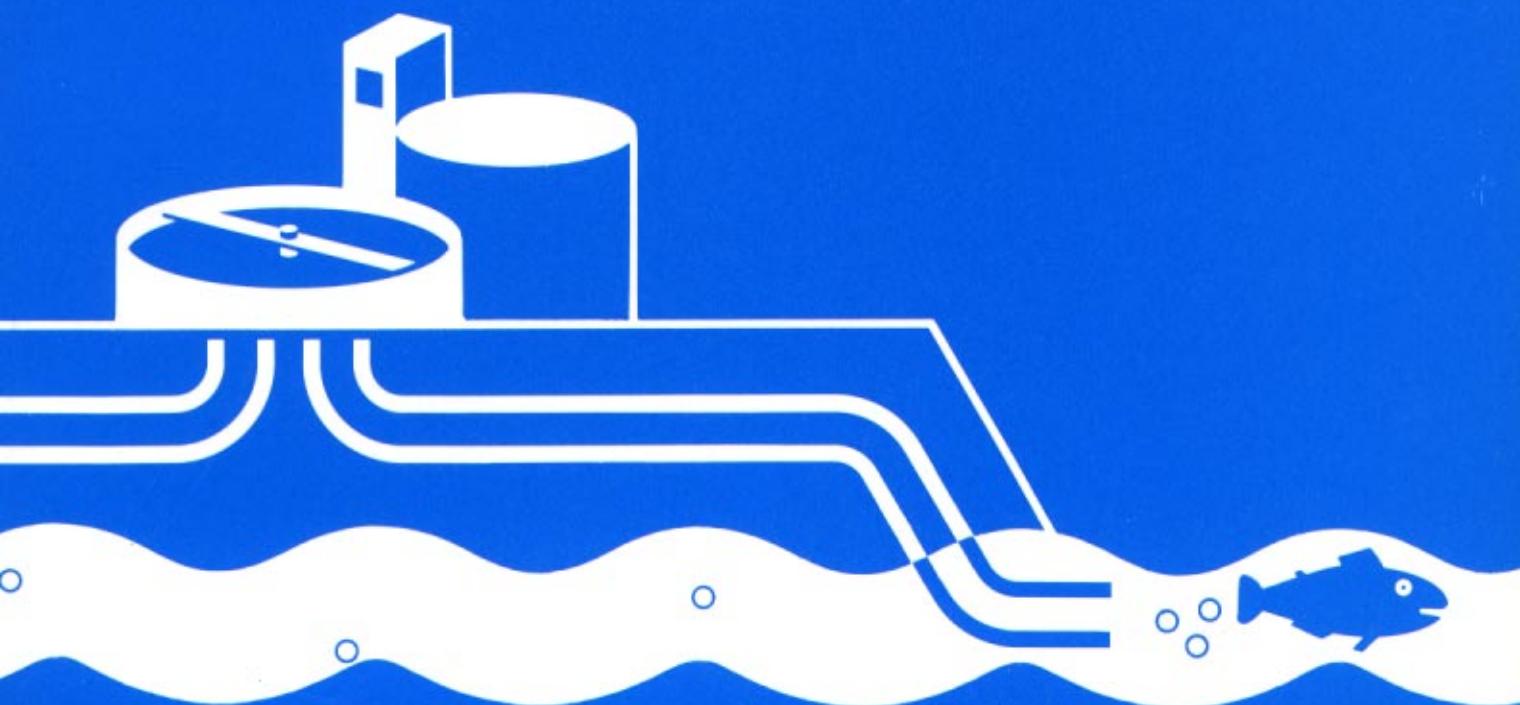


Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen

Nr. 21 1991

Hygiejnisk kvalitet af spildevand fra renseanlæg



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen

Nr. 21 1991

Hygiejnisk kvalitet af spildevand fra renseanlæg

Claus Nickelsen,
Vandkvalitetsinstituttet

Kaj Krønsgaard Kristensen,
Fælleskommunal Levnedsmiddelkontrol,
København Vest, Glostrup

**Miljøministeriet
Miljøstyrelsen**

Om spildevandsforskning

Miljøstyrelsen har med baggrund i en særlig programbevilling i perioden 1988-91, med rådgivning fra Vandrensningsrådet, igangsat en række forskningsprojekter på spildevandsområdet.

Disse projekter er tæt koordineret med en række tilsvarende projekter, igangsat af Teknologirådet under Industri- og Handelsstyrelsen.

Miljøstyrelsens projekter offentliggøres i denne serie om spildevandsforskning. De øvrige offentligjorte rapporter er anført på omslagets næstsidste side.

Det bemærkes, at offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at indholdet er udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter, men styrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt bidrag til den videnopbygning, der også skulle være et led i gennemførelsen af Vandmiljøplanen.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side

0.	FORORD	5
1.	INDLEDNING OG BAGGRUND	6
2.	UDVIKLINGSTENDENSER I DEN EPIDEMIOLOGISKE SITUATION	6
2.1	Forekomst af smitstoffer i spildevand og slam ..	8
2.2	Epidemiologi	11
2.3	Infektive doser	17
3.	OVERLEVELSESEVNE AF SMITSTOFFER I DET YDRE MILJØ ...	19
4.	SPILEVANDSRENSNING	21
4.1	Renseanlæg uden kvælstoffjernelse	24
5.	SØHOLT OG BEDER RENSEANLÆG	26
5.1	Anlægsopbygning, belastnings- og kapacitetsforhold	27
5.2	Undersøgelsesresultater	29
6.	EFTERBEHANDLINGSTEKNIKKER	37
6.1	Filtrering	38
6.2	Kalkdosering.....	40
6.3	Klordinosering.....	41
6.4	Ozondosering.....	43
6.5	UV-belysning.....	44
7.	DRIPTSPROBLEMER PÅ RENSEANLÆG	45
8.	SMITSTOFFER I BADEVANDET	46
8.1	Badeinfektioner	48
8.2	Indikatororganismmer	50
9.	SAMMENFATNING OG ANBEFALING	51
10.	REFERENCELISTE	55

BILAG B.1	MÅLE- OG PRØVEUDTAGNING PÅ SØHOLT OG BEDER RENSEANLÆG - ANALYSERESULTATER	65
BILAG B.2	OVERLEVELSESEVNE AF BAKTERIER OG VIRUS	72
BILAG B.3	FOREKOMST AF VIRUS OG BAKTERIER I MARINE OG FERSKE RECIPIENTER	74
BILAG B.4	MÅLINGER PÅ SØHOLT RENSEANLÆG 1979-89	76
BILAG B.5	TIDSSERIER AF ANALYSEDATA FRA BEDER RENSEANLÆG	77

0. FORORD

Denne rapport beskriver resultatet af projektet: "Hygiej-nisk kvalitet af spildevand fra renseanlæg med nærings-saltfjernelse".

Samarbejdsprojekt Projektet er et samarbejdsprojekt mellem Fælleskommunal Levnedsmiddelkontrol, København Vest (FLK) og Vandkvali-tetsinstituttet, ATV, (VKI).

Projektgruppen har bestået af:

Projektgruppe Sektionsleder civ. ing. Claus Nickelsen (Projektleder)
Afd. dyrlæge Kaj Krongaard Kristensen

Styringsgruppe Tidsrammen for projektet var planlagt til ca. 1 år. Sty-
regruppen for projektet var sammensat således:

- Tage V. Andersen, Miljøstyrelsen
- Jens Møller Andersen, Århus Amtskommune
- Knud Mikkelsen, Hjørring kommune
- Kjær Andreasen, I Krüger as
- Kaj Krongaard Kristensen, FLK
- Claus Nickelsen, VKI

Finansiering Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen.

Litteraturfase Projektet er opdelt i en litteraturfase og en feltfase
Feltfase på to renseanlæg. Litteraturfasen er udført i et samar-
bejde mellem VKI og FLK. Feltfasen omfattede måle- og
prøveudtagning og analyse på spildevand fra Søholt rense-
anlæg, Silkeborg kommune og Beder renseanlæg, Århus kom-
mune.

VKI udformede og forestod gennemførelsen af feltarbejdet.
Det analytiske og det laboratoriemæssige arbejde er ud-
ført på følgende måde:

- Traditionelle analyser er udført af hhv. Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen i Silkeborg (SR) og Qvists Laboratorium (BR).
- FLK har foretaget alle mikrobiologiske analyser, for så
vidt angår thermotolerante coli, Salmonella og Campylo-
bacter.
- Institut for Veterinær Mikrobiologi og Hygiejne ved
dyrlæge Birgit Nørprung og cand.scient. Jesper Kjær
Pedersen har udført alle undersøgelser af Listeria.
- Serologiske undersøgelser af isolerede Salmonella stam-
mer er udført af dyrlæge B. Brest Nielsen, Statens
Veterinære Serumlaboratorium.

1. INDLEDNING OG BAGGRUND

Problemstilling

Vandmiljøplanen stiller krav til udbygning af danske renseanlæg med næringssaltfjernelse for at mindske udledningen til især marine recipienter. Udledningen af næringssalte er dog ikke det eneste problem knyttet til spildevandsudledning. I de senere år har det ikke kunnet konstateres, at den generelle badevandskvalitet med hensyn til den bakteriologiske forurening (E.coli) er blevet bedre på trods af en betydelig udbygning af renseanlæg. Ud fra et turisterhvervs- og et epidemiologisk synspunkt Badeforbud er den lange række af badeforbud bl.a. langs de danske kyster et reelt problem.

I Danmark har den hygiejniske forurening af marint badevand (mikrobielle forurening) været identificeret og håndteret alene ud fra indikatororganismen E.coli. Ifølge udenlandske undersøgelser har det generelle epidemiologiske billede igennem de senere år ændret sig. I dag er nyopdagede parasitter og virus i fokus sammen med nye bakterier. Disse parasitter, virus og bakterier forurenner primært badevandet ved udledning af opspædet og renset spildevand. Renseanlæg kan betragtes som en sidste og afgørende barriere, før det rensede spildevand udledes i miljøet.

Formål

Formålet med det gennemførte arbejde har været at belyse effekten på spildevandets hygiejniske kvalitet, der vil være resultatet af den igangværende udbygning og dels vurdere, hvilke yderligere tiltag, der kan gøres for at forbedre den hygiejniske kvalitet af det udledte spildevand.

2. UDVIKLINGSTENDENSER I DEN EPIDEMIOLOGISKE SITUATION

Historisk gennemgang

Omkring midten af dette århundrede lykkedes det i industrielandene at bringe nogle af de specifikt humanpatogene sygdomme som f.eks. tyfus, paratyfus og dysenteri under delvis kontrol. Den ligeledes specifikt humanpatogene sygdom kolera var i forrige århundrede en sygdom, som hærgede også i Vesteuropa, men som forsvandt i takt med kloakeringen.

Nye smitstoffer

I ly af denne positive udvikling sporedes omkring midten af dette århundrede en betydelig optimisme m.h.t. at bekæmpe de mikrobielt betingede sygdomme. Denne optimisme overlevede ikke 80'erne, hvor en del nye virus og en del nye bakterielle smitstoffer af zoonotisk art (d.v.s. smitstoffer, der angriber både dyr og mennesker og som kan overføres fra dyr til mennesker) blev registeret ikke blot som mulige sygdomsårsager, men også som dominerende sygdomsårsager. Denne udvikling er kendt ikke alene fra

Danmark, men fra mange andre vestlige lande, som vi kan sammenligne os med.

Salmonella

Den beskrevne udvikling har ført til debatter vedrørende de til grund liggende årsagsforhold, og også den mikrobielle forurening af det ydre miljø har været inddraget i debatten som et muligt led i en uønsket epidemiologisk udvikling, hvor eksempelvis *Salmonella* optræder med stigende frekvens hos mennesker, kvæg, svin og fjerkræ, og hvor sporadiske undersøgelser af vildt viser betydelig udbredelse af *Salmonellose* specielt hos fugle, som fouragerer nær renseanlæg, /1/, /2/, /3/.

Bakterier, virus og protozoer, som ikke var kendte for 10-15 år siden, toppe nu hitlisten over vandbårne sygdomme. Disse smitstoffer omfatter mikroorganismer, som opformeres i menneskers eller dyrs tarmkanal, og som udskilles og spredes med fækalier og dermed med gylle, spildevand og slam til jord, afgrøder og vand med muligheder for at fuldende deres livscyklus ved at inficere nye dyr og mennesker.

Renseanlæg

Ved at forbedre spildevands- og slambehandling er der en indlysende mulighed for at formindske den mikrobielle miljøforurening. Netop slam og spildevand udgør store smitstofbelastninger af det ydre miljø, i hvilket vi producerer levnedsmidler, foder og henter drikkevand til husdyr og mennesker, og hvor vi udnytter overfladevand og havvand til rekreative aktiviteter.

I en tid, hvor den epidemiologiske situation på nogle punkter forværres, er der grund til at formindske den løbende kontamination af det ydre miljø med smitstoffer fra spildevand.

Et renseanlæg må opfattes som et værktøj til fjernelse af ikke blot næringsstoffer, organiske stoffer og miljøfremmede stoffer, men også af mikrobielle problemer. Renseanlægget er et væsentligt led i den samlede hygiejnebarriere, som har til formål at bryde smitstoffers kreds løb mellem værter og ydre miljø ved at eliminere dem nær kilden, og før de tilføres det ydre miljø med de hertil knyttede ukontrollable spredningsmuligheder.

Nyt sygdomsbillede

De i denne rapport gengivne sygdomsstatistikker vedrøren de akutte levnedsmiddel- og vandbårne sygdomme viser, at netop de mikrobielt betingede sygdomme dominerer disse statistikker totalt.

Med denne statistik i mente, og med de ovenfor beskrevne epidemiologiske udviklingstendenser i erindring er der grund til at udnytte spildevands- og slambehandling som et af flere værktøjer i vores bestræbelser for at formindskе antallet af smitsomme sygdomme hos mennesker, husdyr og vildt.

2.1 Forekomst af smitstoffer i spildevand og slam

Indikator værdi

Ret få indenlandske og udenlandske undersøgelser har fokuseret på bakterielle smitstoffers kvantitative forekomst i spildevand og slam, hvis rolle som smitstofspredere og sygdomsforvolder oftest alene er vurderet ud fra sporadiske, simple indikatorbakteriemålinger (in casu målinger af *fæcale coli*). Disse indikatorbakteriers muligheder for at indvarsle tilstedeværelsen af smitstoffer (bakterier, virus, parasitter) har tidligere været genstand for en bred debat, hvor indikatorbakteriers informative værdi under forskellige forhold er debatteret /4/, /5/. Her skal det blot pointeres, at klimatiske forhold, rensnings- og desinfektionsprocesser og uens overlevelsesmuligheder i diverse recipienter på ugunstig vis kan ændre forholdet mellem indikatororganisme (*fæcale coli*) og smitstoffer. Mange smitstoffers bedre overlevelsesmuligheder i det ydre miljø vil betyde, at forholdet *fæcale coli*/smitstoffer formindskes med afstand fra stedet, hvor den *fæcale* forurening af det ydre miljø finder sted. Af ovenfor angivne årsager kan man ikke med sikkerhed vurdere det ydre miljøs smitstofsmæssige situation alene ved kvantitative indikatorbakteriemålinger.

Både den danske og udenlandske sygdomsstatistik fra 1980'erne viser, at en række smitstoffer optræder med stigende frekvens. Påvirkningen og betydningen af den mikrobielle forurening fra spildevand og slam er hverken i Danmark eller udlandet specifikt opgjort.

Nærværende belysning af den epidemiologiske situation er bl.a. baseret på udenlandske undersøgelse, fx omkring drikkevand, spildevand og sygdom i almindelighed.

I tabel 2.1 er angivet indikatorbakterier og smitstoffer, som optræder i urensset spildevand. For så vidt angår smitstofferne må det pointeres, at deres kvalitative og kvantitative forekomst i urensset spildevand og slam er bestemt af faktorer som:

- Den epidemiologiske situation i området
- Årstiden
- Tilblanding af bl.a. sygehusspildevand, slagterispildevand og andet industrispildevand

Giardia

I Danmark, hvor ca. 3% af befolkningen er inficeret med Giardia, og hvor undersøgelser tyder på en udskillelse pr. inficeret person på 2×10^8 /dag, kan der påregnes ca. 2×10^3 Giardiacyster/100 ml urensset spildevand, /15/. Når den således beregnede mængde af Giardia lamblia/100 ml urensset spildevand synes højere end de faktiske målte mængder, kan dette skyldes insufficente påvisningsmuligheder, /16/.

Gruppe af smitstoffer	Indikatorbakterie eller smitstof	Sygdomsproblem i Danmark	Indhold pr. 100 ml urensset spildevand
B	Fæcale coli	1.	330.000 - 22.000.000
A	Fæcale streptokokker	4.*	1.000.000 - 25.000.000
K	Clostridium perfringens	1.*	76.000 - 90.000
T	Salmonella	1.*	< 1 - 240
E	Salmonella	1.	< 1 - 1.800
R	Shigella	1.	ukendt
I	Campylobacter	1.	20 - > 100.000
E	Yersinia enterocolitica	1.	ukendt
R	Aeromonas	3.*	< 100.000 - 10.000.000
	Pseudomonas aeruginosa	1.	200 - > 100.000
	Vibrio	3.	ukendt
	Mycobacterium tuberculosis	3.	ukendt
	Andre Mycobacterier	3.	ukendt
	Leptospirer	1.	ukendt
	Listeria	1.	70 - > 10.000
	Gruppe B - streptokokker	1.	2 - 10.000
	Staphylococcus aureus	1.*	< 10 - > 100.000
V	Poliovirus	Ente	3.
I	Coxsackievirus	grø-	1.*
R	ECHO-virus	virus	1.*
U	Infect. hepatit. virus	"	1.
S	Norwalkvirus	"	ukendt
	Rotavirus	"	ukendt
	Calicivirus	5.	ukendt
	Astrovirus	5.	ukendt
	Coronavirus	5.	ukendt
P	Spolorm - og piskeorm	1.*	0,1 - 0,2 (-slagteri)
A	Spolorm	1.	11,9 - 16,1
R	Springorm	1.	ukendt
A	Tænia saginata	1.	1,9 - 8,7 (Sydafrika)
S	Tænia saginata	1.*	0,0 - 0,016
I	Schistosoma (ikte)	3.	ukendt
T	Andre ikter	1.	ukendt
T	Giardia lamblia	1.	8,8 - 52,9
E	Entamoeba histolytica	3.	ukendt
R	Cryptosporidium	1.	ukendt

1 Sygdomsproblem i Danmark.

2 Mindre eller marginal betydning må påregnes i Danmark, mens smitstoffet andre steder kan være betydningsfuldt (Eks.: Vibrio og Mycobacterium tuberculosis).

3 Næppe eller sjælden sygdomsårsag i Danmark, men kan være betydningsfuld i andre lande.

4 Indikatorbakterie men ikke sygdomsforvolder.

5 Betydning endnu ikke helt klarlagt, men agens vides at kunne resultere i sygdom hos mennesker.

* Dansk undersøgelse.

Tabel 2.1:

Smitstoffers forekomst i urensset spildevand. Kvantitative forekomst angivet i den udstrækning viden foreligger /1/, /6/, /7/, /8/, /9/, /10/, /11/, /12/, /13/, /14/, /15/.

Mange af de i tabel 2.1 omtalte smitstoffer har deres hovedreservoir i dyreverdenen, som vist i tabel 2.2.

Gruppe af smitstoffer	Smitstof	Hovedreservoir
B	Salmonella	Fjerkæ, svin, kvæg, mennesker
A	Yersinia	Svin, hund, kat, mennesker
K	Campylobacter	Fjerkæ, svin, kvæg, hund, kat, fugle, mennesker
T	Listeria	Kvæg, fjerkæ, hund, kat
E	Shigella	Mennesker
R	Fæcale coli (E.coli)	Mennesker og dyr
I	Fæcale streptokokker	Mennesker og dyr
E	Clostridium perfringens	Mennesker og dyr
	Mycobakterier	Mennesker, husdyr, fisk
	Vibrio	Mennesker, marine dyr
	Leptospirer	Mennesker, kvæg, gnavere
PA-	Spolorm (værtsspeci-)	
RA-	(fikke)	Mennesker
SIT-	Bændelorm	Mennesker (mellemværter indgår)
TER	Schistosoma	Mennesker (mellemværter indgår)
	Giardia	Mennesker, husdyr, hund, kat, vildt
	Cryptosporidium	Mennesker, kvæg, hund, kat, gnavere

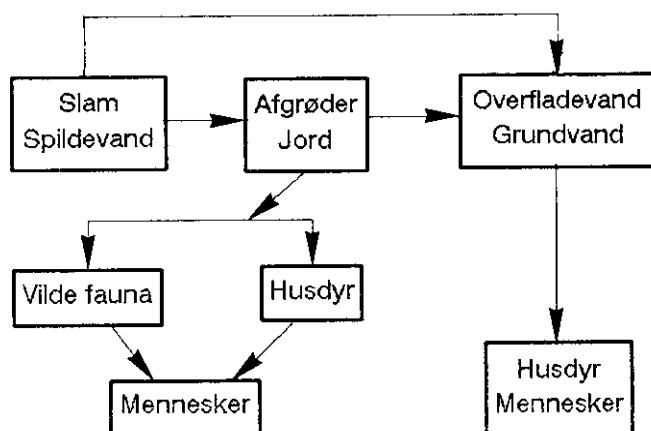
Tabel 2.2:
Hovedreservoirer for aktuelle smitstoffer i spildevand og slam /1/, /2/, /17/, /18/, /19/, /20/, /21/.

Bændelorm	For så vidt angår bændelormen <i>Tænia saginata</i> (se tabel 2.1), forudsætter dennes livscyklus et samspil mellem mennesket, hvori udvikles den voksne ægproducerende bændelorm, og kvæg, som er mellemvært, og som inficeres med æg udskilt fra mennesker. Det påregnes, at prævalens (inficerede individer) af <i>Tænia saginata</i> hos danskere er 3 pr. 100.000 personer, /18/. Da bændelormen kun afsætter ca. 800.000 æg/dag, er bændelormeproblemet her i landet normalt på grund af det ringe antal inficerede individer generelt af marginal betydning. Dog må det pointeres, at få bændelormeæg-udskillere til små renseanlæg kan resultere i slam med > 10 æg/100 ml, og dette betyder en smitterisiko for kvæg, der eksponeres for slammet, /18/.
Slagterispildevand	Det påregnes, at opkoncentreringsfaktor for sådanne bændelormeæg fra urensset spildevand til slamfase er ca. 150, /18/.
Svamp	Det fremgår af tabel 2.2, at tilførsel af slagterispildevand har betydning for spildevandets indhold af smitstoffer. Specielt vil tilførsel af slagterispildevand bevirket en forøgelse af spildevandets indhold af <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Yersinia</i> og <i>Listeria</i> .

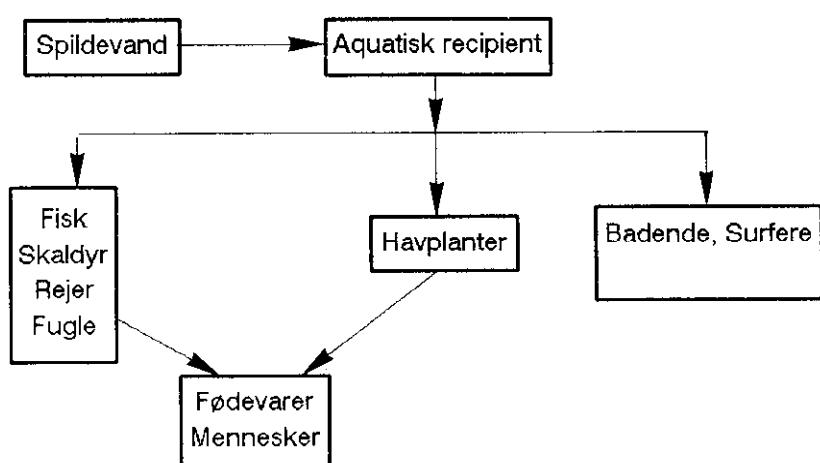
forekommer hyppigere i højere belastede biologiske filteranlæg (fastfilmanlæg) end i aktiverede slamanlæg, og hyppigere i forbindelse med industriispildevand end ved almindeligt husspildevand, /22/. Undersøgelsen er foretaget på anlæg uden nitrifikation og fosforfjernelse. Svampeproblemer er især knyttet til affaldstyper som parkaffald og haveaffald. Svampesporer kan spredes over store afstande og kan følgelig give anledning til problemer for levnedsmiddelindevstriker nær lossepladser, som modtager have- og parkaffald.

2.2 Epidemiologi

Med spildevand og slam kan der alt afhængigt af behandlingsform ske en massiv forurening af det ydre miljø og en indførsel af smitstoffer i aquatiske eller terrestiske fødekæder, som vist i figurerne 2.1 og 2.2.



Figur 2.1:
Terrestrisk infektionskæde etableret af spildevand/slam.



Figur 2.2:
Aquatisk infektionskæde etableret af spildevand.

Slam og gylle	Slam og gylle udgør en massiv forureningskilde m.h.t. smitstoffer. Mens spredning af gylle fra en gårds gylletank til samme gårds marker ikke betyder input af nye smitstoffer i produktionsenheden, men blot en intern cirkulation af produktionshedens egne smitstoffer, så vil slam og spildevand fra renseanlæg spredt til jord eller vand ofte repræsentere en centraliseret affaldsproduktion med efterfølgende decentraliseret anvendelse. Af denne grund repræsenterer spildevand og slam en større mulighed for smitstofudbredelse til nye områder. De antydede ukontrollable spredningsmuligheder har såvel humanmedicinske som veterinærmedicinske aspekter. Deponering i det ydre miljø af spildevand og slam vides i dag at betyde deponering af mange smitstoffer, og herunder zoonotiske smitstoffer, hvor dyrs og menneskers tarmkanal tillige med levnedsmidler udgør opformningssteder i en spredningscyklus, som omfatter mennesker, dyr, levnedsmidler, fodermidler samt jord og vand /1/, /3/, /23/, /24/, /25/.
Vandbårne sygdomme	I forbindelse med figur 2.1 må det bemærkes, at grundvandsforurening noget overraskende tegner sig for flertallet af udbrud af vandbårne sygdomme i USA, hvor kun ca. 30% af drikkevandet stammer fra grundvand.
Problem ved sygdomsstatistikker	Badevandets hygiejniske kvalitet og muligheder for at foranledige sygdom hos badende, surfere m.v. er naturligvis primært bestemt af det tilførte spildevands mængde og behandling, samt smitstoffersnes overlevelsesevne i vandmiljøer under de givne klimatiske forhold. Badeinfektioner er i øvrigt behandlet særskilt i afsnit 8.
Drikkevand	Figur 2.1 og 2.2 viser, at smitstoffer i spildevand og slam kan havne direkte eller indirekte i levnedsmidler og dermed influere på statistikken over levnedmiddelbårne og vandbårne sygdomme. Spildevandets og slammets betydning i denne forbindelse kan ikke vurderes eksakt. En statistik over levnedmiddelbårne og drikkevandsbårne sygdomme tillader ikke en separat vurdering af, hvordan miljøforureningen repræsenteret af spildevandsudledning og slamdeponering sammenlignet med andre faktorer influerer på disse sygdomme. Omvendt må det forventes, at de sygdomsmæssige konsekvenser af en kemisk og mikrobiologisk miljøforurening netop gemmer sig i nævnte statistikker, /23/. En forsøgsvis sammenkobling af den mikrobielle forurening af det ydre miljø og omtalte sygdomsstatistik kan gøres ved at vurdere, om spildevandets og slammets smitstoffer spiller en rolle i denne statistik, eller om det eventuelt er helt andre smitstoffer, der dominerer.
	Tabellerne 2.3-2.4 belyser, hvilke smitstoffer der spiller en rolle m.h.t. drikkevandsbårne sygdomme i USA. Det skal bemærkes, at der ikke findes nogen dansk undersøgelse.

Sygdomsårsag	Antal sygdomstilfælde	Sygdomstilfælde i procent
Bakterier	70.198	97
Virus	1.849	2,6
Parasitter	251	0,4
Kemiske stoffer	60	0,08

Tabel 2.3:
Tilfælde af drikkevandsbårne sygdomme i USA i perioden 1946-1970. Tilfælde af methæmoglobinæmi (nitritforgiftning) er ikke medregnet, /26/.

Hyppigste sygdomsårsager i denne periode angives at være *Salmonella*, *Shigella* og infektiøs hepatitis-virus.

Registrerede sygdomme Ved vurderingen af denne og efterfølgende tabeller må det pointeres, at tabellerne alene omfatter registrerede akutte sygdomme. Registrerede sygdomme antages ofte kun at omfatte 1-10% af totale antal infektiøse mave-tarmsygdomme. Kroniske sygdomme som kræft er ikke medtaget i tabellerne.

USA Tabel 2.4 angiver årsager til drikkevandsbårne sygdomme i USA i perioden 1971-1975, /27/, 1978-1986, /28/ samt drikkevandsbårne sygdomme i Sverige i perioden 1974-1988, /29/.

Sverige

Virus Analysemetoder Det fremgår af tabellen, at protozoen *Giardia lamblia* og *Shigella* har domineret i perioden 1978-1986 i USA, hvor virus endnu kun er repræsenteret af infektiøs hepatitis-virus. Det forhold, at virus' betydning for vandbårne sygdomme først ret sent er erkendt, hænger formentlig sammen med, at der har manglet og iøvrigt stadigvæk tilholds mangler sikre analysemetoder.

Giardia Det bemærkes, at *Giardia* og *Shigella* stadig spiller en betydningsfuld rolle i sygdomstatistikken, men virusbettinget diarré er nu højt placeret i tabellen over vandbårne sygdomme tillsige med *Campylobacter*. Bedre analysemetoder har muliggjort, at nyopdagede smitstoffer nu indtager dominerende pladser i tabellen.

Shigella

Campylobacter

Det er bemærkelsesværdigt, at tendenserne i sygdomsstatistikken i USA og Sverige synes at være de samme med stigende dominans af virus, *Giardia* og *Campylobacter*. Rota-virus og *Aeromonas* er for første gang med i en sådan sygdomsstatistik.

Canadisk undersøgelse En canadisk statistik over drikkevandsbårne sygdomme i perioden 1974-1982 viser, at denne statistik er domineret af bakterier, men mange tilfælde af protozo- og virusbettede sygdomme er registreret /30/. Der er ikke i denne

statistik anført kemiske stoffer som sygdomsårsag. Beretninger over vandbårne sygdomme i Norge peger i samme retning som ovenfor anførte statistikker.

Gruppe af smitsstoffer	Sygdomsårsager	USA: 1971-1975		USA: 1978-1986		Sverige 1974-1988	
		Antal syg- domsudbrud	Antal syg- domstilfælde	Antal syg- domsudbrud	Antal syg- domstilfælde	Antal syg- domsudbrud	Antal syg- domstilfælde
BAK-	Aeromonas					1	10
TE-	Campylobacter			11	4.983	8	2.240
RI	Enteropatogene E. coli	1	1.000	1	1.000	1	110
ER	Salmonella typhi	4	222	5	282	3	7
	Andre Salmonella end S. typhi	2	37	10	2.300		
	Yersinia			2	103		
	Shigella	14	2.803	33	5.783	2	40
VI-	Rotavirus					1	3.200
RUS	Virusbetinget diarré			20	6.254		
	Infektions hepatitis-virus	14	368	23	737	1	33
PARA-	Entamoeba histolytica			1	4	1	106
SIT-	Giardia lamblia	13	5.136	92	24.365	3	1.610
TER	Cryptosporidium			1	117		
ØV-	Diarré (ukendt årsag)	63	17.752 *	251	61.478	47	29.000
RI-	Dermatitis (årsag ukendt)			1	31		
GE	Kemisk forgiftning	12	511	50	3.774	ingen registreret	

* Ifølge U.S. Department of Health and Human Services omfatter gruppen diarré af ukendt årsag alene mikrobielt betingede sygdomme, /27/.

Tabel 2.4:

Registrerede årsager til drikkevandsbårne sygdomme i USA i perioden 1971-1975, 1978-1986 samt i Sverige 1974-1988.

Protozoer og virus

Ved at sammenligne tabellerne 2.3 og 2.4 ses, at der fra 1946 til 1988 er sket afgørende ændringer i statistikkerne. Mange nye smitsstoffer ukendt frem til 70'erne eller 80'erne optræder i dag som sygdomsårsag. Generelt kan det konkluderes, at protozoer og virus spiller en langt større rolle i dag end tidligere antaget. Campylobacter er også i dag erkendt at spille en væsentlig rolle som vandbårne sygdom. De anførte tabeller viser, at spildevandets og slammets smitsstoffer (jf. tabel 2.4) er solidt repræsenteret i statistikken over de smitsstoffer, som er involveret i vandbårne sygdomme. Dette er omend ikke den tilstrækkelige så dog den nødvendige betingelse for en formodning om, at spildevandets og slammets mikrobielle forurening af det ydre miljø kan have sygdomsmæssige konsekvenser. At sådanne konsekvenser forekommer i praksis, er demonstreret af flere forfattere /1/, /2/, /23/, /31/, /33/, /77/.

I tabel 2.5 er vist sygdomsårsager i USA, for så vidt angår levnedsmidler /24/, /34/.

Sygdomsårsager	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Bakterier	93, 6	92, 5	91, 4	84, 6	91, 3	92, 3	89, 3	93, 2
Virus	3, 1	2, 3	3, 2	1, 8	5, 2	3, 1	1, 8	1, 5
Parasitter	0, 7	2, 6	1, 1	1, 2	0, 2	1, 3	0, 7	1, 5
Kemiske stoffer	2, 6	2, 4	4, 2	11, 1	3, 2	3, 4	8, 2	3, 8

Tabel 2.5:

Levnedsmiddelbårne sygdomme i perioden 1974-1981 for USA (antal registrerede sygdomstilfælde i procent). Saxitoxin, ciguatoxin og scombrotoxin er her medregnet under kemiske stoffer. Disse tre toksiner har oftest været årsag til mere end 50% af de kemiske forgiftninger, mens f.eks. tungmetalforgiftning oftest har udgjort mindre end 10% af de kemiske forgiftninger.

Spildevand

Det bemærkes i tabel 2.5, at bakterier totalt dominerer som årsag til levnedsmiddelbárne sygdomme. De mest betydningsfulde bakterier i denne forbindelse er *Salmonella*, *Stafylokokker*, *Clostridium perfringes*, *Campylobacter*, *Yersinia*, *Bacillus cereus* og *Listeria*. Disse bakterier forekommer næsten alle i spildevand og slam (jf. tabel 2.1). Denne konklusion bekræfter alene, at det er nødvendigt at tage spildevandets og slammets smitstoffer seriøst i en levnedsmiddelhygiejinsk sammenhæng. Hvilken rolle spildevandets og slammets smitstoffer rent faktisk direkte eller indirekte spiller som en af flere mulige årsager til kontamination af levnedsmidler, er i nogen grad ukendt, bortset fra skaldyrbetingedede og slam-initierede sygdomme, som jo netop er et klart eksempel på, hvordan vandhygiejne influerer på levnedsmiddelhygiejne /23/, /31/.

Danmark

Det kan konstateres, at antallet af registrerede infektionssydomme, som løbende foretages på Statens Serum Institut i Danmark, er klart stigende for *Salmonellas* og til dels også for *Listerias* vedkommende.

Registrerede sygdomstilfælde med smitstoffer, som kan være aktuelle i en spildevands- og slamsammenhæng, fremgår af tabel 2.6, /32/.

1-10% registreres

Kun 1-10% af totale antal af salmonellabetingedede sygdomme påregnes registreret, idet milder diarré'er ikke kommer til lægelig registrering. Det samme vil gælde milder diarré'er forårsaget af andre tarmsmitstoffer. Det bemærkes i tabel 2.6, at mange og herunder også mange ifølge udenlandske undersøgelser særdeles vigtige smitstoffer som Norwalkvirus, Rotavirus, Giardia og *Cryptosporidium*, ikke figurerer i tabel 2.6, uanset disse smitstoffer også her i landet ligesom i f.eks. Sverige og Norge kan formodes at spille en betydelig rolle. *Cryptosporidium* er i løbet af de sidste 3-4 år rapporteret som en meget hyppig årsag til diarré i industri- og udviklingslande.

Gruppe af smitstoffer	Sygdomsårsag	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
BAKTERIE	Salmonella	846	1133	904	1494	1826	2619	3400
	Campylobacter	1294	1500	1462	1457	1206	1401	1402
	Yersinia	630	845	990	1512	1559	1032	?
	Listeria	10	11	8	22	43	26	?
	Enteropat. coli							?
	Shigella	117	151	89	110	79	119	?
VIRUS	Infect. hepatitis-virus	235	268	600	209	331	249	?
	Rotavirus	?	?	?	?	?	?	?
	Norwalkvirus	?	?	?	?	?	?	?
	Coxsackievirus	?	?	?	?	?	?	?
	ECHO-virus	?	?	?	?	?	?	?
	Adenovirus	?	?	?	?	?	?	?
PARA-SITTER	Giardia lamblia	?	?	?	?	?	?	?
	Cryptosporidium	?	?	?	?	?	?	?
	Bændelorm	?	?	?	?	?	?	?

? angiver manglende information

Tabel 2.6:
Registrerede smitsomme sygdomme i Danmark i perioden 1982-1988, /32/.

Forværret epidemiologiske situation

Der er i lyset af den konstaterede forværrede epidemiologiske situation inden for humanmedicin og veterinærmedicin grund til at skærpe interessen med henblik på at undgå smitstofspredning som vist i figurerne 2.1 og 2.2. Det nye i situationen er, at vi i løbet af blot de seneste 10 - 15 år har fået kendskab til nye tarmsmitstoffer, som i løbet af kort tid har placeret sig højt på listen over specielt vandbårne sygdomme. Fra USA anføres i dag, at mere end 20% af vandbårne sygdomsudbrud skyldes Norwalkvirus. Rota-virus påregnes i dag at være årsag til 50% af hospitaliserede tilfælde af diarré hos børn over 2 år. Disse tarmvirus vil i sagens natur bl.a. spredes med spildevand og slam, og såvel Rotavirus som Norwalkvirus er påvist i grundvand /33/. Der er her tale om nyopdagede virus, hvis reduktion i renseanlægget er ukendt. Det samme gælder encellede tarmsmitstoffer som Giardia og Cryptosporidium.

De smitstoffer, der præger dagens debat i forbindelse med spildevand og slam, er helt andre end dem, der prægede debatten frem til 1970 (jf. tabellerne 2.3 - 2.4).

Andre smitstoffer end dem, der forårsager lidelser i fordøjelsessystemet, kan spredes med spildevand og slam. I forbindelse med badevand er det væsentligt at omtale smitstoffer, som forårsager sårinfektioner og infektioner i øje og øre. Sådanne smitstoffer omfatter Aeromonas, Pseudomonas aeruginosa og Staphylococcus aureus, /13/, /34/, /35/.

2.3 Infektive doser

Infektion

Optagelse af et enkelt eller få smitstoffer resulterer ikke nødvendigvis i sygdom hos dyr og mennesker. Infektionssygdomme er resultatet af et komplekst samspil mellem vært og smitstof. Resultatet af dette samspil afhænger af faktorer som:

- Smitstoffets virulens (anslagskraft)
- Værtens resistens (modstandskraft)
- Infektionsvej (indtagelse over luftveje, mave-tarmkanal o.s.v.)
- Mavesyreproduktion
(levnedsmidler udløser saltsyreproduktionen i maven, mens vand ikke udløser produktion af den smitstofeliminerende mavesyre)

Det fremgår af ovennævnte, at antal og art af optagne smitstoffer er en væsentlig, men ikke enerådende faktor m.h.t., hvorvidt smitstofoptagelse resulterer i sygdom. Dette indebærer, at det ikke uden forbehold er tilladeligt at angive et eksakt tal for det antal optagne smitstoffer, der skal til for at foranledige sygdom.

I tabel 2.7 er anført infektive doser, som oftest er bestemt på frivillige personer. Ved vurdering af disse doser må det erindres, at f.eks. folk med nedsat resistens (langtidsbadende med stærk afkøling, personer under immunosuppressiv behandling, personer med anden sygdom m.v.) kan erhverve sygdom ved lavere infektive doser.

Optagelse via mund

Det fremgår af tabel 2.7, at mens der oftest kræves mange bakterier for at give sygdom ved oral indtagelse (optagelse via munden), kan indtagelse af få virus, protozoer og ormeæg foranledige sygdom selv ved oral indtagelse.

Lav infektiv dosis

I recipienter vil smitstoffer normalt forekomme i lave koncentrationer pga. fortynding, sedimentation og henfald af de modtagne smitstoffer. Derfor har specielt smitstoffer med lav værdi for infektiv dosis krav på interesse. Badevands- og drikkevandsbårne sygdomme er netop oftest forårsaget af sådanne smitstoffer (Virus, protozoer, Shigella, Campylobacter og til dels Salmonella typhi), hvor den infektive dosis er lav.

Gruppe af smitstoffer	Smitstoffets art	Antal optagne smitstoffer	Inficerede ved angivne dosis %	Skønnet infektions- dosis af urensset spildevand **
B	Fæcale coli (E. coli)			
A	Salmonella typhi	100.000	28	
K	Salmonella bareilly	1.700.000	67	100-600
T	Salmonella maleagridis	10.000.000	30-50	
E	Shigella flexneri	180	25	
R	Shigella dysenteriae	10	10	
I	Shigella dysenteriae	200	50	
E	Shigella dysenteriae	2000	70	
	Campylobacter	500	sygdom	0,025
	Vibrio cholerae	100.000.000	50	
	Aeromonas	10.000.000.000	3-4	> 1 - 100
V	Adenovirus	30-320 TCID *	50	
I	Poliovirus	Ente.		
R	Coxsackievirus	ro-	1-18 TCID *	50 v/inhalation
U	ECHO-virus	vi-		> 0,0001
S	Infect. hepatit. virus	rus		
	Adenovirus	1-18 TCID *	50 v/inhalation	
PARA-	Giardia lamblia	1	0	
SITTER	Giardia lamblia	10	100	> 0,02
	Giardia lamblia	100	100	
	Ormeæg	Få æg giver infektion		> 2,5

* TCID - Tissue culture infective dose.

** Infektionsdosis af urensset spildevand angiver en beregningsstørrelse, udarbejdet på basis af tabel 2.1.

Tabel 2.7:
Oversigt over infektive doser, /36/.

Levnedsmidler

Når selv en særdeles lille kontamination af det ydre miljø med bakterier med høj værdi for infektiv dosis alligevel er uacceptabel, er årsagen den, at disse bakterier via vand, fisk, rejer, skaldyr, grøntsager m.v. kan havne i køkkener og her opformeres ved passende temperaturer, evt. efter krydkontamination til andre levnedsmidler med bedre opformeringsmuligheder. Ovennævnte kan måske forklare, hvorfor det er bakterierne, der ifølge de anførte statistikker dominerer som sygdomsårsag i levnedsmidler, hvorimod virus og protozoer som tidligere vist i den seneste tid ofte er afsløret at spille en dominerende rolle blandt vandbårne sygdomme. Det må i denne forbindelse bemærkes, at protozoer, parasitter og virus modsat bakterier ikke kan opformeres i levnedsmidler.

3. OVERLEVELSESEVNNE AF SMITSTOFFER I DET YDRE MILJØ

Afgørende for de sygdomsmæssige konsekvenser af smitstofkontaminationen af det ydre miljø er smitstofferne overlevelsесmuligheder. Disse overlevelsесmuligheder er jf. /63/, /64/, /65/, /69/ bestemt af biologiske og biologiske forhold som:

- Temperatur
- UV-lys
- Saltindhold
- Iltkoncentration
- pH
- Indhold af toxiske stoffer
- Indhold af organisk stof
- Indhold af partikler
- Inaktivering betinget af den naturlige mikroflora
- Indhold af bakteriophager (Bakterievirus)
- Indhold af oxidations- og reduktionsmidler

Temperatur

Smitstofferne overlevelsесevne er i høj grad bestemt af temperaturen. Jo lavere temperatur, jo længere overlevelsесevne. Ved frysetemperaturen kan virus overleve i måneder /63/, /65/. I et tilnærmedesvis biologisk grundvandsmiljø med lav temperatur og uden UV-lys-påvirkning og inaktivering betinget af en større og aktiv, naturlig mikroflora vil virus og bakterier kunne overleve i måneder eller år /63/. UV-lys vil kun påvirke terrestriske recipenter på overfladen og aquatiske recipenter ned til en begrænset dybde.

UV-lys

Partikler

Nyere forskning har vist, at de fleste virus i aquatiske recipenter er partikelbårne, hvilket betyder, at de i mange henseender er bedre beskyttede end i mange af de laboratorieforsøg, som har dannet grundlag for nuværende viden om overlevelsесevne. Partikelbundne virus er bedre beskyttede mod virucidale spormetaller, desinfektaanter, UV-lys, protein - eller RNA/DNA-nedbrydende enzymer (ribonucleaser m.v.), /49/. Partikler vil i nogen grad adsorbere enzymer, metaller m.v., så de ikke kan influere på viruspartiklens proteinskal (kapsiden). Ydermere vil f.eks. negativt ladede lerpartikler begrænse muligheden for kontakt mellem fx enzymer og selve viruspartiklen, som i principippet kan opfattes som et proteinmolekyle, /49/.

Kapsiden

Mange isolerede bakterier fra marine områder har vist sig at besidde virusdestruerende enzymer, som kan anvende kapsid-proteiner som substrat, /49/.

Lang overlevelsестid

For bakterielle smitstoffers vedkommende er det bevist, at protozoer spiller en rolle med hensyn til decimering af disse smitstoffer, /64/. Det fremgår af ovenstående, at overlevelsесevnen af smitstoffer i det ydre miljø er betinget af mange faktorer, herunder klimatiske, kemiske

og biologiske. Hertil må lægges, at overlevelsesevnen alt andet lige varierer fra smitstof til smitstof. Generelt gælder det, at bakterielle, ikke-sporedannende smitstoffer overlever kortest tid i aquatiske og terrestriske recipenter, mens protozoer og parasitæg har en relativt lang overlevelsestid, og virus overlever oftest i længere tid i det ydre miljø end bakterielle, ikke-sporedannende smitstoffer. I tabel 3.1 er angivet overlevelsestider af virus og bakterier i diverse miljøer. Oversigten skal primært betragtes som et udtryk for smitstoffernes indbyrdes overlevelsesevne.

Det fremgår af tabel 3.1, at bakterierne *Salmonella typhi* og *Campylobacter* har overlevelsestider på hhv. 12 og 15 døgn i flodvand. Det skal desuden bemærkes, at virus fx *Enterovirus* har lang overlevelsestid. Det er eftervist, at *Enterovirus* kan overleve i 180 dage i grundvand, /63/.

Gruppe af smitstoffer	Smitstoffets art	Vandtype	Temp. °C	Overlevel- sestid døgn	Reduktion %
B	<i>Fæcale coli</i> (<i>E.coli</i>)	Søvand	-	0,2 - 5,2	90
A	<i>Fæcale coli</i>	Havvand	-	0,1 - 3,5	90
K	<i>Fæcale coli</i>	Havvand, 5 o/oo	4	5	99
T	<i>Fæcale coli</i>	Havvand, 5 o/oo	25	4	99
E	<i>Salmonella typhi</i>	Flodvand	-	12	
R	<i>Shigella dysenteriae</i>	Havvand, 5 o/oo	4	5	99
I	<i>Campylobacter</i>	Flodvand	4	15	
E	<i>Campylobacter</i>	Flodvand	20	2	
	<i>Yersinia enteroco</i> <i>litica</i>	Havvand	-	36	
	<i>Vibrio cholerae</i>	Havvand, 5 o/oo	25	1	99
V	<i>Polio 2</i>	Flod	16-20	29-35	100
I	<i>Polio 1</i>	Havvand	4	24	99
R	<i>ECHO 7</i>	Flod	4 - 6	90	100
U	<i>Reovirus</i>	Overfladevand	9 -15	>200	100
S	<i>Coxsackie A4</i>	Flod	4 - 8	>150	
				180	

Tabel 3.1:

Overlevelsesevne for bakterier (jf. /70/, /71/, /72/, /73/) og virus (jf. /49/, /62/, /63/, /65/, /87/) i forskellige miljøer.

I forbindelse med henfald af bakterier ($E \sim E.coli$) anvendes ofte en simpelt førsteordens henfaldsligning:

$$\frac{dE}{dt} = -k \cdot E \quad E = E_0 \cdot e^{(-k \cdot t)}$$

Det afgørende for henfaldsbestemmelser er at få fastlagt tidskonstanten k som funktion af fysiske og biologiske forhold. $E.$ svarer til tidsskridtets begyndelse.

k kan opdeles i bidraget k_M (under mørke) og k_L (med lys), hvor k_M og k_L er afhængig af temperaturen og saliniteten. $k = k_L + k_M$.

På basis af /88/ kan det beregnes, at en normal sommerdag (lysintensitet på 500 W/m^2), en vandtemperatur på 17°C og en salinitet på 10 o/oo kan konstanterne beregnes til $k_M = 0,04 \text{ time}^{-1}$, $k_L = 1,58 \text{ time}^{-1}$, $k = 1,62 \text{ time}^{-1}$.

T_{90} (tiden for 90%'s reduktion) svarer til 1,4 time.

4. SPILDEVANDSRENSNING

Litteratur-problemer

Kun få indikatororganismer og særligt få smitstoffer er undersøgt med hensyn til deres reduktion i renseanlæg. Ofte er måle- og prøveudtagnings- samt analyseforskrifterne ikke standardiseret og specifiseret. Problemstillingen er yderligere kompliceret af, at oplysningerne om renseanlæggene, kloakoplantet mv. kun sjældent er af en sådan karakter, at der kan drages parallelle, og erfaringerne kan udnyttes. Fjernelsesprocenter for smitstoffer m.v. skal derfor tages med stort forbehold.

Variationer

I tabel 2.1 er anført en række smitstoffers koncentrationsniveauer i det urensede spildevand. Til forskel fra de traditionelle spildevandsvariable (BOD, Total N, m.v.) er det karakteristisk for smitstoffer og indikatororganismer, at de ofte forefindes i betydelige koncentrationer hver med flere dekaders variation. Fx E.coli, der i Danmark er fundet i intervallet $330.000 - 22.000.000 \text{ stk}/100 \text{ ml}$ i urensset spildevand.

Få danske undersøgelser

I Danmark er der igennem de senere år gennemført ganske få undersøgelser udeover nærværende af smitstoffer og indikatororganismer på renseanlæg. De to mest betydningsfulde stammer fra:

- Søholt renseanlæg. Undersøgelsen i 1981 omfatter målinger på tre stationer på renseanlægget - indløb, før filter og udløb - hvor der er analyseret for E.coli, total kim v. 37°C og coliforme bakterier.
- Nordjylland fra Liver å, Uggerby å og Tversted å systemet, hvor ca. 10 renseanlæg er undersøgt i 1985 og 86, /87/. I undersøgelsen er der lagt vægt på E.coli. Ingen af anlæggene har næringsstofjernelse.

Målinger fra 10 danske anlæg Som et led i det kommunale tilsynsprogram med renseanlæg udføres på kun ca. 10 anlæg i Danmark hyppige målinger for E.coli i udløbet.

Reduktionen af indikatororganismer og smitstoffer igennem et renseanlæg er afhængigt af en lang række af faktorer:

- Kloakoplantet.
Det tilførte spildevands karakter (koncentrationsniveauer af smitstoffer. Påvirkning fra slagterier, mejerier, sygehuse mv.)
- Rensemiveauet på et givet anlæg.
Mekanisk, mekanisk-biologisk, nitrifikation, kvælstof-fjernelse, fosforfjernelse, filtrering, kontaktfiltrering, desinficering m.v.
- Det valgte procesdesign.
Forbehandling, hydraulisk opholdstid, mulighed for lysekspansion og temperaturstigning, anvendte kemikalier.
- Drift, belastning og kapacitetsforhold på renseanlæget.

Virus fjernelse F.eks. virus fjernes fra vandfasen i renseanlæg af fysiske mekanismer og gennem en inaktivering eller en ødelæggelse. De basale mekanismer kan summeres som:

1. Enzymatisk angreb.
2. Denaturering af proteineskaller.
3. Angreb af oxidanter og toxiske stoffer.
4. Absorption til overflader, kolloider og suspenderet stof.

Processer, som fjerner virus, omfatter koagulering, fældning, flokkulerering, sedimentation, absorption, filtrering. Virus inaktiveres af højt pH, kemisk oxidering af oxidationsmidler som halogener, ozon, fotokemisk oxidering af ultraviolet lys og andre mikroorganismær.

Mekanisk rensning

Kolloider suspenderet stof

En betydelig del af spildevandets indhold af indikatororganismer og smitstoffer, fx virus, findes som sedimentbare kolloider/suspenderet stof. Enhedsoperationens altdominerende fjernelsesmekanisme er derfor sedimentationsprocessen. Den hydrauliske opholdstid i et mekanisk renseanlæg er 0,5-1,5 timer. Litteraturen indeholder virusfjernelse mellem 20 og 60%, /37/. Det må derfor antages, at en yderligere forbehandling fx i form af forfældning (dvs. kemikaliedosering i renseanlæggets indløb) vil forbedre mekaniske anlægs funktion over for smitstoffer.

Idet parasitter ofte findes knyttet til partikler, afhænger fjernelsen i forklaringen ofte af æggenes sedimentationshastighed, dvs. turbulens, belastning m.v. af klargringstankene. Fx sedimenterer Ascansæggene hurtigt, hvormod *Tænia saginata* er meget langsom.

Biologisk rensning

Hovedkategorier af biologisk rensning

Biologisk rensning kan afhængigt af afløbskravene opdeles i tre hovedkategorier:

- Anlæg til fjernelse af organisk stof, slamalder 1-5 døgn, hydraulisk opholdstid 1-4 timer (B-anlæg).
- Anlæg til fjernelse af organisk stof og nitrifikation, slamalder ca. 15 døgn, hydraulisk opholdstid 3-6 timer (BN-anlæg).
- Anlæg til fjernelse af organisk stof og kvælstof, slamalder 15 døgn, hydraulisk opholdstid 10-20 timer (BDN-anlæg).

Anlæggene kan bygges med aktiv slam eller fast film. I Danmark er aktiv slam dominerende. Ved fjernelse af organisk stof og nitrifikation tilføres ilt til den aktive biomasse. Denitrifikationsprocessen foregår i principippet uden ilt.

Absorption

Fjernelsesmekanismerne i den biologiske del af renseanlægget er kun svagt belyst i litteraturen. Visse forfattere angiver, at den væsentligste mekanisme for virus i et aktivt slamanlæg er en god absorption til suspenderet materiale, jf. /37/. Absorptionen reduceres betydeligt i et biologisk filteranlæg, hvor litteraturen angiver en mindre effekt på virus. Det påregnes, at mikrobiel betinget inaktivering tegner sig for 10 - 50% af virusreduktionen i et mekanisk biologisk anlæg, mens absorption/sedimentation tegner sig for resten af fjernelsen. For bakterier (bortset for sporedannere) og parasitter viser et godt skøn, at ca. 90 - 99% fjernes i et mekanisk biologisk anlæg. Det må antages, at hovedparten af de undersøgte renseanlæg er højt belastede anlæg uden nitrifikation m.v. Der er ikke fundet resultater i litteraturen fra anlæg med kvælstoffjernelse opbygget efter danske principper.

Kemisk rensning - fældning

Fosforfjernelse

Kemisk fældning på renseanlæg foretages hovedsageligt med henblik på fosforfjernelse. Man udnytter oftest, at fosfor danner en lang række tungtopløselige salte, som kan udfældes og adskilles fra spildevandet ved sedimentation. Fosfor kan også fjernes ad biologisk vej gennem optagelse i og udfældning på mikroorganismer (aktiv slam). Følgende

kemiske processer anvendes ved fosforgjernelse:

- Forfældning (K). Dosering af kemikalie i biotanken.
- Simultanfældning (S). Dosering af kemikalie i biotanken.
- Efterfældning (E). Dosering af kemikalie før/i efter-klaringstanken.

Som fældningskemikalie anvendes ofte jern og aluminiumssalte samt kalk.

Forøget kolloidproduktion

Hollandske og Amerikanske undersøgelser, /39/, /37/, viser en marginal forbedring i fjernelsen af virus og bakterier ved simultanfældning, set i forhold til aktiv slamanlæg. Det må antages, at det er den forøgede kolloid produktion og fjernelse, som følge af kemikaliedosering, der gør sig gældende. På flere danske anlæg anvendes kalkdosering sammen med ferrosulfat til forfældning. Kalkdoseringen, som hæver pH til mellem 7,5 - 10,5 i 1-2 timer, kan have en vis forbedrende effekt, specielt på gramnegative bakterier.

pH 10-11

I Danmark har efterfældning på mekaniske anlæg ved anvendelse af kalk været anvendt til desinficering af spildevandet. Kalk doseres til pH 10-11.

4.1 Renseanlæg uden kvælstoffjernelse

Sverige

Svenske undersøgelser, /95/, viser, at udledningen af parasitæg er reduceret betydeligt på anlæg med mekanisk, biologisk og kemisk rensning. Det vurderes, at effekten af den kemiske rensning hovedsageligt kan tilskrives absorption til kolloider og suspenderet stof. Specielt fremhæves efterfældning som en god fjernelsesmetode.

I slammet sker der en opkoncentrering af smitstofferne i forhold til spildevandet. For bakteriers og virus vedkommende synes der at være tale om en koncentration af smitstoffer i slam, således at virusindholdet i slam bliver ca. 10 gange større end i det urensede spildevand. For parasitægs vedkommende med en vægtfyldte på ca. 1,1 og en størrelse på op til 60 μm (spolormeæg) er sedimentationshastigheden ca. 0,7 - 1 m/time, /1/. Sådanne parasitæg vil lettere overføres til slamfasen end bakterier og virus, som imidlertid oftest er partikelbundet og således sedimenteres med partiklerne. Mindre parasitæg som bændelormeæg og protozoer har en sedimentationshastighed fra 0,1 - 0,2 m/time, og kan i overensstemmelse med den lavere sedimentationshastighed lettere genfindes i det rensede spildevand og i øvrigt også i måger, som fouragerer ved spildevandsudløb, /2/. Indholdet af æg af *Tænia saginata* i slam er her i landet målt til 0,1 - 0,01 stk/100 ml, /18/.

Salmonella	En tysk undersøgelse af Salmonella /94/ i et aktivslaman-læg uden forbehandling viser, at hovedparten af Salmonella i anlægget, ca. 90%, fandtes omkring det suspenderede materiale. Forfatteren anfører derfor, at den betydeligste fjernelsesmekanisme for Salmonella er efterklarings-funktionen.
KBSF-anlæg	Hollandske pilotforsøg viste, at såvel aktiverede slaman-læg med forfældning, simultan-fældning suppleret med sandfilter fjernede bakterier, bakteriesporer, bakteriophager og enterovirus med henholdsvis 99,9%, 99,8%, 99,6% og 99,8%. Effekt af fældningsprocessen var i undersøgelsen ligeværdig med eller bedre end marginal kloring, /39/.
Filter	Anvendelse af gravitationsfilter med returspuling med 24-timers intervaller og uden tilsætning af jernklorid før filtrering fjernede i nævnte undersøgelse yderligere 60% af tilførte fæcale coli, mens tilsætning af jernklorid øgede fjernelse af fæcale coli til 90%.

Renseanlæg	Type	Antal målinger	Middelværdi E. coli/100 ml	Spredning E. coli/100 ml	Fraktil		Årstal
					90%	10%	
Hadsund (16.000 PE)	ME	10	1.577	10.541	3.083	17	1985
Als Odde (11.000 PE)	ME	8	4.337	59.872	6.582	15	1986
Søholt (ca. 100.000 PE)	BNDS	15	51.384	74.493	122.785	6.932	1986, 1987
	BNDSF	15	7.514	12.538	18.018	828	1986, 1987
Hjørring Vest (30.000 PE)	MBN	12	640.000	-	780.000	470	1986
Hjørring Søndre (80.000 PE)	MBN	12	760.000	-	1.100.000	2.100	1986
Tversted (8.160 PE)	BN	11	110.000	-	250.000	1.700	1986
Sindal (7.000 PE)	MBN	12	35.000	-	73.000	1.200	1986
Sønderskov (160 PE)	U	12	9.600	-	21.600	1.280	1986
Astrup (600 PE)	MB	12	730.000	-	1.380.000	40.000	1986

M = mekanisk N = nitrifikation K = forfældning S = simultanfældning E = efterfældning med kalk
 B = biologisk D = denitrifikation F = filtrering () = anlægskapacitet U = urensset

Tabel 4.1:
 Oversigt over danske undersøgelser af E.coli på rensean-lægs udløb, /87/.

Renseanlæg	Indikatorbakterie eller smitstof	Indløb stk/100 ml	Udløb stk/100 ml	Rensemegrade %	Referencenummer
MB (biologisk filter)	Campylobacter	$1-46 \times 10^5$	10-230	99	/90/
M		$1-46 \times 10^5$	$0,2-4,6 \times 10^5$	78	
MBNDS (aktiv slam)	Totalkim v. 37^0C	7×10^7	$1,6 \times 10^6$	97-99	/91/
	E. coli	10×10^6	$4,0 \times 10^4$	99	
MBNDSF (aktiv slam)	Totalkim v. 37^0C	7×10^7	$2,2 \times 10^5$	99,7	
	E. coli	10×10^6	$5,5 \times 10^3$	99,9	
M	Enterovirus	40 - 995	233	75	/92/
MB (aktiv slam)	Enterovirus	40 - 995	14	98	
B (aktiv slam)	Enterovirus	3560 - 29800	540 - 33280	78-91	/93/
M	Rotavirus	1780 - 3880	730 - 2090	41-88	
B (aktiv slam)	Salmonella	2×10^6	2×10^5	30-60	/94/
M	E. coli		$2,5 \times 10^8$		/39/
(MBSF)	F-specifikke bakteriophages		$1,5 \times 10^7$		
	Fæcale streptokokker		$3,2 \times 10^7$		
	Enterovirus		$1,3 \times 10^4$		
B (aktiv slam)	E. coli	$2,5 \times 10^7$	$7,9 \times 10^5$	95	
(MBSF)	F-specifikke bakteriophages	$1,6 \times 10^6$	$2,5 \times 10^4$	98,5	
	Fæcale streptokokker	$3,2 \times 10^6$	$1,3 \times 10^5$	96,1	
	Enterovirus	$1,3 \times 10^3$	79	93,9	
BS (aktiv slam)	E. coli	$2,5 \times 10^7$	$6,3 \times 10^5$	97,5	
(MSBF)	F-specifikke bakteriophages	$1,6 \times 10^6$	$4,0 \times 10^4$	97,5	
	Fæcale streptokokker	$3,2 \times 10^6$	1×10^5	96,9	
	Enterovirus	$1,3 \times 10^3$	63	95,1	
F (aktiv slam)	E. coli	$6,3 \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$	61	
(MSBF)	F-specifikke bakteriophages	$4,6 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	31	
	Fæcale streptokokker	1×10^5	$3,2 \times 10^4$	68	
MB	Ascansæg			93-98	/95/
	Trichurisæg			92-100	
	Anchyllostomum æg			82-96	

M = mekanisk

B = biologisk

S = simultanfældning

K = forfældning

N = nitrifikation

D = denitrifikation

F = filtrering

E = efterfældning

Tabel 4.2:

Sammenstilling af undersøgelser af renseeffekten overfor indikatorbakterier og smitstoffer ved forskellige rensemetoder.

5. SØHOLT OG BEDER RENSEANLÆG

Vandmiljøplanen

Den danske Vandmiljøplan omfatter udbygning/nyetablering af ca. 275 renseanlæg over ca. 15.000 PE for yderligere rensning af kvælstof og fosfor til overholdeelse af udlederkrav på 1,5 mg P/l, 8 mg N/l og 15 mg BOD/l. Det må på nuværende tidspunkt antages, at ca. 90% af anlæggene udbygges efter traditionelle teknikker eller varianter heraf:

- Simultanfældning, kvælstoffjernelse ved recirkulation, (20 - 30%).
- Forbehandling, simultanfældning, kvælstoffjernelse ved recirkulation eller Biodenitro, (20 - 30%).
- Simultanfældning, kvælstoffjernelse ved Biodenitro, (20 - 30%).
- Biologisk fosforfjernelse, kvælstoffjernelse ved recirkulation eller Biodenitro, (5- 15%).
- Simultanfældning, kvælstoffjernelse i OCO-anlæg, (5 - 10%).

De resterende 5-10%, hovedsageligt mindre/små anlæg udbygges efter en bred vifte af teknikker, fx rodzoneanlæg, jordbassinanlæg, biologiske filteranlæg, m.v.

Normalt har anlæggene desuden krav til overholdelse af 15 - 20 mg SS/l.

Simultanfældning
Biodenitro
Recirkulering
Filter

På Søholt renseanlæg og Beder renseanlæg fjernes fosfor ved simultanfældning. Kvælstoffjernelsen foretages hhv. ved Biodenitro (trippelkanal) og ved recirkulering. På anlæggene er der etableret et gravitationsfilter.

Kvælstoffjernelse

Den biologiske kvælstoffjernelse foregår i to trin. Kvælstof i spildevandet findes næsten udelukkende som ammoniak. I første trin omsættes ammoniak til nitrat (nitrifikationsprocessen) under tilførsel af ilt, for i næste trin at blive omdannet til frit kvælstof (denitrifikationsprocessen). Denne proces sker uden tilstedeværelse af ilt (anoxiske forhold).

Den principielle forskel mellem Biodenitro og recirkulering er det forhold, at Biodenitro anvender alternerende drift af biotankene, hvorved en tank benyttes til både nitrifikation og denitrifikation. I recirkuleringsprocessen flyttes spildevandet til tanke med, hhv. uden lufttilførsel.

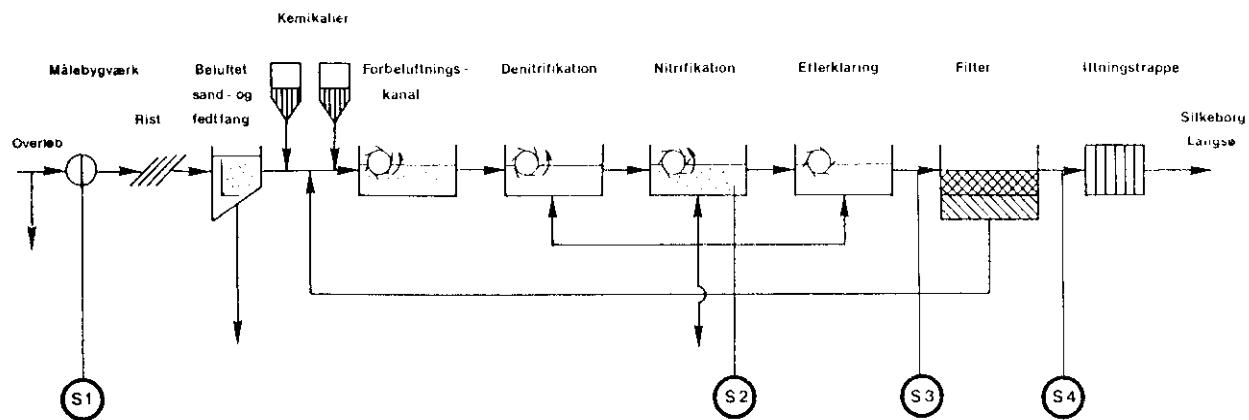
5.1 Anlægsopbygning, belastnings- og kapacitetsforhold

Slagteri

Søholt renseanlæg blev i sin nuværende form indviet i 1976. Anlægget har en kapacitet på ca. 100.000 PE og er i dag fuldt belastet. Der tilføres spildevand fra en række virksomheder, herunder specielt svineslagteri (6.500 PE, 600 m³/d), tekstilfaveri (6.700 PE, 2.000 m³/d), papirfabrik (850 PE, 250 m³/d), losseplads (6.000 PE, 30 m³/d) og bryggeri (9.000 PE, 900 m³/d), jf. /99/. Anlæggets opbygning fremgår af figur 5.1.

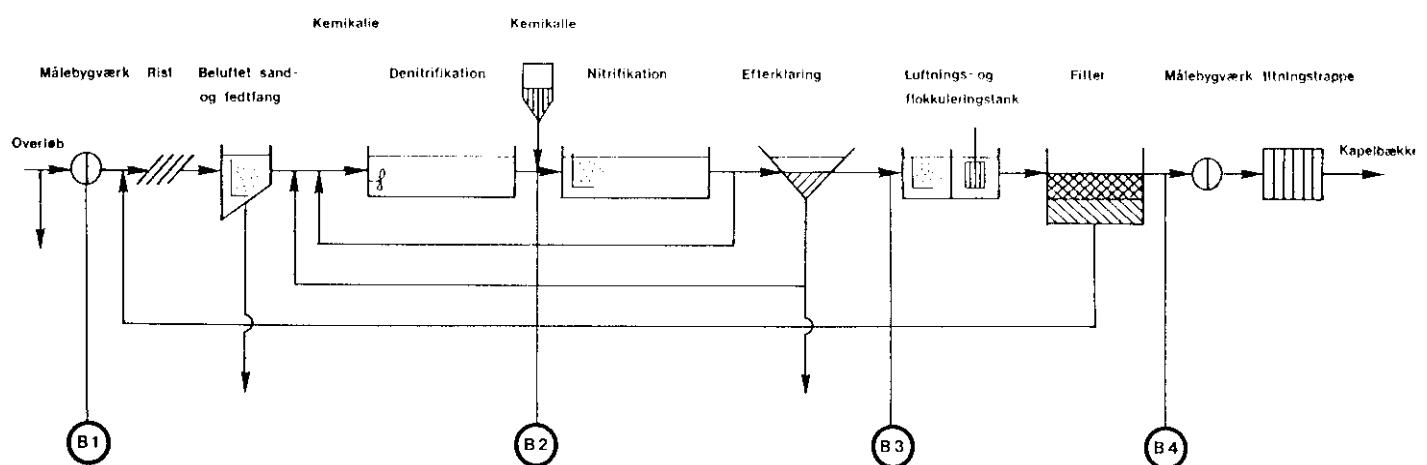
Husspildevand

Beder renseanlæg har en kapacitet på 6.000 PE. Anlægget tilføres alene spildevand fra husholdninger. Belastningen kan opgøres til ca. 3.000 PE. Anlægget blev indviet i 1989, /100/.



Figur 5.1:

Søholt renseanlæg, kapacitet på ca. 100.000 PE. Kvælstoffjernelsen foregår i trippelkanal, som drives med alternerende drift, fosforfjernelse ved simultanfældning og gravitationsfilter. S1 - S4 angiver måle- og prøveudtagningsstationer.



Figur 5.2:

Beder renseanlæg, kapacitet 6.000 PE. Kvælstoffjernelse i et recirkuleringsssystem, fosforfjernelse ved simultanfældning og gravitationsfilter. B1 - B4 angiver måle- og prøveudtagningsstationer.

5.2 Undersøgelsesresultater

Campylobacter
Salmonella
E.coli
Listeria

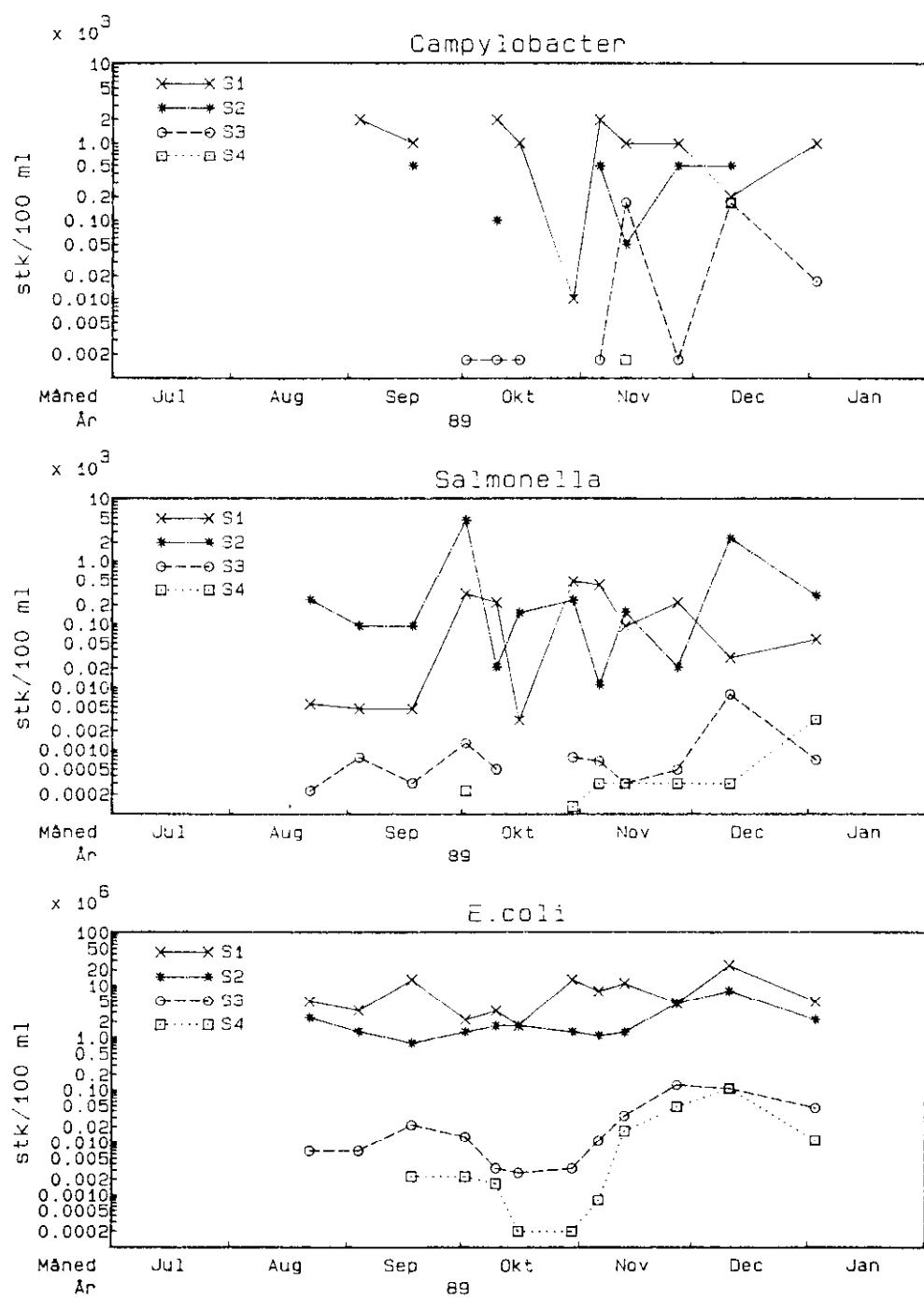
I forbindelse med nærværende arbejde er der foretaget en afgrænset måle- og prøveudtagningsrunde på de to renseanlæg over en 6 måneders periode, med henblik på at identificere den hygiejniske belastning og renseeffekt. Indenfor de til rådighed værende ressourcer har der alene været mulighed for at fokusere på tre bakterietyper, hhv. Campylobacter, Salmonella og E.coli, sammen med en række traditionelle spildevandsvariable. Desuden er foretaget en mindre undersøgelse af Listeria. Der er således ikke foretaget undersøgelse af virus og parasitter. På hvert anlæg er udlagt 4 målestationer, hvor der er udtaget 12 prøver/station, hhv. fra indløbet S1/B1, i biotanken S2/B2, før filter S3/B3 og i udløbet S4/B4. Målestatioerne, analyseresultaterne m.v. fremgår af bilag 1.

Af figur 5.3 fremgår tidsserier af de hygiejniske variablene Campylobacter, Salmonella og E.coli fra Søholt renseanlæg. For stationerne S3 og S4 er de sammenhørende almindelige spildevandsvariable (total P, total N, SS og BOD) vist på figur 5.4. De tilsvarende data for Beder renseanlæg fremgår af bilag 5. Af figur 5.5 (Søholt renseanlæg), figur 5.6 (Beder renseanlæg) og tabel 5.1 fremgår resultatet af en statistisk behandling af de foreliggende data.

Det fremgår ved at sammenligne koncentrationsniveauerne for Salmonella, Campylobacter og E.coli i det urensede spildevand fra Søholt og Beder renseanlæg (tabel 5.1, bilag 1) med litteraturværdierne, jf. tabel 2.1, at der er god overensstemmelse. Koncentrationsniveauerne for Campylobacter og Listeria er i den nedre del af litteraturområdet. Salmonellakoncentrationen i indløbet fra Beder renseanlæg er tilsvarende lav.

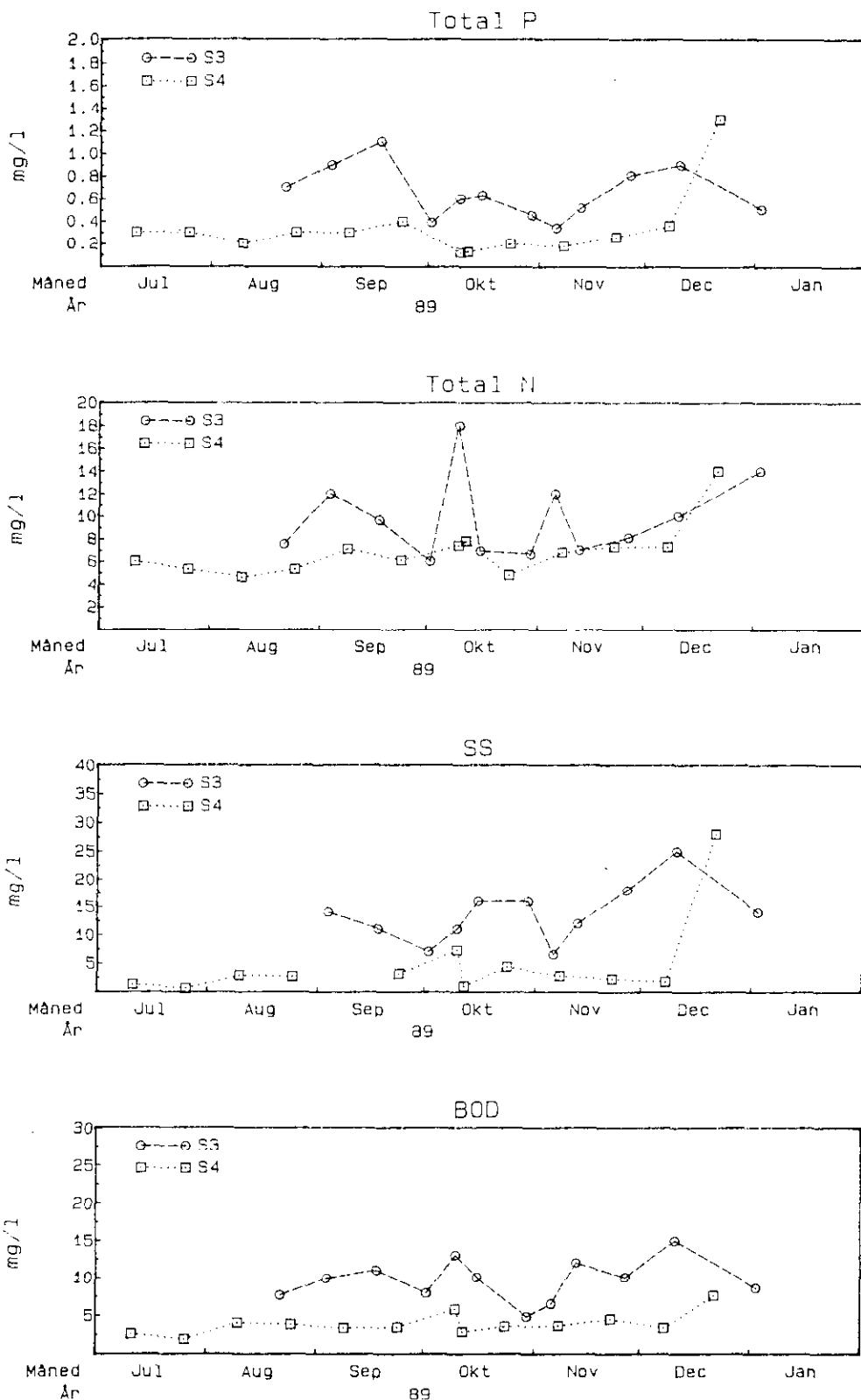
Gennemførelse af Vandmiljøplanen vil bevirke et rense niveau svarende til før filtret, station S3/B3, tabel 5.1. Det opnåede koncentrationsniveau for Campylobacter og E.coli på de to renseanlæg, svarer ganske godt overens med de få udenlandske (Campylobacter) og danske erfaringer (E.coli), jf. tabel 4.3 og 4.2. Koncentrationsniveauet for Salmonella synes til sammenligning ganske lavt.

Det fremgår af tabel 5.1, at koncentrationsniveauet både før (B3) og efter filtret (B4) på Beder renseanlæg er højere end de tilsvarende stationer på Søholt renseanlæg. Årsagen hertil kan være, at Beder renseanlæg i en del af undersøgelsesperioden har været under indkøring samtidig med, at der blev konstateret en lækage i filtret, jf. /101/. Lækagen har dog ikke influeret på SS-fjernelsen over filtret, jf. tabel 5.3 og bilag 1.



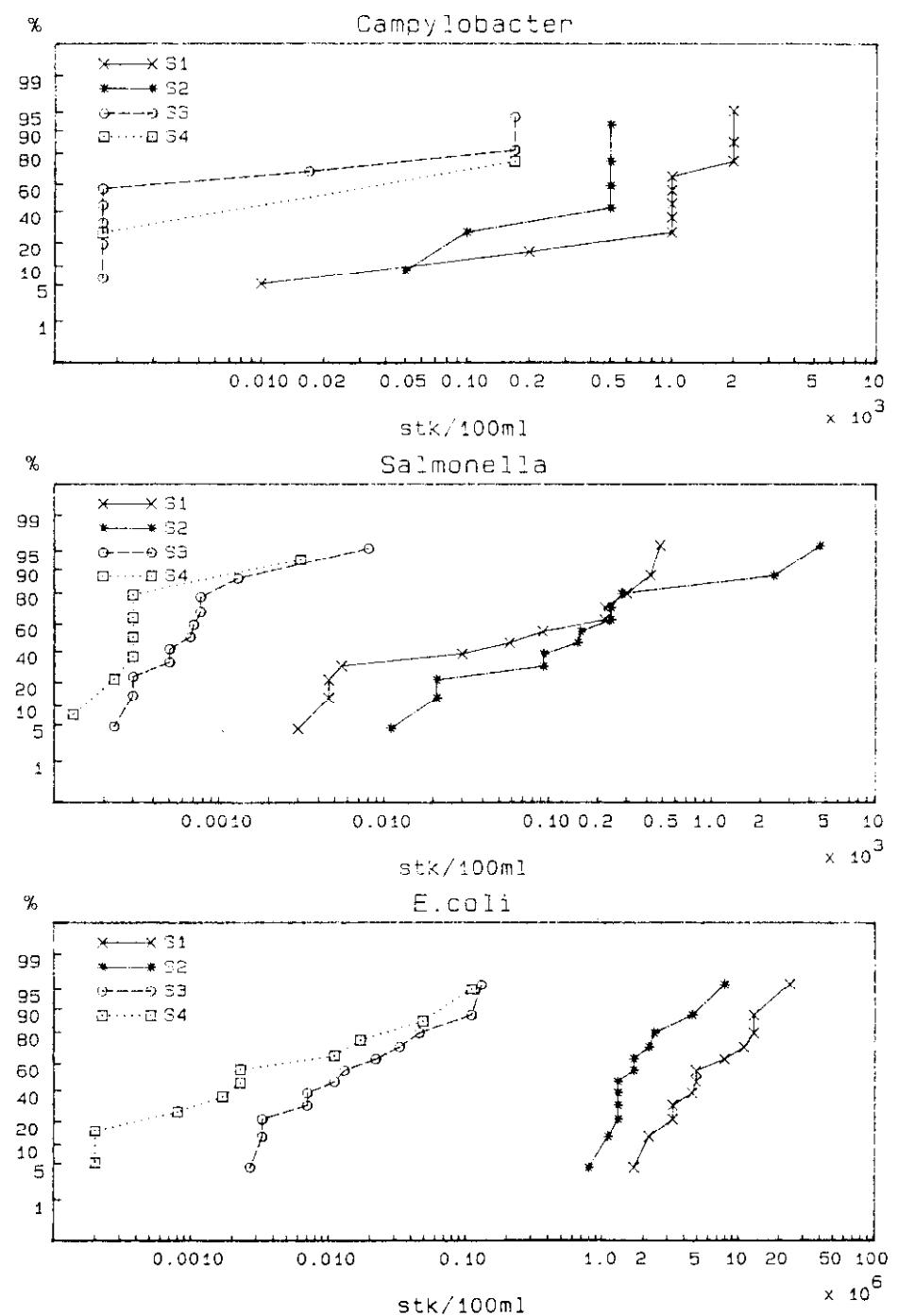
Figur 5.3:

Søholt renseanlæg, tidsserie af E.coli, Salmonella, Campylobacter målinger fra indløb (S1), biotanken (S2), før filter (S3) og i udløb (S4). Bemærk aksetyper. Tilsvarende tidsserie fra Beder renseanlæg fremgår af bilag 5, figur B5.1.



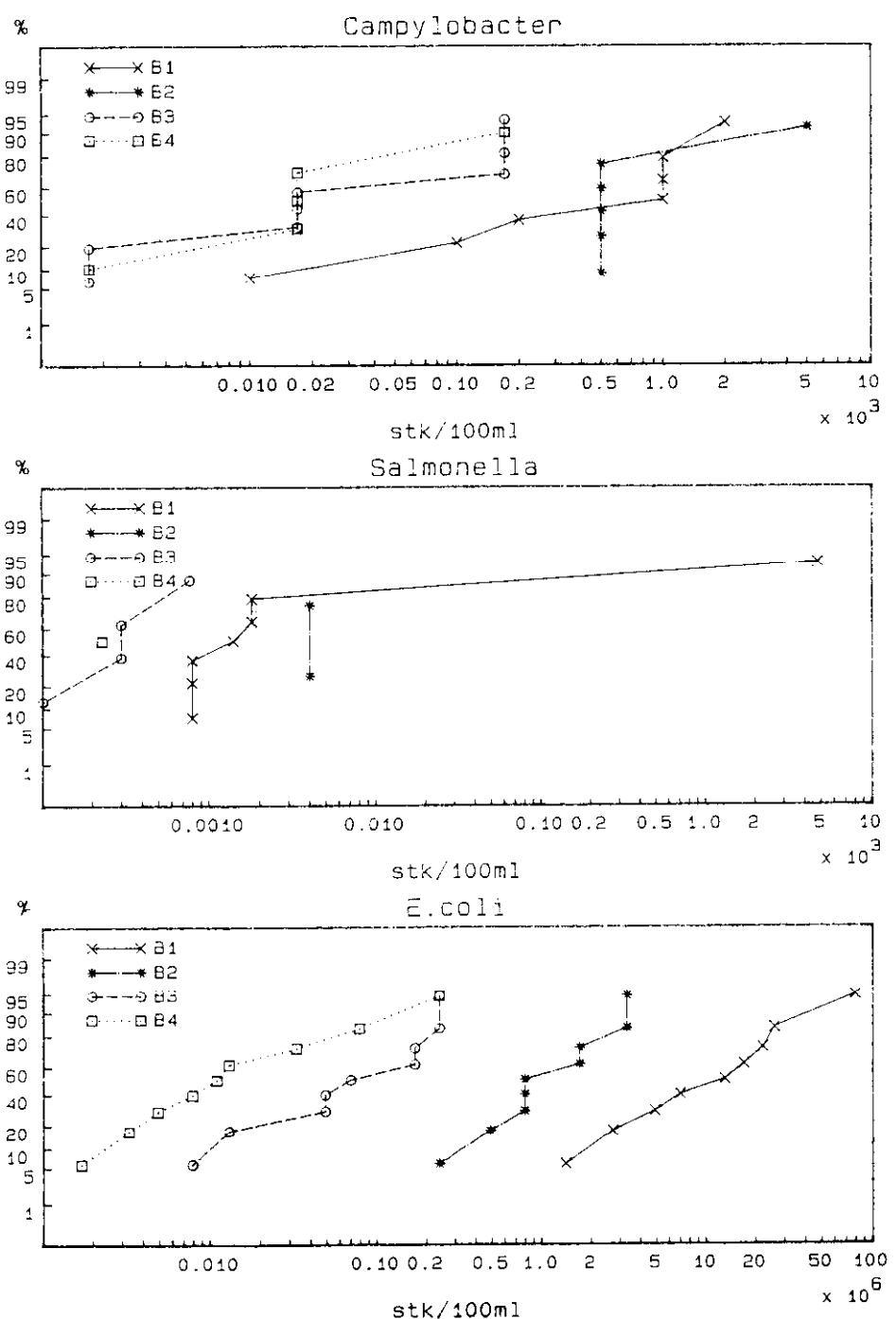
Figur 5.4:

Søholt renseanlæg, tidsserie af BOD, SS, Total N, Total P målinger fra før filter (S3) og i udløb (S4). Bemærk aksetyper. Tilsvarende tidsserie fra Beder renseanlæg fremgår af bilag 5, figur B5.2.



Figur 5.5:

Søholt renseanlæg, fraktildiagram af E.coli, Salmonella, Campylobacter målinger fra indløb (S1), biotanken (S2), før filter (S3) og i udløb (S4). Det er antaget, at data'ene er logaritmisk normalfordelte.



Figur 5.6:

Beder renseanlæg, fraktildiagram af E.coli, Salmonella, Campylobacter målinger fra indløb (B1), biotanken (B2), før filter (B3) og i udløb (B4). Det er antaget, at dataene er logaritmisk normalfordelte.

Fraktil

En 90% fraktil for f.eks. Campylobacter på $2.000 \text{ stk./100 ml}$ (S1, tabel 5.1) angiver, at koncentrationen i 90% af tiden er mindre end $2.000 \text{ stk./100 ml}$. Det skal bemærkes,

at der normalt er en ganske god overensstemmelse mellem en 60%-fraktil og middelværdi.

Salmonella-serotyper

I forbindelse med undersøgelsen er der foretaget en typebestemmelse af *Salmonella*. Der er påvist 15 pariske serotyper, som alle påregnes patogene.

Listeria-arter

Den patogene *Listeria monocytogenes* udgør ca. 90% af de 7 *Listeria*-arter, som er påvist på de to renseanlæg. Også de fundne arter *Listeria ivanivii* og *Listeria seeligeri* påregnes at være patogene. Resultaterne af *Salmonella* serotype og *Listeria*-artsbestemmelserne fremgår af bilag 1, tabel Bl.10 og Bl.11.

Fraktil Smitstof/ indikator	Søholt renseanlæg						Beder renseanlæg					
	20%		60%		90%		20%		60%			
	Måle- station	stk/ 100ml	Måle- station	stk/ 100ml	Måle- station	stk/ 100ml	Måle- station	stk/ 100ml	Måle- station	stk/ 100ml		
Campylobacter	S1	500		1.000		2.000	B1	60		1.000		1.700
	S2	90		500		500	B2	500		500		3.500
	S3	1,7		3		170	B3	1,7		30		170
	S4	-		30		-	B4	5		17		170
Salmonella	S1	20		200		3.000	B1	0,8		1,7		400
	S2	4,5		170		400	B2	-		4		-
	S3	0,3		0,7		2,3	B3	0,15		0,3		-
	S4	0,2		0,3		1,7	B4	-		-		-
E. coli	S1	$3,0 \times 10^6$		$7,0 \times 10^6$		$16,0 \times 10^6$	B1	$3,0 \times 10^6$		$18,0 \times 10^6$		50×10^6
	S2	$1,3 \times 10^6$		$1,7 \times 10^6$		$5,0 \times 10^6$	B2	$0,5 \times 10^6$		$1,7 \times 10^6$		$3,3 \times 10^6$
	S3	3.000		20.000		120.000	B3	18.000		170.000		250.000
	S4	400		5.000		70.000	B4	3.500		13.000		150.000
Listeria	S1	-		1.000		-	B1	-		5.000		-
	S2	-		1.000		-	B2	-		500		-
	S3	-		10		-	B3	-		2		-
	S4	-		1,5		-	B4	-		3		-

Tabel 5.1:

Søholt og Beder renseanlæg, statistisk behandling af data fra undersøgelsesperioden, jf. fraktildiagrammerne figur 5.5 og 5.6.

De opnåede rensegrader for Søholt og Beder renseanlæg fremgår af tabellerne 5.2, 5.3 og 5.4. Det skal bemærkes, at der er en betydelig variation på fjernelsesprocenten. Fx varierer fjernelsen af *Campylobacter* fra indløbet (B1) til før filter (B3) på Beder renseanlæg 15 - 99,83%. De opnåede rensegrader stemmer antageligt ganske godt overens med litteraturen, bl.a den Hollandske undersøgelse, /39/. Rensegrader skal tages med forbehold, idet det er koncentrationsniveauerne, som er afgørende.

Smitsstof Målestation Dato	Campylobacter		Salmonella		E. coli		SS		Listeria	
	S1-S3 %	S3-S4 %	S1-S3 %	S3-S4 %	S1-S3 %	S3-S4 %	S1-S3 %	S1-S3 %	S3-S4 %	
890822	-	-	95,82	-	-	-	-	-	-	-
890904	-	-	83,26	-	-	-	93,00	-	-	-
890918	-	-	93,48	-	-	-	94,53	-	-	-
891002	-	-	99,57	82,31	-	-	97,08	-	-	-
891010	99,92	-	99,77	-	-	48,48	95,22	-	-	-
891016	99,83	-	-	-	-	92,59	92,00	-	-	-
891030	-	-	99,84	83,12	99,97	-	93,04	-	-	-
891106	99,92	-	99,84	55,22	99,86	92,73	96,58	99,89	-	-
891113	83,00	99,00	99,67	0	99,70	48,48	95,86	99,92	-	-
891127	99,83	-	99,77	40,00	97,17	62,31	91,82	96,67	90,91	-
891211	15,00	0	73,33	96,25	99,54	0	90,00	98,72	90,91	-
900103	98,30	-	98,79	-	99,06	76,09	93,64	-	-	-

S1-S3 angiver reduktion fra indløbet til før filter. S3-S4 angiver reduktionen over filtret.

Tabel 5.2:
Rensemgrader (%) for smitstoffer på Søholt renseanlæg.

Smitsstof Målestation Dato	Campylobacter		Salmonella		E. coli		SS		Listeria	
	B1-B3 %	B3-B4 %	B1-B3 %	B3-B4 %	B1-B3 %	B3-B4 %	B1-B3 %	B3-B4 %	B1-B3 %	B3-B4 %
890829	83,00	90,00	57,22	-	99,90	15,38	97,06	80,00	-	-
890926	-	-	99,99	23,33	99,30	90,00	99,86	-	-	-
891024	99,83	0	-	-	99,71	78,48	-	80,00	-	-
891121	99,83	-	-	-	96,50	32,65	-	0	99,96	-
891205	15,00	0	-	-	99,70	0	97,43	55,56	99,39	33,33
891219	-	-	-	-	-	-	94,69	82,35	-	-
900109	-	-	-	-	99,35	53,53	99,02	60,00	-	-
900116	83,00	0	-	-	99,23	95,35	99,80	80,00	-	-
900123	99,15	0	62,50	-	99,59	81,43	97,04	87,50	-	-
900130	-	-	-	-	95,10	98,63	95,88	85,71	-	-

B1-B3 angiver reduktion fra indløbet til før filter. B3-B4 angiver reduktion over filtret.

Tabel 5.3:
Rensemgrader (%) for smitstoffer på Beder renseanlæg.

I tabel 2.7 er der lavet en oversigt over infektive doser, samt angivet en beregningsstørrelse for infektionsdosis af urensset spildevand. I tabel 5.5 er en tilsvarende øvelse lavet for måleresultaterne fra Søholt og Beder renseanlæg, 20% og 90%-fraktilerne, jf. tabel 5.1.

Campylobacter
Lille dosis

Det fremgår af tabellen, at indholdet af Salmonella betyder, at ganske store spildevandsmængder skal til før infektion. I modsætning hertil kræves kun ganske få ml før infektion ved Campylobacter.

	Rensegrader (%) S1 - S3 hhv. B1 - B3					Rensegrader (%) S3 - S4 hhv. B3 - B4				
	Salmonella	Campylobacter	E.coli	Listeria	SS	Salmonella	Campylobacter	E.coli	Listeria	SS
Søholt renseanlæg										
Antal data	11	7	6	4	11	6	2	7	4	0
Middelværdi	94,8	85,1	99,2	99,0	93,9	59,5	49,5	60,1	90,0	-
Spredning	8,7	31,5	1,0	-	2,2	35,7	-	32,3	-	-
90%-fraktil	99,8	99,9	99,9	-	97,0	99,0	-	93,0	-	-
Beder renseanlæg										
Antal data	3	6	9	2	8	1	5	9	2	9
Middelværdi	73,2	80,0	98,7	99,0	97,6	23,3	18,0	60,6	30,0	67,9
Spredning	23,3	32,9	1,7	-	1,9	-	40,0	36,8	-	27,8
90%-fraktil	-	99,8	99,8	-	99,0	-	86,0	96,0	-	86,0

Tabel 5.4:

Søholt og Beder renseanlæg. Statistisk behandling af reduktionsgrader af Salmonella, Campylobacter, E.coli og SS gennem hhv. renseanlægget og filteret.

	Enhed	Salmonella		Campylobacter	
		stk	%	sygdom	sygdom
Søholt renseanlæg					
Urenset spildevand (S1)	l	300-50.000		0,03-0,1	
Før filter (S3)	l	400.000-3.000.000		0,3-30	
Efter filter (S4)	l	-		0,3-10	
Beder renseanlæg					
Uenset spildevand (B1)	l	2.500-1.250.000		0,03-0,8	
Før filter (B3)	l	0-7.000.000		0,3-30	
Efter filter (B4)	l	-		0,3-10	

Tabel 5.5:

Skønnet infektionsdosis af spildevand fra Søholt og Beder renseanlæg - en beregningsteknisk størrelse.

Forringet indikator

Det fremgår af tabel 5.4, at fjernelsen af E.coli gennem både Beder og Søholt renseanlæg til før filter er højere og mere stabil end fjernelsen af Salmonella og Campylobacter. Dette forhold indikerer en forringelse af E.coli som indikator for bakteriereduktionen i anlægget.

Som tidligere nævnt foreligger der ingen direkte sammenlignelige undersøgelser, som kan anvendes til at estimere afløbskvaliteten, hvad angår virus og parasitter. I denne sammenhæng kunne det have været interessant, om Enterovirus og Giardia lamblia var medtaget i undersøgelsesprogrammet.

Nedsat virusreduktion Amerikanske undersøgelser på et efter danske forhold atypisk anlæg til kvælstof- og fosforfjernelse, /40/, med prøveudtagning hver anden time over et døgn viste, at virusreduktionen (coliphagreduktionen) var særlig betydelig i den biologiske proces i aktiverede slamanlæg (90,1% - 98,9%) og ved denitrifikationsprocessen (96,0% - 98,7%), mens reduktionen ved sandfiltrering var betydeligt lavere end for bakterier.

Den totale Coliphagreduktion i ovennævnte amerikanske undersøgelse af et renseanlæg med forklaringstank, aktiv slamprocess, med nitrifikation, denitrifikation og sandfilter med forudgående aluminiumtilsætning var 99,98%, /40/.

6. EFTERBEHANDLINGSTEKNIKKER

Filtrering
Kalkdosering Som rensetrin udeover Vandmiljøplanens krav er der i Danmark lagt vægt på hovedsageligt to metoder hhv. filtrering og kalkdosering. Filtrering etableres normalt med henblik på overholdelse af skærpede krav til SS, Total P (til 5 - 10 mg SS/l og 0,5 - 1 mg P/l) og i visse situationer også BOD og E.coli.

Mariager Fjord Kalkdosering etableres normalt af hensyn til E.coli og Total P. Metoden findes bl.a. på en række mekaniske anlæg omkring Mariager fjord, hvorvidt metoden vil blive anvendt på fremtidens anlæg, er uklart.

Der findes i dag ca. 10 anlæg med filtrering og ca. 5 anlæg med kalkdosering. Det må antages, at flere filtre vil komme til på danske anlæg i fremtiden.

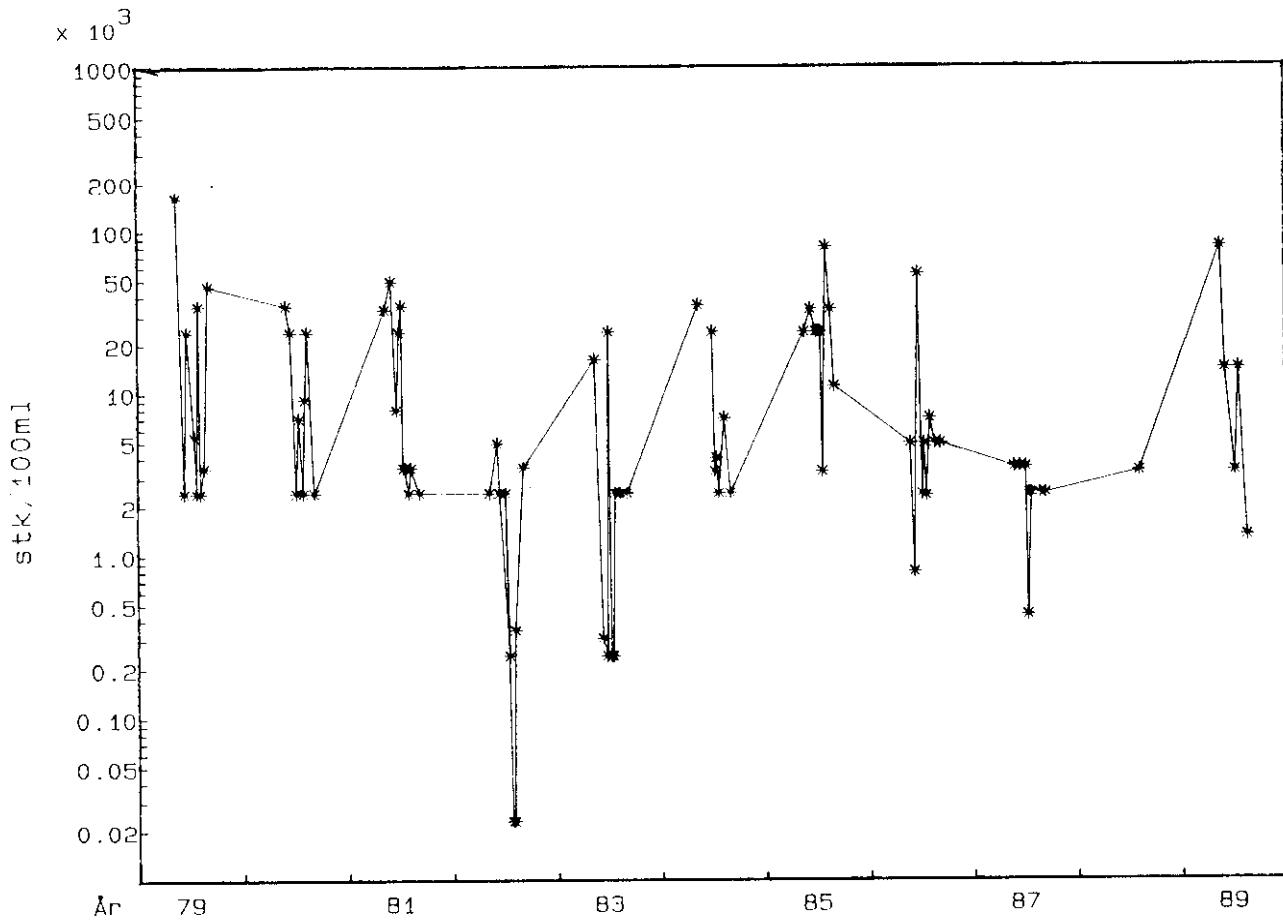
En række anlæg etableres i dag med laguner som et efterbehandlingstrin. Problemstillingen vil ikke blive berørt yderligere.

Udbygningsstrategi I litteraturen er funktionen og den hygiejniske effekt af en række desinficeringsteknikker beskrevet. Den nuværende danske udbygningsstrategi må antages at forbedre mulighederne for fx desinficering, idet SS- og organisk stofindholdet er lavt. Dette forhold kan have en betydelig indflydelse på de opnæelige resultater m.v.

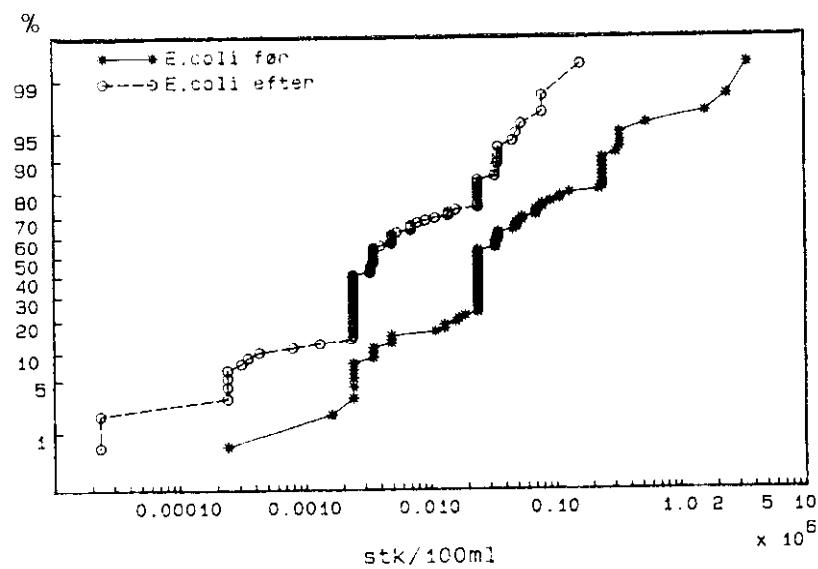
Faktorer af betydning Der er en længere række af faktorer som har betydning for den mikrobielle inaktivering ved efterbehandlingsteknikkerne. Disse faktorer omfatter spildevandssammensætning, temperatur, indhold af mikroorganismer, udformning af og type af efterbehandlingsteknikken (reaktordesign, opblændingsforhold m.v.). Den efterfølgende oversigt skal derfor tages med et betydeligt forbehold.

6.1 Filtrering

Filtertyper	Filtre for filtrering af spildevand kan opbygges efter forskellige principper. Det må antages, at der på det danske marked i fremtiden vil være følgende filtertyper:
Gravitations-filter	- Traditionelt gravitationsfilter. Cyklistisk skyldning, dybdefiltrering/ overfladefiltrering, et/flermediefilter, filtermedietykkelse 0,75 - 1,5 m. Søholt og Beder renseanlæg er opbygget efter dette koncept. Ved etmediefilter, som bygges i fremtiden, anvendes sand med en kornstørrelse på 1,2 - 2,5 mm.
ABF-filter	- Automatic Backwash Filter. Kontinuerlig skyldning, overfladefiltrering, et/flermediefilter, filtermedietykkelse 0,3 - 0,4 m. Ved en højde af filtermediet på ca. 0,40 m kan lagets kornstørrelser fx bestå af grus 6 - 12 mm, et lag sand 2 - 5 mm, kvartssand 0,55 - 0,65 mm.
DynaSand filter	- DynaSand filter. Kontinuerlig skyldning, dybdefiltrering, etmediefilter, filtermedietykkelse 2 - 5 m, kornstørrelse 2 - 2,5 mm. Vandet tilledes øverst i filtret og ledes mod bunden. Fra bunden udtages med en mammutpumpe snavset sand, som ved pumpning renses for suspenderet materiale, der frasepareres i en cyklonagtig enhed i filterets top. Filtermaterialet er derfor i en konstant bevægelse mod bunden af filtret.
Lang tidsserie	Effekten af sandfiltret er afhængig af spildevandets indhold af suspenderet stof, størrelsen af sandkorn, filterdybde, filterhastighed. Idet filteret opsamler den hygiejniske forurening, kan en uhensigtsmæssig returskyldning bevirke et betydeligt tab af smitstoffer til recipienten.
To-medie filter	I perioden 1979 til 1989 er der konstateret rensegrader på i middel 88% for E.coli, 85% for coliforme bakterier og 98% for Kimtal. Til sammenligning blev der i undersøgelsesperioden, jf. tabel 5.4, målt rensegrader for E.coli på 60,1%.
Bakterier	I en hollandsk undersøgelse, /39/, hvor der i pilotskala blev anvendt to-medie gravitationsfilter med returskyldning i 24-timers intervaller blev der målt 60% fjernelse af <i>fæcale coli</i> . Ved tilsætning af jernklorid (kontaktfiltrering) blev fjernelsen øget til 90%. Det fremgår af undersøgelserne, at fjernelseseffekten overfor bakterier ved hjælp af kontaktfiltrering falder lidt med temperaturen.



Figur 6.1: Tidsserie af E.coli-koncentrationen i udløbet fra gravitationsfilter på Søholt renseanlæg for perioden 1979 - 1989.



Figur 6.2: Fraktildiagram for E.coli i indløbet og udløbet fra filtretp på Søholt renseanlæg for perioden 1979 - 1989.

Filtertype (Renseanlæg)	Indikatorbakterie eller smitstof	Indløb stk/100ml	Rensegrad %	Reference
Gravitationsfilter (Søholt)	Totalkim v. 37°C	$1,6 \times 10^6$	86	91
	Coliforme bakterier	$9,8 \times 10^6$	85	
	E. coli	$4,0 \times 10^4$	86	
Kontaktfiltrering (Kalk) (Ferri) (AI)	E. coli B phage	$1,1 \times 10^5$	max 52	38
	E. coli B phage	$2,6 \times 10^5$	56,2	38
	Poliovirus	1×10^6	90	38
Flermediefilter	E. coli phage	9×10^6	18,2	40

Tabel 6.1:

Undersøgelser af renseeffekter overfor indikatorbakterier og smitstoffer ved filtrering/kontaktfiltrering.

Virus Amerikanske undersøgelser, /40/, viste, at virusreduktionen (Coliphagreduktionen) over filtret i gennemsnit var 18,2%, mens reduktionen for bakterier var betydelig højere.

Protozoer, ormeæg Sand absorberer virus relativt dårligt. Sandfiltrering er af stor betydning med hensyn til at frafiltrere specielt protozoer og ormeæg, men også bakterier og virus fjernes i nogen grad.

Forskellige forfattere angiver forskellige bakteriereduktioner ved passage af sandfiltre. For bakteriers vedkommende angives reduktioner fra mere end 30% til mere end 99%, og nogenlunde tilsvarende værdier er angivet for virus.

6.2 Kalkdosering

Grampositiv Gramnegativ Kalktilsætning (CaO , Ca(OH)_2) til spildevand og slam har været anvendt for at reducere indholdet af smitstoffer i mange år. Ved $\text{pH} = 11,5$ og en eksponeringstid på 60 minutter elimineres alle gramnegative bakterier. Grampositive bakterier som f.eks. Stafylokokker og Listeria er mere resistente mod CaO -behandling end de gramnegative bakterier som *Salmonella*, *Yersinia*, *Campylobacter*, *Aeromonas* og *Pseudomonas*. Problemet med kalktilsætning er imidlertid, at mykobakterier og ormeæg i praksis ikke med sikkerhed kan elimineres ad denne vej, og protozoer som *Giardia Cryptosporidium* og *Entamoeba* må påregnes også at være resistente mod kalktilsætning, fordi de i det ydre miljø danner resistente cyste. Nyere forskning har frembragt resultater, som tæg tyder på, at spolormæg og tæniaæg kan

påvirkes ved længere tids kalkbehandling strækende sig over mere end 2 måneder.

Kalktype/opholdstid (Renseanlæg)	Indikatorbakterie eller smitstof	Temp. °C	pH	Indløb stk/100ml	Rensegrad %	Ref- rence
NaOH / 20 min. (L)	Polio 1	22-23	12,1	$2,4 \times 10^5$	94	41
NaOH / 7 min. (L)	Echovirus 7	25	11,3	-	99	41
Ca(OH) ₂ / 10 min. (L)	Polio 1	22,5	10,1	-	84	41
Ca(OH) ₂ / - (B)	Enteric	-	11,4	$0,027$	97,7	41
Ca(OH) ₂ / 75 min. (U,P)	Polio 1	28	11,5	$8,2 \times 10^4$	-	41
- / 50 min. (U)	E.coli B-ph	-	10,5	$9,5 \times 10^5$	95,8	38

(L) : Laboratorietest (P) : Pilotanlæg B : Biologisk filter U : Urenset spildevand

Tabel 6.2:

Undersøgelser af renseeffekter overfor indikatorbakterier og smitstoffer ved højt pH.

Virus

Indtil for få år siden var der kun ringe kendskab til, hvordan kalktilsætning influerede på virus. Nyere undersøgelser har imidlertid vist, at kalktilsætning kan fjerne virus. 96,8% af enterovirus vil elimineres ved pH 11,5 ved en eksponeringstid på 30-40 minutter, /38/. En 99% reduktion af virus forudsætter ved et pH på 11, en kontakttid på 90-100 minutter, /38/. I øvrigt vil virusdecimeringen, /41/, være afhængig af virusets art og spildevandets temperatur.

Kosmetisk behandling?

Nyere forskning vedrørende kalkens effekt på virus har imidlertid rejst spørgsmålet, hvorvidt kalkeffekten er en sammenklumpningseffekt af virus, hvor kalkbehandling fører til virusaggregatdannelse, og hvor hvert aggregat analytisk set måles som en virusenhed. Forudsættes denne aggregatdannelse med et efterfølgende pH-fald at oploses i mange enkellementer med hver sit virus som før kalkbehandling, kan der være tale om en kosmetisk snarere end en reel effekt på virus af kalkbehandlingen, /41/.

6.3 Klordosering

USA

Diskussionen om hvorvidt kloring af renset spildevand er tilrådelig er endnu ikke afsluttet. Nogle lande som USA, Israel og Italien klorer spildevandet, mens lande som fx England og Danmark ikke klorer det rensede spildevand. Der kan være følgende fordele ved denne behandlingsform:

Fordele

- Spildevand udledt til vandområder bør i videst mulige udstrækning være smitstoffri.

- Spildevand udledt til områder med skaldyrsproduktion bør i videst mulige udstrækning være smitstoffri.

Ulemper

Argumenter mod kloring af spildevand er følgende:

- Kloring eliminerer ikke nødvendigvis alle smitstoffer (ormeæg, protozoer m.v.)
- Mange smitstoffer har en højere klorresistens end de indikatorbakterier, hvis kvalitative måling udgør vores varslingsystem.
- Klor er et giftstof, og kloring af spildevand repræsenterer en fare for flora og fauna i recipienten, /42/, /43/. Der er en risiko for dannelse af toxiske og herunder cancerogene klorerede organiske stoffforbindelser, samtidig med udledning af residualklor. Problemstillingen er afhængig af indholdet af organisk stof.

Klortype/opholdstid (Renseanlæg)	Indikatorbakterie eller smitstof	Temp. °C	Indløb stk/100ml	Restklor mg/l	Rensegrad %	Ref- rence
- / 15 min. (M)	Enteric Viruses	20-24	$1-4 \times 10^3$	11-23	85-99	38
- / 30 min. (BF)	Enteric Virus	20	$0,1-2 \times 10^3$	9	17-81	38
- / 60 min. (L)	E. coli B phage	25	10×10^7	60	69-99	38
- / 3 min. (A)	Poliovirus 3	27	1×10^{10}	26, 5	90	38
- / 10 min. (A)	Fæcal coliforme	-	-	1, 9	99, 9	28
- / 10 min. (A)	Fæcal strept.	-	-	1, 9	99, 5	28
- / 10-15 min. (A)	Polio 1	20	-	0, 2	80	28
- / 15 min. (A)	Rota SA11	15	-	0, 26	96	28

M : Mekanik

BF : Biologisk filter

L : Beluftet lagune

A : Aktiv slam

Tabel 6.3:

Undersøgelser af renseeffekter overfor indikatorbakterier og smitstoffer ved kloring af spildevandet.

Restklor

Største fare ved kloring af renset spildevand synes at udgøres af residualklor i det desinficerede spildevand. Undersøgelser i USA tyder på, at mange renseanlæg med kloring har påvirket fiskelivet i havet nær spildevandsudløb, /43/.

Kontakttid

For så vidt angår den klormængde, der kræves for at desinficere renset spildevand, kan henvises til en undersøgelse med polio-virus. Ved en kontakttid på henholdsvis 1 og 3 timer og et klorindhold (frit klor tilsat) på 20 mg/l og en temperatur på 20°C fandtes en virusreduktion på henholdsvis > 99,9% og > 99,999%, /44/.

Vandmiljøplanen

Efter gennemgørelse af Vandmiljøplanen vil indholdet af organisk stof og suspenderet materiale i spildevandsudløbet være reduceret betydeligt i forhold til de udenland-

ske referenceanlæg. Den nødvendige klormængde til desinficering reduceres derfor også. Konsekvenserne for flora og fauna i denne situation er uklar.

6.4 Ozondosering

Drikkevand

Andre desinfektionsmidler end klor har i de senere år været debatteret i forbindelse med spildevand. Ozon har længe været anvendt til drikkevandsdesinfektion, oftest kombineret med kloring, som i denne forbindelse repræsenterer residualeffekten, da ozon er giftig ved inhalation, og følgelig må fjernes, således at det ikke forefindes i drikkevand eller i badevand i kunstgjorte badebassiner. Ozon-desinfektion er nu afprøvet på renset spildevand i USA og Canada, som angiver formindskelse af indikatorbakterier i det rensede spildevand på > 99,9%, /45/. I øvrigt er effekt af kombinationer af koncentrationer og tid anført i tabel 6.4, /28/.

God effekt

Effekten af en ozonering er afhængig af temperatur, ozonkoncentration, kontakttid, indhold af organisk stof og formentlig partikler, /46/. Ozons effekt synes uafhængig af pH i området 6,0 - 8,5. Specielt må det for ozons vedkommende fremhæves, at det har speciel god effekt mod protozoer, og også god effekt mod virus og bakterier, /46/. Ny teknologi vedrørende ozon-produktion med hertil hørende billiggørelse af ozonering har medført, at anvendelse af ozon synes mere aktuel end tidligere, /45/.

Mikroorganismer	Ozon re-sidual. mg/l	Tid minutter	Reduktion %	Estimeret konz. x tid
E. coli	0,29 - 0,36	0,60	99,94	
Salmonella	0,29 - 0,36	0,60	99,99	
Mycobact. fortuitum	0,8 - 1,08	0,58	99	0,53
Poliiovirus	0,15	4,83	99	0,72
Poliiovirus	0,20	10-15	80	
Rotavirus	0,26	15	40	
Rotavirus	0,40	15	99,9	
Giardia muris	0,15 - 0,70	2,8 - 12,9	99	1,94
Giardia lamblia	0,11 - 0,48	0,94 - 5,0	99	0,53

Tabel 6.4:
Effekt af ozondosering på smitstoffer i vand, /28/.

Giftig

Det skal bemærkes, at ozons halveringstid er kort, og fx i destilleret vand angives halveringssteder på 40 minutter ved pH 7,6. Det giftige ozon vil således hurtigt forsvinde fra vandet efter at have udført sin desinfice-

Erfaring rende og oxiderende effekt. Hvorvidt ozonering af spildevand kan give anledning til produktion af giftige stoffer, som det er kendt fra kloring, kan endnu ikke besvares. Beviser for dannelse af sådanne giftige stoffer kendes ikke, men omvendt dannes ved ozon-anvendelse mange aktive radikaler og nye iltede forbindelser, som gør det vanskeligt på nuværende tidspunkt at udtale sig om ozoneringens ultimative toxikologiske konsekvenser, /45/. Ozoneringens betydelige anvendelse til desinfektion af drikkevand uden påviselige uheldige konsekvenser tyder ikke på, at ozonering er betænkelig ud fra et toxikologisk synspunkt.

Dosering/opholdstid (Renseanlæg)	Indikatorbakterie eller smitstof	Temp. °C	Indløb stk/100ml	Restozon mg/l	Rensegrad %	Ref- rence
8,7 mg/l / - (A)	E. coli	-	$7,9 \cdot 10^4$	-	99	103
- / 0,5 min. (A)	Enteric Viruses	-	-	-	50	38
- / 2 min. (A)	Poliovirus 1	-	10^9	1,8	98,7	38
- / 18 min. (AF)	Poliovirus 1	-	1×10^3	-	99,9	38
- / - (U)	E. coli B phage	-	5×10^5	-	99,9	38
- / 18 min. (A)	Fæcal strept.	12,6	-	5,0	99	28
- / 18 min. (A)	Tot. coliforme	12,6	-	5,0	99,9	28
- / 0,6 min. (A)	E. coli	24	-	0,3	99,9	28
- / 1,0-5 min. (/)	G. Lamblia	5	-	0,48	99	28

M : Mekanisk

AF : Aktiv slam med filter

BF : Biologisk filter

U : Urenset spv.

A : Aktiv slam

/ : Kunstigt spv.

Tabel 6.5:

Undersøgelser af renseeffekter overfor indikatorbakterier og smitstoffer ved ozondosering, laboratorietests.

6.5 UV-belysning

Ultralydsbehandling

Ikke sporedannende

I de senere år er der i USA udvist betydelig interesse for UV-behandling af renset spildevand. Drivkraften i denne interesse for UV-desinfektion af ikke blot spildevand, men også drikkevand har dels været en forbedret teknologi med deraf affødt bedre økonomi, og dels desinfektionsmetodens honorering af kravet om, at en desinfektion ikke må efterlade toxikologiske problemer i form af nydannede, toxiske stoffer, /47/. UV-behandling af spildevand har således ikke givet problemer i recipienten i form af fiskesygdom. Ofte er UV-desinfektion af spildevand kombineret med ultralydbehandling. UV-lys synes at have god effekt på ikke sporedannende bakterier og virus, men mindre effekt på protozoer og sporedannende bakterier. Filtrering af afløbsvand har vist sig på afgørende måde at forstørre effekten af UV-lys.

I tabel 6.6 er angivet krævede doser til at eliminere smitstoffer i vand, /28/.

Dosis (mW·s/cm ²) (Renseanlæg)	Indikatorbakterie eller smitstof	Temp. °C	Indløb stk/100ml	Rensegrad %	Refe- rence
8,2 (ud)	Total coliform	-	-	99,9	28
5,0 (D)	Camp. jejuni	-	-	99,9	28
275 (U)	Fæcal coliform	-	-	99,9	28
5,7 (UdF)	Total coliform	-	-	99	28
60,0 (D)	Bacillus-spore	-	-	99,9	28
1,8 (D)	Legionella	-	-	99,9	28
2,7 (D)	Yersinia enterocol.	-	-	99,9	28
2,1 (D)	Polio type 1	-	-	99,9	28
6,3 (D)	Giardia lamblia	-	-	70,0	28

Ud : Udløb

U : Urenset

D : Destilleret vand

UdF : Filtreret udløb

Tabel 6.6:

Undersøgelser af renseeffekter overfor indikatorbakterier og smitstoffer ved UV-belysning, laboratorie tests.

Problemer ved UV-lys-behandling af spildevand kan præcieres i følgende punkter:

- Effekt forringes af partikler
- Effekt forringes af organisk stof
- Problemer med vedligeholdelse af UV-lamper

Sammenfatning

Som nævnt kan ultralydbehandling og filtrering forøge effekten af UV-lys i desinfektionsøjemed. Kan UV-lys-desinfektion gøres mere attraktiv økonomisk set, vil denne desinfektionsmetode i flere henseender være attraktiv, og generelt bedømt synes denne desinfektionsform at være på vej frem i mange lande. Ud fra et toxikologisk synspunkt synes UV-bestraaling at være andre desinfektionsformer overlegen, /45/, /47/, /48/.

7. DRIFTSPROBLEMER PÅ RENSEANLÆG

Hydraulisk overbelastning

Hydraulisk overbelastning i forbindelse med regn er i dag og vil antageligt også i fremtiden være det dominerende driftsproblem på renseanlæg. Ved hydraulisk overbelastning aktiveres overløbsbygværker i den forreste del af anlægget, fx ved indløbspumpestationen eller efter forklaring samtidig med, at der opstår slamflugt fra anlæggets biologiske del. Et andet og betydeligt driftsproblem, som fremmer slamflugt, er letslam.

Letslam

Smitstof eller indikatorbakterie	Renseanlæg			
	Søholt		Beder	
	Indløb (S1)	Slam (S2)	Indløb (B1)	Slam (B2)
Vandmiljøplanen				
Campylobacter	330	170	35	17
Salmonella	285	240		
E. coli	350	85	110	10
Listeria	100	100		
Med filter				
Campylobacter	33	17	60	30
Salmonella	660	570		
E. coli	1.400	340	1.400	130
Listeria	660	660		

Tabel 7.1:

Kildestyrke af urensset spildevand og slam fra biotanken set i forhold til udløbet før filter (Vandmiljøplanen) og efter filter.

Kildestyrke

På basis af tabel 5.1 er i tabel 7.1 beregnet den gennemsnitlige kildestyrke af det opspædte spildevand ("S1 og B1") og slam (S2 og B2). Ved kildestyrken er fx indløbskoncentrationen sat i forhold til udløbet. Det fremgår, at kildestyrken uden filter er en faktor 10 - 350 større end det normalt rensede spildevand. Med filter stiger kildestyrken til 30 - 1.400.

**Betydeligt
problem**

Hydraulisk overbelastning af renseanlæg må antages at resultere i en total smitstofbelastning, som er af samme størrelsesorden, måske større end udledningen af renset spildevand.

8. SMITSTOFFER I BADEVANDET

De sygdomsmæssige konsekvenser af tilførsel af smitstoffer til aquatiske recipienter er primært bestemt af følgende faktorer:

- Badende
- Smitstoffernes antal
- Smitstoffernes art
- Smitstoffernes overlevelsesevne i recipienten

**Kvantitative
forekomst**

Der foreligger i dag yderst begrænsede oplysninger om smitstoffers kvantitative forekomst i badeområder. Undersøgelser viser, at fx virus kan transporteres adskillige kilometer fra udledningsstedet. Ikke specifiseret virus er ofte påvist i badeområder. Påvisning af de mest betyde-

Virus

Analyse-problemer

ningsfulde arter som infektiøs Hepatitis virus, Rotavirus og Norwalkvirus er endnu vanskelig på grund af analyse-vanskeligheder.

De virusbetingede risici har hidtil været vurderet ud fra tilstedeværelsen af virusarter, som i dag vides at fylde mindre i sygdomsstatistikken end de omtalte og nyopdagede vira (Rotavirus, Norwalkvirus). For så vidt angår disse vira har vi endnu kun meget begrænset viden om deres forekomst i spildevand og slam og om deres overlevelsesevne i det ydre miljø. Det er i dag svært at vurdere konsekvenserne af slam- og spildevandskontaminationen af det ydre miljø, men det synes givet, at disse konsekvenser hidtil har været undervurderet.

Den reelle viden om den kvantitative forekomst af bakterielle smitstoffer i aquatiske recipenter er også begrænset. I bilag 3 er gengivet resultatet af undersøgelser af forekomst af virus og bakterier i marine og ferske områder.

Vibrio

For mange smitstoffer i marine recipenter vil det gælde, at deres forekomst er betinget af kontinuerlig tilførsel med spildevand, flod-/åvand m.v. For Vibrio vil det imidlertid gælde, at den ikke primært tilføres havvandet med spildevandet, men kan persistere i havvandet og opformeres her, afhængig af den næringssituations, som til gengæld direkte eller indirekte kan være spildevandsbetinget.

Aeromonas

Aeromonas synes i betydelig grad at opformeres i renseanlægget, men opformering i recipenter kan også finde sted fx i forbindelse med algeblomst og formentlig i sedimenter.

Campylobacter

Campylobacterundersøgelse af flodvand i England over en etårig periode viste, at Campylobacter-positive prøver var hyppigst i månederne august-februar, /59/. Det skal bemærkes, at der ikke i denne undersøgelse blev påvist Campylobacter i sedimentprøver i månederne maj, juni og juli, men den mulighed står åben, at Campylobacter vanskeligere påvises i sediment end i vandfase. Generelt påregnes en 10-100 gange større bakteriekoncentration i sediment end i overliggende vandfase.

Nogle smitstoffer er påvist i recipenter ved kvalitative undersøgelser. Dette gælder eksempelvis *Yersinia Enterocolitica*, Mycobakterier, Leptospirer gruppe B-streptokokker, Rotavirus, Norwalkvirus. For andre smitstoffer som Giardia og Shigella, som i øvrigt er sat i forbindelse med badeinfektion, foreligger tilsyneladende ikke hverken kvalitative eller kvantitative undersøgelser til dokumentation for deres forekomst.

Husdyrsygdomme At smitstoffer, som udledes til vandløb, kan give problemer i form af husdyrsygdomme, er også kendt her fra landet.

I en sønderjysk kommune blev der udledt mekanisk renset spildevand til en bæk, hvor græssende kreaturer, ca. 1,5 km nedstrøms spildevandsudløbet, brugte vandet i bækken som drikkevand. Flere af disse køer fik Salmonellose. Samme Salmonallosserotype kunne isoleres fra køer og bækvand, /67/, /68/.

8.1 Badeinfektioner

Prospektive undersøgelser Betydningen af smitstofkontamination af badevand har været diskuteret i mange år uden nogen endelig afklaring af problemets størrelse. Nyere prospektive epidemiologiske undersøgelser (dvs. undersøgelser efter forudlagt planlægning, og valg af forsøgs- og kontrolgruppe i relation til en risikopåvirkning (in casu svømming)) viser, at sygdom optræder hyppigere hos svømmere end hos ikke-svømmere, og hyppigere hos svømmere, der har haft hovedet under vandet end hos svømmere, som ikke under badningen har haft hovedet under vandet, /75/.

Resultatet af prospektive, canadiske undersøgelser udført på ferskvandsrecipienter er gengivet i tabel 8.1, /76/.

Påvirkningsområder Tabel 8.1 viser, at sygdomme i respirationsveje, mave-tarmsystem og hud og slimhinder (øje, øre, hud), er de dominerende badebetingede sygdomme.

Stafylokok-infektioner Også stafylokokinfektioner har været omtalt i forbindelse med badning eller leg i strandkanten, ligesom stafylokokinfektioner har været omtalt i forbindelse med surfing, /35/. Der foreligger imidlertid ikke en entydig bevisførelse for, at registrerede lidelser (sårinfektioner, bylder) skyldes badning, surfing m.v.

Mange smitstoffer er angivet som årsag til sygdom erhvervet ved badning. De vigtigste fremgår af tabel 8.2. Desuden kan nævnes Leptospirer, Vibrio parahæmolyticus, Vibrio vulnificus, Coxsackievirus, infektiøs hepatitis og patogene svampe (Candida, Pityrosporum).

Tidligere forskning har grupperet badeinfektioner, som det fremgår af tabel 8.2.

Sygdom	SYGDOMSPRÆVALENS RATE/1000 PERSONER			
	Svømmere		Ikke svømmere	
	Allie svømmere N=2743	hovedet under vandet N=813	hovedet over vandet N=1930	N=1794
Alle sygdomsformer	69,6	76,3	66,8	29,5
Respirationslidelser	28,4	36,0	24,9	11,7
Mave-tarmlidelser	15,3	17,2	14,5	3,9
Øjenlidelser	9,8	6,2	11,4	6,1
Ørelidelser	6,9	1,2	9,3	2,2
Hudlidelser	6,9	4,9	7,6	2,2
Allergi	6,9	8,0	6,2	2,8
Andet	10,2	13,5	8,8	5,6

Tabel 8.1:
Sygdomsrate hos svømmere og ikke svømmere som resultat af en prospektiv epidemiologisk undersøgelse, /75/.

For så vidt angår Rotavirus og protozoer foreligger endnu ikke beretninger om, at disse smitstoffer har forårsaget badevandsbetinget sygdom, uanset at de ofte har været årsag til drikkevandsbårne sygdomme. For protozoerne Giardia lamblia og Cryptosporidium gælder det, at den vides at have forårsaget badevandsbetinget sygdom i swimmingspools.

Manglende statistikker	Det skal bemærkes, at der ikke foreligger officielle statistikker over badevandsbetinget sygdom, og at ikke alle foreliggende beretninger om sådan sygdom kan opfattes som værende fuldgyldige beviser på, at registreret sygdom er bevist at være relateret til badevand.
------------------------	--

Gruppe af bade-infektioner	Smitstoffer	Smittefordeling %
1. Infektioner i øjne, ører, bikhuler, svælg	Stafylokokker, Pseudomonas Aeruginosa og visse Vibrio-arter	60
2. Hudinfektioner	Stafylokokker, Aeromonas, Pseudomonas Aeruginosa og visse Vibrio-arter	20
3. Luftvejs- og tarm-infektioner	Mycobakterium tuberculosis, Salmonella typhi, Salmonella paratyphi, Shigella sonnei og Norwalkvirus	20

Tabel 8.2:
Gruppering af badeinfektioner, /1/, /34/, /76/, /77/, /78/, /79/, /80/.

8.2 Indikatororganismer

Mange mikroorganismer er anvendt som indikator på badevandsmuligheder for at fremkalde sygdom hos badende. De mest anvendte indikatorer omfatter:

- *Fæcale coli* (*E.coli*)
- *Fæcale streptokokker*
- *Clostridium perfringens*

Andre foreslæede indikatororganismer omfatter:

- *Coxsackievirus gr. B*
- *Coliphager*
- *Vibrio alginolyticus* (havvand)
- *Aeromonas* (ferskvand)

Interferencer

Anvendelse af *fæcale coli* kan i en række situationer være forbundet med problemer. Undersøgelser viser, at fugle og andre dyr i badeområderne, jf. /87/, /98/, kan påvirke badevandskvaliteten målt ved *E.coli*-undersøgelser.

Resistens

Fæcale colis tilstedsvarrelse i vand beviser, at vandet er fæcalt forurenset og derfor muligvis indeholder smitstoffer og specielt tarmsmitstoffer. Manglende påvisning af *fæcale coli* beviser omvendt ikke, at smitstoffer ikke er til stede i badevandet, fordi mange smitstoffer er mere resistente i recipienten end *fæcale coli*, /4/, /5/.

Virus

Blandt de smitstoffer, som er mere resistente end *fæcale coli* i aquatiske miljøer, kan nævnes de fleste virus, mykobakterier, protozoer og ormeæg.

Nyere undersøgelser viser, at der er bedre korrelation mellem badebetinget sygdom i form af mave-tarmsygdomme og *fæcale streptokokker*, end mellem badeinfektioner og *fæcale coli*, /76/. Årsagen hertil er formentlig, at *fæcale streptokokker* overlever bedre i aquatiske recipienter.

Streptokokker

Også overfor desinfektionsmidler som klor, kalkbehandling og UV-lys-behandling er *fæcale streptokokker* mere resistent end *fæcale coli*, /2/. Disse nyere iagttagelser har medført, at nogle forskere anbefaler *fæcale streptokokker* som den bedste indikator på sygdomsrisici relateret til badning, /76/.

Vibrio Aeromonas

Vibrio og *Aeromonas* er foreslægt som indikatorbakterier. Disse bakterier indikerer imidlertid ikke fæcalforurening af den aquatiske recipient, men indikerer et højt næringsgrundlag i recipienten med opforméringsmuligheder af disse to indikatorbakterier til følge, /51/.

Vibrio kan opformeres i havvand, og *Aeromonas* i ferskvand. Begge disse bakterier kan i øvrigt give sygdom hos mennesker og fisk.

Behov for supplerende indikatorer	<p>Nyere forskning har vist, at virusforurening af badeområder eller skaldyrproducerende områder er særdeles uønsket, /31/, /82/. Dette rejser spørgsmålet, hvorvidt gældende praksis med anvendelse af <i>fæcale coli</i> som eneste anvendte indikatorbakterie kan betegnes som tilfredsstillende.</p> <p>Korrelationen mellem <i>fæcale coli</i> og virus i ferske og marine recipenter er bl.a. påvirkeligt af den epidemiologiske situation, idet indholdet af <i>fæcale coli</i> i spildevand er ret konstant, mens virusindhold varierer med den epidemiologiske situation.</p> <p>Endvidere kan kloring af spildevand afgørende ændre forholdet mellem <i>fæcale coli</i> og virus. Amerikanske undersøgelser med kloring af renset spildevand viste, at kloringen reducerede indhold af <i>fæcale coli</i> med 99,999%, mens tilsvarende reduktion af virus var 85-99%, /50/.</p>
Optimistisk vurdering	<p>For nærværende må det konkluderes, at der savnes en sikker indikator på tilstedeværelsen af ikke blot enterovirus, men også på de nyopdagede virus (Rotavirus, Norwalkvirus), som i dag vides at spille en afgørende rolle som sygdomsårsag. <i>Fæcale coli</i> kan være en rimelig indikator på virus kontamination af aquatiske recipenter, men deres begrænsede resistents i forhold til virus og protozoer kan i nogle situationer give anledning til for optimistiske vurderinger m.h.t. vandets muligheder for at resultere i f.eks. virusbetingede sygdomme.</p>
Smitstoffer	<p>Spørgsmålet om Coliphagers anvendelsesmuligheder som indikator på tilstedeværelsen af virus er stadig genstand for debat. Der er publiseret flere modstridende undersøgelsesresultater over relationer mellem Coliphager og virus.</p> <p>Under alle omstændigheder er såvel analyser for coliphager som analyser for <i>fæcale coli</i> meget billige og lette at udføre. Foreløbig må vi acceptere, at den eneste helt sikre metode til vurdering af forskellige virus tilstedeværelse i aquatiske recipenter er en direkte eftersøgning efter disse vira. For nærværende synes situationen at være, at vi ikke har bedre indikatorer på tilstedeværelsen af tarmvirus end coliforme bakterier, <i>fæcale coli</i> og <i>fæcale streptokokker</i>.</p>

9. SAMMENFATNING OG ANBEFALING

I en tid, hvor nogle infektiøse sygdomme hos såvel husdyr som mennesker optræder med stigende frekvens i hele den vestlige verden, er der grund til at fokusere på renseanlægs rolle som smitstofspreders.

Badesygdomme	Den mest risikobetonede del af smitstofkontamineringen af det ydre miljø foregår ved deponering af slam fra renseanlæg og udledning af opspædet og renset spildevand. Spildevand og slam indeholder smitstoffer og især tarm-smitstoffer, som indføres i både de aquatiske og terrestiske infektionskæder. Udenlandske undersøgelser fra områder med udledning af opspædet og renset spildevand viser f.eks., at i badeområder og områder, som anvendes til andet rekreativt formål, er der konstateret sygdom hos mennesker. Der findes ingen danske undersøgelser, som kan verificere dette forhold.
Særligt forurenende virksomhed	Renseanlæg kan smitstofmæssigt set opfattes som en særlig forurenende virksomhed, hvis miljøkonsekvenser afhænger af bl.a. anlægsopbygning og renseeffekt. Under henvisning til anførte sygdomsstatistikker, hvor mikrobielle problemer ikke blot dominerer med hensyn til de akutte sygdomme foranlediget af levnedsmidler og vand, og under henvisning til den uheldige udvikling på den epidemiologiske front, forekommer det rimeligt at interessere sig for renseanlæggene også ud fra et mikrobiologisk synspunkt. Denne interesse har hidtil været særdeles overskuelig.
Nye smitstoffer Protozoer Virus	Mange nye smitstoffer ukendt i 70'erne eller 80'erne optræder i dag som sygdomsårsag. Generelt kan konkluderes, at protozoer og virus spiller en langt større rolle i sygdomsbilledet i dag end tidligere antaget.
Vandmiljøplanen Forbedret afløbskvalitet	Gennemførelse af den danske Vandmiljøplan vil forbedre den hygiejniske afløbskvalitet fra de kommunale renseanlæg. Det har ikke været muligt at opgøre den nøjagtige forbedring ud fra nærværende meget begrænsede undersøgelsesprogram på Søholt og Beder renseanlæg, hvor der alene har været lagt vægt på bakterierne E.coli, Salmonella, Campylobacter og Listeria.
Renseeffekter	I forhold til renseanlæg med nitrifikation skønnes Vandmiljøplanens renseanlæg at resultere i en yderligere forbedring af den hygiejniske afløbskvalitet med 20-50%.
Indikator	Den gennemsnitlige renseeffekt overfor bakterierne er opgjort til hhv. E.coli ca. 99% (95,1 - 99,97%), Salmonella ca. 94% (57,22 - 99,99%) og Campylobacter ca. 80% (15 - 99,92%). I middel er E.coli-koncentration på de to anlæg målt til hhv. 20.000 og 170.000 E.coli/100 ml. I forhold til den danske badevandsbekendtgørelse, som indeholder et krav om, at fæcal coli kun i 5% af tiden må overstige 1.000 stk/100 ml, er der behov for yderligere en betydelig rensning, inden det rensede spildevand direkte kan anvendes til badevand.
	Undersøgelsen viser, at fjernelsen af E.coli (indikatorbakterie) gennem renseanlæggene er meget stabil. I modsætning hertil er af flere årsager smitstofferne Salmonella og Campylobacter. Det fremgår videre, at det rensede spildevands indhold af Salmonella normalt er meget

Sundhedsrisiko	lavt, hvorimod indholdet af Campylobacter kan udgøre en sundhedsrisiko, idet en ganske lille mængde udgør den nødvendige infektionsdosis.
Mangelfuld udenlandsk dokumentation	Det er karakteristisk for den udenlandske litteratur, at de spildevandstekniske- og rensetekniske oplysninger lader meget tilbage at ønske, hvilket komplicerer anvendelsen set ud fra danske forhold. Det skal videre bemærkes, at der igennem litteraturstudiet ikke er fundet et eneste renseanlæg med et rense niveau, som er omfattet af Vandmiljøplanens krav.
Filtrering	Som en følge af recipientkvalitetsplanerne udbygges en række danske anlæg med filtrering. Som en del af undersøgelsesprogrammet blev renseeffekten over begge anlægs gravitationsfilter undersøgt. Den gennemsnitlige renseeffekt overfor bakterierne er opgjort til hhv. E.coli ca. 60% (0 - 98,63%) og Salmonella ca. 60% (0 - 96,25%). De gennemførte undersøgelser viser, at etableringen af et filter vil passe godt ind i en samlet rensningsstrategi. Herved forberedes anlæggene for en egentlig desinficering. Andre efterbehandlingsteknikker er gennemgået. Litteraturscreeningen viser, at vi i dag råder over effektive renseteknikker.
Driftsproblemer på renseanlæg	Hydraulisk overbelastning i forbindelse med regn er i dag og vil antageligt også i fremtiden være det dominerende driftsproblem på renseanlæg. Ved hydraulisk overbelastning aktiveres overløbsbygværker i den foreste del af anlægget, fx ved indløbspumpestationen eller efter forklaring samtidig med, at der opstår slamflugt fra anlæggets biologiske del. Kildestyrken af det opspædte spildevand og slam er ca. en faktor 300 større end det normalt rense spildevand. Den hydrauliske overbelastning må derfor antages at resultere i en total smitstofbelastning, som er af samme størrelsesorden eller større end udledningen af renset spildevand.
Videre arbejde	
Det gennemførte arbejde har afdækket en række problemstillinger, som bør håndteres i relation til badevandsproblemer:	
Sygdomsstatistikker mv.	<ul style="list-style-type: none"> - Den epidemiologiske situation for de væsentligste smitstoffer bør opdateres med vægt på infektive doser i relation til spildevand og badevand. Herigennem vil betydningen af nye smitstoffer, som bl.a. Norwalkvirus, Coxsackievirus, Shigella og Giardia kunne kvantificeres.
Metodeudvikling (analyser)	<ul style="list-style-type: none"> - Der foreligger i dag ingen standardiserede metoder til udtagning, håndtering og analyse af mange af de mere problematiske smitstoffer i forbindelse med spildevand og recipenter. Der bør iværksættes metodeudvikling og

et kvalitetssikringsarbejde også på dette område.

Indikator	- Nærværende undersøgelser incl. litteraturdelen indikerer, at en række bakterier, virus og parasitter er betydeligt mere robuste end indikatororganismerne og passerer herved i større omfang renseanlæg. Der bør gennemføres et udvidet undersøgelsesprogram på flere anlæg med næringsstoffjernelse og filtrering. Programmet suppleres med undersøgelser i badevandet.
Undersøgelses-program	
Design af renseanlæg	- I dag udformes renseanlæg alene med henblik på overholdelse af Vandmiljøplanen og recipientkvalitetsplanerne. Smitstoffer indgår derimod ikke som en designparameter i vandbehandlingen. Der bør iværksættes et udredningsprogram med henblik på at optimere designet og driften af renseanlæg ud fra et smitstofmæssigt synspunkt.
Desinficerings-teknik	- Desinficering af spildevand har udviklet sig hastigt i de senere år. Af hensyn til både en eventuel fremtidig desinficering af det rensede spildevand og en desinficering af overløbsvand bør der foretages en opdatering af den foreliggende viden.
Slam fra renseanlæg	Nærværende rapport har haft vanddelen af Vandmiljøplanens renseanlæg i fokus. Der er påpeget en række behov for nye initiativer. Ud fra et hygiejneteknisk synspunkt er det vigtigt at betragte renseanlæggene som en helhed bestående af både en vand- og en slambehandling. Renseanlæggernes slamhåndtering bør således også bringes i fokus.

10. REFERENCELISTER

- /1/ Krønegaard-Kristensen, K. (1974): Vandhygiejne, foreliggende viden og forskningsbehov. Rapport udarbejdet for Vandkvalitetsinstitutet.
- /2/ Krønegaard-Kristensen, K. (1984): Salmonella som miljøproblem. Mikrobielle indikatorer i levnedsmiddel- og miljøhygiejne. Udgivet af Den Danske Dyrlægeforening.
- /3/ Krønegaard-Kristensen, K. (1985): Forurening og husdyrproduktion. 1. Mikrobiologisk forurening. Dansk Veterinærtidsskrift nr. 23, 68.
- /4/ Krønegaard-Kristensen, K. (1982): Indikatorbakterieproblematik i omgivelseshygienisk betydning. Principper for indikatororganismers anvendelse. Dansk Veterinærtidsskrift 65.
- /5/ Krønegaard-Kristensen, K. (1982): Indikatorbakterieproblematik i omgivelseshygienisk betydning. Faktorer bestemmende for indikatororganismers kvantitative forekomst i det externe miljø. Dansk Veterinærtidsskrift 65.
- /6/ Krønegaard-Kristensen, K. (1970): Kvantitative salmonellaundersøgelser af spildevand og spildevandsforurenede havvand. Nordisk Veterinærmedicin, 22.
- /7/ Krønegaard-Kristensen, K. (1980): Spredning af mikroorganismer med aerosoler fra rensningsanlæg. Miljøstyrelsens miljøprojekt nr. 28. Udarbejdet sammen med N.E. Heidan, E. Lyck, Klaus Jensen.
- /8/ Grabow, N.O.K., Nupen, E.M. (1972): The Load of Infectious Microorganisms in the Waste Water of two South African Hospitals. Water Research Pergamon Press, vol. 6, pp 1557-1563.
- /9/ Höller, C. (1988): Quantitative und Qualitative Untersuchungen an Campylobacter im Klärwerk. Zbl. Bakt. Hyg. B. 185.
- /10/ Geuenich, H.H., Müller, H.E. (1984): Isolierung und Keimzahlbestimmung von Listeria monocytogenes in ungeklärtem und biologisch gereinigtem Abwasser. Zbl. Bakt. Hyg. I abt. org. B. 179.

- /11/ Watkins, J., Sleath, K. P. (1981):
Isolation and Enumeration of Listeria Monocytogenes
from Sewage, Sludge and River Water. Journ. Appl.
Bacteriology 50.
- /12/ Jensen, E.N., Berg, B. (1982):
Spildevand og aquatiske biotoper som potentielle
gruppe B - streptokokreservoirer. Dansk Veterinær-
tidsskrift, 65.
- /13/ Knøchel, S. (1989):
Licentiatafhandling. Aeromonas spp. Ecology and
Significance in Food and Water Hygiene.
- /14/ Langeland, G. (1982):
Salmonella Bacteria in the Working Environment at
Sewage Works in Oslo. Appl. and Environmental
Microbiology. 43.
- /15/ Jacobowski, W., Hoff, J.C. (1979):
EPA-600/9 - 79-001: Waterborne Transmission of
Giardiasis.
- /16/ Hansen, Kristian (1989):
Personlig meddelelse. Institut for Medicinsk Mikro-
biologi, Københavns Universitet.
- /17/ Stenroos, P.S. (1986):
Afhandling. Diagnostic and Epidemiological Aspects
of Cryptosporidium Infection, a Protozoan Infection
of Increasing Veterinary Public Health Importance.
- /18/ Statens Veterinære Serumlaboratorium, Den Kgl.
Veterinær- og Landbohøjskole og Levnedsmiddelkon-
trolenheder (1986):
Rapport om overvågningsprojekt vedrørende anvendel-
se af slam i landbruget.
- /19/ Larsen, H. E. (1969):
Listeria monocytogenes. Afhandling. Carl F. Morten-
sen.
- /20/ Christensen, S.G. (1986):
Yersinia i vand. Kapitel i bogen: Mikrobielle indi-
katorer i levnedsmiddel- og miljøhygiejne. Udg. af
Den Danske Dyrlægeforening 1984.
- /21/ Miljøstyrelsen (1975):
Slam fra spildevandsanlæg. Rapport fra en arbejds-
gruppe.
- /22/ Fenger, B. (1970):
Biologiske rensningsanlæg. Biologi og biologiske
processer i aktiverede slamanlæg og biologiske fil-
tre. Stads- og Havneingeniøren nr. 3.

- /23/ Bryan, F.L. (1977):
Diseases Transmitted by Foods Contaminated by
Wastewater. Journ. Food Protection 40.
- /24/ Kristensen Krøngaard, K. (1984):
Jordforurening. En forurening med mange aspekter.
Dansk Veterinærtidsskrift. 67.
- /25/ Feachem, R., McCarry, M., Mara, D. (1978):
Water, Wastes and Health in Hot Climates. John
Wiley & Sons, New York.
- /26/ Craun, G.F. (1979):
Disease Outbreaks Caused by Drinking Water. Journ.
Water Poll. Contr. Fed, 51.
- /27/ Hendriks, Ch. W. (1978):
Evaluation of the Microbiology Standards for Drin-
king Water.
EPA-570/9-78-00C
- /28/ Sobsey, M.D. (1989):
Inactivation of Healthrelated Microorganisms in
Water by Desinfection Processes. Water Sci. Tech. 21.
- /29/ Andersson, Y., de Jong, B. (1989):
An Outbreak of Giardiasis and Amoebiasis at a Ski
Resort in Sweden. Wat. Sci. Tech, 21.
- /30/ Tobin, R. (1988):
Microbiology of Potable Water in Canada. An Over-
view of the Health and Welfare Canada Program.
Artikel præsenteret på First Biennial Water Quality
Symposium: Microbiology Aspects. BANFF Alberta,
Canada, Aug.-Sept.
- /31/ Appleton, H. (1980):
Gastroenterites Associated with the Consumption of
Shellfish. Indlæg på Symposium on Viruses And
Wastewater Treatment, Guildford, England 15-17
sept.
- /32/ Statens Serum Institut (1989):
Personlig meddelelse fra overlæge Gårdslev.
- /33/ Gerba C.P., Rose, J. B, Singh, S.N. (1985):
Waterborne Gastroenterites and Viral Hepatitis.
CRC, Critical Reviews in Environmental Control 15.
- /34/ Seyfried, P.L., Cook, R.J. (1984):
Otitis External Infections Related to Pseudomonas
Aeruginosa Levels in Five Ontario Lakes. Can.
Journ. Public Health, 75.

- /35/ Krøngaard-Kristensen K., Rosdahl, V.T. (1988):
Stafylokokker i Køge Bugt. Rapport udarbejdet for
Hovedstadsrådet, Københavns Amt, Køge Bugt Strand-
park I/S og Miljøstyrelsen.
- /36/ Akin, W.E. (1983):
Infective Dose of Waterborne Pathogens. Second
National Symposium on Municipal Wastewater Disin-
fection, Orlando, Florida. EPA-600/9-83-009
- /37/ Gerba C.P. (1980):
Virus survival in Wastewater Treatment. Internatio-
nal Symposium on Viruses and Wastewater, Guildford,
Goddard, M., Butler, M., Pergamon Press, Oxford,
New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt.
- /38/ Leong, L.Y.C. (1983):
Removal and Inactivation of Viruses by Treatment
Processes for Potable Water and Wastewater - Annual
Review. Water Science Technology, 15.
- /39/ Nieuwstad, Th.J., Mulder, E.P., Havelaar, A.H., van
Olphen, M. (1988):
Elimination of Microorganisms from Wasterwater by
Tertiary Precipitation and Simultaneous Precipita-
tion Followed by Filtration. Water Research, Vol.
22 hæfte 11.
- /40/ Safferman, Morris, M.E. (1976):
Assessment of Virus Removal by a Multistage Activa-
ted Sludge Process. Water Research, 10.
- /41/ E.P.A. (1980):
Critical Review of Virus Removal by Coagulation
Processes and pH Modification. EPA-600-2-80-004.
Reproduced by National Technical Information
Service, U.S. Department of Commerce.
- /42/ Hubly, D.W. (1983):
Risk Assessment of Wastewater Disinfection. Second
National Symposium on Municipal Wastewater Desin-
fection, Orlando, Florida. EPA-600-9-83-009.
- /43/ Coulter J.B. (1983):
Don't chlorinate sewage. Second National Symposium
on Municipal Wastewater Desinfection, Orlando,
Florida. EPA-600-9-83-009.
- /44/ Shuval, H.E (1977):
Water Renovation And Reuse. Academic Press. New
York.
- /45/ Stenstrøm, T.A. (1983):
Rapport från nationella symposiet om kommunal av-
loppsvatten desinfektion i USA. SWEP - document 24.

- /46/ Lawrence, J., Cappelli, F.P. (1977):
Ozone in Drinking Water Treatment. The Science of
the Total Environment 7.
- /47/ Whitby, C.E., Palmateer, C., Cook, W.C., Maarschal-
kewurd, J., Huber, D., Flood, K. (1984):
Ultraviolet Disinfection of Secondary Effluent.
Journ. W.P.C.F., 56.
- /48/ Qualls, R.G., Johnson, J.D. (1985):
Modelling and Efficiency of Ultraviolet Disinfec-
tion System.
Wat. Res. 19.
- /49/ Melnick, J.L., Gerba, C.P. (1980):
The Ecology of Enteroviruses in Natural Waters. CRC
Critical Reviews in Environmental Control. Juli.
- /50/ Morris, R., Waite, W.H. (1980):
Indicators, Viruses and Water Quality. Internatio-
nal Symposium on Viruses and Wastewater Treatment
Guildford, England. Pergamon Press. Oxford, New
York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt.
- /51/ Larsen, J.L., Willeberg, P., Dalsgaard, I., Wendel-
bo Nielsen, J., Kjellev, P., Brander, U., Terp, P.
1983):
Miljøbakterier som indikatorer for vandkvalitet.
Rapport til Miljøstyrelsen.
- /52/ Krønegaard-Kristensen, K. (1975):
Bakteriologiske undersøgelser af vandprøver, sedi-
mentsprøver og invertebrater ved Gyllingnæs og
eksisterende danske kraftværker. Indlæg i rapport
fra Institut for Veterinær mikrobiologi og Hygiejne
og laboratoriet for Aquatisk Patobiologi.
- /53/ Vasconcelos G.J., Anthony, N.C. (1985):
Microbiological Quality of Recreational Waters in
the Pacific North-west. Journ. WPCF, 57.
- /54/ Botton, F.J., Coates, D., Hutchinson, D.N. Godfree,
A.F. (1987):
A Study of Thermophilic Campylobacters in a River
System.
Journ. Appl. Bact., 62.
- /55/ Fattal, B., Peleg-Olevsky, E., YoshpePurer, Shuval,
H.I. (1986):
Water Science Technology, 18.
- /56/ Kampelmacher, E.H., van Noorle Jansen, L.M. (1973):
Salmonella und E.coli in Rhein und Maas beim Ein-
strömen in den Niederlanden. Zbl. Bakt. Hyg. I Abt.
Orig., B.158.

- /57/ Martikänen, J.J. (1990):
Occurrence of Thermophilic Campylobacters in Rural
and Urban Surface Water in Central Finland. To be
published in Water Research.
- /58/ Baross, J.A., Liston, J. (1970):
Occurrence of Vibrio Parahæmolyticus and Related
Vibrios in Marine Environments of Washington State.
App. Microb., 20.
- /59/ Botton, F.J., Coates, D., Hutchinson, D.N., God-
free, A.F. (1987):
A Study of Thermophilic Campylobacters in a River
System.
Journ. Appl., Bact., 62.
- /60/ Olesen, M. (1977):
En recipientundersøgelse med henblik på kvalitativ
påvisning af Salmonella. Dansk Veterinærtidsskrift.
60.
- /61/ Loh, P.C., Fujioka, S., Lau, L.S. (1979):
Recovery Survival and Dissemination of Human
Enteric Viruses in Ocean Water Receiving Sewage in
Hawaii. Water, Air and Soil Pollution 12.
- /62/ Finance, C., Brigaud, M., Lucena, F., Aymord, M.,
Bosch, A., Schwartzbrod, L. (1982):
Viral Pollution of Seawater at Barcelona. Zbl.
Bakt. Hyg. I Abt. orig. B. 176.
- /63/ Krøngaard-Kristensen, K. (1982):
Kemiske og mikrobiologiske kvalitetsændringer ved
nedpumpning af vandløbsvand. Rapport nr. 20 i Suså-
projektet. Dansk Komite for hydrologi.
- /64/ Enzinger, R.M., Cooper, C. (1976):
Role of Bacteria and Protozoa in the Removal of
E.Coli from Estuarine Waters. Appl. Environm.
Microb., 31.
- /65/ Sattar, S.A. (1980):
Virus Survival in Receiving Waters. Second Interna-
tional Symposium on Viruses and Wastewater Treat-
ment, Guildford. Pergamon Press, Oxford, New York,
Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt.
- /66/ Hage, L., Brest Nielsen, B. (1977):
Latrinbeholder som årsag til udbrud af kvægsalmo-
nellose. Dansk Veterinærtidsskrift, 60.
- /67/ Brest Nielsen, B. (1989):
Personlig meddelelse. Serumlaboratoriet.

- /68 Mikkelsen, U. (1989):
Personlig meddelelse. Haderslev Levnedsmiddel- og Miljøkontrol.
- /69/ Vast, R., Fattal, B., Katzenelson, E., Shuval, H. (1980):
Survival of Enteroviruses and Bacterial Indicator Organisms in the Sea. Second International Symposium on Viruses and Wastewater Treatment. Guildford. Pergamon Press. Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt.
- /70/ Feachem, R.G., Bradley, D.J., Hemda Garelick, Duncan Mara, D. (1989):
Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation. Health Aspects of Excreta and Sullage Management. - A state of the art review. World Bank, 1818 H Street. N.W. Washington, D.C. 20433 USA.
- /71 Gondrosen, B. (1986):
Survival of Thermotolerant Campylobacters in Water. Acta vet. scand. 27.
- /72/ Gustafsson (1985):
Forekomst och överrlevnad av patogene bakterier i vatten. En litteratursammanställning. Forsvarets Forskningsanstalt, Huvudavdelning 4, 90182, Umeå. FOA-rapport C 40224-B.2. ISSN 0349-2124
- /73/ Bryn, K.Ø., Hongve, D., Maseng, J., Skarheim, H.P. (1979):
Norsk forening for vassdragspleie og vannhygiejne: Vann. Nr. 1B, 14. årg.
- /74/ Mc Feters, G.A., Bissonnette, G.K., Jezeski, J.J., Thompson, C.E., Stuart, D.G. (1974):
Comparative Survival of Indicatorbacteria and Enteric Pathogens in Well Water. Appl. microb. 27.
- /75/ Seyfried, P.L., Tobin, R.S., Brown, N.E., Ness, P.F. (1980):
A Prospective Study of Swimming - Related Illness. I. Swimming-associated Health Risk. Am. Journ. Publ. Health, 75.
- /76/ Dufour, A.P. (1982):
Fresh Recreational Water Quality and Swimming-associated Illness. Second National Symposium on Municipal Wastewater Disinfection, Orlando, Florida. EPA-600/9-83-009.

- /77/ El-Sharkawi, F. (1978):
Typhoid Epidemiology. Alexandria Case Study. The Relation between the State of Pollution on Alexandria Swimming Beaches, and the Occurrence of Typhoid among Bathers. WHO Training Course in Coastal Pollution Control, vol III.
- /78/ Cabelli, V.J. (1980):
Epidemiology of Enteric Viral Infections. International Symposium on Viruses and Wastewater Treatment Guildford, England. Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt.
- /79/ Larsen, J.L. (1989):
Infektionsrisiko fra havet: Vibrioanaceae. Ugeskrift for læger 151/27.
- /80/ Stevenson, A.H. (1953):
Studies of Bathing Water Quality and Health. Am. Journ. Publ. Health, 43.
- /81/ Norsk Institutt for Vannforskning, NIVA:
Påvisning av fecale forurensninger i vann. Rapport XK-20-II. Postbox 333, Blindern, Oslo 3.
- /82/ Metcalf, T.G., Slanetz, L.W., Bartley, G.H. (1973):
Enteric Pathogens in Estuary Waters and Shellfish. Microbiol. Safety of Fishery Products. Academic Press.
- /83/ Cabelli, V.J.:
Obligate Anaerobic Bacterial Indicators. Chapter 7 in: Indicators of Viruses in Water and Food. Berg, G., Ann. Arbor Science, Ann. Arbor Michigan, 48106, P.O.Box 1425.
- /84/ Geldreich, E.E. (1978):
Bacterial Populations and Indicator Concepts in Feces, Sewage, Stormwater and Solid Wastes. Chapter 4 in: Indicators of viruses in water and food. Edt. G.Berg. Ann. Arbor Science. Ann Arbor Michigan 48106. P.P.Box 1425.
- /85/ Bonde, G.J. (1977):
Advances in Aquatic Microbiology. Vol.1. Edt.Droop and Jannah. Academic Press London N.Y.
- /86/ Petrilli, F.L., de Flora, S. (1977):
Correlation Between Animal Viruses and Bacteria in Coastal Sea Waters and Sediment. Rev. Int. Oceangr. Med. 48.

- /87/ Vandkvalitetsinstituttet, ATV (1987):
 Kvantificering af de betydende kilder til hygiej-nisk forurening omkring åudløbene fra Liver å, Uggeby å og Tversted å. Rapport til Nordjyllands Amtskommune, Hirtshals kommune, Sindal kommune, Løkken-Vrå kommune. Udarbejdet af bl.a. Claus Nickelsen og Peer Bo Mortensen.
- /88/ Isotopcentralen, ATV (1990):
 Beregning af E. coli henfald ud fra lys, temperatur og salinitet. Statusnotat i projektet Badevandskvalitet ved reduktion af overløbsmængder under regn. Udarbejdet af Mogens Jensen.
- /89/ Leif Winther et al (1978):
 Spildevandsteknik. Teknisk hygiejne. Leif Winther, J. J. Linde-Jensen, Ib Mikkelsen, H. Thorkild Jensen, Mogens Henze. Polyteknisk Forlag.
- /90/ Arimi, S.M., Fricker, C.R., Park, R.W.A. (1988):
 Occurrence of "Thermophilic" Campylobacters in Sewage and their Removal by Treatment Processes. Epidem. Inf. 1988, 101 (pp. 279-286).
- /91/ Vandkvalitetsinstituttet, ATV (1981):
 Simultanfældning og filtrering. Hygiejniske undersøgelser af to-media filter, Søholt renseanlæg, Silkeborg. Delrapport nr. 4.
- /92/ Payment, Pierre, Fortin, Sylvie, Trudel, Michel (1986):
 Elimination of Human Enteric Viruses During Conventional Waste Water Treatment by Activated Sludges. Can. J. of Microbiol. 32. (pp. 922-925).
- /93/ Chapalati Rao, V., Metcaf, Theodore G., Melnick, Joseph L. (1987):
 Removal of Indigenous Rotaviruses During Primary Settling and Activated Sludge Treatment of Raw Sewage. Wat. Res. Vol. 21, nr. 2 (pp. 171-177).
- /94/ Kayser, Rolf, Boll, Reiner, Müller, Hans E. (1987):
 Quantitative Untersuchungen zur Elimination von Salmonellen durch biologische Abwasserbehandlung. Zbl. Bakt. Hyg. 184 (pp. 195-205).
- /95/ Sewage Works Evaluation Project (SWEP) (1981):
 Reduktion av tarmbakterier, virus och parasitter i avloppsreningsverk - en litteratursammanställning. Dokument 7. Thor Axel Stenström, Sven Hoffner.
- /96/ Sewage Works Evaluation Project (SWEP) (1981):
 Kommunalt avloppsslam från Hygienisk synspunkt. Dokument 10. Viktor Tullander.

- /97/ Arvin, E., Dahi, Elian (1974):
Desinfektion inden for teknisk hygiejne. Problemstiling, tekniske muligheder og forskningsbehov.
Laboratoriet for Teknisk Hygiejne, Danmarks Tekniske Højskole.
- /98/ Fletcher, M.R. (1978):
Gull Droppings and their Effects on Water Quality.
Water Research, Vol. 12 (pp. 665-672).
- /99/ Silkeborg kommune (1990):
Materiale vedrørende spildevandsplanen for Silkeborg kommune. Eksisterende og fremtidige kloakforhold.
- /100/ Stadsingeniørens kontor, Århus kommune (1987):
Beder renseanlæg, Teknisk beskrivelse.
- /101/ Århus kommune (1990):
Personlig meddelelse fra biolog John Sørensen,
Tilsynskontoret. Århus kommune.
- /102/ Vandkvalitetsinstituttet, ATV, Det fælleskommunale
Laboratorium, København Vest (1988):
Projektansøgning til vandrenserådet vedrørende
hygiejnisk kvalitet af spildevand fra renseanlæg
med næringssaltfjernelse.
- /103/ Finch, G.R, D.W. Smith (1987):
The Response og Fecal coliforms and Antibiotic
Resistant Escherichia coli to incremental doses of
ozone during disinfection of activated sludge
effluent. Environmental Technology Letters, vol. 8
no.1, pp.1-8.

BILAG 1 MÅLE- OG PRØVEUDTAGNING PÅ SØHOLT OG BEDER RENSEANLÆG - ANALYSERESULTATER

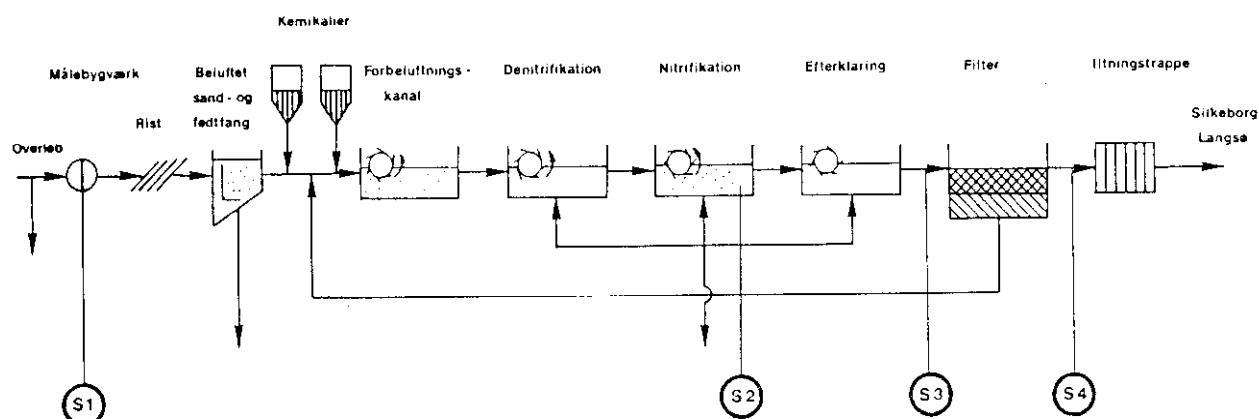
Målestationer, prøvetudtagning og transport

I forbindelse med ovenstående projekt er der foretaget en større måle- og prøveudtagningsrunde på to renseanlæg over en 6 måneders periode, med henblik på at identificere den hygiejniske belastning, potentielle og renseeffekt.

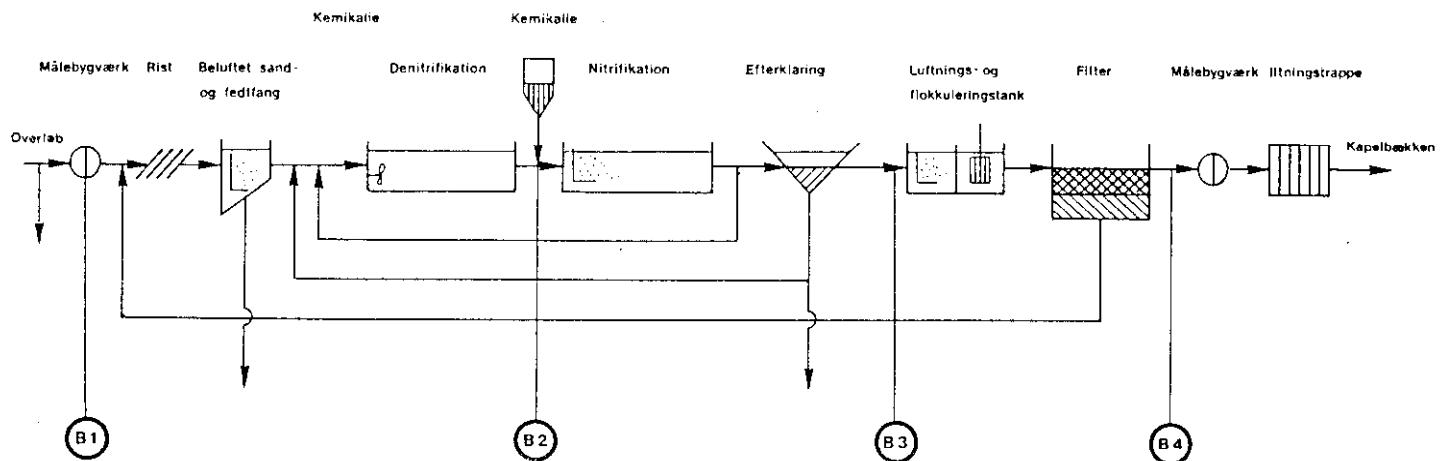
Efter samråd med Silkeborg (SK) og Århus kommuner (ÅK) er Søholt (SR) og Beder renseanlæg (BR) udvalgt til undersøgelse. SR forestod prøveudtagningen på eget anlæg. På BR foretog VKI prøveudtagningen, mens ÅK forestod betalingen af analyserne.

På figur B1.1 og B1.2 er vist flowdiagram med måle- og prøveudtagningsstationer for de to renseanlæg. Målestationerne er angivet ved hhv. "S" og "B", hvor S1: indløb, S2: biotanken, S3: før filter, S4: efter filter (udløb).

Analyseresultaterne fremgår af tabellerne B1.1 til B1.9. Analyserne for de traditionelle variable er udført på prøver udtaget flowproportionalt alternativt tidsproportionalt over 24 timer. De mikrobiologiske analyser er gennemført på stikprøver udtaget i slutningen af prøveudtagningsdøgnet, dvs. kl. ca. 7 og håndteret efter metode angivet af Dansk Standard (DS 2256). Prøverne er herefter transporteret til Det Fælleskommunale Laboratorium, København Vest i Glostrup, hvor de indenfor 4 timer er taget i arbejde. De traditionelle analyser er for SR foretaget på Miljø- og Levnedsmiddelkontrollen i Silkeborg og for BR på Qvists Laboratorium i Århus.



Figur B1.1:
Søholt renseanlæg (ca. 100.000 PE). Kvælstoffjernelse ved Biodenitro i trippel kanal, fosforfjernelse ved simultanfældning og filtrering.



Figur B1.2:

Beder renseanlæg (6.000 PE). Kvælstoffjernelse ved recirkulation, fosforfjernelse ved simultanfældning og filtreering.

Metodebeskrivelse

De traditionelle variable, dvs. BOD, COD, total N m.fl. er udført efter Dansk Standard.

Thermotolerante coli er påvist efter metode angivet af Dansk Standard (DS 2255).

Salmonella er påvist efter metode angivet af Dansk Standard (DS 266).

Campylobacter er påvist efter metode angivet af Nordisk Metodikkomite for levnedsmidler (NMKL nr. 119), modificeret i overensstemmelse med Veterinærdirektoratets cirkulære af 1.2.88.

Listeria monocytogenes er bestemt ved at anvende en traditionel mikrobiologisk metode som en MPN-metode (most probable number).

Ved de mikrobielle analyser er fra hver af prøverne S1 og B2 undersøgt vandmængder på 5 gange 1 ml, 5 gange 0,1 ml og 5 gange 0,01 ml. I prøverne S3 og S4 samt B3 og B4 er der undersøgt vandmængder på 5 gange 50 ml, 5 gange 10 ml og 5 gange 1 ml.

Påvisning af Listeria monocytogenes i prøverne er foretaget ved en to-trins opformering efterfulgt af udstrygning på selektiv agar. Metoden er beskrevet i Veterinærdirektoratets cirkulære af 1. november 1984 om mikrobiologiske undersøgelser af levnedsmidler. Verifikation og artsbestemmelse er ligeledes foretaget som anført i ovennævnte cirkulære.

For hver enkelt vandprøve er kombinationen af positive og negative rør aflæst og antallet af Listeria monocytogenes bestemt efter MPN-tabellen opgivet i Dansk Standard 2255.

Analyseresultater

Dato	Flow-I m3/d	Flow-U m3/d	Nedbør mm	COD mg/l	BOD mg/l	Total N mg/l	Total P mg/l	SS mg/l	Salmonella stk/100ml	Campylobacter stk/100ml	Campylobacter stk/100ml	E.Coli stk/100ml	Listeria stk/100ml
890822	20910	16987	0	390	160	29	9,7	183	5,5	-1	-1	4900000	
890904	20392	16799	0	510	200	31	9,3	200	4,6	2000	-1	3300000	
890918	20604	17118	1	570	200	33	9,7	201	4,6	200	2000	13000000	
891002	21475	17010	0	700	250	36	11	240	300	-1	-1	2200000	
891010	29103	22923	6	610	280	31	8,1	230	220	2000	-1	3300000	
891016	47391	37312	8	350	150	19	4,8	200	3	200	2000	1700000	
891030	21057	18220	0	630	320	32	9,4	230	480	2	20	13000000	
891106	21222	17562	1	640	220	35	8,4	190	420	2000	-1	7900000	918
891113	20871	17313	0	610	280	36	9,5	290	92	200	2000	11000000	1300
891127	21156	16631	0	490	250	34	10	220	220	200	2000	4600000	330
891211	21511	16881	0	630	270	42	9,6	250	30	200	200	24000000	1720
900103	22240	18424	0	500	270	43	9,8	220	58	200	2000	4900000	

Tabel B1.1:

Analyser fra indløbet på SR, Station S1. Campylobacter-fund omfatter alene de patogene arter Camp. jejuni og Camp. coli.

Dato	Flow-I m3/d	Flow-U m3/d	Nedbør mm	SS mg/l	Salmonella stk/100ml	Campylobacter stk/100ml	Campylobacter stk/100ml	E.Coli stk/100ml	Listeria stk/100ml
890822	20910	16987	0	3800	240	-1	-1	2400000	
890904	20392	16799	0	4000	93	-1	-1	1300000	
890918	20604	17118	1	3800	93	100	1000	790000	
891002	21475	17010	0	4400	4600	-1	-1	1300000	
891010	29103	22923	6	3900	21	100	1000	1700000	
891016	47391	37312	8	4100	150	-1	-1	1700000	
891030	21057	18220	0	4400	240	-1	-1	1300000	
891106	21222	17562	1	-	11	100	1000	1100000	1609
891113	20871	17313	0	4700	156	10	100	1300000	1300
891127	21156	16631	0	4300	21	100	1000	4600000	330
891211	21511	16881	0	4100	2400	100	1000	7900000	1720
900103	22240	18424	0	3900	280	-1	-1	2200000	

Tabel B.1.2:

Analyser fra biotanken på SR, Station S2. Campylobacter-fund omfatter alene de patogene arter Camp. jejuni og Camp. coli.

Dato	Flow-I	Flow-U	Nedbør	COD	BOD	Total N	Total P	SS	Salmonella	Campylobacter	Campylobacter	E.Coli	Listeria
	m3/d	m3/d	mm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	stk/100ml	stk/100ml	stk/100ml	stk/100ml	stk/100 ml
890822	20910	16987	0	60	7,6	7,5	,7	-	,23	-1	-1	7000	
890904	20392	16799	0	70	9,9	12	,9	14	,77	-1	-1	7000	
890918	20604	17118	1	55	11	9,6	1,1	11	,3	-1	-1	22000	
891002	21475	17010	0	39	7,9	6	,39	7	1,3	,33	3,3	13000	
891010	29103	22923	6	59	13	18	,6	11	,5	,33	3,3	3300	
891016	47391	37312	8	46	10	6,9	,63	16	-	,33	3,3	2700	
891030	21057	18220	0	47	4,8	6,6	,45	16	,77	-1	-1	3300	
891106	21222	17562	1	44	6,5	12	,34	6,5	,67	,33	3,3	11000	1
891113	20871	17313	0	52	12	7	,52	12	,3	,33	330	33000	1
891127	21156	16631	0	66	10	8,1	,81	18	,5	,33	3,3	130000	11
891211	21511	16881	0	74	15	10	,9	25	8	,33	330	110000	22
900103	22240	18424	0	35	8,6	14	,51	14	,7	,3,3	,33	46000	

Tabel B1.3:

Analyser fra før filtret på SR, Station S3. Campylobacter-fund omfatter alene de patogene arter Camp. jejuni og Camp. coli.

Dato	Flow-I	Flow-U	Nedbør	Salmonella	Campylobacter	Campylobacter	E.Coli	Listeria
	m3/d	m3/d	mm	stk/100ml	stk/100ml	stk/100ml	stk/100ml	stk/100 ml
890822	20910	16987	0	-	-1	-1	-	-
890904	20392	16799	0	-	-1	-1	-	-
890918	20604	17118	1	-	-1	-1	2300	
891002	21475	17010	0	,23	-1	-1	2300	
891010	29103	22923	6	-	-1	-1	1700	
891016	47391	37312	8	-	-1	-1	200	
891030	21057	18220	0	,13	-1	-1	200	
891106	21222	17562	1	,3	-1	-1	800	< 1
891113	20871	17313	0	,3	,33	3,3	17000	1
891127	21156	16631	0	,3	-1	-1	49000	1
891211	21511	16881	0	,3	,33	330	110000	2
900103	22240	18424	0	3,1	-1	-1	11000	

Tabel B1.4:

Analyser fra udløbet på SR, Station S4 - hygiejniske variable. Campylobacter-fund omfatter alene de patogene arter Camp. jejuni og Camp. coli.

Dato	Nedbør	Flow-l mm	Flow-U m3/d	Susp. mg/l	BOD mg/l	Total N mg/l	Total P mg/l	Amm. mg/l
890112	2	28210	21259	1, 9	4, 2	6, 8	, 5	, 3
890127	-1	26219	19011	2, 3	4, 3	6, 3	, 5	, 1
890211	2	21926	17204	, 5	2	5, 1	, 4	, 6
890225	8	39671	28195	39	29	13	1, 5	1
890313	5	45779	31732		2, 6	5, 5	, 4	, 3
890329	-1	29998	22180	, 4	2, 5	7	, 3	, 3
890412	3	32725	24171	, 8	3, 1	6, 8	, 3	, 1
890427	-1	26743	20801	2, 2	7, 2	5, 3	, 4	, 2
890512	4	30477	23100	6, 2	13	4, 6	, 5	, 2
890527	-1	20916	16062	4, 4	3, 8	2, 3	, 5	, 1
890611	-1	18772	14668	1, 9	2, 5	5	, 3	, 1
890621	-1	24154	17755	3, 6	5, 5	7, 5	, 4	1, 3
890626	-1	22144	17135		3, 6	9	, 3	, 2
890711	-1	24226	19467	1, 2	2, 5	6	, 3	, 1
890726	1	18492	15290	, 5	1, 8	5, 3	, 3	, 1
890810	-1	21462	18225	2, 8	4	4, 6	, 2	, 5
890825	-1	19324	16928	2, 6	3, 8	5, 3	, 3	, 1
890909	4	20377	17015		3, 3	7, 1	, 3	, 1
890924	-1	17596	13979	3, 1	3, 4	6, 1	, 4	, 1
891010	6	29103	22923	7, 3	5, 8	7, 4	, 12	, 6
891012	6	32456	25009	, 9	2, 8	7, 8	, 13	, 5
891024	1	26775	21567	4, 3	3, 5	4, 8	, 2	, 3
891108	3	24787	19624	2, 7	3, 6	6, 8	, 18	, 3
891123	-1	21731	17094	2, 2	4, 5	7, 3	, 26	1, 2
891208	3	31188	21389	1, 7	3, 3	7, 3	, 36	1, 5
891222	1	30107	22913	28	7, 6	14	1, 3	1, 3

Tabel B1.5: Analyser fra udløbet på SR, station S4 - traditionelle variable.

Date	Flow	Nedbør	COD	BOD	Total N	Total P	SS	Salmonella	Campylobacter	Campylobacter	E.coli	Listeria
	m3/d	mm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	stk/100ml	stk/100ml	stk/100ml	stk/100ml	stk/100ml	stk/100ml
890829	547	-	830	240	59	20, 6	340	1, 8	200	2000	13000000	
890926	846	-	790	350	80, 3	19, 2	700	4800	-	-	7000000	
891024	1340	6	-	-	-	-	-	1, 8	200	2000	2700000	
891121	672	0	-	-	-	-	-	-	200	2000	1400000	5420
891205	996	0	620	210	57, 5	16, 9	350	-	200	200	79000000	490
891219	1853	15	490	160	33, 6	10, 5	320	-	-	-	-	
900109	822	2	700	230	50, 5	16, 2	510	, 8	-	-	26000000	
900116	838	2	1600	750	67, 3	25, 6	3e3	1, 4	20	200	22000000	
900123	935	3	500	210	44, 7	12	270	, 8	2000	-	17000000	
900130	1455	0	390	190	30, 2	11, 7	170	, 8	2	20	4900000	

Tabel B1.6:
Analyser fra indløbet på BR, Station B1. Campylobacter-fund omfatter alene de patogene arter Camp. jejuni og Camp. coli.

Dato	Flow	Nedbør	SS	Salmonella	Campylobacter	Campylobacter	E. coli	Listeria
	m3/d	mm	mg/l	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml
890829	547	-	1570	4	-	-	240000	
890926	846	-	4500	-	-	-	790000	
891024	1340	6	3600	-	-	-	490000	
891121	672	0	4400	-	100	1000	790000	790
891205	996	0	4000	-	100	1000	1700000	170
891219	1853	15	2300	-	-	-	-	
900109	822	2	4600	-	100	1000	1700000	
900116	838	2	4000	4	1000	10000	3300000	
900123	935	3	4400	-	100	1000	790000	
900130	1455	0	3600	-	100	1000	3300000	

Tabel B1.7:

Analyser fra biotanken på BR, Station B2. Campylobacter-fund omfatter alene de patogene arter Camp. jejuni og Camp. coli.

Dato	Flow	Nedbør	COD	BOD	Total N	Total P	SS	Salmonella	Campylobacter	Campylobacter	E. coli	Listeria
	m3/d	mm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml
890829	547	-	27	6	12,1	1,7	10	,77	33	330	13000	
890926	846	-	18	13	17,9	,91	1	,3	-	-	49000	
891024	1340	6	14	6	3,2	,69	5	-	,33	3,3	7900	
891121	672	0	17	7	5,3	,25	1	,1	,33	3,3	49000	2
891205	996	0	25	7	5	,33	9	-	33	330	240000	3
891219	1853	15	27	11	6,7	2,8	17	-	-	-	-	
900109	822	2	28	5	5,1	,23	5	-	3,3	33	170000	
900116	838	2	23	4	6,4	,18	5	-	3,3	33	170000	
900123	935	3	23	4	5,1	,23	8	,3	3,3	33	70000	
900130	1455	0	20	5	11	,17	7	-	33	330	240000	

Tabel B1.8:

Analyser fra indløbet til filter på BR, Station B3. Campylobacter-fund omfatter alene de patogene arter Camp. jejuni og Camp. coli.

Dato	Flow m ³ /d	Nedbør mm	COD	BOD	Total N	Total P	SS	Salmonella	Campylobacter	Campylobacter	E.coli	Listeria
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml	stk/100 ml
890829	547	-	18	2	11,6	1,7	2	-	3,3	33	11000	
890926	846	-	19	5	16,8	,87	2	,23	-	-	4900	
891024	1340	6	13	2	3,2	,65	1	-	,33	3,3	1700	
891121	672	0	16	2	4,7	,21	1	-	-	-	33000	4
891205	996	0	24	2	5,1	,23	4	-	33	330	240000	2
891219	1853	15	22	3	6,8	2,8	3	-	-	-	79000	
900109	822	2	19	2	4,9	,11	2	-	-	-	7900	
900116	838	2	20	2	5,5	,08	1	-	3,3	33	7900	
900123	935	3	18	2	5,3	,16	1	-	3,3	33	13000	
900130	1455	0	15	2	10,4	,09	1	-	-	-	3300	

Tabel B1.9:

Analyser fra udløbet på BR, Station B4. Campylobacter-fund omfatter alene de patogene arter Camp. jejuni og Camp. coli.

Salmonella serotype	Antal fund af på-gældende serotype Beder renseanlæg	Antal fund af på-gældende serotype Søholt renseanlæg
Salm. berta	9 (4)	9 (7)
Salm. typhi murium	5 (1)	11 (5)
Salm. uramenberg	1 (1)	6 (3)
Salm. bredenby	1 (1)	3 (1)
Salm. infantis	0	3 (2)
Salm. blockley	0	3 (1)
Salm. derby	0	3 (2)
Salm. newport	0	3 (2)
Salm. javiana	1 (1)	1 (1)
Salm. indiana	0	2 (1)
Salm. krefeld	0	2 (2)
Salm. enteritidis	1 (1)	1 (1)
Salm. anatum	0	1 (1)
Salm. agona	1 (1)	0
Salm. tennessee	0	1 (1)

Tabel B1.10:

Fund af Salmonellaserotyper i Beder og Søholt renseanlæg. Tal i parentes angiver antal prøvedage, på hvilke pågældende serotype er påvist. Alle pariske serotyper påregnes patogene.

Listeria monocytogenes
 Listeria ivanovii
 Listeria seehgeri
 Listeria innocua
 Listeria murayi
 Listeria grayi
 Listeria welshimeri

Tabel B1.11:

Fund af Listeriaarter i Beder og Søholt renseanlæg. Den patogene Listeria monocytogenes udgør ca. 90% af de ovenfor anførte Listeria-fund. Også de fundne arter Listeria ivanovii og Listeria seehgeri påregnes at være patogene. Resterende fundne Listeriaarter påregnes ikke at være patogene.

BILAG 2 OVERLEVELSESEVNÉ AF BAKTERIER OG VIRUS

Som et supplement til tabel 3.1 er nedenfor redegjort for en række specifikke bakteriers og viras overlevelsesevne i forskellige miljøer.

Aquatisk recipient	Virus	Temp. °C	Tid i dage for elimination			
			T90 %	T99 %	T99.9 %	T100 %
Flod	ECHO 7	4-6				90
Flod	Polio 2	16-20				29-35
Søvand	Polio 1	19-25	>21			
Havvand	Polio 1	24			5-6	
Havvand	Polio 1	2-23				>60
Havvand	Adenovirus	2-23				>50
Havvand	Polio 1	4	24			
Brøndvand	Polio 1	20				ca. 33
Overfladevand	Reovirus	9-15				> 200
Flod	Coxsackie A-4	4-8				> 150

Tabel B2.1:

Overlevelsesevne af virus i forskellige miljøer. T₉₀ er krævet tid for 90% elimination, /65/.

Bakterie	Temp. °C	Aquatisk recipient	Overlevelsestid	Reduktion %
Salmonella				
typhi murium	-	Brøndvand	16 timer	50
typhi	-	Havvand	6 dage	
typhi	20	Flodvand	12 dage	
typhi	1	Flodvand	18 dage	
Shigella				
flexneri	-	Brøndvand	27 timer	50
sonnei	21	Humusholdigt vand	160 dage	
dysenteriae	-	Brøndvand	22 timer	50
Vibrio comma	-	Brøndvand	7 timer	50
Mycobact. tuber- culosis	-	vand	30-90 dage	
Leptospirer	-	Flodvand	30 dage	
Yersinia enteocolit.	6	Havvand	36 dage	
Campylobacter	4	Flodvand	15 dage	
Campylobacter	20	Flodvand	2 dage	
Campylobacter	4	Drikkevand	15 dage	
Campylobacter	20	Drikkevand	2 dage	
Fæcale coli	4	Havvand 5 o/oo	på 5 dage	99
Fæcale coli	4	Havvand 35 o/oo	på 5 dage	99
Fæcale coli	25	Havvand 5 o/oo	på 4 dage	99
Fæcale coli	25	Havvand 35 o/oo	på 3 dage	99
Mycobact. tuber- culosis	4	Havvand 5 o/oo	på 7 dage	99
Mycobact. tuber- culosis	4	Havvand 35 o/oo	på 6 dage	99
Mycobact. tuber- culosis	25	Havvand 5 o/oo	på 6 dage	99
Mycobact. tuber- culosis	25	Havvand 35 o/oo	på 6 dage	99
Leptospirer	4	Havvand 5 o/oo	på 1 dag	99
Leptospirer	4	Havvand 35 o/oo	på 1 dag	99
Leptospirer	25	Havvand 5 o/oo	på 1 dag	99
Leptospirer	25	Havvand 35 o/oo	på 1 dag	99
Salmonella typhi	4	Havvand 5 o/oo	på 6 dage	99
Salmonella typhi	4	Havvand 35 o/oo	på 6 dage	99
Salmonella typhi	25	Havvand 5 o/oo	på 5 dage	99
Salmonella typhi	25	Havvand 35 o/oo	på 5 dage	99
Shigella dysenteriae	4	Havvand 5 o/oo	på 5 dage	99
Shigella dysenteriae	4	Havvand 35 o/oo	på 1 dag	99
Shigella dysenteriae	25	Havvand 5 o/oo	på 1 dag	99
Shigella dysenteriae	25	Havvand 35 o/oo	på 1 dag	99
Vibrio cholerae	4	Havvand 5 o/oo	på 1 dag	99
Vibrio cholerae	4	Havvand 35 o/oo	på 1 dag	99
Vibrio cholerae	25	Havvand 5 o/oo	på 1 dag	99
Vibrio cholerae	25	Havvand 35 o/oo	på 1 dag	99

Tabel B2.2:
Oversigt over overlevelsestid og reduktion af bakterier i
aquatiske recipenter, jf. /70/, /71/, /72/, /73/.

Aquatisk recipient	Overlevelsesstid dage
Havvand	2 - 130
Flodvand	2 - > 188
Drikkevand (tapvand)	5 - 68
Jord	25 - 175
Østers	6 - 90
Marine sedimentter	8 - > 20

Tabel B2.3:
Overlevelsesstid for ikke specificeret virus i forskellige miljøer, /49/.

BILAG 3 FOREKOMST AF VIRUS OG BAKTERIER I MARINE OG FERSKE RECIPIENTER

Tabel B3.1 og B3.2 viser resultater af kvalitative undersøgelser af forekomst af virus og bakterier i ferske og marine recipenter.

Land	Recipient type	Undersøgelsesperiode	Positive prøver %	Bemærkninger
USA	fersk	ca. 1 år	44	8 km fra kontaminationskilde er der fundet positive prøver
Israel	fersk	ca. 1 år	3	
Canada	fersk	ca. 1 år	47	Badeområde. Indtagelse af vand til drikkevand
Rumænien	fersk	9 år	15	Flod. Prøve udtaget minimum 300 m fra spildevandsudløb
Tjekkoslovakiet	fersk	Marts - oktober	50	Flod. Prøvestørrelse 10 l
USA	fersk	sommer	50	Flod
USA	fersk	ca. 1 år	20	Sø
USA	fersk	April-August	90	Vandløb 10 km fra forureningskilde
Israel	marin	sommer	13	15 km fra forureningskilde
USA	marin	ca. 1 år	67	Forurennet bugt
USA	marin	ca. 1 år	16	Bugt, prøvestørrelse 100-125 gallon
Italien	marin	?	100	3-70 m fra spildevandsudløb
Østersøen	marin	?	36	500 m fra forureningskilde. Prøvestørrelse 80-120 l
Rumænien	marin	juni - dec.	22	-
USA	marin	ca. 1 år	100	-
USA	marin	ca. 1 år	65	Prøvestørrelse = 400 l

Tabel B3.1:
Virusfund i ferske og marine områder, /49/.

For så vidt angår resultaterne i tabel B3.1 skal det bemærkes, at forskellige analysemетодer og forskellige

størrelser af undersøgte vandmængder gør det vanskeligt direkte at sammenligne de enkelte landes undersøgelsesresultater.

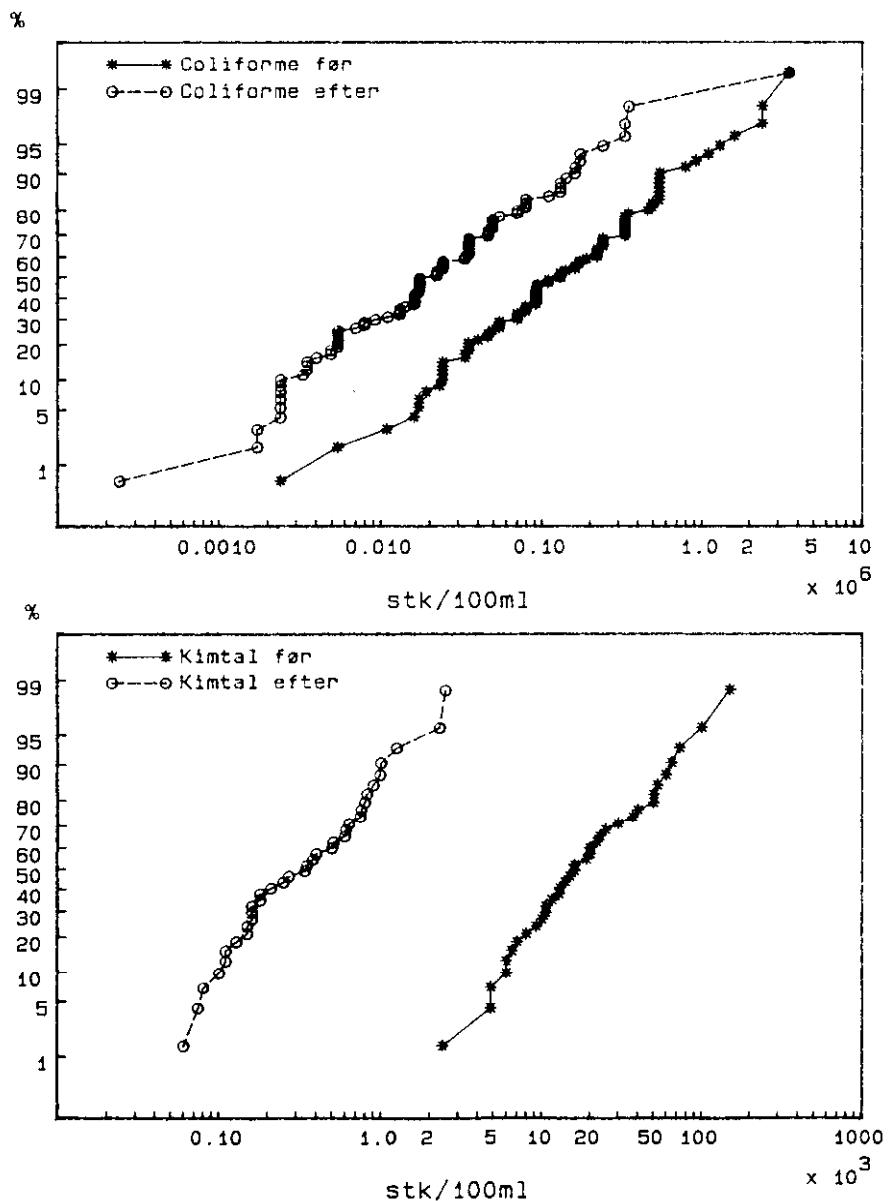
Der foreligger særdeles få kvantitative virusundersøgelser over indhold af virus i recipenter. En engelsk undersøgelse over virusindhold i forskellige floder, hvor prøver blev udtaget forskellige steder i floden, repræsenterer en af de meget få større kvantitative undersøgelser. I alt blev der undersøgt 299 prøver. I 148 af disse prøver, (49%), var virusindholdet < 1/l, og kun 8 af 299 prøver, (3%), indeholdt mere end 10 vira/l. Maximale fund var 574 vira/l. /50/.

Bakterieart	Land	Art af recipient	Antal pr. 100 ml.	Referencer
Salmonella	England	flod	1, 8 - 9	/11/
Salmonella	Danmark	marin	0. 004 - 3. 2	/6/
Salmonella	Holland	flod(Rihinen)	0. 2-24	/56/
Campylobacter	Finland	søer	0. 02 - 16	/57/
Campylobacter	England	flod	< / - 230	/54/
Aeromonas	USA	marine badestrand	3 - 30	/53/
Aeromonas	Danmark	brakvand	<1-10000	/13/
Pseud. aerug.	USA	ferskvand	<1-170	/53/
Pseud. aerug.	Israel	marin badevand	<1-45	/55/
Listeria	England	flod	0. 3->18	/11/
Staph. aureus	Danmark	marin badevand	<1 - >10<100	/35/
Staph. aureus.	USA	marin badevand	<1 - 520	/53/
Staph. aureus.	USA	fersk vand	2 - 3100	/53/
V. parahæmolyt.	Danmark	marin	</->1000	/51/, /52/
V. parahæmolyt	USA	marin	</-> 100	/58/
V. alginolyticus	Danmark	marin	</->1000	/51/

Tabel B3.2:
Kvantitativ forekomst af bakterielle smitstoffer i aquatiske recipenter.

BILAG 4 MÅLINGER PÅ SØHOLT RENSEANLÆG 1979 - 89

Som et supplement til fraktildiagrammet for E.coli reduktionen over filtret på Søholt renseanlæg i afsnit 6.1 er på figur B4.1 vist den tilsvarende reduktion af Coliforme bakterier og Kimtal ved 37 °C.

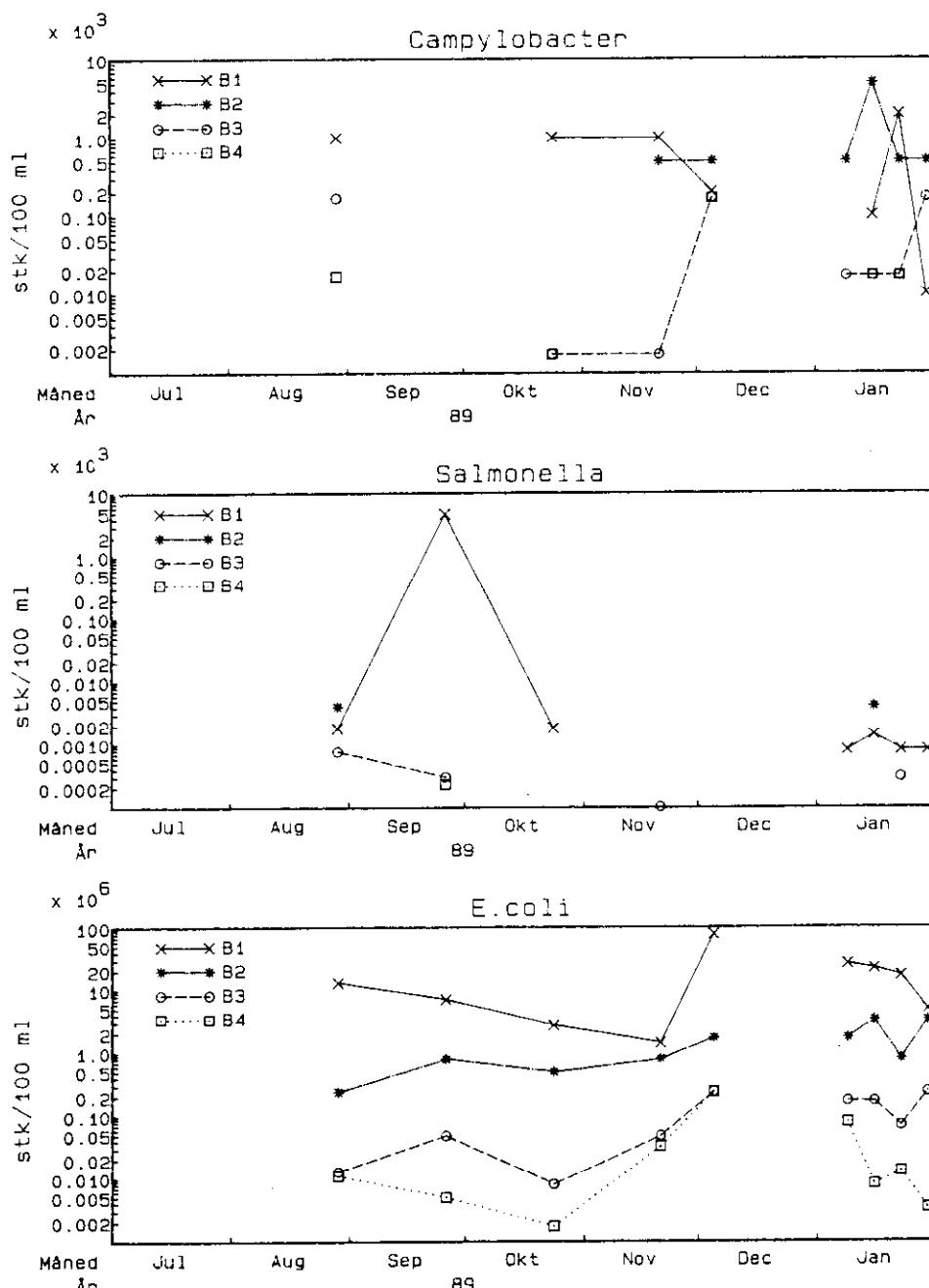


Figur B4.1:

Fraktildiagram for Coliforme bakterier og Kimtal v. 37 °C i indløbet og udløbet fra filtret på Søholt renseanlæg for perioden 1979 - 1989.

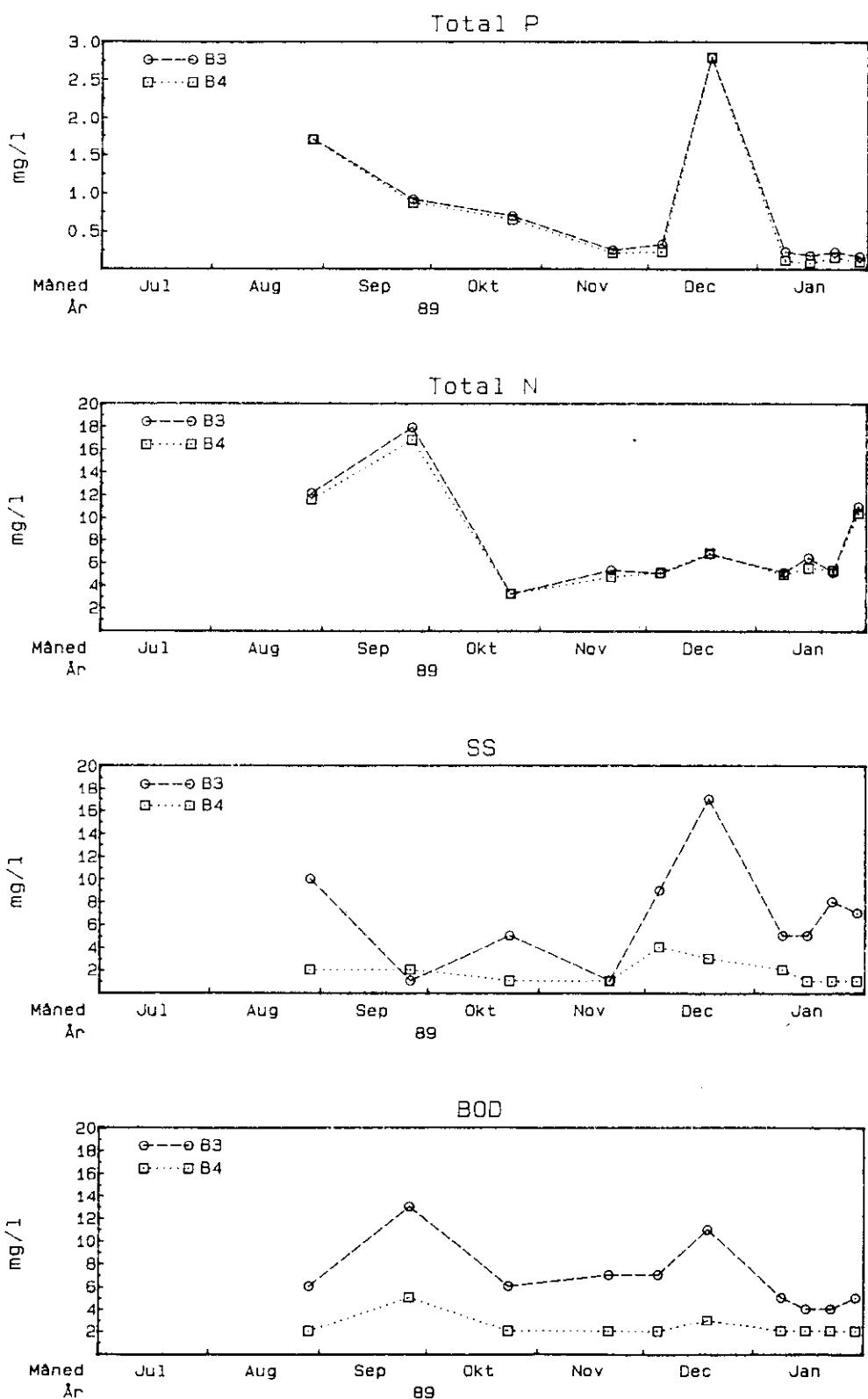
BILAG 5 TIDSSERIER AF ANALYSEDATA FRA BEDER RENSEANLÆG

I bilag 1 er vist analyseresultaterne af de gennemførte undersøgelser på renseanlæggene. På figurerne B5.1 og B5.2 er vist tidsserier af resultaterne for Beder renseanlæg. Figur B5.3 viser en oversigt over renseeffekten (i %) for den mikrobielle forurening.



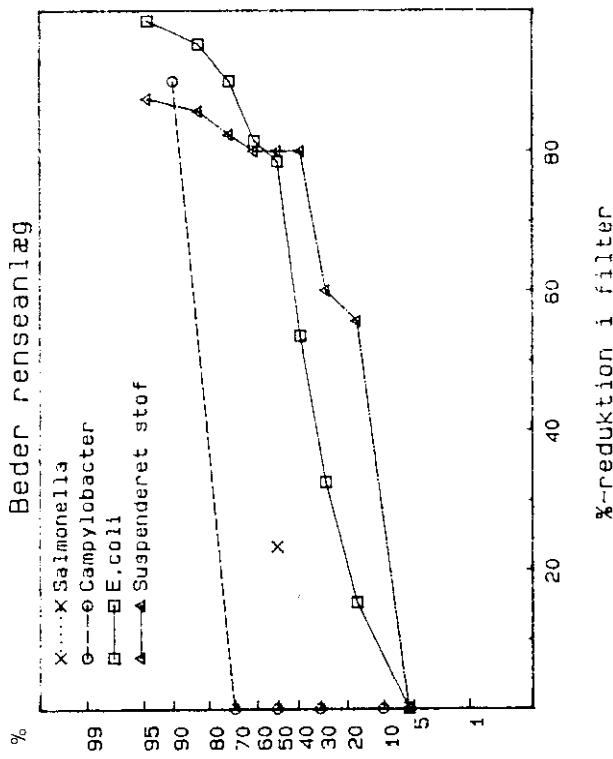
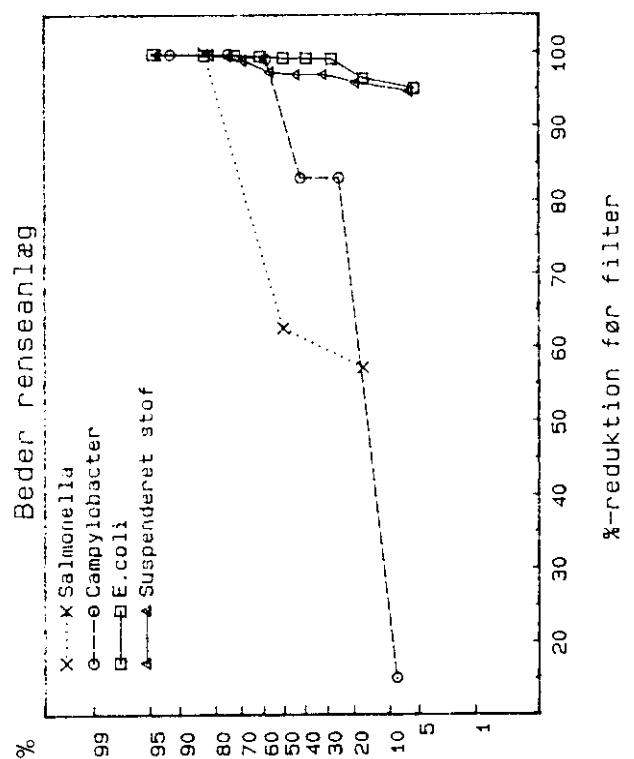
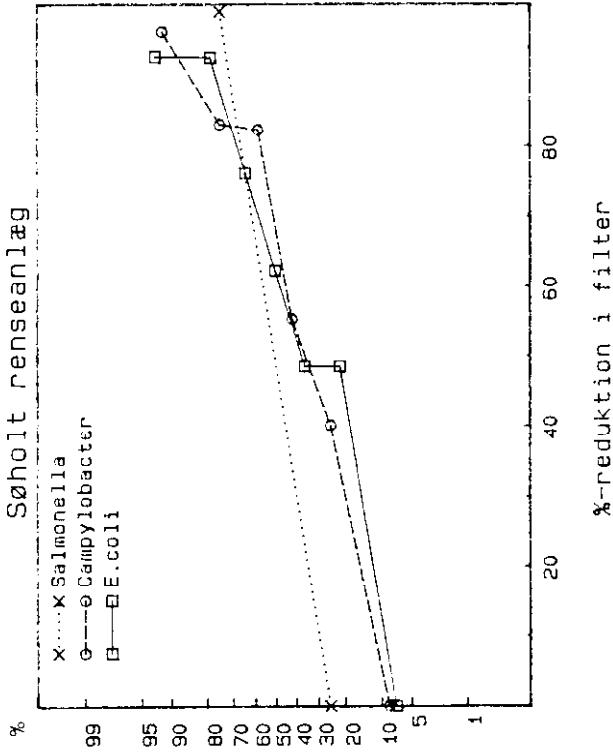
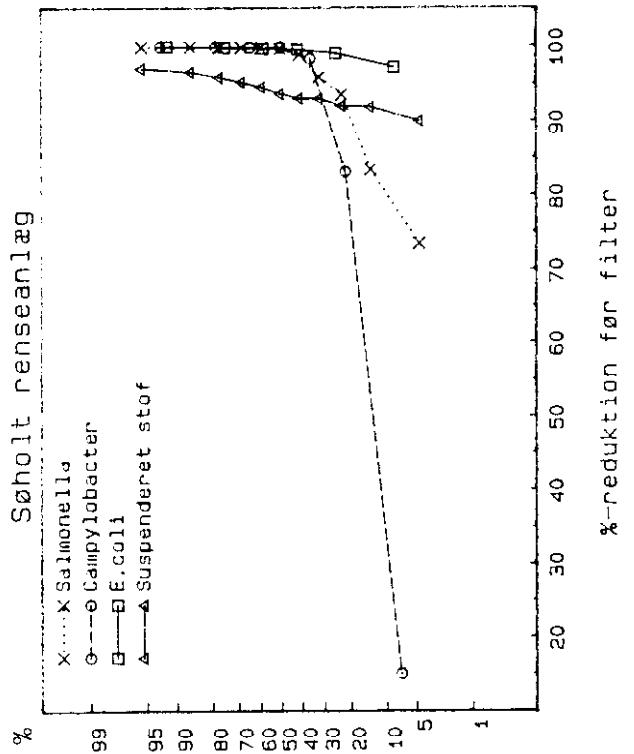
Figur B5.1:

Beder renseanlæg. Tidsserie af Campylobacter, Salmonella og E.coli målinger fra indløb (B1), biotanken (B2), før filter (B3) og i udløb (B4). Bemærk aksetyper. Den tilsvarende for Søholt renseanlæg fremgår af figur 5.3.



Figur B5.2:

Beder renseanlæg. Tidsserie af Total P, Total N, SS og BOD målinger fra før filter (B3) og i udløb (B4). Bemærk aksetyper. Den tilsvarende for Søholt renseanlæg fremgår af figur 5.4.



Figur B5.3:

Beder og Søholt renseanlæg. Fraktildiagram af Campylobacter, Salmonella, E.coli og SS rensegrader (%) før filter (B3) og i udløb (B4). Bemærk aksetyper. Den tilsvarende for Søholt renseanlæg fremgår af figur 5.3.

REGISTRERINGSBLAD

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, 21

Udgivelsesår: 1991

Titel:

Hygiejnisk kvalitet af spildevand fra renseanlæg

Undertitel:

Forfatter(e):

Nickelsen, Claus; Kristensen, Kaj Krønegaard

Udførende institution(er):

Vandrensningssrådet (spons); Vandkvalitetsinstituttet;
Fælleskommunal Levnedsmiddelkontrol Københavns Amt Vest

Resumé:

Renseanlæg kan opfattes som særligt forurenende virksomheder, da mange smitstoffer, ukendte i 70'erne og 80'erne i dag optræder som sygdomsårsag. Vandmiljøplanen vil forbedre den hygiejniske kvalitet af afløb fra kommunale renseanlæg - nøjagtig forbedring har dog ikke kunnet opgøres. Fjernelse af *E. coli* (indikatorbakterie) gennem renseanlæggene er meget stabil. Det rensede spildevands indhold af *Salmonella* er normalt meget lavt, hvorimod indholdet af *Campylobacter* kan udgøre en sundhedsrisiko.

Emneord:

renseanlæg; spildevand; rensning; mikroorganismer; slam; filtrering; desinfektion; driftsforhold; sundhedsskadelige virkninger

ISBN: 87-503-9242-5

ISSN:

Pris (inkl. moms): 80 kr.

Format: A4

Sideantal: 80

Md./år for redaktionens afslutning: august 1990

Oplag: 300

Andre oplysninger:

Tryk: Scantryk, København

Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen

- Nr. 1: Proces- og funktionsgarantier samt rådgiveransvar
- Nr. 2: Fagligt indhold af renseanlæggets driftsdatabase
- Nr. 3: Datagrundlag for dimensionering af renseanlæg
- Nr. 4: Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb
- Nr. 5: Lavteknologisk spildevandsrensning i danske landsbyer
- Nr. 6: Kvalitetsstyring af afløbsprojekter
- Nr. 7: Rodzoneforsøgsanlæg
- Nr. 8: Spildevandsrensning i rodzoneanlæg
- Nr. 9: Kompostering af spildevandsslam med andet organisk affald
- Nr. 10: Fjernelse af tungmetaller fra spildevandsslam
- Nr. 11: Udledning af industrispildevand til renseanlæg
- Nr. 12: Effektivisering af olieudskillere
- Nr. 13: Udarbejdelse af fornyelsesplaner for afløbssystemer
- Nr. 14: Energi til renseanlæg
- Nr. 15: Økonomi ved rensning af industrispildevand i renseanlæg
- Nr. 16: Septiktanke
- Nr. 17: Fjernelse af kvælstof fra rejektvand
- Nr. 18: Integreret styring af afløbssystem og renseanlæg i Tårnby
- Nr. 19: Optimering af slamafvanding på kommunale renseanlæg
- Nr. 20: Spildevandskontrol i Europa
- Nr. 21: Hygiejnisk kvalitet af spildevand fra renseanlæg

Hygiejnisk kvalitet af spildevand fra renseanlæg

Renseanlæg kan opfattes som særligt forurenende virksomheder, da mange smitstoffer, ukendte i 70'erne og 80'erne i dag optræder som sygdomsårsag. Vandmiljøplanen vil forbedre den hygiejniske kvalitet af afløb fra kommunale renseanlæg – nøjagtig forbedring har dog ikke kunnet opgøres. Fjernelse af E. coli (indikatorbakterie) gennem renseanlæggene er meget stabil. Det rensede spildevands indhold af Salmonella er normalt meget lavt, hvorimod indholdet af Campylobacter kan udgøre en sundhedsrisiko.



Pris kr. 80,- inkl. 22% moms

ISBN nr. 87-503-9242-5

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf. 31 57 83 10