>3</sup> vand.

Genbrug af afværgeoppumpet grundvand til industrielt brug kan dog være problematisk, idet afværgeoppumpningerne typisk efter en periode lukkes ned. I visse områder med høj industriel aktivitet - som f.eks. i Herlev og Gladsaxe kommuner - vil man dog ifølge /47/

forvente længerevarende afværgeoppumpninger af grundvandsforureninger, hvorfor man her bedre vil kunne foretage en mere strategisk satsning på genanvendelse af denne vandressource.

### 2.3.3 Intern genanvendelse af industrielt spildevand

Der findes talrige eksempler på intern genanvendelse af vand på vandtunge industrivirksomheder. Det er i dag reglen snarere end undtagelsen, at der genanvendes vand på større vandforbrugende virksomheder, f.eks. virksomheder med køleprocesser, papirfremstillingsvirksomheder, tekstilvirksomheder, industrivaskerier, galvanindustrien, visse fødevarer-virksomheder og i mineindustrien. Af de nævnte industrier ligger det største vandbesparelsespotentiale ifølge /37/ i proceskøling, såfremt vandgenbruget erstatter drikkevandsforsyningen.

Til proceskøling i den kemiske industri er der i Danmark et betragteligt vandforbrug, som kun overgås af vandforbruget i levnedsmiddelsektoren /43/. Således blev vandforbruget i den kemiske industri i 1994 opgjort til 68,8 mio. m<sup>3</sup> vand (heraf 55,9 mio. m<sup>3</sup> havvand), svarende til 41% af den danske industris samlede vandforbrug, se Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Vandforbrug i industrien, opgjort efter /43/ i 1994 (mio. m<sup>3</sup>).**

	Vandværk	Egen boring	Overflade vand	Havvand	Andet	I alt	%
Levnedsmiddelsektoren	23,8	32,9	1,4	12,3	1,8	72,2	43,5
Tekstilindustrien	6,7	1,3	0	0	0	8,0	4,8
Træ- og møbelindustrien	0,3	0,3	0	0	0	0,6	0,4
Papirindustrien	1	1	5,3	0	0	7,3	4,4
Kemisk industri	6,3	4,4	2,1	55,9	0	68,7	41,4
Sten-, ler- og glasindustri	0,7	1,2	0	0	0	1,9	1,1
Jern-/metalværker/støberier	0,7	0	0	0	0	0,7	0,4
Jern- og metalindustri	5,4	0,9	0	0	0	6,3	3,8
Anden industri	0,2	0	0	0	0	0,2	0,1
I alt	45,1	42	8,8	68,2	1,8	165,9	100

#### EMBED

Drivkraften for indførelse af vandbesparelsesforanstaltninger på virksomheder er reducerede udgifter til vandforsyning og spildevandsafledning, skærpede udlederkrav og et ønske om at forbedre virksomhedens miljø image.

Ved genanvendelse af vand i industrien skelnes ofte mellem direkte vandgenbrug og direkte vandgenbrug med opgradering (rensning) af vandstrømmen på virksomheden.

Direkte vandgenbrug - dvs. uden nogen form for behandling af procesvandet - kan iværksættes, hvor vandet ledes fra en mindre forurenende proces til en mere forurenende proces. Som eksempel kan nævnes vaskerier, hvor vandet fra skylleprocessen kan ledes ubehandlet til vaskeprocessen, uden at den samlede vaskeproces forringes.

Direkte vandgenbrug med opgradering af vandstrømmen kan ofte føre til ophobning af salte, næringsstoffer og organisk stof i procesvandet, hvilket kan føre til problemer med udfældninger og et forøget mikrobielt vækspotentiale i vandkredsløbet /44, 54/.

Vandgenbrug kan i visse virksomheder resultere i helt lukkede vandkredsløb uden udledning af spildevand, som det for eksempel ses i visse papirfremstillingsvirksomheder /40, 41/. Omkostningerne ved en fuldstændig lukning af en virksomheds vandkredsløb kan dog være store, hvorfor lukkede kredsløb især er relevante, hvor særlige forhold - som f.eks. beskyttelse af recipienten eller mangelfulde vandressourcer - er gældende.

### 2.3.4 Ekstern genanvendelse af industrielt spildevand

Der er i litteraturen kun fundet meget få eksempler på ekstern vandgenbrug mellem virksomheder. I en australsk undersøgelse /11/ blev tre mulige recirkuleringsstrategier for genbrug af vand på industrier foreslået: Intern genanvendelse på industrier (internt genbrug), genbrug af kommunalt spildevand og ekstern genanvendelse mellem virksomheder (eks-

ternt genbrug). Potentialet af de nævnte recirkulationsstrategier blev bedømt ud fra en række nøglekriterier såsom: afstand mellem udleder og aftager, vandkvalitet, vandmængde og sammensætning, vandpriser, forrensningsbehov og sundhedsrisici. Vurderingen resulterede i, at ekstern genanvendelse af vand mellem virksomheder blev bedømt til at have det laveste genanvendelsespotentiale, primært på grund af store etableringsomkostninger. Undersøgelsen /11/ konkluderede også, at genanvendelse af kølevand mellem industrier umiddelbart udgør det største genanvendelsespotentiale på grund af de store vandmængder, der medgår som proceskølevand.

#### 2.3.4.1 Case: Kalundborg Symbiosen

I Danmark er Den Industrielle Symbiose i Kalundborg /45, 46/ nok det bedst kendte eksempel på ekstern genanvendelse af industrielt spildevand. Symbiosen er opbygget som et netværkssamarbejde mellem fem proces-industrivirksomheder og har til formål at udnytte hinandens biprodukter. Opbygningen af symbiosen er illustreret i REFPLETFORMATFigur 2.2.

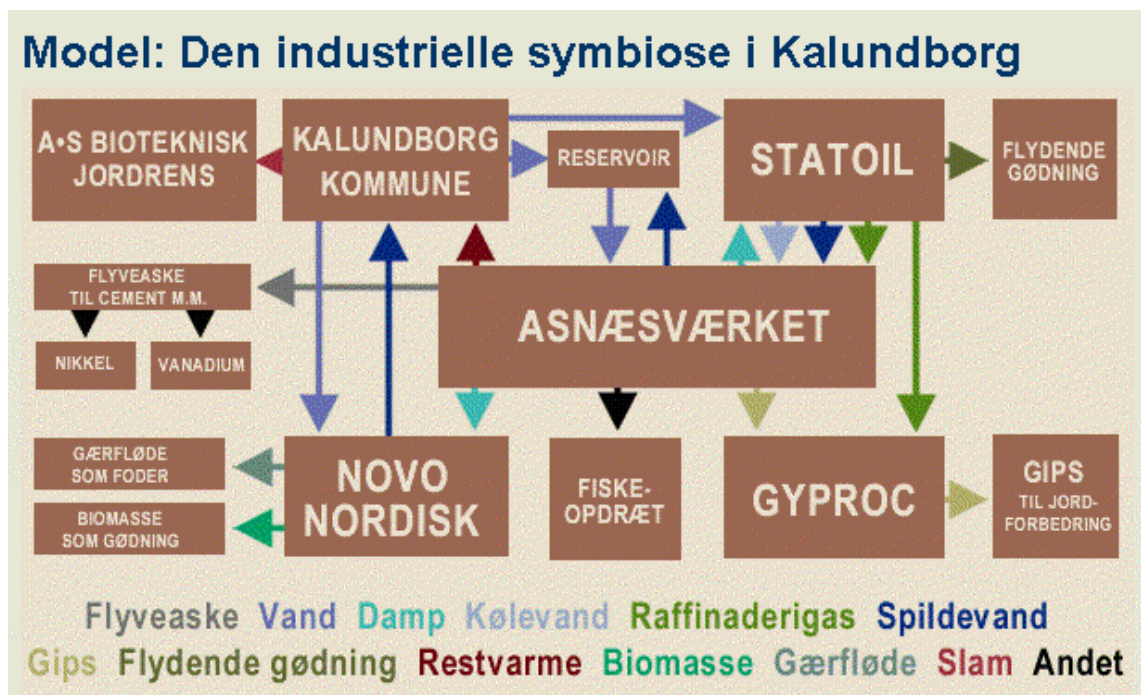
Symbiosen, der har eksisteret i 30 år, er i dag et kendt mønstereksempel på opbygning af de såkaldte "Eco-parks", hvor udnyttelsen af virksomheders biprodukter (stof, energi, vand) resulterer i lavere ressourceforbrug og en mindre miljøbelastning.

I forbindelse med symbioseprojekter mellem virksomheder, hvor stof, vand og energi kan udveksles, er den største barriere ifølge /46/ oftest opbygningen af et tillidsforhold mellem virksomhederne. Det økonomiske potentiale er som udgangspunkt det egentlige incitament for at samarbejde om udveksling af ressourcer mellem virksomhederne, men dette overskygges tit af virksomhedernes manglende evne til at samarbejde.

Som det fremgår af diagrammet i REFPLETFORMATFigur 2.2, udveksles der spildevand mellem Statoil og Asnæsværket. Spildevandsstrømmen, som normalt andrager 100.000 – 150.000 m<sup>3</sup>/år, erstatter en del af havvandsindvindingen på Asnæsværket og benyttes primært til slaggespuling.

Afhængighedsforholdet mellem de to virksomheder er primært til Asnæsværkets fordel, idet en delstrøm af spildevandet først pumpes til Asnæsværket efter, at det har forladt Statoils biologiske rensningsanlæg. Statoil betaler fuld spildevandsafledningsafgift af den afledte spildevandsmængde og har ingen økonomisk interesse i, hvor stor en spildevandsmængde Asnæsværket kan aftage.

Konstellationen af vandgenbrug mellem Statoil og Asnæsværket i Kalundborg Symbiosen må siges at ligge mellem central genanvendelse af rensed spildevand (dog ikke kommunalt) og ekstern genanvendelse af industrielt spildevand, idet der er tale om industrielt spildevand, som på den ene virksomhed renses ned til spildevandsudlederkravet og udledes direkte til recipient. Grundet en effektiv rensningsproces og konstant spildevandsstrøm er en efterbehandling af spildevandet fra Asnæsværket ikke nødvendig.



*Figur 2.2* Illustration af vand- og stofstrømme mellem fem industrivirksomheder på Kalundborg-egnen /45/.

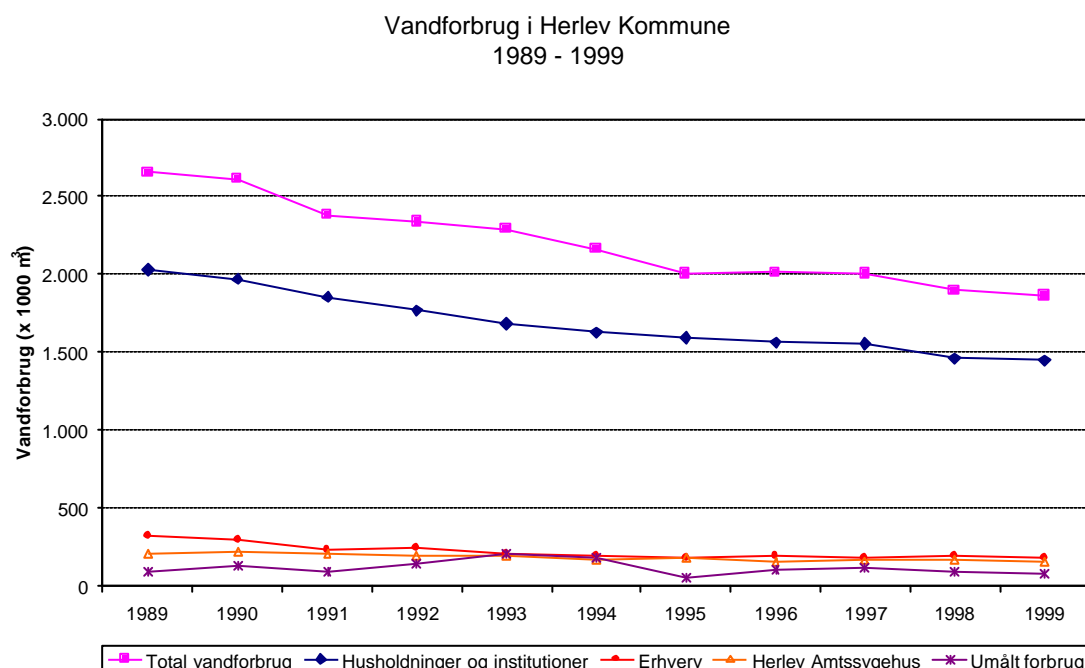
# 3 Vandforbrug i Herlev Kommune

Vandforbrugere i Herlev Kommune forsynes alle med vand fra Herlev Vandforsyning på nær et mindre antal husstande beliggende i den nordlige del af kommunen, som modtager vand fra Værløse Kommune og Gladsaxe Kommune.

Vandforbruget i kommunen har i det seneste årti ligget omkring 2 mio. m<sup>3</sup> vand og har siden 1989 været aftagende. I Herlev Kommune har der ikke været indvundet vand i kommunen til drikkevandsforsyning siden 1992, hvor Herlev Vandværk blev lukket på grund af forurening af grundvandet med klorerede opløsningsmidler. Siden 1996 har der været foretaget store afværgepumpninger fra det primære grundvandsmagasin for at forhindre en spredning af forureningskilden.

## 3.1 Udviklingen i vandforbruget i Herlev Kommune

Som det fremgår af Figur 3.1, har husholdningsvandforbruget været aftagende siden 1989, mens vandforbruget i kommunens erhvervsvirksomheder og på Herlev Amtssygehus har været stagnerende siden midten af 1990'erne.



Figur 3.1

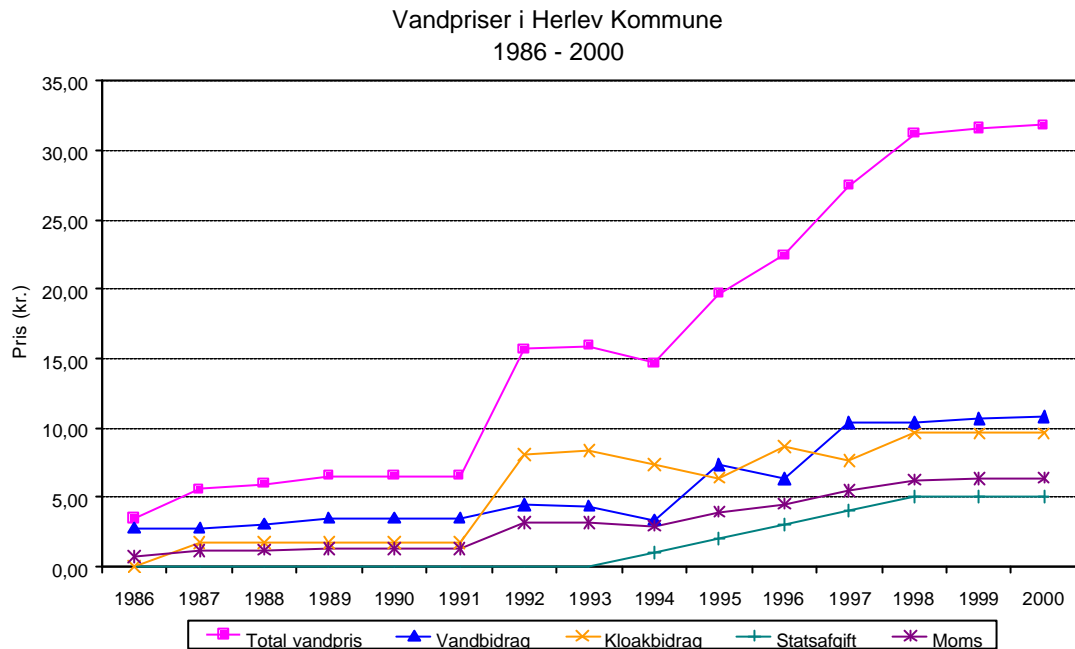
**Oversigt over vandforbrug i Herlev Kommune det seneste årti, fordelt på kategorierne: Husholdning inkl. institutioner, erhverv, Herlev Amtssygehus og umålt vandforbrug /1/.**

Det faldende husholdnings- og institutionsvandforbrug afspejler sig ikke i udviklingen af indbyggertallet i Herlev Kommune, som i perioden 1989 – 1999 har været svagt stigende; fra 26.800 i 1989 til 27.365 i 1999. Årsagen til det store fald i vandforbruget skyldes ifølge /1/ en øget bevidsthed blandt borgerne om at spare på vandet og i ligeså høj grad højere priser og afgifter på vandforbruget. Det markante fald i husholdningsvandforbruget i Herlev Kommune er ifølge /2/ i tråd med den samlede vandforbrugsudvikling for Københavns Amt.



### 3.1.1 Vand- og afledningsafgifter i Herlev Kommune

Udviklingen i prisen for vandforbrug har i løbet af 1990'erne været kraftigt stigende i Herlev Kommune, hvilket fremgår af Figur 3.2 og Tabel 3.1. Hvor brugere af vand indtil starten af 1990'erne kun betalte få kroner pr. m<sup>3</sup> vand, er prisen i år 2000 steget til over 30 kr/m<sup>3</sup> (inkl. moms og statsafgift).



Figur 3.2

Grafisk oversigt over udviklingen i vandpriserne i Herlev Kommune.

Tabel 3.1

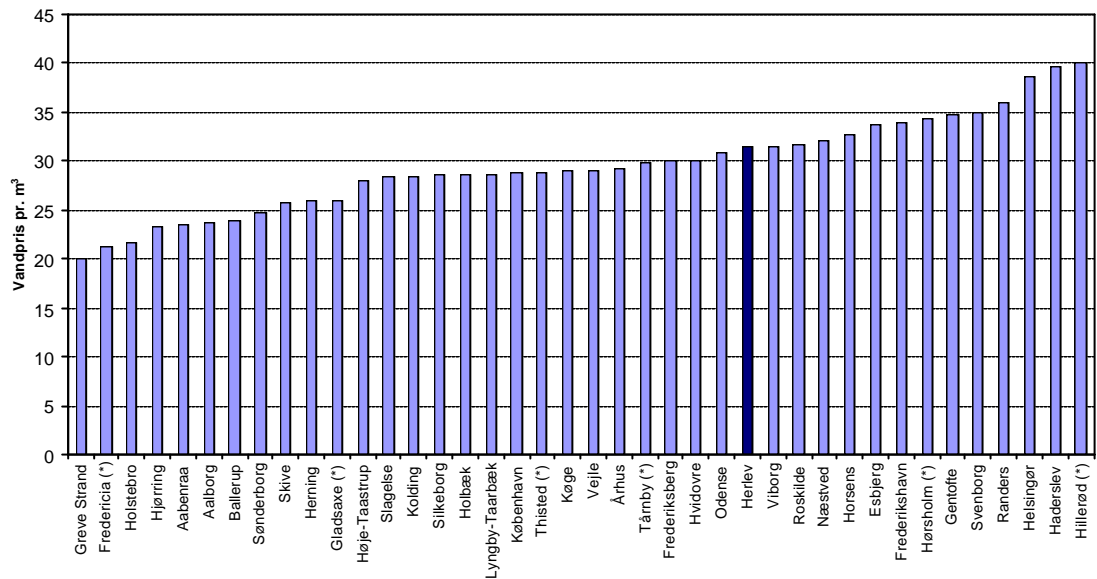
Oversigt over den samlede pris for vandforbrug i Herlev Kommune for perioden 1986 – 1999. I perioden 1987 – 1991 blev desuden opkrævet et fast arealbidrag på 1,50 – 6 kr. pr. m<sup>2</sup>, bestemt ud fra grundstørrelsen. /6, 7/. Dette bidrag er ikke inkluderet i den samlede pris.

År	Vandtillidning kr/m <sup>3</sup>	Spildevandsafgift kr/m <sup>3</sup>	Arealbidrag kr/m <sup>2</sup>	Statsafgift kr/m <sup>3</sup>	Moms kr/m <sup>3</sup>	Samlet pris kr/m <sup>3</sup>
1986	2,75	0,00			0,69	3,44
1987	2,75	1,70	1,50		1,11	5,56
1988	3,05	1,70	6,00		1,19	5,94
1989	3,50	1,70	6,00		1,30	6,50
1990	3,50	1,70	4,50		1,30	6,50
1991	3,50	1,70	3,00		1,30	6,50
1992	4,45	8,07			3,13	15,65
1993	4,34	8,36			3,18	15,88
1994	3,34	7,36		1,00	2,93	14,63
1995	7,34	6,36		2,00	3,93	19,63
1996	6,34	8,61		3,00	4,49	22,44
1997	10,34	7,61		4,00	5,49	27,44
1998	10,34	9,61		5,00	6,24	31,19
1999	10,65	9,61		5,00	6,32	31,58
2000	10,82	9,61		5,00	6,36	31,79

Den samlede vandudgift i Herlev Kommune ligger omkring gennemsnittet i forhold til den samlede vandudgift for de 40 største vandforsyningskommuner i Danmark. Ifølge Figur 3.4 ligger vandprisen i Herlev på 62%-fraktilen. Som det fremgår af Figur 3.3, er vandforsynings- og vandafledningsafgiften langt fra ensartet i Danmark, da der er særdeles store variationer i vandprisen afhængig af, hvilken kommune man bor i. Således er vandet i Greve Kommune kun halvt så dyrt (kr. 20,08 pr. m<sup>3</sup>) som i Hillerød Kommune (kr. 40 pr. m<sup>3</sup>). Det skal dog pointeres, at de priser, der er opgivet, ikke er den pris, som en momsregistreret

industrivirksomhed oplever, idet generelle industrivirksomheder ifølge Vandafgiftslovens §9 (lovbekendtgørelse nr. 639 af 21/8-1998) kan få fuldt fradrag for statsafgiften (kr. 5 pr. m<sup>3</sup>). Derudover får momsregistrerede virksomheder refunderet mo msen.

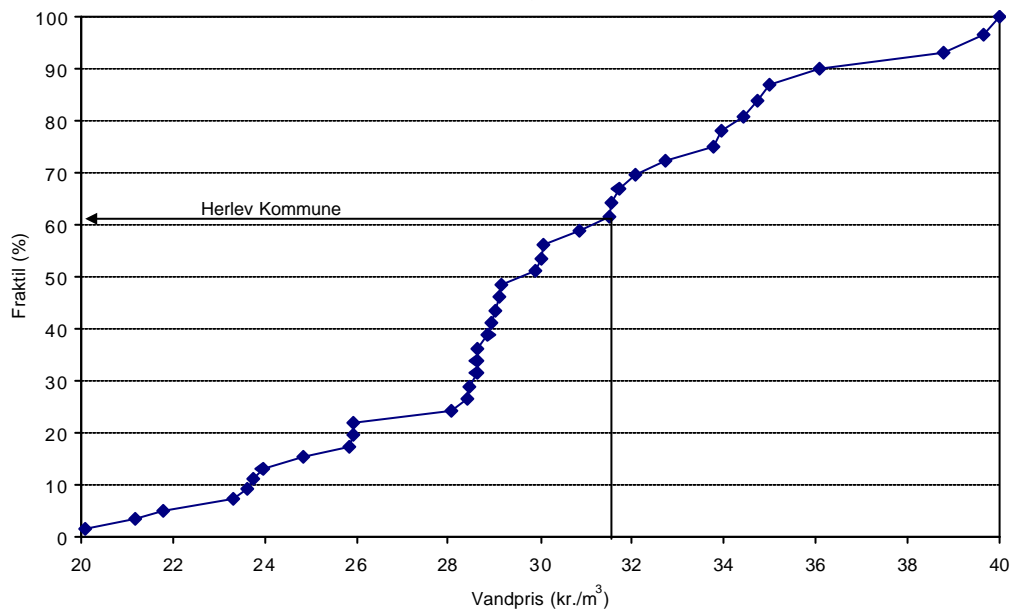
Samlet vandpris for de 40 største vandforsynings kommuner i 1998



Figur 3.3

Samlet forbrugeroplevet vandpris for kommunalt leveret vand i de 40 største vandforsyningskommuner i Danmark i 1998. Prisen inkluderer vandtillægsafgift, spildevandsafledningsafgift, statsafgift og moms. Priserne er opgivet efter /13/, bortset fra de med (\*) markerede kommuner, som er oplyst telefonisk ved henvendelse til kommunen (år 2000 priser).

Fraktildiagram over vandpriser for de 40 største vandforsynings kommuner i Danmark, 1998



Figur 3.4

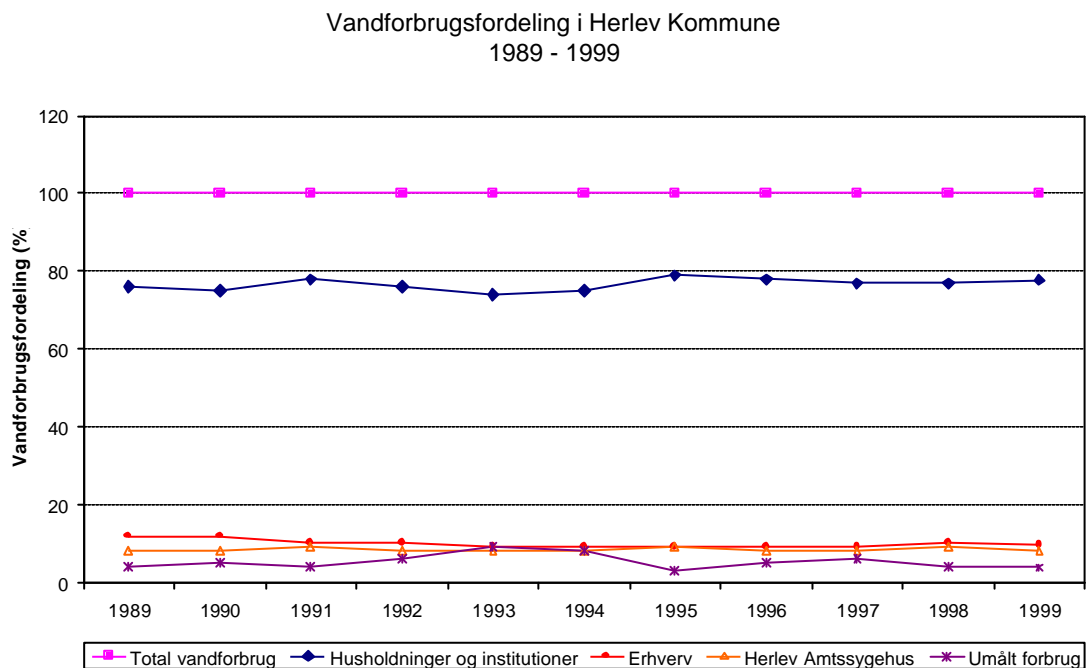
Fraktildiagram for de 40 største vandforsyningskommuner i Danmark i 1998. Priserne er ifølge /13/ og ved telefonisk henvendelse til kommunerne.

### 3.1.2 Fordelingen af vandforbruget i Herlev Kommune

Det opgjorte vandforbrug i Herlev Kommune er inddelt i kategorierne: Erhverv, Herlev Amtssygehus, husholdning inkl. institutionsforbrug og umålt forbrug.

Som det fremgår af Figur 3.5, har fordelingen af vandforbruget samlet set været uforandret mellem kategorierne husholdnings- og institutionsvandforbrug, erhverv, Herlev Amtssygehus og umålt forbrug i perioden 1989 – 1999.

I Herlev Kommune er der mere end ca. 840 erhvervsvirksomheder /7/, som siden 1994 har haft et vandforbrug på mindre end 200.000 m<sup>3</sup>/år eller i gennemsnit under 240 m<sup>3</sup>/virksomhed/år. Dette bærer præg af, at der i kommunen ikke er en kraftig vandforbrugende industri, og erhvervsvirksomhedernes andel ligger da også kun på 10% af det samlede vandforbrug. Vandanvendelsen i erhvervsvirksomheder i Herlev Kommune ligger dermed væsentligt under det gennemsnitlige vandforbrug for erhvervs- og industrivirksomheder i hovedstadsregionen, hvor det i /3/ blev opgjort til 22% af det samlede vandforbrug i 1992. På landsplan var anvendelsen af vand i industri- og erhvervsvirksomheder i 1992 17% i forhold til den totale drikkevandsudvinding. Udviklingen i andelen af vandforbruget i erhvervsvirksomheder i Herlev Kommune ses af Figur 3.5 at være faldet fra 12% af det samlede vandforbrug i 1989 til 10% i 1999.



Figur 3.5

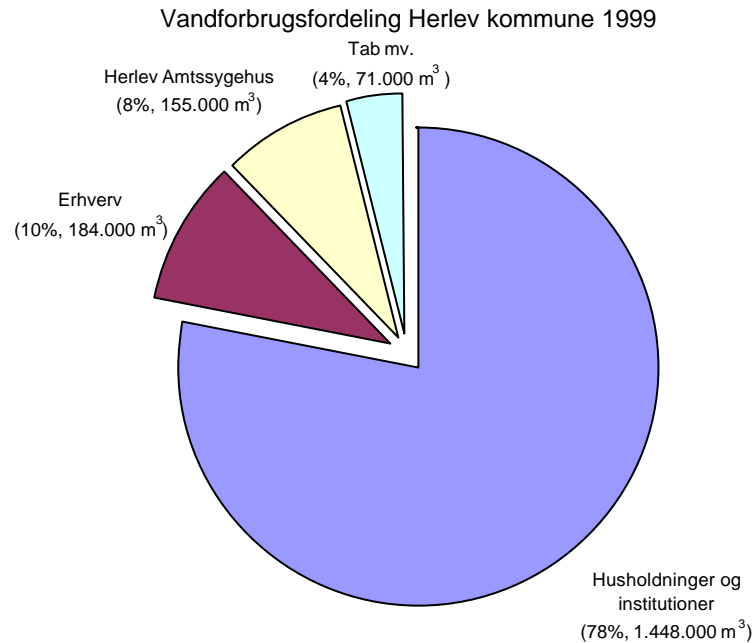
**Udviklingen i vandforbrugsfordelingen mellem kategorierne: Husholdnings- og institutionsvandforbrug, erhverv, Herlev Amtssygehus og umålt forbrug i perioden 1989 – 1999 /1/.**

Herlev Amtssygehus er kommunens største enkeltforbruger af drikkevand med et gennemsnitligt vandforbrug i 1999 på ca. 155.000 m<sup>3</sup>/år (8% af det samlede vandforbrug i Herlev Kommune). Amtssygehusets vandforbrug er dermed i samme størrelsesorden som vandforbruget i kommunens øvrige erhvervsvirksomheder tilsammen. Ifølge /4/ udgør det tekniske vandforbrug på sygehuset alene ca. 55.000 m<sup>3</sup>/år, hvoraf ca. 10.000 m<sup>3</sup>/år består af opsamlet regnvand, der benyttes som kølevand til sygehusets airconditionanlæg.

Det umålte vandforbrug er det forbrug, der ikke kan registreres, men som består af differencen mellem den målte udpumpede vandmængde fra trykforøgerstationerne og summen af alle måleraflæsninger fra forbrugerne. Det umålte forbrug skyldes primært ledningstab og målerfejl, men også vandforbrug til brandslukning, byggevand og spuling af ledninger. Det umålte vandforbrug har i perioden 1989 – 1999 ligget omkring 150.000 m<sup>3</sup>/år eller ca. 7% af den samlede udpumpede vandmængde. Der ses dog af Figur 3.5 en tendens til, at det

umålte vandforbrug siden 1995 har været lavere end de foregående år, hvilket ifølge /1/ primært tilskrives en effektiv indsats overfor lokalisering af lækager i ledningsnettet samt en løbende renovering af ledningsnettet.

Andelen i vandforbruget i husholdninger og institutioner har de sidste 10 år ligget konstant omkring 78%, hvilket er over gennemsnittet for hovedstadsregionen, hvor det i 1992 blev opgjort til 67%.



Figur 3.6

**Fordelingen i vandforbruget i Herlev Kommune i 1999 mellem kategorierne: Husholdnings- og institutionsvandforbrug, erhverv, Herlev Amtssygehus og umålt forbrug /1/.**

### 3.2 Vandindvinding i kommunen

I Herlev Kommune har der ikke været indvundet drikkevand siden 1992, hvor byens eneste vandværk, Herlev Vandværk, blev lukket på grund af en grundvandsforurening med klorerede opløsningsmidler, primært trichlorethylen. Indtil 1992 udgjorde kommunens egen vandindvinding 30 – 40% af kommunens eget drikkevandsforbrug, mens det øvrige drikkevand blev leveret af Københavns Vandforsyning. I dag importeres hele drikkevandsforbruget fra Københavns Vandforsynings kildepladser i Lejre, Sønderød og Slangerup.

På grund af forureningen af det primære grundvandsmagasin er vandindvindingen i kommunen genoptaget i 1996 i form af afværgepumpninger, hovedsageligt i området omkring industrikvarteret ved Knapholm og Københavns Vandforsynings kildeplads 8 ved Sømose Å. I 1996 blev der afværgepumpet ca. 770.000 m<sup>3</sup>, mens der senest i 1999 blev afværgepumpet ca. 150.000 m<sup>3</sup>. Det oppumpede vand fra kildeplads 8 anvendes i en vis udstrækning efter rensning - for jern og organiske miljøfremmede stoffer - med aktivt kulfilter. Således aftog Institutionsvask og Vestforbrænding størstedelen af vandmængden i 1996 (ca. 680.000 m<sup>3</sup>/år), mens en del vand blev benyttet til spuling af kommunens kloakker. Den resterende vandmængde udledes efter rensning til Sømose Å.

I dag er der etableret i alt 6 afværgepumpninger af forurenede grundvand, hvilket fremgår af Tabel 3.2. REF

**Tabel 3.2**                    **Oversigt over afværgepumpninger i Herlev Kommune i år 2000 /7/.**

Afvæргеoppumpningssted	Vandmængde m <sup>3</sup> /år	Forurening før aktiv kulfilter
Romancevej 16	ca. 3.000	2 – 3 mg olie/l
Vasekær 4	ca. 3.000	<1 µg/l Trichlorethylen
Knapholm, Ellekær 3 (Kildeplads 8)	ca. 150.000	Trichlorethylen
Ellekær 8	ca. 3.000	Min. olie 10 – 12 mg/l Trichlorethylen: 25 – 30 µg/l
Symfonivej 35	ca. 50	Trichlorethylen og Tetrachlorethylen
Marielundsvej 49	ca. 500 - 1.000	Trichlorethylen

Vandet fra afværgepumpningerne ledes efter rensning enten til kloak eller å. Placeringerne af de enkelte forureninger fremgår af /5/. (/5/, side 12 som ”affaldsdepot med afvæрге”).

### 3.3 Prognose for vandforbrug i Herlev Kommune

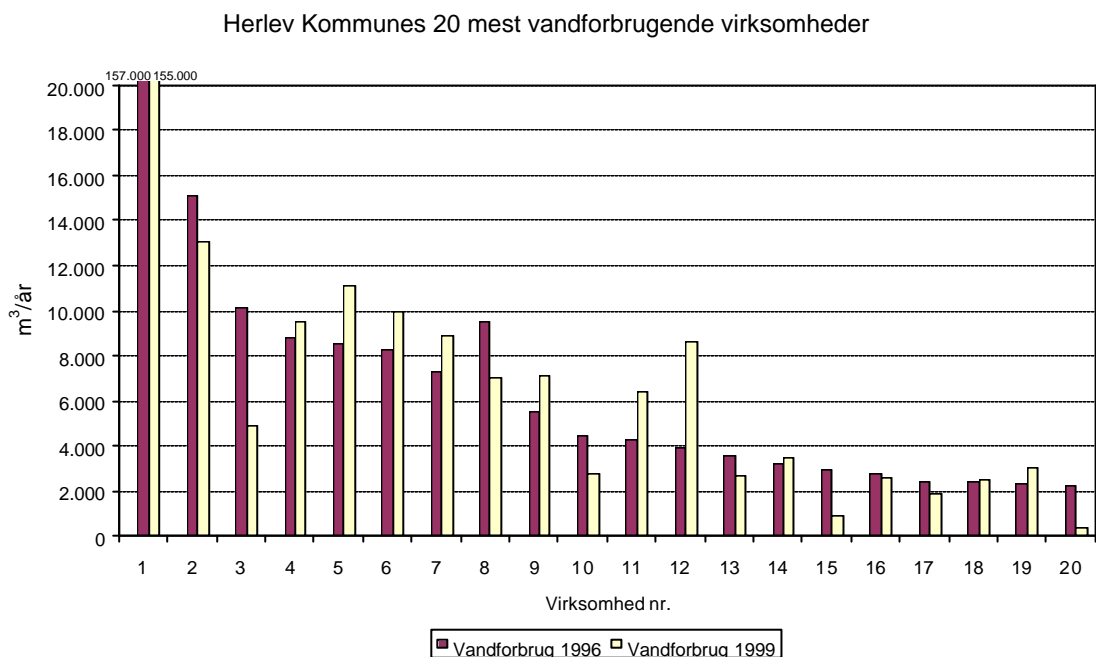
Både indbyggertallet og antallet af ansatte i institutioner, på Herlev Amtssygehus og i erhvervsvirksomheder forventes stort set uændret frem til 2009, da Herlev Kommune er en næsten fuldt udbygget kommune. I kommuneplanen forventes dog en ændring i erhvervs-sammensætningen fra produktionsvirksomheder til servicevirksomheder.

Af kommunens vandforsyningsplan frem til 2009 /1/ fremgår det, at det samlede vandforbrug forventes at falde svagt til ca. 1,9 mio. m<sup>3</sup> i 2009 – et fald der allerede ses at være opnået i 1999, ifølge Figur 3.1. Det er i husholdningerne, den store vandbesparelse forventes at ske, idet der forventes en reduktion på ca. 10% frem til 2009. Dermed forventes den faldende tendens i husholdnings- og institutionsvandforbruget at fortsætte som vist i Figur 3.1. At vandforbruget allerede i 1999 lå væsentligt under kommunens prognose for udviklingen i vandforbruget, hænger utvivlsomt sammen med prisudviklingen for vandforbruget i kommunen, idet vandprisen i perioden 1996 – 2000 er steget med ca. 10 kr. pr. m<sup>3</sup>, hvilket er en stigning på næsten 50%.

Vandforbruget til Herlev Amtssygehus, erhverv og umålt forbrug forventes nogenlunde konstant i planperioden.

# 4 Væsentlige vandforbrugere i Herlev Kommune

Antallet af erhvervsvirksomheder i Herlev Kommune udgør ifølge /7/ 840, hvoraf de fleste er mindre service- og håndværksvirksomheder. Den største enkeltforbruger af vand i Herlev Kommune er ubetinget Herlev Amtssygehus, som i 1999 forbrugte 8% af kommunens samlede vandforbrug, mens de øvrige erhvervsvirksomheder tilsammen forbrugte 10%. Bortset fra Herlev Amtssygehus findes der i Herlev Kommune ingen egentlige storforbrugere af vand, hvilket fremgår af Figur 4.1.



Figur 4.1

**Oversigt over de 20 mest vandforbrugende virksomheder i Herlev Kommune. Vandforbruget er opgjort for 1996 og 1999 som m<sup>3</sup>/år.**

Af Figur 4.1 fremgår det, at Herlev Amtssygehus (virksomhed nr. 1) i 1999 forbrugte ca. 50% mere vand end de øvrige 19 mest vandforbrugende virksomheder i Herlev Kommune tilsammen. Gennemsnitsvandforbruget for de 19 mest vandforbrugende virksomheder og institutioner - ekskl. Herlev Amtssygehus - var i 1999 5.600 m<sup>3</sup>/år.

På trods af det relativt lille vandforbrug blandt virksomheder i Herlev Kommune optræder der en del vandtunge virksomheder som f.eks. fremstillingsvirksomhed af rengøringsmidler, fremstillingsvirksomhed af farmaceutiske produkter og virksomheder med behov for køleprocesser. Ved vandtunge virksomheder forstås virksomheder, som har et stort vandforbrug i forhold til mængden af varer, der fremstilles. Fælles for disse virksomheder er, at de er relativt små og derfor ikke kommer til at fremstå som særligt vandforbrugende.

## 4.1 Spørgeskemaundersøgelse

I forbindelse med fremskaffelse af oplysninger fra de mest vandforbrugende virksomheder og institutioner i Herlev Kommune blev der udarbejdet et spørgeskema, som havde til formål at udtrække oplysninger om de vigtigste parametre i forbindelse med bestemmelse af muligheden for genanvendelse af gråt spildevand. Spørgeskemaet, som omfatter 32 spørgsmål på i alt 10 sider, er vist i bilag 1.

På grund af virksomhedernes relativt lave vandforbrug blev undersøgelsens omfang afgrænset til de 20 mest vandforbrugende virksomheder og institutioner i Herlev Kommune, da potentialet for et eventuelt vandbesparelsespotentiale i virksomheder og institutioner med et mindre vandforbrug forventedes at være for lavt.

Blandt de 20 største vandforbrugere i Herlev Kommune forekom der flere institutioner, som eksempelvis svømmebade, hvor vandgenanvendelsesmulighederne vurderedes at være gode.

#### **4.1.1 Fremgangsmåde og svarstatistik**

Et afgørende element for undersøgelsens gennemførlighed var at få sikret en positiv tilkendegivelse fra virksomhederne om deltagelse i undersøgelsen. Fra andre lignende spørgeskemaundersøgelser /11, 12/ var det kendt, at svarprocenten for returnering af spørgeskemaer normalt er lav (20 – 30%), såfremt der ikke gøres særlige tiltag for at motivere virksomhedernes medvirken.

Spørgeskemaundersøgelsen blev derfor indledt med en telefonisk henvendelse til virksomhederne for at give en introduktion til undersøgelsen samt at skærpe virksomhedens interesse for deltagelse. Desuden var det vigtigt at få etableret et netværk af kontaktpersoner, med hvem fremtidig korrespondance skulle foregå. Efter udsendelsen af spørgeskemaet blev der fulgt op med et tilbud om besøg på virksomheden for at gennemgå og eventuelt hjælpe med udfyldelsen af spørgeskemaet, hvilket hovedparten af virksomhederne tog imod.

Selvom ikke alle virksomheder og institutioner fik udfyldt spørgeskemaet, var deltagelsesprocenten i undersøgelsen høj, idet kun to virksomheder ikke ønskede at deltage. Deltagelsesprocenten var dermed 90%, hvilket blev betragtet som tilstrækkeligt for undersøgelsens gennemførlighed.

#### **4.1.2 Selektion af væsentlige vandforbrugende virksomheder og institutioner**

Af de 20 udvalgte virksomheder og institutioner var der flere, som hovedsageligt forbrugte vand til sanitære formål. Dette gjaldt især større kontorhusvirksomheder med mere end 300 ansatte samt kommunale skoler og kommunens rådhus. Da spildevandet fra disse virksomheder og institutioner vurderedes at være uegnet på grund af dets store indhold af sort spildevand (spildevand fra toiletter), blev de inden spørgeskemaundersøgelsen sorteret fra. Virksomheder og institutioner, fra hvilke det var tvivlsomt, om der genanvendes gråt spildevand, blev dog medtaget i undersøgelsen.

Der var blandt de mest vandforbrugende institutioner i kommunen flere skoler, som havde et højt vandforbrug. Selvom genanvendelsespotentialet af gråt spildevand fra eller på skoler på forhånd vurderedes lavt, blev det besluttet at medtage én skole i undersøgelsen for at få klarlagt produktionen af gråt spildevand fra denne.

Herlev Amtssygehus blev ligeledes medtaget i undersøgelsen, selvom det på forhånd var erkendt, at genanvendelsespotentialet af gråt spildevand fra et sygehus måtte være meget lavt. Det tekniske vandbehov vurderedes på grund af sygehusets størrelse imidlertid at være anseligt og dermed interessant i denne undersøgelses sammenhæng.

Selektionen af virksomhederne og institutionerne betød, at bruttolisten på 20 virksomheder og institutioner blev reduceret til 16. Efter at have modtaget spørgeskemaet besluttede yderligere to virksomheder sig for at melde fra, hvilket resulterede i, at 14 virksomheder og institutioner indgik i undersøgelsen. De 14 virksomheder er opstillet i Tabel 4.1 REF.

**Tabel 4.1**

**Oversigt over vandforbrug fra virksomheder og institutioner, der medvirker i projektet. (\* vandforbrug opgivet for 1997, \*\* vandforbrug anslået).**

Virksomhed/institution		Vandforbrug i	Vandforbrug i	Adresse
nr.	Navn	1996 m <sup>3</sup>	1999 m <sup>3</sup>	
1	Herlev Amtssygehus	157.000	155.000	Herlev Ringvej 75
2	Centralapoteket	15.092	13.118	Marielundsvej 25
3	Northor A/S	10.140	4.887	Hørkær 1
4	Bodycote varmebehandling A/S	8.780	9.511	Herlev Hovedgade 15
5	Diversey Lever	13.708	11.231	Smedeholm 3-5
6	Ruko	8.544	9.769	Marielundsvej 20
7	Hjortespringbadet	8.245*	8.893	Skinderskovvej 29
8	Herlevbadet	9.538	7.000**	Krogestykket 33
9	Papyro-tex A/S	5.993	6.210	Skinderskovvej 32 - 36
10	Herlev Skøjtehal	5.250	2.792	Tvedvangen 204
11	Georg Fischer DISA	5.446	6.417	Herlev Hovedgade 17
12	Hjortespringskolen	3.548	2.713	Borgerdiget 105
13	Herlev Kommune, Materie Igård	2.920	900	Smedeholm 1+ 4
14	A/S Shell Service	2.280	3.011	Mileparken 37





# 5 Identifikation af potentielle primær- og sekundæranlæg

På baggrund af indsamlede virksomhedsoplysninger fra spørgeskemaundersøgelsen blev der dannet et mere detaljeret billede af de adspurgte virksomheder med hensyn til en udpegnings af potentielle primæranlæg og sekundæranlæg.

## 5.1 Hovedresultater af spørgeskemaundersøgelsen

For at sikre en overskuelig fremstilling af oplysninger om virksomhedernes forhold er de mest relevante svar fra spørgeskemaundersøgelsen grupperet i seks skemaer under følgende temaer:

1. Generelle virksomhedsoplysninger
2. Relevant kemikalieforbrug
3. Vandforbrug, mængde og forbrugsmønster
4. Krav til vandkvalitet
5. Karakterisering af spildevand og spildevandsbehandling
6. Økonomi og interesse for vandgenbrug

Skemaerne, som er vist i bilag 2, indeholder kun de mest relevante oplysninger fra spørgeskemaundersøgelsen. Derudover er visse fortrolige virksomhedsoplysninger udeladt.

## 5.2 Selektion af relevante primær- og sekundæranlæg

På baggrund af besvarelserne er et vist antal virksomheder udpeget som potentielle primæranlæg og sekundæranlæg. Kriteriet for, hvilken kategori en virksomhed falder ind under, beror dels på en vurdering af vandkvalitetsbehovet og dels på kvaliteten af det gråt spildevand, der produceres fra den pågældende virksomhed. Det er således også muligt for en virksomhed at blive kategoriseret både som et potentielt primæranlæg og som et potentielt sekundæranlæg.

I selektionsfasen af potentielle primæranlæg har det vist sig relevant også at inddrage virksomheder, som måtte producere processpildevand af en sådan kvalitet, at det kan være anvendeligt for andre virksomheder. Ligeledes blev systematiske og storstilede regnvandsopsamlingsanlæg betragtet som relevante at inddrage, da denne vandtype ofte har gode egenskaber i forbindelse med anvendelse i industriel sammenhæng.

### 5.2.1 Identifikation af mulige primæranlæg

I Tabel 5.1 er opstillet en liste over de potentielt oplagte primæranlæg, der er identificeret ud fra de kriterier, som blev fremhævet i afsnit 5.2. I den forbindelse er der fremhævet de vigtigste oplysninger om disse mulige primæranlæg i forbindelse med genbrug af gråt spildevand: Den realistiske gråvandsressource, hvilken type gråvand der udledes, samt hvilken behandling det grå spildevand eventuelt undergår, inden det forlader virksomheden.

Som det fremgår af Tabel 5.1, bidrager Herlev Amtssygehus med den største potentielle vandressource, idet ca. 22.000 m<sup>3</sup> regnvand på årsbasis kan opsamles ud over det, der i dag allerede forbruges på sygehusets airconditionanlæg. Regnvand betragtes normalt ikke som gråt spildevand, men er medtaget på grund af den store vandressource, den udgør på Herlev Amtssygehus.

Virksomhed nr. 2 (Centralapoteket) er et andet oplagt primæranlæg, idet en del af virksomhedens procesvand er overskudsvand fra produktion af destilleret vand ud fra drikkevand. Da virksomheden fremstiller medicinske produkter, er det på forhånd usandsynligt, at der kan genanvendes gråt spildevand på Centralapoteket. Det er anslået, at virksomheden dagligt udleder ca. 4 m<sup>3</sup> overløbsvand fra destillationsanlægget og ca. 8 m<sup>3</sup>/d som koncentrat fra et omvendt osmoseanlæg, og det formodes at begge vandtyper er af høj teknisk kvalitet.

Virksomhed nr. 5 (Diversey Lever) fremstiller rengøringsmidler til industrielt brug, og størstedelen af deres vandforbrug havner i produkterne. Virksomheden har på forhånd udelukket, at der kan bruges andet end vand af drikkevandskvalitet i forbindelse med produktion af virksomhedens produkter og figurerer derfor som potentielt primæranlæg, idet virksomhedens spildevand fra procesproduktionen udgøres af rengøringsvand. Alt rengøringsvandet, som holdes adskilt fra sanitært spildevand på fabrikens område, opsamles i en udligningstank, der tømmes efter kl. 18 efter hver arbejdsdag. Inden tømningen, pH-neutraliseres vandet med syre eller base, afhængigt af vandets pH. pH-neutraliseringen er nødvendig, da rengøringsvandets pH kan svinge mellem 2 – 11. Det skønnes, at der tømmes ca. 2 m<sup>3</sup>/dag fra udligningstanken, men dette tal er ret usikkert. Det skønnes derfor, at der udledes ca. 500 - 1000 m<sup>3</sup>/år, som stammer fra rengøringsprocessen. Den resterende vandmængde, der udledes - ca. 1500 – 2000 m<sup>3</sup>/år - benyttes hovedsageligt til sanitære forhold. Det udledte rengøringsvand indeholder primært anioniske og nonioniske overfladeaktive stoffer (alkoholethoxylater) og COD.

Virksomhed nr. 7 (Hjortespringbadet) udleder store mængder skyllevand batchvist, dvs. i portioner på 20 – 25 m<sup>3</sup> ad gangen. Frekvensen for udledningerne afhænger af årstiden og vejrliget. Således kan der i varme perioder med mange badegæster foretages indtil flere ugentlige skyl, mens der normalt kun skylles hver 2. eller 3. uge resten af året. Det vurderes for realistisk, at skyllevandet kan genbruges, idet vandet vurderes at have en høj kvalitet, der ligger tæt på drikkevandskvalitet. Vandet fra skylleprocessen føres til en regnvandsbrønd og tilledes således ikke spildevandskloakken. Størstedelen af Hjortespringbadets vandforbrug anvendes til brusning, og det anslås, at ca. 5.500 m<sup>3</sup> blev anvendt til dette formål i 1999 (ca. 60% af vandforbruget). Det blev af Hjortespringbadet oplyst, at afløbssystemet under gulvet i bygningen er således konstrueret, at brusevandet og afløb fra toiletter er integreret, således at begge vandstrømme blandes sammen i gulvet i bygningen. En nærmere undersøgelse skal vise, om det er teknisk muligt at adskille disse vandstrømme, således at brusevandet kan separeres fra toiletafløbsvandet.

Virksomhed nr. 8 (Herlevbadet) udleder ligeledes store mængder skyllevand fra et tryksandfilter batchvist, dvs. i portioner på ca. 40 m<sup>3</sup> ad gangen (ca. 2.100 m<sup>3</sup>/år). Skyl af tryksandfilteret foregår gennemsnitligt en gang om ugen. Det vurderes for realistisk, at skyllevandet kan genbruges, idet vandet vurderes at have en høj kvalitet, der ligger tæt på drikkevandskvalitet. Da vandet fra skylleprocessen føres til offentlig kloak, må der påregnes en tillægsudgift i forbindelse med en omlægning af kloakken for opsamling af skyllevandet. Størstedelen af Herlevbadets vandforbrug anvendes til brusning, og det anslås, at ca. 3.200 m<sup>3</sup> blev anvendt til dette formål i 1999 (ca. 50% af vandforbruget). Problemstillingen omkring opblanding af brusningsvand og toiletafløbsvand er her den samme som for Hjortespringbadet, dvs. vandet opblandes i afløbssystemet i gulvet.

**Tabel 5.1 Oversigt over potentielle primæranlæg og deres gråvandsressourcer (\* herunder regnvandsressourcer og let belastet industrispildevand).**

Potentielt primæranlæg		Mulig gråvandsressource*		Gråvandstype*	Procesvandsbehandling
nr.	type	[m <sup>3</sup> /år]	[m <sup>3</sup> /dag]		
1	Sygehus	ca. 22.000	60	Regnvand	Sandfilter + aktiv kulfilter
2	Medicinsk fremstillingsvirksomhed	ca. 4.400	ca. 12	- Destillationsvand - Koncentrat fra RO-anlæg	- Destillationsproces - Omvendt osmose
5	Sæbefabrik	ca. 500 – 1000	ca. 2,3	- Rengøringsvand fra procestankskyl	Syre/base neutralisering
7	Friluftsbad med overdækning	ca. 1.200 (filterskyl) ca. 5.500 (brusebad)	<u>Filterskyl:</u> 20 – 25 m <sup>3</sup> pr. skyl hver 1 – 3 uge <u>Brusning:</u> ca. 22	- Filterskylle-vand for tømning og rensning af diatomfilter. - Brusevand	Vacuumdiatomit filter, kulfilter
8	Svømmehal	ca. 2.100 (filterskyl) ca. 3.200 (brusebad)	<u>Filterskyl:</u> 40 m <sup>3</sup> pr. skyl hver uge <u>Brusning:</u> ca. 15	- Filterskylle-vand for tømning og rensning af tryksandfilter. - Brusevand	Tryksandfilter + aktiv kulfilter
10	Skøjtehal	ca. 1.200	ca. 7 i sæson (1/9 – 1/4)	Afrenset is fra isfabrikation	Omvendt osmose
12	Folkeskole	ca. 1.000	ca. 5	Brusevand	Ingen

Virksomhed nr. 10 (Herlev Skøjtehal) forbruger vand til isfabrikation, brusning i forbindelse med klubtræning og sanitære formål. I forbindelse med isfabrikationen produceres overskuds-is, som efterfølgende tilledes en smeltevandsgrav. Skøjtehallens vandforbrug er i 1999 faldet med ca. 40% efter, at man er begyndt at optø afskrabet is med varmeslanger i stedet for med varmt vand. I dag ligger vandforbruget til isfabrikation på ca. 1.200 m<sup>3</sup>/år, mens der til rengøring og sanitære forhold anvendes ca. 1.600 m<sup>3</sup>/år. Vandforbrug til brusning antages kun at udgøre en mindre del af vandforbruget i skøjtehallen, hvorfor det ikke kan betale sig, at der opsamles brusevand til genbrugsformål. Smeltevandet i forbindelse med isfabrikation vil kunne opsamles, men potentialet for genanvendelse af dette vand er dog ikke vurderet som særligt stort.

Virksomhed nr. 12 (Hjortespringskolen) forbruger vand til toiletter/urinaler og til brusebadning i forbindelse med anvendelsen af skolens gymnastiksal. Skolen har - takket være vandbesparende foranstaltninger - sparet en del på brusevandforbruget, således at skolens samlede vandforbrug er faldet med ca. 25% siden 1996. Det er estimeret, at der til brusning i dag forbruges ca. 1.000 – 1.500 m<sup>3</sup>/år, mens der anvendes ca. 1.200 – 1.700 m<sup>3</sup>/år til sanitære formål. Skolen har i dag 829 elever og ca. 100 ansatte. Da gulv afløb i brusekabiner er koblet til toiletter og urinaler, må der påregnes en tillægsudgift i forbindelse med en omlægning af kloakken.

### 5.2.2 Identifikation af mulige sekundæranlæg

I Tabel 5.2 er fremhævet de vigtigste oplysninger i forbindelse med genbrug af gråt spildevand fra potentielle sekundæranlæg: Det nødvendige gråvandsbehov, hvilken type gråvand der udledes, samt hvilken behandling det grå spildevand eventuelt undergår, inden det forlader virksomheden.

Virksomhed nr. 3 (Northor A/S) bruger vand i forbindelse med fremstilling af radiatorer. Vandforbruget kan opdeles i tre grupper: Affedtning og fosfatering af radiatorer (ca. 40%), køling (ca. 30%) og brugsvand (ca. 30%). Firmaet har svært ved at angive, hvilken vandkvalitet der er påkrævet i forbindelse med især fosfateringsprocessen, men man mener som udgangspunkt ikke, at vandet nødvendigvis skal opfylde Drikkevandsbekendtgørelsens

krav. Det samlede vandforbrug på virksomheden har de seneste år været dalende på grund af produktionsindskrænkninger.

Virksomhed nr. 4 (Bodycote varmebehandling A/S) bruger overvejende vand til køling i forbindelse med varmebehandlingsprocesser af stål og andre metaller. Over 90% af virksomhedens vandforbrug benyttes til køling samt alkalisk vask af emner (fordelingen mellem køling og alkalisk vask kendes ikke, men langt størstedelen anslås at stamme fra kølingen), og resten af vandforbruget anvendes til sanitære formål til virksomhedens ca. 40 ansatte. Bodycoat behandler drikkevandet i et omvendt osmoseanlæg, primært for fjernelse af kalk, inden vandet går ind i kølesystemet. Kølesystemet består dels af et lukket system og dels af et åbent system. Det osmosebehandlede vand tilledes kun det åbne kølesystem, hvor langt det største vandforbrug haves. Det eneste krav til kølevandet er, at der ikke dannes belægninger (primært kalk), at vandet ikke skummer, og at der ikke opstår for kraftig biologisk vækst i produktionssystemet. Det er uvist, om der også stilles krav om bakteriefrit vand, da virksomheden har tilladelse til at bruge bakteriedræbende kemikalier i køleprocessen (biocider).

**Tabel 5.2 Oversigt over potentielle sekundæranlæg og deres gråvandsbehov.**

Virksomhed		Muligt gråvandsbehov		Vandkvalitetskriterie	Eksisterende procesvandsbehandling
nr.	Type	[m <sup>3</sup> /år]	[m <sup>3</sup> /dag]		
3	Jernindustriel fremstillingsvirksomhed	ca. 4.400	ca. 20	Manglende viden. Afhænger af fosfateringsproces	Sandfilter inden udledning til kølebassin
4	Stål varmebehandling	ca. 7.000	ca. 30	Korrosionsfrit, bakteriefrit, ikke skummende, lavt saltindhold	Omvendt osmoseanlæg for fjernelse af kalk
6	Låsefabrik	ca. 5.000 – 7.300	ca. 13 – 20	Vand med lav hårdhedsgrad, ingen farve, kemikalier eller partikler, der kan påvirke forchromningsprocessen	Blødtvandsanlæg
9	Kalandreringsvirksomhed	ca. 3.500 – 4.500	ca. 17	Ingen lugtgener og partikler	Ingen
13	Kommunal materialegård	ca. 600	ca. 3	Vandet skal kunne rengøre, må ikke beskadige lak, hygiejnisk	Ingen
14	Servicestation med bilvask	ca. 2.500	ca. 7	Egnet til vask af biler. Foreneligt med de kemikalier, der tilsættes ved vask	Omvendt osmose, sandfang, olieudskiller

Virksomhed nr. 6 (RUKO A/S) forbruger ca. 10.000 m<sup>3</sup> vand/år, som kan opdeles i tre grupper: Varmtvandsproduktion (ca. 1.100 m<sup>3</sup>/år, 11%), koldt vand til sanitære forhold (1.300 m<sup>3</sup>/år, 14%) samt vandforbrug i fornikleriet og i køle- og skæremiddel anlægget (ca. 7.300 m<sup>3</sup>/år, 75%). RUKO mener, at vandkvaliteten i fornikleriet og køleskæremiddel anlægget skal være af drikkevandskvalitet eller bedre. Nærmere specificeret skal vandet være blødt og fri for partikler, farve eller andre kemikalier, der kan påvirke forchromningsprocessen. Derfor har virksomheden et blødtvandsanlæg, som fjerner hårdheden i drikkevandet. En ukendt del af vandet i fornikleriet fordampes, da karrene med det ca. 60 grader varme vand er åbne. Virksomheden er tilbageholdende med at åbne op for mulig brug af gråt spildevand i forbindelse med forniklingsprocessen, da man er nervøs for at påvirke produktionen af låsecylindre og nøgler, men det vurderes for muligt, at der vil kunne etableres en symbiose med Centralapoteket, som producerer procesvand af høj teknisk kvalitet.

Virksomhed nr. 7 (Papyro-tex A/S) forbruger ca. 3.500 – 5.500 m<sup>3</sup> procesvand/år i forbindelse med produktionen af PVC-folie. Virksomhedens krav til denne vandtype er, at der ingen lugtgener er/opstår, da vandet anvendes til rensningsproces for vaskning af procesluft. Derudover skal vandet være partikelfrit på grund af anvendelse af dyser. Virksomheden mener ikke umiddelbart, at der kan etableres et alternativt gråvandssystem på virksom-

heden på grund af, at rørsystemet ikke umiddelbart kan ændres, men dette undersøges nærmere.

Virksomhed nr. 13 (kommunal materialegård) anvender ca. 70% af det totale vandforbrug til vask af køretøjer. Virksomhedens vandforbrug er de seneste år faldet væsentligt; således budgetteres der kun med et vandforbrug på ca. 700 m<sup>3</sup>/år for år 2000, hvilket er et fald på 75% i forhold til 1996. Virksomhedens krav til vandkvaliteten i forbindelse med vask af køretøjer er, at vandet skal kunne rengøre, at det ikke beskadiger lakken på køretøjerne, samt at det opfylder eventuelle krav fra Arbejdstilsynet. Det må desuden formodes, at vandet skal være partikelfrit, da det også skal anvendes i forbindelse med højtryksspuling.

Virksomhed nr. 14 (Shell servicestation) forbruger primært vand i forbindelse med bilvask. Det vurderes, at ca. 80% af servicestationens vandforbrug (ca. 2.500 m<sup>3</sup>/år) anvendes i forbindelse med vask af biler. På virksomheden genanvendes i dag vand i forbindelse med undervognsvask af biler, mens den øvrige del af bilvasken foregår med drikkevand. Virksomheden stiller som udgangspunkt kun krav om, at vaskevandet skal være egnet til vask af biler. Desuden påpeges, at vandets kvalitet skal være foreneligt med de kemikalier, der tilsættes i forbindelse med bilvask.

### 5.3 Valg af analyseparametre

I forbindelse med opstillingen af en vandkvalitetsmatrice, der kan være med til at afdække potentialer for genbrug af gråt spildevand mellem virksomheder, er der behov for at identificere relevante fysisk-kemiske og mikrobiologiske parametre til beskrivelse af vandkvaliteten fra potentielle primæranlæg.

For at vurdere det grå spildevands fysisk-kemiske egenskaber og dets indhold af mikroorganismer er der på baggrund af igangværende projekter under Miljøstyrelsens Aktionsplans 4. tema "Håndtering af regnvand og gråt spildevand" udvalgt en række analyseparametre, som er vurderet grundlæggende essentielle i bedømmelsen af vandkvaliteten fra potentielle primæranlæg. På denne baggrund blev der opstillet et indledende screeningsprogram, som havde til formål at give et indledende overblik over det grå spildevands umiddelbare egnethed til genbrugsformål. Analyseparametrene bestod dels af mikrobiologiske måleparametre samt en række fysisk-kemiske analyseparametre.

De mikrobiologiske måleparametre i screeningsparameterlisten udgøres af såkaldte indikatorbakterier og kimtal, som er forholdsvis nemme at bestemme. Tilstedeværelsen af disse bakterier siger ikke nødvendigvis noget om, hvorvidt der kan være sygdomsfremkaldende mikroorganismer til stede i vandprøverne, men de indikerer, at der kan være et hygiejnisk problem med spildevandet.

De øvrige fysisk-kemiske analyseparametre i screeningsparameterlisten er medvirkende til at beskrive vandets egenskaber med hensyn til saltindhold, vækstpotentiale, aggressivitet, udfældninger og i mere begrænset omfang redoxforholdene i vandet, som blandt andet kan have betydning for dannelse af svovlbrinte.

Tabel 5.3

Oversigt over det indledende screeningsprogram af analyseparametre og krav anført i Drikkevandsbekendtgørelsen /50/.

Mikrobiologiske måleparametre	Enhed	Analysemetode	Drikkevands - bekendtgørelsen /50/
Coliforme bakterier	antal/100 ml	DS 2255: 1983	i. m.
Termotolerante coliforme bakterier	antal/100 ml	DS 2255: 1983	i.m.
Kimtal, 21°C	antal/ml	DS 2252: 1983	200
Kimtal, 37°C	antal/ml	DS 2254: 1983	20
Enterokokker (fækale streptokokker)	antal/100 ml	Mod. ISO 7899/MS 97	i. m.
<b>Måleparameter, fysisk-kemiske analyser</b>			
Temperatur	°C	-	12
Ilt	mg O <sub>2</sub> /l	WTW O <sub>2</sub> - elektrode	5 (ved luftning på vandværk)
PH	-	DS 287	7 – 8 Vejl., max. 8,5
Farvetal	mg Pt/l	DS 289, 2. udg.	15
Turbiditet	FTU	DS 290	0,5
Ledningsevne	mS/m	DS 288	> 30 (Vejl.)
Hårdhed, total	°dH	IC, metode AK. 16	5° - 30° (anbefalet)
Suspenderet stof (SS)	mg SS/l	DS/EN 872	i. m. (Vejl.)
Glødetab (VSS)	mg VSS/l	DS 207	-
Tørstofindhold	%	DS 204	0,15
Glødetab, tørstofindhold	%	DS 204	-
COD	mg COD/l	DS 217, 2. udg.	- (kun krav til per manganattal)
COD, filtreret	mg COD/l	DS 217, 2. udg.	- (kun krav til per manganattal)
<b>Måleparameter, uorganiske forbindelser</b>			
Hydrogencarbonat	mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	IC, metode AK. 16	> 100 (Vejl.)
Chlorid	mg Cl <sup>-</sup> /l	IC, metode AK. 3	300
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /l	IC, metode AK. 3	250

STYLEREISEQARABERTAL

## 5.4 Prøvetagningsresultater

Prøvetagning af gråt spildevand blev foretaget ved alle potentielle primæranlæg, som oplyst i Tabel 5.1. Der blev kun foretaget prøvetagning ved ét svømmebad (Hjortespringbadet), da det var antaget, at det grå spildevand fra Herlevbadet måtte være sammenligneligt. Grundet vanskelige prøvetagningsomstændigheder blev det besluttet at afvente en prøvetagning ved virksomhed nr. 12 (Hjortespringskolen), da der ikke syntes at være oplagte sekundæranlæg i området omkring denne virksomhed. På grund af sæsonlukning var det ikke muligt at udtage prøver ved virksomhed nr. 10 (Herlev Skøjtehal).

### 5.4.1 Prøvetagning

Prøvetagningen blev gennemført i juli – august 2000 efter nedenstående prøvetagningsprogram (Tabel 5.5). Alle prøvetagninger blev foretaget som stikprøvetagninger så tæt på spildevandskilden som muligt.

Tabel 5.5 Oversigt over prøvetagningsprogram for potentielle primæranlæg i Herlev Kommune.

Virksomhed		Prøvetagningsdato			
nr.	navn	12/7-2000	17/7-2000	21/8-2000	22/8-2000
1	Herlev Amtssygehus	x	x		
2	Centralapoteket	x	x		
5	Diversey Lever			x	x

Vandprøverne blev udtaget, transporteret og opbevaret i overensstemmelse med DS-standarder for vandundersøgelser (DS/EN 25667-1 og DS/EN ISO 5667-3). Prøver til mikrobiologiske analyser blev udtaget, transporteret og opbevaret i overensstemmelse med DS 2250. Alle vandprøverne blev efter udtagelsen straks kørt til analyselaboratorium, hvorefter de mikrobiologiske analyser blev startet.

#### 5.4.2 Analyseresultater

Alle analyseresultater blev foretaget hos MILANA – Miljølaboratoriet i Helsingør. Vandprøverne, der blev udtaget ved de pågældende virksomheder, blev analyseret for parametrene, som er oplyst i screeningsparameterlisten (**Tabel 5.3**).

##### *Virksomhed nr. 1: Herlev Amtssygehus*

Der blev ved Herlev Amtssygehus foretaget 2 stikprøvetagninger fra regnvandstanken med 5 dages mellemrum. Udtagelse af vandprøver fra regnvandstanken måtte foretages ved hjælp af en opsamlingsspand med reb, da det ikke var muligt at komme ned til vandoverfladen af regnvandstanken. Opsamlingsspand og reb var ikke på forhånd blevet desinficeret, men det vurderedes, at spanden var gjort tilstrækkeligt ren til at opsamle prøver i.

Som det fremgår af **Tabel 5.6**, er der stor forskel på de to mikrobiologiske analyser foretaget d. 12/7 og d. 17/7 fra regnvandstanken. Både kimtal og coliforme bakterier ligger 2 – 3 logenheder (faktor 100 – 1000) højere i prøver udtaget d. 12/7 i forhold til d. 17/7. Den højere bakteriekoncentration målt d. 12/7 understreges af, at alle indikatorbakteriemålinger er forhøjet d. 12/7, hvilket tyder på et højt varierende bakterieindhold i det opsamlede regnvand. En forklaring på den store niveauforskelle kan skyldes, at der i dagene inden prøvetagningen d. 12/7 faldt en del nedbør i området, hvilket kan have tilført regnvandstanken en vis mængde mikroorganismer og næringsstoffer, som har bidraget til en opblomstring af bakteriekoncentrationen. I dagene mellem d. 12/7 og d. 17/7 kan der have foregået en hændelse af mikroorganismer i regnvandstanken, som har ført til den signifikant lavere bakteriekoncentration, hvilket ifølge /49/ er teoretisk muligt. Hvorvidt forholdene i regnvandstanken er af en sådan karakter, at et så overvældende bakterieindhold er sket, har ikke været muligt at kunne fastslå, men det må på baggrund af de foreliggende undersøgelser konkluderes, at der forekommer at være et højt varierende indhold af mikroorganismer i regnvandstanken, som formentligt styres af forhold som årstidsvariationer, nedbørshyppighed og nedbørsintensitet.

De øvrige analyser viser, at regnvandet - opsamlet fra tage og parkeringsarealer - har et lavt indhold af ioner og organisk stof, hvilket giver sig udslag i en lav hårdhedsgrad samt en lav ledningsevne. I vinterperioder, hvor der saltes på befæstede arealer, vil regnvandet utvivlsomt indeholde mere chlorid og udvise en større ledningsevne. Vandet indeholdt relativt få partikler og virkede i øvrigt klart, hvilket indholdet af suspenderet stof også viser.



Tabel 5.6

Oversigt over analyseresultater foretaget i regnvandstanken på Herlev Amtssygehus.

Analyseparameter	Enhed	Virksomhed nr. 1: Herlev Amtssygehus	
		Regnvandstank 12/7-2000	Regnvandstank 17/7-2000
Coliforme bakterier	antal/100 ml	4.300	33
Termotol. coliforme bakterier	antal/100 ml	2.800	7
Kimtal, 21°C	antal/ml	1.800.000	13.000
Kimtal, 37°C	antal/ml	7.200	240
Enterokokker	antal/100 ml	1.400	1
Temperatur	°C	15	14,7
Ilt	mg O <sub>2</sub> /l	6,5	2,0
pH	-	-	-
Farvetalet	mg Pt/l	11	3
Turbiditet	FTU	0,35	3,7
Ledningsevne	mS/m	18,8	19,8
Hårdhed, total	°dH	2,4	2,5
Suspenderet stof (SS)	mg SS/l	< 2,0	4,3
Glødetab (VSS)	mg VSS/l	< 2,0	2,8
Tørstofindhold	%	0,20	0,01
Glødetab, tørstofindhold	%	7,1	44,9
COD	mg COD/l	14	35
COD, filtreret	mg COD/l	13	12
Hydrogencarbonat	mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	43	163
Chlorid	mg Cl <sup>-</sup> /l	39	31
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /l	8	8

Virksomhed nr. 2: Centralapoteket

Der blev ved virksomhed nr. 2 (Centralapoteket) foretaget to stikprøvetagninger med 5 dages mellemrum. Prøvetagningen blev foretaget direkte fra spildevandskilden, dvs. i overløbskarret fra destillationsanlægget og i afløbet fra osmoseanlægget.

Som det fremgår af Tabel 5.7, er begge vandtyper stort set bakteriefrie. Osmoseanlægget opkoncentrerer ifølge /51/ koncentratvandstrømmen 2 – 3 gange, hvilket teoretisk set betyder en tilsvarende forhøjelse af bakteriekoncentrationen i koncentratet i forhold til bakteriekoncentrationen i det tilførte drikkevand. Destillationsprocessen sikrer i sig selv fuldstændigt kimfrit vand på grund af den høje vandtemperatur.

Med hensyn til de fysisk-kemiske parametre blev der ved osmoseanlægget målt forventelige værdier, dvs. et højt indhold af salte, der i koncentration ligger ca. 3 gange over almindeligt vandværksvand. Der var desuden koblet en afhælder (ionbytter) på RO-anlægget for fjernelse af calcium og dermed hårdhed fra vandet. Hårdheden i koncentratvandstrømmen fra RO-anlægget var derfor lav (under detektionsgrænsen), og således vurderes muligheden for udfældninger (kalk og gips) som værende meget lav. Der er derimod en større risiko for, at vandet vil udvise aggressivitet, hvilket der skal tages højde for ved etablering af en installation, da jernrør kan korrodere.

Sammensætningen af vandprøverne udtaget d. 12/7 og d. 17/7 fra destillationsanlægget er omtrent identisk, bortset fra indholdet af turbiditet og suspenderet stof, som er lettere forhøjet i vandprøven, udtaget d. 17/7. Begge vandprøver er karakteriseret ved at have et lavt indhold af opløste stoffer, og den lave hårdhed sammenholdt med et moderat lavt indhold af hydrogencarbonat og et formodet forhøjet pH (vandets pH stiger ved kogning i længere tid) resulterer i, at vandets aggressivitet og kalkfældende egenskaber må være uden betydning. Det manglende indhold af uorganisk kulstof gør imidlertid vandet dårligt i stand til at modstå pH-ændringer, da vandets pufferstyrke er ringe.

Såfremt de to vandprøver sammenblandes, vil den resulterende vandprøve formentlig være kalkaggressiv. For bestemmelse af dette kræves en måling af pH, calcium og alkalinitet i den sammensatte vandprøve. Er vandet aggressivt, kan dette afhjælpes ved tilsætning af calcium og/eller justering af pH (tilsætning af base).

Vækstpotentialet og indholdet af mikroorganismer i vandet er lavt i begge vandtyper, hvilket gør vandet særdeles velegnet til genbrugsformål.

**Tabel 5.7 Oversigt over analyseresultater udtaget fra omvendt osmoseanlæg (koncentrat) og i overløbet fra destillationsanlæg på Centralapoteket**

Analyseparameter	Enhed	Virksomhed nr. 2: Centralapoteket			
		Koncentrat osmoseanlæg		Overløb Destillationsanlæg	
		12/7-2000	17/7-2000	12/7-2000	17/7-2000
Coliforme bakterier	antal/100 ml	< 1	< 1	< 1	< 1
Termotol. Coliforme bakterier	antal/100 ml	< 1	< 1	< 1	< 1
Kimtal, 21°C	antal/ml	330	140	1	1
Kimtal, 37°C	antal/ml	130	54	1	1
Enterokokker	antal/100 ml	< 1	< 1	< 1	< 1
Temperatur	°C	17,5	16	ca. 95	ca. 95
PH	-	-	-	-	-
Farvetalet	mg Pt/l	19	11	4	5
Turbiditet	FTU	2,5	< 0,05	1,1	13,6
Ledningsevne	mS/m	303	365	25,8	20,5
Hårdhed, total	°dH	< 1,0	< 1,0	3,5	2,4
Suspenderet stof (SS)	mg SS/l	4,0	< 2,0	4,0	28
Glødetab (VSS)	mg VSS/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Tørstofindhold	%	< 0,1	0,24	< 0,1	0,01
Glødetab, tørstofindhold	%	6,6	11,0	27,2	23,5
COD	mg COD/l	37	38	< 10	< 10
COD, filtreret	mg COD/l	36	38	< 10	< 10
Hydrogencarbonat	mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	1.270	1.470	64	66,1
Chlorid	mg Cl <sup>-</sup> /l	278	355	31	23
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /l	217	282	31	21

#### Virksomhed nr. 5: Diversey Lever

Ved virksomhed nr. 5 (Diversey Lever) blev der foretaget i alt 4 stikprøvetagninger fra udligningstanken på to på hinanden følgende dage (d. 21/8 og d. 22/8). Prøvetagningerne blev foretaget før og efter pH-neutraliseringen.

Analyseresultaterne i Tabel 5.8 viser, REFPLETFORMATat processpildevandet fra Diversey Lever er fuldstændigt kimfrit, sandsynligvis på grund af den stærkt forhøjede pH-værdi og på grund af spildevandets formodede høje indhold af detergenter (alkoholethoxylater). Spildevandets sammensætning er karakteriseret ved et højt indhold af opløste stoffer, som resulterer i en stærkt forhøjet ledningsevne. COD-indholdet, som ligeledes er karakteriseret ved at være på opløst form, må betegnes som højt, hvilket efterfølgende kan være medvirkende til kraftig mikrobiologisk vækst. Dette afhænger dog i høj grad af detergentindholdet og næringsstofindholdet i vandet samt af, hvor letnedbrydeligt det organiske stof er. pH-neutraliseringsen, som i dette tilfælde foretages ved tilsætning af svovlsyre, resulterer i en stærkt forhøjet koncentration af sulfat, der er særligt udtalt ved prøvetagningen d. 22/8. Vandet vil på grund af den relative høje hårdhedsgrad antageligt være kalkfældende efter pH-neutraliseringen, men dette styres i høj grad af, hvor meget pH sænkes. Situationen er for spildevandets vedkommende den, at vandets egenskaber med hensyn til aggressivitet/kalkfældelighed efter behov kan styres ved pH-justeringen.

Tabel 5.8

Oversigt over analyseresultater udtaget fra udligningstank på Diversey Lever. Prøver er taget før og efter pH-neutralisering. (\* Ang. farvetal: Prøven er meget uklar, også efter filtrering, derfor er en spektrofotometrisk måling af farvetal ikke mulig. Visuelt bedømt er prøven farveløs).

Analyseparameter	Enhed	Virksomhed nr. 5: Diversey Lever			
		Før pH-neutralisering		Efter pH-neutralisering	
		21/8-2000	22/8-2000	21/8-2000	22/8-2000
Coliforme bakterier	antal/100 ml	< 1	< 1	< 1	< 1
Termotol. Coliforme bakterier	antal/100 ml	< 1	< 1	< 1	< 1
Kimtal, 21°C	antal/ml	< 1	< 1	< 1	< 1
Kimtal, 37°C	antal/ml	< 1	< 1	< 1	< 1
Enterokokker	antal/100 ml	< 1	< 1	< 1	< 1
Temperatur	°C	20	20	20	20
pH	-	12,2	12,2	6,2	6,6
Farvetal	mg Pt/l	*	*	*	*
Turbiditet	FTU	153	114	100	87
Ledningsevne	mS/m	1.140	1.150	1.140	1.500
Hårdhed, total	°dH	23,6	20,2	32,7	20,5
Suspenderet stof (SS)	mg SS/l	300	350	55	3,3
Glødetab (VSS)	mg VSS/l	130	140	45	2,3
Tørstofindhold	%	0,83	0,85	0,89	1,36
Glødetab, tørstofindhold	%	24,3	17,6	16,6	8,42
COD	mg COD/l	3.600	2.700	3.300	2.300
COD, filtreret	mg COD/l	2.900	2.500	3.100	2.300
Hydrogencarbonat	mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	3.100	2.980	528	526
Chlorid	mg Cl <sup>-</sup> /l	1.730	1.500	1.870	1.830
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	317	640	2.080	5.320

#### Virksomhed nr. 6: Hjortespringbadet

Der blev ved virksomhed nr. 6 (Hjortespringbadet) foretaget en prøvetagningsrunde, som bestod af i alt 3 stikprøver. Prøvetagningen blev foretaget i forbindelse med et filterskyl i en regnvandsbrønd ca. 50 meter fra filtertanken, hvorfra det grå spildevand blev udledt. Da afløb i brusekabiner og toiletafløb var fuldstændig sammenkoblet, var det ikke umiddelbart muligt at udtage prøver specifikt af brusevandet. Prøvetagningen blev derfor kun foretaget i vandet, der stammede fra filterskyllet.

Prøvetagningen foregik på den måde, at der blev udtaget 2 stikprøver, mens filtertanken, som indeholdt ca. 20 m<sup>3</sup> vand, blev tømt for vand over en periode på ca. 10 minutter. Efter tømningen blev diatomitfiltrene spulet rene for filtrat, og denne vandmængde (ca. 1 m<sup>3</sup>) blev opsamlet og efterfølgende pumpet ud i regnvandsbrønden. Den sidste stikprøve blev udtaget fra denne vandstrøm.

Som det fremgår af Tabel 5.9, er bakterieindholdet i vandet fra filtertanken lavt, hvilket hænger sammen med den kloring, der foretages af badevandet. REFFLETFORMATVandet må formodes at blive lettere kontamineret efter udledning til regnvandsbrønden. Selvom bakterieindholdet i den afsluttende skyllevandsstrøm er forhøjet i forhold til filtertankens vand, må det stadig betragtes som værende lavt (kimtal (21°C): 3·10<sup>5</sup>).

Vandets øvrige fysisk-kemiske egenskaber må betegnes som værende hårdt, muligvis kalk-aggressivt (afhængigt af pH) og med en høj ledningsevne/et højt tørstofindhold, der bestemt må tilskrives et højt chlorid-indhold. COD-indholdet, som udelukkende er på opløst form, er forhøjet i forhold til rent drikkevand, men det er uvist, hvor letomsætteligt det er for mikrobiologisk vækst. Det må i den sammenhæng formodes, at vandet fra udligningstanken stadig indeholder en vis mængde bundet chlor, som dermed i en periode efter tømningen vil være hæmmende for mikrobiologisk vækst.

Tabel 5.9

Oversigt over analyseresultater udtaget i forbindelse med tømning af udligningstank på Hjortespringbadet. Prøver er taget i starten af tømningeperioden, i slutningen af tømningeperioden og i forbindelse med afrensning af filterpladerne.

Analyseparameter	Enhed	Virksomhed nr. 6: Hjortespringbadet		
		Start på tømning	Slut på tømning	Skyl af filterplader
		12/7-2000	12/7-2000	12/7-2000
Coliforme bakterier	antal/100 ml	1	< 1	49
Termotol. coliforme bakterier	antal/100 ml	< 1	< 1	< 1
Kimtal, 21°C	antal/ml	4.200	140	29.000
Kimtal, 37°C	antal/ml	680	130	12.000
Enterokokker	antal/100 ml	< 1	< 1	< 1
Temperatur	°C	23,9	24,4	23
pH	-	-	-	-
ilt	mg O <sub>2</sub> /l	8,3	8,0	8,0
Farvetalet	mg Pt/l	2	3	3
Turbiditet	FTU	105	144	196
Ledningsevne	mS/m	735	803	713
Hårdhed, total	°dH	24,5	25,6	25
Suspenderet stof (SS)	mg SS/l	600	830	920
Glødetab (VSS)	mg VSS/l	60	29	34
Tørstofindhold	%	0,51	0,58	0,53
Glødetab, tørstofindhold	%	12,1	12,4	12,6
COD	mg COD/l	90	95	95
COD, filtreret	mg COD/l	100	60	110
Hydrogencarbonat	mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	67	41	68
Chlorid	mg Cl <sup>-</sup> /l	2.090	2.330	2.070
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /l	59	56	59

## 5.5 Opstilling af vandmatricer

For at vurdere den potentielle udnyttelse af det grå spildevand fra primæranlæg i sekundæranlæg opstilles en vandkvalitetsmatrice, som i dette tilfælde vil blive brugt til kortlægning og gruppering af vandressourcer, og der vil på systematisk form blive identificeret tilgængelige vandmængder, geografiske afstande og vand af en given kvalitet, der kan afsættes til sekundæranlæg.

En forudsætning for, at en given sammenkobling mellem et primær- og sekundæranlæg er realistisk, er, at en række tekniske og økonomiske forhold i første omgang skal være opfyldt med hensyn til etablerings- og driftsomkostninger, forsyningssituationen og kravene til vandkvaliteten:

1. Afstanden mellem primær- og sekundæranlæg skal være rimelig, således at anlægs- og driftsudgifterne for transport af vandet ikke overstiger en vis værdi, som primært afhænger af vandpriser i kommunen, investeringsbehov og acceptabel afskrivningshorisont.
2. Vandressourcen skal nemt kunne gøres tilgængelig både hos vandproducent og vandaftager. Dermed menes, at omkostningerne til anlægsarbejdet på selve virksomhederne (etablering af rørsystemer, pumpestationer, udligningstanke mv.) skal kunne holdes nede på et acceptabelt niveau i forhold til den aktuelle vandmængde, der kan udveksles. Dette opnås bedst, såfremt der ikke skal etableres mange aftapningssteder på virksomhederne. En mere decentral anvendelse af gråvandet på virksomhederne (f.eks. i toiletter) anses for værende meget fordyrende, idet der nødvendigvis må etableres et sekundært vandforsyningssystem til oftest decentralt placerede toiletter.
3. Gråvandsproduktionen fra primæranlæg til sekundæranlæg skal være afstemt i forhold til forbrugsmønster og vandbehov hos aftageren, således at der kun vil være et accepta-

belt behov for udligning, og dermed risiko for mikrobiel kontaminering i en oplagringssituation.

4. Vandkvaliteten i primæranlæggets afløbsvand skal overvåges og afledes til kloak, såfremt vandkvaliteten er over givne grænseværdier. Overvågningen kan eksempelvis foretages med sensorer (ledningsevne måler, turbiditetsmåler, pH-måler, etc.).

### 5.5.1 Geografisk placering af potentielle primær- og sekundæranlæg

Som det fremgår af afsnit 5.2.1 og 5.2.2, er der identificeret 7 mulige primæranlæg og 6 mulige sekundæranlæg i Herlev Kommune. I Tabel 5.10 er oplyst samtlige potentielle primæranlæg (P) og sekundæranlæg (S), samt deres tilhørende forventede gråvandsressource (P) og gråvandsforbrug (S). Én virksomhed (virksomhed nr. 11) blev hverken fundet egnet som primær- eller sekundæranlæg.

**Tabel 5.10** Oversigt over potentielle primær- og sekundæranlæg, samt anslåede gråvandsressourcer og muligt gråvandsforbrug for virksomhederne. Primæranlæg henholdsvis sekundæranlæg er i tabellen angivet som henholdsvis P og S.

Nr.	Virksomhed/ institution	Primær-/ sekundær- anlæg	Gråvands- ressource/ forbrug	Adresse
1	Herlev Amtssygehus	P	22.000	Herlev Ringvej 75
2	Centralapoteket	P	4.400	Marielundsvej 25
3	Northor A/S	S	4.400	Hørkær 1
4	Bodycote varmebehandling A/S	S	7.000	Herlev Hovedgade 15
5	Diversey Lever	P	750	Smedeholm 3-5
6	Ruko	S	6.000	Marielundsvej 20
7	Hjortespringbadet	P	7.700	Skinderskovvej 29
8	Herlevbadet	P	5.300	Krogestykket 33
9	Papyro-tex A/S	S	4.200	Skinderskovvej 32 - 36
10	Herlev Skøjtehal	P	1.200	Tvedvangen 204
11	Georg Fischer DISA	-	-	Herlev Hovedgade 17
12	Hjortespringskolen	P	1.000	Borgerdiget 105
13	Herlev Kommune, Materie Igård	S	600	Smedeholm 1+ 4
14	A/S Shell Service	S	2.500	Mileparken 37

Virksomhedernes placering er indtegnet på kommunekortet for Herlev, se Figur 5.1.

Som det fremgår af kommunekortet, ligger hovedparten af virksomhederne placeret i den sydlige del af kommunen. I lokalområdet omkring Marielundsvej ligger virksomhed nr. 2 (P), 3 (S), 5 (P), 6 (S) og 13 (S) forholdsvis tæt placeret indenfor en afstand af op til 700 m, hvorfor der her må forventes, at der kan opstilles mulige sammenkoblingsscenarier mellem visse af disse primær- og sekundæranlæg. I den nordlige del af kommunen ligger virksomhed nr. 7 (P) og 9 (S) forholdsvis tæt placeret, mens de 4 virksomheder 1, 8, 10 og 12 (alle primæranlæg) ligger forholdsvis spredt placeret i den midterste del af kommunen. I den sydøstlige del af kommunen ligger virksomhed nr. 4 (S), 14 (S) og 11 placeret, men da virksomhed nr. 11 ikke kan bidrage med gråt spildevand, ligger disse virksomheder antageligt for isoleret i kommunen til, at der kan opstilles realistiske sammenkoblingsscenarier for gråt spildevand her.



**Figur 5.1** Oversigtskort over Herlev Kommune. Numrene angiver placeringen af de virksomheder, der indgår i undersøgelsen.

### 5.5.2 Vandmængde- og afstandsforhold mellem potentielle primær- og sekundæranlæg

For at kunne skabe overblik over økonomisk realistiske koblinger mellem primær- og sekundæranlæg er det nødvendigt at forholde sig til, hvor store vandmængder der potentielt kan udveksles mellem to virksomheder set i forhold til, hvor stor en afstand der er mellem virksomhederne. Til dette formål er der i Tabel 5.11 opstillet en såkaldt afstands- og vandmængdematrice, der på samlet form dels angiver afstande mellem samtlige potentielle primæranlæg og samtlige potentielle sekundæranlæg, og dels angiver den mulige vandmængde, der maksimalt kan udveksles mellem to anlæg (svarende til den mindste værdi af gråvandsressourcen og gråvandsbehovet for de to anlæg). De mest interessante vandudvekslingsscenarioer er da fundet ved at beregne forholdet mellem den mulige vandudvekslingsressource mellem to virksomheder og afstanden mellem dem. Dette forhold - udtrykt som  $\text{m}^3 \text{ gråvand}/(\text{år} \cdot \text{m})$  - kan dermed godt være relativt stort, selvom afstanden er stor, når blot vandmængden, der udveksles, også er stor. I Tabel 5.11 er de mest interessante scenarier mellem primæranlæg og sekundæranlæg markeret med fed.

**Tabel 5.11 Afstands- og vandmængdematrixe, der dels angiver afstanden i fugleflugtslinie mellem udvalgte potentielle primær- og sekundæranlæg, og dels angiver hvor store vandmængder der kan udveksles mellem anlæggene (grå felter). De i parentes angivne værdier viser den specifikke potentielle vandudvekslingsmængde ( $\text{m}^3/(\text{år} \times \text{m})$ ).**

Sekundæranlæg→		3	4	6	9	13	14
Primær-anlæg↓	Vandmængde ( $\text{m}^3/\text{år}$ ) ↓ →	4.400	7.000	6.000	4.200	600	2.500
1	22.000	4.400 $\text{m}^3$ 1.200 m (3,7)	7.000 $\text{m}^3$ 1.700 m (4,1)	6.000 $\text{m}^3$ 1.600 m (3,8)	4.200 $\text{m}^3$ 2.300 m (1,8)	600 $\text{m}^3$ 1.200 m (0,5)	2.500 $\text{m}^3$ 1.500 m (1,7)
2	4.400	<b>4.400 <math>\text{m}^3</math></b> <b>100 m</b> <b>(44)</b>	4.400 $\text{m}^3$ 1.500 m (2,9)	<b>4.400 <math>\text{m}^3</math></b> <b>300 m</b> <b>(15)</b>	4.200 $\text{m}^3$ 3.100 m (1,4)	600 $\text{m}^3$ 400 m (1,5)	2.500 $\text{m}^3$ 600 m (4,2)
5	750	750 $\text{m}^3$ 250 m (3,0)	750 $\text{m}^3$ 1.700 m (0,4)	750 $\text{m}^3$ 600 m (1,3)	750 $\text{m}^3$ 2.800 m (0,3)	<b>600 <math>\text{m}^3</math></b> <b>50 m</b> <b>(15)</b>	750 $\text{m}^3$ 900 m (0,8)
7	7.700	4.400 $\text{m}^3$ 2.900 m (1,5)	4.400 $\text{m}^3$ 4.000 m (1,7)	6.000 $\text{m}^3$ 3.100 m (1,9)	<b>4.200 <math>\text{m}^3</math></b> <b>250 m</b> <b>(17)</b>	600 $\text{m}^3$ 2.600 m (0,2)	2.500 $\text{m}^3$ 3.500 m (0,7)
8	5.300	4.400 $\text{m}^3$ 2.100 m (2,1)	5.300 $\text{m}^3$ 2.500 m (2,1)	5.300 $\text{m}^3$ 2.500 m (2,1)	4.200 $\text{m}^3$ 1.800 m (2,3)	600 $\text{m}^3$ 1.900 m (0,3)	2.500 $\text{m}^3$ 2.500 m (1,0)
10	1.200	1.200 $\text{m}^3$ 1.600 m (0,8)	1.200 $\text{m}^3$ 2.700 m (0,4)	1.200 $\text{m}^3$ 2.000 m (0,6)	1.200 $\text{m}^3$ 1.300 m (0,9)	600 $\text{m}^3$ 1.400 m (0,4)	1.200 $\text{m}^3$ 2.200 m (0,5)
12	1.000	1.000 $\text{m}^3$ 2.200 m (0,5)	1.000 $\text{m}^3$ 3.000 m (0,3)	1.000 $\text{m}^3$ 2.600 m (0,4)	1.000 $\text{m}^3$ 1.000 m (1,0)	600 $\text{m}^3$ 2.000 m (0,3)	1.000 $\text{m}^3$ 2.700 m (0,4)

Som det fremgår af Tabel 5.11, er der umiddelbart fire vandudvekslingsscenarier, som vurderes at være interessante:

**Scenarie 1: Virksomhed nr. 2 (P) og virksomhed nr. 3 (S)**

Afstand: 100 m  
Vandmængde: 4.400  $\text{m}^3/\text{år}$   
Vandmængde/afstandsforhold: 44  $\text{m}^3/\text{år}/\text{m}$

**Scenarie 2: Virksomhed nr. 2 (P) og virksomhed nr. 6 (S)**

Afstand: 300 m  
Vandmængde: 4.400  $\text{m}^3/\text{år}$   
Vandmængde/afstandsforhold: 15  $\text{m}^3/\text{år}/\text{m}$

**Scenarie 3: Virksomhed nr. 5 (P) og virksomhed nr. 13 (S)**

Afstand: 50 m  
Vandmængde: 600  $\text{m}^3/\text{år}$   
Vandmængde/afstandsforhold: 15  $\text{m}^3/\text{år}/\text{m}$

**Scenarie 4: Virksomhed nr. 7 (P) og virksomhed nr. 9 (S)**

Afstand: 250 m  
Vandmængde: 4.200  $\text{m}^3/\text{år}$   
Vandmængde/afstandsforhold: 17  $\text{m}^3/\text{år}/\text{m}$

Vandudvekslingsscenarie nr. 1 og nr. 2 opererer med det samme primæranlæg. Da vandmængden, der skal udveksles, er ens ved begge scenarier, vælges den umiddelbart mest optimale løsning, hvor afstanden mellem virksomhederne er kortest (scenarie nr. 1).

Vandudvekslingsscenario nr. 3 anses på forhånd for værende urealistisk, eftersom der kun kan modtages 600 m<sup>3</sup> gråt spildevand årligt ved sekundæranlægget. Dermed vil økonomien i dette scenario antageligt blive for dårlig på trods af den korte afstand mellem virksomhederne.

Vandudvekslingsscenario nr. 4 vurderes at være interessant, selvom afstanden synes stor, idet der her er tale om udveksling af vand fra et svømmebad. Det var på forhånd vurderet, at større mængder af gråt spildevand fra svømmebade måtte kunne genanvendes i aktuelle sekundæranlæg.

Grundet den geografiske placering af Herlev Amtssygehus, som potentielt kunne bidrage med den største vandmængde til genanvendelse, syntes der ikke at være realistiske koblinger til alternative, geografisk nært placerede sekundæranlæg.

De mest oplagte vandudvekslingsscenarioer set ud fra geografiske og gråvandsmængdemæssige synspunkter synes derfor at være scenario nr. 1 og nr. 4. I de følgende afsnit bearbejdes disse scenarioer med hensyn til gråvandsforbrugsmønster, vandkvalitetsbehov og logistiske forhold omkring etablering af et gråvandsudvekslingssystem for at opgøre anlægs- og driftsomkostningerne.

### **5.5.3 Gråvandsleverance og gråvandsforbrugsmønster ved primær- og sekundæranlæg**

Gråvandsproduktionen fra primæranlæggene flyder oftest ikke i en jævn strøm over døgnet, men kan variere fra time til time over et givent tidsrum. På lignende vis kan gråvandsbehovet ved sekundæranlæggene variere kraftigt over døgnet, hvilket stiller behovet for udligning af en potentiel gråvandsressource i relief. For så vidt muligt at kunne udnytte den potentielt tilgængelige gråvandsressource fra primæranlægget skal gråvandet udlignes i tanke med et vist volumen, der sikrer, at mindst muligt gråvand går tabt ved overproduktion. Samtidig er der også et hygiejnisk aspekt, der skal tages i betragtning omkring gråvandsopbevaring, idet vandkvaliteten ved længere tids opbevaring (dage) kan risikere at blive væsentligt forringet, hvis de mikrobiologiske vækstbetingelser er favorable. Dette afhænger i høj grad af hygiejnen i udligningstanken og af gråvandets kvalitet, når det produceres, men uanset gråvandets oprindelige kvalitet skal gråvandsleverance og gråvandsforbrugsmønster ved henholdsvis primær- og sekundæranlæg så vidt muligt være afpasset i forhold til hinanden.

For at kunne bestemme udligningsbehovet beregnes en simpel vandforbrugskurve (hydrograf), der illustrerer det forventede gråvandsproduktionsforløb ved primæranlægget og gråvandsbehovet ved sekundæranlægget over en given tidsperiode. Det antages som udgangspunkt, at der ikke skal opbevares gråt spildevand i udligningstankene i weekenden, med mindre der både produceres og aftappes gråt spildevand i dette tidsrum.

#### *5.5.3.1 Gråvandsudveksling, scenario 1: Centralapoteket - Northor*

I gråvandsudvekslingsscenario 1 produceres der gråt spildevand på Centralapoteket i form af destillationsvand samt (tyndt) koncentrat fra to RO-anlæg, der oftest kører på skift. Det grå spildevand sendes i scenario 1 til Northor radiatorfabrik, hvor vandet bruges i køle- og fosfateringsprocesser (affedtning og rustbeskyttelse af radiatorer).

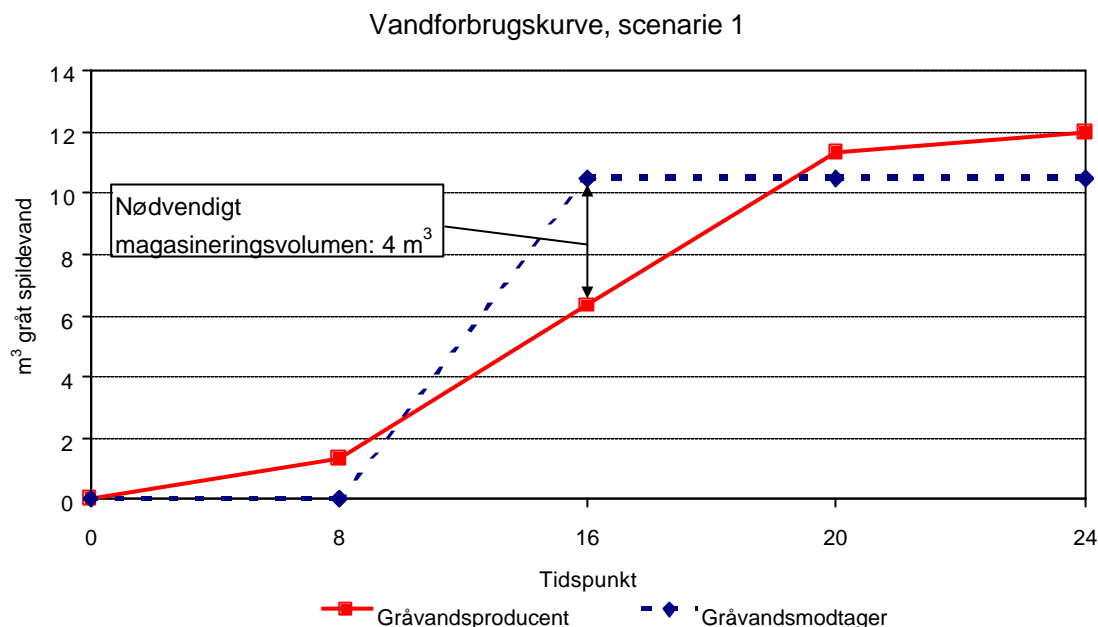
På Centralapoteket kører destillationsanlægget konstant over hele året på nær kortere perioder på op til en uge, hvor destillationsanlægget repareres. Denne vandmængde andrager ca. 4 m<sup>3</sup>/d. RO-anlægget producerer vand til et køletårn, til dampproduktion og til autoklaver, og vandet opbevares efter produktion fra RO-anlægget i et reservoir på ca. 15 m<sup>3</sup>. Vandproduktionen og dermed osmosekoncentratet produceres løbende over hele døgnet svarende til ca. 8 m<sup>3</sup>/d (tyndt) koncentratvand fra RO-anlægget. RO-anlæggets samlede kapacitet er 2 m<sup>3</sup>/h (råvand), når begge anlæg kører.

På Northor radiatorfabrik er der dagligt behov for tilsætning af spædevand til fosfateringskar samt til et prøvekar, der står i delvis forbindelse med et udendørs kølebassin. Desuden er der behov for efterfyldning af kølebassinet, som også skal tømmes og genopfyldes en gang årligt. Det skønnes, at der dagligt skal spædes ca. 3 m<sup>3</sup> til fosfateringskarret, mens der



til kølebassinet er et gennemsnitligt dagligt behov på ca.  $7,5 \text{ m}^3$  (størst behov om sommeren, hvor fordampningen er stor). Spødning til kølebassin og prøvetagningskar antages at foregå 250 dage om året. Fosfateringskarret tømmes ca. hver 4. uge, hvorefter der vil være behov for en ekstra vandtilførsel på ca.  $10 \text{ m}^3$ . Kølebassinet på  $110 \text{ m}^3$  tømmes en gang årligt.

Vandforbrugskurven ved almindelig daglig drift i scenarie 1 er afbildet i Figur 5.2.



Figur 5.2

**Vandforbrugskurve, scenarie 1. Det teoretisk daglige magasineringsbehov er ca.  $4 \text{ m}^3$  gråt spildevand.**

Som det fremgår af Figur 5.2, er der ved daglig vandudveksling mellem Centralapoteket og Northor et behov for opmagasinerings af ca.  $4 \text{ m}^3$  gråvand pr. dag. Derudover vil der ca. hver 4. uge være behov for yderligere  $10 \text{ m}^3$  tilledning til Northor, når fosfateringskarrene skal fyldes op. Det samlede magasineringsbehov skønnes derfor at udgøre ca.  $10 \text{ m}^3$ , da fosfateringskarrene kan fyldes op i ét tempo (det antages, at spødning kan suspenderes i denne periode). Genopfyldning af kølebassin kan eventuelt foretages over en længere periode eller i en periode, hvor produktionen er lukket ned om sommeren eller over julen.

### 5.5.3.2 Gråvandsudveksling, scenarie 2: : Hjortespringbadet – Papyro-tex

I gråvandsudvekslingsscenario 2 udledes gråt spildevand fra svømmebadet Hjortespringbadet i form af brusevand og filterskyllevand. Selvom afløbssystemet i svømmebadet er integreret, arbejdes der videre med muligheden for særskilt udtag af brusevand. En teknisk-økonomisk vurdering skal i afsnit 6 belyse omkostningerne for et sådant tiltag.

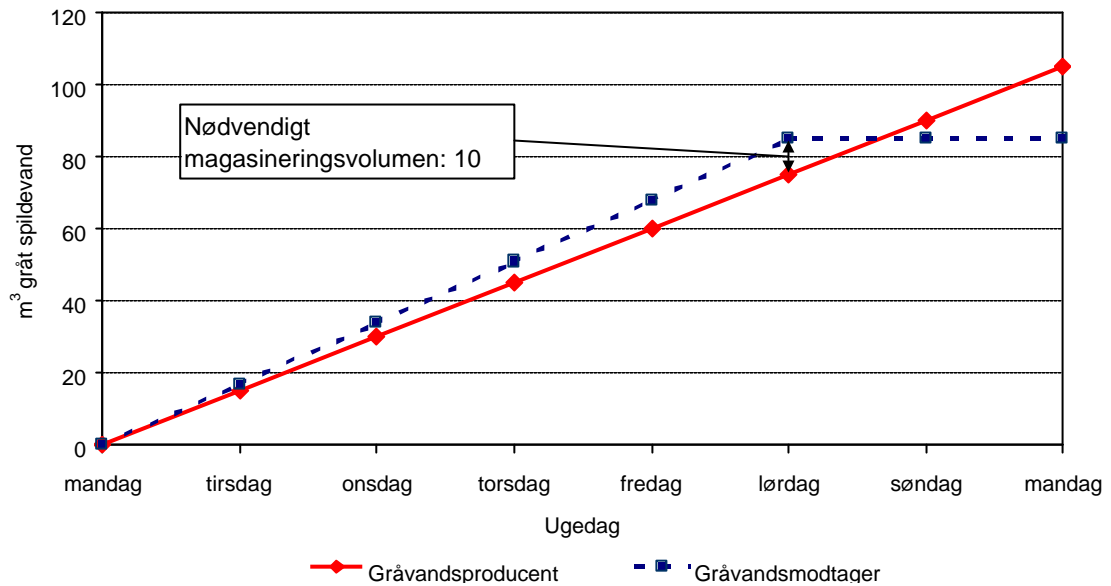
Det grå spildevand sendes fra Hjortespringbadet til firmaet Papyro-tex, som er en kalandre-ringsvirksomhed, der fremstiller PVC-folie. Det grå spildevand skal efter opgradering anvendes som sprinklervand i forbindelse med vaskning af procesluft.

Vandtilførslen fra Hjortespringbadet kan foregå kontinuert (som brusevands-genbrug) og batch-vist (som skyllevands-genbrug). Da brusevandsmængden stort set vil være tilstrækkelig til at dække vandbehovet ved Papyro-tex, formodes denne vandressource at være mest velegnet til genanvendelsesformål, da denne vandtype ikke skal opbevares mere end maksimalt 18 timer i en udligningstank. Til gengæld formodes brusevandet at være mere forurennet med hensyn til detergenter, mikroorganismer og organisk stof, hvilket der skal tages højde for i vandrensningssøjemed. Vandmængden fra brusebadning andrager ca.  $15 \text{ m}^3/\text{dag}$  fordelt i tidsrummet fra kl. 6.30 – 22.00 på hverdage. I weekenden er åbningstiden 10.00 –

17.00. Det må forventes, at vandmængderne fra brusekabinerne afledes diskontinuert, afhængigt af antallet af badegæster i åbningstiden.

På virksomheden Papyro-tex er det gennemsnitlige procesvandsbehov ca. 17 m<sup>3</sup>/d. Ifølge oplysninger fra virksomheden er dette vandbehov omtrent jævnt fordelt over døgnet, idet virksomhedsproduktionen kører over 24 timer på hverdage. Virksomhedsproduktionen kører på årsbasis ca. 250 dage, hvilket giver et samlet procesvandsbehov på ca. 4.250 m<sup>3</sup>, dvs. i underkanten af den vandmængde, der fra Hjortespringbadet er til rådighed som brusevand (5.500 m<sup>3</sup>/år).

Vandforbrugskurve, scenarie 2



Figur 5.3

**Vandforbrugskurve, scenarie 2. Det teoretisk ugentlige magasineringsbehov er ca. 10 m<sup>3</sup> gråt spildevand.**

Som det fremgår af Figur 5.3, opstår der i løbet af ugen et gråvandsunderskud, idet Papyro-tex på hverdage forbruger mere procesvand, end der tilledes fra Hjortespringbadet. Problemet kan løses på flere måder. På Hjortespringbadet kan der opsamles brusevand i weekenden for at opbygge en lagerbeholdning af gråt spildevand, der kan tæres på i hverdagene. Denne model vil betyde, at gråvandet vil skulle opbevares i længere tid, såfremt det opsamles over en weekend. En anden mulighed er at spæde gråvandet op med rent drikkevand, når der ikke kan leveres tilstrækkeligt med gråvand til at dække Papyro-tex's daglige procesvandsbehov. Sidstnævnte model vil utvivlsomt føre til en forbedret vandkvalitet af gråvandet, da opholdstiden i udligningstanken minimeres. Uanset hvilken model der vælges, vil der være et behov for udligning på ca. 10 m<sup>3</sup>, fordi der forbruges procesvand på Papyro-tex i døgndrift, mens der teoretisk set kun produceres gråt spildevand i perioden 6.30 – 22.00 på Hjortespringbadet.

#### 5.5.4 Logistiske forhold omkring vandudveksling mellem virksomheder

Vandudveksling mellem to virksomheder indebærer, at der skal etableres et rør- og tank-system, der kan flytte vandet fra spildevandskilden ved primæranlægget til forbrugsstedet ved sekundæranlægget. Der indgår derfor følgende hovedelementer i forbindelse med etableringen af et vandudvekslingssystem:

1. Vandopsamlingssystem ved primæranlægget, der opsamler det grå spildevand og leder det til en udligningstank. Vandopsamlingssystemet kan bestå af kloakrør, der leder spildevandet fra gulvafløb eller rør (galvaniseret stål eller rustfrit stål), hvori vandet pumpes fra en given gråvandskilde.

2. Udligningstank med overløb til eksisterende kloak. Udligningstanken kan placeres udendørs eller indendørs ved primæranlægget eller ved sekundæranlægget.
3. Vandtransportsystem mellem primær- og sekundæranlæg. Ved afstande over 50 m i bymæssig bebyggelse udføres dette system ved hjælp af styret underboring, der både er billigt og som forhindrer opgravninger i eksisterende befæstelsesarealer.
4. Rensningsanlæg ved sekundæranlægget, som opgraderer det grå spildevand til en teknisk/hygienisk kvalitet, der gør det velegnet til genanvendelsesformål på den pågældende virksomhed.
5. Vanddistributionssystem ved sekundæranlæg, der efter rensning af vandet fordeler det til de tappesteder, hvor vandet skal forbruges. Dette system må ikke på nogen måde kobles til drikkevandsdistributionsnettet, men skal ledes frem til vandforbrugsstedet i sit eget ledningsnet.

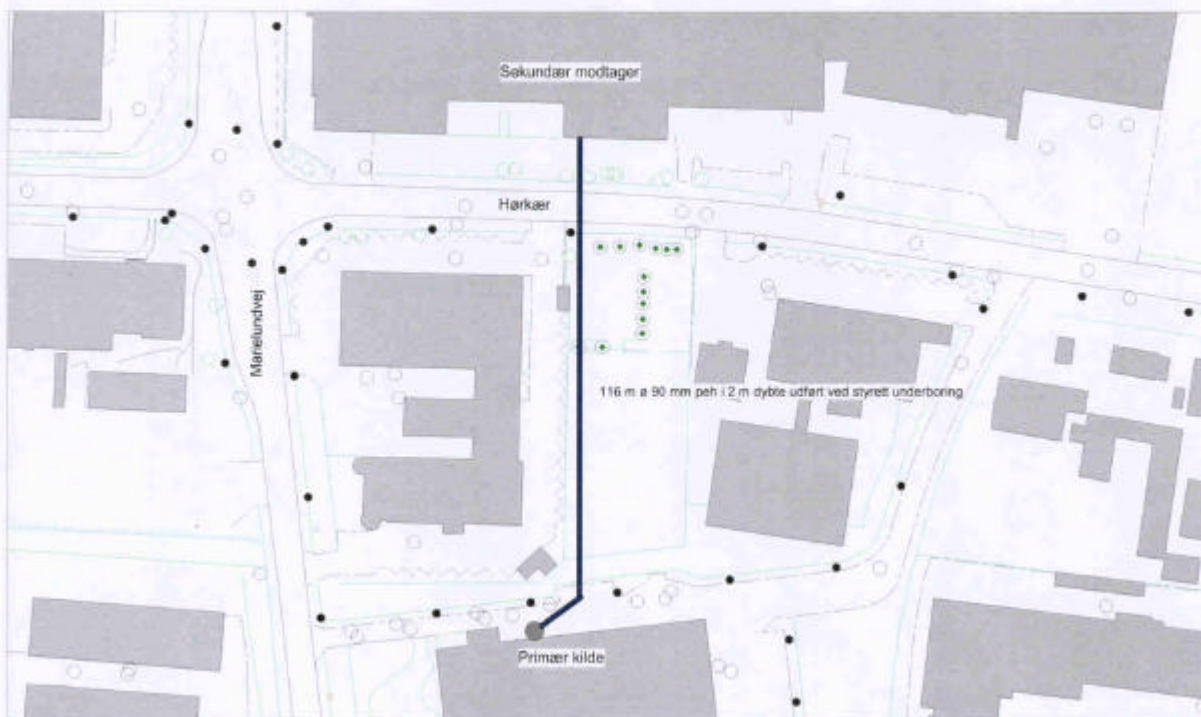
#### 5.5.4.1 Gråvandsudvekslingssystem, scenarie 1: Centralapoteket - Northor

Ved Centralapoteket er der identificeret to mulige gråvandskilder: Overskudsvand fra et destillationsanlæg og koncentratvand fra et RO-anlæg. En besigtigelse på stedet viste, at dette gråvand mest hensigtsmæssigt samles i et stort kælderrum, hvor RO-anlægget er placeret (R1). Dette indebærer, at destillationsvandet skal pumpes fra et andet kælderrum (R2) til R1 i et rørsystem, der skal etableres. Desuden skal der i R2 etableres en opsamlingsbrønd, hvori destillationsvandet skal opsamles og pumpes til R1, hvor der vil være mulighed for at etablere en større udligningstank (maksimum 20 m<sup>3</sup>), hvor vandet fra begge kilder kan opsamles og udlignes. Den nødvendige længde af rørsystemet mellem R1 og R2 er anslået til 54 m. Rørsystemet fra RO-anlægget til udligningstanken i R1 er anslået at have en længde på ca. 10 m.

Vandet pumpes direkte fra udligningstanken på Centralapoteket til Northor via en trykledning, der etableres ved hjælp af en styret underboring. En styret underboring indebærer, at der udbores en kanal mellem virksomhederne samtidig med, at der etableres en trykrørsledning i en given dimension. En styret underboring indebærer således, at der kun skal foretages et minimum af opgravninger i belægningen. Afstanden mellem virksomhederne er udmålt til ca. 117 m. Underboringen kan ifølge /55/ udføres med 2 udgravninger ved afsender og modtageranlæg, således at der kan bores i eet stræk mellem virksomhederne. Skitseforslaget til etablering af rørsystem mellem Centralapoteket og Northor er illustreret i Figur 5.4.

Selve pumpningen af vandstrømmen foregår ved hjælp af en trykforøgelsespumpe (CR4 – 50) med pressostat og en trykudligningsbeholder. Denne pumpekonfiguration sikrer, at der altid vil være tryk på ledningen i en aftapningssituation. Dermed undgås også, at der skal etableres styring af pumpe fra Northor.

Målestok 1:1000



**Figur 5.4** Oversigtstegning over udendørs entrepris for gråvandsudveksling mellem Centralapoteket og Northor.

Rørledningen føres hen til virksomheden Northor. Indenfor Northors bygning føres dels rør til kølebassinet (udendørs) og til fosfateringskarrene indenfor bygningen. Rørføringen til kølebassinet er ca. 10 m. Rørføringen til fosfateringskarrene er skønnet til ca. 80 m, som føres igennem fabriksbygningen.

Det er vurderet, at vandkvaliteten fra Centralapoteket er af en så god kvalitet, at der ikke er behov for opgradering, men det vil være stærkt anbefalelsesværdigt, at der etableres en form for monitoring i gråvandsstrømmen, f.eks. i form af en ledningsevne måler og en turbiditetsmåler, således at vandstrømmen kan afbrydes, såfremt grænseværdien for, hvad der er tilrådeligt at tillede, ikke overskrides.

De økonomiske forhold omkring etableringen af det samlede rørsystem er beskrevet i kapitel 6.

#### 5.5.4.2 Gråvandsudvekslingssystem, scenarie 2: Hjortespringbadet – Papyro-tex

Ved Hjortespringbadet er identificeret 2 mulige gråvandskilder: Skyllenvand fra svømmebadets filtre og brusevand fra badekabinerne. Det er i afsnit 5.5.3.2 beskrevet, at skyllevandsopsamlingen dels er for lille til at opfylde vandbehovet på Papyro-tex, og dels er for uregelmæssig, idet vandet skal opbevares i længere perioder i udligningstanke, hvilket forringer den hygiejniske kvalitet væsentligt. Den tilbageværende mulighed er dermed en opsamling af badevandet fra brusekabinerne. En undersøgelse af kloaksystemet fra svømmebadets gulv afløb har vist, at afløb fra toiletter og gulv afløb fra brusekabiner kun delvist løber sammen i den samme kloakledning, som føres ud i spildevandsbrønden. Ved besigtigelse på stedet blev det konstateret, at der skulle foretages en lokal opbrydning af gulvene i damebrusekabinerne og etableres en ny afløbsledning ud af bygningen. Denne opbrydning synes ikke at være omfattende, da afløbsrørtrækket kun er minimalt. Derudover skal der i herrebrusekabinen foretages en omlægning af afløbet fra et toilet til et andet. Da det kun

drejer sig om lille lokal omlægning (ca. 1 m ny afløbsledning), er denne omkostning begrænset.

Udenfor bygningen skal der etableres særskilte gråvandsbrønde og gråvandsafløbsledninger, som kan føre vandet hen til en centralt beliggende udligningsbeholder, i alt 128 m rørledning. En oversigtstegning for den udendørs entreprise er vist i REF FLETFORMATFigur 5.5.



Figur 5.5

### Oversigtstegning over udendørs entreprise for gråvandsudveksling mellem Hjortespringbadet og Papyro-tex.

På en grusbelagt parkeringsplads beliggende ca. 25 m fra Hjortespringbadet etableres en opsamlingsbrønd, en teknikbrønd for etablering af renseanlæg og en udligningstank. Udligningstanken vælges som en glasfibertank, da denne vil være nem at rengøre.

Rørføringen til Papyro-tex udføres som styret underboring i tre stræk fra udligningstanken til fabrikken (i alt 306 m), som vist på Figur 5.5.REF Tappedet hos Papyro-tex er placeret på bagsiden af bygningen i forhold til Hjortespringbadet, hvilket indebærer, at rørledningen skal føres ca. 100 m gennem bygningen. Af tekniske årsager ønsker Papyro-tex rørledningen ført uden om fabriksbygningen, således at gråvandsledningen ligger tættest muligt på det aktuelle tappedet. Dette indebærer, at der skal etableres en ekstra udendørsledning på ca. 140 m. Dette synes også at være den mest optimale løsning, da indendørs rørtræk umiddelbart er dyrere end udendørs rørtræk, hvilket fremgår af kapitel 6.

#### 5.5.5 Identifikation af vandkvalitetskrav og opgraderingsbehov

Ét af de sværeste forhold for virksomhederne er at bestemme kravet til vandkvaliteten i givne processer, hvori vandet indgår. Det kan være vanskeligt at overskue og forstå de fysiske, kemiske og biologiske interaktioner, som spiller en rolle, hvilket resulterer i, at virksomhederne ofte stiller unødvendigt store krav til vandkvaliteten på grund af manglende viden om, hvilken vandkvalitet der kan accepteres. Selv for fagfolk kan det være vanskeligt at angive eksakte grænseværdier for givne vandkvalitetsparametre i forbindelse med en given proces. Anvendes vandet i mindre kritiske processer (bilvaskerier, rengøringsprocesser mv.), vil der antageligt være mindre stringente betingelser til vandkvaliteten, end hvis vandet indgår i en kemisk proces på en industrivirksomhed.

#### 5.5.5.1 Vandkvalitetskrav, scenarie 1: Northor

Vandet fra Centralapoteket indgår i to processer på Northor: Spædning til et kølebassin og prøvekar, som står i forbindelse med hinanden samt vand til en fosfateringsproces, som foregår i 5 separate kar.

Der stilles ikke specielle krav til kølevandsbehovet, ud over at vandet skal være hygiejnisk. Der kan dog tænkes at opstå et problem med en aggressiv vandtype for de installationer, der kommer i kontakt med vandet, hvilket må undersøges nærmere ved analyser af den sammensatte vandprøve. Der kan derfor blive behov for en justering af en sådan vandtype med calcium og/eller base for opjustering af pH.

I fosfateringsprocessen benyttes vand, hvori der indgår kemikalier, som dels affedter radiatorerne og dels rustbeskytter dem. Som udgangspunkt vurderes det som en fordel, at vandet er blødt, da der til fosfateringsprocessen ikke skal tilsættes helt så mange fosfater for opnåelse af samme vaskeeffekt. Da kemikalierne, der tilsættes fosfateringsprocessen, er sammensatte kemikalier med flere funktioner, kendes effekten af blødt vand ikke på andre kemiske processer, som måtte foregå. Dette forhold må undersøges nærmere ved kontakt til kemikalieleverandøren.

Der ses ikke at være et egentligt vandrensningsbehov i scenarie 1, men måske en kemikaliejustering med kalk og/eller base for at undgå aggressivitet. For bestemmelse af, hvor store kemikalimængder der må tilsættes, er det nødvendigt at kende den sammenblandede vandtype med hensyn til pH, kalkindhold, alkalinitet og totalt uorganisk kulstofindhold. Det skønnes umiddelbart, at såfremt pH hæves til 8 – 8,5, vil vandet undgå at blive aggressivt. Justering af vandkvaliteten skal dog i sidste ende afvejes i forhold til de krav, der stilles til fosfateringsprocessen på Northor.

Såfremt der ikke etableres nogen form for vandrensning på Centralapoteket, er det nødvendigt, at der kan opretholdes en tilstrækkelig god hygiejne (lav mikrobiel aktivitet) i udligningstanken, som placeres på Centralapoteket. Dette sikres ved periodisk rengøring (hver 3. – 6. måned) af udligningstanken for fjernelse af biofilm på indersiden af udligningstanken.

#### 5.5.5.2 Vandkvalitetskrav, scenarie 2: Papyro-tex

Det grå spildevand fra Hjortespringbadet skal på Papyro-tex bruges i et lukket system til vask af procesluft (scrubning). Vandet skal derfor være af en sådan kvalitet, at installationerne ikke beskadiges eller stopper til.

Det største problem, som umiddelbart kan opstå i forbindelse med anvendelse af brusevand på Papyro-tex, er tilstopning af dyser forårsaget af partikler i vandstrømmen samt en tiltagende biologisk vækst i rørsystemet. Fra tidligere undersøgelser /16/ er det vist, at gråt spildevand fra beboelsesejendomme (stammende fra bad og håndvask) indeholder en signifikant mængde BOD, fosfor og kvælstof samt et stort antal partikler. Desuden vil spildevandets temperatur være optimal for mikrobiologisk vækst. Opbevares dette spildevand i længere tid (12 – 24 timer) i en udligningstank, vil der opstå store hygiejniske problemer i form af et stort indhold af mikroorganismer, dårlig lugt og formentligt meget uklart vand. For at undgå dårligt lugtende vand er det vigtigt, at der kan sikres aerobe forhold i vandet. Tilstedeværelse af ilt vil dog fremme den mikrobielle aktivitet, hvilket kræver en fjernelse af vækstpotentialt i vandet.

Der kan i forbindelse med genbruget af det grå spildevand enten foretages en grundig rensning og dermed en fuldstændig opgradering af vandkvaliteten, eller der kan foretages en minimal rensning for fjernelse af partikler, og derefter en desinfektion - f.eks. i form af UV-bestråling - som kan holde vækstpotentialt nede. Hvilken model der vælges, afhænger af spildevandsmodtagerens krav til kvaliteten af vandet, som defineres ud fra arbejdsmiljømæssige og tekniske krav. I dette vandudvekslingsscenario vil der ikke umiddelbart opstå problemer omkring arbejdsmiljøet, da der ikke er mulighed for en direkte fysisk kontakt med vandet eller aerosoler fra vandet. Der kan dog være særlige hensyn, som skal tages, såfremt der foretages inspektion/eftersyn af det lukkede vandkredsløb på Papyro-tex.

De økonomiske perspektiver for en fuldstændig rensning af gråvandet er relativt store i forhold til besparelsespotentialet, idet investeringsstørrelsen for et højeffektivt biologisk filter eller en RO-proces skønnes at ligge over 250.000 kr. Dertil kommer betragtelige driftsudgifter, primært i form af strømforbrug til rensningsprocessen. Selv med en effektiv rensning har det imidlertid vist sig, at der stadig vil være basis for et vist mikrobielt vækstopotential i systemer, hvor vandet har en vis opholdstid. For fuldstændig fjernelse af vækstopotential kræves derfor en kombination af en biologisk proces og en RO-proces, hvilket forøger økonomien i endnu højere grad.

Det vurderes, at såfremt partikelindholdet og den biologiske vækst i rør og tanksystemer kan holdes nede på et acceptabelt niveau, anses det ikke som en nødvendighed, at det grå spildevand renses fuldstændigt for BOD og næringssalte.

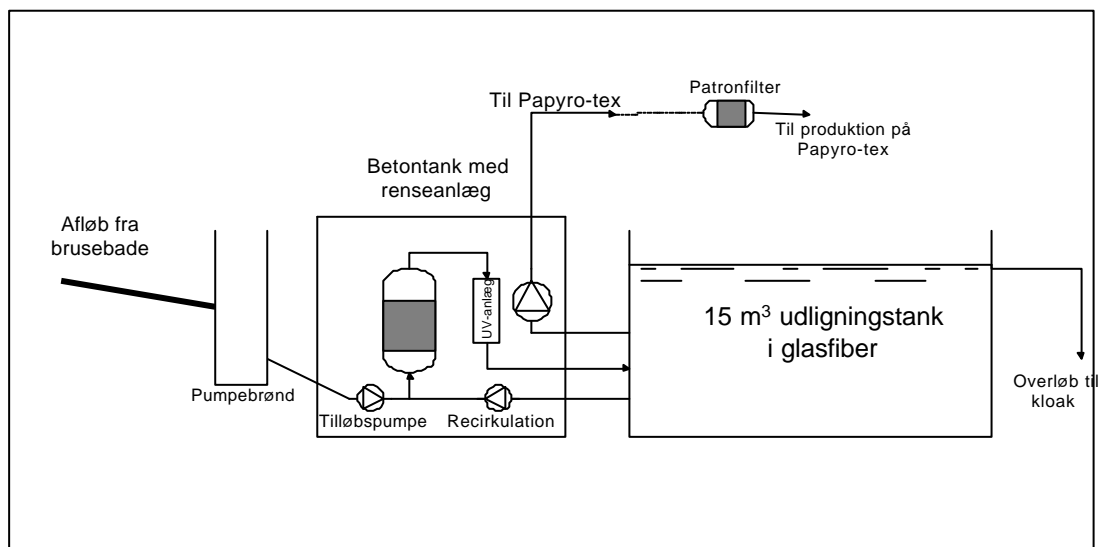
Skal der etableres en begrænset rensning af det grå spildevand, kan denne foretages som en kombination af et tryksandfilter, en desinfektionsproces og en filtreringsproces, umiddelbart inden vandet skal bruges.

Tryksandfiltret skal sikre, at større partikler sorteres fra inden tilledning til udligningstanken. Desuden vil en del af vækstopotentialet blive fjernet i tryksandfiltret.

Desinfektionsprocessen - f.eks. en UV-bestråling - kan enten foretages i en delstrøm, der recirkuleres over udligningstanken, eller i hovedstrømmen der føres over til Papyro-tex. Hvilken løsning, der er mest hensigtsmæssig, afhænger af vandforbrugsmønstret på Papyro-tex. Er dette i perioder meget stort, vil dimensioneringskravet til et UV-anlæg også være stort, og dermed dyrt. Etableres der recirkulation med en UV-proces over udligningstanken, vil selve vandkvaliteten i udligningstanken forbedres. Til gengæld vil vandet, der tilledes Papyro-tex, ikke være bakteriefrit. Foretages der regelmæssig rengøring af udligningstanken, vil vandkvaliteten dog være rimelig god med et kimtal, der skønnes ikke at være større end  $10^5 - 10^6$ /ml, såfremt tanken rengøres regelmæssigt, f.eks. hver 3. måned.

På Papyro-tex kan der etableres en filtreringsenhed, enten som et patronfilter direkte i rørsystemet eller som et posefilter. Patronfiltret vil kunne fjerne partikler ned til  $10 \mu\text{m}$ , mens posefiltret fjerner partikler i størrelsesordenen  $5 - 10 \mu\text{m}$ . Filtreringsenheden etableres inden afhærdningsprocessen på Papyro-tex. Der vil på Papyro-tex være behov for rensning af afhærdningen regelmæssigt med godkendte kemikalier (base) for fjernelse af bio film.

Processen er illustreret i Figur 5.6.



Figur 5.6

**Eksempel på en simpel opgradering af gråvandet fra Hjortespringbadet.**

Det antages, at rensningsanlægget etableres i en isoleret betontank (præfabrikeret) placeret tæt på udligningstanken.

### 5.5.6 Arbejdsmiljømæssige forhold

Såfremt det antages, at den grå spildevandskilde skal benyttes på en arbejdsplads, vil omgang og kontakt med spildevandet på arbejdspladsen være omfattet af Arbejdsmiljølovens bestemmelser /58/.

Arbejdsmiljøloven opererer imidlertid med mere overordnede begreber, hvorfor de arbejdsmiljømæssige bestemmelser, der primært skal tages hensyn til, er omfattet af Arbejdstilsynets anvisning nr. 3.1.0.2 fra december 1996 omhandlende grænseværdier for stoffer og materialer /56/ og Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 864 af 10. november 1993: Bekendtgørelse om biologiske agenser og arbejdsmiljø /57/.

/56/ indeholder retningslinier for, hvordan grænseværdier med udgangspunkt i arbejdsmiljøreglerne kan anvendes ved en vurdering af de sikkerhedsmæssige forhold ved arbejde med stoffer og materialer. /56/ indeholder med andre ord grænseværdier for en lang række stoffer, der forekommer i forbindelse med luftforurening (gasser, dampe, partikulær forurening), organiske opløsningsmidler og stoffer, som anses for at være kræftfremkaldende.

/57/ omfatter arbejde med biologiske agenser (mikroorganismer) - enten i forbindelse med fremstilling, anvendelse eller håndtering af biologiske agenser eller andet arbejde - som på grund af sin art indebærer, at man kan blive udsat for påvirkning fra biologiske agenser.

I forbindelse med gråvandsudveksling mellem Centralapoteket og Northor (scenarie 1) vil der antageligt ikke forekomme stoffer eller biologiske agenser, der er omfattet af /56/ eller /57/. Derimod vil der skulle tages hensyn til, at der transporteres meget varmt vand fra destillationsanlægget til opbevaringstanken, og såfremt der om nødvendigt skal tilsættes base for pH-justering, vil der ved omgang med disse kemikalier også være arbejdsmiljømæssige hensyn, som skal tages. Såfremt der er risiko for opblomstring af bakterier i forbindelse med opbevaringen af det forholdsvis varme vand (f.eks. Legionella spp.) vil der på Northor skulle tages hensyn til påvirkning fra eventuelle mikroorganismer. I den forbindelse er det vigtigt at få klassificeret typen af mikroorganismer af hensyn til infektionsrisikoen.

I forbindelse med gråvandsudveksling mellem Hjortespringbadet og Papyro-tex (scenarie 2) er der generelt tale om samme forhold som i scenarie 1. Dog antages det, at der i denne gråvandstype vil være større risiko for opblomstring af mikroorganismer. Da gråvandet anvendes i lukkede systemer i forbindelse med vask af procesluft, vil der ikke umiddelbart være risiko for en menneskelig påvirkning, men det vil være nødvendigt dels at undersøge, om der er fare for udslip af mikroorganismer (hvilket blandt andet afhænger af, om der etableres rensningsforanstaltninger, som tilbageholder mikroorganismer) og dels, hvilke typer af mikroorganismer der i så fald vil være tale om (af hensyn til klassifikationen).

Afslutningsvis skal det bemærkes, at en oversigt over, hvilke generelle og specifikke arbejdsmiljømæssige forhold der skal tages hensyn til, er for omfattende at opliste for de to scenarier af den umiddelbare grund, at det ikke præcist kan vides, hvilke arbejdsmiljømæssige problemer der vil opstå i forbindelse med formering af mikroorganismer i gråvandssystemer. Det vil derfor være mere relevant at tage stilling til, hvilke hensyn der skal tages, når der foreligger en konkret situation. Arbejdstilsynets love, bekendtgørelser og anvisninger er i aktuelle situationer meget præcise, hvorfor det vil være muligt at tage stilling til disse konkrete situationer.





# 6 Økonomisk evaluering af scenarier

I dette kapitel vurderes de økonomiske aspekter ved installation af gråvandsanlæg på og mellem virksomheder, der vil være i stand til at behandle, opbevare og transportere gråt spildevand. Udgifterne ved installation af et gråvandsudvekslingsanlæg andrager dels alle etableringsomkostninger og dels drifts- og vedligeholdelsesomkostninger.

Der kan økonomisk set anlægges to betragtninger for beregning af økonomien i projektet: En simpel tilbagebetalingsperiode og en nutidsværdiberegning.

En simpel tilbagebetalingsperiode beregnes på baggrund af investeringbehovet i forhold til en aktuel besparelse i form af reducerede vandudgifter. Der er i selve investeringsberegningen ikke taget højde for udgifter til drift og vedligeholdelse af anlægget.

En anden mulighed er beregningen af en nutidsværdi for anlægget over en given afskrivningsperiode med en given diskonteringsfaktor (realrente). Nutidsværdien angiver værdien af den investering, der foretages over en given afskrivningsperiode. Nutidsværdien kan ifølge /9/ udregnes efter følgende formel:

$$\text{Nutidsværdi} = \frac{\text{Anlægspris} + 15 \cdot \text{driftsudgifter pr. år}}{20 \cdot \text{genanvendtgråvandsmængde pr. år}}$$

hvor tallet 15 er bestemt på baggrund af en diskonteringsfaktor (realrente) på 4% og en afskrivningsperiode på 20 år.

Ud fra nutidsværdien beregnes nettonutidsværdien, hvori den reelle besparelse eller udgift uddrages. Er nettonutidsværdien positiv, er investeringsprojektet rentabelt, dvs. at projektet giver et afkast, som er større end den samfundsmæssige kalkulationsrente (realrenten).

## 6.1 Forudsætninger for økonomiske beregninger

Det er nødvendigt at opstille en række forudsætninger for de økonomiske beregninger, der foretages. Forudsætningerne baseres på de kendte forhold og udgifter, som de foreligger i dag.

Vandprisen beregnes som udgift til vandforsyning og spildevandsafledningsafgift. I Herlev Kommune er denne udgift i år 2000 kr. 10,82 pr. m<sup>3</sup> for vandtilledning og kr. 9,62 pr. m<sup>3</sup> for spildevandsafledningsafgift, i alt kr. 20,43 pr. m<sup>3</sup>. Priserne er ekskl. moms og statsafgift (VOMS).

Prisen pr. kWh strømforbrug er som gennemsnit sat til kr. 0,75/kWh, selvom der på flere virksomheder opereres med en varierende takst på strømforbrug. Prisen er inkl. CO<sub>2</sub> afgift på kr. 0,10/kWh.

For vedligeholdelse, rengøring og kontrol antages det, at en mandetime koster 120 kr. Denne ydelse ligger hovedsageligt der, hvor udligningstanken af vandbehandlingsanlægget forefindes.

Der beregnes nutidsværdier med en diskontorente på 4%.

Der tages i beregningerne ikke højde for skattemæssige afskrivningsforhold af en given anlægsinvestering. Dette forhold anbefales undersøgt nærmere, da det kan forrykke den økonomiske beregning betydeligt.

## 6.2 Økonomi, scenarie 1: Centralapoteket – Northor

De økonomiske udgifter til etablering og drift af et gråvandsudvekslingssystem mellem Centralapoteket og Northor omfatter:

- Indvendig VVS, murer og el-entreprise på Centralapoteket inkl. udligningsbeholder
- Indvendig VVS, murer og el-entreprise på Northor
- Udvendig ledningsføring mellem Centralapoteket og Northor
- Strømforsbrug til drift af pumper på Centralapoteket
- Justering af vandkvalitet med kemikalier
- Vedligeholdelse, kontrol og rengøring

### 6.2.1 Anlægsudgifter, scenarie 1

Den indvendige VVS-entreprise er fremkommet ved besigtigelse og gennemgang på stedet med firmaet BBB VVS & Entreprenør firma A/S. Overslagspriserne, som både inkluderer materialer og arbejds løn, omfatter alt indvendigt rørarbejde, levering og montering af diverse pumper, vandmåler, elmåler samt levering og montering af udligningstank. Derudover er alt murerarbejde og elarbejde inkluderet. I Tabel 6.1 og Tabel 6.2 er opstillet uspecificerede overslagspriser over det fornødne indvendige arbejde på begge virksomheder.

**Tabel 6.1** Oversigt over indvendig VVS-, murer-, og el-entreprise på Centralapoteket.

Indvendigt arbejde, Centralapoteket	Prisoverslag kr.
10 m <sup>3</sup> udligningstank i jernplade inkl. mandedæksel, diverse afgangsstudse (opsvejes på stedet)	45.000
Grundfos pumper: CR 4 – 20 og CR 4 – 50 inkl. pressostat og trykudligningsbeholder	25.000
Diverse rørarbejde (galv. rør inkl. kondensisolering), inkl. fremføring af 1 ½" rør gennem yderfundament af bygning	36.000
Diverse haner, ventiler, bæringer, mv.	10.000
Etablering af pumpebrønd for opsamling af destillationsvand (etableres med overløb til eksisterende kloak)	20.000
Huller, bærejern, bøsninger, diamantboring	15.000
Demontage af fundament, hvor udligningsbeholder etableres	15.000
Elmontage	10.000
Vandmåler	2.500
Diverse reparationer, bortkørsel af affald	5.000
<b>I alt</b>	<b>183.500</b>

Såfremt udligningstanken ønskes udført i rustfrit stål, vil merprisen være kr. 40.000. Der etableres en pumpebrønd i destillationsrummet, hvori der monteres en CR4 – 20 pumpe, som pumper vandet til udligningskarret kontinuert. Ved udligningskarret monteres en CR4 – 50 pumpe med pressostat og trykudligning. Denne pumpekonfiguration sikrer, at der konstant er tryk på vandledningen. Pumpen vil først starte, når trykket falder som følge af en aftapning. Driften bliver dermed diskontinuert og kun igangsat, når der tappes vand.

**Tabel 6.2** Oversigt over indvendig VVS-, murer- og el-entreprise på Northor.

Indvendigt arbejde, Northor	Prisoverslag kr.
Fremføring af 1 ¼" galv. jernrør gennem virksomhed (ca. 80 m), samt afsætning af delaftapning ved prøvekar	95.000
Diverse haner, ventiler, bæringer mv.	5.000
Diverse huller samt efterreparationer	15.000
Diverse elmontage	5.000
<b>I alt</b>	<b>120.000</b>

I prisoverslaget er der taget højde for, at produktionen på Northor kan foregå uforstyrret.

Den udvendige entreprise omfatter alle ledningsarbejder, belægningsarbejder, evt. jordbundsanalyser mv. I bymæssig bebyggelse udføres ledningsarbejdet mest hensigtsmæssigt som en styret underboring, hvorved alle belægningsarbejder minimeres. En styret underboring kan udføres over lange strækninger (op til 300 m) med knæk på op til 45°. Når der skal etableres trykledninger med styret underboring, er udgiften for selve boringen meget lav 200 – 300 kr/m, afhængig af rørdimension. En styret underboring medfører, at der ikke skal foretages udgravninger i vejbelægnings mv., hvilket har den fordel, at der ikke skal etableres fordyrende vejafspærringer. Desuden vil ar i vejbelægningen som følge af udgravninger og genetablering medføre en ringere kvalitet og kortere holdbarhed af selve asfaltbelægningen.

**Tabel 6.3 Samlet udvendig anlægsentreprise for etablering af en trykledning mellem Centralapoteket og Northor.**

Udvendigt arbejde, Centralapoteket – Northor	Prisoverslag kr.
Ledningsarbejder ca. 180 m. Udføres som styret underboring med 3 udgravningssteder	100.000
Belægningsarbejder	25.000
<b>Netto anlægsomkostning</b>	<b>125.000</b>
Rådgivningshonorar, 20% af netto anlægsomkostning	25.000
Byggepladsindretning, 5% af netto anlægsomkostning	6.250
Jordbundsanalyser	3.500
<b>Samlet brutto anlægsomkostning</b>	<b>159.750</b>

De samlede anlægsudgifter for etablering af et gråvandsudvekslingssystem mellem Centralapoteket og Northor kan nu opgøres. Der er i overslagsberegningerne anslået uforudsete udgifter i størrelsesordenen 10% af de samlede anlægsudgifter.

**Tabel 6.4 Samlet anlægsudgift for etablering af gråvandsudvekslingssystem mellem Centralapoteket og Northor**

Samlet anlægsudgift	Udgift kr.
Indvendigt arbejde, Centralapoteket	183.500
Indvendigt arbejde, Northor	120.000
Udvendigt arbejde mellem Centralapoteket og Northor	159.750
<b>Samlede anlægsudgifter</b>	<b>463.250</b>
<b>Samlet anlægsudgift inkl. uforudsete udgifter (10% af anlægssum, i alt 46.325 kr.)</b>	<b>509.575</b>

### 6.2.2 Driftsudgifter, scenarie 1

Driftsomkostningerne omfatter primært strømforbrug til pumpedriften. Derudover forventes der minimale udgifter til kemikalier for vandkvalitetsjustering (NaOH og kalk). Vedligeholdelsen og kontrol ligger udelukkende på Centralapoteket, hvor der periodisk tages vandprøver for kontrol af pH og mikrobiel aktivitet. Derudover antages det, at der en gang i kvartalet foretages rengøring af udligningstanken med højtryksspuling.

**Tabel 6.5 Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger på Centralapoteket.**

Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger, Centralapoteket	Driftsudgift/år
Strømforbrug CR4 – 20 (0,37 kWh) 7.300 driftstimer/år	2.025
Strømforbrug CR4 – 50 (1,1 kWh) 4.200 driftstimer/år	3.465
Kemikalier	2.000
Analysen: "Hygicult" (mikrobiel aktivitet), pH-måling	2.000
Vedligeholdelse, kontrol, rengøring. ca. 1 time/uge	6.200
<b>I alt</b>	<b>15.690</b>

Af driftsregnskabet fremgår, at energiforbruget til opsamling og transport af gråvandet andrager ca. 1,7 kWh/m<sup>3</sup> gråt spildevand.

### 6.2.3 Samlet økonomi for scenarie 1

Den samlede økonomi i projektet kan nu beregnes. Det er i de økonomiske beregninger anslået, at hele vandressourcen på 4.400 m<sup>3</sup>/år kan udnyttes fuldt ud. Dette afhænger dog i høj grad af, at vandforbruget så vidt muligt kan udjævnes på Northor, da vandproduktionen stort set kører kontinuert fra Centralapoteket.

**Tabel 6.6 Nutidsværdiberegning og beregning af samlet nettobesparelse ved etablering og drift af gråvandsanlæg mellem Centralapoteket og Northor**

Samlet anlægsudgift	509.575 kr.
Samlede drifts- og vedligeholdelsesudgifter i 15 år: 15 år · 15.690 kr/år	235.350 kr.
Samlet vandmængde i 20 år: 20 år · 4.400 m <sup>3</sup> /år	88.000 m <sup>3</sup>
<b>Nutidsværdi: (463.250 + 220.350) kr. / 88.000 m<sup>3</sup></b>	<b>8,47 kr/m<sup>3</sup></b>
Udgift for opsamling og behandling af 4.400 m <sup>3</sup> gråvand/år	37.300 kr.
Potentiel årlig vandbesparelse: 4.400 m <sup>3</sup> · 20,43 kr/m <sup>3</sup>	89.900 kr.
<b>Samlet nettonutidsværdi pr. år</b>	<b>52.600 kr/år</b>

Som det fremgår af Tabel 6.6, vil REFLETFORMAT den årlige besparelse set over en 20-årig periode udgøre 52.600 kr/år for begge virksomheder.

Selve tilbagebetalingsperioden på anlægsinvesteringen andrager:

$$\frac{509.575 \text{ kr.}}{89.900 \text{ kr./år}} = 5,7 \text{ år}$$

Set i forhold til virksomhedsbesvarelsen fra spørgeskemaundersøgelsen er tilbagebetalingshorisonten i overkanten af, hvad virksomhederne kan overkomme. Særligt for Northor er tilbagebetalingsperioden for lang, idet virksomheden kun kunne tolerere meget kortsigtede investeringer (½ – 1 år). Ses der imidlertid på en længere tidshorisont, vil der være tale om en betydelig forrentning på ca. 10% af det samlede investeringsbehov.

## 6.3 Økonomi, scenarie 2: Hjortespringbadet – Papyro-tex

De økonomiske udgifter til etablering og drift af et gråvandsudvekslingssystem mellem Hjortespringbadet og Papyro-tex omfatter:

- Indvendig VVS- og murer-entreprise på Hjortespringbadet
- Indvendig VVS- og murer-entreprise på Papyro-tex
- Udvendig ledningsføring mellem Hjortespringbadet og Papyro-tex
- Etablering af udligningstank udenfor Hjortespringbadet
- Etablering af rensningsanlæg ved Hjortespringbadet
- Strømforsøg til drift af pumper
- Vedligeholdelse, kontrol og rengøring

### 6.3.1 Anlægsudgifter, scenarie 2

Den indvendige VVS-entreprise er fremkommet ved besigtigelse og gennemgang på stedet med firmaet BBB VVS & Entreprenørfirma A/S. På Hjortespringbadet inkluderer overslagspriserne ophugning og genetablering af klinkegulve i forbindelse med omlægning af afløbsledninger i bruserum. Den indvendige entreprise på Hjortespringbadet har vist sig at være meget overkommelig, da der kun skal foretages meget begrænsede ophugninger i gulvene (omlægning af ca. 2 meter afløbsledning).

Den indvendige entreprise på Papyro-tex er ligeledes meget begrænset, idet der skal fremlægges ca. 15 m 1 ½" galv. rør, som opkobles til eksisterende installation. Rørinstallationen isoleres for kondens.

**Tabel 6.7** Oversigt over indvendig VVS- og murer-entreprise på Hjortespringbadet og Papyro-tex.

Indvendigt arbejde, Hjortespringbadet og Papyro-tex	Prisoverslag kr.
Murer- og kloakarbejde i forbindelse med omlægning af ca. 2 m afløbsledning. Genetablering af klinkegulv og toilet. Afløbsledning føres udenfor bygning og kobles på ny kloakbrønd	65.000
Hulboring gennem yderfundament og fremføring af nye 1 1/2" galv. rør (ca. 15 m) samt opkobling til eksisterende installation. Pris inkluderer montering af nødvendige ventiler, kontraventiler og vandmåler	30.000
Levering og montering af filterpatron	7.500
<b>I alt</b>	<b>102.500</b>

Den udvendige anlægsudgift er omfattende, idet den både omfatter etablering af en længere trykledning, anlæg af renseanlæg (som etableres udendørs i en nedgravet betontank) samt anlæg af en udligningstank, hvorfra vandet pumpes til Northor. Desuden skal der etableres en sekundær kloakledning rundt om Hjortespringbadet, der kan opsamle det grå spildevand fra brusekabinerne.

**Tabel 6.8** Samlet udvendig anlægsentreprise for etablering af en trykledning mellem Centralapoteket og Northor.

Udvendigt arbejde, Centralapoteket – Northor	Prisoverslag kr.
Ledningsarbejder ca. 300 m. Udføres som styret underboring med 3 udgravningssteder. Opkobling til udligningstank og installation ved Papyro-tex	175.000
Kloakledning omkring Hjortespringbadet for opsamling af brusevand (inkl. 4 stk. brønde)	35.000
15 m <sup>3</sup> glasfibertank	45.000
Pumpebrønd for central opsamling af gråt spildevand	25.000
Præfabrikeret betontank ø 2,5 m, 3,0 m dyb til etablering af renseanlæg	30.000
Tryksandfilter	35.000
UV-anlæg, 95 W til behandling af maksimalt 5,4 m <sup>3</sup> /time (klart vand)	15.000
Diverse pumper, rørarbejde, ventiler, mv. i forbindelse med etablering af pumpestation, renseanlæg og udligningstank	85.000
Udgravning og anlæg af udligningstank, betontank, Pumpebrønd	28.000
El-entreprise, strømtilførsel til renseanlæg og Pumpebrønd, styretavle, elmåler, m.m.	45.000
Belægningsarbejder	20.000
<b>Netto anlægsomkostning</b>	<b>538.000</b>
Forprojektering af samlet anlægsløsning	50.000
Rådgivningshonorar, 20% af netto anlægsomkostning	98.600
Byggepladsindretning, 5% af netto anlægsomkostning	24.650
Jordbundsanalyser	3.500
<b>Samlet brutto anlægsomkostning</b>	<b>714.750</b>

De samlede anlægsudgifter for etablering af et gråvandsudvekslingssystem mellem Hjortespringbadet og Papyro-tex kan nu opgøres. Der er i overslagsberegningerne anslået uforudsete udgifter i størrelsesordenen 10% af de samlede anlægsudgifter.

**Tabel 6.9** Samlet anlægsudgift for etablering af et gråvandsudvekslingssystem mellem Hjortespringbadet og Papyro-tex.

Samlet anlægsudgift	Udgift kr.
Indvendigt arbejde, Hjortespringbadet og Papyro-tex	102.500
Udvendigt arbejde mellem Hjortespringbadet og Papyro-tex	714.750
<b>Samlede anlægsudgifter</b>	<b>817.250</b>
<b>Samlet anlægsudgift inkl. uforudsete udgifter (10% af anlægssum, i alt 81.725 kr.)</b>	<b>898.975</b>

### 6.3.2 Driftsudgifter, scenarie 2

Driftsomkostningerne omfatter primært strømforbrug til pumpedriften i forbindelse med rensning af gråvandet og transport af vand til Papyro-tex. Derudover forbruges der strøm i forbindelse med UV-behandling af gråvandet. Andre driftsudgifter omfatter udskiftning af UV-rør og udskiftning af filterpatroner.

Vedligeholdelsen og kontrol foregår primært ved renseanlægget, som er placeret ved Hjortespringbadet. Det vil være hensigtsmæssigt, at det er personalet på Hjortespringbadet, der foretager den løbende vedligeholdelse, da de i forvejen har sådanne opgavetyper i forbindelse med vedligeholdelse af svømmebadet. På Papyro-tex foretages regelmæssig rensning og eventuel udskiftning af filterpatronen. Der kan opstå et løbende behov for rensning af afhærderen på Papyro-tex, såfremt der dannes kraftige belægninger af biofilm i denne. Rensningen kan foretages med natriumhydroxid.

Der tages regelmæssigt vandprøver, f.eks. 1 gang pr. måned for sikring af vandkvalitet. Den månedlige kontrol bør foretages for at undersøge den mikrobielle aktivitet. Den løbende mikrobielle aktivitet kan eventuelt foretages med analysekittet "Hygicult", som angiver størrelsesordenen af den mikrobielle aktivitet. Det anbefales, at der en gang årligt tages en vandprøve for analysering af en række relevante mikroorganismer, f.eks. som foreslået af /59/. Derudover antages det, at der en gang i kvartalet foretages rengøring af udligningstanken med højtryksspuling.

**Tabel 6.10** Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger på Hjortespringbadet og Papyro-tex.

<b>Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger, Hjortespringbadet og Papyro-tex</b>	<b>Driftsudgift/år</b>
Strømforbrug pumpebrønd (0,37 kWh) 3.500 driftstimer/år	1.000
Strømforbrug recirkulationspumpe (0,37 kWh) 8.700 driftstimer/år	2.400
Strømforbrug hovedpumpe (for pumpning af vand til Papyro-tex) (1,1 kWh) 4.200 driftstimer/år	4.620
Strømforbrug UV-anlæg, ca. 900 kWh/år	680
Udskiftning af UV-rør	2.000
Udskiftning af filterpatron	1.000
Kemikalier (NaOH)	500
Analysér: "Hygicult" (mikrobiel aktivitet), 1 årlig analysepakke for mikrobiel aktivitet	8.000
Vedligeholdelse, kontrol, rengøring, ca. 2 time/uge	12.400
<b>I alt</b>	<b>32.600</b>

Af driftsudgiftsregnskabet fremgår, at energiforbruget til behandling og transport af gråvandet andrager ca. 2,75 kWh/m<sup>3</sup> gråt spildevand. Til sammenligning vil energiforbruget i en RO-proces inkl. udpumpning af vandet ligge på ca. 4 kWh/m<sup>3</sup>.

### 6.3.3 Samlet økonomi for scenarie 2

Den samlede økonomi i projektet kan nu beregnes. Det var på forhånd anslået, at procesvandbehovet på Papyro-tex var 4.200 m<sup>3</sup>/år. Der er i forbindelse med afslutningen af dette projekt ændret på dette forhold, idet der - efter indsamlingen af virksomhedsoplysningerne fra spørgeskemaundersøgelsen - er etableret begrænset vandgenbrug på Papyro-tex, som har medført vandbesparelser på ca. 1.000 m<sup>3</sup>/år. Vandbehovet på Papyro-tex til vask af procesluft er dermed faldet til ca. 3.200 m<sup>3</sup>/år. I de økonomiske beregninger er der derfor kun regnet med en potentiel gråvandsudnyttelse på ca. 3.200 m<sup>3</sup>/år.

**Tabel 6.11 Nutidsværdi beregning og beregning af samlet nettobesparelse ved etablering og drift af gråvandsanlæg mellem Centralapoteket og Northor.**

Samlet anlægsudgift	898.975 kr.
Samlede drifts- og vedligeholdelsesudgifter i 15 år: 15 år · 32.600 kr/år	489.000 kr.
Samlet vandmængde i 20 år: 20 år · 3.200 m <sup>3</sup> /år	64.000 m <sup>3</sup>
<b>Nutidsværdi: (898.975 + 489.000) kr. / 64.000 m<sup>3</sup></b>	<b>21,7 kr/m<sup>3</sup></b>
Udgift for opsamling og behandling af 3.200 m <sup>3</sup> gråvand/år	69.500 kr.
Potentiel årlig vandbesparelse: 3.200 m <sup>3</sup> · 20,43 kr/m <sup>3</sup>	65.400 kr.
<b>Samlet nettonutidsværdi pr. år</b>	<b>- 4.100 kr/år</b>

Som det fremgår af Tabel 6.11 REF FLETFORMAT, vil der med de givne gråvandsmængder set over en 20-årig periode være en årlig udgift på 4.100 kr. for etablering og drift af et gråvandsudvekslings- og behandlingsanlæg. Udgiften skal fordeles mellem de to virksomheder.

Selve tilbagebetalingsperioden på anlægsinvesteringen andrager (ekskl. drift og vedligehold):

$$\frac{898.975 \text{ kr.}}{65.400 \text{ kr/år}} = 13,7 \text{ år}$$

En tilbagebetalingsperiode på næsten 14 år på anlægsinvesteringen er uacceptabel for Papyro-tex og i overkanten af, hvad Hjortespringbadet vil kunne acceptere.

Eksemplet illustrerer tydeligt betydningen af de potentielle vandmængder, der kan udveksles. Det ændrede vandmængdebehov på Papyro-tex har betydet, at projektøkonomien er ændret fra at have givet en nettobesparelse på ca. 15.000 pr. år over 20 år, med en vandmængde på ca. 4.200 m<sup>3</sup>/år til at give et underskud på ca. 4.000 kr med en vandmængde, der er ca. 1.000 m<sup>3</sup> mindre pr. år. Det er i den forbindelse værd at bemærke, at den mindre vandmængde ikke ændrer på anlægsudgiften, hverken hvad angår rensningsanlægget eller rørsystemet for transport af det grå spildevand.

## 6.4 Betydningen af ændrede forudsætninger

Der er en række forhold, som kan tænkes at ændre projektøkonomien i et gråvandsudvekslingsprojekt mellem virksomheder.

I forrige kapitel blev betydningen af ændrede forudsætninger omkring vandmængdeforholdene tydeligt vist, hvilket sætter prognoser for fremtidigt forventet vandforbrug i relief i forbindelse med etablering af gråvandsudvekslingsanlæg. Der kan være flere forhold, som resulterer i ændret vandforbrug på virksomheder. Ændrede produktionsforhold vil som oftest resultere i ændrede vandforbrugsforhold på vandtunge industrivirksomheder. Målrettede vandbesparende foranstaltninger vil tydeligvis også ændre på vandforbruget, men dette er tiltag, som virksomheden selv afgør.

Betydningen af en ændret prispolitik omkring vandpriserne i kommunen er åbenlys, idet en forøgelse af vandprisen har en direkte positiv indflydelse på projektøkonomien. Da der i fremtiden ikke er meget, der tyder på, at vandet bliver billigere, vil det formentlig om nogle år være endnu mere rentabelt at etablere gråvandsudvekslingssystemer mellem storforbrugere af vand.

Driftsudgifterne og dermed økonomien af et gråvandsbehandlingsanlæg påvirkes, hvis der opstår uforudsete problemer omkring rensningsprocessen og dermed vandkvaliteten af det behandlede gråvand. En uacceptabel forringet vandkvalitet kan resultere i en ændring af den oprindelige rensningsstrategi og et hyppigere prøvetagningsforløb. Sådanne problemer omkring vandkvaliteten kan være katastrofale for gråvandsmodtageren, såfremt det resulterer i produktionsforstyrrelser eller produktionsstop. Det fremtidige samarbejde mellem virksomhederne omkring gråvandsudveksling kunne i en sådan situation tænkes at blive anstrengt og muligvis afbrudt.



Derfor er det vigtigt at opstille en risikovurdering, der skal afklare omfanget af et analyseprogram. De elementer, der er vigtige at forholde sig til i en sådan vurdering, er kompleksiteten og stabiliteten af renseprocessen og gråvandsmodtagerens krav til det rensede gråvand.

# 7 anbefalinger til fremtidig genbrug af gråt spildevand

## 7.1 Generelle anbefalinger til fremtidig planlægning af fællesanlæg med henblik på udnyttelse af gråt spildevand

Undersøgelsen har vist, at der ligger et stort genanvendelsespotentiale af gråt spildevand fra store vandforbrugende fællesanlæg, som af hygiejniske årsager har vanskeligt ved selv at bruge sit eget lettere forurenede grå spildevand, og som dermed nødvendigvis må forsynes med vand af drikkevandskvalitet.

En forudsætning for, at der kan skabes muligheder for en bæredygtig udnyttelse af vandressourcerne – i dette tilfælde genanvendelse af gråt spildevand - er imidlertid, at der i forbindelse med fremtidig byplanlægning tages højde for placeringen af potentielle primær- og sekundæranlæg. Dette projekt har vist, at afstanden ikke nødvendigvis er udslagsgivende for en økonomisk realistisk model med en fornuftig tilbagebetalingshorisont. Det har vist sig, at udgifterne i forbindelse med opsamling og distribution af gråvandet på virksomhederne kan være så betydelige, at projektøkonomien bliver uacceptabel dyr i forhold til besparelspotentialet af rent vand.

Anbefalingerne til fremtidig byplanlægning, som tilgodeser genanvendelse af gråt spildevand, går derfor i ligeså høj grad på en hensigtsmæssig etablering af afløbssystemer i fremtidige fællesanlæg, der muliggør en ukompliceret og dermed billig opsamling af gråt spildevand. En sådan hensyntagen til indretning af afløbssystemet vil ikke være særligt fordyrende i en etableringsfase, men særdeles omkostningskrævende at indrette efterfølgende.

Derfor anbefales det, at der ved fremtidig planlægning af større vandforbrugende fællesanlæg i lige så høj grad fokuseres på en hensigtsmæssig etablering af afløbssystemer i bygningerne som på den geografiske placering af potentielle primær- og sekundæranlæg i en byplanlægningsfase. Sådanne hensyn vil utvivlsomt fremme mulighederne for fremtidig vandgenbrug mellem vandforbrugende fællesanlæg.

## 7.2 Anbefalinger til fremgangsmåde for planlægning af genbrug af gråt spildevand i eksisterende fællesanlæg

På baggrund af de erfaringer, som er gjort gennem projektet, gives der i det følgende en anbefaling til, hvorledes et projektforslag (forundersøgelse) omkring udveksling af gråt spildevand mellem større vandforbrugende virksomheder vil kunne føres ud i livet. Der gives i det følgende forslag til en fremgangsmåde, der starter med de indledende projektforberejdelser og ender med et forslag om udarbejdelse af en detailplan med tilhørende projektøkonomi.

Den mest hensigtsmæssige fremgangsmåde vil være en inddeling af forundersøgelsen i tre faser: En afklaringsfase, en undersøgelsesfase og en detailplanlægningsfase. Der foretages en projektevaluering efter hver fase, således at der på de givne tidspunkter kan tages stilling til, om projektforslaget skal fortsætte. Udgifterne til gennemførelsen af en forundersøgelse vil være gradvist stigende, således at en indledende afklaringsfase vil kunne gennemføres indenfor en meget begrænset økonomisk ramme, såfremt virksomhederne selv kan stå for indsamlingen af relevante oplysninger og kun i begrænset omfang har brug for ekstern rådgivning.

## 7.2.1 Afklaringsfasen

I afklaringsfasen indsamles data ud fra eksisterende oplysninger omkring vandforbrug, vandkvalitet, logistiske forhold mv., som måtte findes ved de implicerede virksomheder. Formålet med denne fase er at tilvejebringe vigtige centrale oplysninger, som kan danne grundlag for, om en videreførelse af projektet er fornuftig. Når afklaringsfasen er tilendebragt, vil det stå forholdsvist klart, om der kan gennemføres en teknisk, økonomisk og arbejdsmiljø mæssig forsvarlig løsning for etablering af et gråvandsudvekslingssystem mellem et givent primær- og sekundæranlæg. I det følgende gennemgås de elementer, som er vigtige at få belyst i afklaringsfasen. Det vigtigste element omkring et projekt, der omhandler udveksling af gråt spildevand mellem to virksomheder, er, at der på forhånd indgås en samarbejdsaftale mellem virksomhederne, og at virksomhederne i fællesskab er indstillet på at arbejde hen imod at løse alle problemer i og efter projektforløbet.

### 7.2.1.1 Vandforbrugsoplysninger

- 1. Kortlægning af nuværende vandforbrug hos (P) og (S)**
  - Årligt vandforbrug, fremtidigt forventet vandforbrug
- 2. Opdeling af nuværende vandforbrug på virksomheder**
  - Procesvand, kølevand, sanitært vandforbrug, rengøringsvand
- 3. Potentielt gråvandsressource hos (P)**
  - Ud fra 2) bedømmes, hvor stor en potentiel gråvandskilde, der kan tilvejebringes fra (P)
- 4. Potentielt vandbehov for (renset) gråt spildevand ved (S)**
  - Ud fra 2) bedømmes, hvor stort et behov der kan skønnes at være hos (S) af en vandkvalitet, som er ringere end svarende til drikkevandskvalitet
- 5. Dagligt forbrugsmønster af vand**
  - Dagligt gennemsnitsforbrug, hverdags- og weekendforbrug, spidsbelastningsforbrug

### 7.2.1.2 Vandkvalitetsoplysninger

- 1. Nødvendigt krav til vandkvalitet ved (S)**
  - Ved (S) beskrives et foreløbigt forventet krav til vandkvaliteten i den givne proces. Foretages så specifikt som muligt (f.eks. ingen lugtgener, ingen partikler, ingen udfældning/aggressivitet osv.)
  - Stilles der krav om drikkevandskvalitet i produktion?
- 2. Eventuelt eksisterende kontrolprogram af drikkevand ved (S)**
  - Analysetyper, hyppighed, kravværdier, normal interval
- 3. Eventuelt eksisterende kontrolprogram af spildevand ved (P)**
  - Analysetyper, hyppighed, kravværdier, normal interval
- 4. Spildevandssammensætning fra (P)**
  - Ud fra 3) angives oplysninger om gråvandsspildevandssammensætning

### 7.2.1.3 Logistiske oplysninger

De logistiske oplysninger skal belyse omfanget af et indgreb, der er nødvendigt for en overførsel af gråt spildevand mellem to virksomheder. Herunder skal det undersøges:

- 1. Om adskillelse af gråt og sanitært spildevand er mulig ved (P)**
- 2. Installationsomfang i forbindelse med vandopsamling ved (P)**

3. **Om der er mulighed for etablering af vandudligningssystem (udligningstank) i eller uden for (P)**
  - Eksisterende udligningsmuligheder
  - Mulig fysisk placering af tank indendørs/udendørs
4. **Afstandsforhold mellem (P) og (S)**
5. **Vandrensningsfaciliteter og vanddistributionssystem ved (S)**
  - Eksisterende rensningsfaciliteter?
  - Kompliceret vanddistributionssystem?
  - Nødvendigt rørtræk?
  - Pladsforhold?

#### 7.2.1.4 Indledende arbejdsmiljømæssige oplysninger

Der foretages en indledende arbejdsmiljømæssig vurdering af projektet. Herunder skal følgende forhold indledningsvist belyses:

1. **Genanvendelse af gråvandet i åbne eller lukkede systemer ved (S)**
2. **Risiko for kontakt med det genanvendte gråvand ved (S)**
3. **Skadelige indholdsstoffer i gråvandet**
4. **Patogene (sygdomsfremkaldende) mikroorganismer i gråvandet**
5. **Mulighed for fjernelse af skadelige stoffer og mikroorganismer fra gråvandet i en given rensningsproces**

#### 7.2.1.5 Indledende økonomiske betragtninger

Der foretages indledende overslagsberegninger på baggrund af de indsamlede oplysninger. Herunder beregnes:

1. **Potentialet for den økonomiske besparelse i form af reduceret vandforbrug**
  - Vandprisen, der tages udgangspunkt i, udgør vandtilledningsprisen og vandafledningsafgiften. Der medtages ikke moms og statsafgift
  - Estimeret gråvandsmængde, der kan genanvendes
2. **Den forventelige økonomiske udgift til etablering af et gråvandsudvekslingssystem mellem virksomhederne**
  - Installationsomkostninger, eventuelt estimeret på baggrund af denne rapport's tal-materiale
  - Mulig afskrivning på anlægsinvestering
3. **Tilbagebetalingshorisont for investeringen i forhold til besparelse**
4. **Mulig finansieringsplan for gennemførelse af projektet**
  - Undersøgelse af støttemuligheder
  - Virksomhedsfinansiering mulig?

På baggrund af de foregående kortlægningsmæssige, tekniske og økonomiske undersøgelser tages der stilling til, om der er grundlag for en fortsættelse af projektforløbet. Afklaringsfasen formodes at kunne gennemføres alene af de implicerede virksomheder, eventuelt understøttet af rådgivningsbistand i begrænset omfang. Afklaringsfasen vil dermed ikke være omkostningskrævende, såfremt der i virksomheden kan afsættes tid til arbejdet i en sådan projektgruppe. Derimod tilvejebringes et værdifuldt og forsvarligt grundlag for fortsættelsen af projektet.

## 7.2.2 Undersøgelsesfasen

I undersøgelsesfasen foretages en mere uddybende analyse af vandtyper, vandkvalitetsbehov og opgraderingsbehov. Desuden foretages en mere omfattende arbejdsmiljømæssig konsekvensvurdering af projektet. Undersøgelsesfasen ender op med et skitseprojekt, som giver et bedre og mere nøjagtigt teknisk og økonomisk overblik over omfanget af projektet. I undersøgelsesfasen vil der være behov for rådgivningsbistand i forbindelse med valg af rensningsfaciliteter samt bistand til opstilling af prøvetagningsprogram samt prøvetagning og analyse af den grå spildevandskilde. Undersøgelsesfasen vil være mere omkostningskrævende end afklaringsfasen, idet det antages, at der i større omfang er brug for ekstern rådgivnings- og teknikerbistand. Desuden vil der være udgifter i form af analyseomkostninger. Undersøgelsesfasen vil forløbe over en længere tidsperiode, antageligt ½ - 1 år, inden der er tilvejebragt et tilstrækkeligt grundlag. Undersøgelsesfasen vil udmønte sig i en endelig beslutning om, hvorvidt projektet skal detailprojekteres og dermed føres ud i livet.

Følgende elementer vil skulle indgå i en undersøgelsesfase:

### 1. Analyseprogram

- Der opstilles analyseprogram for fysiske, kemiske og mikrobielle parametre i gråvandskilden ved primæranlæg
- Der foretages en vurdering af analysefrekvensen, som er nødvendig for dannelse af et billede af variationen i vandkvaliteten af det grå spildevand
- Der tages stilling til, over hvor lang en tidshorizont analyseprogrammet bør foregå (årstidsvariationer?)

### 2. Vandkvalitet ved sekundæranlæg

- Der foretages en indgående teknisk vurdering af den nødvendige og acceptable vandkvalitet ved (S)
- Der foretages eventuelle analyser af procesvandet med hensyn til relevante vandkvalitetsmæssige parametre ved (S)

### 3. Rensningsbehov

- På baggrund af 1) og 2) vurderes behovet for opgradering af gråvandet fra (P)
- Der tages højde for mulig eftervækst i gråvandet efter opsamling fra (P) i en oplagringssituation

### 4. Uddybende arbejdsmiljømæssig undersøgelse

- Relevante myndigheder inddrages i projektforsløbet (Arbejdstilsynet, kommunen, eventuelt embedslægeinstitutionen, sundhedsmyndighederne)

### 5. Skitseprojektering af vandudvekslingssystem

- Nødvendigt vandopsamlingssystem ved (P)
- Udligningstanksystem
- Ledningsnet mellem (P) og (S)
- Rensningsanlæg til opgradering af vand ved (P) eller (S)
- Gråvandsdistributionssystem på (S)
- Driftsforhold (mandskab, strøm, vedligehold, eventuelle kemikalier mv.)

### 6. Økonomi

- Overslagspris på baggrund af skitseprojekteringsberegningerne

## 7.2.3 Detailplanlægningsfasen

Ud fra et foreliggende skitseprojekt foretages den endelige planlægning på detailplanlægningsniveau. Dette projekt resulterer i en detailplan, hvori følgende elementer bør indgå:

### 1. Eventuelle forundersøgelser

- Jordbundsforhold
- Særlige forhold ved etablering
- Test af vandrensingsudstyr for sikring af vandkvalitet hos (S)

2. **Forslag til indgriben i eksisterende installationer ved (P) og (S)**
  - Detailplan, udarbejdet af rådgivningsfirma
3. **Endelig rørføring mellem virksomheder**
  - Detailplan, udarbejdet af rådgivningsfirma
4. **Indhentning af diverse myndighedsgodkendelser**
  - Kommunen, Arbejdstilsynet, sundhedsmyndigheder, eventuelt embedslægeinstitutionen
5. **Udarbejdelse af juridisk bindende vandudvekslingsaftale mellem virksomheder**
  - Aftale om vandmængdeudveksling
  - Registrering af vandmængder
  - Sikring af vandkvalitet
6. **Samlet økonomisk beregning**
  - Eventuelt udarbejdelse af udbudsmateriale, udarbejdet af rådgivningsfirma



## 8 Konklusion

I projektet er der foretaget en gennemgående kortlægning af de mest vandforbrugende virksomheder og institutioner i Herlev Kommune med henblik på at foretage en vurdering af de tekniske, økonomiske og miljømæssige aspekter omkring udveksling af gråt spildevand mellem virksomheder.

På grund af undersøgelsens karakter og valget af Herlev Kommune som case-område blev det fra starten besluttet at medtage både opsamling af regnvand og let forurenset industri-spildevand som en mulig potentiel gråvandsressource med henblik på genanvendelse.

Kortlægningen, der blev gennemført ved hjælp af en spørgeskemaundersøgelse samt virksomhedsinterviews, havde til formål at udpege større producenter af gråt spildevand (primæranlæg, P) og større potentielle aftagere af gråt spildevand (sekundæranlæg, S) blandt virksomheder i Herlev Kommune. Kortlægningsundersøgelsen resulterede i, at der blev udpeget 7 potentielle primæranlæg og 6 potentielle sekundæranlæg, for hvilke det var muligt at opstille gråvandsudvekslingsscenerier.

På baggrund af en afstands- og vandmængdematrice for alle potentielle primær- og sekundæranlæg blev der udpeget 2 relevante scenarier for gråvandsudveksling, for hvilke afstandsforhold og potentiel gråvandsudveksling syntes optimal:

Scenarie 1: Centralapoteket (P) – Northor (S)

Scenarie 2: Hjortespringbadet (P) – Papyro-tex (S)

Scenarie 1 bedømmes umiddelbart som det økonomisk, teknisk og arbejdsmiljømæssige mest attraktive valg. Anlægsudgifterne samt drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne af gråvandsudvekslingssystemet gør anlægsinvesteringen økonomisk rentabel ved beregning af nettonutidsværdien, der forudsætter en afskrivningsperiode på 20 år. Vandkvaliteten er så høj, at en rensning af vandet kan undgås, hvilket billiggør omkostningerne ved genanvendelsen og reducerer de arbejdsmiljømæssige risici i forbindelse med omgang med vandet hos gråvandsmodtageren. Forudsætningerne for, at investeringen bliver rentabel, er imidlertid, at hele den gråvandsmængde, der er til rådighed fra Centralapoteket, kan udnyttes fuldt ud. Dette synes at være muligt ved etablering af en udligningstank, der kan udjævne forskellen i de flowvariationer, som er imellem de to anlæg.

Scenarie 2 betragtes som det mest interessante scenarie i forbindelse med gråvandsudnyttelse, idet der er tale om genanvendelse af brusebadsvand, der normalt betragtes som ”ægte” gråt spildevand. Omkostningerne i forbindelse med opsamling, behandling og transport af det grå spildevand er imidlertid betragtelige på trods af, at selve opsamlingen af det grå spildevand i Hjortespringbadets brusekabiner viste sig at være uproblematisk og dermed relativt billig.

På baggrund af gråvandsmodtagerens krav til gråvandet, blev der opstillet et teknisk-økonomisk realistisk scenarie for rensning af det grå spildevand. Rensningen indebærer, at partikler fra vandet fjernes i et sandfilter, hvorefter vandet tilledes en udligningstank. For opretholdelsen af et lavt kimtal i udligningstanken foretages en kontinuert UV-behandling af vandet. Inden vandet aftappes hos gråvandsmodtageren, foretages en efterfiltrering, således at der ikke opstår tekniske problemer i form af tilstoppede sprinklerdyser.

Økonomien i scenarie 2 vurderedes at være urentabel primært på grund af, at hele gråvandsressourcen fra Hjortespringbadet kun udnyttes halvt. Således beregnes for anlægsinvesteringen en negativ nettonutidsværdi på – 4.100 kr. pr. år. En fuld udnyttelse af Hjortespringbadets gråvandsressource på 7.700 m<sup>3</sup>/år ville have resulteret i en rentabel investering med en nettonutidsværdi på 82.000 kr. pr. år set over en 20-årig afskrivningsperiode med en realrente på 4%.



På baggrund af de gennemregnede scenarier kan det konkluderes, at det generelt er økonomisk rentabelt at genanvende større mængder af gråt spildevand mellem vandforbrugende fællesanlæg. Med de aktuelle vandpriser på ca. 20 kr. pr. m<sup>3</sup> (ekskl. moms og vandafgift) vil det kunne betale sig at etablere gråvandsudvekslingsanlæg, når vandmængderne overstiger 4.000 – 5.000 m<sup>3</sup>/år. Forudsætningen er dog, at den totale anlægsinvestering inklusiv rensning ikke overstiger ca. 900.000 kr., og at drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne ikke er større end 30.000 kr. pr. år. Såfremt der spekuleres i fremtidens priser på rent drikkevand, forventes priserne ikke at falde – snarere tværtimod. Dette vil i så fald være medvirkende til en yderligere forbedring af økonomien i en gråvandsudvekslingssymbiose.

Da det vurderes for realistisk, at der måtte eksistere mange mulige sammenkoblingsscenarier for udveksling af gråt spildevand i andre områder af landet, hvor forholdene omkring gråvandsudveksling er endnu mere gunstige, vil det være anbefalelsesværdigt at undersøge sådanne muligheder nærmere.

Generelt kan det konkluderes, at vil det være særdeles økonomisk fordelagtigt at indrette afløbssystemerne på en sådan måde, at gråvandsopsamling bliver ukompliceret i forbindelse med nyetablering af større vandforbrugende fællesanlæg. En sådan indretning vil i forbindelse med en nyetablering stort set være omkostningsneutral. Til gengæld vil det være væsentligt lettere efterfølgende at få etableret en gråvandsudvekslingssymbiose mellem vandforbrugende fællesanlæg.

## 9 Referenceliste

- /1/ Herlev Kommune. Vandforsyningsplan 1998 – 2009.
- /2/ Miljøstyrelsen og Boligministeriet. Boligernes vandforbrug – Den udnyttelige regnvandsressource. Januar 1998.
- /3/ Bechmann, D. Strategier for fremtidens vandforsyning i boligområder. Ph.D afhandling for Statens Byggeforskningsinstitut, SBI og Institut for Miljøteknologi, DTU.
- /4/ Herlev Amtssygehus, 2000. Personlig kontakt med teknisk chef Arno Hansen.
- /5/ Herlev Kommune. Miljøhandlingsplan 1998 – 1999.
- /6/ Per Skaarup, sagsbehandler Herlev Kommune, Teknisk forvaltning. Personligt oplyst. 2000.
- /7/ Tanja Jerlang, sagsbehandler Herlev Kommune, Teknisk forvaltning. Personligt oplyst. 2000.
- /8/ Bolig- og Byministeriet og Miljøstyrelsen. Albrechtsen, H.J. Boligernes vandforbrug. Mikrobiologiske undersøgelser af regn- og gråvandsanlæg. 1998.
- /9/ Bolig- og Byministeriet og Miljøstyrelsen. Albrechtsen, H.J., Henze, M., Mikkelsen, P. S., Adeler, O. F. Boligernes vandforbrug. Den udnyttelige regnvandsressource. 1998.
- /10/ Herlev Erhvervsråd og Herlev Kommune. Herlev Erhvervshåndbog 1998.
- /11/ Queensland Government. Prepared on behalf of Queensland Water Recycling Strategy by Kinhill Pty Ltd. Industry Water Recycling Background Study. 1999.
- /12/ Miljøstyrelsen. Sandvig Nielsen, J. Pedersen, P. B. Vandforbrug i fremstillingsindustrien. 1994.
- /13/ Danske Vandværkers Forening. Vandforsyningsstatistik 1998. 2000.
- /14/ Jeppesen, B. Domestic greywater re-use: Australia's challenge for the future. Desalination 106, pp. 311 – 315. 1996.
- /15/ Nielsen, P. Nye betalingsregler for spildevandsafledning. Stads- og Havnengineeringøren, nr. 8, 2000.
- /16/ Smith, M. Rensningsmetoder for gråt spildevand – en karakteristik og analyse af to etablerede gråvandsanlæg. Eksamensprojekt ved Institut for Miljøteknologi, DTU. 1999.
- /17/ GEUS, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Amdsrapporter, 1995 – 1996.
- /18/ Vandrådet, Miljøstyrelsen. Danmarks fremtidige vandforsyning. Betænkning fra Miljøstyrelsen, 1992.

- /19/ Hermanowicz, S. W., Diaz, E. Sanchez, Coe, J. Prospects, problems and pitfalls of urban water reuse: A case study. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse, 3 – 7 July 2000, Paris, France.
- /20/ Ogoshi, M., Suzuki, Y., Asano, T. Water reuse in Japan. 1<sup>st</sup> World Water Congress of the International Water Association. 3 – 7 July 2000, Paris, France.
- /21/ Fong, L. M., Nazarudeen, H. Collection of urban stormwater for potable water supply in Singapore. *Water Quality International*, May/June 1996, pp. 36 – 40.
- /22/ Tchobanoglous, G. Reuse of treated wastewater from small and individual decentralized systems. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse, 3 – 7 July 2000, Paris, France.
- /23/ Henze, M. Wastewater design for households with respect to water, organics and nutrients. *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 9, pp. 113 – 120, 1997.
- /24/ Butler, D., Friedler, E., Gatt, K. Characterising the quantity and quality of domestic wastewater inflows. *Water Science and Technology*, Vol. 31, No. 7, pp. 13 – 24, 1995.
- /25/ Miljøstyrelsen. Fordele og ulemper ved anvendelse af regnvand i husholdninger. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 18, 1996.
- /26/ Stone, R. Water efficiency program for Perth. *Desalination* No. 106, pp. 377 – 390. 1996.
- /27/ Neal, J. Wastewater reuse and trials in Canberra. *Desalination* No. 106, pp. 399 – 405. 1996.
- /28/ Bingly, E. B. Greywater reuse proposal in relation to the Palmyra Project. *Desalination* No. 106, pp. 371 – 375. 1996.
- /29/ Christova-Boel, D., Eden, R. E., McFarlane, S. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination* No. 106, pp. 391 – 397. 1996.
- /30/ Otterpohl, R., Grottker, M., Lange, J. Sustainable water and waste management in urban areas. *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 9, pp. 121 – 133, 1997.
- /31/ Kracman, B., Martin, R., Sztajnbock, P. The Virginia Pipeline: Australia's largest water recycling project. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse, 3 – 7 July 2000, Paris, France.
- /32/ Bahri, A., Bnasset, C., Oueslati, F., Brissaud, F. Reuse of reclaimed wastewater for golf course irrigation in Tunisia. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse, 3 – 7 July 2000, Paris, France.
- /33/ Al-Zubari, W. K. Towards the establishment of a total water cycle management and re-use program in the GCC countries. *Desalination*, No. 120, pp. 3 – 14, 1998.
- /34/ Kurbiel, J., Zeglin, K., Rybicki, S. M. Implementation of the Cracow municipal wastewater reclamation system for industrial water reuse. *Desalination*, No. 106, pp. 183 – 193, 1996.

- /35/ Guillaume, P., Xanthoulis, D. Irrigation of vegetables crops as a mean of recycling wastewater: Applied to Hesbaye Frost. *Water Science and Technology*, Vol. 33, No. 10 - 11, pp. 317 – 326, 1996.
- /36/ You, S. H., Tseng, D. H., Guo, G. L., Lee, S. Y. Evaluation of the feasibility of using reclaimed wastewater as cooling water. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse, 3 – 7 July 2000, Paris, France.
- /37/ Wijesinghe, B., Kaye, R. B., Fell, C. J. D. Reuse of treated sewage effluent for cooling water make-up: A feasibility study and a pilot plant study. *Water Science and Technology*, Vol. 33, No. 10 - 11, pp. 363 – 369, 1996.
- /38/ Tchobanoglous, G., Angelakis, A. N. Technologies for wastewater treatment appropriate for reuse: Potential for application in Greece. *Water Science and Technology*, Vol. 33, No. 10 - 11, pp. 15 – 24, 1996.
- /39/ You, S. H., Tseng, D. H., Guo, G. L., Yang, J – J. The potential for recovery and reuse of cooling water in Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling*, No. 26, pp. 53 – 70, 1999.
- /40/ Deschildre, A. Oudegem Papier (VPK) – A papermill on its way to complete circuit closure. 1<sup>st</sup> PTS – CTP Symposium, München 1999.
- /41/ Hamm, U., Uytting, U., Pulmanski, N. Gaseous emissions before and after the integration of an anaerobic-aerobic circuit water treatment stage. 1<sup>st</sup> PTS – CTP Symposium, München 1999 (på tysk).
- /42/ Bouwer, H. Issues in artificial recharge. *Water Science and Technology*, Vol. 33, No. 10 - 11, pp. 381 – 390, 1996.
- /43/ Miljøstyrelsen. Vandforbrug i fremstillingsindustrien. Miljøprojekt nr. 259, 1994.
- /44/ Miljøstyrelsen. Øget genbrug af vand i papirindustrien: Udvikling af biocidfri metode til kontrol af mikrobiel vækst. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 68, 1996.
- /45/ Kalundborgegnens Symbiosecenter. Industriel Symbiose – Udveksling af ressourcer. [http://www.symbiosis.dk/b2\\_dk.htm](http://www.symbiosis.dk/b2_dk.htm)
- /46/ Noel Jacobsen, Informationschef ved Kalundborgegnens Symbiosecenter. Personligt oplyst. 2000.
- /47/ Mikael Landt, Københavns Vand. Personligt oplyst. 2000.
- /49/ Jørgensen, C., DHI - Institut for Vand og Miljø. Migration and survival of bacteria during artificial recharge. Final report of EU project ENV4-CT95-0071. 2000.
- /50/ Miljøministeriet. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1998.
- /51/ Erik Greve, Centralapoteket. Personligt oplyst. 2000.
- /52/ Harremoës, P., Henze, M., Arvin, E. Dahi, E. Teoretisk Vandhygiejne, 4. udg. 1994. Polyteknisk forlag, Lyngby.
- /53/ Henrik Grüttner, Miljøchef hos Sophus Berendsen A/S. Personligt oplyst. 2000.

- /54/ CEVI, Centre for Industrial Water Management. CEVI Newsletter, No. 1, september 2000. <http://www.cevi.org>
- /55/ Thorbjørn Rigaard, Danboring A/S Hanstholm, Bybakken 69, 7730 Hanstholm. Personligt oplyst. 2000.
- /56/ Arbejdstilsynet. At-anvisning nr. 3.1.0.2, december 1996: Grænseværdier for stoffer og materialer. <http://www.arbejdstilsynet.dk/Overblik/atviden/ANVISNIN/A310296/A310296.HTM>
- /57/ Arbejdstilsynet. Bekendtgørelse nr. 864 af 10. november 1993. Bekendtgørelse om biologiske agenser og arbejdsmiljø. <http://www.arbejdstilsynet.dk/services/exec/mask.exe?mask=framecont.msk&MyMask=BrList.msk&AREAPATH=regler&Categ=2>
- /58/ Arbejdstilsynet. Lovbekendtgørelse nr. 784 af 11. oktober 1999. Bekendtgørelse af lov om arbejdsmiljø. <http://www.arbejdstilsynet.dk/services/exec/mask.exe?mask=framecont.msk&MyMask=BrList.msk&Categ=1&AREAPATH=regler>
- /59/ Ledin, A. Eriksson, E., Eilersen, A. M., Henze, M. Institut for Miljøteknologi, DTU. Dalsgaard, A. Institut for Veterinær Mikrobiologi, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Forslag til analytisk måleprogram for karakterisering af gråt spildevand i relevante Tema 4 projekter. Marts, 2000.

Spørgeskema til projektet "Øget genanvendelse af gråt spildevand i fællesanlæg i større bysamfund".

# Spørgeskema

## 1) Kontaktoplysninger

<b>Virksomhedens navn:</b>	<b>Ejer:</b>
<b>Adresse:</b>	<b>Telefon:</b>
<b>Postnr. og by:</b>	<b>Fax:</b>
<b>Kontakt person:</b>	<b>E-mail:</b>

## 2) Virksomhedstype

<b>Beskrivelse:</b>
---------------------

## 3) Antal ansatte

<i>Ansatte</i>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	
<b>Fuldtidsansatte</b>						
<b>Deltidsansatte (£30 timer)</b>						

## Udfyldes kun af produktionsvirksomheder

### 4) Omsætning (mill. kr/år)

	1995	1996	1997	1998	1999	
<b>Hovedprodukter</b>						
<b>Biprodukter</b>						
<b>Total</b>						

### 5) Produktionstid

<b>Produktionstimer pr. dag</b>	
<b>Produktionsdage pr. uge</b>	
<b>Produktionsdage pr. år</b>	

### 6) Hvilken type produkter fremstilles

Produktnavn	Hovedprodukt	Biprodukt

### 7) Produktionsmængder, hovedprodukter, biprodukter (tons/år)

Produktion	1995	1996	1997	1998	1999	

### 8) Brug af råmaterialer (tons/år)

Råmateriale	1995	1996	1997	1998	1999	



9) Brug af kemikalier der har kontakt med vand (tons/år)

<i>Kemikalienavn</i>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	

## Udfyldes kun af servicevirksomheder

### 10) Omsætning (mill. kr/år)

	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	
<b>Hovedprodukter</b>						
<b>Biprodukter</b>						

### 11) Arbejdstid

<b>Arbejdstid timer/dag</b>	
<b>Arbejdstid dage/uge</b>	
<b>Arbejdstid dage/år</b>	

### 12) Hvilken type service ydes

<i>Service</i>

### 13) Brug af rengøringsmidler eller andre kemikalier (tons/år)

<i>Kemikalie</i>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	

Vandforbrug og intern vandbehandling  
(udfyldes af både produktionsvirksomheder og servicevirksomheder)

**14) Vandtilledning (m<sup>3</sup>/år)**

Tilledning	1995	1996	1997	1998	1999	
<b>Offentligt vandværk</b>						
<b>Privat boring</b>						

**15) Forbrugsmønster af vand (m<sup>3</sup>)**

Forbrug	1995	1996	1997	1998	1999	
<b>Daglig gennemsnit</b>						
<b>Daglig max</b>						
<b>Årligt</b>						

**16) Anvendelse af vand (m<sup>3</sup>/dag)**

Anvendelse	1995	1996	1997	1998	1999	
<b>Proces</b>						
<b>Rengøring</b>						
<b>Køling</b>						
<b>Sanitære formål*:</b>						
<b>Andre (specificer venligst):</b>						

\* ved sanitært spildevand menes i denne sammenhæng spildevand stammende fra toiletter.

**17) Virksomhedens vandkvalitetskrav til vand**

Parameter (specificer venligst)	Foretrukken interval	Evt. kravværdi	Enhed

**18) Angiv virksomhedens kontrolprogram for vandkvalitet**

Analysetype (specificer venligst)	Antal analyser pr. år	Typisk interval	Enhed

19) *Krav om drikkevandskvalitet*

<i>Stilles der fra virksomheden krav om, at vandet skal være af drikkevandskvalitet?</i>	<i>Ja</i>	<i>Nej</i>
--	-----------	------------

20) *Kontrol af vand fra vandværk*

<i>Kontrolleres vanddata fra vandværk med egne målinger?</i>	<i>Ja</i>	<i>Nej</i>
--	-----------	------------

21) *Adskillelse af gråt spildevand og sanitært spildevand*

<i>Holdes gråt spildevand og sanitært spildevand helt eller delvist adskilt i særskilte rørsystemer, således at opsamling af gråt spildevand er mulig?</i>	<i>Ja</i>	<i>Nej</i>
--	-----------	------------

Hvis ja, besvar da venligst de 2 følgende spørgsmål

<i>Er hel eller delvis vandopsamling af gråt spildevand umiddelbart muligt inden evt. sammenblanding med sanitært spildevand? (specificer venligst)</i>
<i>Hvor stor en mængde gråt spildevand kan holdes adskilt fra sanitært spildevand (m<sup>3</sup>/d)?</i>

22) *Genanvendelse af vand på virksomheden*

<i>Benyttes der i dag genbrug af vand på virksomheden, som er helt eller delvist behandlet?</i>	<i>Ja</i>	<i>Nej</i>
---	-----------	------------

Hvis ja, besvar da venligst følgende spørgsmål 22a), hvis nej, besvar da venligst følgende spørgsmål 22b)

22a) *Behandling/rensning af vand på virksomheden til genanvendelse*

<i>Type af behandling (specificer venligst, f.eks. filtre, sandfiltre, ionbytning, membranlæg etc.):</i>
--

**22b) Anvendelse af genbrugsvand på virksomheden**

*Hvis virksomheden skulle anvende gråt spildevand, hvilke krav vil da opstilles? (f.eks. sand, farve, lugt, bakterier osv.)*

**23) Forventet fremtidigt vandbehov**

<b>Vandkvalitet (Specificer evt.)</b>	<b>Behov</b>	<b>Interval</b>	<b>Enhed</b>

## Spildevandsudledning (udfyldes af både produktionsvirksomheder og servicevirksomheder)

### 24) Spildevandsudledning ( $m^3$ )

Mængder	Middel	Interval	Evt. kravværdi
Daglig			
Daglig max			
Årligt			

### 25) Udledning af spildevand (enhed f.eks. $m^3/\text{år}$ , $m^3/\text{dag}$ etc.)

Udledning	Middel	Interval	Enhed
Eget spildevandsreenseanlæg			
Udledning til offentligt kloaksystem			
Direkte udledning til recipient			

### 26) Rensning af spildevand på virksomheden (hvis nogen)

Type af behandling (specificer venligst, f.eks. mekanisk filtrering, biologisk rensning, fældning, olieudskiller, etc.):

--

### 27) Spildevandssammensætning ved udledning til kloak (f.eks. pH, BOD, Tot-N, SS etc.)

Parameter (specificer venligst)	Middelværdi	Interval	Kravværdi	Enhed

### 28) Data indsamling og rapportering af vandforbrug og spildevandsudledning

	Vandvolumen	Vandkvalitet	Spildevandsvolumen	Spildevands-sammensætning
Manuelle tabeller (papirform)				
Regneark (PC)				
Databaser				
Andre				

## Økonomisk udgift til vandforbrug og spildevandsudledning

### 29) Udgifter til vandforbrug og spildevandsudledning (kr/år)

Vandtype	1995	1996	1997	1998	1999	
<b>Offentlig vandtilledning</b>						
<b>Private borer</b>						
<b>Spildevandsudledning</b>						
<b>Total</b>						

### 30) Hvordan beregnes spildevandsudledningsafgiften

På baggrund af vandmængder?	Ja	Nej
På baggrund af komponenter i spildevandet?	Ja	Nej

### 31) Kontrol

Hvilken kontrol benyttes fra myndighedernes side?	
Antal kontrolbesøg pr. år	
Antal kontrolprøver pr. år	
Andre kontroltyper	
Ingen kontrol	

### 32) Virksomhedens interesse for genbrug af gråt spildevand eller anden vandkvalitet:

Interesse	Afkryds
Kun interesseret, hvis der kan opnås en økonomisk besparelse <b>Angiv beløbsstørrelse:</b>	
Interesseret, selvom det vil resultere i en nettoudgift for virksomheden <b>Angiv beløbsstørrelse:</b>	
<b>Ikke interesseret i at genanvende gråt spildevand</b> <b>Årsag:</b>	
<b>Andre interesser:</b>	

**33) Andre kommentarer:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





# Spørgeskemabesvarelser

**Skema 1: Overordnede virksomhedsoplysninger**

Virksomheds nr.	Virksomhedstype	Antal fuldtidsansatte	Omsætning 1999 [kr./år]	Produktionstid
1	Sygehus	*	*	*
2	Medicinsk fremstillings virksomhed	1997: 87 1998: 90 1999: 100	ca. 190 mio.	06:00 – 16:00 250 dage/år
3	Jernindustriel fremstillings virksomhed	1997: 110 1998: 85 1999: 85 2000: 75	ca. 90 mio.	8 t/dag 220 dage/år
4	Jernindustriel fremstillings virksomhed	1996: 72 1997: 62 1998: 52 1999: 42	ca. 42 mio.	16 t/dag 230 dage/år
5	Sæbefabrik	1999: 20	ca. 340 mio.	8 t/dag 220 dage/år
6	Låsefabrik	1999: ca. 225	ca. 310 mio.	17 t/dag 220 dage/år
7	Friluftsbad m. overdækning	1997: 9,15 1998: 9,03 1999: 9,03	*	14 t/dag 355 dage/år
8	Svømmehal	1997: 5,34 1998: 5,34 1999: 5,34	*	15 t/dag 215 dage/år
9	Kalandrerings virksomhed	1997: 67 1998: 64 1999: 72	101,7 mio.	24 t/dag 250 dage/år
10	Skøjtehal	1997: 3,74 1998: 3,58 1999: 3,58	*	215 dage/år
11	Jernindustriel fremstillings virksomhed	1996: 530 1999: 450	400 mio.	24 t/dag 220 dage/år
12	Folkeskole	1999: ca. 100 fastansatte 829 elever	*	7 t/dag 202 dage/år
13	Materialegård for kommunen	1999: 32	*	7,5 t/dag 220 dage/år
14	Servicestation med bilvask	1999: 2 fuldtid 10 deltid	22 mio.	225 dage/år

\* Spørgsmål ikke besvaret

**Skema 2: Oplysninger om produkter, servicetype, råmaterialer og kemikalier, der har kontakt med vand, der tilledes kloak**

Virksomheds nr.	1.1 Produkter	1.2 Servicetype	Råvarer (mængde tons/år)	Kemikalier til kloak
1	-	Hospitalsdrift	*	*
2	Infusionsvæsker Hospitalssprit Reagenser Dest. vand Formaldehyd	-	NaCl, 20,5 Glucose, 1 Svovlsyre 0,15 Metronidazol små mgd. (ikke til kloak)	NaCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (afkalkning), Formaldehyd (små mængder), Sæber
3	Radiatorer	-	Stål, Primer og pulvermaling, Fosfatkoncentrat emballage (pap+plast)	Fosfatkoncentrat, NaOH
4	Varmebehandlet stål	-	Ingen	Ingen, lukket vandkredsløb
5	Rengøringsmidler til industrier	-	1999: 5.490	Chlorid, COD (højt indhold)
6	Låsecylindre, låse, hængelåse, nøgler	-	Messing: ** Stål: ** Nysølv: **	Syrer, baser, salte, Chrom, Nikkel, skumdæmper
7	-	Stiller svømmebassin til rådighed for klubber, skoler og off. publikum	Natriumhypoklorit: 19.200 Saltsyre: 1.440 Diatomit: 1.020 Sæbe: 1.475 Rengøringsmidler: 0,64	Chlor, detergenter
8	-	Stiller svømmebassin til rådighed for klubber, skoler og off. publikum	Natriumhypoklorit: 4.000 Saltsyre: 0,72 Salt: 2.100 Sæbe: 0,4 Rengøringsmidler: 0,3	Chlor, detergenter
9	Kalandreret folie (PVC folie)	-	Råvarer ikke angivet Mængde: 1998: 4890 1999: 5200	Salt, performax, amersite
10	-	Stiller isbane til rådighed for klubber og off. publikum	Sæbe i forbindelse med brusebade	Detergenter

- Ikke relevant

\* Spørgsmål ikke besvaret

\*\* Fortrolig oplysning

**Skema 2: Oplysninger om produkter, servicetype, råmaterialer og fortsat kemikalier, der har kontakt med vand, der tilledes kloak**

<b>Virksomheds nr.</b>	1.3 Produkter	1.4 Servicetype	1.5 Råvarer (mængde tons/år)	<b>Kemikalier til kloak</b>
11	Støbermaskiner	-	Stål: 900 Aluminium: < 10 Bronze: < 10 Elkabler: < 100	Ingen
12	-	Skoledrift, gymnastiksal	-	-
13	-	Vedligehold af kommunale veje	*	Detergenter Salt
14		Bilvask	*	*

- Ikke relevant

\* Spørgsmål ikke besvaret

Skema 3: Oplysninger om vandforbrug, vandanvendelse og krav om vandkvalitet

Virksomheds nr.	Vand tilledning (m <sup>3</sup> /år)	Anvendelse af vand (m <sup>3</sup> /dag)	Vandkvalitets krav	Kontrol program for vandkvalitet
1	1996: ca. 157.000 1999: ca. 155.000	Teknisk vand: 143 Brugsvand: 309	Drikkevandskval. Måske mindre rent til køletårn	pH, ledningsevne, chlorid
2	1995: 16.407 1996: 15.092 1997: 15.775 1998: 16.115 1999: 13.118	Proces: ca. 30 heraf overløb, dest. anlæg: ca. 3,6 + koncentrat osmose: ca. 3,6. Køletårn: ca. 7	Drikkevands kval.	Ingen
3	1997: 7.600 1998: 7.000 1999: 4.900	Fosfatering: 12,7 Kølebassin: ca. 9 Brugsvand: ca. 9	Ikke drikkekval. Kvalitet kan ikke umiddelbart angives (afhænger af fosfateringsproces)	pH i kølebassin
4	1996: 8.800 1999: 9.500	Alkalisk vask af emner: 31 Brugsvand: 3,5	Korrosionsfrit, bakteriefrit, ikke skummende, lavt saltindhold (= belægninger)	pH, alkalinitet, chlorid, ledningsevne, klarhed, hårdhed
5	1999: 11.231	Produktion af rengøringsmidler, Vask af batchtanke Mængde ca. 12	Drikkevandskvalitet	Kimtal
6	1997: 8544 1999: 9769	Fornikleri: 75% Brugsvand: 25%	Drikkevandskvalitet, vand med lav hårdhedsgrad, fri for farve, partikler, kemikalier	Blødtvandsanlæg
7	1995: 13.816 (utæt) 1996: 3.800 (renov.) 1997: 8.245 1998: 7.268 1999: 8.893	Filterskyl: 20 – 25 m <sup>3</sup> /skyl hver 2. – 3. uge Spædevand: 2 Bruservand: 22	Drikkevandskvalitet	Hygiejnisk kontrol (kimtal max 500 CFU/100 ml) Frit/bunden chlor, pH
8	1995: 10.145 1996: 9.538 1997: 8.392 1998: 7.000 anslået 1999: 7.000 anslået	Filterskyl: 40 m <sup>3</sup> /skyl hver uge Spædevand: 1 Bruservand: 15	Drikkevandskvalitet	Hygiejnisk kontrol (kimtal max 500 CFU/100 ml) Frit/bunden chlor, pH
9	1995: 8.907 1996: 5.993 1997: 6.259 1998: 5.590 1999: 6.210	Proces: 70% af vandindtag Rengøring: ca. 2 Sanitære formål: ca. 20 %	Formentligt drikkevandskvalitet	Ingen

\* Spørgsmål ikke besvaret

\*\* Fortroligt

**Skema 3: Oplysninger om vandforbrug, vandanvendelse og krav om vandkvalitet**  
**fortsat**

Virksomheds nr.	Vand tilledning (m <sup>3</sup> /år)	Anvendelse af vand (m <sup>3</sup> /dag)	Vandkvalitets krav	Kontrol program for vandkvalitet
10	1995: 7.167 1996: 5.250 1997: 4.920 1998: 4.470 1999: 2.792	Isfabrikation: ca. 45% af vandindtag (ca. 1.200 i 1999) Brugsvand: 55% (ca. 1.600 i 1999)	Drikkevandskvalitet	Ingen
11	1999: ca. 6.000	Kun til sanitært brug	Drikkevandskvalitet	Ingen
12	1996: 3548 1997: 3195 1998: 2794 1999: 2713	Toiletskyl incl. håndvask: ca. 6 m <sup>3</sup> /d Bruservand: ca. 5 m <sup>3</sup> /d	Drikkevandskvalitet	Ingen
13	1996: 2.900 1999: 900	Vask af køretøjer: 70% af vandforbrug Brugsvand: 30%	Rengøring af køretøjer: - Vandet skal kunne rengøre - Må ikke beskadige lak - Opfylde krav fra arbejdstilsynet	Ingen
14	* Oplyst af Herlev Kommune: 1999: 3.011	* Størstedelen (80%) antages brugt til bilvask	Drikkevandskvalitet	Ingen

**Skema 4: Oplysninger om grå spildevandsproduktion, mulig vandgenanvendelse og eksisterende behandling på virksomhed**

Virksomheds nr.	Gråt og sanitært spildevand adskilt?	Mulighed for opsamling af gråt spildevand	Opsamling af gråt spildevand (mængde)	Eksisterende behandling af procesvand
1	Nej, kun regnvand og spildevand holdes adskilt	Nej, kun regnvand	Kun regnvand. Opsamling ca. 32.000 m <sup>3</sup> /år. Opsamlingstank 6000 m <sup>3</sup>	Sandfilter + aktiv kulfilter for rensning af regnvand
2	Ja på selve virksomheden. Opblandes derefter i fælles kloak	Ja, decentralt for hver kilde	ca. 12 m <sup>3</sup> /d (365 d) Overløb dest. anlæg ca. 4 m <sup>3</sup> /d Koncentrat osmoseanlæg: ca. 8 m <sup>3</sup> /dag	Omvendt osmose til behandling af drikkevand. Dest. anlæg.
3	Ja, indenfor fabriksområde	Ja	ca. 70% af vandforbrug	Sandfilter inden udledning til kølebassin
4	Ja, procesvand holdes lukket vandkredsløb	Nej	-	Omvendt osmoseanlæg til fjernelse af kalk i åbent køleanlæg
5	Ja, rengøringsvand tilledes buffertank på fabriksområde	Ja	Mængde ca. 500 m <sup>3</sup> /år	Ingen
6	Ja, indenfor fabriksområde	Ja	ca. 75% af vandforbrug, dog ÷ fordampning	Kulfilter for fjernelse af hårdhed
7	Ja, indenfor svømmehals område	Ja	Filterskyllevand ca. 1.200 m <sup>3</sup> /år Bruserafløb koblet til toiletafløb	Vacuumdiatomit filter, kulfilter
8	Nej	Nej	-	Tryksandfilter, kulfilter
9	Nej	Ja, decentralt ved kilde	ca. 1 m <sup>3</sup> /dag ved kilde (ialt 250 m <sup>3</sup> /år)	Ingen
10	Ja, indenfor skøjtehallens område	Ja, fra smeltevandsgraven	ca. 1.200 m <sup>3</sup> /år	Omvendt osmose på drikkevands behandling
11	Nej	Nej	0	Ingen
12	Nej	Nej	0	Ingen

- Ikke relevant

\* Spørgsmål ikke besvaret



**Skema 4: Oplysninger om grå spildevandsproduktion, mulig  
fortsat vandgenanvendelse og eksisterende behandling på virksomhed**

<b>Virksomheds nr.</b>	<b>Gråt og sanitært spildevand adskilt?</b>	<b>Mulighed for opsamling af gråt spildevand</b>	<b>Opsamling af gråt spildevand (mængde)</b>	<b>Eksisterende behandling af procesvand</b>
13	Nej	Nej, ikke som kloaksystem er udformet	0	Ingen
14	Nej	Nej	Vaskevand til undervognsvask genanvendes	Sandfang, omvendt osmose, olieudskiller

**Skema 5: Karakterisering af spildevandsudledning, -mængde og – sammensætning samt oplysninger om spildevandsrensning**

Virksomheds nr.	Spildevands mængde (m <sup>3</sup> /år)	Spildevands udledning	Behandling af spildevand på virksomhed	Spildevands sammensætning
1	1996: ca. 180.000 1999: ca. 165.000	Offentlig kloak	*	Primært sanitært spildevand
2	1999: ca. 5.200	Offentlig kloak, regnvand til Sømosø Å	Olieudskiller	Høj ledningsevne i perioder, lavt COD
3	ca. 70% af vandindtag	Offentlig kloak	Aktiv kulfilter (AK), fældningskar	Mineralsk olie forhøjet inden AK, fosfat
4	ca. 40% af vandindtag	Offentlig kloak	Olieudskiller	Sanitært spildevand + salte og kalk
5	**	Offentlig kloak	Kun pH-neutralisering	Højt COD og BOD indhold, højt chlorid indhold. Anioniske detergenter
6	Vandforbrug ÷ ukendt fordampningsbidrag	Offentlig kloak	Fældningsproces, olieudskiller, sandfilter	Tungmetaller, cyanid, mineralsk olie, højt saltindhold
7	ca. 90% af vandindtag	Offentlig kloak, regnvandsbassin (filterskyllevand)	Ingen	Tyndt sanitært spildevand
8	ca. 90% af vandindtag	Offentlig kloak	Ingen	Tyndt sanitært spildevand
9	ca. 1.000 – 1.500 m <sup>3</sup> /år	Offentlig kloak	*	COD, Mineralsk olie, olie+fedt, DEHP
10	Som vandindtag. Dog ledes skøjtevand (45% af vandindtag) til regnvandsledning	Offentlig kloak	Ingen	Vides ikke. Antages sammensat som tyndt sanitært spildevand
11	Som vandindtag	Offentlig kloak	Ingen	Sanitært spildevand
12	Som vandindtag	Offentlig kloak	Ingen	Sanitært spildevand
13	Som vandindtag	Offentlig kloak	Sandfang, olieudskiller	Organiske opløsningsmidler, Mineralsk olie Sanitært spildevand
14	*	*	*	*

\* Spørgsmål ikke besvaret

\*\* Fortroligt

**Skema 6: Økonomiske udgifter i forbindelse med vandforbrug og spildevandsudledning, mulig primær/sekundæranlæg, intesetilkendegivelse**

Virksomheds nr.	Samlet vandforbrugsudgift***	Muligt primær/sekundæranlæg	Interesse for genbrug af gråt spildevand
1	1996: 3.685.000 1999: 4.950.000	Primæranlæg, kun regnvand	Interesseret i at få aftaget en del af regnvandsopsamlingen. Er p.t. i gang med en undersøgelse om egengenbrug af al regnvand
2	1995: 296.000 1996: 309.000 1997: 406.000 1998: 478.000 1999: 382.000	Primæranlæg	Stor interesse. Tilbagebetalingsperiode på investering: 5 år, måske mere. Vil ikke have problemer med modtager
3	1997: 150.000 1998: 168.000 1999: 147.000	Sekundæranlæg	Er interesseret, tilbagebetalingsperiode på investering, normalt 5 år, men p.t. kun 6 mdr.
4	1999: 197.000	Sekundæranlæg	Afhænger af investeringsstørrelse. Tilbagebetalingsperiode på investering: ca. 5 år
5	**	Primæranlæg	Anlægsinvestering: 1 mio. Tilbagebetalingsperiode på investering: max 3 år
6	1999: ca. 250.000	Primæranlæg/sekundæranlæg?	Kun lidt interesseret Tilbagebetalingsperiode på investering: max 3 år
7	1998: 130.484 1999: 162.000	Primæranlæg	Stor interesse Anlægsinvestering: 0,5 - 1 mio. Tilbagebetalingsperiode på investering: 5 - 10 år
8	1995: 186.210 1996: 182.385 1997: 172.434 1998, 1999: ingen opgørelse	-	Stor interesse Anlægsinvestering: 0,5 - 1 mio. Tilbagebetalingsperiode på investering: 5 - 10 år
9	1995: 104.570 1996: 70.074 1997: 107.369 1998: 91.968 1999: 132.997	Sekundæranlæg	Interesseret. Tilbagebetalingsperiode på investering: 3 år
10	1998: 102.300 1999: 130.000	Primæranlæg	Stor interesse Anlægsinvestering: 0,5 - 1 mio. Tilbagebetalingsperiode på investering: 5 - 10 år

- Ikke relevant

\* Spørgsmål ikke besvaret

\*\* Fortroligt

\*\*\* Samlet vandforbrugsudgift indeholder for visse virksomheder også statsafgift for vandforbrug

**Skema 6: Økonomiske udgifter i forbindelse med vandforbrug og spildevandsudledning, mulig primær/sekundæranlæg, intesetilkendegivelse**

Virksomheds nr.	Samlet vandforbrugs udgift**	Mulig primær/sekundær anlæg	Interesse for genbrug af gråt spildevand
11	1999: ca. 180.000	-	-
12	1999: ca. 80.000	-	-
13	1999: 27.000	Sekundæranlæg	Er interesseret, Beslutningen afgøres politisk
14	*	Sekundæranlæg	Er interesseret, har ikke opgivet tilbagebetalingsperiode på investering eller max. investeringsstørrelse

- Ikke relevant

\* Spørgsmål ikke besvaret

\*\* Samlet vandforbrugsudgift indeholder for visse virksomheder også statsafgift for vandforbrug