

Genanvendelse af gråt spildevand på campingpladser

Genanvendelse af gråt spildevand på campingpladser

Fase 1

Michael Nielsen og Tore Pettersen
Rambøll

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

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 GALS KLINT CAMPING	15
2 VANDPARAMETRE	17
2.1 KARAKTERISTIK AF GRÅT SPILDEVAND	17
2.1.1 <i>Litteraturstudie</i>	17
2.1.2 <i>Gals Klint Camping</i>	19
2.2 KRAV TIL GENBRUGSVAND	20
2.2.1 <i>Lovkrav</i>	20
2.2.2 <i>Brugerkrav</i>	21
3 RENSEMETODER OG ANLÆGSKONCEPTER	23
3.1 PROBLEMSTILLING	24
3.2 RENSEMETODER	25
3.2.1 <i>Dykkede beluftede biofiltre</i>	26
3.2.2 <i>Aktiv slam anlæg</i>	26
3.2.3 <i>Sandfilteranlæg med/uden kemisk fældning</i>	26
3.2.4 <i>Biologiske sandfiltre</i>	26
3.2.5 <i>Rodzoneanlæg</i>	26
3.2.6 <i>Jordbede, damme, laguner o.l.</i>	26
3.2.7 <i>UV-behandling</i>	26
3.2.8 <i>Ozon behandling</i>	27
3.2.9 <i>Kemisk desinfektion</i>	27
3.2.10 <i>Filtrering/membranfiltrering</i>	27
4 GENANVENDELSE AF GRÅT SPILDEVAND PÅ CAMPINGPLADSER	29
4.1 GENERELLE FORUDSÆTNINGER	29
4.2 ØKONOMISKE FORUDSÆTNINGER	30
4.3 SPILDEVANDSRENSNING I DET ÅBNE LAND	33
5 VURDERINGSKRITERIER	35
5.1 ØKONOMISKE KRITERIER	35
5.2 TEKNISKE OG BRUGSMÆSSIGE KRITERIER	36
5.3 SUNDHEDSMÆSSIGE KRITERIER	36
5.4 ÆSTETISKE KRITERIER	37
6 FORUDSÆTNINGER – GALS KLINT CAMPING	39
6.1 VANDFORBRUG OG BESPARELSESPOTENTIALE GALS KLINT CAMPING	39
6.2 DIMENSIONERINGSGRUNDLAG	41
7 UDVALGTE ANLÆGSKONCEPTER	43
7.1 LØSNINGSFORSLAG 1 - MINIRENSEANLÆG	43
7.2 LØSNINGSFORSLAG 2 - RODZONEANLÆG	44

7.3	LØSNINGSFORSLAG 3 – BIOLOGISK SANDFILTER	44
7.4	DISKUSSION OG UDVÆLGELSE AF ANLÆGSKONCEPT	44
7.4.1	<i>Det biologiske rensetrin</i>	44
7.4.2	<i>Desinfektion</i>	45
8	DEMONSTRATIONSPROJEKT	47
8.1	BESKRIVELSE AF ANLÆGSKONCEPT	47
8.2	FORKLARINGSTANK	48
8.3	BUFFERTANKE	49
8.4	BIOLOGISK SANDFILTER	52
8.5	DESINFEKTION	53
8.6	DRIFT AF ANLÆGGET	53
8.7	ANLÆGSØKONOMI	54
8.7.1	<i>Rentabilitet af anlægget</i>	55
9	KONKLUSION	59
10	LITTERATURLISTE	61
BILAG A		66
	LØSNINGSFORSLAG 1 - MINIRENSEANLÆG	66
	<i>Anlægsbeskrivelse</i>	66
	<i>Økonomi løsningsforslag 1</i>	67
	LØSNINGSFORSLAG 2 - RODZONEANLÆG	68
	<i>Anlægsbeskrivelse</i>	68
	<i>Økonomi løsningsforslag 2</i>	68
	LØSNINGSFORSLAG 3 – BIOLOGISK SANDFILTER	69
	<i>Anlægsbeskrivelse</i>	69
	<i>Økonomi løsningsforslag 3</i>	70
BILAG B		72

Forord

Rapporten er et resultat af et projekt under aktionsplanen for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning – Tema 4: Håndtering af regnvand og gråt spildevand.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem RAMBØLL, Campingrådet og Gals Klint Camping.

Blandt både campister og campingpladser er der en stigende miljøbevidsthed. Der er derfor et aktuelt behov for, at campingpladser kan tilbyde et mere miljørigtigt friluftsliv i og med naturen, samtidig med campingpladsernes tekniske anlæg bærer præg af grønne løsninger. Hertil kommer, at der i dag i betydelig grad er fokus på bæredygtig drift af virksomheder, hvilket også gør sig gældende for campingpladser.

Et nøgleområde for campingpladser er vandforbrug og spildevandshåndtering, hvor især muligheden for genbrug af gråt spildevand til erstatning for vand af drikkevandskvalitet er interessant.

Projektets formål har således været at afklare hvilke tekniske løsninger der kan anvendes i forbindelse med genanvendelse af gråt spildevand på campingpladser, sekundært at finde et anlægskoncept med henblik på etablering af et demonstrationsprojekt på Gals Klint Camping. Såfremt der åbnes op for genanvendelse af gråt spildevand på campingpladser, er det afsluttende formål at udarbejde en generel vejledning til brug for campingpladser.

Projektet er inddelt i fire faser:

- Fase 1. Gennemgang og vurdering af alternative muligheder for genbrug af gråt spildevand til sekundaformål på campingpladser.
- Fase 2. Udvalgelse af endelig løsning til behandling af gråt spildevand og genanvendelse, samt projektering af anlægget med henblik på etablering af et demonstrationsprojekt.
- Fase 3. Drift af demonstrationsprojekt.
- Fase 4. Afrapportering af resultater samt udarbejdelse af vejledning i håndtering af gråt spildevand på campingpladser.

Nærværende rapport omfatter projektets fase 1.

Projektet er udført for Miljøstyrelsen af RAMBØLL med Chefkonsulent Tore Pettersen, RAMBØLL som projektleder og Civilingeniør Michael Nielsen, RAMBØLL som øvrig deltager.

Følgende personer har deltaget i styregruppen:

- Poul Fejer Christiansen, Camping Rådet
- Helle Sørensen, Camping Rådet
- Lars H. Jensen, Gals Klint Camping
- Tina Otterstrøm, Miljøstyrelsen
- Tore Pettersen, RAMBØLL
- Michael Nielsen, RAMBØLL

Styregruppen har haft til opgave løbende at vurdere projektplanen, fremdriften og den endelige rapport. Endvidere har Campingrådet og Gals Klint Camping bidraget med de nødvendige oplysninger om forhold på campingpladser generelt, og til Gals Klint Camping specielt.

Der skal sluttelig rettes en tak til de producenter af gråvandsanlæg der på konstruktiv vis har bidraget med løsningsforslag til et demonstrationsprojekt.

Rapporten er finansieret af Miljøstyrelsen via aktionsplanen. Der gøres opmærksom på, at det ikke er Miljøstyrelsens holdninger, der kommer til udtryk i rapporten.

Sammenfatning og konklusioner

Gals Klint Camping er beliggende i Middelfart Kommune på Vestfyn, direkte ned til Lillebælt. Pladsen, der kan betragtes som en repræsentativ dansk campingplads, har været anvendt som eksempel for udvælgelse af mulige løsninger til rensning af gråt spildevand på campingpladser. Gals Klint Camping er velegnet som udgangspunkt for etablering af et demonstrationsprojekt, da baderumsbygningen på pladsen er forberedt for genanvendelse af gråvand til toiletskyl. Endvidere har vandforbruget i perioden 1999 – 2000 været registreret, fordelt på vandforbrug til toiletskyl, til håndvaske og bade faciliteter samt vandforbruget til andre formål, således der foreligger et detaljeret grundlag for vurdering af belastninger, besparelspotentialer og sæsonvariationer.

Indledningsvis er udført et litteraturstudie med henblik på, at få karakteriseret gråt spildevand fra baderum, dvs. håndvaske og brusere. Litteraturstudiet er blevet suppleret med spildevandsanalyser af det grå spildevand på Gals Klint Camping.

Litteraturstudie og gråvandsanalyser danner grundlag for de dimensionsgivende spildevandsparametre, mens registreringerne af vandforbruget danner grundlag for de hydrauliske dimensioneringsparametre.

Parameter	Enhed	Dimensionsgivende
pH	-	7 – 8
COD (Cr)	mg O ₂ /l	300
BOD ₅	mg O ₂ /l	150
SS	mg SS/l	50
PO ₄ -P	mg PO ₄ -P/l	0,5
Total P	mg TP/l	1,0
Total N	mg TN/l	7,0

Dimensionsgivende spildevandsparametre.

Parameter	Dimensionsgivende
Maksimalt vandforbrug til toiletskyl	12 m ³ /d
Maksimalt timevandforbrug til toiletskyl	3 m ³ /h
Maksimalt vandforbrug til brus og håndvaske	20 m ³ /d
Maksimalt timevandforbrug til brus og håndvaske	4 m ³ /h

Hydrauliske dimensioneringsparametre.

Erfaringer fra tidligere etablerede gråvandsanlæg viser, at der kan opstå en række problemer, enten af konstruktions- eller driftsmæssig oprindelse, der dog typisk giver sig udslag i nedenstående problemer:

- Lugtgener fra selve gråvandsanlægget
- Lugtgener fra cisterne (genbrugsvandet på brugsstedet)
- Visuelle gener fra gråvand i toiletskål (misfarvning, suspenderet stof)

På denne baggrund er opstillet en række vurderingskriterier, der danner grundlag for udvælgelse af mulige anlægskoncepter til genanvendelse af gråvand på campingpladser:

1. Økonomiske kriterier
2. Tekniske kriterier
3. Sundhedsmæssige kriterier
4. Æstetiske kriterier

Vurderingskriterierne sigter mod, at udvælge lavteknologiske anlægskoncepter med høj driftssikkerhed, minimum risiko for lugtgener o.l., samt en minimering af drift og vedligehold.

Det væsentligste kriterium er dog det sundhedsmæssige perspektiv, hvorfor et anlægskoncept med afsluttende desinfektion er et krav.

Lovgivningsmæssigt skal det rensede gråvand i dag have en renhedsgrad svarende til drikkevandskvalitet som angivet i Bekendtgørelse Nr. 515 af 29/8-1988: ”Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg”.

Under Aktionsplanen til fremme af økologisk spildevandsrensning har Miljøstyrelsen åbnet op for brug af andre vandtyper herunder anvendelse af gråt spildevand til toiletskyl som i dette tilfælde. Det grå spildevand vil blive søgt rensat til bedst mulige kvalitet med den valgte rensemetode, og processens effektivitet vil blive belyst ved gennemførelse af det fælles måleprogram for Aktionsplanprojekter omhandlende genanvendelse af gråt spildevand (projektets fase 2 – 4).

Miljøstyrelsen vil på baggrund af resultaterne fra dette og lignende projekter gennemføre en risikovurdering og endeligt tage stilling til, hvorvidt der skal søges gennemført en lovændring, således at det bliver tilladt at genanvende spildevand opsamlet fra bad og håndvask til toiletskyl under nærmere definerede betingelser.

Det primære incitament for recirkulering af gråvand på campingpladser vil være den mulige økonomiske gevinst i form af vandbesparelser, og i mindre grad en eventuel miljømæssig gevinst.

Fra Campingrådet er det oplyst, at den direkte tilbagebetalingstid på investeringen i et gråvandsanlæg, normalt ikke bør overskride ca. 6 år, da længere tilbagebetalingstider vil gøre investeringen i et sådant anlæg mindre attraktivt for pladsejerne.

På baggrund af litteraturstudiet gennemgås en række anlægskoncepter til rensning og desinfektion af gråt spildevand.

Metode	Princip
Dykkede beluftede biofiltre	Biologisk/mekanisk rensning
Aktiv slam anlæg	Biologisk/mekanisk rensning

Sandfilteranlæg	Mekanisk/biologisk rensning
Kemisk fældning / sandfiltre	Mekanisk/kemisk/biologisk rensning
Biologiske sandfiltre i jord	Mekanisk/biologisk rensning
Rodzoneanlæg	Mekanisk/biologisk rensning
Jordbede, damme, laguner o.l.	Mekanisk/biologisk rensning
UV-behandling	Desinfektion
Ozon behandling	Desinfektion
Kemisk desinfektion	Desinfektion
Filtrering/Membranfiltrering	Mekanisk rensning/Desinfektion

Rensemetoder til behandling af gråt spildevand.

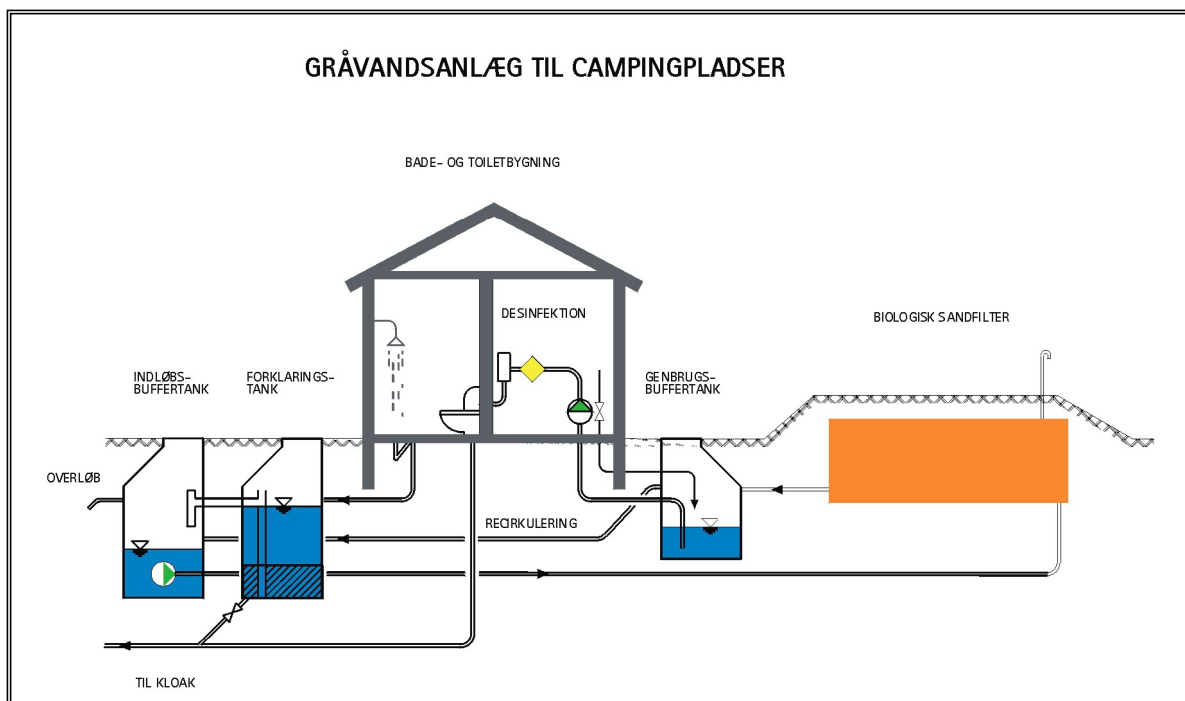
Desuden blev ni danske leverandører af aktuelle renseanlæg spurgt om at afgive tilbud/projektforslag på gråvandsanlægget.

På baggrund af de i litteraturen beskrevne anlæg, samt de fra leverandørerne indkomne løsningsforslag, blev følgende tre anlægskoncepter, alle med afsluttende desinfektion, udvalgt til en uddybende vurdering:

- Biologisk minirensanlæg
- Rodzoneanlæg
- Biologisk sandfilteranlæg

På baggrunden af den uddybende gennemgang af anlægskoncepterne vurderes det, at alle tre løsninger ville kunne anvendes til rensning og genanvendelse af gråt spildevand.

Som udgangspunkt for etablering af et demonstrationsprojekt på Gals Klint Camping vælges det biologiske sandfilter.



Principopbygning af demonstrationsprojektet.

Gråvandsanlægget opbygges af flere enheder:

1. Forklaringstank

2. Gråvandsbuffertank
3. Biologisk sandfilter
4. Genbrugsbuffertank
5. Doseringsanlæg for hydrogenperoxid.

Anlægget er søgt tilpasset således, der opnås en stor driftssikkerhed, en effektiv desinfektion, lav risiko for lugtgener mv., endvidere er der lagt vægt på, at anlægget bør være rentabelt inden for en periode på ca. 6 år.

Det er vurderet, at udgifterne til etablering af et demonstrationsprojekt vil beløbe sig til ca. kr. 160.000,-, ekskl. moms. De årlige driftsudgifter må forventes at udgøre ca. kr. 5.000 – 6.000 eller forventeligt ca. kr. 5,-/m³ rensset og genbrugt gråt spildevand.

Ved en forventelig reduktion på ca. 95 % af vandforbruget til toiletskyl vil der være et besparelspotentiale på ca. kr. 28.100,-/år, med udgangspunkt i den gennemsnitlige vandpris i Danmark.

Sammenholdes besparelspotentialet med etablerings- og driftsudgifter vil dette give en direkte afskrivningsperiode for etablering af demonstrationsprojektet på Gals Klint Camping på ca. 9 – 10 år.

Ovennævnte direkte afskrivningsperiode er således ca. 4 år større end den, der gennemsnitligt accepteres på danske campingpladser.

Betragtes variationerne over landet vil der i 2001 være ca. 15 % af landets kommuner, hvor etableringen af gråvandsanlægget vil have en afskrivningsperiode på 6 år eller derunder. Det kan endvidere konkluderes, at demonstrationsanlægget ville kunne forrentes på ca. 7 år eller derunder i ca. 34 % af landets kommuner.

Med udsigt til, at vandpriserne sandsynligvis vil stige i de kommende år, og med udsigt til investeringer i forbindelse med kravene til forbedret spildevandsrensning i det åbne land, må det forventes, at det i fremtiden vil være gode muligheder for, at rensning og genanvendelse af gråt spildevand på mange danske campingpladser vil være rentabelt.

Summary and conclusions

Gals Klint Camping Site is situated in the municipality of Middelfart on Western Funen, with direct access to the Little Belt. The site, which may be regarded as a typical Danish campsite, has served as an example for the selection of possible solutions for treatment of grey wastewater from campsites. Gals Klint Camping is suitable as basis for a pilot project, as the shower building on the site is prepared for greywater reuse for flushing the toilets. Furthermore, the water consumption in the period 1999 – 2000 has been registered and divided into water for toilets, water for washbasins and shower facilities and consumption for other purposes, thus providing a detailed basis for the evaluation of impacts, possible savings and seasonal variations.

Firstly, a desk study was carried out in order to characterise grey wastewater from bathing facilities, i.e. washbasins and showers. The study was supplemented by an analysis of grey wastewater from Gals Klint Camping.

The desk study and the grey wastewater analysis form the basis for the dimensional wastewater parameters, while the registration of the water consumption is based on the hydraulic dimension parameters.

Parameter	Unit	Dimension
pH	-	7 – 8
COD (Cr)	mg O ₂ /l	300
BOD ₅	mg O ₂ /l	150
SS	mg SS/l	50
PO ₄ -P	mg PO ₄ -P/l	0,5
Total P	mg TP/l	1,0
Total N	mg TN/l	7,0

Dimensioning wastewater parameters.

Parameter	Dimension
Maximum water consumption for toilet flush	12 m ³ /d
Maximum hourly water consumption for toilet flush	3 m ³ /h
Maximum water consumption for shower and washbasin	20 m ³ /d
Maximum hourly water consumption for shower and washbasin	4 m ³ /h

Hydraulic dimensioning parameters.

Former experiences of greywater installations has shown a number of problems, originating either in the construction or in the operation, which typically causes the below problems:

- Obnoxious smells from the installation itself
- Obnoxious smells from cisterns (recycled water at sites)
- Visual nuisances from greywater in lavatory bowl (discoloration, suspended matter)

A number of evaluation criteria have been listed on this background. The following criteria form the basis of the selection of possible concepts for recycling of greywater on campsites:

1. Economic criteria
2. Technical criteria
3. Health criteria
4. Aesthetic criteria

The evaluation criteria aim to select low-technological concepts with high operational reliability, minimum risk for obnoxious smells etc. and a minimization of operation and maintenance.

However, the primary criterion is the health aspect, which is why a concept with a final disinfection is a requirement.

Legislatively the cleaned greywater must by today's standards have a purity degree equal to that of drinking water as stated in Regulation No. 515 of 29/8-1988: "Regulation on water quality and supervision of water supply plants".

With the Action Plan to promote the encouragement of ecological wastewater treatment, the Danish Environmental Protection Agency has opened up for the use of other types of water for toilet flush including grey wastewater. The grey wastewater will be cleaned to the best possible quality with the chosen method, and the effectiveness of the process will be pinpointed by the execution of the common target program for Action Plan Projects on the reuse of grey wastewater (Phase 2-4 of the project).

Based on the results from this and similar projects, The Danish Environmental Protection Agency will carry out a risk assessment and finally decide whether a law reform should be prepared in order to make legal the reuse of wastewater from bath and washbasin for toilet flush under closer defined conditions.

The primary incentive for recirculation of greywater on campsites will be the economic benefit from water savings and to a smaller degree a possible environmental benefit.

The Danish Camping Association has informed that the actual time for repayment of the investment of a greywater installation should normally not exceed approx. 6 years, since later repayment would make the investment less attractive for the owners of the campsites.

Based on the desk study, a number of concepts for treatment of grey wastewater are examined.

Method	Principle
--------	-----------

Method	Principle
Aerated biofilters	Biological/mechanical treatment
Active sludge installation	Biological/mechanical treatment
Sand filter installation	Mechanical/biological treatment
Chemical precipitation / sand filters	Mechanical/chemical treatment
Biological sand filters in soil	Mechanical/biological treatment
Root zone installation	Mechanical/biological treatment
Soil beds, ponds, lagoons etc.	Mechanical/biological treatment
UV-treatment	Disinfection
Ozone treatment	Disinfection
Chemical disinfection	Disinfection
Filtration/membrane filtration	Mechanical cleaning/ Disinfection

Methods for cleaning grey wastewater.

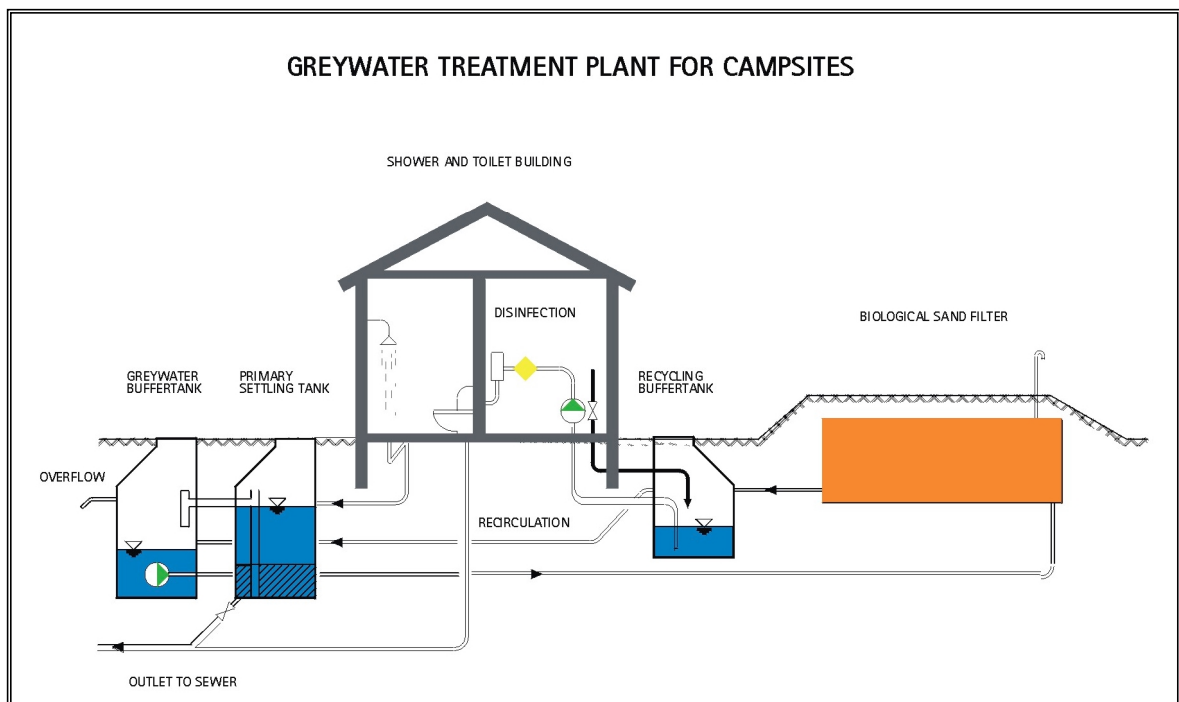
Furthermore, nine Danish suppliers of treatment plants were asked to prepare a project proposal for the greywater installation.

Based on the installations described in literature and on the suppliers' proposals, the following three concepts, all with final disinfection, were chosen for a further evaluation:

- Small biological treatment plant
- Root zone installation
- Biological sand filter installation

Upon a thorough investigation of the concepts, it is estimated that all three solutions are suitable for the treatment and reuse of grey wastewater.

As starting point for the establishment of a pilot project at Gals Klint Camping the biological sand filter is chosen.



Outline of the pilot project.

The greywater installation consists of several units:

1. Primary settling tank
2. Greywater buffer tank
3. Biological sand filter
4. Recycling buffer tank
5. Dosing installation for hydrogen peroxide.

The installation is adjusted to obtain a high degree of operational reliability, an effective disinfection, a low risk of odour impact etc. Furthermore, the wish to make the installation profitable within a period of approx. 6 years has been given much emphasis.

The cost of establishing a pilot project is estimated at approx. DKK 160,000.-, excl. VAT. The annual operational costs are expected to amount to approx. DKK 5,000 – 6,000 or an expected approx. DKK 5.-/m³ treated and recycled grey wastewater.

An expected reduction of approx. 95% of the water consumption for toilet flush will result in a potential savings of approx. DKK 28,100.-/year, based on the average water price in Denmark.

If the potential savings are related to the establishing and operational costs, this will result in an actual depreciation period for the pilot project at Gals Klint Camping of approx. 9 – 10 years.

The above direct depreciation period is thus approx. 4 year longer than the average period normally accepted at Danish campsites.

Regarding the variations in the country, approx. 15% of all municipalities in 2001 will have a depreciation period of 6 years or less. Furthermore, it can be concluded that the pilot project will be profitable in approx. 7 years or less in approx. 34% of the municipalities.

With a view to a likely rise in the water tariffs in the future, and an increased investment to meet the demands for improved wastewater treatment in the open country, it must be expected that the future holds good possibilities for the profitability of treatment and reuse of grey wastewater at many Danish campsites.

1 Gals Klint Camping

Gals Klint Camping er beliggende i Middelfart Kommune på Vestfyn, direkte ned til Lillebælt.

Pladsen der er ejet af Lars H. Jensen, bliver drevet efter økologiske principper, hvilket bl.a. har resulteret i, at Gals Klint Camping er interesseret i genanvendelse af gråt spildevand, for derigennem at reducere belastningen på grundvandsressourcen. Af øvrige miljømæssige tiltag på Gals Klint kan nævnes en omfattende affaldssortering, opvarmning ved flisfyringsanlæg, vandbesparende foranstaltninger, anvendelse af miljøvenlige byggematerialer ved nybebyggelse mv.

På figur 1 ses baderumsbygningen på Gals Klint Camping, der blev opført i 1998.



Figur 1. Baderumsbygningen – Gals Klint Camping

Grundet ønsket om i fremtiden at kunne genanvende det grå spildevand til andre formål end blot at tillede det til kloakken, blev bygningen opført med et dobbelt rørsystem, således toiletter let kan forsynes med genbrugsvand. Afløbssystemet fra bygningen er ligeledes separeret i en sort og en grå spildevandsfraktion (plantegning af bygningen fremgår af Bilag B).

Gals Klint camping er på ovennævnte baggrund et ideelt sted til placering af et demonstrationsprojekt til genanvendelse af gråt spildevand.

2 Vandparametre

2.1 Karakteristik af gråt spildevand

2.1.1 Litteraturstudie

Baggrunden for litteraturstudiet er, at gennemgå tidligere erfaringer gjort omkring karakteristiken af gråt spildevand, primært i Danmark. Litteraturstudiet vil sammen med aktuelle analyseresultater fra Gals Klint Camping, danne grundlag for dimensioneringen af demonstrationsprojektet på Gals Klint Camping.

Det primære formål med litteraturstudiet er, at få karakteriseret gråt spildevand fra bad og håndvask mht. de traditionelle spildevandsparametre, dvs. i første række BOD₅, COD, SS, total kvælstof, total fosfor, ortofosfat og ammonium. De øvrige fraktioner af gråt spildevand, det vil primært sige spildevand fra vaskemaskiner og køkkenvask, vil ikke blive behandlet i nærværende litteraturstudie.

Endvidere vil der i forbindelse med gennemgang af anlægskoncepter og metoder til rensning af gråt spildevand, blive fokuseret på de mikrobiologiske parametre, da disse ud fra et sundhedsmæssigt synspunkt er væsentlige for at opnå en tilfredsstillende vandkvalitet.

Der vil i nærværende litteraturstudie ikke blive fokuseret på miljøfremmede stoffer i gråt spildevand. Dette skyldes, at problematikken omkring miljøfremmede stoffer i gråt spildevand bliver undersøgt i andre projekter under aktionsplanen for fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning – Tema 4: Håndtering af regnvand og gråt spildevand.

Det andet hovedformål med litteraturstudiet er, at gennemgå hvilke rensemetoder der har været anvendt i forbindelse med rensning og genanvendelse af gråvand. Denne del af litteraturstudiet danner grundlag for beskrivelsen af anlægskoncepter gengivet i afsnit 3.

I tabel 1 er resultaterne fra litteraturstudiet vedr. karakteristik af gråt spildevand opsummeret.

Parameter/Kilde	/4/	/5/	/28/ ¹	/33/ ²	/38/	/40/ ³	/41/
-----------------	-----	-----	-------------------	-------------------	------	-------------------	------

¹ USA, UK og Malta

pH	7,95 ± 0,14	7,8 ± 0,15	-	7,0 ± 0,27	6,4 – 8,1	8,2 / 8,0	-
BOD ₅ (mg O ₂ /l)	60,8 ± 37,9	-	81 – 250	5,0	76 – 200	-	70 – 120
COD (mg O ₂ /l)	74,1 ± 24,8	219,5 ± 36,3	-	79,0 ± 38,0	-	203,4 / 164	-
Opløst COD (mg O ₂ /l)	-	57,0 ± 1,9	-	-	-	-	-
TOC (mg C/l)	23,8 ± 13,3	-	46	-	-	27 / 45	-
SS (mg SS/l)	90,7 ± 225,5	175,3 ± 97,1	-	185,0	48 – 120	53,3 / 86,7	50 – 65
VSS (mg VSS/l)	-	71,6 ± 2,3	-	-	-	-	-
PO ₄ -P (mg PO ₄ -P/l)	-	0,45 ± 0,084	0,53 – 0,89	-	-	0,46 / 0,75	-
Total P (mg P/l)	1,9 ± 0,9	-	-	-	0,11 – 1,8	-	2 – 10
NO ₂ -N (mg NO ₂ -N/l)	0,1 ± 0,1	-	-	-	<0,05 – 0,2	-	-
NO ₃ -N (mg NO ₃ -N/l)	0,6 ± 0,6	-	-	-	<0,05 – 0,2	0,14 / 0,42	-
NH ₄ -N (mg NH ₄ -N/l)	1,3 ± 1,9		1,1 – 1,6	9,0 ± 5,5	<0,1 – 15	0,24 / 0,88	-
Total N (mg N/l)	10,1 ± 11,6		-	-	-	0,67 / 2,25	ca. 5
SO ₄ -S (mg SO ₄ -S/l)	21,4 ± 2,8	-	-	-	-	23,4 / 24,7	-
Klorid (mg Cl/l)	59,7 ± 5,5	-	-	-	-	-	-
Total bakterier/100 ml	-	3,4·10 ⁶ ± 1,5·10 ⁶	-		-		
Total coliforme/100 ml	-	8,2·10 ⁵ ± 6,7·10 ⁵	-		500 – 2,4·10 ⁷		
E. Coli/100 ml	-	176	-		-		
Spildevandstype ⁴	B/H	B/H	B	B/H/K	B/H	B/H	B/H

Tabel 1. Gråvandskarakteristika.

Som det fremgår af tabel 1, er der en hvis variation imellem værdierne fra de enkelte undersøgelser af gråt spildevand.

² BOD₅ og SS er middelværdier fra udløb af buffertank.

³ Middelværdier for to døgnprøver.

⁴ Bad (B), Håndvask (H), Køkken (K).

2.1.2 Gals Klint Camping

For at verificere vandkvaliteten af det grå spildevand fra Gals Klint Camping, er der blevet foretaget tre kontrolmålinger, således der opnås et mere sikkert dimensioneringsgrundlag for et kommende demonstrationsprojekt.

Gråvandsprøver blev udtaget i en af otte spulebrønde, hvori den største andel af afløb fra brusere og håndvaske samles. Det skal bemærkes, at der er en overvægt af badevand i forhold til vand fra håndvaske, men denne brønd må betegnes som værende den mest repræsentative af de pågældende muligheder.

I perioden for prøveudtagningen er det fra Gals Klint Camping oplyst, at langt de største vandmængder anvendes i forbindelse med bad om morgenen, og primært i weekenden. For at få et repræsentativt billede blev de tre prøver udtaget på forskellige tidspunkter og dage. Spildevandsprøverne blev udtaget tidsproportionalt bestående af delp prøver på ca. 30 –50 ml udtaget løbende over et to minutters interval.

Dato	Start	Slut	Volumen
Søndag 22/04-01	kl. 8.45	kl. 10.15	ca. 1850 ml
Pinsemandag 04/06-01	kl. 19.30	kl. 20.45	ca. 1900 ml
Onsdag 06/06-01	kl. 14.30	kl. 16.30	ca. 2000 ml

Tabel 2. Udtagne gråvandsprøver – Glas Klint Camping.

De enkelte gråvandsprøver analyseredes af Miljø-Kemi. Resultaterne er opsummeret i tabel 3. Den angivne vægtede middelværdi danner grundlag for de i tabel 11 angivne dimensionsgivende koncentrationer. Vægtningen sker på baggrund af, at de enkelte prøver er udtaget på forskellige tidspunkter af døgnet. Således vægtes prøven udtaget i morgentimerne med 60 %, mens prøverne udtaget i dag- og aftentimerne vægtes med hhv. 10 % og 30 %.

Parameter	22/04-01	04/06-01	06/06-01	Middelværdi	Vægtet middelværdi
pH	7,5	8,0	7,5	7,67	7,55
BOD ₅ (mg O ₂ /l)	140	170	200	170	161
COD (mg O ₂ /l)	240	350	310	300	272
Total N (mg N/l)	5,1	8,1	3,8	5,67	5,01
NH ₄ -N (mg NH ₄ -N/l)	0,09	0,56	0,01	0,22	0,11
Total P (mg P/l)	0,82	0,11	0,21	0,38	0,57
PO ₄ -P (mg PO ₄ -P/l)	0,52	0,012	0,005	0,18	0,31
SS (mg SS/l)	9,2	19	84	37,4	32,6
SO ₄ -S (mg SO ₄ -S/l)	-	34	28	31	-

Tabel 3. Analyseresultater gråt spildevand, Glas Klint Camping.

Som det fremgår af analyseresultaterne i tabel 3, er koncentrationsniveauerne for det grå spildevand på Gals Klint Camping ikke markant afvigende fra værdierne angivet i tabel 1.

Det grå spildevand fra Gals Klint Camping er karakteriseret ved at have et relativt højt indhold af organisk stof, mens N og P værdierne ligger relativt lavt i forhold til de i litteraturen registrerede. Indholdet af suspenderet stof ligger også tilsvarende lavt. COD/BOD forholdet er ca. 1,7.

Sammenlignes resultatet af spildevandsanalyserne overordnet med værdierne fra litteraturstudiet, konstateres en overensstemmelse resultaterne imellem. Endvidere

er der ikke markant forskel i koncentrationsniveauerne for de tre analyser. På denne baggrund vurderes det, at det ved analyserne registrerede værdier kan anvendes som grundlag for dimensionering af et demonstrationsprojekt.

Det skal bemærkes, at der ikke er foretaget analyse for mikrobiologiske parametre. Dette skyldes, at formålet med at udføre analyser har været at klarlægge de dimensionsgivende spildevandsparametre for demonstrationsprojektet. De mikrobiologiske parametre i gråvandet er endvidere tidligere beskrevet i /2/.

2.2 Krav til genbrugsvand

Overordnet set kan kvalitetskrav til genbrugsvand opdeles i to kategorier, lovkrav og brugerkrav.

2.2.1 Lovkrav

Vand der renses og genanvendes i husholdninger skal have en renhedsgrad svarende til drikkevandskvalitet som angivet i Bekendtgørelse Nr. 515 af 29/8-1988: "Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg".

Da gråvandet udelukkende skal benyttes til toiletskyl er det primært indholdet af mikroorganismer der er af interesse, men samtlige kvalitetskrav skal principielt overholdes.

I tabel 4 er de mikrobielle krav i bekendtgørelse nr. 515 angivet.

Parameter	Højst tilladelige værdi ⁵
Kimtal v. 21 °C pr. ml	200
Kimtal v. 37 °C pr. ml	20
Coliforme bakterier pr. 100 ml	i.m.
Termotolerante coliforme bakterier pr. 100 ml	i.m.
Fækale streptokokker pr. 100 ml	i.m.
Sulfid reducerende clostridium perfringens pr. 50 ml	i.m.

Tabel 4. Mikrobielle krav til drikkevand.

I praksis vil disse kravværdier være vanskelige at overholde uden en videregående vandbehandling. Der er imidlertid også fra Miljøstyrelsens side givet tilladelse til anvendelse af andre vandtyper end drikkevand til visse bestemte anvendelser. På baggrund af undersøgelserne i /1/ og /2/ har man vurderet, at regnvand opsamlet fra tage og anvendt til toiletskyl og tøjvask i husholdninger ikke udgør nogen sundhedsrisiko. Det skal dog bemærkes, at der p.t. ikke er defineret noget lovkrav til kvaliteten af regnvand, der ligeledes er den eneste type af sekundavand, der er givet tilladelse til at gøre brug af i boliger til de nævnte formål. Regnvandsanlæg er som sådan lovliggjort i forbindelse med seneste revision af DS 432 og DS 439, hvori det angives, at /16/ skal anvendes ved udførelse af regnvandsanlæg.

Under Aktionsplanen til fremme af økologisk spildevandsrensning har Miljøstyrelsen åbnet op for brug af andre vandtyper herunder anvendelse af gråt spildevand til toiletskyl som i dette tilfælde. Det grå spildevand vil blive søgt rensat til bedst mulige kvalitet med den valgte rensemethode, og processens effektivitet vil blive belyst ved gennemførelse af det fælles måleprogram for Aktionsplanprojekter omhandlende genanvendelse af gråt spildevand.

⁵ i.m. = ikke målelig ved den anviste metode.

Miljøstyrelsen vil på baggrund af resultaterne fra dette og lignende projekter gennemføre en risikovurdering og endeligt tage stilling til, hvorvidt der skal søges gennemført en lovændring, således at det bliver tilladt at genanvende spildevand opsamlet fra bad og håndvask til toiletskyl under nærmere definerede betingelser.

2.2.2 Brugerkrav

Brugerkrav tager i lighed med myndighedskrav udgangspunkt i, at der ikke må være forbundet nogen sundhedsmæssig risiko ved at genanvende vand.

I det konkrete tilfælde hvor det rensede gråvand påtænkes genanvendt til toiletskyl, ønsker brugerne af de pågældende toiletter sikkerhed for, at der ingen sundhedsrisiko er ved brugen af toiletterne. Herunder gælder specielt risikoen hvor mindre børn utilsigtet måtte komme i tæt kontakt med vandet i toiletterne.

Når brugeren har vished for, at der ikke er nogen sundhedsrisiko, er der andre kriterier der har indflydelse på opfattelsen af vandets kvalitet og den generelle sikkerhed.

- Visuelle gener, dvs. misfarvning af vandet, partikulært stof i vandet.
- Lugtgener.
- Sikkerhed omkring vandkvaliteten i *ikke* gråvandsinstallationer.
- Mærkning af rørsystem.

Umiddelbart vil det de fleste steder, men i særdeleshed på steder hvor brugerne af toiletter forsynet med genbrugsvand er betalende gæster, ikke være acceptabelt, at der er visuelle- og/eller lugtgener fra vandet. Ydermere vil indførslen af sekundavand på campingpladser utvivlsomt rejse spørgsmål omkring vandkvaliteten i almindelighed, da nogle brugere kan føle en usikkerhed ved kvaliteten af drikkevandet, specielt hvis gråvandet er af en kvalitet uden visuelle forskelle til drikkevandet. En tydelig mærkning af gråvandsinstallationerne kan derfor blive nødvendig.

3 Rensemetoder og anlægskoncepter

Historisk set har der gennem de sidste ca. 30 år været mange tiltag i forbindelse med genanvendelse af gråt spildevand /26/. Specielt i USA og Australien har man anvendt gråvandet til vandingsformål, almindeligvis ved brug af simple rensemetoder, eksempelvis gennem sandfiltre, jordbede eller bassiner/laguner, /25/ /29/ /30/ /32/ /35/.

I Danmark er der blevet etableret en række gråvandsanlæg i løbet af de sidste 10 år, herunder flere anlæg hvor gråvand fra boligejendomme renses og anvendes til toiletskyl, bl.a. /2/ /24/ /41/. Disse anlæg har primært været baseret på biofiltre som renseprincip. Endvidere er der også i Danmark etableret et enkelt anlæg baseret på sandfiltre, kombineret med kemisk fældning /4/ /5/.

Der er således allerede indhøstet en del erfaringer med genanvendelse af gråt spildevand i Danmark, primært fra etageejendomme. Det skal i denne anledning bemærkes, at de fleste anlæg der har været etableret har båret præg af, at der har været tale om pilotprojekter, udviklingsprojekter samt forsøg i større eller mindre skala /24/. De indhøstede erfaringer, positive som negative, danner et udmærket grundlag for analyse og optimering af et anlægskoncept til rensning og genanvendelse af gråt spildevand.

Foruden anlæg etableret med formål at rense gråvand fra almindelige husholdninger, har der også, bl.a. i industrien, været etableret anlæg til genanvendelse af ”gråt spildevand”/processpildevand. Af eksempler kan bl.a. nævnes genanvendelse af vaskevand fra måttevaskeri /4/, samt et industrivaskeri /18/.

I en række tilfælde sker genbrug af spildevand med kun lidt eller ingen rensning. Denne metode anvendes primært i forbindelse med processpildevand, hvor vand fra et procestrin, efter modstrømsprincippet, genanvendes i et andet procestrin hvor kravet til vandets kvalitet er lavere. En simpel form for rensning og genanvendelse sker bl.a. i bilvaskehaller, hvor vandet til undervognsskyl genanvendes efter en simpel rensning gennem et sandfang /22/, samt i forbindelse med vask af busser /19/, hvor der som supplement til sandfang også i nogle tilfælde anvendes videre behandling i form af en olie- eller koalescensudskiller.

Et tilbagevendende problem omkring genbrug af gråvand har været lugtgener fra anlæggene, dette har været registreret både når der har været tale om genanvendelse af gråt spildevand til toiletskyl /2/ /24/, men problematikken gør sig også gældende i tilfældet med bilvaskehaller, hvor der i forbindelse med undervognsvask ofte forekommer lugtgener.

Der foreligger altså brede erfaringer omkring rensning og genanvendelse af gråvand og processpildevand, men som nævnt først i dette afsnit, har de fleste praktiske anvendelser omhandlet rensning med lavteknologiske anlæg hvor genbrugsvandet har været anvendt til vandingsformål.

Generelt kan det konkluderes, at metoderne til rensning og genanvendelse af gråt spildevand er mange. Valg af rensemetode er endvidere betinget af en række parametre, herunder rensekraft, anvendelsesformål samt de fysiske forhold omkring det aktuelle sted hvor gråvandet påtænkes renses og genanvendt.

Afsluttende skal nævnes, at de mange erfaringer omkring rensning og genanvendelse af gråt spildevand samlet set indikerer, at der teknisk set ingen hindringer er for at udnytte gråvandsressourcen.

3.1 Problemstilling

Litteraturstudiet viser, at der findes velfungerende anlæg til genanvendelse af gråt spildevand, jf. bl.a. /27/ og /31/. Generelt er det lavteknologiske anlæg hvor vandet genbruges til vandingsformål, der har den største succes.

Fra danske anlæg hvor anvendelse til toiletskyl har været det primære udnyttelsesområde, har der generelt været en lang række problemer, der formentlig kan tilskrives enten en konstruktionsmæssig eller driftsmæssig karakter /24/.

Herunder er opstillet de mest typiske problemer omkring gråvandsanlæg, hvor vandet anvendes til toiletskyl.

- Lugtgener fra selve gråvandsanlægget
- Lugtgener fra cisterne (genbrugsvandet på brugsstedet)
- Visuelle gener fra gråvand i toiletskål (misfarvning, suspenderet stof)

De nævnte problemer kan i de enkelte tilfælde have en eller flere forskellige årsager, fælles er dog, at lugtproblemer og dårlig vandkvalitet som regel kan tilbageføres til enten svovlbrintedannelse som følge af anaerobe forhold, slamaflejringer eller ringe rens-/desinfektionseffekt.

For at undgå tidligere observerede problemer gennemgås en del af de tænkelige fejlkilder, der kan medføre problemer med et demonstrationsanlæg på Gals Klint Camping (jf. afsnit 8). Nedenstående problemer kan konkret tænkes at opstå, og lede til de ovenfor beskrevne problemer.

- Fedt i gråvand
- Slam i gråvand
- Slamaflejringer i indløbsbuffertank
- Slamaflejringer i genbrugsbuffertank
- Uhensigtsmæssige tankvolumener
- Manglende tømning af forklaringstank/septiktank
- Manglende påfyldning af desinfektionsmiddel
- Manglende tilsyn med gråvandsanlæg
- Defekte niveauiupper i genbrugsbuffertank
- Tilstopning af sandfilter
- Defekt hydrofor
- Defekt magnetventil
- Defekt doseringspumpe
- Driftsproblemer indløbspumpe
- Driftsproblemer slampumpe

De ovennævnte punkter kan opsummeres i tre kategorier: Dårlig pasning/tilsyn med anlæg, defekte komponenter/enheder, uhensigtsmæssige forhold omkring slamaflejringer/opholdstider.

Udover problemer vedrørende defekte anlægskomponenter, er det specielt vigtigt at tilpasse anlægsudformningen, således der tages højde for forhold der kan lede til lugtgener og dårlige rensresultater. Endvidere bør pasnings og tilsynsniveauet

minimeres, således funktionen af anlægget ikke er afhængig af, at tilsyn udføres hyppigt.

3.2 Rensemetoder

Overordnet kan rensningen af gråt spildevand inddeles i en fjernelse af organisk stof, næringsstoffer og suspenderet stof, samt en afsluttende desinfektion af vandet.

I tabel 5 er opstillet en række af de til rensning af gråt spildevand benyttede metoder. Det skal bemærkes, at de fleste af metoderne normalt kombineres med andre renses trin, afhængig af hvilket anvendelsesområde det rensede gråvand påtænkes benyttet til. Enkelte løsninger kan stå alene mens andre kun anvendes som for- eller efterbehandling.

De i tabel 5 beskrevne renseprincipper er beskrevet i afsnittene 3.2.1 – 3.2.10.

Metode	Princip
Dykkede beluftede biofiltre	Biologisk/mechanisk rensning
Aktiv slam anlæg	Biologisk/mechanisk rensning
Sandfilteranlæg	Mekanisk/biologisk rensning
Kemisk fældning / sandfiltre	Mekanisk/kemisk/biologisk rensning
Biologiske sandfiltre i jord	Mekanisk/biologisk rensning
Rodzoneanlæg	Mekanisk/biologisk rensning
Jordbede, damme, laguner o.l.	Mekanisk/biologisk rensning
UV-behandling	Desinfektion
Ozon behandling	Desinfektion
Kemisk desinfektion	Desinfektion
Filtrering/Membranfiltrering	Mekanisk rensning/Desinfektion

Tabel 5. Rensemetoder til behandling af gråt spildevand.

3.2.1 Dykkede beluftede biofiltre

Der er etableret en lang række traditionelle spildevandsrensaneanlæg efter dette koncept. Princippet har også fundet anvendelse ved rensning og genanvendelse af gråt spildevand. I Danmark er der etableret en del gråvandsrensaneanlæg efter dette princip, både til genanvendelse af gråvand fra private boliger samt i industrien, bl.a. beskrevet i /2/ /3/ /4/.

3.2.2 Aktiv slam anlæg

Renseanlæg baseret på aktivslam princippet er i modsætning til traditionel spildevandsrensning, ikke særligt udbredt til genanvendelse af gråt spildevand, men har dog været anvendt /35/. Rensekonceptet i forbindelse med gråvandsanlæg kan sidestilles med de dykkede beluftede filtre

3.2.3 Sandfilteranlæg med/uden kemisk fældning

Der er etableret anlæg efter dette koncept, herunder et i Danmark /4/ /5/. Anlægstypen anvendes til genanvendelse af gråvand til toiletskyl, samt til vandingsformål. Aluminiumbaserede fældningsmidler eller lignende kan anvendes i forbindelse med rensprocessen. Anlægstypen kan anvendes til genanvendelse af gråvand til toiletskyl, og er praktiseret i Danmark, /5/.

3.2.4 Biologiske sandfiltre

Kendt princip til rensning af husspildevand. I Danmark anvendes metoden primært i forbindelse med spildevandsrensning i det åbne land /14/.

Der er i udlandet etableret en række gråvandsanlæg hvor dette koncept indgår, bl.a. /7/ /27/, dog er der ikke de store erfaringer fra Danmark. Anlægstypen anvendes primært i forbindelse med rensning af gråvand til vandingsformål, men kan også benyttes i forbindelse med rensning af gråvand til toiletskyl.

3.2.5 Rodzoneanlæg

Rodzoneanlæg og rodzoneprincippet er et, i udlandet, anvendt princip til rensning af gråvand, som oftest i forbindelse med andre rensemetoder /6/ /7/ /27/. Der foreligger ikke umiddelbart erfaringer fra Danmark. Anvendelsesområdet er primært i forbindelse med genanvendelse af gråvand bl.a. til vandingsformål /25/. I forbindelse med traditionel spildevandsrensning er princippet relativt udbredt ved mindre anlæg, også i Danmark /8/ /9/ /10/ /13/ /15/ /17/. Tidligere etablerede rodzoneanlæg i Danmark fungerer generelt bedst i sommerperioden, hvilket passer med campingpladsers generelle åbningsperiode.

3.2.6 Jordbede, damme, laguner o.l.

Generelt det mest udbredte princip til behandling af gråt spildevand, dog foreligger ikke de store erfaringer fra Danmark. Konceptet anvendes primært i forbindelse med genanvendelse af gråvand til vandingsformål, og er generelt baseret på "simple" jordbede med samme rensprincip som sandfilter- og rodzoneanlæg, evt. i kombination med åbne bassiner, bl.a. /6/ /7/ /25/ /29/ /32/ /35/.

3.2.7 UV-behandling

Det rensede gråvand belyses med en UV-lampe for drab af bakterier /2/. Metoden anvendes enten til behandling af forbrugsvandet umiddelbart før det anvendes, eller ved løbende recirkulering og UV-behandling af lagret gråvand.

3.2.8 Ozon behandling

Ozonbehandling anvendes til desinfektion via indblæsning af ozon i en reaktorbeholder. Ozonbehandling medfører også en reduktion i de traditionelle spildevandsparametre, fortrinsvis COD, BOD₅ og NH₄-N, samt en fjernelse af evt. misfarvning af genbrugsvandet. Ozonbehandling kan anvendes i kombination med en UV-behandling /21/.

3.2.9 Kemisk desinfektion

Kemisk behandling kan eksempelvis være en klorering, hydrogenperoxid dosering eller et lignende stærk iltende stof /20/.

Klorering er en almindelig benyttet metode i forbindelse med desinfektion, herunder ved drikkevandsbehandling i visse lande samt i svømmebade. Klor doseres normalt som klorgas eller som en vandig opløsning af hypoklorit. Kloreringen vil bevirke et overskud af frit klor i genbrugsvandet, herigennem sikres, at der ikke opstår eftervækst ved henstand af det rensede gråvand i cisterner mv.

3.2.10 Filtrering/membranfiltrering

Filtrering anvendes primært til frafiltrering af partikulært stof. Afhængig af princippet kan metoden anvendes til desinfektion via frafiltrering af bakterier og kim /37/. Filtrering anvendes ofte i kombination med en anden form for desinfektion, bl.a. som forbehandling i forbindelse med desinfektion med UV /2/.

Membranfiltrering er et kendt renseprincip og anvendes i dag i mange forskellige anlægstyper. Der er en række eksempler fra industriel genanvendelse /34/ men også erfaringer med gråt spildevand fra boliger /36/ /39/. De alligevel noget begrænsede erfaringer i forbindelse med rensning og genanvendelse af gråvand, skyldes formentlig de økonomiske udgifter forbundet ved etablering af anlægstypen.

4 Genanvendelse af gråt spildevand på campingpladser

Genanvendelse af gråvand på campingpladser er et område hvor der er vide muligheder for anvendelse af stort set alle kendte anlægstyper. Specielt vil mange campingpladser have tilstrækkelige arealer til at kunne udnytte de pladskrævende lavteknologiske løsninger.

Interessen på området er i lighed med den generelle tendens på genanvendelsesområdet stigende. Muligheden for at opnå en driftsbesparelse i form af reduceret vandforbrug, tillige med en mulig miljømæssig gevinst er i de flestes øjne en tillokkende mulighed.

Der er dog visse forudsætninger der skal være tilstede forinden en campingplads vil være interesseret i at investere i et gråvandsanlæg. Primært skal der være et økonomisk incitament, sekundært skal en række generelle forudsætninger være tilstede.

4.1 Generelle forudsætninger

Flg. generelle forudsætninger skal/bør være opfyldt før genanvendelse af gråt spildevand vil være af interesse for campingpladser:

- Accept af anvendelse af sekundavand til toiletskyl
 - Der ligger en risiko for pladsejerne i anvendelse af gråvand, da campinggæster kan/vil reagere forskelligt på sådanne initiativer. Pladsejerne skal derfor have/skabe en accept af, at der anvendes genbrugsvand på pladsen.
- Arealkrav
 - På trods af, at der generelt synes at være tilstrækkelige arealer på campingpladser, skal der i en fornuftig afstand fra baderumsbygningen være tilstrækkelig plads til etablering af gråvandsanlægget.
- Campingpladsens indretning
 - Selv om der er økonomisk potentiale for genanvendelse af gråvand, kan indretningen af campingpladsen være en begrænsende faktor, eksempelvis ved opdeling af baderumsbygningen i flere mindre enheder decentralt placeret.
- Baderumsbygningens beskaffenhed
 - Rensning og genanvendelse af gråt spildevand kræver separering af spildevandet i en grå og sort fraktion. Endvidere skal der være dobbelt forsyningssystem, således der haves en fuldstændig adskillelse imellem drikkevand og genbrugsvand.

Af ovennævnte generelle forudsætninger må det formodes, at baderumsbygningens beskaffenhed samt campingpladsens indretning er de væsentligste forudsætninger der skal opfyldes. Adskilte baderumsfaciliteter vil medføre lange transportafstande for gråvand, og kraftigt forøgede etableringsomkostninger. Erfaringen fra Gals Klint Camping viser, at der kun er forbundet ganske få omkostninger ved

separeringen og det dobbelte rørsystem i forbindelse med nybyggeri, imens en omlægning af rør- og afløbssystem i eksisterende byggeri, generelt set må antages at være forbundet med betydelige omkostninger. I nogle tilfælde er der allerede foretaget en delvis separering af det grå og sorte spildevand, hvorfor omlægningsomkostningerne primært vil omfatte installation af forsyningsledninger for gråvand. I nærværende rapport medregnes evt. udgifter til omlægninger af rør- og afløbssystem i baderumsbygning ikke i de økonomiske overvejelser.

Ovennævnte problemstilling umuliggør følgelig ikke en genanvendelse af gråt spildevand, men medfører en forøget etableringspris på anlægget. Generelt må det forventes, at der ikke vil blive foretaget investeringer i gråvandsanlæg medmindre der er en økonomisk gevinst, alternativt andre motiverende forhold. En positiv indstilling fra pladsejeren, samt tilstrækkelig oplysning af campinggæsterne vil formentlig være en motiverende faktor.

4.2 Økonomiske forudsætninger

Som nævnt vil det primære incitament for recirkulering af gråvand på campingpladser være den mulige økonomiske gevinst i form af vandbesparelser.

Fra Campingrådet er det oplyst, at den direkte tilbagebetalingstid på investeringen i et gråvandsanlæg, normalt ikke bør overskride ca. 6 år, da længere tilbagebetalingstider vil gøre investeringen i et sådant anlæg mindre attraktivt for pladsejerne.

Grundlaget for ovenstående tilbagebetalingstid, er en forespørgsel hos en række campingpladser, hvorved den acceptable afskrivningsperiode for et gråvandsanlæg er blevet angivet i intervallet 4-10 år, med hovedvægten lagt på ca. 6 år. I forbindelse med forespørgslen til campingpladserne oplyser Campingrådet, at de adspurgte pladser generelt gav udtryk for, at der er et behov/ønske om at kunne rense og genanvende gråt spildevand. Fra Gals Klint Camping vurderes det, at det miljømæssige argument for genanvendelsen af gråt spildevand, ikke vil være af betydning for antallet af gæster på pladsen.

På basis af ovennævnte er besparelspotentialet, og især vandprisen afgørende for hvornår det generelt vil være attraktivt at genanvende gråt spildevand på campingpladser. Set ud fra et stringent økonomisk synspunkt, er det følgelig mere optimalt at etablere genanvendelsesanlæg i kommuner hvor vandpriserne er høje, dette uafhængigt af hvorvidt der er et for stort pres på vandressourcen i området.

Vandpriser i Danmark består af et vandaflædningsbidrag, en statslig spildevandsafgift, en statsafgift på vand, en vandafgift samt moms. Endvidere opkræves målerafgift for vandmåleren, samt i nogle kommuner en fast spildevandsafgift og/eller et særbidrag. I forbindelse med vandbesparende foranstaltninger er de faste bidrag af ringe interesse, mens den direkte vandpris er afgørende for det økonomiske besparelspotentiale.

I tabel 6 forefindes en oversigt over vandpriserne i Danmark sammenholdt med prisen gældende for Gals Klint Camping, Middelfart Kommune.

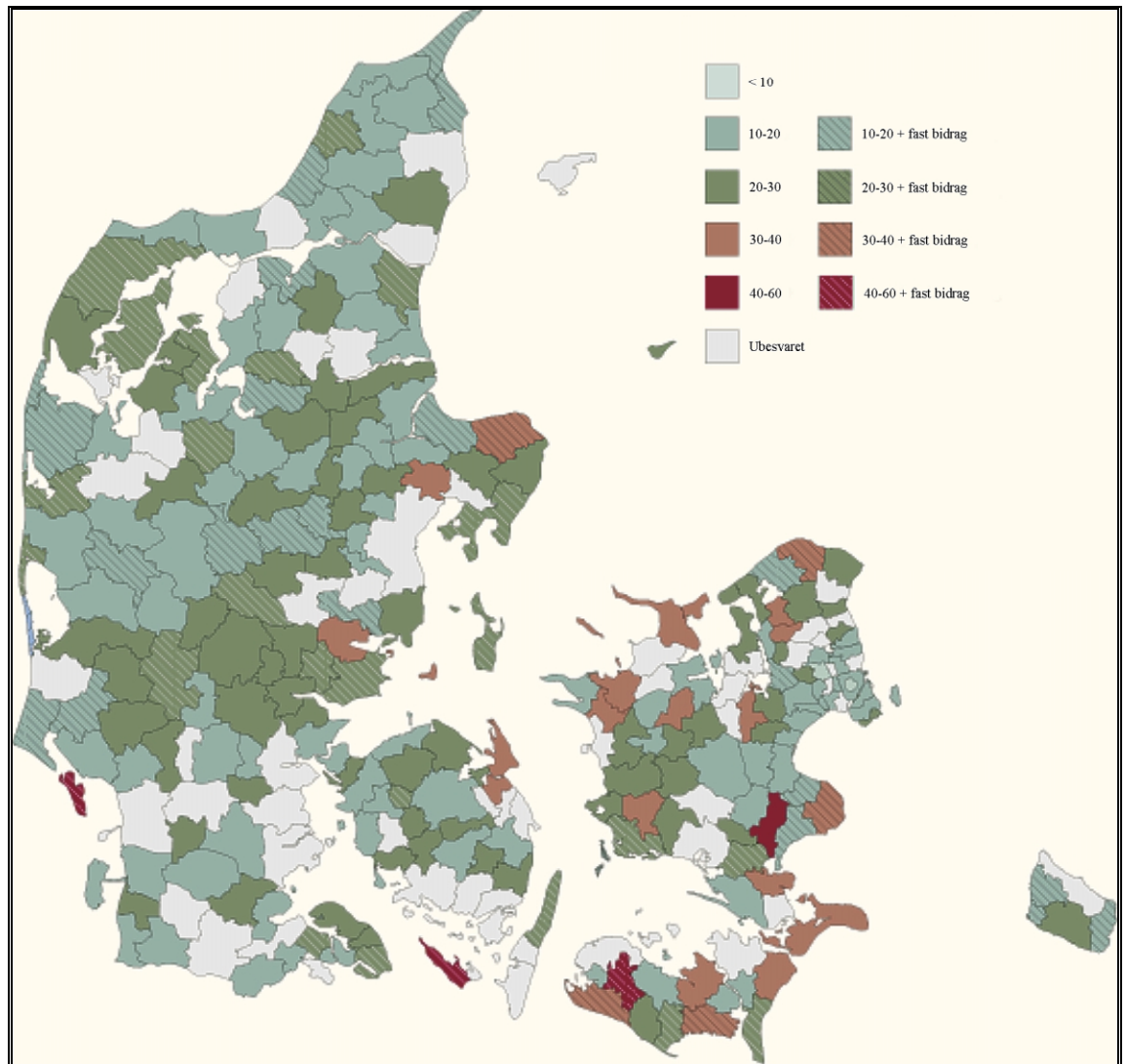
	Vandaflædningsbidrag ⁶ 2001	Vandafgift 2001 ⁷	Statsafgift vand 2001	Moms 25 %	I alt inkl. moms
--	---	---------------------------------	--------------------------	--------------	---------------------

⁶ Inkl. spildevandsafgift baseret på /42/, fraktiler er baseret på tal fra 233 kommuner.

Middelfart Kommune	kr. 13,30	kr. 3,45	kr. 5,00	kr. 5,44	kr. 27,19
Øvrige kommuner					
Lands gennemsnit	kr. 17,25 ⁸	kr. 4,48	kr. 5,00	kr. 6,84	kr. 34,21
25 % fraktil	kr. 13,50	kr. 2,75	-	-	-
50 % fraktil	kr. 16,00	kr. 3,60	-	-	-
75 % fraktil	kr. 20,00	kr. 5,00	-	-	-
90 % fraktil	kr. 24,00	kr. 6,88	-	-	-

Tabel 6. Vandpriser i Danmark.

Fordelingen over landet mht. vandaflædningsbidraget fremgår af figur 2.



Figur 2. Variationer i vandaflædningsbidrag i Danmark /42/.

I perioden 1998 til 2001 er vandaflædningsbidraget i gennemsnit steget fra ca. 14 til 18 kr.⁹ for kommuner uden fast bidrag, svarende til en gennemsnitlig årlig stigning på ca. 8,75 % p.a.. Det vurderes, at denne stigning også har været repræsentativ for kommuner der tillige har indført et fast bidrag.

⁷ Baseret på 104 kommuners registreringer fra 1999 /43/ (ca. kr. 4,16), dvs. uden private vandværker. Prisen er justeret med en årlig prisudvikling på 2,5 % p.a. frem til 2001.

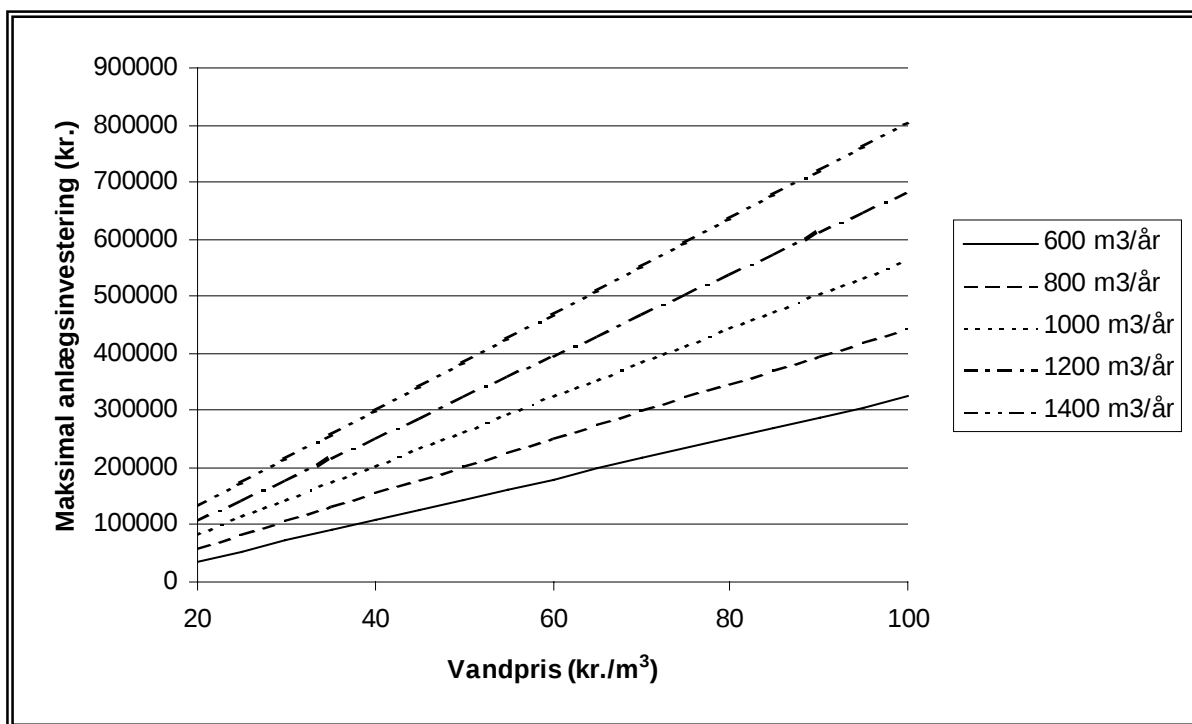
⁸ I DI's statistik er 2001 lands gennemsnittet vægtet i forhold til indbyggertallet i den enkelte kommune og udgør kr. 14,31 og kr. 16,36 for hhv. kommuner uden og med fast bidrag /42/.

⁹ Inkl. moms.

Da der i de kommende år vil være betydelige udgifter forbundet med renovering af afløbssystemet i Danmark, samt gennemførelse af forbedret spildevandsrensning i det åbne land, forventes der i de kommende år en yderligere generel stigning i vandafledningsbidraget. Stigningen i vandafgiften har ligget betydeligt lavere, hvorfor en værdi modsvarende de generelle prisstigninger på ca. 2,5 % p.a. vil være dækkende for de kommende års prisudvikling.

Det må derfor antages, at der i fremtiden vil ske en yderligere fordyrelse af de gennemsnitlige samlede vandpriser, primært som følge af en stigning i vandafledningsbidraget.

Med udgangspunkt i en årlig driftsomkostning til et gråvandsanlæg på ca. kr. 6.000,-, og baseret på en direkte afskrivningsperiode på 6 år, viser figur 3, den maksimale anlægsinvestering som funktion af vandforbrug og vandpris.



Figur 3. Maksimale anlægsinvesteringer i forhold til vandbesparelse og vandpris.

I afsnit 8.7.1 foretages en nærmere drøftelse af rentabiliteten ved etablering af gråvandsanlæg på campingpladser.

4.3 Spildevandsrensning i det åbne land

I forbindelse med folketingets vedtagelse af lov nr. 325 af 14. maj 1997 om ændring af lov om miljøbeskyttelse og lov om betalingsregler for spildevandsanlæg mv., må det forventes, at en stor del af de danske campingpladser i de kommende år skal have foretaget foranstaltninger til forbedret spildevandsrensning. Der foreligger ingen statistiske data omkring antallet af campingpladser der vil blive berørt af ovennævnte lovændring, men da antallet af berørte campingpladser må formodes at udgøre mere end halvdelen af det samlede antal campingpladser i Danmark, synes det relevant at koble genanvendelse af gråt spildevand sammen med forbedret spildevandsrensning.

Anlægmæssigt vil genanvendelse af det grå spildevand medføre, at et anlæg til forbedret spildevandsrensning kan reduceres i størrelse svarende til belastningen fra den del af gråvandet der kan genanvendes til toiletskyl. Dette betyder, at etableringen af et gråvandsanlæg delvist vil kunne finansieres af reduktionen i anlægsinvesteringen til den decentrale spildevandsløsning, og dermed give en besparelse ved samtidig etablering af en gråvandsanlæg.

Størrelsen af ovennævnte reduktion i anlægspris afhænger naturligvis af de konkrete spildevandsmængder, de valgte anlægskoncepter mv.

Det skal bemærkes, at det er en forudsætning for denne besparelse, at der i baderumsbygningen, som nævnt i afsnit 4.1, er etableret dobbelt rørsystem, samt en separering af spildevandet i en grå og sort fraktion.

5 Vurderingskriterier

Forskellige anlægstyper vil blive vurderet ud fra en række kriterier, for herigennem at få klarlagt den optimale løsning for anvendelse på campingpladser.

Vurderingskriterierne inddeles i fire kategorier:

1. Økonomiske kriterier
2. Tekniske kriterier
3. Sundhedsmæssige kriterier
4. Æstetiske kriterier

Anlægskoncepter vil blive vurderet primært i forhold til det konkrete demonstrationsprojekt og sekundært i forhold til anvendelse på campingpladser generelt. Anlæg vil *ikke* blive vurderet i forhold til andre anvendelsesområder, eksempelvis industrielle processer, boligområder mv.

Som grundlag for en nærmere vurdering af kendte anlægskoncepter, er relevante leverandører blevet forespurgt om forslag til teknisk løsning og pris.

I tilfælde hvor producentens materiale ikke er dækkende for vurdering af anlægstypen i forhold til alle de opstillede kriterier, har RAMBØLL foretaget en skønsmæssig vurdering på basis af anlægskonceptet.

5.1 Økonomiske kriterier

De økonomiske kriterier omfatter:

- Anskaffelses- og etableringspris
- Driftsudgifter
- Pasnings- og vedligeholdelsesniveau

De økonomiske kriterier hidrører primært rentabiliteten af anlægget. Såfremt det skal være økonomisk attraktivt at rense og genanvende gråt spildevand er det væsentligt, at både etableringsprisen på anlægget samt de løbende driftsudgifter minimeres. Pasnings- og vedligeholdelsesniveauet er principielt at betragte som en driftsudgift. Mindst muligt tilsyn begrænser driftsudgiften, men specielt dette punkt er væsentligt, da manglende pasning af anlægget endvidere kan medføre forringede rensresultater og i nogle tilfælde driftsproblemer.

5.2 Tekniske og brugsmæssige kriterier

Ved udvælgelse af et anlægskoncept for genanvendelse af gråt spildevand er der en række tekniske kriterier der skal overvejes.

- Rensemethode herunder desinfektion
- Driftsstabilitet
- Opholdstid i anlæggets enkelte rensetrin
- Buffervolumener i anlægget
- Referencer

Et væsentligt kriterium er naturligvis valg af resemethode, udover at kunne behandle det aktuelle grå spildevand, bør anlægskonceptet tilpasses de praktiske forhold, herunder specielt med henblik på pasning og vedligeholdelse, således der opnås så stabil en drift som muligt med mindst mulig tilsyn.

Udover selve rensningen, skal anlægget være konstrueret således sandsynligheden for lugtgener, som følge af slamaflejring, anaerobe zoner og lange opholdstider minimeres.

Rensemethoden bør endvidere være veldokumenteret.

5.3 Sundhedsmæssige kriterier

Indførelsen af vand af ikke drikkevandskvalitet i boligen rejser problematikken omkring sundhedsrisikoen ved brug af rensset grå spildevand til toiletskyl.

- Indhold af mikroorganismer i rensset gråvand
- Arbejdsmiljømæssige forhold ved pasning af anlæg

At indholdet af mikroorganismer i genbrugsvandet er så lavt, der ikke er en sundhedsrisiko forbundet med at benytte det til toiletskyl, er principielt det væsentligste af samtlige vurderingskriterier. Endvidere skal der i forbindelse med den daglige drift og vedligeholdelse af anlægget, ikke være forhold der giver arbejdsmiljømæssige problemer.

5.4 Æstetiske kriterier

De æstetiske kriterier forbundet med udvælgelsen af et anlægskoncept, er primært orienteret mod de gener, reelle eller fiktive, brugeren af gråvandsanlægget måtte opleve.

- Lugtgener fra gråvandsanlæg
- Lugtgener fra toilet som følge af gråvand
- Genbrugsvandets udseende
- Støjgener
- Visuelle gener fra anlæg
- Adfærdsregulerende ulemper for brugere af anlægget, eksempelvis krav om speciel produktanvendelse mv.

De væsentligste æstetiske kriterier berører igen lugtgener fra anlægget, sekundært genbrugsvandets udseende. Endvidere er der de generelle gener der kan opstå ved et vilkårligt teknisk anlæg, herunder støjgener og visuelle gener.

Sluttelig er evt. adfærdsregulerende gener væsentlige, specielt på campingpladser, da det ikke umiddelbart forventes, at en campinggæst er interesseret i at ændre sin daglige adfærd, fordi der på den pågældende campingplads forefindes et gråvandsanlæg.



6 Forudsætninger – Gals Klint Camping

6.1 Vandforbrug og besparelspotentiale Gals Klint Camping

Gals Klint Camping har gennem sæsonerne 1999 og 2000 foretaget en systematisk registrering af vandforbruget for nedenstående forbrugssteder.

- Samlet vandforbrug.
- Vandforbrug toiletskyl.
- Samlet varmtvandsforbrug.

Varmtvandsforbruget anvendes udelukkende til håndvaske og brusefaciliteter i baderumsbygning. Det skal bemærkes, at der ikke er registreret et separat koldt vandsforbrug for anvendelse i håndvaske og brusefaciliteter.

Årsvandmængder	1999 ¹⁰	2000	2004
Forbrug toiletskyl (m ³)	706,5	756,7	1107,9
Varmtvandsforbrug (m ³)	370,2	449,5	658,1
Forbrug håndvaske og bade faciliteter ¹¹ (m ³)	740,5	899,0	1316,2
Andet vandforbrug (m ³)	760,9	795,5	1164,7
Samlet vandforbrug (m ³)	2207,9	2451,2	3588,8
Døgnvandmængder	1999	2000	2004
Gennemsnitligt forbrug toiletskyl (m ³ /d)	4,13	4,43	6,5
Gennemsnitligt varmtvandsforbrug (m ³ /d)	2,17	2,63	3,9
Gennemsnitligt forbrug håndvaske og bad (m ³ /d)	4,33	5,26	7,7
Gennemsnitligt andet vandforbrug (m ³ /d)	4,45	4,65	6,8
Gennemsnitligt samlet vandforbrug (m ³ /d)	12,91	14,33	21,0

Tabel 7. Årligt vandforbrug Gals Klint Camping.

Der forventes fra Gals Klint Camping en generel udvikling i vandforbruget fra 2001 og frem til ca. 2004. På denne baggrund blev det i styregruppen besluttet, at der tages udgangspunkt i et forventet vandforbrug svarende til 2004 niveau.

Niveauet for 2004 er estimeret og baseret på en forventet stigning i antallet af overnatninger på Gals Klint Camping, svarende til ca. 10 % p.a.. Det forventes, at der efter 2004 vil ske en mere begrænset vækst i vandforbruget, men i forbindelse med de økonomiske betragtninger for demonstrationsprojektet, tages udgangspunkt i vandforbruget anno 2004.

Forbrugsopgørelsen danner grundlag for vurdering af en acceptabel etableringspris for gråvandsanlægget. Som tidligere nævnt bør den direkte afskrivning af anlægget ske på ca. 6 år hvis det skal være attraktivt for danske campingpladser.

¹⁰ Da forbrugsregistreringen i 1999 først påbegyndtes primo juli, er tallene fra 1999 korrigeret således, 1999 tallene modsvarer samme tidsrum som 2000 registreringerne.

¹¹ Kun varmtvandsforbruget er registreret, vandmængden er baseret på et skøn hvor det antages, at varmtvandsforbruget til bade faciliteter mv. udgør ca. 50 % af det samlede forbrug.

Bruttobesparelspotientialet er den vandmængde der maksimalt kan erstattes af rensset gråvand, svarende til det årlige vandforbrug til toiletskyl.

I tabel 8 er angivet bruttobesparelspotentialer baseret på vandforbruget til toiletskyl på Gals Klint Camping år 2004 (1108 m³).

Beregningsgrundlag	Vandpris ¹² ekskl. moms	Bruttobesparelspotentiale ekskl. moms/år
Middelfart Kommune 2001	kr. 21,75	kr. 24.097,-
Landsgennemsnit 2001	kr. 26,73	kr. 29.614,-
75 % fraktil 2001	kr. 29,48	kr. 32.661,-
90 % fraktil 2001	kr. 33,48	kr. 37.092,-

Tabel 8. Bruttobesparelspotentialer.

For at kunne sammenholde vandforbruget på Gals klint Camping med campingpladser i almindelighed, har Campingrådet til sammenligning fremskaffet forbrugsdata for tre tilfældige campingpladser i Danmark, tabel 9.

	Årligt vandforbrug 1999	Årligt vandforbrug 2000	Antal enheder
Gals Klint Camping	2208 m ³	2451 m ³	220
Campingplads 1	2200 m ³	2000 m ³	230
Campingplads 2	2300 m ³	1900 m ³	270
Campingplads 3	2500 m ³	2750 m ³	280

Tabel 9. Vandforbrug andre campingpladser.

Som det fremgår af tabel 9 er vandforbruget på de pågældende campingpladser generelt en anelse lavere end for Gals Klint Camping (220 enheder). Det skal dog bemærkes, at tallene kun delvist kan sammenlignes direkte, da en række faktorer spiller ind, bl.a. vandforbrugende faciliteter på pladsen, belægningsprocent, sæsonvariationer, sæsonlængde mv.

Generelt må Gals Klint Camping dog betragtes som værende repræsentativ for en typisk dansk campingplads.

¹² 75 og 90 % fraktilværdierne er baseret på vandafledningsbidragene fra tabel 6, samt vandafgiften for landsgennemsnittet fra samme tabel.

6.2 Dimensioneringsgrundlag

Dimensioneringsgrundlaget er det tekniske udgangspunkt for etablering af et demonstrationsprojekt på Gals Klint Camping.

I tabel 10 er de hydrauliske dimensioneringsparametre for Gals Klint Camping opstillet.

Parameter	Dimensionsgivende
Maksimalt vandforbrug til toiletskyl	12 m ³ /d
Maksimalt timevandforbrug til toiletskyl	3 m ³ /h
Maksimalt vandforbrug til brus og håndvaske	20 m ³ /d
Maksimalt timevandforbrug til brus og håndvaske	4 m ³ /h

Tabel 10. Hydrauliske dimensioneringsparametre.

De dimensionsgivende hydrauliske parametre tager højde for udviklingen i vandforbruget frem til 2004. Det skal bemærkes, at den maksimale dimensionsgivende værdi for vandforbrug til toiletskyl, ikke er opjusteret helt så meget som de øvrige værdier. Dette skyldes, at den i afsnit 8.3, beskrevne optimering af størrelsen på gråvandsanlægget viser, at opnåelse af yderligere besparelser ved at forøge behandlingskapaciteten over 12 m³/d er begrænset. I praksis forventes det, at det maksimale vandforbrug til toiletskyl i en ekstremssituation kan være op til 15 – 18 m³/d.

I tabel 11 er dimensionsgivende spildevandsparametre for det grå spildevand opstillet.

Parameter	Enhed	Dimensionsgivende
pH	-	7 – 8
COD (Cr)	mg O ₂ /l	300
BOD ₅	mg O ₂ /l	150
SS	mg SS/l	50
PO ₄ -P	mg PO ₄ -P/l	0,5
Total P	mg TP/l	1,0
Total N	mg TN/l	7,0

Tabel 11. Dimensionsgivende spildevandsparametre.

De dimensionsgivende spildevandsparametre er primært baseret på analyser udført på gråvandet fra Gals Klint Camping, men støtter sig i øvrigt til litteraturstudiet.

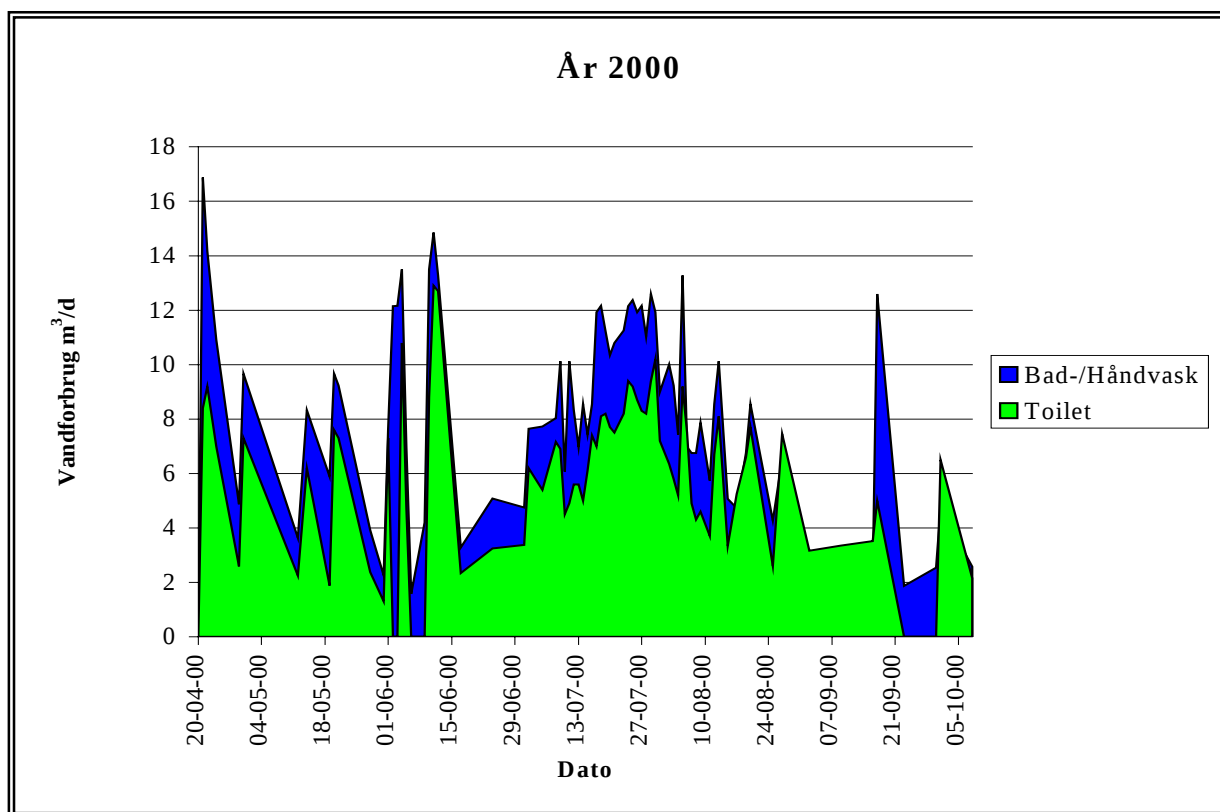
I tillæg til de traditionelle spildevandsparametre fra tabel 11, må der endvidere forventes at være betydelige mængder mikroorganismer, herunder bakterier, i gråvandet.

Udover spildevandsmængde og sammensætning, skal der endvidere tages højde for flg. forhold:

- Sæsonvariation jf. figur 4, herunder vinterlukning af campingplads (primo november – ultimo marts).
- Store variationer i forbrug over ugen. Typisk er vandtilførslen og vandforbruget 2 – 4 gange større i weekender, pinse, påske o.l. end på hverdage. I højsæsonen er der dog ikke den store variation imellem hverdage og weekender, jf. figur 4.
- Døgnvariationer, jf. afsnit 8.3. Det må forventes, at vandforbrug til toiletskyl fordeler sig jævnt over dagtimerne, mens tilførslen af gråvand primært sker morgen og aften.

Ovennævnte forhold har afgørende betydning fra bufferkapaciteten i anlægget. Som det fremgår af figur 4 og tabel 7, er der en større produktion af gråvand end behovet for genbrugsvand til toiletskyl. Døgn- og sæsonvariationer betyder imidlertid, at et buffervolumen vil være en nødvendighed for en optimal udnyttelse af gråvandsressourcen.

I afsnit 8.3 forefindes en kalkulation af det nødvendige buffervolumen.



Figur 4. Sæsonvariationer i vandforbruget – Gals Klint Camping.

7 Udvalgte anlægskoncepter

I forbindelse med udarbejdelse af projektforslag til etablering af demonstrationsprojektet på Gals Klint Camping, er ni danske leverandører af gråvandsrenseanlæg blevet spurgt om at afgive tilbud/projektforslag på anlægget.

De indkomne forslag er blevet gennemgået og vurderet i forhold til kriterierne i afsnit 5. Efterfølgende er tre anlægskoncepter blevet udvalgt til en dybere gennemgang:

- Biologisk minirensesanlæg
- Rodzoneanlæg
- Biologisk sandfilteranlæg

Alle tre anlægskoncepter indeholder en desinfektion som slutbehandling.

Udover de opstillede kriterier er der lagt vægt på, at anlægskonceptet er relativt simpelt, og de forskellige rensetrin er proces teknisk adskilt, således effekten af de enkelte delprocesser kan dokumenteres.

Anlægsbeskrivelserne i afsnittene 7.1, 7.2 og 7.3 er baseret på beskrivelsen fra den pågældende leverandør. En uddybende anlægsbeskrivelse, samt prisoverslag forefindes for alle tre løsningsforslag i Bilag A.

Udvælgelsen af mulige anlægskoncepter er her foretaget med udgangspunkt i Gals Klint Camping, men vil samtidig også være repræsentativ for andre danske campingpladser.

7.1 Løsningsforslag 1 - Minirensesanlæg

Løsning 1 er fremkommet på basis af projektforslag fra AEC Advanced Environmental Control ApS.

Gråvandsanlægget er baseret på en biologisk rensning med dykkede beluftede biofiltre. Kærnen i anlægget er et biologisk minirensesanlæg.

Det grå spildevand ledes via opsamlingsbrønd til en buffertank, hvorfra vandet pumpes ind i det biologiske rensesanlæg. Slam produceret i anlægget udledes via klaringsfunktionen til offentlig kloak¹³. Fra rensesanlægget ledes vandet til en genbrugstank. Fra genbrugstanken recirkuleres det rensede gråvand over et finfilter og UV-anlæg for at forhindre opblomstring af bakterier. Ved forbrug pumpes vandet automatisk til toiletter via finfiltret og UV-anlægget.

I Bilag A forefindes en mere detaljeret anlægsbeskrivelse, herunder også en gennemgang af de økonomiske forudsætninger for anlægget.

¹³ På lokationer hvor der ikke er mulighed for udledning af slam til kloaksystemet er det nødvendig med en lagrings eller behandlingskapacitet for slammet. et skal bemærkes, at løsningen kræver godkendelse i den lokale tekniske forvaltning.

7.2 Løsningsforslag 2 - Rodzoneanlæg

Løsningsforslag 2 er fremkommet på basis af projektforslag fra Transform-Dansk Rodzone Teknik ApS.

Løsningsforslaget er baseret på rensning af gråvandet i et rodzoneanlæg.

Ved løsningsforslag 2 ledes gråvandet direkte til et 100 m² stort rodzoneanlæg. Herfra ledes vandet til en genbrugsbuffertank hvori der doseres brintoverilte eller klor for desinfektion, efterfølgende ledes det rensede vand til toiletterne.

I Bilag A forefindes en mere detaljeret anlægsbeskrivelse, herunder også en gennemgang af de økonomiske forudsætninger for anlægget.

7.3 Løsningsforslag 3 – Biologisk sandfilter

Løsning 3 er fremkommet på basis af projektforslag fra Transform-Dansk Rodzone Teknik ApS.

Løsningsforslaget er baseret på rensning af gråvandet i et biologisk sandfilter. Herfra ledes vandet til en genbrugsbuffertank hvori der doseres brintoverilte eller klor for desinfektion, efterfølgende ledes det rensede vand til toiletterne.

I Bilag A forefindes en mere detaljeret anlægsbeskrivelse, herunder også en gennemgang af de økonomiske forudsætninger for anlægget.

7.4 Diskussion og udvælgelse af anlægskoncept

7.4.1 Det biologiske rensetrin

De tre løsningsforslag er efter gennemgang og udvælgelse blevet gennemgået med leverandørerne, for uddybelse af tekniske detaljer, løsningsoptimering mv.

Indledningsvis skal det nævnes, at forudsætningerne for leverandørernes forslag tog udgangspunkt i større buffervolumener end de i afsnit 8.3 nævnte. Desuden var de dimensionsgivende parametre leverandørerne fik præsenteret, ikke identiske med de i afsnit 6.2 angivne. På denne baggrund vil udvælgelse af anlægskonceptet til et demonstrationsanlæg tage udgangspunkt i en overordnet gennemgang af de tre anlægskoncepter.

Det skal bemærkes, at alle tre anlægskoncepter vurderes at kunne anvendes til rensning og genanvendelse af gråt spildevand. Dette begrundes i, at der primært er tale om en fjernelse af organisk- og suspenderet stof samt efterfølgende desinfektion.

Generelt set er der ikke en markant forskel i etableringsprisen for de tre anlægstyper (kr. 217.000 – kr. 237.000,-), hvorfor dette punkt ikke medtages i diskussionen.

Det biologiske minirensanlæg er det anlæg, der har det ”højeste” teknologiske niveau. Der har i Danmark tidligere været etableret gråvandsanlæg baseret på samme principper som minirensanlægget. Fordelen ved minirensanlægget er, at der ikke stilles de store arealkrav. Endvidere er tilsyn med rensanlæggets drift simpel, og selve processen kan nemt overvåges. Driftsudgifterne er højere end det

gør sig gældende for de to andre alternativer, hvilket følgelig udhuler besparelspotentialet. Minirenselanlægget må forventes at være det anlæg, der kræver det største tidsforbrug til drift, primært fordi det er nødvendigt, at anlægget opstartes forinden hver sæson og tilsvarende nedlukkes, når sæsonen er slut. Opstartsfasen gør endvidere, at det kan være usikkert, hvorvidt anlægget er indkørt rettidigt, således genanvendelsen af gråvand kan opstartes ved sæsonstart. Denne problemstilling ville ikke være relevant, hvis der var tale om en virksomhed, der ikke var lukket en del af året. Minirenselanlæg forventes normalt ikke at medføre lugtgener, hvilket skyldes der til stadighed foretages iltning af vandet i anlægget.

Rodzoneanlægget er et princip, der tidligere har været benyttet i forbindelse med rensning og genanvendelse af gråvand. Normalt forventes rodzoneanlæg at have en ringere rensesgrad i vinterhalvåret. Dette forhold gør sig ikke gældende på campingpladser, tværtimod vil væksten i rodzoneanlægget være størst i højsæsonen, hvilket gør løsningen anvendelig til campingpladser. Rodzoneanlæg medfører normalt ikke lugtgener, men tilstedeværelsen af rodzoneanlægget er visuelt mere iøjnefaldende end de to øvrige løsninger. I forbindelse med det konkrete projekt på Gals Klint Camping er der et praktisk forhold, der har indflydelse på rodzoneanlæggets egnethed. Selve placering af et demonstrationsprojekt er betinget af de fysiske forhold på pladsen. Dette betyder, at anlægget skal placeres op mod en relativ tæt skovbevoksning, hvilket vil hæmme væksten af rodzoneanlæggets beplantning. Endelig skal nævnes, at der typisk kan gå op til et par år, før et rodzoneanlæg er fuldt tilvokset, og dermed repræsentativt i forbindelse med undersøgelse af anlæggets effekt.

Det biologiske sandfilteranlæg er ligeledes et kendt renseprincip, og har også været anvendt i forbindelse med genanvendelse af gråt spildevand. Der forekommer normalt ikke lugtgener, og i modsætning til rodzoneanlægget er det biologiske sandfilter mindre synligt i landskabet. Driftserfaringer viser endvidere, at biologiske sandfiltre med fordel kan benyttes, hvor der er varierende spildevandstilledninger og/eller perioder uden tilledning af spildevand. I praksis vil et biologisk sandfilteranlæg derfor kunne drage fordel af en hvileperiode i vintermånederne, da der herigennem kan ske en regenerering af anlægget.

Med udgangspunkt i ovennævnte er det biologiske sandfilter blevet valgt som udgangspunkt for et demonstrationsprojekt.

7.4.2 Desinfektion

Foruden selve det biologiske rensetrin i processen, er desinfektionen af det rensede vand en væsentlig del af hele gråvandsrenseanlægget.

Mikrofiltrering som rensemetode afprøves i et sideløbende projekt under Miljøstyrelsen, hvorfor det ikke skønnes relevant at tage denne desinfektionsform i betragtning for indeværende projekt.

Klorering er en kendt, effektiv og simpel form for desinfektion. Kloreringen har endvidere fordelen af en langtidsvirkning via residualkloren i vandet. Herved sikres imod lugtgener ved henstand i rørsystemet samt i cisterner. Det skal bemærkes, at klorering kan medføre dannelse af klorerede organiske forbindelser, hvilket i modsætning til desinfektion af drikkevand har mindre betydning, da vandet ikke skal drikkes.

Filtrering efterfulgt af UV-behandling er en ofte anvendt behandling til desinfektion af gråt spildevand, /2/. Energiforbruget er generelt moderat og effekten høj. Ulempen er, at effekten er afhængig af kvaliteten af det rensede

gråvand samt at der ikke dannes aflejringer/belægninger på gennemlysningsarealet i lampen. Endvidere vil UV-lampens effekt aftage med tiden og skal udskiftes ca. 1 gang årligt. Det vurderes endvidere, at der må påregnes et jævnlige tilsyn, samt rengøring af lampens gennemstrømningszone, da eventuelle belægninger mv. vil reducere behandlingens effekt.

Hydrogenperoxid er et kraftigt oxidationsmiddel med en effektiv desinficerende effekt. I modsætning til kloreringen har hydrogenperoxid ingen residualeffekt, men til gengæld dannes der ikke restprodukter ved hydrogenperoxid behandlingen. Transform har i projektforløbet bidraget med praktiske erfaringer omkring desinfektion af gråt spildevand. Desinfektion med hydrogenperoxid tilfører forbrugsvandet et ekstra iltpotentiale, således risikoen for lugtgener ved henstand af genbrugsvand i toiletcisterne reduceres.

Umiddelbart vurderes klorering at være den billigste desinfektionsmetode. Kloreringen sikrer endvidere, at der ved henstand i cisterner ikke sker en mikrobiel opblomstring. UV-behandling som desinfektionsmetode har tidligere været anvendt i forbindelse med genanvendelse af gråt spildevand. Løsningen er dog relativt dyr i forhold til en kemisk behandling, endvidere er en finfiltrering forinden behandlingen påkrævet. Sluttelig vurderes UV-behandlingen som værende den mest krævende mht. tilsyn. Desinfektion med hydrogenperoxid kan sidestilles med en klorering, dog uden residualeffekt. Hydrogenperoxids tilførsel af et iltpotentiale til genbrugsvandet opvejer dog i nogen grad den manglende residualeffekt.

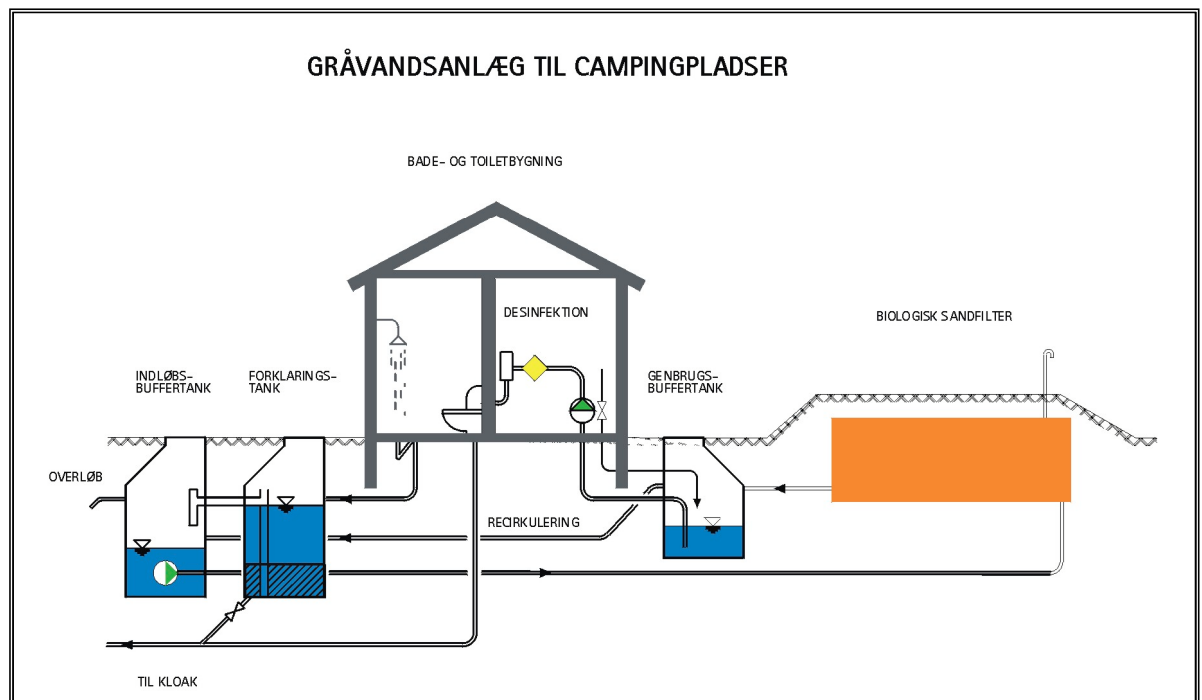
Kloreringen vurderes på baggrund af ovennævnte at give de fleste fordele mht. desinfektion. Prismæssigt ligger kloreringen endvidere i den billige ende af spektret, og der findes på markedet desuden meget simple kloreringssystemer baseret på overrisling af klortabletter. Alternativt til kloreringen vurderes det, at desinfektion med hydrogenperoxid vil være en mulighed, da denne metode har en del af de samme fordele som kloreringen, dog uden residualeffekt.

8 Demonstrationsprojekt

8.1 Beskrivelse af anlægskoncept

På baggrund af diskussionen i afsnit 7.4, blev et biologisk sandfilter valgt som løsning for genanvendelse af gråvand på Gals Klint Camping.

Anlægget opbygges med et biologisk sandfilter som den centrale enhed, se fig. 5.
Figur 5. Principopbygning af demonstrationsprojektet.



I de efterfølgende afsnit vil de enkelte anlægskomponenter og dimensioneringen af samme blive beskrevet. I denne forbindelse anvendes begreberne spædevand og forsyningsgrad, der defineres som følger:

- Spædevand:** Er den tilledning af rent drikkevand til genbrugsbuffertanken ved lav vandstand i denne, dvs. når gråvandsanlæggets kapacitet ikke er tilstrækkelig til at forsyne toiletterne med rensset gråvand.
- Forsyningsgrad:** Er den procentvis andel af vand forbruget til toiletskyl der er rensset gråvand, dvs. en høj forsyningsgrad er ensbetydende med et lavt rentvands-/spædevandsforbrug.

8.2 Forklaringstank

Tidligere erfaringer med gråvandsanlæg har vist, at der på flere anlæg har været problemer, i form af lugtgener, men også driftsmæssige forstyrrelser, primært grundet slamaflejring o.l..

Ved det valgte anlægskoncept akkumuleres det biologisk producerede slam i selve sandfiltret hvor der langsomt mineraliseres.

For at undgå tilslamning af indløbsbuffertank samt sandfiltrets fordelersystem og filtermateriale, ønskes en del af det suspenderede stof, primært hår, frie fedtstoffer og større partikler mv., fjernet forinden indløbsbuffertanken. Herigennem opnås en større driftssikkerhed af sandfiltret, samt en reduktion af den potentielle risiko for lugtgener ved tilslamning af buffertanken.

Forklaringsenheden kan sammenlignes med en traditionel septiktank, dog med et mindre slamlagervolumen end for sort spildevand. Slam udledes efter behov til den kommunale spildevandsledning, alternativt kan tanken tømmes med slamsuger.

Der vil i septiktanken kunne opstå anaerobe forhold, hvorfor der er en potentiel mulighed for lugtgener fra tanken/det lagrede slam.

Det forventes, at der gennemsnitligt vil kunne fjernes ca. 40 – 50 % af det tilladte suspenderede stof i forklaringstanken.

Tanken påtænkes udføre således lagret slam kan udledes direkte til kloak med kortere intervaller. Alternativt kan flere tømninger pr. sæson være en nødvendighed for at undgå lugtgener fra forklaringstanken.

Strømningszonen/vandvolumenet i forklaringstanken dimensioneres på basis af den maksimale timeproduktion af gråvand, svarende til 4 m³/h. For i disse spidsbelastningssituationer til stadighed at opnå en vis fjernelse af suspenderede stoffer, dimensioneres tanken med en hydraulisk opholdstid på min. 0,5 h, svarende til en min. vandvolumen på 2 m³.

Sammenholdes slamlager- og vandvolumen med de traditionelle volumener for bundfældningstanke/septiktanke /11/ og /23/, bør der med udgangspunkt i vandvolumenets størrelse etableres en bundfældningstank med et total volumen på ca. 5,0 m³. Grundet et relativt lavt indhold af suspenderet stof i det grå spildevand, kan dette volumen reduceres ved minimering af slamlagret. Afhængig af tømnings-/udledningsfrekvens mht. lagret slam, bør forklaringstankens volumen være 2,8 – 3,8 m³.

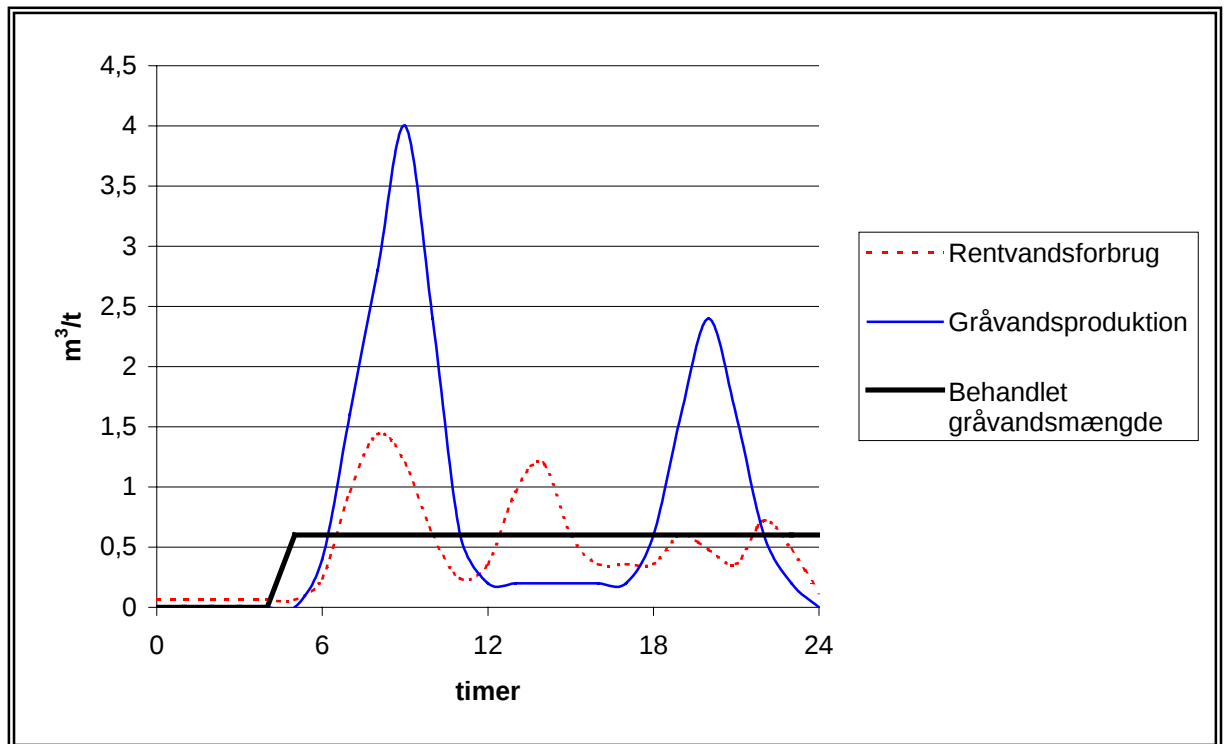
For et demonstrationsprojekt på Gals Klint Camping er der valgt en tank med et totalvolumen på 3,5 m³, baseret på en tømningssfrekvens på ca. to tømninger pr. sæson.

8.3 Buffertanke

Buffervolumenet i gråvandsanlæg kan betragtes som en funktion af anlæggets behandlingskapacitet i forhold til tilførslen og forbruget af gråvand.

Grundlaget for beregning af nødvendige buffervolumener er de dimensionsgivende parametre fra tabel 10.

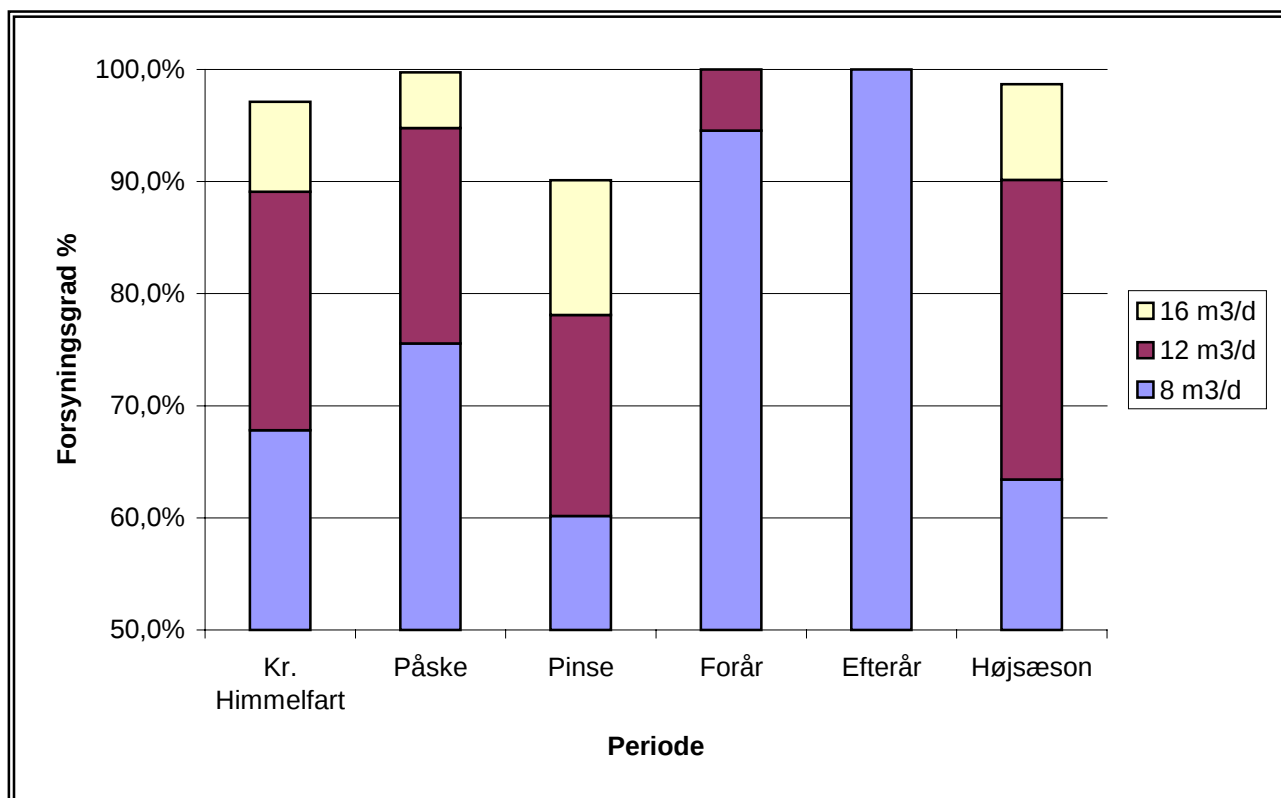
Døgnfordelingen af rentvandsforbruget, hhv. gråvandsproduktionen er i samråd med Gals Klint Camping vurderet at være som angivet på figur 6.



Figur 6. Gråvandsproduktionen og rentvandsforbruget sammenholdt med anlæggets renskapacitet.

På basis af døgnfordelingen vist på figur 6, er der blevet gennemført en række simuleringer af variationerne i tankvolumenerne. De i dette afsnit præsenterede resultater er baseret på en daglig behandlingskapacitet på 12 m³, fordelt over døgnet med 0,6 m³/h i driftsperioden. Formålet med simuleringerne var, at optimere buffervolumenerne og sandfilteranlæggets størrelse, for derigennem at opnå en høj forsyningsgrad med små buffervolumener.

Det skal bemærkes, at der bortset fra enkelte dage i yderpunkterne af sæsonen, altid er en overproduktion af gråvand i forhold til vandforbruget til toiletskyl. Dette betyder følgelig, at der i princippet hver dag vil være overløb til offentlig kloak. Buffervolumenerne har til formål, at sikre der så vidt muligt altid kan anvendes genbrugsvand til toiletskyl, således spædevandsforbruget minimeres. Af figur 7 fremgår forsyningsgraderne på forskellige relevante tidspunkter af campingsæsonen.



Figur 7. Forsyningsgraden sammenholdt med sandfilteranlæggets behandlingskapacitet over sæsonen.

I forbindelse med beregningen af forsyningsgrader er anvendt buffervolumenerne angivet i tabel 12. Opsummeres forsyningsgraden set over sæsonen som helhed opnås en teoretisk forsyningsgrad på 95 – 98 % af det totale vandforbrug til toiletskyl.

På basis af undersøgelsen, er der valgt buffervolumener som angivet i tabel 12.

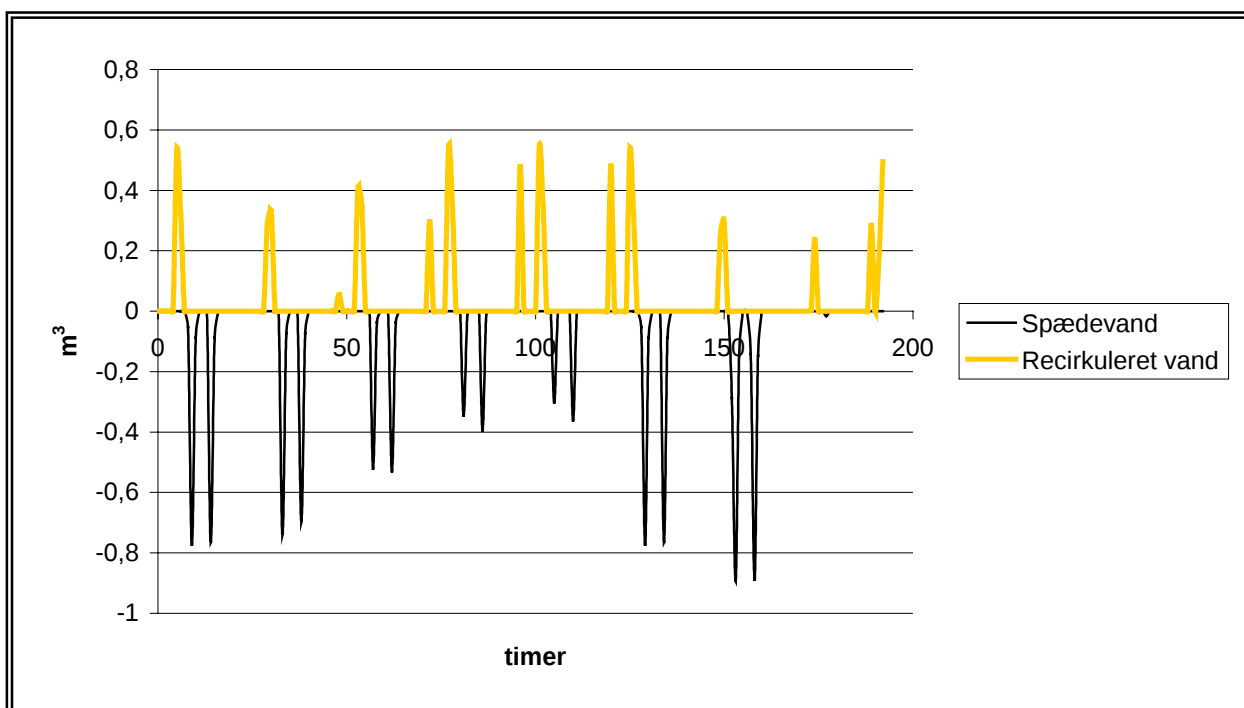
-	Buffervolumen (m ³)
Indløbsbuffertank	3,0
Genbrugsbuffertank	1,5

Tabel 12. Beregnede buffervolumener.

De valgte tankstørrelser sikre en høj genanvendelsesgrad, dvs. den vandmængde der benyttes til toiletskyl dækkes for størstedelen af tiden med rensset gråvand.

De relativ små tankstørrelser sikrer en kort opholdstid, Herigennem minimeres således risikoen for anaerobe forhold og efterfølgende lugtgener. Specielt i lavbelastningsperioderne vil der være en høj grad af recirkulering, hvorfor der til hver en tid ikke vil være vand der henstår mere en maksimalt et døgn i buffertankene, og normalt ikke mere end 4 – 6 timer.

På figur 13, er tilførslen af spædevand samt den recirkulerede vandmængde illustreret gældende for en uge i højsæsonen.



Figur 8. Tilførsel af spædevand¹⁴ samt recirkuleret vand.

Som det fremgår af figur 13, vil der selv i en periode med fuld belastning være en recirkulering. Sammenholdes denne med de lavt belastede perioder, vil recirkuleringsgraden her være 4 – 6, hvilket betyder, at middellopholdstiden i genbrugsbuffertanken ligeledes vil være ca. 4 – 6 timer.

Det samlede resultat af optimeringen af tankvolumener giver på baggrund af ovennævnte flg. fordele:

- Høj forsyningsgrad, dvs. stor vandbesparelse.
- Små buffervolumener, dvs. er lille anlægsinvestering samt korte opholdstider.
- En optimering af sandfiltrets størrelse.
- Høj recirkuleringsgrad, dvs. minimal risiko for lugtgener som følge af henstand.

Påfyldningen af spædevand er et område der tidligere har været gennemgået i forbindelse med regnvandsanlæg /3/. Tilførsel af drikkevand til et anlæg indeholdende ikke drikkevand, er en potentiel risiko for forurening af drikkevandssystemet. Der foreligger derfor retningslinier for etablering af spædevandstilførsler /16/.

Påfyldning af spædevand vil ske i genbrugsbuffertanken.

¹⁴ Tilførsel af spædevand er angivet som negativ værdi.

8.4 Biologisk sandfilter

Grundet gråvandets karakteristik, bliver BOD_5 den dimensionsgivende parametre for anlægget. Endvidere skal der tages højde for den hydrauliske belastning af både sandfiltret og forklaringstanken.

Det biologiske sandfilters daglige behandlingskapacitet er som nævnt i forgående afsnit sat til $12 \text{ m}^3/\text{d}$.

Da der er tale om et mindre sandfilteranlæg, anvendes med udgangspunkt i /12/ og /14/, en dimensionsgivende belastning på $20 \text{ g } BOD_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, hvilket giver et areal af det biologiske sandfilter på ca. 90 m^2 baseret på en behandlingskapacitet på $12 \text{ m}^3/\text{d}$. Denne areal belastning er noget større end de i /12/ angivne $12 - 15 BOD_5/\text{m}^2 \cdot \text{d}$. Det må dog forventes, at denne større arealbelastning ikke vil udgøre et problem, både grundet gråvandets karakteristik, der i forhold til almindeligt sort spildevand kun indeholder begrænsede mængder næringssalte og suspenderet stof. Endvidere er COD/BOD forholdet relativt lavt (ca. 1,7), hvorfor det vurderes, at den øgede arealbelastning kompenseres af gråvandets sammensætning.

Den hydrauliske belastning i en spidsbelastningssituation vil være $130 \text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, denne værdi ligger en anelse over de i /12/ anbefalede $80 - 100 \text{ l}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$. Det vurderes dog, at denne hydrauliske overbelastning ikke vil have den store betydning for renseeffekten i sandfiltret, grundet gråvandets karakteristik.

Registreringerne af forbrugsdata for gråvand på Gals Klint Camping viser, at der i år 2000 kun var ca. 20 % af dagene hvor der var en gråvandsproduktion større end $10 \text{ m}^3/\text{d}$. Derfor skønnes de ovennævnte belastninger ikke at udgøre et problem.

8.5 Desinfektion

Som tidligere nævnt er indholdet af mikroorganismer en væsentlig kvalitetsparameter.

Følgende løsninger er taget i betragtning i nærværende projekt, jf. diskussionen i afsnit 7.4:

- Kemisk desinfektion med hydrogenperoxid
- Klorering
- Filtrering og UV-behandling.
- Mikrofiltrering

En livscyklusanalyse i projektets fase 2 vil bl.a. være en afgørende parameter for hvilken desinfektionsløsning der endeligt vil være den optimale, miljømæssigt set.

Desinfektion med hydrogenperoxid anvendes som udgangspunkt i det aktuelle tilfælde, da Gals Klint Camping som økologisk campingplads ikke anvender klor i driften.

Metoden har en god desinficerende effekt og tilførslen af et iltpotentiale giver en ekstra sikkerhed mod lugtgener. Prismæssigt vurderes hydrogenperoxid behandlingen at være en anelse dyrere end en klorering. Pasningsniveauet er lavere end tilfældet vil være med et UV-anlæg.

8.6 Drift af anlægget

Erfaringer omkring driften af biologiske sandfiltre viser, at et trykssystem med stødvis belastning giver den bedste udnyttelse af filterarealet /12/.

For at sikre der til stadighed er rensset gråvand i genbrugsbuffertanken tilsigtes det, at anlæggets behandlingskapacitet fordeles over en stor del af døgnet, således tilførslen af spædevand minimeres.

Driften af anlægget tilrettelægges derfor i en fastlagt justerbar driftscyklus, som angivet i tabel 13.

Tidspunkt	Drift
05.00 – 01.00	0,6 m ³ /h over ca. 5 min.
01.00 – 05.00	Hvileperiode

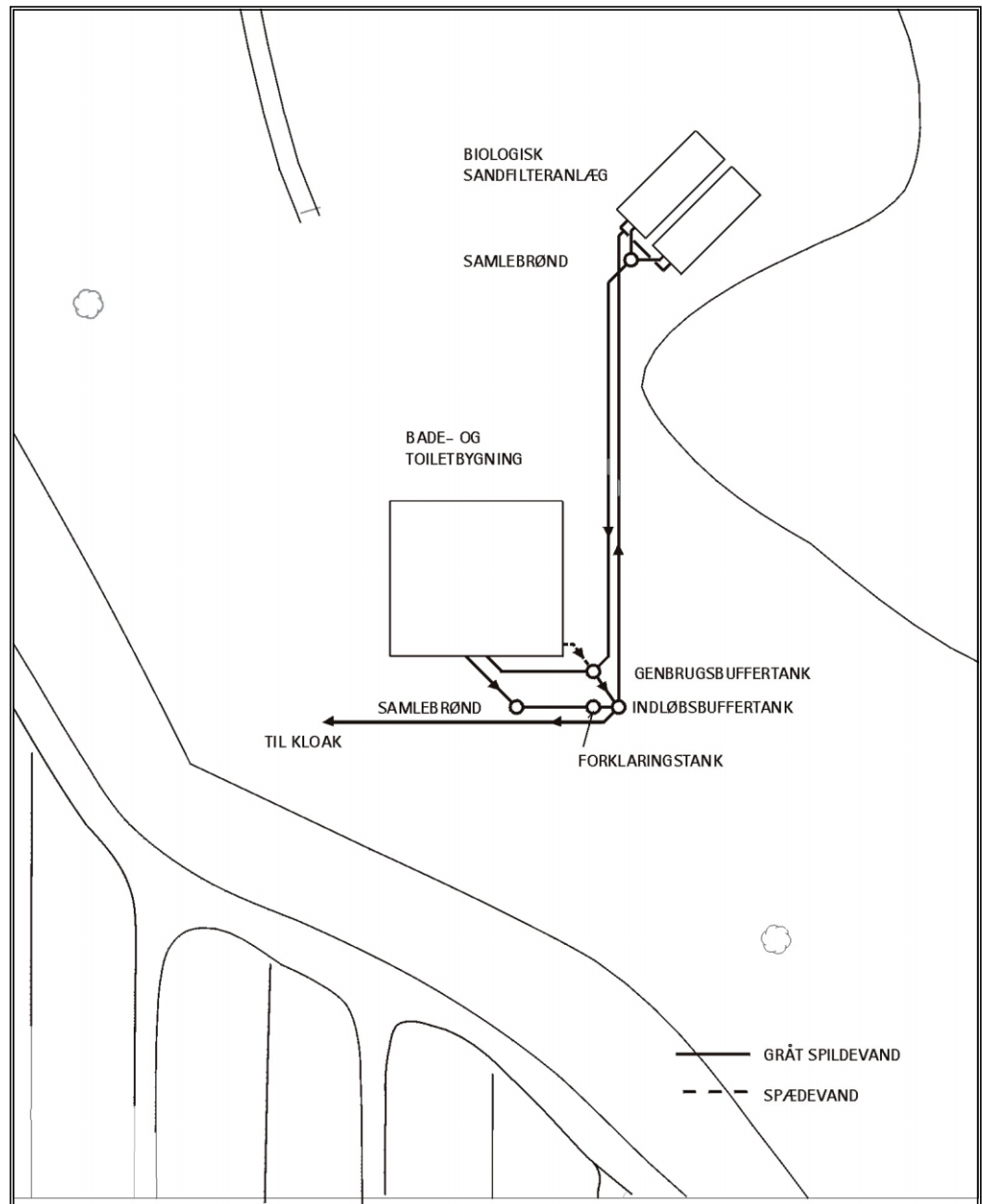
Tabel 13. Driftscyklus – Biologisk sandfilter.

Ved recirkulering fra genbrugs- til indløbsbuffertank, vil der principielt altid være tilstrækkeligt vand (>1 m³) til rådighed i indløbsbuffertanken til indpumpning i sandfilteranlægget.

Anlægget etableres endvidere således der både kan recirkuleres, alternativt at sandfilteranlægget ikke tilføres gråvand når genbrugsbuffertanken er fuld.

8.7 Anlægsøkonomi

Anlægget påtænkes placeret som angivet på figur 9. Det skal bemærkes, at tanke placeres relativt tæt på bygningen, placeret i en udgravning, mens selve sandfiltret placeres et stykke væk, for ikke at "optage" arealer, der senere kunne udnyttes til andre formål.



Figur 9. Mulig placering af demonstrationsprojekt på Gals Klint Camping.

I tabel 14 er opstillet overslagspriser for etablering af demonstrationsanlægget. Priserne er baseret på erfaringspriser fra lignende arbejder, samt konkrete tilbud fra leverandører. Alle priser er ekskl. moms.

Komponent	Beskrivelse	Pris
Sandfilter	Biologisk sandfilter ca. 90 m ² á kr. 500,-/m ²	kr. 45.000,-
Forklaringstank	Betontank Ø1500 mm ca. 3,5 m ³	kr. 17.500,-
Indløbsbuffertank	Ca. 3 m ³ Ø1500 mm buffertank i beton, forsynet med indløbspumpe, fabrikat Grundfos type...	kr. 25.000,-
Genbrugsbuffertank	Betontank Ø1250 mm ca. 1,5 m ³ , forsynet med niveauiipper for tilledning af spædevand.	kr. 12.000,-
Styring		kr. 5.000,-
Trykforøgeranlæg		kr. 5.000,-
Doseringsanlæg		kr. 5.000,-
Ledningsarbejder	Ca. 50 m Ø110 pvc 1,5 m dybde samt ca. 50 m Ø32 mm PE trykledning placeret i same trace á ca. kr. 340,-	kr. 17.000,-
Forsyningsledninger	Tilslutning fra genbrugsbuffertank til gråvandsrørsystem samt spædevandsledning, inkl. magnetventil.	kr. 6.000,-
Montagearbejder	Div. montage og el-arbejder	kr. 10.000,-
Projektering ¹⁵		kr. 5.000,-
Diverse	Uforudsete udgifter mv.	kr. 7.500,-
I alt :		kr. 160.000,-

Tabel 14. Anlægsudgifter for demonstrationsprojekt.

Komponent	Elforbrug (kWh/sæson)	Drift og tilsyn (timer/sæson)
Indløbspumpe	ca. 375	1
Forsyningspumpe	ca. 1000	2
Doseringsanlæg	ca. 100	6
Niveauiipper	-	2
I alt :	ca. 1475	9

Tabel 15. Estimerede driftsudgifter for demonstrationsanlæg.

Energi- og tidsforbruget modsvarer en årlig driftsudgift¹⁶ på i alt ca. kr. 3.050,-. Til denne udgift skal lægges i alt ca. kr. 2.200,- til påfyldning af hydrogenperoxid, udskiftning af sliddele samt en årlig slamtømning. Den samlede driftsudgift er således ca. kr. 5.250,- pr. år inkl. de løbende udskiftninger af pumpelede mv.

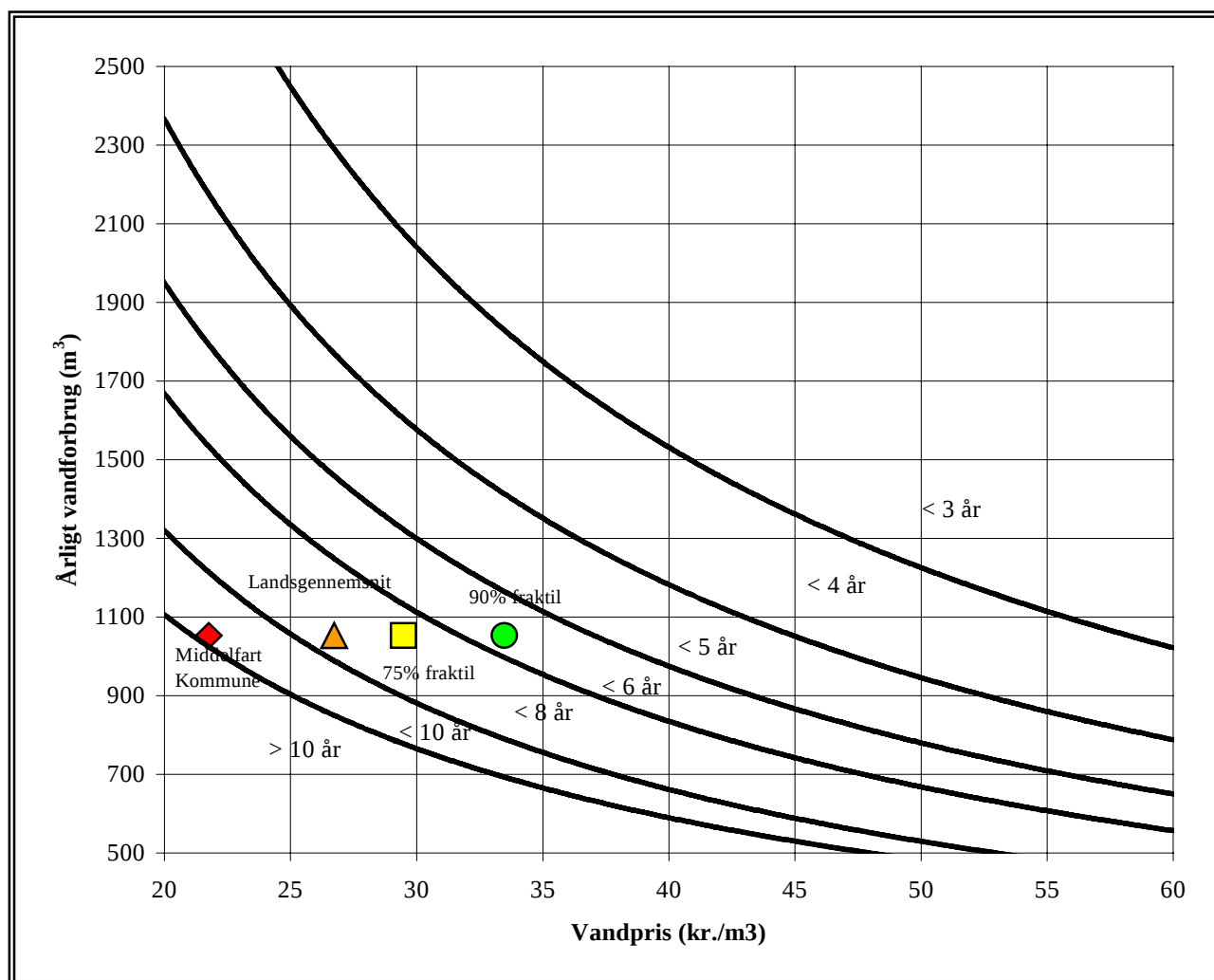
8.7.1 Rentabilitet af anlægget

Som tidligere nævnt, er en direkte afskrivningsperiode på ca. 6 år en væsentlig parameter for, hvorvidt campingpladser vil være interesserede i at investere i et gråvandsanlæg.

På figur 10 er afskrivningsperioden for demonstrationsanlægget sammenstillet med vandprisen anno 2001 og besparelspotentialet.

¹⁵ Ved fremtidige projekteringer må det forventes, at der kun skal enkelte forundersøgelser til forinden et anlæg som demonstrationsprojektet kan etableres. Denne udgift er derfor medtaget, da dette giver et mere realistisk billede af anlægsomkostningerne.

¹⁶ Med flg. enhedspriser : 1,10 kr./kWh, 160 kr./mandetime.



Figur 10. Afskrivningsperioden for demonstrationsanlægget, 2001 prisniveau.

Betragtes de kommuner der har de højeste totale vandpriser, vil anlægget have en afskrivningsperiode < 6 år i ca. 15 % af landets kommuner. Accepteres 6 – 7 års afskrivningsperiode vil demonstrationsanlægget være rentabelt i ca. 34 % af landets kommuner med det nuværende prisniveau, jf. figur 10. Ved en 7 – 8 års afskrivningsperiode vil anlægget være rentabelt i forhold til landsgennemsnittet. For Middelfart Kommune og Gals Klint Camping vil perioden være ca. 9 – 10 år.

På baggrund af ovennævnte må det forventes, at der p.t. vil være en generel interesse for at etablere gråvandsanlæg med de nuværende forudsætninger.

Anlægget på Gals Klint Camping ville med en vandpris på eksempelvis ca. kr. 31,50 og det nuværende besparelspotentiale på ca. 1108 m^3 , have en afskrivningsperiode på 6 år. Alternativt ville et besparelspotentiale på ca. 1500 m^3 og en vandpris på ca. kr. $22,50/\text{m}^3$ ligeledes give en afskrivningsperiode på 6 år. Eksemplerne illustrerer, at rentabiliteten af et gråvandsanlæg, naturligvis er afhængig af den lokale vandpris samt besparelspotentialet i kombination.

Det skal dog påpeges, jf. afsnit 4.2, at fremtidige prisstigninger på vand formentlig medvirker til, at konceptet i langt flere tilfælde vil være rentabelt med en afskrivningsperiode på ≤ 6 år.

Forholdet omkring forbedret spildevandsrensning i det åbne land er en yderligere faktor, der kan medføre en stigende interesse for at kunne rense og genanvende gråt spildevand. Dette skyldes det forhold, at på pladser hvor der under alle omstændigheder skal etableres en forbedret spildevandsrensning, vil etableringen af gråvandsanlægget delvis kunne finansieres på baggrund af en reduktion i anlægsstørrelsen for det almindelige spildevandsanlæg.

Det må derfor konkluderes, at der p.t. er relativt store dele af landet, hvor et gråvandsanlæg vil være rentabelt.

Campingpladser med et stort vandforbrug vil endvidere have en bedre forrentning af anlægsinvesteringen, end tilfældet er for Gals Klint Camping. Et stort vandforbrug kan i dette tilfælde være et større gennemsnitligt vandforbrug til toiletskyl, en længere sæson eller en kombination af begge. Da Gals Klint er en rimelig typisk dansk campingplads, må det forventes, at op til ca. en tredjedel af de danske campingpladser allerede nu vil kunne drage økonomisk fordel af et gråvandsanlæg.

Med en udsigt til, at vandprisen sandsynligvis vil stige i årene fremover, vil rentabiliteten for et gråvandsanlæg blive gunstigere. I de områder af landet hvor en forbedret spildevandsrensning vil blive påkrævet, vil etablering af et gråvandsanlæg med de nuværende vandpriser være rentabelt i stort set alle tilfælde.

9 Konklusion

Det må på baggrund af vurderingerne i afsnit 8 konkluderes, at udgifterne til etablering af et demonstrationsprojekt på Gals Klint Camping vil beløbe sig til ca. kr. 160.000,-, ekskl. moms. De årlige driftsudgifter må forventes at udgøre ca. kr. 5.000 – 6.000,- eller forventeligt ca. kr. 5,-/m³ rensset og genbrugt gråt spildevand.

Ved en 95% reduktion i vandforbrug til toiletskyl vil der, som angivet i afsnit 6 være et årligt besparelspotentiale på ca. kr. 28.100,-/år, med udgangspunkt i den gennemsnitlige vandpris i Danmark.

Sammenholdes besparelspotentialet med etablerings og driftsudgifter vil dette give en direkte afskrivningsperiode for demonstrationsprojektet på Gals Klint Camping på ca. 9 – 10 år.

Ovennævnte direkte afskrivningsperiode er således ca. 4 år større end den der gennemsnitligt accepteres på danske campingpladser.

Betragtes variationerne over landet vil der i 2001 være ca. 15 % af landets kommuner hvor etableringen af gråvandsanlægget vil have en afskrivningsperiode på 6 år eller derunder. Det kan endvidere konkluderes, at demonstrationsanlægget ville kunne forrentes på ca. 7 år eller derunder i ca. 34 % af landets kommuner.

Med udsigt til, at vandpriserne sandsynligvis vil stige i de kommende år, og med udsigt til investeringer i forbindelse med kravene til forbedret spildevandsrensning i det åbne land, vil genanvendelse af gråt spildevand kunne blive en rentabel løsning på mange danske campingpladser.

10 Litteraturliste

- /1/ Albrechtsen, H.-J. et al.: "Boligernes vandforbrug. Den udnyttelige regnvandsressource", Boligministeriet og Miljøstyrelsen, 1998.
- /2/ Albrechtsen, H.-J. et al.: "Boligernes vandforbrug. Mikrobiologiske undersøgelser af regn- og gråvandsanlæg", Boligministeriet og Miljøstyrelsen, 1998.
- /3/ Adeler, O. F.: "Vurdering af hygiejniske risici ved håndtering af urent vand i huse", Miljøstyrelsen, Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning Nr. 3, 2000.
- /4/ Smith, M.: "Rensemetoder for gråt spildevand – En karakteristik og analyse af 2 etablerede gråvandsanlæg", Eksamensprojekt ved IMT, DTU, Lyngby 2000.
- /5/ Sahuquillo, M.: "A comparison of Chemical Flocculation and Sand Filtration as treatment for Greywater", Eksamensprojekt ved IMT, DTU, Lyngby 2000.
- /6/ Günther, F.: "Simplifying waste water treatment by source separation: Outline for a biologically based grey water purification plant in Sweden", Department of Systems Ecology, Stockholm University, Sweden 1995.
- /7/ Günther, F.: "Waste water treatment by source separation: Outline for a biologically based grey water purification plant in Sweden", Ecological Engineering Vol. 15 Iss 1-2, p.139-141, Sweden 2000.
- /8/ Hasling, A. B. et al.: "Lavteknologisk spildevandsrensning i danske landsbyer", Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 5, 1990.
- /9/ Jacobsen, B. N. et al.: "Rodzoneforsøgsanlæg", Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 7, 1990.
- /10/ Schierup, H.-H. et al.: "Spildevandsrensning i rodzoneanlæg", Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 8, 1990.
- /11/ Dansk Teknologisk Institut, Rambøll & Hannemann: "Septiktanke", Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 16, 1990.
- /12/ Lynggaard-Jensen, A. et al.: "Biologiske sandfiltre", Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 29, 1992.
- /13/ Jørgensen, K. R. et al.: "Biologisk rensning af spildevand fra enkeltejendomme", Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen Nr. 41, 1992.
- /14/ Miljø- og Energiministeriet: "Biologiske sandfiltre op til 30 PE", Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 3, 1999.
- /15/ Miljø- og Energiministeriet: "Rodzoneanlæg op til 30 PE", Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 1, 1999.

- /16/Teknologisk Institut, Rørcentret. Udarbejdet for By- og Boligministeriet og Miljø- og Energiministeriet: "Brug af regnvand til wc-skyl og vaskemaskiner i boliger", Rørcenter-anvisning 003, 2000.
- /17/Løw & Hallberg: "Fosforfjernelse i biologisk sandfilter", Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, Nr. 35, 1991.
- /18/Stöckler, M.: "Rensning og recirkulering af industrivaskerivand", Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 222, 1993.
- /19/Pedersen, J. W.: "Renere teknologi i busselskaber", Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 1997.
- /20/Nickelsen, C. et al.: "Hygiejnisk kvalitet af spildevand fra renseanlæg", Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, Nr. 21, 1991.
- /21/Thorndahl, U.: "Hygiejnisering af rensed spildevand – Simultan anvendelse af ozonbehandling og UV-belysning", Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, Nr. 51, 1993.
- /22/Nielsen, U. et al.: "Bilvaskehaller", Miljøstyrelsen, Miljøprojekt Nr. 537, 2000.
- /23/Dansk Ingeniørforening: "Norm for mindre afløbsanlæg for nedsivning", Dansk Standard DS 440, 2. udgave, september 1983.
- /24/Wielandt, B.: "Grønt VVS og gråt spildevand", Dansk VVS blad - 11 - November 2000.
- /25/Ludwig, A.: "Create an Oasis with greywater", Oasis Design, 2000.
- /26/Asano, T. et al.: "Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present, and future", Water Science and Technology Vol. 33 No 10-11 pp 1-14, 1996.
- /27/Fittschen, I. et al.: "Experiences with dry sanitation and greywater treatment in the ecovillage Toarp, Sweden", Water Science and Technology Vol. 35 No 9 pp 161-170, 1997.
- /28/Butler, D. et al.: "Characterising the quantity and quality of domestic wastewater inflows", Water Science and Technology Vol. 31 No 7 pp 13-24, 1995.
- /29/Greenway, M. et al.: "Artificial wetlands for wastewater treatment, water reuse and wildlife in Queensland, Australia", Water Science and Technology Vol. 33 No 10-11 pp 221-229, 1996.
- /30/Ouazzani, N. et al.: "Reuse of wastewater treated by infiltration percolation", Water Science and Technology Vol. 33 No 10-11 pp 401-408, 1996.
- /31/Maeda, M. et al.: "Area-wide use of reclaimed water in Tokyo, Japan", Water Science and Technology Vol. 33 No 10-11 pp 51-57, 1996.
- /32/Oron, G.: "Soil as a complementary treatment component for simultaneous wastewater disposal and reuse", Water Science and Technology Vol. 34 No 11 pp 243-252, 1996.

- /33/Hang-Sik, S. et al.: "Pilot-scale SBR and MF operation for the removal of organic and nitrogen compounds from greywater", Water Science and Technology Vol. 38 No 6 pp 79–88, 1998.
- /34/Buckley, C.A. et al.: "Waste water reuse, the South African experience", Water Science & Technology Vol. 41 No 10-11 pp 157–163, 2000.
- /35/Faby, J.A. et al.: "Wastewater Reuse in France: Water Quality Standards and Wastewater Treatment Technologies", Water Science and Technology Vol. 40 No 4-5 pp 37–42, 1999.
- /36/Kyu-Hong, A. et al.: "Application of tubular ceramic membranes for reuse of wastewater from buildings", Water Science and Technology Vol. 38 No 4-5 pp 373–382, 1998.
- /37/Madaeni, S.S.: "The application of membrane technology for water disinfection", Water Research (33)2 (1999) pp. 301-308.
- /38/Christova-Boal, D. et al.: "An investigation into greywater reuse for urban residential properties", Desalination, Vol. 106 pp 391-397, 1996.
- /39/Kishino, H. et al.: "Domestic wastewater reuse using a submerged membrane bioreactor", Desalination, Vol. 106 pp 115-119, 1996.
- /40/Christoffersen, M.: "Variationsanalyser af gråt spildevand", Eksamensprojekt ved Institut for Miljø & Ressourcer, DTU, Lyngby 2001.
- /41/Planenergi, Midtjylland: "Genanvendelse af badevand til toiletskyl", Planenergi, 1995.
- /42/Dansk Industri: "Pris for spildevandsbehandling", 2000.
- /43/Danske Vandværkers Forening: "Vandforsyningsstatistik 1999", 2001
- Nedenstående kildehenvisninger har været anvendt som baggrundsmateriale i rapporten, men der henvises i øvrigt ikke specifikt til dette.*
- /44/Schönborn, A. et al.: "Long term performance of the sand-plant-filter Schattweid (Switzerland)", Water Science and Technology Vol. 35 No 5 pp 307–314, 1997.
- /45/Asano, T. et al.: "Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples", Water Science and Technology Vol. 34 No 11 pp 219–226, 1996.
- /46/Kontos, N. et al.: "Environmental assessment for wastewater reclamation and reuse projects", Water Science and Technology Vol. 33 No 10-11 pp 473–486, 1996.
- /47/Anderson, J. M.: "Current water recycling initiatives in Australia: scenarios for the 21st century", Water Science and Technology Vol. 33 No 10-11 pp 37–43, 1996.
- /48/Cikurel, H. et al.: "Wastewater effluent reuse by in-line flocculation filtration process", Water Science and Technology Vol. 33 No 10-11 pp 203–211, 1996.

- /49/Henze, M.: "Waste design for households with respect to water, organics and nutrients", *Water Science and Technology* Vol. 35 No 9 pp 113–120, 1997.
- /50/Zhang, B. et al.: "Seasonal change of microbial population and activities in a building wastewater reuse system using a membrane separation activated sludge process", *Water Science and Technology* Vol. 34 No 5-6 pp 295–302, 1996.
- /51/Crook, J. et al.: "Water reclamation and reuse criteria in the U.S.", *Water Science and Technology* Vol. 33 No 10-11 pp 451–462, 1996.
- /52/Croce, F. et al.: "Operational efficiency of a pilot plant for wastewater reuse", *Water Science and Technology* Vol. 33 No 10-11 pp 443–450, 1996.
- /53/Law, I.B.: "Rouse Hill - Australia's first full scale domestic non-potable reuse application", *Water Science and Technology* Vol. 33 No 10-11 pp 71–78, 1996.
- /54/Tree, J.A. et al.: "virus inactivation during disinfection of wastewater by chlorination and UV irradiation and the efficacy of F⁺ bacteriophage as a 'viral indicator'", *Water Science and Technology* Vol. 35 No 11-12 pp 227–232 1997.
- /55/Sommer, R. et al.: "Influence of lamp intensity and water transmittance on the UV disinfection of water", *Water Science and Technology* Vol. 35 No 11-12 pp 113–118, 1997.
- /56/Sommer, R. et al.: "Microbicidal effect of reflected UV radiation in devices for water disinfection", *Water Science and Technology* Vol. 34 No 7-8 pp 173–177 1996.
- /57/Sommer, R. et al.: "Comparison of three laboratory devices for UV-inactivation of microorganisms", *Water Science and Technology* Vol. 31 No 5-6 pp 147–156 1995.
- /58/Gschlöß, T.: "UV-disinfection of treated wastewater: possible effects on surface waters", *Water Science and Technology* Vol. 29 No 12 pp 255–266 1994.

- /59/Mæhlu, T. et al.: "Removal Efficiency of Three Cold-Climate Constructed Wetlands Treating Domestic Wastewater: Effects of Temperature, Seasons, Loading Rates and Input Concentrations", *Water Science and Technology* Vol. 40 No 3 pp 273–271, 1999.
- /60/Adin, A.: "Particle Characteristics: A Key Factor in Effluent Treatment and Reuse", *Water Science and Technology* Vol. 40 No 4-5 pp 67–74, 1999.
- /61/Lazarova, V. et al.: "Application of aerated biofilters for production of high quality water for industrial reuse in West Basin", *Water Science and Technology* Vol. 41 No 4-5 pp 417–424, 2000
- /62/Jefferson, A. et al.: "Membrane bioreactors and their role in wastewater reuse", *Water Science and Technology* Vol. 41 No 1 pp 197–204, 2000.
- /63/Liberti, L. et al.: "Advanced Treatment and Disinfection for Municipal Wastewater Reuse in Agriculture", *Water Science and Technology* Vol. 40 No 4-5 pp 235–246, 1999.
- /64/Slawomir, W. et al.: "Abel Wolman's "The Metabolism of Cities" Revisited: A Case for Water Recycling and Reuse", *Water Science and Technology* Vol. 40 No 4-5 pp 29–36, 1999.
- /65/Mujeriego, R. et al.: "The Role of Advanced Treatment in Wastewater Reclamation and Reuse", *Water Science and Technology* Vol. 40 No 4-5 pp 1–10, 1999.
- /66/Garland, J.L. et al.: "Graywater processing in recirculating hydroponic systems: phytotoxicity, surfactant degradation, and bacterial dynamics", *Water Research*, 34 (12) (2000) pp. 3075-3086.
- /67/Neal, J.: "Wastewater reuse studies and trials in Canberra", *Desalination*, Vol. 106 pp 399-405, 1996.
- /68/Bingley, E. B.: "Greywater reuse proposal in relation to the Palmyra project", *Desalination*, Vol. 106 pp 371-375, 1996.
- /69/Jeppesen, B.: " Domestic greywater re-use: Australia's challenge for the future", *Desalination*, Vol. 106 pp 311-315, 1996.
- /70/Sommer, R. et al.: "Time dose reciprocity in UV disinfection of water", *Water Science and Technology* Vol. 38 No 12 pp 145–150 1998.
- /71/Janex, M.L. et al.: "Impact of water quality and reactor hydrodynamics on wastewater disinfection by UV, use of CFD modeling for performance optimization", *Water Science and Technology* Vol. 38 No 6 pp 71–78 1998.
- /72/Gehr, R. et al.: "UV disinfection of wastewater coagulated with ferric chloride: recalcitrance and fouling problems", *Water Science and Technology* Vol. 38 No 3 pp 15–23 1998.
- /73/Auffarth, K.P.S.: "Organiske stoffer i gråt spildevand – Et litteraturstudie", Projekt ved Institut for Miljøteknologi, DTU, Lyngby 1999.
- /74/Auffarth, K.P.S.: "Behandling af gråt spildevand", Eksamensprojekt ved Institut for Miljøteknologi, DTU, Lyngby 2000.

Bilag A

Løsningsforslag 1 - Minirensesanlæg

Anlægsbeskrivelse

Indløbsbuffertanken er foreslået udført som et præfabrikeret glasfibertank, fabrikat VPI type S7, volumen 7 m³. Tanken leveres med udstyr for opdriftssikring.

Buffertanken forsynes med en spildevandspumpe, der dimensioneres således, at der maks. pumpes 0,875 m³/h til det biologiske rensesanlæg.

Rensesanlægget består af en biozone med dykkede beluftede biofiltre. Biozonen er konstrueret i en tank af polyethylen der er monteret indeni en dortmundtank fremstillet af armeret glasfiber. Tanken er forberedt for opdriftssikring.

Vådvolumen biozone:	2,38 m ³
Vådvolumen efterklaringsmodul:	2,25 m ³
Biofilterareal:	514 m ²

Fra efterklaringsmodulet udpumpes slam til offentlig kloak via en mammutpumpe.

Genbrugstanken udføres som en 2 m³ færdigstøbt glasfibertank af types VPI S7. Tanken forsynes med 1½" rør for aftapning og recirkulation af genbrugsvand. Tanken forsynes med niveaustyret tilledning af vandværksvand. Tanken leveres med udstyr til opdriftssikring.

Forsyningspumpen til fordeling af genbrugsvand til toiletter opstilles tørt i teknikrum. Pumpen er en selvansugende centrifugalpumpe, fabrikat Grundfos, type JP6 med preskontrol. Pumpen starter/stopper automatisk ved tryktab/maksimalt tryk. På pumpens trykside monteres et forrensefilter type AxFlow 20" BB polypropylenfilter, 50 micron samt et UV filter AxFlow type UVBB 20" BB til desinfektion af det rensede genbrugsvand. For at undgå opformering af bakterier i genbrugstanken installeres desuden en cirkulationspumpe før forrensefiltret, således indholdet i genbrugstanken kontinuerligt recirkuleres over filter og UV lampe.

Økonomi løsningsforslag 1

I tabel 16 er en samlet overslagspris for løsningsforslaget fra AEC angivet. Priserne er givet af AEC og er ekskl. moms.

Komponent	Beskrivelse	Pris
7 m ³ indløbsbuffertank	Tank i armeret glasfiber (Ø1600 x 4300 mm), monteres med afløbspumpe Grundfos AP 12 med aut. start/stop niveauvippe	
Minirenselanlæg	Eco-line mini type 35 pe	
Genbrugstank	Tank i polyethylen (Ø1250 x 2250 mm), inkl. niveaustyret tilledning af vandværksvand.	
Forsyningspumpe	Grundfos selvansugende centrifugalpumpe JP 6	
Cirkulationspumpe	Grundfos cirkulationspumpe UPS 25-60 for recirkulering over UV-anlæg	
Forrensefilter	AxFlow 20" BB 50 micron	
UV-anlæg	AxFlow UV BB 120-2 20" BB filter	
Anlægsarbejder	Installation af buffertank, Eco-line mini anlæg genbrugstank (anslået pris)	
Montagearbejder	Installation af Grundfos-pumper, desinfektionsanlæg, inkl. div. materialer (anslået pris)	
Leveringsomkostninger	(anslået pris)	
I alt ca.		kr. 200.000,-

Tabel 16. Anlægspriser løsningsforslag 1.

Til overslagsprisen fra AEC skal lægges omkostninger til tilslutning af ledninger i jord. Det vurderes, at denne udgift vil være af samme størrelsesorden som den i afsnit 8.7 estimerede, dvs. ca. kr. 17.000,-.

Den samlede anlægspris for løsningsforslag 1 vil derfor være ca. kr. 217.000,-.

Komponent	Elforbrug (kWh/sæson)	Drift og tilsyn (h/sæson)
Indløbspumpe	1.460	1
Eco-line mini anlæg	878	4
Centrifugalpumpe	1.232	3
Cirkulationspumpe	394	2
UV filter	110	2
I alt :	4.074	12

Tabel 17. Driftsudgifter – løsningsforslag 1.

Energi- og tidsforbruget modsvarer en årlig driftsudgift¹⁷ på i alt ca. kr. 6.400,-. Til denne udgift skal lægges i alt ca. kr. 2.400,- til udskiftning af sliddele på anlægget, herunder udskiftning af UV-lampe, finfilter mv. Den samlede driftsudgift er således ca. kr. 8.800,- pr. år inkl. de løbende udskiftninger af pumpelede mv.

¹⁷ Med flg. enhedspriser : 1,10 kr./kWh, 160 kr./mandetime.

Anlægsbeskrivelse

Det grå spildevand ledes direkte til et indhegnet rodzoneanlæg på 100 m². Rodzoneanlægget har når planterne er fuldt udvokset et porevolumen på 40 – 42 %, dvs. der opstår et porevolumen på 30 – 40 m³, hvilket modsvarer 1,5 – 2 dages opholdstid ved maksimal belastning modsvarende en renseeffekt for organisk stof på 70 – 80 %

Anlægget etableres med 20 – 30 cm ekstra dybde, hvorved der skabes et ekstra buffervolumen på ca. 10 m³.

Rodzoneanlægget afsluttes med filter bestående af Calcit og Magnesiumhydroxid som finsand til binding af fosfat.

Fra rodzonen løber vandet til en Ø1500 mm pumpebrønd der er forsænket 1 m i forhold til bunden af rodzoneanlægget. Ved sammenkoblingen af rodzoneanlæg og pumpebrønd sikres den nødvendige bufferkapacitet, uden der står et stort frit volumen der kan danne anaerobe forhold.

Pumpebrønden monteres som en regnvandsbrønd med flydefilter, pumpe og doseringsanlæg for desinfektion. Doseringsanlægget synkroniseret med pumpen og dosering sker enten direkte i pumpeledning eller i brønd.

Erfaringer fra hidtil afprøvede genbrugsprojekter (Det Blå Hus, BO-90, Lessor A/S og KalmarHem) viser, at en tilfredsstillende desinfektion kun kan ske driftssikkert ved kemisk desinfektion. Doseringen kan ske med hydrogenperoxid, alternativt hypoklorit.

Økonomi løsningsforslag 2

I tabel 18 er en samlet overslagspris for løsningsforslaget fra Transform angivet. Priserne er givet af Transform og er ekskl. moms samt udgifter til fremføring og tilslutning.

Komponent	Beskrivelse	Pris
Rodzoneanlæg	ca. 100 m ²	
Pumpebrønd	Betonbrønd (1500 x 2220 x 150 mm) indeholdende : Dykpumpe (type Multigo m. automatik og tilslutning til svømmefilter), svømmende sugefilter, kontrolboks med føler, doseringsanlæg for hydrogenperoxid.	
Montage		
Uforudsete, 10 %		
I alt ca.:		kr. 220.000,-

Tabel 18. Anlægspriser løsningsforslag 2.

Til overslagsprisen fra Transform skal lægges omkostninger til fremføring og tilslutning af ledninger i jord, fremføring af spædevand mv. Det vurderes, at denne udgift vil være af samme størrelsesorden som den i afsnit 8.7 estimerede, dvs. ca. kr. 17.000,-.

Den samlede anlægspris for løsningsforslag 2 vil derfor være ca. kr. 237.000,-.

Komponent	Elforbrug	Drift og tilsyn
-----------	-----------	-----------------

	(kWh/sæson)	(h/sæson)
Forsyningspumpe	ca. 1000	ca. 3
Rodzoneanlæg	-	ca. 8
Doseringsanlæg	ca. 100	ca. 6
I alt :	1100	17

Tabel 19. Driftsudgifter – løsningsforslag 2.

Energi- og tidsforbruget modsvarer en årlig driftsudgift¹⁸ på i alt ca. kr. 3.925,-. Til denne udgift skal lægges i alt ca. kr. 1.250,- til udskiftning af sliddele på anlægget og påfyldning af hydrogenperoxid. Den samlede driftsudgift er således ca. kr. 5.175,- pr. år inkl. de løbende udskiftninger af pumpelede mv.

Løsningsforslag 3 – Biologisk sandfilter

Anlægsbeskrivelse

Det grå spildevand ledes til fedtudskiller for at sikre, at sandfilteret ikke tilstoppes. Fra fedtudskiller ledes gråvandet til et 100 m² stort biologisk sandfilter.

Sandfilteret vil have mindre bufferkapacitet end rodzoneanlægget, da porevolumenet er 30 –35 %. Sandfiltret er overdækket og vil derfor være mindre iøjnefaldende end rodzoneanlægget (løsningsforslag 2) da kun udluftningsventilerne vil være synlige.

Sandfilteranlægget afsluttes med filter bestående af Calcit og Magnesiumhydroxid som finsand til binding af fosfat.

Fra sandfiltret løber vandet til en Ø1500 mm pumpebrønd der er forsænket 1 m i forhold til bunden af sandfilteranlægget. Ved sammenkoblingen af sandfilteranlæg og pumpebrønd sikres den nødvendige bufferkapacitet, uden der står et stort frit volumen der kan danne anaerobe forhold.

Pumpebrønden monteres som en regnvandsbrønd med flydefilter, pumpe og doseringsanlæg for desinfektion. Doseringsanlægget synkroniseret med pumpen og dosering sker enten direkte i pumpeledning eller i brønd.

Doseringen kan ske med hydrogenperoxid, alternativt hypoklorit.

¹⁸ Med flg. enhedspriser : 1,10 kr./kWh, 160 kr./mandetime.

Økonomi løsningsforslag 3

I tabel 20 er en samlet overslagspris for løsningsforslaget fra Transform angivet. Priserne er givet af Transform og er ekskl. moms samt udgifter til fremføring og tilslutning.

Komponent	Beskrivelse	Pris
Fedtfang	Fedtudskiller 2 l/s	
Sandfilteranlæg	ca. 100 m ²	
Pumpebrønd	Betonbrønd (1500 x 2220 x 150 mm) indeholdende : Dykpumpe (type Multigo m. automatik og tilslutning til svømmefilter), svømmende sugefilter, kontrolboks med føler, doseringsanlæg for hydrogenperoxid.	
Montage		
Uforudsete, 10 %		
I alt ca.:		kr. 201.000,-

Tabel 20. Anlægspriser løsningsforslag 3.

Til overslagsprisen fra Transform skal lægges omkostninger til fremføring og tilslutning af ledninger i jord, fremføring af spædevand mv. Det vurderes, at denne udgift vil være af samme størrelsesorden som den i afsnit 8.7 estimerede, dvs. ca. kr. 17.000,-.

Den samlede anlægspris for løsningsforslag 3 vil derfor være ca. kr. 218.000,-.

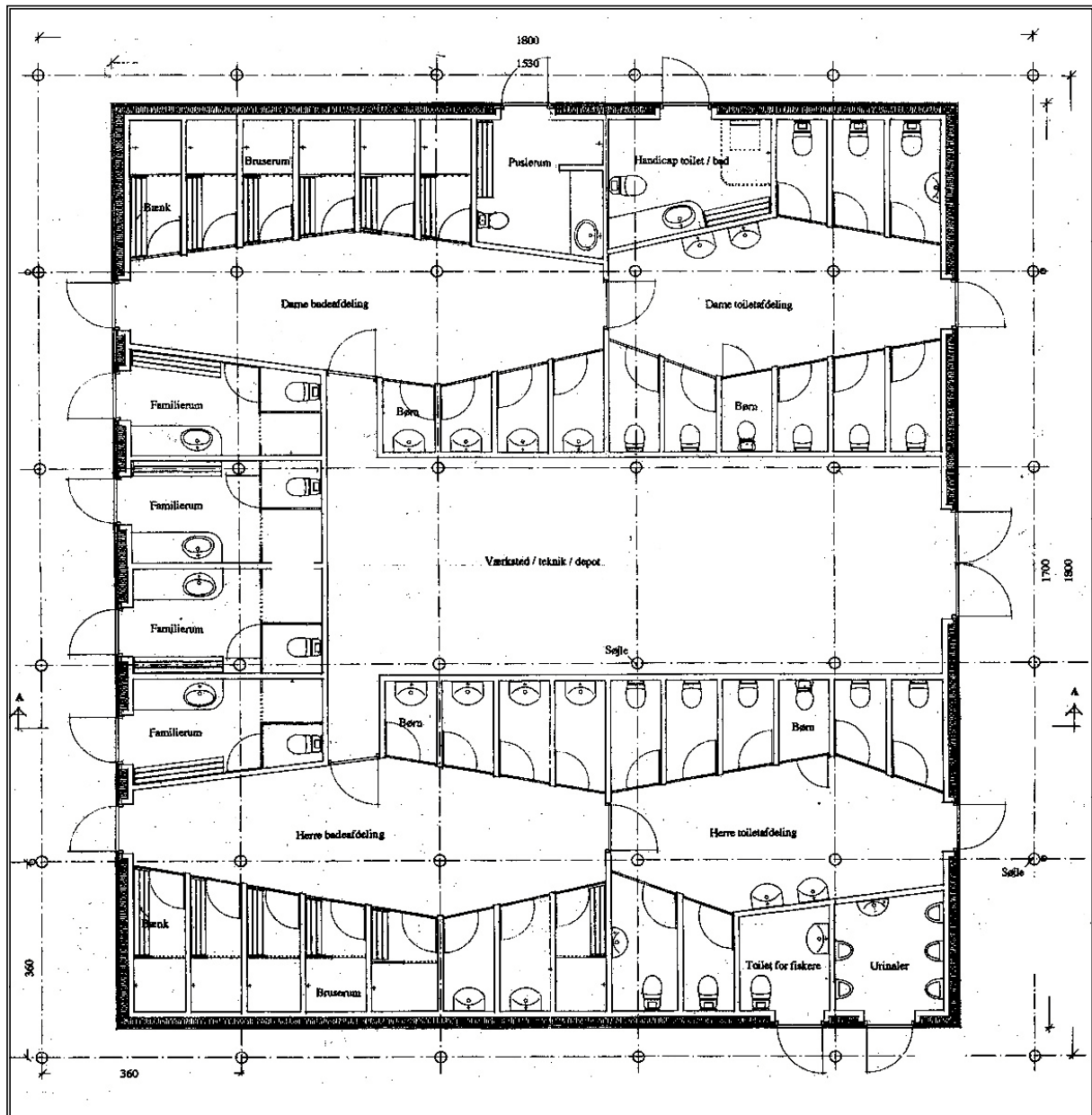
Komponent	Elforbrug (kWh/sæson)	Drift og tilsyn (h/sæson)
Forsyningspumpe	ca. 1000	ca. 2
Doseringsanlæg	ca. 100	ca. 6
I alt :	ca. 1100	ca. 8

Tabel 21. Driftsudgifter – løsningsforslag 3.

Energi- og tidsforbruget modsvarer en årlig driftsudgift¹⁹ på i alt ca. kr. 2.500,-. Til denne udgift skal lægges i alt ca. kr. 1.250,- til udskiftning af sliddele på anlægget og påfyldning af hydrogenperoxid. Den samlede driftsudgift er således ca. kr. 3.750,- pr. år inkl. de løbende udskiftninger af pumpedele mv.

¹⁹ Med flg. enhedspriser : 1,10 kr./kWh, 160 kr./mandetime.

Bilag B



Figur 11. Plan – Bade- og toiletbygning.