



Miljøministeriet
Naturstyrelsen

Hospitalsspildevand BAT og udvikling af renseteknologier

Juni 2011

Colofon

Titel:

Hospitalsspildevand – BAT og udvikling af
renseteknologier

Emneord:

Hospitaler, renseteknologi, lægemidler,
risikovurdering, resistente bakterier,
urinseparation, AOP, ozon,
membranfiltrering

Udgiver:

Naturstyrelsen

Ansvarlig institution:

Naturstyrelsen

Copyright:

Må citeres med kildeangivelse.
Naturstyrelsen, Miljøministeriet

Forfatter:

Ulf Nielsen, Morten Møller Klausen, Bodil
Mose Pedersen og Jette Wille Lentz, DHI
Jes la Cour Jansen, Lunds Universitet

Sprog:

Dansk

År:

2011

URL:

www.nst.dk

ISBN nr. elektronisk version:

978-87-7279-192-0

Udgiverkategori:

Statslig

Resume:

Teknologier til rensning af
hospitalsspildevand er undersøgt og
testet. DHI og Grundfos har på pilotanlæg
og i laboratoriet testet teknologierne på
spildevand fra Rigshospitalet. De testede
teknologier kan fjerne lægemiddelstoffer
og bakterier omkostningseffektivt.

Forbehold:

Naturstyrelsen vil, når lejligheden
gives, offentliggøre rapporter og
indlæg vedrørende forsknings- og
udviklingsprojekter inden for
miljøsektoren, finansieret af Natur. Det
skal bemærkes, at en sådan
offentliggørelse ikke nødvendigvis
betyder, at det pågældende indlæg
giver udtryk for Naturstyrelsens
synspunkter. Offentliggørelsen betyder
imidlertid, at Naturstyrelsen finder, at
indholdet udgør et væsentligt indlæg i
debatten omkring den danske
miljøpolitik

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	FORORD	4
2	SAMMENFATNING.....	5
3	SUMMARY	11
4	INDLEDNING OG FORMÅL.....	17
4.1	Formål og projektstruktur	18
5	BEDSTE TILGÆNGELIGE TEKNIK TIL BEGRÆNSING AF LÆGEMIDDELSTOFFER I HOSPITALSSPILDEVAND.....	19
5.1	Teknologi til separation af urin.....	19
5.1.1	Praktisk anvendelse og holdninger.....	21
5.1.2	Tekniske aspekter omkring urinseparationsteknologi	25
5.1.3	Undersøgelse af muligheder for at indføre urinseparationsteknologi på Hvidovre Hospital – herunder økonomisk overslag.....	26
5.1.4	Omkostninger ved etablering af urinseparationstoiletter og separation af toiletvand....	29
5.2	Planlægning og økonomi ved etablering af renseteknologi på Hvidovre Hospital	31
5.2.1	Spildevandsafledning på Hvidovre Hospital.....	31
5.2.2	Økonomi på etablering af MBR-forrensning på Hvidovre Hospital	33
5.3	Identifikation af kritiske afdelinger	35
5.4	Procedureforslag til ændring af håndtering og bortskaffelse af flydende patientaffald med indhold af lægemiddelstoffer	39
6	INTRODUKTION TIL FORRENSNING AF SAMLET SPILDEVANDSSTRØM.....	43
6.1	Testforløb.....	43
6.1.1	Opsamling af hospitalsspildevand	44
6.2	MBR-teknologi	44
6.3	Testprocedure for MBR-pilotforsøg på samlet spildevand	46
6.3.1	Prøvetagningsprogram.....	47
7	INTRODUKTION TIL POLERINGSTEKNOLOGIER TIL MBR-FORBEHANDLET HOSPITALSSPILDEVAND OG URIN	49
7.1	Valg af teknologi.....	49
7.1.1	Ozonering	49
7.1.2	Avancerede Oxidations Processer	50
7.1.3	Aktiv kul	52
7.2	Procedure for laboratorietest af ozon og ozon-brintperoxid	52
7.2.1	Grundlæggende ozonkemi i vandig opløsning og ozon-brintperoxid processen	52
7.2.2	Reaktioner af ozon og hydroxylradikaler med organiske stoffer.....	53
7.2.3	Testopstilling	53
7.2.4	Testprocedure.....	54
7.3	Procedure for oxidation med klordioxid	55
7.3.1	Testopstilling og procedure	56
7.4	Procedure for laboratorietest af aktiv kul	57
8	RESULTATER FRA TEST AF MBR-FORRENSNING AF SAMLET SPILDEVAND.....	59

8.1	Drift af MBR-anlæg, driftskontrol og online-målinger	59
8.1.1	1. driftsperiode	61
8.1.2	2. driftsperiode	63
8.1.3	3. driftsperiode	63
8.2	Mikrobiologiske parametre	65
8.3	Resistente bakterier og antibiotisk effekt	65
8.3.1	Antibiotisk effekt	70
8.4	Resultater af screening for lægemiddelstoffer	72
8.4.1	Lægemiddelstoffer i det ubehandlede hospitalsspildevand	72
8.4.2	Reduktion af lægemiddelstoffer i MBR-anlæg	74
8.4.3	Forskelle i karakterisering af prøve af MBR-renset vand	80
9	RESULTATER FRA TEST AF POLERINGSTEKNOLOGI PÅ MBR-BEHANDLET VAND	81
9.1	Ozon, ozon-brintperoxid og aktiv kul forsøg	81
9.1.1	Proces- og nedbrydningsforløb samt overslagsøkonomi for ozonteknologi	81
9.1.2	Proces- og nedbrydningsforløb samt overslagsøkonomi for O ₃ /H ₂ O ₂ -teknologi	83
9.1.3	Proces og nedbrydningsforløb samt overslagsøkonomi for klordioxid	85
9.1.4	Overslagsøkonomi for aktiv kul	87
9.2	Nedbrydning/fjernelse af lægemidler med ozon, ozon-brintperoxid og aktiv kul	88
9.2.1	Gruppering og analyse af lægemiddelstoffer	88
9.2.2	Nedbrydningsforløb af lægemidler med ozon og ozon-brintperoxid	89
9.2.3	Vurdering af den samlede fjernelse af lægemiddelstoffer med ozon og ozon- brintperoxid	93
9.2.4	Valg af det økonomisk set mest attraktive nedbrydningsscenarie for ozon i forhold til den samlede lægemiddelnedbrydning	95
9.2.5	Valg af det økonomisk set mest attraktive nedbrydningsscenarie for ozon-brintperoxid i forhold til den samlede lægemiddelnedbrydning	95
9.2.6	Nedbrydning af lægemidler med klordioxid	96
9.2.7	Valg af det økonomisk set mest attraktive nedbrydningsscenarie for klordioxid	98
9.2.8	Fjernelse af lægemidler med aktiv kul	99
9.3	Klordioxid	102
9.4	Samlet antibiotisk effekt	104
9.5	Reduktion af lægemiddelstoffer set i forhold til vandmiljø	105
10	RESULTATER FRA TEST AF POLERINGSTEKNOLOGI PÅ URIN	113
10.1	Indsamling og analyse af patienturin fra udvalgt afdeling	113
10.1.1	Karakterisering af indsamlet urin fra udvalgt afdeling	114
10.2	Resultater af screening for lægemiddelstoffer i patienturin	115
10.3	Resultater af afprøvning af poleringsteknologier på indsamlet urin	117
10.3.1	Proces- og nedbrydningsforløb for ozon, ozon-brintperoxid og aktiv kul teknologi	117
10.3.2	Nedbrydningsforløb af lægemiddelstoffer med ozon i indsamlet urin	119
10.3.3	Nedbrydningsforløb af lægemiddelstoffer med ozon-brintperoxid processen i indsamlet urin	120
10.3.4	Fjernelsesforløb for lægemiddelstoffer med aktiv kul i indsamlet urin	121
10.4	Klordioxid	122
10.3.1	Overslagsøkonomi for klordioxid	125
10.5	Samlet antibiotisk effekt	126
10.6	Resultater for lægemiddelstoffer samlet set	126
11	REFERENCER	128

BILAG (VEDLAGT I SEPARAT RAPPORT)

A	<i>Prisoverslag på etablering af urinseparationsteknologi</i>
B	<i>Liste over lægemidler anvendt til patienter på Rigshospitalet</i>
C	<i>IUTA og UMEÅ - Resultater for lægemiddelstoffer i urinblandprøve</i>
D	<i>Analyseresultater for almindelige spildevandsparametre og mikrobiologiske parametre</i>
E	<i>Strukturformler for lægemiddelstoffer</i>
F	<i>IUTA - Resultater fra test med skumdæmper på urin</i>
G	<i>IUTA - Analyseresultater for renseteknologier anvendt på urin</i>
H	<i>UMEÅ - Analyseresultater for renseteknologier anvendt på urin</i>
I	<i>UMEÅ - Analyseresultater på urin med klordioxid som efterpoleringsteknologi</i>
J	<i>IUTA - Analyseresultater for lægemiddelstoffer i ind- og udløb fra MBR-anlæg</i>
K	<i>IUTA - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med ozon, ozon og brintperoxid samt aktiv kul efterpoleringsteknologier</i>
L	<i>UMEÅ - Analyseresultater for lægemiddelstoffer i ind- og udløb fra MBR-anlæg</i>
M	<i>UMEÅ - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med ozon, ozon og brintperoxid samt aktiv kul efterpoleringsteknologier</i>
N	<i>Driftsanalyser udført af Grundfos BioBooster A/S</i>
O	<i>Protokol for bestemmelse af resistens mod sulfamethoxazol, ciprofloxacin, gentamicin og cefuroxime hos suspekte Escherichia coli og coliforme</i>
P	<i>Resultater fra mikrobiologiske analyser udført på DHI</i>
Q	<i>IUTA - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS</i>
R	<i>UMEÅ - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS</i>
S	<i>Figurer med nedbrydning/fjernelsesforløb for lægemiddelstoffer ved brug af polerings-teknologier</i>

1 FORORD

Dette projekt er finansieret af: Miljøstyrelsen (Miljøeffektiv Teknologi 2009), Lynettefællesskabet I/S, Hvidovre Kommune, Københavns Kommune, Herlev Kommune, Lunds universitet, Grundfos BioBooster A/S, Rigshospitalet og Hvidovre Hospital

Til projektet, der blev igangsat i januar 2010 og afsluttet i december 2010, har der været tilknyttet en følgegruppe bestående af:

Karin Dahlgren (formand)	Naturstyrelsen
Kim Rindel	Lynettefællesskabet I/S
Morten Beha Pedersen	Hvidovre Kommune
Rikke Joo Vienberg	CMI, Københavns Kommune
André Koefoed	CMI, Københavns Kommune
Karen Damsgaard	Herlev Kommune
Jes la Cour Jansen	Lunds universitet
Juddi Stecker Madsen	Grundfos BioBooster A/S
Søren Nøhr Bach	Grundfos BioBooster A/S
Leif P. Andersen	Rigshospitalet
Niels Høiby	Rigshospitalet
Anders Keller	Hvidovre Hospital
Søren Fritzel	Hvidovre Hospital
Erik Bundgaard	Krüger A/S
Anne Marie Jakobsen	Region Hovedstaden
Morten Møller Klausen	DHI
Jette Wille Lentz	DHI
Bodil Mose Pedersen	DHI
Ulf Nielsen (projektleder)	DHI

Projektet er gennemført med DHI som projektleder i samarbejde med projektets deltagere. Projektets deltagere har indgået i projektets arbejdsgrupper og har omfattet repræsentanter for Lynettefællesskabet I/S, Hvidovre Kommune, Københavns Kommune, Herlev Kommune, Lunds universitet, Grundfos BioBooster A/S, Rigshospitalet, Hvidovre Hospital og DHI.

2 SAMMENFATNING

Hospitalsspildevand indeholder en kompleks blanding af lægemiddelstoffer og mikroorganismer. Spildevandet fra danske hospitaler ledes sammen med husspildevandet til de kommunale renseanlæg, og selvom renseanlæggene fjerner en stor del af stoffer/mikroorganismer vil en del ende i vandmiljøet. I vandmiljøet kan disse stoffer og mikroorganismer indebære en miljø- og sundhedsrisiko. Der er også en potentiel risiko i kloaksystemet på vej til renseanlæggene. Dette gælder kloakarbejdere, som kommer i kontakt med spildevandet og for vandmiljøet i forbindelse med overløb ved kraftig nedbør.

Der er flere typer af renseteknologier, som kan være effektive til fjernelse af de kritiske lægemiddelstoffer og mikroorganismer. Men teknologierne mangler at blive testet og udviklet/tilpasset til hospitalsspildevand, så man kan få svar på, hvilke teknologikombinationer der er mest fordelagtige set i forhold til økonomi, energiforbrug og renseeffektivitet.

Projektets formål har været at udvikle og teste teknologier, der kan reducere indholdet af lægemiddelstoffer og mikroorganismer inden afledning til kloak. Projektet er opdelt i to dele. Det drejer sig om undersøgelse og test af mulighederne for at:

- Separere og rense urin og toiletvand
- Rense den samlede spildevandsstrøm

Begge områder er undersøgt med henblik på at bidrage til afklaring af, hvilke løsningsmuligheder der er bedste tilgængelige teknik (Best Available Technique - BAT). BAT betyder, at spildevandsafledningen –både organisk stof, næringsstoffer samt miljø- og sundhedsskadelige komponenter – skal reduceres mest muligt ved kilden (substitution, ændring af arbejdsgange, opsamling) eller fjernes ved forrensning i det omfang, som er den mest optimale løsning med hensyn til effektivitet, økonomi og miljø.

Separation og rensning af urin og toiletvand

Urinseparation er i dette projekt undersøgt som en mulig BAT-teknologi til reduktion af hospitalets afledning af lægemiddelstoffer. Hovedparten af lægemiddelstofferne (typisk 50-90%) udskilles med urinen, og urinstrømmen udgør kun 1-2% af hospitalets samlede spildevandsstrøm. Derfor kan opsamling og rensning af patienturinen potentielt være en omkostningseffektiv fremgangsmåde, hvor en indsats over for en beskeden spildevandsstrøm kan reducere lægemiddelstofbelastningen betragteligt. Toiletvand udgør 15-20% af hospitalets (Hvidovre Hospital) samlede spildevandsstrøm. Toiletvandsseparation med tilknyttet rensning er en anden idé til omkostningseffektiv forbedring af spildevandskvaliteten, der kom frem under projektarbejdet og blev undersøgt i forbindelse med urinseparationsaspekterne.

Følgende områder blev undersøgt:

- Praktisk brug og holdninger til urinseparationstoiletter
- Teknik og økonomi ved drift
- Økonomi ved etablering – herunder også separation af toiletvand

I forhold til praktisk brug og holdninger til urinseparationstoiletter er de private brugere overordnet enige om, at urinseparationsteknologi er en god, ressource- og vandbesparende løsning til private hjem samt i mindre virksomheder. Brugere er dog yderst tvivlende over for indførelse af urinseparation på steder, hvor der er mange bevægelses-hæmmede og syge brugere (f.eks. opkast og diaré). Det samme er Rigshospitalets Infektionshygiejniske Enhed, hvor personalet mener, at indførelse af denne type toiletter kan give hygiejniske problemer på afdelingerne og i forbindelse med daglig rengøring.

Omkring driften er konklusionen, at blokeringer med urinsten og kalk ikke kan undgås, og at dette kræver særlig mekanisk eller kemisk rengøring. Endvidere vil toiletterne kræve ekstra daglig rengøring. Det anslås, at det på Hvidovre Hospital vil koste ca. 2,5 mio. kr. pr. år (ekskl. moms) for ekstra rengøring. Dette er beregnet ud fra, at der på hverdage anvendes fem minutters ekstra rengøring pr. toilet samt 30 minutter pr. kvartal pr. toilet til afkalkning og fjernelse af urinsten i urinafløb.

Hvidovre Hospital blev benyttet som eksempel ved beregning af omkostninger ved etablering af urinseparation. Den samlede mængde urin/skyllevand fra indlagte og ambulante patienter på Hvidovre Hospital blev beregnet til 3,7 m³/d eller 1.355 m³/år.

De estimerede omkostninger viser, at etablering af urinseparation ved renovering (25.850 kr. ekskl. moms pr. toilet) er dyrere end den tilsvarende meromkostning ved nybygning (17.770 kr. pr. toilet). Endvidere viser estimerne, at etablering af separat toiletvandsafledning ved nybygning udgør omkostninger i samme størrelsesorden (18.760 kr. ekskl. moms pr. toilet) som etablering af urinseparationsteknologi. Den relativt høje meromkostning – set i forhold til, at der her anvendes almindelige toiletter – ved separation af toiletvand skyldes, at de ekstra faldstammer i rustfrit stål udgør en betydelig omkostning (1.450 kr. ekskl. moms pr. meter).

Samlet set viser undersøgelserne, at der vil være knyttet betydelige praktiske og tekniske vanskeligheder til brug og drift af urinseparationstoiletter på hospitaler. Samtidig er udgifterne til rengøring/drift og etablering betydelige. På denne baggrund kan urinseparation med tilknyttet rensning ikke anbefales som omkostningseffektiv metode til at reducere afledningen af lægemiddelstoffer fra hospitaler generelt.

Separation af toiletvand kan vurderes ud fra en sammenligning med omkostningerne til etablering af spildevandsrensning på det samlede spildevand. Projektets undersøgelser viser, at de meromkostninger, som er forbundet med etablering af et separat toiletvandsystem (separat faldstamme m.m.), er store set i forhold til den besparelse, der kan hentes ved at rense på en mindre spildevandsstrøm. Meromkostning ved etablering af ekstra faldstammer til separat afledning af toiletvand ved nyopførsel på et hospital svarende til Hvidovre Hospital vil beløbe sig til omkring 9,6 mio. kr. Besparelsen ved at rense på den mindre spildevandsstrøm vil være 3 mio. kr. i etableringsomkostninger og 0,46 mio. kr. pr. år i driftsbesparelse (beregnet ud fra etablering af MBR(Membran BioReaktor)-anlæg med ozon). På den baggrund – og også set i lyset af de fordele, der kan være forbundet med at rense den samlede spildevandsstrøm – kan separation af toiletvand som omkostningseffektiv reduktionsmetode ikke anbefales.

Med henblik på en yderligere afklaring af, hvilke løsninger som kan betragtes som BAT på hospitaler er det i projektet undersøgt, hvilke dele af hospitalet der i særlig grad afleder kritisk spildevand.

Dette skal ses ud fra mulighederne for at reducere afledningen af miljø- og sundhedsskadelige komponenter mest muligt ved kilden (substitution, ændring af arbejdsgange, opsamling). Der er i projektet derfor opstillet en liste over, hvilke afdelinger der er vurderet som de mest kritiske. I forlængelse heraf er der – ligeledes som en del af en BAT-implementering – opstillet forslag til procedurer for håndtering og bortskaffelse af flydende patientaffald, som kan reducere afledningen af lægemiddelstoffer med spildevand.

Sideløbende med test af renseteknologierne på den samlede spildevandsstrøm blev der i projektet udført tilsvarende test af teknologiernes evne til at fjerne lægemiddelstoffer fra opsamlet urin. Undersøgelserne blev udført på patienturin opsamlet fra Rigshospitalets intensivafdeling. Resultaterne viste, at aktiv kul i høje doser (10 g/l) og langtidsbehandling med klordioxid (18 timer) var de mest effektive behandlinger til at fjerne lægemiddelstoffer i urin. Resultaterne er ikke nærmere beskrevet i denne sammenfatning, da urinseparation, jf. ovenstående, generelt ikke kan anbefales til hospitaler.

Rensning af den samlede spildevandsstrøm fra hospitaler

Mulighederne for at rense den samlede spildevandsstrøm fra hospitaler blev i projektet undersøgt på spildevand fra Rigshospitalet. Rigshospitalet blev valgt, fordi spildevandet herfra indeholder et stort udsnit af alle de lægemidler, som anvendes på danske hospitaler, herunder cytostatika, kontrastmidler og kritiske antibiotika. Totalt set anvendes der mere end 930 forskellige lægemiddelstoffer på Rigshospitalet.

Analyserne af det ubehandlede spildevand fra Rigshospitalet viste forekomst af antibiotikaresistente *E. Coli* (bl.a. 29% ciprofloxacin-, 51% cefuroxim- og 35% sulfamethoxazol-resistente *E. Coli*) og enterokokker (3,5% over for vancomycin). Samtidig viste spildevandet antibiotisk effekt overfor *E. Coli* og *S. aureus*. Analyserne for lægemiddelstoffer viste forekomst af 41 ud af de 93 stoffer, som screeningen omfattede. Heraf lå 11 stoffer over tilgængelige miljøeffektgrænser (PNEC) og miljøkvalitetskrav (EQS) for marine vandområder. Seks stoffer lå mere end en faktor 20 over disse grænser/kriterier.

Test af forrensning blev udført på et MBR-pilotanlæg. MBR-teknologien blev valgt, fordi den bl.a. er mindre pladskrævende og fjerner mikroforureninger bedre end konventionelle renseanlæg samtidig med, at der sker en væsentlig hygiejnisering af spildevandet. Spildevandet fra Rigshospitalet blev transporteret i en tankvogn (35 m³) til Bjerlingbro Renseanlæg, hvor MBR-anlægget var placeret. Testen forløb over 21 dage, hvor to batch af hospitalsspildevand blev rensat.

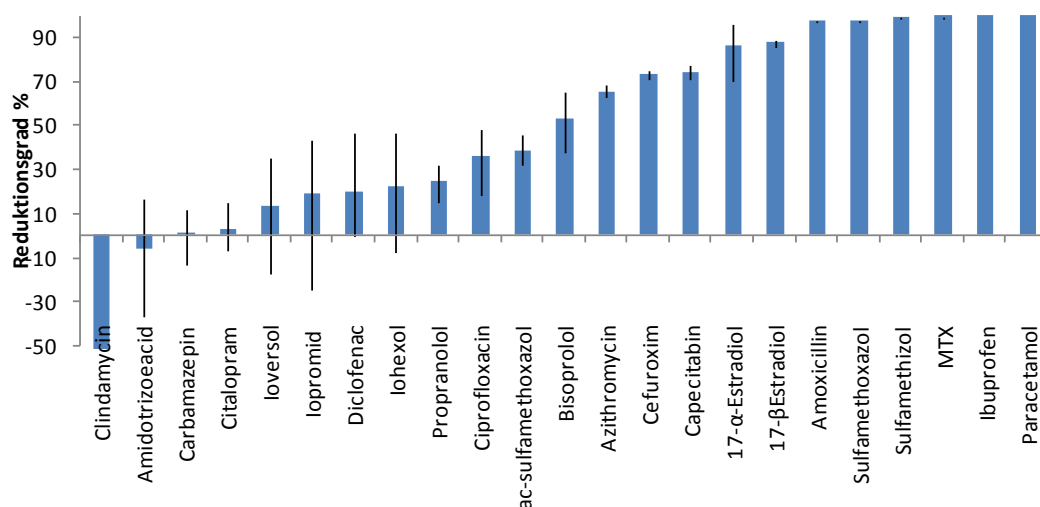
Efter MBR-forrensning blev spildevandet yderligere rensat via laboratorietest med fire forskellige poleringsteknologier:

- Ozon
- Ozon-brintperoxid
- Aktiv kul
- Klordioxid

Disse poleringsteknologier er designet til bl.a. at fjerne mikroforureninger såsom lægemiddelstoffer.

Resultaterne fra MBR-rensningen viste en kraftig reduktion i koncentrationen af mikroorganismer. *E. coli* blev således reduceret til et niveau, hvor badevandskrav for god tilstand kan overholdes uden fortynding (<500 antal/100 ml). For enterokokker var det ikke muligt – med den anvendte analysemetode – at afgøre, om badevandskravet var overholdt (metoden omfattede også suspekte enterokokker). Endvidere blev antallet af resistente bakterier reduceret til under detektionsgrænserne ligesom der heller ikke kunne måles antibiotisk effekt over for *E. Coli* og *S. aureus* af det rensede spildevand.

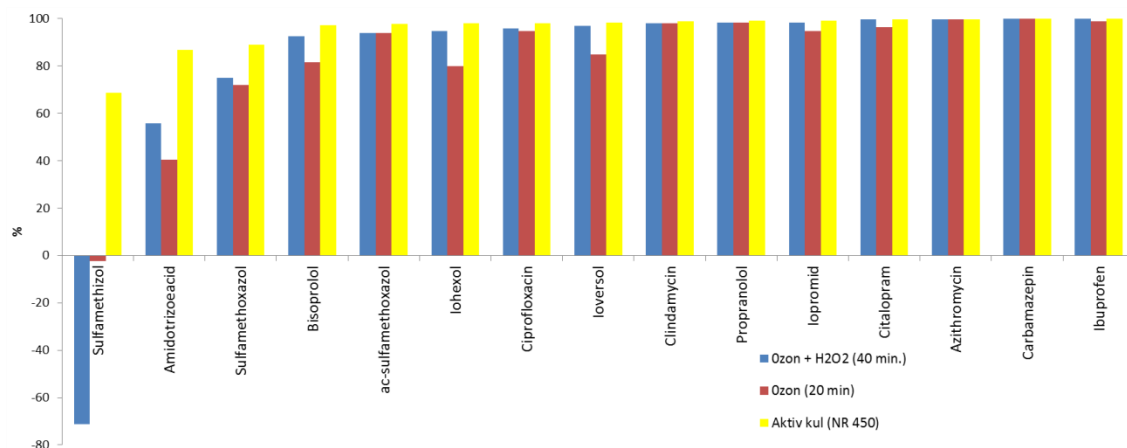
Reduktionsprocenter for udvalgte lægemiddelstoffer ved MBR-behandlingen er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1 Reduktionsprocenter for udvalgte lægemiddelstoffer i MBR-pilotanlæg. Middelværdier samt minimum- og maksimumværdier er vist.

MBR-behandlingen viste, at der er stor forskel på reduktionen af lægemiddelstoffer. Hormonerne (17alfa og 17beta-estradiol) og de mest udbredte smertestillende midler (ibuprofen og paracetamol) blev fjernet i stort omfang. Det samme gælder beta-lactam antibiotika (amoxicillin og cefuroxim), som blev reduceret med henholdsvis 98% og godt 70%. Andre antibiotika, CNS-stoffer (stoffer der stimulerer centralnervesystemet) og hjerte- og kredsløbsstoffer blev fjernet i mere beskedent omfang. Det samme gælder kontrastmidlerne, som blev målt i de højeste koncentrationer i det MBR-rensede vand (op til 540 µg/l). For visse lægemiddelstoffer (bl.a. clindamycin) sker der en stigning i koncentrationen efter rensning. Dette skyldes sandsynligvis dekonjugering af metabolitterne i rensprocessen.

Efter MBR-behandlingen var der fortsat 11 stoffer, som blev målt over miljøeffektgrænserne. Reduktionsprocenter ved laboratorietest af poleringsteknologierne på det MBR-behandlede vand fremgår af Figur 2-2.



Figur 2-2 Reduktionsprocenter for udvalgte lægemiddelstoffer ved test af ozon (20 minutter), ozonbrintperoxid (40 minutter) og aktiv kul (NR 450 mg/l) på MBR-behandlet spildevand

Resultaterne af de gennemførte laboratorietests viste, at der generelt kan opnås effektiv fjernelse af langt hovedparten af lægemiddelstofferne ved hjælp af ozon, ozonbrintperoxid og aktiv kul. Klordioxid var væsentligt mindre effektiv. Aktiv kul var den mest effektive teknologi (ved en dosering på 450 mg NR/l til en behandlingspris på ca. 8 kr/m³). Efter denne behandling blev der kun målt fire stoffer over detektionsgrænserne (alle kontrastmidler). Ved den mest kosteffektive dosering af aktiv kul (150 mg NR/l til ca. 2 kr/m³) var der en ringere fjernelse (13 stoffer blev målt over detektionsgrænserne).

Teknologiernes laveste reduktionsprocenter blev målt i forhold til sulfamethoxazol, ac-sulfa-methoxazol (metabolit af sulfamethoxazol) og sulfamethizol samt kontrastmidlet amidotrizoatsyre. Omkring sulfamethoxazol og ac-sulfamethoxazol skal det bemærkes, at MBR-behandlingen alene fjernede henholdsvis 97% og 32-46%.

Slutkoncentrationer for de mest effektive teknologier er i Tabel 1-1 sammenholdt med tilgængelige miljøeffektgrænser for vandmiljøet (PNEC og EQS-værdier). Pris pr. behandlet kubikmeter spildevand er endvidere angivet.

Tabel 2-2-1 Slutkoncentrationer efter laboratorietest med ozon og aktiv kul på MBR-behandlet spildevand (IP: Ingen PNEC/EQS).

	Enhed	Ozon		Aktiv kul NR		Vandmiljø PNEC/EQS
		10 minutter	20 minutter	150 mg/l	450 mg/l	
Omkostninger	kr/m ³	1,5	3	2	8	
ac-sulfamethoxazol	ng/l	780	67	37	< 5	220
Ciprofloxacin	ng/l	650	250	30	< 5	300
Sulfamethoxazol	ng/l	510	190	170	< 10	220
Sulfamethizol	ng/l	71	46	14	< 10	800
Propranolol	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10	5
Diclofenac	ng/l	< 25	< 25	< 25	< 25	10
Amidotrizoeacid	ng/l	49.000	39.000	35.000	1.300	IP
Iohexol	ng/l	620.000	110.000	200.000	5.100	IP
Iopromid	ng/l	660.000	53.000	100.000	980	IP
Ioversol	ng/l	420.000	50.000	190.000	3.500	IP

Resultaterne viser, at spildevandet efter MBR-forbehandling efterfulgt af ozon (20 minutter) eller aktiv kul har et lavere koncentrationsniveau end effektgrænserne for vandmiljøet. Detektionsgrænserne for propranolol og diclofenac ligger dog over effektgrænserne, og det er derfor uvist, om koncentrationerne reelt ligger over effektgrænserne.

Ved en konkret vurdering af en spildevandsudledning vil man endvidere tage højde for fortynding i vandområdet (f.eks. en faktor 10 fortynding). Der skal tages forbehold for, at miljøeffektgrænserne løbende ændres på grund af ny forskning, og at østrogenene ikke har været en del af måleprogrammet for poleringsteknologierne på grund af de høje detektionsgrænser for denne type analyser.

På baggrund af de foreliggende resultater kan MBR-forbehandling efterfulgt af ozon ved 20 minutter udpeges som den mest omkostningseffektive rensning. Her reduceres også kontrastmidlerne betydeligt og behandlingsprisen er omkring 3 kr/m³. Aktiv kul (450 mg/l) er mere effektiv, men behandlingsprisen er højere (ca. 8 kr/m³).

En MBR-forbehandling efterfulgt af ozonbehandling kan etableres på et hospital svarende til Hvidovre Hospital for en anslået investeringsomkostning på 11,7 mio. kr. og en årlig driftsomkostning på 1,1 mio. kr. Dette svarer til 7,7 kr/m³ spildevand. Energiforbruget udgør ca. 500.000 kWh/år og svarer til ca. 55% af driftsomkostningerne.

Overordnet set har projektet – via laboratorie- og pilottests – tilvejebragt grundlæggende viden om mulige renseteknologiers effektivitet og økonomi på spildevand fra hospitaler. Det anbefales på baggrund heraf, at der gennemføres fuldskala afprøvninger med de mest lovende renseteknologier på udvalgte hospitaler. Ved fuldskalatests kan teknologernes effektivitet, robusthed og driftsøkonomi endeligt afklares.

3 SUMMARY

Hospital waste water contains a complex mixture of pharmaceutical substances and microorganisms. Wastewater from Danish hospitals is discharged jointly with wastewater from households to the municipal wastewater treatment plants, and although treatment plants remove much of the substances/organisms, some end up in the aquatic environment. In water, these substances and microorganisms can pose environmental and health risks. There is also a potential risk from the sewage on its way to treatment plants. This applies to sewage workers who come into contact with wastewater and to the aquatic environment in relation to overflow during heavy rainfall.

There are several types of treatment technologies that can be effective for the removal of critical pharmaceuticals and microorganisms. But the technologies remain to be tested and developed/adapted for hospital wastewater, so answers can be given to what combinations of technologies are most advantageous in terms of economy, energy and cleaning efficiency.

The project aim has been to develop and test technologies that can reduce the content of pharmaceutical substances and microorganisms before discharge into the sewer. The project is divided into two parts. These are study and test of the feasibility of:

- Separate and treat urine and toilet water
- Treat the total wastewater flow

Both areas are examined in order to contribute to the clarification of which options are BAT (Best Available Techniques - BAT). BAT means that effluent - both organic matter, nutrients and environmental and health hazardous components - will be minimized at source (substitution, modification of operational procedures, collection) or removed by pretreatment to the extent, which is the optimal solution for efficiency, economy and environment.

Separation and purification of urine and toilet water

Urine separation in this project was studied as a possible BAT technology for reducing the hospital discharge of pharmaceuticals. The majority of pharmaceutical substances (typically 50-90%) are excreted in urine, and the urinary flow represents only 1-2% of total hospital waste stream. Therefore, collection and treatment of patient urine can potentially be a cost effective approach, where action against a moderate water flow may reduce pharmaceutical load significantly. Toilet water comprises 15-20% of hospital total wastewater flow (Hvidovre Hospital). Separation of toilet water with associated treatment is another idea for cost effective improvement of water quality that emerged during the project work and was investigated in connection with urine separation aspects.

The following areas were investigated:

- Practical use and attitudes toward urine separation toilets
- Technologies and costs in operation
- Construction costs - including the separation of toilet water

In relation to practical use and attitudes toward urine separation toilets, the home users generally agree that urine separation technology is a good resource and water-saving solution for residential and small business. The users are, however, extremely dubious about the introduction of urine separation in places where there are many physically disabled and sick users (e.g. vomiting and diarrhea). The Hygiene Infection Control Unit at Rigshospitalet agrees. The staff here believes that the implementation of this type of toilets can cause hygienic problems in the wards and in the daily cleaning.

Concerning the operation it is concluded that blockages with urinary stone and limestone cannot be avoided, and that this requires special mechanical or chemical cleaning. Moreover, the toilets require additional daily cleaning. It is estimated that at Hvidovre Hospital cost will be approx. 2.5 mill. DKK annually (excl. VAT) for additional cleaning. This is based on a calculation where there per workday is used five minutes extra cleaning per toilet and 30 minutes per quarter for extra cleaning with removal of urinary stones in the urinary drainage.

Hvidovre Hospital was used as an example for calculating the cost of implementing urine separation. The total volume of urine/rinse water from inpatients and outpatients at Hvidovre Hospital was estimated to 3.7 m³ per day or 1,355 m³ per year.

The estimated costs show that the establishment of urine separation renovation (25,850 DKK excl. VAT per toilet) is more expensive than the corresponding additional cost of new building (17,770 DKK per WC). Furthermore, the estimates show that setting up separate toilet draining by construction will give rise to costs of the same magnitude (18,760 excl. VAT per. WC) as the establishment of urine separation technology. The relatively high additional cost - compared to the fact that ordinary toilets are used - for separation of toilet water is caused by the extra downpipes in stainless steel which represents a substantial cost (1,450 excl. VAT per meter).

Overall, the studies show that considerable practical and technical difficulties will be attached in the operation and use of urine separation toilets in hospitals. At the same time, the costs for cleaning/operation and construction are significant. In light of this, urine separation with associated treatment cannot be recommended as a cost effective method to reduce the discharge of pharmaceuticals from hospitals in general.

Separation of toilet water can be assessed from a comparison with construction costs of wastewater treatment on the total wastewater. The project surveys show that the additional costs associated with establishing a separate toilet water system (separate wastewater downpipe etc.), are large compared to the savings that can be retrieved by cleaning on small sewage flows. Additional costs for construction of extra downpipes to separate discharge of toilet water at a hospital like Hvidovre Hospital will amount to around 9.6 mill. DKK. Savings from treatment of less sewage flow will be around 3 mill. DKK in initial costs and 0.46 mill. DKK annually in operating savings (based on the establishment of the MBR (membrane bioreactor)-plant with ozone).

In light of this - and also in light of the benefits that may be associated with cleaning the entire wastewater stream - the toilet water separation cannot be recommended as a cost effective reduction method.

For a further clarification of the solutions, which can be considered as BAT in hospitals, it has been examined in the project, from which parts of the hospital in particular critical wastewater is discharged. This must be seen as opportunities to reduce the discharge of hazardous components as much as possible at the source (substitution, modification of operational procedures, collection. Therefore, in the project a list has been made of wards that are rated for criticalness. Following this, procedures - also as part of a BAT implementation - are proposed for handling and disposal of liquid patient waste, which can reduce the discharge of pharmaceutical substances with sewage.

In parallel with testing of the cleaning technologies in the total sewage flow, the project undertook similar tests of the technologies' ability to remove pharmaceuticals from collected urine. The tests were conducted for patient urine collected from Rigshospitalet's intensive care unit. The results showed that active carbon in high doses (10 g/l) and long-term treatment with chlorine dioxide (18 hours) were the most effective treatments for removal of pharmaceutical substances in urine. The results are not detailed reported in this summary, as urine separation, see above, is generally not recommended for hospitals.

Cleaning of the total wastewater flow from hospitals

The potential for cleaning the total wastewater stream from hospitals was in this project studied in wastewater from Rigshospitalet. Rigshospitalet was chosen because the waste water contains a large selection of all pharmaceuticals used in Danish hospitals, including cytotoxic pharmaceuticals, contrast agents and critical antibiotics. Overall, more than 930 different pharmaceuticals are used at Rigshospitalet.

The analyses of the untreated wastewater from the Rigshospitalet showed the presence of antibiotic resistant *E. Coli* (including 29% ciprofloxacin, cefuroxime 51% and 35% sulfamethoxazole-resistant *E. coli*) and enterococci (3.5% vs. vancomycin). At the same time, the wastewater showed antibiotic effect for *E. Coli* and *S. aureus*. The analyses of pharmaceutical substances showed the presence of 41 out of 93 substances, which were included in the screening. Of these, 11 substances were above the Predicted No Effect Concentration (PNEC) and Environmental Quality Standards (EQS) for marine waters. Six substances were more than a factor of 20 above these limits/criteria.

Testing of the pretreatment was performed in an MBR pilot plant. The MBR technology was chosen because it is less space consuming and removes micro pollutants better than conventional treatment plants, and at the same time there is a substantial removal of microorganisms by the membrane. The wastewater from the Rigshospitalet was transported in a truck (35 m³) to Bjerringbro WWTP, where the MBR plant was located. The test lasted for 21 days during which two batches of hospital sewage were treated.

After the MBR pretreatment, the wastewater was further treated using laboratory tests with four different polishing technologies:

- Ozone
- Ozone-hydrogen peroxide
- Active coal
- Chlorine dioxide

These polishing technologies are designed to remove micro-contaminants such as pharmaceuticals.

The results of the MBR treatment showed a significant reduction in the concentration of microorganisms. *E.coli* was thus reduced to a level where water quality requirements for good condition can be met without dilution (<500 number/100 ml). For enterococci, it was not possible - with the analytical method used - to determine whether water quality requirements were met (the method also included the suspect enterococci). Furthermore, the number of resistant bacteria was reduced to below detection limits, and it was not possible to measure antibiotic efficacy against *E. Coli* and *S. aureus* of the treated wastewater.

Reduction percentages for selected pharmaceutical substances by MBR treatment is shown in Figure 3-1.

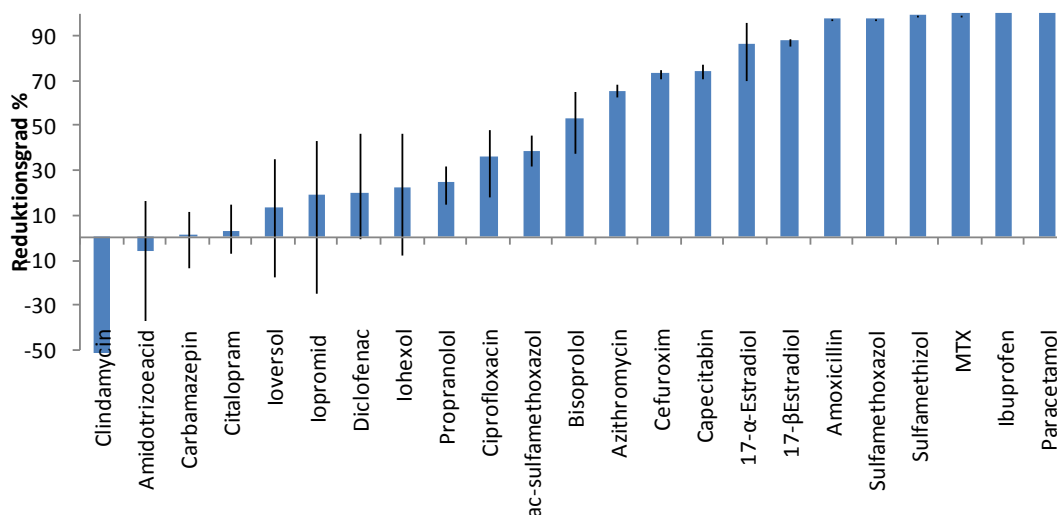


Figure 3-1 Reduction Percentages for selected pharmaceuticals in the MBR pilot plant. Mean values and minimum and maximum values are shown.

The MBR treatment showed that there are important differences in the reduction of pharmaceutical substances. The hormones (17alfa and 17beta-estradiol) and the most widely used painkillers (ibuprofen and paracetamol) were removed to a large extent. The same applies to beta-lactam antibiotics (amoxicillin and cefuroxime), which were reduced by 98% and about 70%.

Other antibiotics, CNS pharmaceuticals (pharmaceuticals that stimulate the central nervous system) and cardiovascular pharmaceuticals were removed to a more modest extent. The same goes for contrast agents, which were measured in the highest concentrations in the MBR treated water (up to 540 mg/L).

For some pharmaceuticals (including clindamycin) there is an increase in concentration after purification. This is probably due to de-conjugation of the metabolites in the treatment process.

After the MBR treatment 10 substances were still measured above the environmental effect limits. This shows the need to apply polishing technologies on the MBR treated wastewater. Reduction percentages by laboratory tests of polishing technologies on the MBR treated water are shown in Figure 3-2.

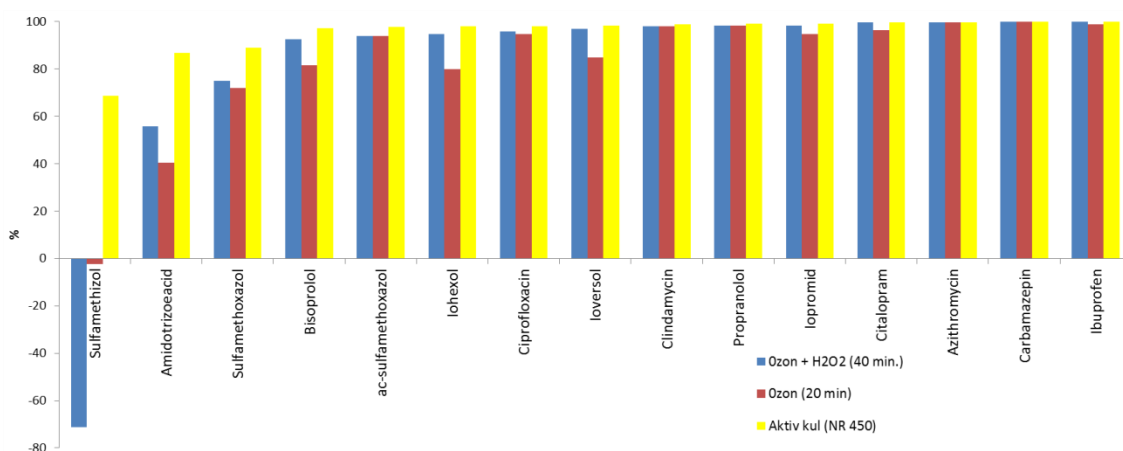


Figure 3-2 Reduction percentages for selected pharmaceuticals in tests of ozone (20 minutes), ozone-hydrogen peroxide (40 minutes) and active carbon (NR 450 mg / l) in MBR treated wastewater

The results of the completed laboratory tests showed that generally, effective removal of the vast majority of pharmaceutical compounds using ozone, ozone-hydrogen peroxide and active carbon can be achieved. Chlorine dioxide was significantly less effective. Active carbon was the most effective technology (at a dosage of 450 mg NR/l to a treatment cost of approx. 8 DKK per m³). After this treatment, there were only measured four substances above detection limits (all contrast agents). For the most cost-effective dosage of active carbon (150 mg NR/l to approx. 2 DKK/m³) there was a lower removal (13 substances were measured above detection limits).

The lowest reduction rates of the technologies were measured in relation to sulfamethoxazole, ac-sulfa-methoxazol (metabolite of sulfamethoxazole) and sulfamethizole and contrast agent amidotrizoic acid. As to sulfamethoxazole and ac-sulfamethoxazole, it should be noted that the MBR treatment alone eliminated 97% and 32-46%.

Final concentrations for the most efficient technologies are shown in Table 3-1 compared with available environmental effect limits for the aquatic environment (PNEC and EQS-values). Price per treated cubic meter water is indicated as well.

Table 3-1 Final concentrations following laboratory tests with ozone and active carbon on MBR treated wastewater (IP: No PNEC / EQS).

	Unit	Ozone		Active carbon NR		Aquatic environment
		10 minutes	20 minutes	150 mg/l	450 mg/l	PNEC/EQS
Costs	dkk/m ³	1.5	3	2	8	
ac-sulfamethoxazol	ng/l	780	67	37	< 5	220
Ciprofloxacin	ng/l	650	250	30	< 5	300
Sulfamethoxazol	ng/l	510	190	170	< 10	220
Sulfamethizol	ng/l	71	46	14	< 10	800
Propranolol	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10	5
Diclofenac	ng/l	< 25	< 25	< 25	< 25	10
Amidotrizoeacid	ng/l	49.000	39.000	35.000	1.300	IP
Iohexol	ng/l	620.000	110.000	200.000	5.100	IP
Iopromid	ng/l	660.000	53.000	100.000	980	IP
Ioversol	ng/l	420.000	50.000	190.000	3.500	IP

The results show that the wastewater, after MBR pretreatment followed by ozone (20 minutes) or active carbon, has a lower concentration level than the effect limits of the aquatic environment. The detection limits for propanolole and diclofenac are above the effect limits, and it is therefore unclear whether the concentrations actually exceed the effect limits. A specific assessment of a wastewater discharge will also take into account the dilution in the water area (e.g. a factor of 10 dilution). Reservations are made to the fact that the environmental effect limits currently change due to new research, and estrogens has not been a part of the measurement program for polishing technologies because of the high detection limits for this type of analysis.

Based on the available results, the MBR pretreatment followed by ozone at 20 minutes is designated as the most cost effective treatment. Here also the contrast agents are significantly reduced and the treatment price is around 3 DKK per m³. Active carbon (450 mg/L) was more effective, but the treatment price is higher (about 8 DKK per m³). An MBR pretreatment followed by ozone treatment can be established in a hospital as Hvidovre Hospital for an estimated investment cost of 11.7 mill. DKK and an annual operating cost of 1.1 mill DKK. This corresponds to 7.7 DKK per m³ wastewater. The energy consumption is approx. 500.000 kWh per year and corresponds to approx. 55% of the operating costs.

Overall, the project has - through laboratory and pilot tests - provided basic knowledge about the efficiency of possible cleaning technologies and economics of wastewater from hospitals. On this background, it is recommended to conduct full-scale tests with the most promising technologies in selected hospitals. With full-scale tests, technology efficiency, robustness and costs can finally be resolved.

4 INDLEDNING OG FORMÅL

Hospitalsspildevand indeholder en kompleks blanding af lægemiddelstoffer og mikroorganismer, som ledes til kloakken. Disse stoffer og mikroorganismer indebærer en sundhedsrisiko for de medarbejdere, som i forbindelse med kloakarbejde kommer i kontakt med spildevandet. Endvidere kan befolkningen blive eksponeret i forbindelse med oversvømmelser ved kraftig nedbør. Endelig er renseanlæggene ikke indrettet til at rense for lægemiddelstofferne og de ender derfor delvist i vandmiljøet – enten ved renseanlæggenes udløb typisk i havene omkring Danmark eller ved større regnskyl i søer og åer i forbindelse med overløb fra kloaksystemet.

De aktuelle store udbygningsplaner for hospitalerne giver regioner, hospitaler, kommuner og regeringen en historisk mulighed for at håndtere spildevandet miljømæssigt fornuftigt. Ved at tænke spildevandshensyn ind i byggeplanerne kan man forme de løsninger som vil være vanskelige at gennemføre på eksisterende hospitaler. Væsentlige udbygningsplaner omfatter Rigshospitalet og Hvidovre Hospital, som også deltager i dette projekt.

Den eksisterende viden om forskellige renseteknologiers effektivitet over for forureningskomponenterne i hospitalsspildevand – kemiske og mikrobiologiske komponenter – er både nationalt og internationalt set stadig mangelfuld. Spektret af kemiske forureningskomponenter er meget stort, og komponenterne opfører sig ikke ens over for forskellige renseprocesser. En del er meget svært nedbrydelige og vil ikke blive omsat i biologiske renseanlæg.

Der er i dag flere typer af renseteknologier, som kan være effektive til fjernelse af de kritiske lægemiddelstoffer og mikroorganismer fra spildevandet. Men teknologierne mangler at blive testet og udviklet/tilpasset til hospitalsspildevand, så man kan få svar på, hvilke teknologikombinationer der er mest effektive set i forhold til økonomi, energiforbrug og renseeffektivitet.

Til afdækning af dette bør man igangsætte udvikling og test i både laboratorieskala og pilotskala. Undersøgelserne i laboratorieskala skal afklare det grundlæggende teknologivalg og kombinationerne heraf, samt tilvejebringe indledende data for effektivitet og økonomi, mens pilotskalatesten skal afdække effektivitet, robusthed, driftsøkonomi m.m. i forhold til større mængder af spildevandet. Det er både med hensyn til økonomi og ressourcer mest hensigtsmæssigt at arbejde i laboratorie- og pilotskala, inden man designer, projekterer, anlægger og idriftsætter i fuldskala.

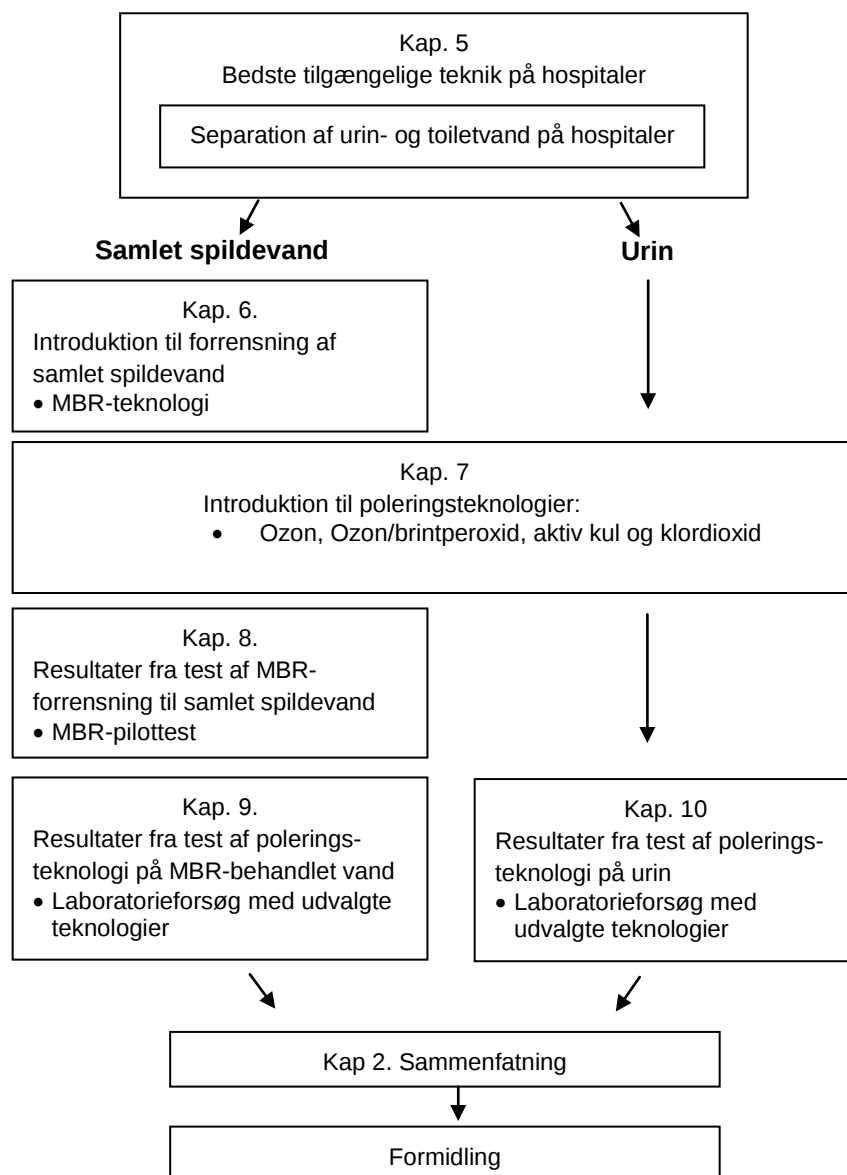
De teknologiske løsninger, som udvikles til danske hospitaler, vil på længere sigt kunne danne grundlag for en dansk systemeksport. Problemstillingen er den samme på hospitaler i udlandet, og hvis Danmark går foran på dette område vil der være mulighed for at sælge specialiseret viden og teknologi til hospitalssektoren i hele verden.

4.1 Formål og projektstruktur

Projektets formål er at:

- afklare, hvilke tekniske tiltag der kan anses som udtryk for bedste tilgængelige teknik for hospitaler med henblik på at reducere miljøbelastningen via spildevandsafledning
- udvikle og teste teknologier, der kan reducere indholdet af lægemiddelstoffer og mikroorganismer i afledningen til kloak fra hospitaler

Udvikling og test af teknologier vil omfatte reduktionen af de speciallægemidler - herunder cytostatika, kritiske antibiotika og kontrastmidler - som i særligt stort omfang anvendes på specialiserede universitetshospitaler som Rigshospitalet og Hvidovre Hospital. Projektets overordnede struktur fremgår af nedenstående projektskitse. Hvert aktivitets-hovedområde er nummeret med projektets kapitler.



Projektskitse

5 BEDSTE TILGÆNGELIGE TEKNIK TIL BEGRÆNSNING AF LÆGEMIDDELSTOFFER I HOSPITALSSPILDEVAND

Spildevand som tilsluttes offentlig kloak skal håndteres under anvendelse af bedste tilgængelig teknik (BAT). Dette gælder også hospitalsspildevand. BAT betyder, at spildevandsafledningen – herunder både organisk stof, næringsstoffer samt miljø- og sundhedsskadelige stoffer – skal reduceres mest muligt ved kilden (substitution, ændring af arbejdsgange, opsamling) eller fjernes ved forrensning før afledning til offentlig kloak i det omfang, at det er den optimale løsning set ud fra en teknisk, økonomisk og miljømæssig vurdering.

Urinseparation er i dette projekt undersøgt som en mulig BAT-teknologi til reduktion af hospitalets afledning af lægemiddelstoffer. Hovedparten af lægemiddelstofferne (50-90%) udskilles med urinen og urinstrømmen udgør kun 1-2% af hospitalets samlede spildevandsstrøm. Derfor kan opsamling og rensning af patienturinen potentielt være en omkostningseffektiv fremgangsmåde, hvor en indsats overfor en beskeden spildevandsstrøm kan reducere lægemiddelstof-belastningen betragteligt.

I de følgende afsnit beskrives urinseparationsteknologi. Herunder fordele og ulemper samt muligheder og økonomi ved indførelse af teknologien på hospitaler. Hvidovre Hospital er anvendt som eksempel.

Forudsætningen for en kildeorienteret indsats på hospitalerne er viden om, hvilke dele af hospitalet, som afleder kritisk spildevand. Sidst i kapitlet er det derfor beskrevet, hvilke afdelinger der er vurderet som de mest kritiske. I forlængelse heraf er der - ligeledes som en del af en BAT-implementering – opstillet forslag til procedurer for håndtering og bortskaffelse af flydende patientaffald, som kan reducere afledningen af lægemiddelstoffer med spildevand.

5.1 Teknologi til separation af urin

Urinseparationsteknologi er baseret på en kildesortering af urin og fæces direkte i toiletet. Teknologien blev oprindelig udviklet for dels at spare vand og dels for at genanvende/udnytte næringsstoffer i urindelen (kvælstof og fosfor) til jordforbedring.

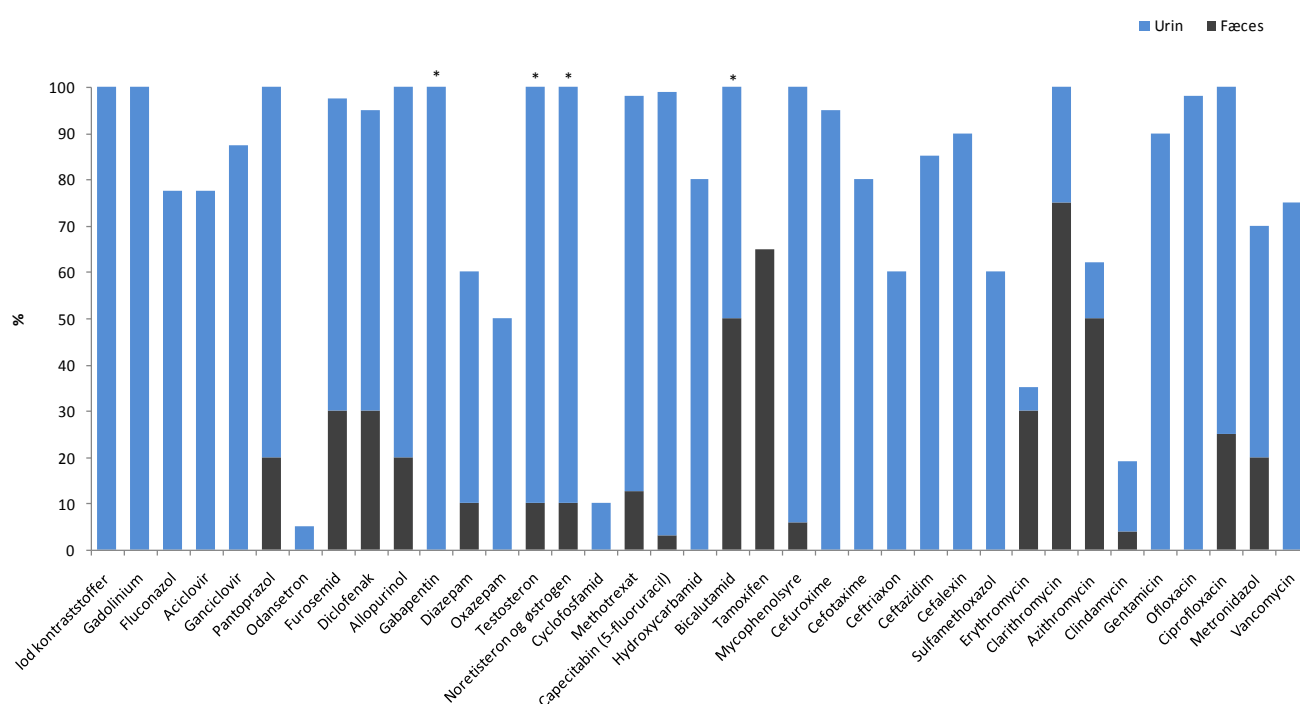
Mennesker udskiller i gennemsnit 1,5-2 l urin/døgn (Lægehåndbogen, 2009). I byspildevand udgør urin fra mennesker ca. 1% af byspildevand – dog udgør urinen samtidig henholdsvis 50 og 80% af fosfor- og kvælstoftilførslen til renseanlæg (Larsen TA. *et al.*, 2009). Fosfor og kvælstof kan medføre eutrofiering og er vigtig at fjerne før udledning til vandmiljøet. Foruden næringsstoffer kan urin indeholde rester af hormoner og lægemiddelstoffer.

Ved indtagelse af et lægemiddel optages og metaboliseres lægemiddelstofferne i kroppen. Rester af aktivstoffet og dets metabolitter vil som førnævnt udskilles igen via urin, fæces, sved og ånde.

Figur 5-1 viser et diagram over udskillelsesprocenter for 39 lægemiddelstoffer, der er relevante i afledningen fra Rigshospitalet (Lynettefællesskabet I/S, 2009). For 30 af disse udskilles minimum 50% af moderstoffet og/eller dets metabolitter via urin. For fire lægemiddelstoffer udskilles minimum 50% via fæces.

Oversigten angiver en samlet udskillelsesprocent, dvs. der er ikke skelnet mellem udskillelse af uomdannet stof, aktive eller inaktive metabolitter. Dette skyldes dels, at der ikke eksisterer fyldestgørende data til at foretage denne opdeling, dels at metabolitterne kan være biologisk aktive, og/eller der kan ske en reaktivering af moderstoffet i renselanlæggets processer. Dette gælder bl.a. for visse steroidøstrogener (Ingerslev F. *et al.*, 2003).

For lægemiddelstoffer, hvor der ikke er angivet 100%, kan årsagen være, at der ikke eksisterer oplysninger om udskillelsesveje og/eller, at stoffet bliver nedbrudt i kroppen og derfor ikke udskilles yderligere.



Figur 5-1 Primær udskillelsesvej for en række undersøgte lægemiddelstoffer, der anvendes på Rigshospitalet. For lægemiddelstoffer markeret med en stjerne (*) er udskillelsesprocenterne angivet som et skøn baseret på tekstoplysninger om udskillelsesveje for stofferne (Lynettefællesskabet, 2009a). Oplysningerne er indhentet fra Lægemiddelstyrelsen og/eller FASS (www.fass.se).

På trods af, at udskillelsesprocenter for en del af lægemiddelstofferne er baseret på skøn, vil et eventuelt teknologisk tiltag, hvor der fokuseres på behandling af urindelen, kunne begrænse afledningen af kritiske lægemiddelstoffer til kloak betydeligt.

Dette understøttes yderligere af en undersøgelse af 212 aktive lægemiddelstoffer fordelt på 1.409 lægemiddelprodukter (Lienert J., *et al.* 2007). Ifølge undersøgelsen udgør den gennemsnitlige udskillelse af aktivstof via fæces 36% ($\pm 26\%$). Udskillelse af aktivstof via urin udgør i gennemsnit 64% ($\pm 27\%$). For hvert lægemiddel udskilles 42% ($\pm 28\%$) som metabolitter – heraf størstedelen via urin. Aktivstoffer fra de fleste lægemidler udskilles via urin, men der kan være stor variation i udskillelsesgraden for de enkelte lægemidler samt mellem de forskellige lægemiddelgrupper (Lienert J. og Larsen TA. 2009; Larsen TA. *et al.*, 2009).

Eksempelvis varierer udskillelsesgraden for cytostatika mellem 6-98%, hvilket betyder, at effekten af urinseparation vil variere. Derimod udskilles ca. 94% ($\pm 4\%$) af røntgenkontrastmidler via urin. En adskillelse af urindelen og efterfølgende central opsamling og separat behandling før afledning til kloak er derfor interessant at undersøge som et element i håndteringen af hospitalsspildevand.

For at danne et fornuftigt beslutningsgrundlag omkring indførelse af urinseparation er der en række forhold, som bør undersøges.

Det drejer sig om:

- Praktisk anvendelse af samt holdninger til urinseparationstoiletter
- Tekniske aspekter
- Økonomiske forhold – vurderet ud fra case på Hvidovre Hospital

I løbet af projektperioden blev det klart, at det også kunne være en mulighed at separere hele toiletstrømmen (urin, fæces, papir og skyllevand) fra det øvrige spildevand (badevand, skyllevand, rengøringsvand m.m.), og behandle/rende toiletvandet separat. Hermed bliver det muligt også at opfange hele den udskilte strøm af lægemiddelstoffer fra patienterne – også de stoffer, som overvejende udskilles via fæces. På denne baggrund er der i det følgende også medtaget undersøgelser af de teknisk-økonomiske muligheder for separering og rensning af toiletvandet.

5.1.1 Praktisk anvendelse og holdninger

Den praktiske anvendelse og accept af urinseparationstoiletter er begge vigtige faktorer at tage hensyn til. Dette gælder især på hospitaler, hvor der er stor gennemstrømning af patienter, og hvor der stilles særlige krav til hygiejne og rengøring for at undgå smittespredning.

I det følgende er der gennemført en vurdering af fordele og ulemper ved at indføre urinseparationsteknologi på hospitaler. Der er anvendt litteratur fra et større svejtsisk studie og videnskabelige artikler (Eawag og Novaquatis, 2008; Lienert J og Larsen TA 2009; Larsen TA *et al.*, 2009). Endvidere er der indhentet erfaringer fra firmaet BacklundTM, der har international erfaring med både etablering og anvendelse af urinseparationsteknologi. Ligeledes er der indhentet erfaringer fra brugere fra to danske beboelsesområder, hvor der er installeret urinseparationstoiletter (henholdsvis Munksøgård Roskilde og Hyldebjerg i Albertslund).

Praktisk anvendelse og tilvænning

Urinseparationstoiletter er designet, således at skålen er todelt – et rum forrest til urinen, som ledes via et separat rør til en opsamlingstank (jf. Figur 5-2). Toilettet skal benyttes korrekt for dels at virke optimalt, dels for at røret til urinen ikke stopper til. Dette kræver en vis tilvænning, og ifølge en rundspørge blandt brugere af urinseparationstoiletter kan det være en udfordring. Foruden at mænd er nødt til at sidde ned, er det især børn der kan have vanskeligt ved at vænne sig til det. Ligeledes kan det være et problem, hvis toiletterne er designet, således at opdelingen sidder for langt fremme, så børnene ikke kan nå langt nok tilbage. En svejtsisk undersøgelse viser, at 59% ud af ca. 2.000 brugere mener, at urinseparationstoiletter ikke er egnede til børn (Lienert J. og Larsen TA. 2009). Dette understøttes af danske erfaringer, hvor det nævnes, at børn og gæster ofte kommer til at smide papiret i det forkerte rum. Dette kan medføre tilstopning af urinskålen.



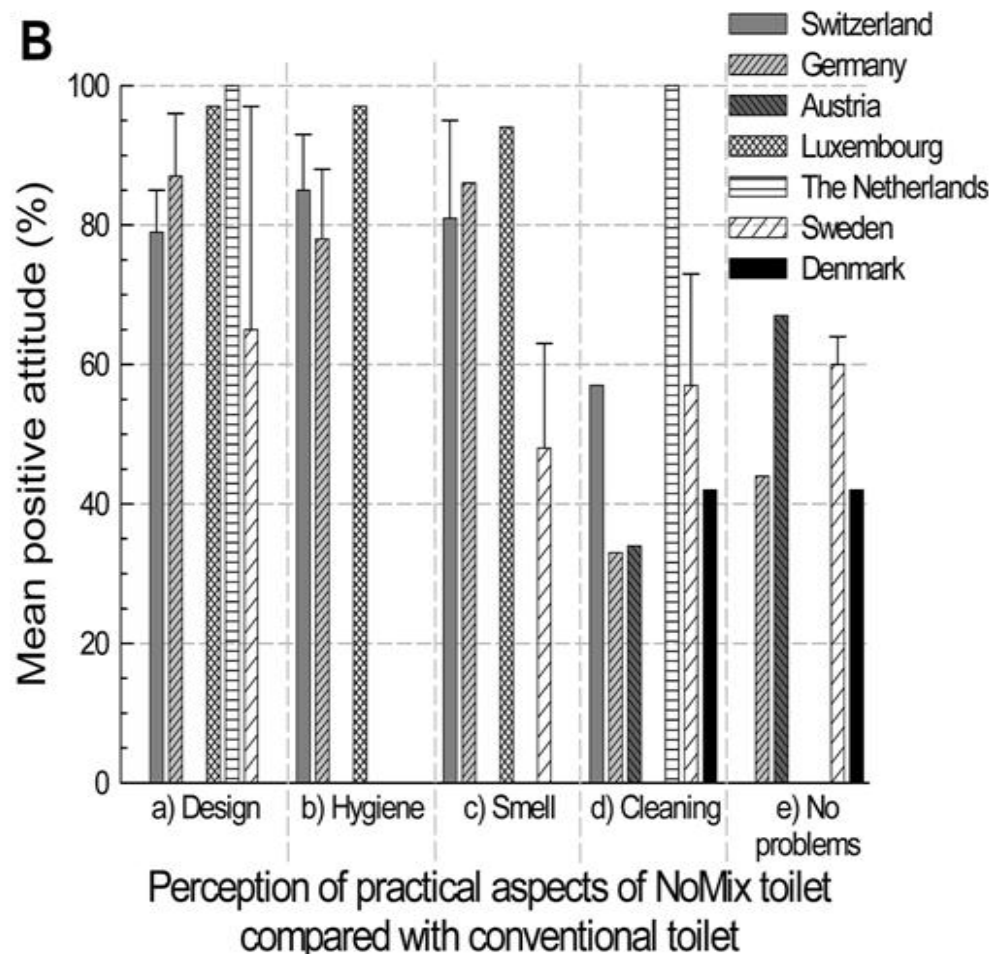
Figur 5-2 Det kræver en vis tilvænning især for børn at anvende urinseparationstoiletter (Lienert J. og Larsen TA., 2009).

Etablering og tilvænning til urinseparationstoiletter må antages at være mindre problematisk i private hjem end på offentlige steder, hvor der er en konstant gennemstrømning af nye brugere. På hospitaler kan især psykisk og fysisk handicappede have vanskeligt ved at benytte toilettet korrekt. Dette kan medføre et hygiejnemæssigt problem, som også vil opstå på hospitalsafdelinger, hvor patienter ofte har diaré eller, hvor urinen indeholder blod. Dette samt tilstopning af toiletterne vil medføre et øget rengøringsbehov.

Urinseparationstoiletter varierer i design. Dette er væsentligt i forhold personale- og plejemæssige hensyn. På Hvidovre Hospital foretrækkes eksempelvis gulvstillede toiletter frem for væghængte toiletter, fordi der er mere plads bag toiletterne.

Holdning til urinseparationstoiletter sammenlignet med almindelige toiletter

I syv europæiske lande er der gennemført et studium af anvendelsen af urinseparationstoiletter (Lienert J. og Larsen TA., 2009). I alt 33 lokaliteter med urinseparationstoiletter blev undersøgt, hvoraf 18 blev anvendt i private hjem og 15 på offentlige institutioner (ingen hospitaler). Der blev udsendt spørgeskemaer til mere end 2000 brugere for at undersøge holdningen til urinseparationstoiletter sammenlignet med brugen af almindelige toiletter. Figur 5-3 viser besvarelsen fra ca. 2.000 brugere fordelt på syv lande.



Figur 5-3 Opfattelse af en række praktiske aspekter (design, hygiejne, lugt, rengøring, ingen problemer) ved brugen af urinseparationstoiletter sammenlignet med brugen af almindelige toiletter.

Sammenfattende viser besvarelsene, at størstedelen (75-85%) af de adspurgte brugere er positive over for urinseparationstoiletter i forhold til design, hygiejne, lugt og rengøring sammenlignet med et konventionelt toilet.

Omkring 50% mener, at der er problemer med urinseparationstoiletter sammenlignet med konventionelle toiletter. Dette skyldes formentlig, at ca. 52% af brugerne også fandt, at urinseparationstoiletter kræver ekstra vedligeholdelse og rengøring i forhold til konventionelle toiletter (kun Holland skiller sig ud og har 98% positive).

I det følgende er sammenfattet erfaringer omkring brugen af urinseparationstoiletter. Oplysningerne er dels baseret på erfaringer fra firmaet BacklundTM, som har international erfaring med både brug og etablering af urinseparationsteknologi, og dels på erfaringer fra brugere af urinseparationstoiletter i beboelsesområderne Munksøgård og Hyldebjerg.

Munksøgård i Roskilde er landets største boligfællesskab med ca. 140 beboere. I samtlige 100 boliger og fem fælleshuse er der installeret toiletter med urinseparation. Fækalierne ledes sammen med det grå spildevand og renses i Munksøgårds lokale rensesanlæg bestående af septiktanke, sandfilter og udsivningsbed. Fra toiletterne ledes urinen til separate opsamlingskanter. Efter ca. seks måneders opbevaring i tankene er urinen hygieniseret og egnet til gødning.

Der har været en del tekniske problemer med konstruktionen af tanke og rørføringen – herunder problemer med sammenblanding af urin, regnvand og fæces (Munksøgård, 2002).

I den almene boligforening Hyldespjældet i Albertslund har 10 familier siden juli 1999 haft urinsorterende toiletter installeret. Projektet blev startet som en del af Miljøstyrelsens Aktionsplan til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning (Miljøstyrelsen, 2001).

De urinsorterende toiletter er påmonteret rør til urinen, og der er etableret en pumpebrønd, en fordelerbrønd og fem nedgravede opsamlingstanke á 3 m³.

Erfaringerne fra alle brugere er stort set samstemmende. De hyppigst nævnte problemer er følgende:

- Kræver tilvænning
 - Nogle kvinder er nødt til at sidde ubekvemt langt fremme på sædet for at ramme den store urinskål
 - Mænd og drenge skal være villige til at sidde ned
- Tilstopning
 - Papir (mest gæster og børn)
 - Urinsten
 - Kalk i vandlåsen
- Problemer med at efterskylle/rengøre
 - Primært forbundet med toilettets lille skyl
 - Kræver ofte mere end ét skyl
 - Især problemer ved diare; opkast mv.
- Ekstra rengøring
 - Urinkummen kan være vanskelig at rengøre ved kanter, hjørner og huller. En almindelig toiletbørste kan ikke bruges effektivt i urinskålen

Den overordnede konklusion er ifølge brugere fra begge lokaliteter, at det kræver introduktion og en vis tilvænning for nye brugere samt ekstra opmærksomhed på rengøring og vedligeholdelse. Ligeledes er der fortsat brug for produktudvikling af toiletterne – specielt med hensyn til skyllefunktionen.

Brugerne er overordnet enige om, at urinseparationsteknologi er en god, ressource og vandbesparende løsning til private hjem samt i mindre virksomheder. Dog stiller de sig yderst tvivlsomme over for indførelse af urinseparationstoiletter, hvor der er mange syge brugere (opkast, diaré, fysisk- og psykisk handicappede¹ mv.). Dette følger ligeledes holdninger hos Rigshospitalets infektionshygiejniske afdeling, hvor personalet mener, at indførelse af denne type toiletter kan give hygiejnemæssige problemer både i forbindelse med brug på afdelingerne samt i forbindelse med drift og daglig rengøring.

¹ Erfaringer fra afdelinger med psykiatriske patienter viser, at der kan være tilfælde, hvor patienter kommer uvedkommende ting i toiletterne.

5.1.2 Tekniske aspekter omkring urinseparationsteknologi

I det følgende beskrives rengøring og blokering af de øvre dele af toilettet. For detaljerede tekniske oplysninger om rengøring og blokering af rør og tanke mv. til opbevaring af urin henvises til producenter samt artikel fra Kvarnstrøm E. *et al.*, 2006.

Rengøring af toiletkummen skal ske dagligt. Blokering af rør i urinskålen sker oftest som følge af papirfibre og hår mv. Derudover viser undersøgelser, at der ofte opstår problemer med dannelse af urinsten i afløb efter 6-12 måneder (Lienert J. og Larsen TA., 2009).

Blokering med urinsten ses ofte i toiletter, der er indstillet til lavt urinskyl. Dette skyldes, at der ved nedbrydning af urea til ammonium sker en stigning i pH, som fremmer en udfældning af calciumfosfat og magnesium-ammoniumfosfat (Kvarnstrøm E., 2006).

Figur 5-4 viser dele fra urinskålen, som er tilstoppet af urinsten og kalk (Eawag og Novaquatis, 2008).



Figur 5-4 Tilstopning af dele fra urinseparationstoilet (Eawag og Novaquatis, 2008).

Følgende parametre er væsentlige for at reducere tilstopning/blokering af systemet (GTZ, 2009):

- Sikre en så kort opholdstid i rør og slanger som muligt
- Sørge for indstilling af tilstrækkelig mængde skyllevand til urin
- Undgå horisontale rør, lommer, bøjninger og dræn, hvor urinen kan hobe sig op
- Anvende materiale med glatte, vandafvisende overflader (i dag anvendes typisk polyethylen (PE) eller PolyVinylChlorid (PVC))
- Undgå rengøring med skarpe materialer
- Rør med diameter på minimum 2,5 cm

Ligeledes vil anvendelse af blødt vand reducere udfældning, da det indeholder mindre calcium og magnesium, som kan udfælde med urin og fosfat (GTZ, 2009).

Blokeringer kan dog ikke undgås, og de kan fjernes enten mekanisk eller kemisk. Der er forskellige anbefalinger for kemisk rengøring. Nogle anbefaler en stærk basisk opløsning (kaustisk soda) andre 30% eddikesyre (GTZ, 2006). Andre producenter anbefaler, at toiletter og afløbsslangere rengøres med salpetersyre 2-4 gange pr. år. Dette vil, ifølge Bygge- og Teknikafdelingen på Hvidovre Hospital, have negativ arbejdsmiljømæssig betydning og kræve særlige foranstaltninger (værnemidler mv.) (Fritzel S., 2010). Det vurderes ikke at være en arbejdsopgave, som det daglige rengøringspersonale kan håndtere.

Ifølge driftschefen på Hvidovre Hospital vil det koste ca. 2.5 mio. kr. pr. år (ekskl. moms) for ekstra rengøring samt afkalkning og fjernelse af urinsten mv. af toiletterne. Dette er beregnet ud fra, at der på hverdage anvendes 5 minutter ekstra rengøring pr. toilet samt 30 minutter pr. kvartal pr. toilet til afkalkning og fjernelse af urinsten i urin-afløb, jf. Figur 5-4. Der er regnet ud fra 252 hverdage pr. år og en timepris på 214 kr. (ekskl. moms).

5.1.3 Undersøgelse af muligheder for at indføre urinseparationsteknologi på Hvidovre Hospital – herunder økonomisk overslag

Hvidovre Hospital dækker et område på i alt 250.000 m². Hospitalet består af fire centre (sengebygninger). Hver sengebygning er opdelt i tre etager. Ambulatorier og administrationen er placeret i underetagerne, mens sengeafsnittene er samlet på de øvre etager. I hver sengebygning er fire afdelinger á 58 sengepladser, altså i alt 928 sengepladser. Den årlige belægningsprocent på Hvidovre Hospital er ca. 90%, hvilket svarer til, at der dagligt er ca. 835 sengepladser i brug.

Sanitært spildevand (toiletvand, vand fra vask og bad) fra de fire sengebygninger afledes i dag til et bassin i kælderen. Bassinet rummer ca. 15 m³. Fra Bassinerne pumpes spildevandet videre til offentlig kloak.



Figur 5-5 Kort over de fire centre på Hvidovre hospital. Den lave sorte bygning (th.) indeholder servicefunktioner som driftscentral, sterilcentral og centralkøkken. (Billede fra www.hvidovrehospital.dk).

På Hvidovre Hospital er sengepladserne fordelt på fire- og tosengsstuer samt enestuer. Der er toilet- og baderum til hver stue. Der er i alt 512 patienttoiletter – svarende til 128 patienttoiletter pr. center (Fritzel S., 2010).

Mængden af spildevand er i det følgende beregnet ud fra, at mennesker i gennemsnit har seks toiletbesøg pr. dag – hvoraf de fem består af urinering. Mængden af urin, der udskilles, varierer efter alder, væskeindtag mv. Det antages, at voksne udskiller ca. 1,5 l/døgn og børn ca. 0,8 l/døgn (GTZ, 2009).

De typer urinseparationstoiletter, der kan være relevante på hospitaler, har typisk to skyllefunktioner – et lille skyl til at skylle urin væk fra urinskålen (dvs. toiletpapir bliver liggende i det bagerste rum) og et større skyl, der skyller begge rum. Mængden af skyllevand kan indstilles individuelt alt efter toiletttype. Skyl til urin kan indstilles til mellem 0,2-0,8 l og stort skyl til mellem 2,5 og 6 l.

Såfremt toiletter etableres på et hospital, bør der som minimum vælges et skyl på ca. 0,4 l til urindelen og ca. 4 l til stort skyl (Backlund, A., 2010). Ved stort skyl tilføres ca. 10% af mængden til urinskylllet.

I det følgende er den forventede afledning af urin/skyllevand kun beregnet for indlagte og ambulante patienter. Der vil dog også være en afledning fra øvrige (pårørende og personale), som benytter toiletterne på sengeafdelingerne. Ved dimensionering af eventuelle rør og opsamlingstanke skal der tages højde for dette.

Ved etablering af urinseparationstoiletter på sengestuer samt ambulatorier på Hvidovre Hospital er der ud fra en række antagelser beregnet følgende mængder for afledning af urin/skyllevand. Antagelserne gælder kun vand og urin, der afledes via urinskålen:

- 835 indlagte patienter/døgn
- Hver patient har seks toiletbesøg/døgn, hvoraf fem består af urinering
- Ved hvert skyl tilføres 0,4 l til urinafløbet (i alt 2,4 l/døgn/patient)
- Indlagte patienter afleder 1,5 l urin/døgn (voksne)
- 700 ambulante patienter/døgn (voksne)
- Hver ambulant patient har et toiletbesøg
- Hver ambulant patient afleder 0,25 l urin
- Ved hvert skyl tilføres 0,4 l skyllevand til urinskålen

For et urinseparationstoilet vil den samlede mængde urin/skyllevand, der ledes til urinafløbet pr. indlagt patient, være 3,9 l/døgn. For ambulante patienter er andelen ca. 0,65 l/døgn.

De nuværende toiletter på Hvidovre Hospital er ældre konventionelle typer, der bruger ca. 12 l vand pr. skyl. Baseret på seks toiletbesøg/døgn og 1,5 l urin udgør den samlede afledning af toiletvand pr. indlagte patient ca. 73,5 l/døgn. For ambulante patienter ca. 12,25 l/døgn.

Ifølge Bygge- og Teknikafdelingen på Hvidovre Hospital er det planlagt at udskifte samtlige toiletter med vandbesparende toiletter indenfor de næste 10 år (Fritzel S., 2010).

Ved lavtskylstoiletter afledes urin/fæces og skyllevand samlet (toiletvand). Ved etablering af lavtskylstoiletter med en indstilling på f.eks. 6 l pr. skyl betyder det en reduktion på ca. 50% i afledningen af toiletvand. Indlagte patienter afleder ved seks toiletbesøg ca. 37,5 l/døgn. Ambulante patienter er estimeret til at aflede ca. 6,25 l/døgn (et toiletbesøg pr. ambulant patient).

Tabel 5-1 viser afledning af henholdsvis urin og skyllevand fra sengeafsnittene på Hvidovre Hospital, såfremt der etableres urinseparationstoiletter. Til sammenligning er vist den årlige afledning af det samlede toiletvand (urin/fæces og skyllevand) ved etablering af lavtskylstoiletter (6 l/skyl) samt den nuværende afledning fra de eksisterende konventionelle toiletter (12 l/skyl).

Tabel 5-1 Afledning af urin/skyllevand fra urinseparationstoiletter fra henholdsvis indlagte og ambulante patienter på Hvidovre Hospital.

Patienter	Antal	Urinseparationstoiletter				Lavtskylstoiletter	Eksisterende konventionelle
		Urin m ³ /døgn	Skyllevand m ³ /døgn	Urin/skyllevand m ³ /døgn	Urin/skyllevand m ³ /år	Toiletvand m ³ /år	
Indlagte	835	1,25	2,0	3,26	1.189	11.429	22.401
Ambulante	700	0,18	0,28	0,46	166	1.597	3.130
Indlagte + ambulante	1.535	1,43	2,28	3,72	1.355	13.026	25.531

Ud fra ovenstående afledes ca. 1,25 m³ urin fra indlagte patienter på Hvidovre Hospital pr. døgn. Skyllevandet udgør 2,0 m³/døgn. Dette giver en samlet afledning af urin/skyllevand fra indlagte patienter på 3,26 m³/døgn.

Tilsvarende afledes ca. 0,18 m³ urin og ca. 0,28 m³ skyllevand fra ambulante patienter pr. døgn. Dette giver en afledning af urin/skyllevand pr. ambulant patient på 0,46 m³/døgn.

Den samlede mængde urin/skyllevand fra indlagte og ambulante patienter fra sengebygningerne udgør således ca. 3,72 m³/døgn svarende til 1.355 m³/år.

Den samlede afledning af toiletvand pr. indlagte patient fra de nuværende konventionelle toiletter er ca. 25.531 m³/år (ca. 70 m³/døgn).

Etablering af lavtskylstoiletter med en indstilling på f.eks. 6 l pr. skyl vil medføre en reduktion af den nuværende afledning på ca. 50%. (36 m³/døgn eller 13.026 m³/år).

Ved etablering af urinseparationstoiletter vil der foruden urin/skyllevandet også være en afledning af fæces/skyllevand. Dette vil afledes med det øvrige spildevand til offentlig kloak og er medregnet for at vurdere den samlede reduktion af den nuværende spildevandsafledning. Mængden af fæces/skyllevand er estimeret ud fra 1.535 indlagte og ambulante patienter og halvandet stort skyl/døgn/patient (6 l). Dette giver en afledning på ca. 9,2 m³/døgn (3.361 m³/år).

Den samlede mængde toiletvand fra patienter kan reduceres ved etablering af såvel urinseparationstoiletter og lavtskylstoiletter.

Ved etablering af urinseparationstoiletter skal reduktionen dog opvejes i forhold til øvrige fordele og ulemper ved udelukkende at rense på kun urinstrømmen – herunder at

visse lægemiddelstoffer også udskilles via fæces, samt at mikroorganismer, virus og parasitter overvejende findes i fæces. Med hensyn til rengøring forventes det ikke, at en udskiftning til lavtskylstoiletter vil medføre væsentlige ændringer i den nuværende rengøringspraksis.

Der er som førnævnt allerede planlagt udskiftning af konventionelle toiletter med lavtskylstoiletter på Hvidovre Hospital.

Med henblik på forrensning af det separerede urin fra urinseparationstoiletter vil det kræve separat rørføring/samling og lignende.

5.1.4 **Omkostninger ved etablering af urinseparationstoiletter og separation af toiletvand**

I det følgende er der gennemført beregninger af omkostningerne ved:

- Meromkostninger ved etablering af urinseparationstoiletter i nyopført sengebygning svarende til det eksisterende byggeri på Hvidovre Hospital
- Omkostninger ved udskiftning af urinseparationstoiletter i eksisterende sengebygning på Hvidovre Hospital
- Meromkostninger ved installation af konventionelle toiletter med separat afledning af toiletvandet. Dvs. at øvrigt sanitært spildevand (vask og bad mv.) separeres fra toiletvandet

Beregningerne er vist i tabellerne Tabel 5-2 til Tabel 5-4.

Omkostningerne er beregnet ud fra eksisterende fysiske forhold på Hvidovre Hospital. Oplysninger om pris mv. er indhentet fra YIT A/S som er konsulent for Hvidovre Hospitals driftsafdeling.

På det eksisterende Hvidovre Hospital er der 512 patienttoiletter (128 pr. center). I beregningerne er der taget udgangspunkt i, at de eksisterende afløbsinstallationer for sengestuer er koblet sammen i grupper af fire rør.

Samtlige beregninger er baseret på PEH-rør samt Wostman Ecology gulvstillede toiletter til en pris á 3.600 kr. pr. stk. Et konventionelt toilet koster ca. 1.850 kr.. Merprisen for et urinseparationstoilet er således 1.750 kr. Beregningerne angiver pris pr. del samt prisen i én ny sengebygning med 128 patienttoiletter.

Tabel 5-2 Beregning af meromkostninger i kroner (kr. ekskl. moms) ved etablering af urinseparations-toiletter i en nyopført sengebygning. Der er regnet med samme antal patienttoiletter (128) som i de nuværende sengebygninger (YIT, 2010).

Ny installation – merpris	Pr. stk. Kr.	Ny sengebygning (128 toiletter)
Urinseparationstoilet	1.750	224.000
Montering	100	12.800
Et urinafløb pr. 4 stuer	45.030	1.440.960
En lodret stamme til p-kælder	14.400	230.400
Vertikal stamme til hovedledning	16.300	130.400
Hovedledning til forrensningsanlæg	118.200	236.400
Total kr.		2.274.960

Meromkostningerne ved etablering af urinseparationstoiletter frem for konventionelle toiletter i en nyopført sengebygning med 128 toiletter er ca. 2,3 mio. kr.

Dette svarer til 17.773 kr. pr. toilet. De mest betydende udgifter er etablering af de særskilte urinafløb fra sengestuerne samt selve hovedledningen til forretningsanlæg.

Tabel 5-3 Beregning af omkostninger i kroner (kr. ekskl. moms) ved udskiftning af konventionelle toiletter med urinseparationstoiletter i eksisterende sengebygninger (YIT, 2010).

Udskiftning med urinseparations-toiletter	Pr. stk. Kr.	Pr. sengebygning (128 toiletter) Kr.	Fire sengebygninger (512 toiletter) Kr.
Urinseparationstoilet	3.600	460.800	1.843.200
Udskiftning/montering	1.525	195.200	780.800
Et urinafløb pr. 4 stuer	60.400	1.932.800	7.731.200
En lodret stamme til p-kælder	18.100	289.600	1.158.400
Liggende stamme til hovedledning	18.900	151.200	604.800
Hovedledning til forretningsanlæg	139.800	279.600	1.118.400
Total kr.		3.309.200	13.236.800

Ved udskiftning af eksisterende toiletter med urinseparationstoiletter i en enkelt sengebygning er omkostningen beregnet til ca. 3,3 mio. kr. (25.853 kr. pr. toilet, jf. Tabel 5-1). Ved udskiftning af samtlige patienttoiletter på Hvidovre Hospital (512 stk.) er omkostningen ca. 13,2 mio. kr.

Beregningerne i Tabel 5-4 viser meromkostningerne ved etablering af separat toiletvandsafledning i en nyopført sengebygning samt for et nyt hospital med samme eksisterende sengebygninger på Hvidovre Hospital (128 patienttoiletter pr. sengebygning). Der er i kalkulationen regnet med installation af rustfrie syrefaste stålrør med henholdsvis 1.376 m Ø110 mm og 280 m Ø160 mm for én sengebygning. Dette svarer til ca. 13 m faldstamme pr. toilet.

Tabel 5-4 Meromkostninger i kroner (kr. ekskl. moms) ved etablering af særskilt afledning af toiletvand i nyetableret sengebygning/hospital (YIT, 2010).

Separat afledning af toiletvand	Pr. stk. Kr.	Pr. sengebygning (128 toiletter) Kr.	Fire sengebygninger (512 toiletter) Kr.
Afløb pr. 4 stuer	57.913	1.853.210	7.412.838
En lodret stamme til p-kælder	8.287	132.595	530.381
Liggende stamme til hovedledning	17.370	138.957	555.827
Hovedledning til forretningsanlæg	138.372	276.744	1.106.976
Total kr.		2.401.506	9.606.022

Meromkostningen ved etablering af en ny sengebygning med særskilt faldstamme til toiletvand samt rørføring frem til en eventuel renseteknologi, er 2,4 mio. kr. pr. sengebygning og omkring 9,6 mio. kr. for et helt hospital svarende til Hvidovre Hospital.

Den estimerede pris fra YIT kan sammenholdes med de generelle projekteringsdata fra V&S Prisdata (V&S, 2010). V&S Prisdata anvendes generelt af håndværkere/arkitekter/ingeniører til at estimere prisen for husbyggerier. Hvis der etableres faldstammer af rustfrit stål er V&S Prisdata prisen pr. meter 1.780 kr. ekskl. moms. Prisen gælder levering over 50 m og omfatter – udover levering – også montering samt grenrør, bøjninger og bæringer.

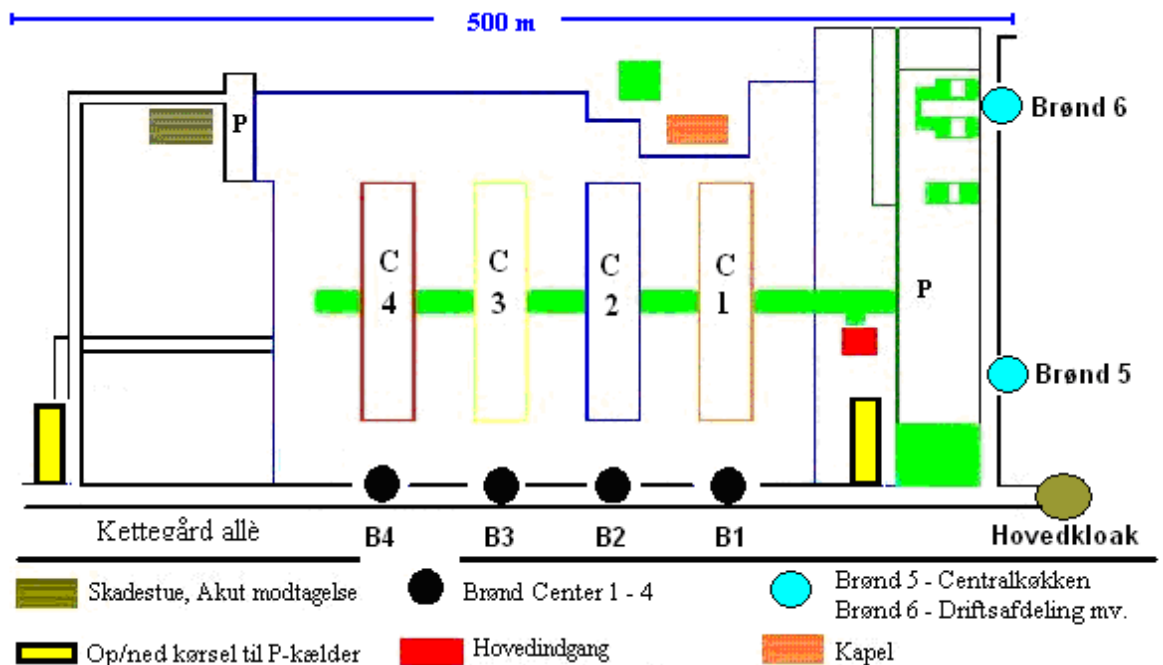
Helt overordnet svarer prisen for hele hospitalet med 512 toiletter til, at der anvendes ca. 10 m faldstamme pr. toilet ved separation af toiletvandet fra de øvrige spildevandsstrømme. Der er kalkuleret med en lidt lavere pris pr. meter faldstamme (1.450 kr. ekskl. moms) i beregningen fra YIT.

5.2 Planlægning og økonomi ved etablering af renseteknologi på Hvidovre Hospital

5.2.1 Spildevandsafledning på Hvidovre Hospital

Spildevand fra Hvidovre Hospital ledes i dag via seks brønde til hovedledningen på Kettegårds Allé. Derfra ledes det urensede spildevand til Renseanlæg Damhusåen.

Figur 5-6 viser en oversigtstegning over Hvidovre Hospital og placeringen af de seks brønde, som afleder spildevand til hovedkloakken.



Figur 5-6 Skitse over Hvidovre Hospital. Spildevand fra Hvidovre Hospital afledes via seks brønde (B1-6), som er tilsluttet det offentlige kloaksystem. Brønd 5 og 6 afleder fra henholdsvis Bygge- og Teknikafdelingen og centralkøkkenet. Spildevand fra sengebygningerne (C1-4) afledes til brøndene B1, B2, B3 og B4.

Størstedelen af det spildevand, der afledes fra de fire sengebygninger (C1-C4), er sanitært spildevand og stammer fra sengeafsnittene. Der er ikke en total opdeling af sanitært spildevand fra sengeafsnittene og det spildevand, der afledes fra laboratorie-, rengørings- og forskningsaktiviteter, men der er mulighed for at adskille spildevand fra de fire sengebygninger fra det øvrige spildevand fra henholdsvis drifts- og serviceafdelinger samt fra centralkøkkenet (B5 og B6).

Fra hver sengebygning ledes spildevandet til et samle bassin beliggende i kælderen under hver sengebygning. Hvert bassin har et volumen på ca. 2 m³. Når bassinerne er fyldt, pumpes en del af spildevandet automatisk videre til fire brønde (B1-B4), der er koblet på hovedledningen på Kettegårds Allé.

Fra de fire brønde vil det være muligt at pumpe spildevandet til en separat trykledning og derfra videre til et forrensingsanlæg placeret på matriklen.

Vandforbrug og afledte spildevandsmængder på Hvidovre Hospital

Det årlige vandforbrug på Hvidovre Hospital er opgjort til ca. 150.000 m³ – heraf anvendes ca. 88.200 m³ som almindeligt brugsvand. De resterende 61.800 m³ behandles gennem et ionbytteanlæg til teknisk vand.

Teknisk vand anvendes til køletårne, dampkedler samt vaskemaskiner i centralkøkkenet og afledes delvis til brønd 5 og 6 (jf. Figur 5-6). Ca. 90% af vandet til køletårnene (ca. 4.500 m³/år) fordamper, og de resterende 10% afledes til kloak (brønd 6) for at undgå en opkoncentrering af desinfektionsmidler.

Der anvendes 7.300 m³/år teknisk vand til bækkenkogere på hele hospitalet og spildevand herfra afledes til de fire brønde (B 1-4) på Kettegårds Allé.

For at få et overblik over fordelingen af de afledte mængder på Hvidovre Hospital er der gennemført flowmålinger ved hjælp af ultralydsteknik på afledningerne fra hver af de fire sengebygninger samt fra Teknisk Central (TC) og centralkøkkenet (C).

Tabel 5-5 Flowmåling på spildevandsstrømme fra henholdsvis sengebygninger, Teknisk Central og centralkøkkenet på Hvidovre Hospital.

Sengebygninger	Måleperiode 2010			Samlet flow	Gennemsnitligt flow pr. time	Gennemsnitligt flow pr. døgn
	Start	Slut	Timer	Liter	Liter	Liter
1	Fredag 24. sep. kl. 14.30	Mandag 27. sep. kl. 07.15	62,65	92.841	1.680	40.300*
2 (to måleperioder)	Mandag 20. sep. kl. 12.49 Mandag 27. sep. kl. 08.00	Torsdag 23. sep. kl. 11.40 Tirsdag 29. sep. kl. 09.03	110	128.152,5	2.238	53.712
2	Mandag 27. sep. kl. 08.00	Tirsdag 29. sep. kl. 09.03	49	136.530	2.786	66.864
3	Torsdag 16. sep. kl. 15.00	Mandag 20. sep. kl. 11.50	92,5	152.919	1.650	39.600
4	Tirsdag 14. sep. kl. 13.00	Onsdag 15. sep. kl. 9.30	20	58.343	2.917	70.008
Teknisk Central	Mandag 04. okt. kl. 08.40	Torsdag 07. okt. kl. 15.13	62,33	8.697	110	2.640
Centralkøkkenet	Mandag 11. okt. kl. 12.27	Onsdag 13. okt. kl. 12.39	48,12	233.767	4.870	116.880

* Logtidspunktet er over en weekend, hvor afledningen må forventes at være lavere end på hverdage.

Den største afledning sker fra centralkøkkenet (117 m³). Dette skyldes primært anvendelse af vand til opvask af service samt vask af køkkenvogne.

Sengebygning 1 er primært administration. Målingen er foretaget over en weekend, hvor der er mindre aktivitet end på hverdagene. Ses der på de tre øvrige bygninger, som overvejende anvendes til patientbehandling, ligger afledningerne nogenlunde på niveau – forudsat der igen tages hensyn til, at der er målt over en weekend på sengebygning 3.

På baggrund af ovenstående flowmålinger på spildevandsstrømmene er den samlede afledning beregnet til 390 m³ pr. døgn. Dette svarer til en samlet afledning på 142.352 m³ pr. år.

I de følgende beregninger af økonomi ved etablering af et MBR-pilotanlæg på Hvidovre Hospital er der ud fra ovenstående regnet med en afledning på 140.000 m³ pr. år.

5.2.2 Økonomi på etablering af MBR-forrensning på Hvidovre Hospital

I det følgende er givet økonomiske overslag til etablering af to forrensningsløsninger for Hvidovre Hospital. Forslagene er udarbejdet af Grundfos og viser henholdsvis drifts- og investeringsomkostninger for et anlæg designet til at rense ca. 25.000 m³ toiletvand pr. år og et anlæg designet til at rense 140.000 m³/år svarende til den samlede spildevandsstrøm fra Hvidovre Hospital.

Begge anlæg vil kræve et grundareal på ca. 250 m². Begge anlæg vil bestå af følgende:

- 1 kontrolcontainer
- 1 container til forbehandling (sibånd/rist)
- 1 pumpe/forsyningscontainer
- 2 MBR-containere (indeholdende i alt 32 MBR-reaktorer)
- 1 container til ozonbehandling
- 1 container til slamafvanding
- Reservoir til flowudjævning (100 m³ til samlet strøm; 30 m³ til toiletvand)

For begge anlæg er der kalkuleret med ozonbehandling som efterpoleringsteknologi, og det forventede ozonforbrug er sat til 40 g O₃/m³. Der er regnet med en el-pris på 1,2 kr/kWh og 400 kr/m³ for bortskaffelse af slam.

Tabel 5-6 viser basisoplysninger for spildevandssammensætningen og de estimerede spildevandsmængder, som forslagene bygger på.

Tabel 5-6 Spildevandsmængder og basisoplysninger for sammensætning af spildevand fra Hvidovre Hospital.

	Enhed	Kun toiletvand	Samlet spildevandsstrøm
Spildevand	m ³ /år	25.000	140.000
SS	mg/l	2.300	403
BOD	mg/l	1.700	298
COD	mg/l	4.700	841
Total-N	mg/l	330	59
Total-P	mg/l	73	13

Oplysninger af stofkoncentrationer i den samlede spildevandsstrøm stammer fra tidligere målinger på spildevand fra Hvidovre Hospital og er angivet som gennemsnittet af 36 døgnprøver – udtaget fra brønde ud for de fire sengebygninger (Lynettefællesskabet, 2004).

Stofkoncentrationerne i toiletvand er beregnet ud fra, at vandmængden er 25.000 m³/år og at stofmængden er den samme som for den samlede spildevandsstrøm. Reelt vil stofmængden være mindre, men her er gjort en konservativ antagelse ved at regne med den samme stofmængde og en mindre hydraulisk belastning.

Forudsætningerne for investerings- og driftsomkostninger for MBR-anlæg (inklusive ozonbehandling) til rensning af toiletspildevand og den samlede spildevandsstrøm fremgår af Tabel 5-7.

Tabel 5-7 Forudsætninger for investerings- og driftsomkostninger for MBR-anlæg (inkl. ozonbehandling) til rensning af toiletvand og samlet spildevandsstrøm

	Enhed	Kun toiletvand	Samlet spildevandsstrøm
Årlig spildevandsmængde	m ³ /år	25.000	140.000
Middel spildevandskapacitet	m ³ /d	68	380
Maksimal spildevandskapacitet	m ³ /d	82	460
COD-belastning	kg/år	117.500	117.500
Slammængde	m ³ /år	250	250
El-forbrug	kWh	177.900	494.900
El-forbrug	kWh/m ³	7,1	3,5

Overslag for investeringsomkostninger for de to anlæg fremgår af Tabel 5-8. Investeringsomkostninger til anlæg til forrensning af den samlede spildevandsstrøm på 140.000 m³/år er ca. 11,7 mio. kr. For et anlæg til rensning af toiletvand udgør omkostningerne ca. 8,7 mio. kr. Prisforskellen på investeringsomkostningerne for de to anlæg er således ca. 3 mio. kr. I det tilfælde, hvor kun toiletvand skal renses, er den hydrauliske belastning lavere, og det medfører en besparelse på investeringsomkostningerne, idet membranarealet formindskes. Desuden bliver ozongeneratoren og voluminet af reservoiret til flowudjævning mindre.

Tabel 5-8 Investeringsomkostninger for et MBR-anlæg inkl. ozonbehandling til rensning af toiletvand og et til rensning af den samlede spildevandsstrøm.

	Kun toiletvand Kr.	Samlet spildevand Kr.
Containergruppe	6.520.000	9.330.000
Tanke	610.000	790.000
Installation	680.000	680.000
Ingeniørarbejde	890.000	890.000
Total pris	8.700.000	11.690.000

Ved placering af et forrensningsanlæg i forlængelse af de eksisterende bygninger skal der yderligere påregnes udgifter til en trykledning fra sengehus 1, 2, 3 og 4 til anlægget. Ifølge YIT A/S vil omkostninger til ca. 400 m trykledning, der tilsluttes de fire eksisterende pumpestationer og slutter for enden af sengehus 4, beløbe sig til ca. 380.000 kr. ekskl. moms. Prisen er inkl. montering og nedgravning i græsabat på Kettegårds Allé (YIT, 2010).

Driftsudgifterne inkluderer energi, slambortskaffelse samt vedligeholdelse og tilsyn (se tabel nedenfor). Der er endvidere medtaget en serviceaftale, som omfatter drift og levering af reservedele.

Tabel 5-9 Driftsomkostninger for MBR-anlæg inklusiv ozonbehandling til forrensning af henholdsvis 25.000 m³ toiletvand pr. år og et anlæg til rensning af den samlede spildevandsstrøm fra hospitalet (ca. 140.000 m³/år).

	Kun toiletvand (25.000 m ³ /år) Kr/år	Samlet spildevand (140.000 m ³ /år) Kr/år
El	213.500	594.000
Slam	106.600	100.000
Serviceaftale	296.000	387.000
Årlige driftsomkostninger	617.000	1.081.000

Den samlede årlige udgift til drift for et anlæg til rensning af 25.000 m³ toiletvand er 0,6 mio. kr. For anlægget til rensning af den samlede spildevandsstrøm udgør de årlige driftsomkostningerne ca. 1,1 mio. kr. Enhedspriser for rensning af spildevandet i de to situationer fremgår af Tabel 5-10. Prisen for at rense den samlede spildevandsstrøm er 7,7 kr/m³. Prisforskellen på driften af de to anlæg er 0,5 mio. kr/år.

Tabel 5-10 Enhedspriser for rensning (MBR inkl. ozon) af henholdsvis toiletspildevand og samlet spildevandsstrøm.

	Enhed	Kun toiletvand	Samlet spildevandsstrøm
Vand	kr/m ³	25	7,7
COD	kr/kg	5,3	10
El	kr/m ³	8,5	4,2

Den største forskel i driftsudgifterne ligger i el-forbruget, som er 4,2 kr/m³ for rensning af den samlede spildevandsstrøm og 8,5 kr/m³ ved rensning af toiletvand. Samlet set er forskellen ca. 16 kr/m³ rensset vand. Årsagen til merprisen er, at det kræver mere energi at rense koncentreret toiletvand frem for den mere fortyndede spildevandsstrøm.

Et anlæg til rensning af den samlede spildevandsstrøm koster 11,7 mio. kr. og er dermed ca. 3 mio. kr. dyrere end et anlæg til rensning af toiletvand. Prisforskellen på driften af de to anlæg er ca. 0,5 mio. kr. (se Tabel 5-11).

Tabel 5-11 Investerings- og driftsomkostninger for et anlæg (MBR inkl. ozon) til rensning af 25.000 m³/år toiletvand og til rensning af en samlet spildevandsstrøm på ca. 140.000 m³/år.

	Enhed	Kun toiletvand	Samlet spildevand	Forskel
Investering	Mio. kr.	8,7	11,7	3,0
Drift	Mio. kr/år	0,62	1,1	0,46

Prisforskellen skal ses i sammenhæng med de investeringsomkostninger, der er til etablering af særskilt afledning af toiletvand samt den fordel, der kan være ved at indføre totalrensning på spildevandet (se afsnit 5.3). Meromkostning ved etablering af ekstra faldstamme til separat afledning af toiletvand ved nyopførsel på et hospital svarende til Hvidovre Hospital vil beløbe sig til omkring 9,6 mio. kr. (jf. afsnit 5.1.4).

5.3 Identifikation af kritiske afdelinger

Stort set alle lægemiddeltypen anvendes på hospitaler og mange anvendes på tværs af afdelingerne. Patienter skifter afdeling alt efter sygdommens forløb, og udskilningen fra kroppen af lægemiddelstoffer og metabolitter sker over flere døgn. Dette har betydning, hvis der etableres særskilt rensning af spildevand fra en bestemt afdeling.

Eksempelvis registreres et stort forbrug af smertestillende midler på operationsafsnit, men selve udskillelsen vil ske på den tilhørende afdeling, hvor patienten er sengeliggende. For en række lægemidler vil det således være vanskeligt at begrænse afledningen til offentlig kloak, uden at der gennemføres total rensning af spildevandet. Ligeledes vil det kræve behandling af den samlede spildevandsstrøm, hvis det prioriteres at begrænse spredningen af resistente bakterier med spildevandet, da bakterierne helt overvejende vil forekomme i fæces.

Ved etablering af en total rensning af spildevandet sikres rensning fra samtlige afdelinger. Dette kan være en fordel på landets største hospitaler, hvor der er mange forskellige behandlingsspecialer samt apoteker og analyselaboratorier. For andre mindre hospitaler, kan det være en fordel at udpege og kortlægge de mest kritiske afdelinger og målrette rensningen mod de mest kritiske spildevandsstrømme. Til gengæld er den samlede spildevandsmængde på et lille hospital mindre.

For visse lægemiddeltypen er forbruget koncentreret på en enkelt eller få afdelinger (f.eks. kontrastmidler), og det er muligt at reducere afledningen direkte ved kilden. For at udpege enkelte sengeafsnit/afdelinger som kritiske og vurdere, hvilken løsning der skal søges, er det nødvendigt at have kendskab til mængder og typer af lægemiddelstof samt udskillelsesvej.

På Hvidovre Hospital, Rigshospitalet og Slagelse Sygehus er der udarbejdet detaljerede kortlægninger af lægemiddelforbrugene (Lynettefællesskabet I/S, 2008, Københavns Kommune, 2009, Slagelse Kommune m.fl., 2010). På Hvidovre Hospital og Rigshospitalet er kortlægningerne lavet på afdelingsniveau. Ligeledes er der udpeget en række lægemiddelstoffer, som ud fra forbrug, udskillelsesprocenter (jf. Figur 5-1) og miljøegenskaber er vurderet som miljøkritiske.

Der er miljøkritiske lægemiddelstoffer indenfor alle lægemiddelgrupper, men undersøgelserne på Hvidovre Hospital og Rigshospitalet samt tidligere målinger af lægemiddelstoffer i hospitalsspildevand og vandmiljø viser, at de primært fordeler sig på følgende lægemiddelgrupper (ATC-grupper²):

A: Fordøjelse og stofskifte (A02; A07)

C: Hjerter og kredsløb (C03; C07; C09)

J: Antibiotika (J01); Antimykotika (J02); Antiviralia (J05)

L: Cytostatika (L01); Hormonerapi (L02)³; Immunosuppressiva (L04)

M: Muskler, led og knogler (M01; M03; M05)

N: CNS-midler: Smertestillende (N02); Psykofarmaka (N03;N05;N06)

G: Kønshormoner (G03); Urologiske midler (G04)

Tabel 5-12 viser en liste over de mest kritiske afdelinger, og indenfor hvilke lægemiddelgrupper der i særlig grad bør være fokus på. For hospitaler med samme specia-

² Aktivstoffer, der kan anvendes til flere behandlinger, vil forekomme i mere end én ATC-gruppe. Eksempelvis er metronidazol et antibiotikum (ATC-gruppe J01), der også anvendes mod parasitter (ATC-gruppe P). Ligeledes kan der være flere undergrupper, som er relevante. Her er kun angivet den terapeutiske gruppe, som stoffet hyppigst anvendes i, og de undergrupper som de undersøgte stoffer tilhører.

³ Hormonerapi består af både hormonlignende stoffer og antihormoner.

ler/typer afdelinger anvendes oftest lægemidler indenfor de samme grupper. Listen kan derfor betragtes som generel for hospitaler med samme type afdelinger/specialer.

Af listen fremgår, hvilket speciale afdelingen tilhører. Listen er tilpasset Sundhedsstyrelsens nye specialeplan, som er under implementering og endeligt gældende fra 1. januar 2011 (Sundhedsstyrelsen, 2010).

Det skal bemærkes, at for alle afdelinger, hvor der anvendes antibiotika bør der være opmærksomhed i relation til afledning af antibiotikaresistente bakterier.

Kirurgiske/operationsafsnit er ikke medtaget på listen, selvom der ofte registreres et stort forbrug på disse afdelinger. Dette skyldes, at lægemidlerne gives som forebyggende efter f.eks. operation, og at udskillelsen først vil ske på det tilhørende sengeafsnit, hvor patienten er indlagt. På hospitaler med større operationsafsnit bør forbruget fra de kirurgiske afsnit vurderes sammen med forbruget på sengeafsnittene.

Tabel 5-12 Afdelinger der er udpeget som særligt kritiske i forhold til afledning af miljørelevante lægemidler via spildevand.

Speciale	Afdeling	Lægemiddelgruppe (ATC-gruppe)
Intern medicin	Hæmatologi	Fordøjelse og stofskifte (A) Antibiotika (J01); Antimykotika (J02); Antiviralia (J05) Cytostatika (L01); Hormonterapi (L02); Immunosuppressiva (L04)
	Gastroenterologi og hepatologi	Fordøjelse og stofskifte (A) Hjerte og kredsløb (C) Antibiotika (J01) CNS (N)
	Gynækologi og obstetrik	Kønshormoner (G03) Antibiotika (J01) Muskler, led og knogler (M)
	Lungesygdomme	Fordøjelse og stofskifte (A) Antibiotika (J01); Antimykotika (J02); Antiviralia (J05)
	Kardiologi	Fordøjelse og stofskifte (A) Antibiotika (J01); Antimykotika (J02); Antiviralia (J05)
	Infektionsmedicin	Fordøjelse og stofskifte (A) Hjerte og kredsløb (C) Antibiotika (J01) CNS (N)
	Geriatrici	Antibiotika (J01)
	Thoraxkirurgi	Hjerte og kredsløb (C03) CNS (N) Cytostatika (L01; L02)
	Reumatologi	Hjerte og kredsløb (C03) CNS (N) Cytostatika (L01)
	Nefrologi og medicinsk dialyse	Antibiotika (J01); Antiviralia (J05) Immunosuppressiva (L04)
	Urologi	Antibiotika (J01) Hormoner/antihormoner (H; L02)
	Endokrinologi	Hormoner/antihormoner
Klinisk onkologi	Onkologi	Cytostatika (L01) Endokrin terapi (L02)
Ortopædisk kirurgi	Ortopædkirurgi	Antibiotika (J01); Antiviralia (J05) CNS (N) Muskler, led og knogler (M) Hjerte og kredsløb (C)
Anæstesi	Neuroanæstesiologi (Smertecenter)	CNS (N)
	Intensiv	Antibiotika (J01); Antimykotika (J02); Antiviralia (J05) CNS (N) Muskler, led og knogler Hjerte og kredsløb (C)
Psykiatri	Psykiatri	CNS (N)
Diagnostisk radiologi	Radiologi	Kontrastmidler (V08)
Nuklearmedicin*	Radiologi	Radioaktive isotoper (f.eks. I ¹³¹ og Tc ^{99m})

* Flydende radioaktivt affald er ikke omfattet af denne rapport, men er relevant i vurderingen af den samlede spildevandsafledning fra hospitaler med nuklearmedicinske afdelinger.

5.4 Procedureforslag til ændring af håndtering og bortskaffelse af flydende patientaffald med indhold af lægemiddelstoffer

Lægemidler, der administreres til patienter, udskilles primært via urin og fæces. Patienter, som ikke er i stand til selv at benytte et toilet, anvender bækkener eller urinposer. Disse tømmes for indhold af plejepersonalet. Typisk tømmes indholdet ud i toilettet på sengestuen eller til bækkenkogere på afdelingen. Bækkenkogere har direkte afledning til afløb/kloak.

Bækkenet samt eventuelle rester desinficeres i bækkenkogeren ved opvarmning til 90°C. Visse lægemiddelstoffer f.eks. de proteinbaserede vil nedbrydes, hvorimod varmemestabile lægemidler som f.eks. visse cytostatika vil afledes. Hvorvidt indholdet fra urinposer tømmes til toilet eller bækkenkoger afhænger af vane og den daglige praktiske arbejdsgang på afdelingen.

For patienter i behandling med cytostatika gælder der særlige regler for bortskaffelse af affald (f.eks. opkast, urin, klude, handsker). Reglerne fremgår af Arbejdstilsynets vejledning, D.2.12 om arbejde med cytostatika fra 2004. De særlige regler skyldes, at cytostatika har celleødelæggende og/eller cellevæksthæmmende egenskaber. Cytostatika anvendes i behandling af kræftsygdomme og svære tilfælde af psoriasis (ATC-grp. L01, L02), virussygdomme (ATC-grp. J05) samt til sygdomme, hvor immunsystemets reaktion ønskes undertrykt (ATC-gruppe L04). Cytostatika udskilles gennem urin, fæces, spyt og sved.

På grund af cytostatikas sundhedsfarlige egenskaber skal ubrugte rester bortskaffes som kemikalieaffald. Der er særlige regler for håndtering og bortskaffelse af klude og andet engangsmateriale som f.eks. engangshandsker, brugte sprøjter, glas og urinposer, der har været i kontakt med cytostatika. Ligeledes skal tømte engangsbækkener, -kolber og -kapsler samt opkastposer (med opkast) anbringes i særlige plastposer og bortskaffes som Klinisk risikoaffald. Den primære udskillelsesvej for cytostatika er via urin, men proceduren er mange steder at bortskaffe det cytostatikaholdige urin fra urinposer direkte ud i toilettet, såfremt det sikres, at toiletsædet lukkes hurtigt bagefter.

Direkte bortskaffelse af medicinrester til kloak via toilet eller bækkenkoger er uhenigtsmæssig. Urinen bør opsamles og destrueres som henholdsvis Andet farligt affald eller bortskaffes som Klinisk risikoaffald i lighed med f.eks. opkast og øvrigt cytostatikakontamineret affald.

Det er oftest det sundhedsfaglige personales vurdering, om det flydende affald, der opstår i forbindelse med patientbehandlingen, skal bortskaffes som Klinisk Risikoaffald, Andet farligt affald, eller om det kan skylles ud i toilettet.

Procedurer for bortskaffelse af flydende affald – herunder også urin fra cytostatika-behandlede patienter – bør ensrettes for at undgå afledning af f.eks. cytostatika og/eller andre miljøkritiske lægemidler til kloak. Særligt ved nybygning/etablering af afsnit med forbrug af miljøkritiske lægemidler, jf. Tabel 5-12, er det vigtigt, at der allerede i planlægningsfasen indtænkes teknologiske muligheder for håndtering af lægemiddelholdigt spildevand fra disse afdelinger.

For kateterbærende patienter og patienter, som anvender bækken, er urinen i princippet allerede opsamlet, og dette er en oplagt mulighed for at begrænse afledningen af cyto-

statika til kloak. I rapporten *Kortlægning af spildevand og flydende affald på hospitaler* (Lynettefællesskabet I/S, 2009a) er udarbejdet et forslag til procedureændringer, der kan begrænse belastningen med lægemiddelstoffer til spildevand.

Procedureændringerne er baseret på en rundspørge blandt personale på en række hospitaler omkring den daglige håndtering af flydende affald. For yderligere information omkring kortlægning og regelsættet for bortskaffelse af øvrigt flydende affald henvises til rapporten (Lynettefællesskabet I/S, 2009a).

Lynettefællesskabet I/S arbejder netop på et projekt til en undersøgelse af mulighederne for at anvende gél som Best Available Technology (BAT) på hospitaler. Gélen kan til sættes allerede opsamlet urin, hvorefter det kan håndteres og bortskaffes som fast affald. Undersøgelsen forventes færdig i efteråret 2011.

I det følgende er sammenfattet et uddrag af hospitalsgruppens forslag til procedureændringer, der kan bidrage til at reducere belastningen af lægemiddelstoffer til kloak. Procedureerne gælder for bortskaffelse af flydende læge- og kontrastmiddelaffald samt urin fra patienter, der er behandlet med ”miljøkritiske” lægemidler. I tabellen er affaldet angivet i overordnet affaldstype (Farligt affald og dagrenovation) samt affaldsfraktioner.

Der er anvendt samme affaldsfraktioner som i Miljøstyrelsens Vejledning fra 1998 (Miljøstyrelsen, 1998). Disse er:

- Klinisk risikoaffald er f.eks. smittefarligt, skærende, stikkende affald
- Vævsaffald er f.eks. væv og mindre legemsdele mv. samt vævsprøver i formalin mv.
- Andet farligt affald, der ikke er smittefarligt, men kan have andre miljø- og sundhedsskadelige egenskaber

Flydende radioaktivt affald, er pr. definition farligt affald og kategoriseret under ”*Særlige affaldstyper*”. Rester af radiotive isotoper udskilles bl.a. via urin. Der er 22 Klinisk Fysiologiske og Nuklearmedicinske afdelinger på danske hospitaler. I 2008 udførte de tilsammen 122.350 behandlinger med nuklearmedicin (www.sst.dk, 2010). Flydende radioaktivt affald behandles ikke i denne rapport, men er relevant ved håndtering af spildevandet og i vurderingen af den samlede spildevandsafledning fra hospitaler, der har nuklearmedicinske afdelinger.

Forslaget til bortskaffelsesprocedurerne i Tabel 5-13 gælder udelukkende sortering af affald på afdelingsniveau og forudsætter at der forefindes godkendte beholdere til opbevaring og transport af Klinisk risikoaffald og flydende farligt affald. Fra afdelingerne transporteres affaldet af driftspersonalet til hospitalernes affaldsdepot. Efterfølgende afhentes affaldet i henhold til den gældende kommunale indsamlingsordning. Flydende farligt affald destrueres hos Kommunekemi a/s. Klinisk risikoaffald sendes til anlæg med særlig godkendelse til at modtage og afbrænde denne type affald f.eks. Amagerforbrænding.

Tabel 5-13 Forslag til bortskaffelse af flydende læge- og kontrastmiddelaffald samt urin fra patienter, der er behandlet med "miljøkritiske" lægemidler.

Affald	Eksempler	1) Affaldstype 2) Affaldsfraktion 3) Bortskaffelse
Lægemidler og kontrastmidler	Lægemidler, hvor udløbsdatoen er overskredet samt ubrugte rester i originalemballage f.eks. Røntgenkontrastvæsker, miksturer, dråber mv.	1) Farligt affald 2) Medicinrester 3) Opsamling - <i>retur til apoteket</i>
Anvendt emballage og urin med indhold af lægemiddelstoffer samt rester af urin, blod, opkast, sekret mv. fra patienter, hvor der er smitterisiko	Det drejer sig om hele emballagen med indhold f.eks. - Ampuller - Hætteglas - Sprøjter inkl. kanyler - Dropsæt - Injektions- og infusionsvæsker - Kateterposer <u>med</u> indhold af urin - Rester af levende vacciner	1) Farligt affald 2) Klinisk risikoaffald 3) Opsamling - <i>forbrænding</i>
Rester af "miljøkritiske lægemiddelstoffer" fra emballage anvendt til patienter, hvor der IKKE er smitterisiko	Det drejer sig om lægemiddelstoffer indeholdt i f.eks. - Sprøjter (uden kanyler) - Dropsæt - Injektions- og infusionsvæsker - Engangsbægre (f.eks. kontrastmidler, antibiotika)	1) Farligt affald 2) Andet farligt affald 3) Opsamling - <i>tom emballage bortskaffes som almindelig dagrenovation</i>
Urin med indhold af "miljøkritiske lægemiddelstoffer" fra patienter, hvor der IKKE er smitterisiko	Det drejer sig om urin med lægemiddelstoffer fra f.eks. - Urinkolber - Urin/kateterposer - Bækkener	1) Farligt affald 2) Andet farligt affald 3) Opsamling - <i>til egnet beholder</i> - <i>i bækkenkoger tilsluttet beholder</i> - <i>anvendelse af gél og bortskaffes som fast affald</i>
Skylle- og infusionsvæsker, hvor indholdet ikke er kategoriseret som et lægemiddel	Det drejer sig om væsker som f.eks. - Glukose - Elektrolytter - Vitaminer, mineraler o.a.	1) Almindelig dagrenovation 2) - 3) Afløb eller bækkenkoger
Urin fra patienter, hvor der IKKE er smittefare, og som IKKE er behandlet med "miljøkritiske lægemidler"	Det drejer sig om ikke forurennet urin fra f.eks. - Urinkolber - Urin-/kateterposer - Bækkener	1) Alm. sanitært spildevand 2) - 3) Afløb eller bækkenkoger

Affaldsfraktionerne Klinisk risikoaffald (skærende, stikkende og smittefarligt affald) og Andet farligt affald (ikke smittefarligt, miljø- eller sundhedsskadeligt) skal håndteres hver for sig. Dette skyldes særlige krav til anlæg der modtager og afbrænder Klinisk risikoaffald, og til anlæg der behandler farligt affald. Da begge affaldsfraktioner destrueres ved forbrænding, har dette ikke umiddelbart nogen miljømæssig betydning. Dog kan højt indhold af væske påvirke forbrændingseffektiviteten af Klinisk risikoaffald.

Lægemiddelstoffer er kategoriseret som Andet farligt affald og bortskaffes ofte sammen med det kliniske risikoaffald (f.eks. lægemiddelrest i en sprøjte). Dette er i modstrid med bestemmelserne i Affaldsbekendtgørelsen (Miljøministeriet, LBK nr. 1634, 2006), men i overensstemmelse med anbefalingerne i Arbejdstilsynets vejledning D.2.12 om arbejde med cytostatika fra 2004. Sammenblandingen skyldes, at det i den daglige praksis er svært at adskille de to affaldsfraktioner. En sammenblanding af Klinisk risikoaffald og Andet farligt affald forudsætter i følge Miljøstyrelsens vejledning for håndtering af Klinisk risikoaffald, at kommunalbestyrelsen dispenserer for forbuddet under forudsætning af, at forbrændingsanlægget er godkendt til bortskaffelse af farligt affald som f.eks. cytostatika og andre lægemidler. (Miljøministeriet, 1998). Samtidig bør det sikres, at den større mængde væske ikke vil påvirke forbrændingsprocessen (Amagerværket, 2010). Mindre mængder cytostatikaforurenede Klinisk risikoaffald vil ikke kræve godkendelse til andet end behandling af Klinisk risikoaffald (Miljøministeriet, 1998).

Gentofte Hospital har taget højde for ovenstående i deres vejledning til sortering af Klinisk risikoaffald. Hospitalet har fået særskilt tilladelse til at bortskaffe flydende lægemiddelstoffer sammen med Klinisk risikoaffald. Dette omfatter lægemiddelstoffer der ikke kan kategoriseres som returmedicin samt lægemiddelstoffer indeholdt i infusionsposer, dropsæt, sprøjter mv. Uåbnet medicin, der har overskredet udløbsdatoen, returneres fortsat til centralapoteket (Gentofte Hospital, 2005).

Det er billigere at bortskaffe lægemiddelstoffer under fraktionen Klinisk risikoaffald frem for som farligt affald. Taksten for bortskaffelse af Klinisk risikoaffald er ca. 2,5 kr/kg, hvor bortskaffelse som "Medicinaffald" er 5,7 kr/kg (Amagerforbrænding, 2010).

Sammenfattende kan følgende metoder bidrage til en reduktion i afledningen af lægemiddelstoffer til kloak:

- **Opsamling med efterfølgende bortskaffelse og ekstern behandling som kemikalieaffald eller Klinisk risikoaffald (sidstnævnte kræver tilladelse).** Anbefales i situationer, hvor mindre koncentrerede strømme med lægemidler kan opsamles. Eksempelvis ubrugte lægemiddelstoffer og mindre urinmængder, herunder kateterposer.
- **Opsamling, anvendelse af gél og bortskaffelse som Klinisk risikoaffald eller husholdningsaffald.** Denne løsning anbefales kun, hvis Lynettefællesskabets undersøgelse af økonomi og miljøpåvirkninger samt praksis taler for anvendelse af gél som BAT på hospitalet (afsluttes i 2011). Løsningen anbefales i tilfælde, hvor:
 - urin og fæces fra patienter i behandling med kritiske lægemidler kan opsamles i engangsbækkener og kolber
 - urin indeholder ioderede kontrastmidler
- **Rensning af samlet spildevandsstrøm.** Anbefales til situationer, hvor både urin- og fæces-fraktionen betragtes som problematisk i forhold til afledning til kloak. Dette vil kræve renseteknologier, som omfatter forrensning og efterfølgende polering.

6 INTRODUKTION TIL FORRENSNING AF SAMLET SPILDEVANDSSTRØM

6.1 Testforløb

Pilottest af MBR-teknologi blev udført på samlet spildevand fra Rigshospitalet. Det samlede spildevand fra hospitalet indeholder et stort udsnit af alle de lægemidler, som anvendes på danske sygehuse, herunder cytostatika, kontrastmidler og kritiske antibiotika (der anvendes mere end 930 forskellige lægemiddelstoffer på Rigshospitalet). DHI har tidligere gennemført målinger for lægemiddelstoffer i spildevandet fra Rigshospitalet i samarbejde med Københavns Kommune og Københavns Energi (Lynettefællesskabet m.fl., 2008). Det store og varierede lægemiddelforbrug medfører, at spildevandet er særdeles egnet i forbindelse med test af behandlingsteknologier, da fjernelsesgrader for mange miljømæssigt set relevante stoffer vil kunne evalueres.

Det opsamlede spildevand fra Rigshospitalet blev transporteret til Grundfos BioBooster A/S's MBR-pilotanlæg på Bjerringbro Renseanlæg. Driften af MBR-pilotanlægget blev indledt med tilførsel af kommunalt spildevand, og biologien var således stabiliseret i forhold til de indgående processer med fjernelse af organisk stof og nitrifikation. Ligeledes var anlægget rent mekanisk indkørt og velegnet til forbehandling under meget velkontrollerede driftsforhold.

Anlægget blev drevet med hospitalsspildevand i en periode, der sikrede repræsentative forhold med hensyn til biologisk nedbrydning og adsorption til slammet. Der blev dog i dette projekt ikke stilet mod at belyse eventuelle renses effekter forårsaget af opvækst af nye specifikke, langsomtvoksende kulturer. Hospitalsspildevandet blev tilført pilotanlægget ad to omgange. Den sidste kørsel skete dagen før, prøvetagning for lægemiddelstoffer og mikroorganismer blev igangsat. Dette skete for at sikre, at spildevandet var "frisk" i testen, og for på denne måde bedst muligt at efterligne rensning af en direkte afledning af spildevand. En del lægemiddelstoffer er ustabile og en længere opbevaring i tankvognen vil have indflydelse på indholdet af lægemiddelstoffer.

Den videre test med poleringsteknologier på det rensede vand blev efterfølgende gennemført i laboratorieskala med prøver af det MBR-behandlede spildevand (jf. kapitel 7 og 9).

Aktiviteterne omkring testen af den samlede spildevandsstrøm har haft følgende trin:

1. Indkøring af MBR-pilotanlæg med kommunalt spildevand
2. Opsamling af samlet hospitalsspildevand fra Rigshospitalet i tankvogn og transport til MBR-pilotanlæg i Bjerringbro (Første batch).
3. MBR-rensning af første batch hospitalsspildevand
4. Opsamling af samlet hospitalsspildevand fra Rigshospitalet i tankvogn og transport til MBR-pilotanlæg i Bjerringbro (Anden batch).
5. MBR-rensning af anden batch hospitalsspildevand
6. Udtagning af prøver før og efter rensning til kemisk screenings-analyse i Tyskland og Sverige for lægemiddelstoffer samt test for indhold af antibiotikaresistente bakterier (DHI) og antibiotisk hæmning (Rigshospitalet)
7. Opsamling af det MBR-behandlede spildevand til forsøg med poleringsteknikker i laboratorieskala. Der blev i alt opsamlet omkring 90 l

8. Test med poleringsteknologier i laboratoriet
9. Udtagning af prøver før og efter rensning med poleringsteknologier til kemisk analyse i Tyskland og Sverige for lægemiddelstoffer

6.1.1 Opsamling af hospitalsspildevand

Spildevand til rensning i pilotanlægget blev oppumpet fra en kloakledning ved Rigshospitalet (se Figur 6-1). Spildevandet blev transporteret af H & E Sejersen Transport A/S i en 33 m³ tankvogn. Tankvognen blev vasket inden hver af de to kørsler. Opsamling af spildevandet er vist på Figur 6-1.



Figur 6-1 Opsamling af samlet spildevand fra Rigshospitalet.

Oppumpningen af spildevand blev planlagt og udført af DHI, Gefitek Aps og H & E Sejersen Transport A/S. Rigshospitalets tekniske personale deltog i koordineringen, således at en repræsentativ del af hospitalets spildevandsstrøm blev opsamlet. I en ca. 4 m dyb brønd, hvorfra oppumpningen skete, var der placeret sandsække, som sikrede opstuvning.

Oppumpningen skete mandag d. 3. maj 2010 og tirsdag d. 18. maj 2010. Begge dage i tidsrummet mellem kl. 8 og 11.30. Spildevandet bliver dels pumpet til brønden og løber dels gravimetrisk. Først blev der suget af det spildevand, som løber gravimetrisk til brønd. Da tanken var fyldt ca. en tredjedel, tvangsåbnedes først spildevandspumperne fra stråleterapien, og derefter pumperne fra sydbygningen/hovedkompleks, der afleder ca. 2/3 af alt spildevandet fra hospitalet. Rigshospitalets tekniske personale havde samme dag forud for opsamlingen slukket for spildevandspumperne kl. 8, således at morgens spildevand indtil kl. 9.30 var opsamlet i pumpesumpene.

6.2 MBR-teknologi

Et MBR(Membran BioReaktor)-anlæg er i princippet et aktiv slam renseanlæg, hvor separationen af det rensede spildevand fra det aktive slam foretages ved membranfiltrering i stedet for ved sedimentation som i et konventionelt anlæg. De biologiske processer i det aktive slam i et MBR-anlæg er grundlæggende set de samme som i et konventionelt anlæg.

MBR-teknologien har en række fordele sammenlignet med konventionel aktiv slam teknologi. Specielt kan peges på:

- Fuldstændig kontrol med separationen af aktiv slam fra det rensede vand, således at afløbsvandet (permeatet) altid har et meget lavt indhold af suspenderet stof (typisk <1 mg SS/l)
- Partikler ned til mindre end 1 µm tilbageholdes af membranen. Da bakterier typisk er omkring 1 µm eller større, betyder dette, at rensning i MBR-anlæg resulterer i en betydelig grad af desinfektion
- MBR-teknologien kræver langt mindre plads end et konventionelt biologisk renselanlæg, hvilket har stor betydning, hvis der skal etableres plads til renseteknologi på eksisterende hospitaler, og når der skal afsættes plads ved nybygning
- Erfaringer viser, at fjernelsesgraden for organiske mikroforureninger – som f.eks. østrogenlignende stoffer og visse lægemiddelstoffer – er højere for MBR-anlæg end for konventionelle renselanlæg. Her har lang slamalder og høj slamkoncentration en væsentlig betydning
- Det lave indhold af suspenderet stof og bakterier i rensat MBR-vand nedsætter risikoen ved kloakarbejde tæt på hospitaler, hvor der er etableret MBR-teknologi
- Fraværet af suspenderet stof i rensat MBR-vand betyder, at effektiviteten af eventuelle efterfølgende poleringsprocesser øges betydeligt
- Koncentrationen af slam i procestankene kan øges betydeligt i forhold til konventionelle aktiv slam anlæg, hvorved der kan opnås en tilsvarende kapacitetsforøgelse for stoffjernelse. Lang slamalder og høj slamkoncentration resulterer i bedre tilbageholdelse/nedbrydning af lægemiddelstoffer. Dertil kommer en mindre slamproduktion, og dermed skal der anvendes færre ressourcer til slamhåndtering sammenlignet med konventionelle aktiv slam anlæg
- MBR-anlægget, der testes i dette projekt, er tryksat, hvilket muliggør, at luftemissioner kan opsamles og behandles centralt. Dette betyder, at eventuelle lugtgener og spredning af bakterier via luften kan kontrolleres

MBR-teknologien har også ulemper i forhold til konventionel teknologi, hvoraf de væsentligste er:

- Højere energiforbrug for MBR-anlæg end for konventionelle anlæg, idet der til filtreringsprocessen kræves energi til processer, der skal reducere tendensen til tilstopning af membranerne (returskylning)
- Et generelt problem ved al membranfiltrering er, at membranerne med tiden stopper til (fouler). Membranerne skal derfor renses fra tid til anden, og dette reducerer driftstiden og dermed den hydrauliske kapacitet for anlægget. Renseprocedurerne kan endvidere være relativt komplicerede, med deraf følgende ekstra tidsforbrug til styring og overvågning

- Til rensning af membraner anvendes bl.a. klorin. Kloring anvendes i mange andre sammenhænge til rensning og desinfektion, f.eks. i svømmebade og ved drikkevandsforsyning. Principielt anses kloring imidlertid ofte for uønsket, idet der er risiko for dannelse af toksiske klorerede forbindelser
- Flowet af rensset vand pr. m² membran-areal (flux) kan typisk kun øges i nogen grad (50-100%) og typisk kun i kortere perioder (10-20 timer). Hvis et MBR-anlæg skal dimensioneres til at imødegå store variationer i døgnflowet, skal der inkluderes en vis overkapacitet

Fjernelsen/nedbrydningen af lægemiddelstoffer i MBR-anlæg vil være stærkt afhængig af de enkelte lægemiddelstoffers kemisk/fysiske egenskaber, og derfor vil det være vigtigt at have kendskab til, hvilke af de prioriterede lægemiddelstoffer, der vil være til stede i MBR-behandlet spildevand, og hvilke stoffer der efterfølgende kan fjernes/nedbrydes/inaktiveres ved hjælp af poleringsteknologier (såsom AOP).

Fjernelse af lægemidler i MBR-anlæg er knyttet til sorption til slam (adsorption og absorption) og tilbageholdelse ved hjælp af membranerne samt bionedbrydning.

MBR-teknologi er – som ovenfor beskrevet – en fordelagtig teknologi som ”end-of pipe” løsning og som forbehandlingsteknologi forud for anvendelse af avancerede processer (AOP). I dette projekt viderebehandles MBR-behandlet spildevand med bl.a. AOP (se kapitel 7).

6.3 Testprocedure for MBR-pilotforsøg på samlet spildevand

MBR-pilotanlægget på Bjerringbro Renseanlæg blev anvendt til rensning af hospitals-spildevand (jf. beskrivelsen i afsnit 8.1). Anlægget blev i en indkøringsfase fødet med spildevand fra Bjerringbro Renseanlæg (knap to uger). Dernæst blev der fra tankbilen tilført spildevand fra Rigshospitalets samlede afløb. Tilførslen af hospitalsspildevand skete ad to omgange. Første tilførsel skete d. 6. maj, og d. 19. maj startede den anden tilførsel af hospitalsspildevand, som var oppumpet dagen før ved Rigshospitalet.

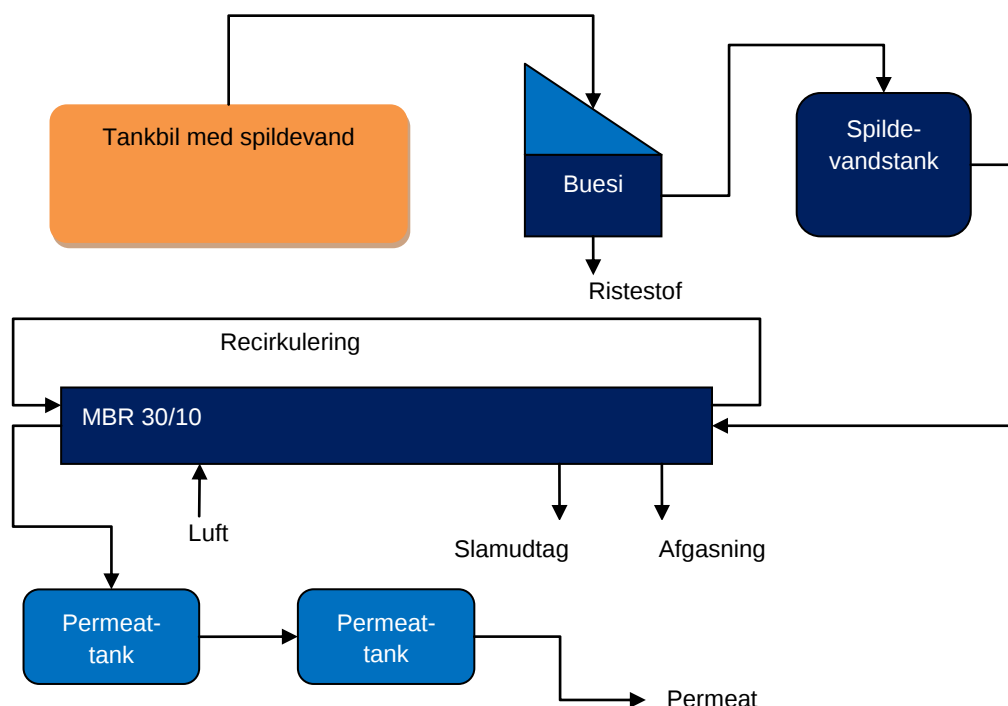
Driften af pilotanlægget var således inddelt i tre perioder:

Driftsperiode 1: Kommunalt spildevand: fra d. 24. april til d. 6. maj 2010

Driftsperiode 2: Første batch med hospitalsspildevand fra d. 6. maj til d. 19. maj 2010

Driftsperiode 3: Anden batch med hospitalsspildevand fra d. 19. maj til d. 21. maj 2010

Et flow diagram for MBR-anlægget (BioBooster) er vist i Figur 6-2. MBR-anlægget bestod af et rør med et volumen på 0,37 m³, og membranarealet var på i alt 3,75 m². Inden det urensede spildevand blev tilledt MBR-anlægget, passerende det en simpel 1 mm buesi. Ristestoffet blev bortskaffet som affald. I Tabel 8-1 er anført de planlagte driftsbetingelser for anlægget. Returskylningen af anlægget sker med 4 l permeat hvert andet minut. Forbruget af returskyllevand er således 120 l/h, mens recirkuleringen af slam over anlægget sker med et flow på 1,5 m³/h.



Figur 6-2 Flowdiagram af MBR-pilotanlæg.

Formålet med at rense rå hospitalsspildevand i et MBR-anlæg var ved en korttidstest at undersøge den biologiske fjernelse af lægemiddelstoffer og efterfølgende gennemføre laboratorietest (bl.a. AOP-behandling) med det rensede spildevand (permeatet), se kapitel 0.

6.3.1 Prøvetagningsprogram

Ved starten af den første driftsperiode fra d. 24. april 2010 udtog Grundfos BioBooster A/S dagligt prøver i indløb og udløb, der blev analyseret for COD, COD_{fil}, Total-N, NH₄-N, NO₃-N, Total-P og PO₄-P. Desuden blev slamkoncentrationen (SS) analyseret i MBR-anlægget. De daglige analyser foregik helt frem til afslutningen af testforløbet d. 22. maj 2010 (se Tabel 6-1).

Et vigtigt led i overvågningen af MBR-anlægget under drift var etablering af et system til online-måling og datalogning, der sikrede dataopsamling døgnet rundt. Der blev monteret datalogger (Aquamonitor) til opsamling af realtidsmålinger for flow, ilt, pH, temperatur samt tryk på indløbs- og udløbssiden.

Data blev i perioden fra d. 29. april til d. 22. maj 2010 logget med en frekvens på fem sekunder, hvorefter der skete en midling af data over fem minutters intervaller. Én gang i døgnet blev data batchvis overført via GSM til DIMS-databasen hos DHI. DIMS (Dynamic Integrated Monitoring System) er et softwaresystem designet til at håndtere realtidsdata. Efter den daglige dataoverførsel var der mulighed for at vurdere anlæggets drift den foregående dag.

I den sidste driftsperiode fra d. 19. maj 2010, hvor der var opnået stabil drift med nitrifikation, startede udtagningen af prøver fra indløb og udløb (permeat) på MBR-anlægget, som skulle dokumentere anlæggets drift og renseeffektivitet.

Alle prøver blev udtaget som stikprøver sammensat af tre delprøver. Oplysninger om prøvetagningstidspunkt, -sted og analyselaboratorium fremgår af Tabel 6-1. Analyseparametrene var overordnet set inddelt i online-målinger, almindelige spildevandsparametre, abiotisk hæmning, mikrobiologiske parametre og lægemiddelstoffer. Der blev udført screeningsundersøgelser for indholdet af lægemiddelstoffer i indløbet og udløbet. Lægemiddelstofferne blev analyseret af to laboratorier: Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) og Umeå universitet. En liste over de enkelte stoffer, som blev analyseret af hvert af de to laboratorier, er vist i Bilag F.

Tabel 6-1 Oversigt over online-målinger, udtagne prøver og analyseparametre for MBR-anlæg.

Parametre	Analyse-sted/laboratorium	Dato	Antal prøver og monitoringssted
Online-målinger: Ilt (permeat), Ilt (slam), pH, temperatur, tryk ind/ud, TMP	On-site MBR-anlæg (DHI)	29. april- 22. maj 2010	Logning hvert 5. minut
Flow	On-site MBR-anlæg (DHI)	6.-12. maj og 17.-23. maj 2010	Logning hvert 5. minut
COD, COD _{filt} , Total-N, NH ₄ -N, NO ₃ -N, Total-P, PO ₄ -P	Grundfos BioBooster A/S	24. april-22.maj 2010	29 indløbs- og udløbsprøver
SS	Grundfos BioBooster A/S	24. april-22.maj 2010	29 slamprøver
COD, BOD, NVOC, Total-N, Total-P, chlorid, alkalinitet	Eurofins	20. og 21. maj 2010	3 indløbs- og udløbsprøver
Antibiotisk hæmning	Rigshospitalet	20. og 21. maj 2010	3 indløbs- og udløbsprøver
Kimtal, coliforme og termotolerante coliforme bakterier	Eurofins	20. og 21. maj 2010	3 indløbs- og udløbsprøver
<i>E. coli</i> , coliforme og enterokokker samt resistente	DHI	20. maj 2010	3 indløbs- og udløbsprøver
Lægemiddelstoffer	IUTA	20. og 21. maj 2010	3 indløbs- og udløbsprøver
Lægemiddelstoffer	Umeå universitet	20. og 21. maj 2010	3 indløbs- og udløbsprøver
MBR-renset vand til laboratorietest	DHI	20. maj 2010	Udløb

Ved afslutningen på driften af MBR-anlægget blev der i udløbet udtaget i alt 120 l rensed spildevand, som efterfølgende blev anvendt til test af efterpoleringsmetoder hos DHI og Lunds universitet (se resultater af analyser i kapitel 9).

7 INTRODUKTION TIL POLERINGSTEKNOLOGIER TIL MBR-FORBEHANDLET HOSPITALSSPILDEVAND OG URIN

7.1 Valg af teknologi

For at kunne udvælge de mest relevante teknologier til nedbrydning af lægemidler i det MBR-behandlede hospitalsspildevand og det separerede urin er det vigtigt at tage hensyn til de fysiske og kemiske egenskaber af såvel lægemiddelstofferne som de udvalgte vandtyper. Langt de fleste af de lægemiddelstoffer, der er i fokus i forhold til spildevandsudledningen på bl.a. Rigshospitalet og Hvidovre Hospital, er karakteriseret ved at være relativt store molekyler med en høj andel af aromatiske og hetero-aromatiske ringstrukturer, som i større eller mindre grad er substitueret med funktionelle grupper (e.g. OH, NH₂ og lignende) samt en betydelig andel af andre umættede alifatiske og funktionelle stofgrupper (se Bilag E med strukturformler for udvalgte lægemidler).

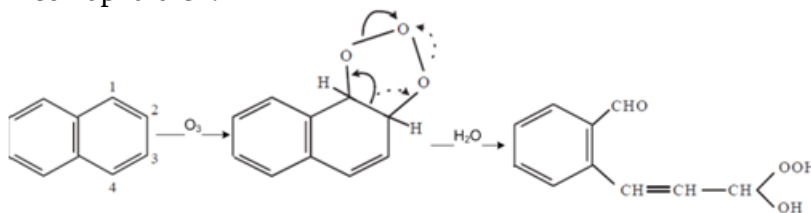
Disse karakteristika bevirker en høj reaktivitet af lægemidlerne med oxidationsmidler, hvorfor kemiske oxidationsteknologier, herunder specielt ozonering og avancerede oxidationsprocesser AOP, er særdeles relevante teknologier. Oxidationsmidler med mindre reaktivitet; men som har håndterings- og prismæssige fordele frem for ozon og avanceret oxidation har dog vist sig at kunne oxidere mange lægemidler, og specielt klordioxid har vist sig anvendeligt. Derudover bevirker den høje andel af aromatiske strukturer i lægemiddelmolekylerne, at lægemiddelstofferne i større eller mindre grad er hydrofobe og dermed besidder sorptionsegenskaber, hvorfor aktiv kul teknologi også er en relevant teknologi.

Sammenfattende er det således med baggrund i lægemidlernes fysisk-kemiske egenskaber valgt at gennemføre laboratorieafprøvninger af ozonering, avanceret oxidations teknologi, oxidation med klordioxid samt aktiv kul teknologi med henblik på at belyse effektiviteten af lægemiddelfjernelse i MBR-behandlet hospitalsspildevand og separeret urin. En kort uddybning af de udvalgte teknologiers virkningsmekanismer i forhold til fjernelse af lægemiddelstofferne fremgår af det følgende.

7.1.1 Ozonering

Ozon er et kraftigt oxidationsmiddel, der er bredt anvendt indenfor vandbehandling til både desinfektion og oxidation af organisk stof. Ozon vil i forhold til behandling af MBR-behandlet hospitalsspildevand og separeret urin primært reagere som molekyler opløst ozon (O₃) (se afsnit 7.2.1 om ozons kemi i vand). Dette medfører primært elektrofille reaktioner med molekyler strukturer med høj elektrontæthed, hvilket netop karakteriserer de aromatiske og umættede alifatiske strukturer, der indgår i mange lægemidler (se Bilag E). Disse reaktioner fører typisk til ringsprængning og dannelse af alifatiske reaktionsprodukter indeholdende funktionelle grupper af aldehyd og carboxylsyrer.

Som eksempel på denne reaktionstype er der i Figur 7-1 vist ozons initielle reaktion med naphthalen:



Figur 7-1 Elektrofilt angreb af ozon på den ene aromatiske ring i naphthalen (Chen et. al., 2002).

Oxidation af organisk stof med ozon er således selektiv og ofte ufuldstændig med reaktionsprodukter, der dog ofte er letnedbrydelige. Ozonering forventes derfor ikke at føre til en fuldstændig fjernelse af lægemidlerne men vil ændre den kemiske struktur og dermed formentlig deres lægemiddelaktivitet og muligvis også forbedre bionedbrydeligheden, så det behandlede vand uden problemer kan udledes til det kommunale renseanlæg.

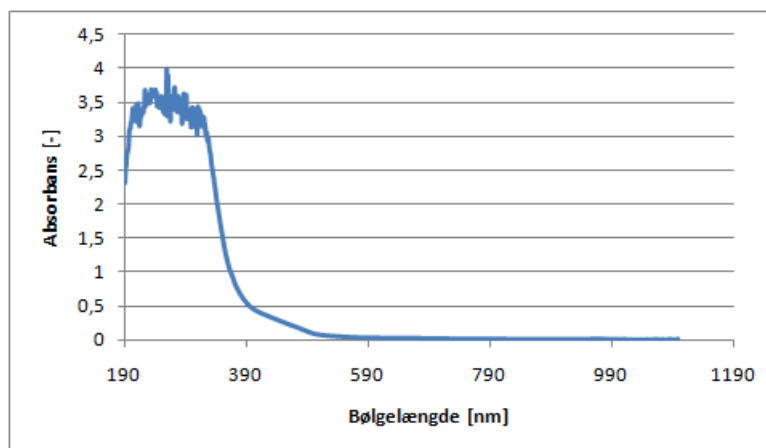
7.1.2 Avancerede Oxidations Processer

Avancerede oxidations processer (AOP) er blandt de mest lovende vandbehandlingsteknologier til fjernelse af svært nedbrydelige stoffer herunder lægemidler fra vand. Alle AOP-processer er karakteriseret ved en specifik nedbrydningsvej, der omfatter dannelsen af hydroxylradikaler ($\text{OH}\cdot$), som er ekstremt reaktive, og som hurtigt og uselektivt angriber langt de fleste organiske stoffer med reaktionshastigheder af samme størrelsesorden, hvorfor de er særdeles velegnet til behandling af hospitalsspildevand med en kompleks sammensætning af lægemiddelstoffer. Hydroxylradikalerne virker som initiator for en kæderække af radikalreaktioner, der kan føre til fuldstændig nedbrydning af det organiske stof til CO_2 og vand, hvilket dog ofte er dyrt og unødvendigt. Hydroxylradikalernes initielle reaktion med organisk stof sker via to primære mekanismer i.e. ved hydrogen abstraktion og/eller OH-addition og efterlader herved et organisk radikal som – ved tilstedeværelse af opløst ilt (O_2) – reagerer videre i en kæderække af oxidationsreaktioner, og som en konsekvens heraf bliver de organiske molekyler til stadighed omdannet til mindre og simple organiske molekyler.

Der findes en række kemiske og fotokemiske reaktionssystemer til dannelse af hydroxylradikaler, og valget af den mest relevante proces vil afhænge af den givne vandtypes fysisk-kemiske egenskaber og sammensætning. I forbindelse med valget af den mest relevante AOP-proces til behandling af separeret urin og MBR-behandlet hospitalsspildevand er der lavet en karakteristik af den indsamlede urin i forhold til parametre der er relevante for effektiviteten af AOP-processer (se Tabel 7-1 og Figur 7-2).

Tabel 7-1 Fysisk-kemiske egenskaber af urin.

Parameter	Enhed	Værdi
pH	-	6,0
Ledningsevne	mS/cm	22
Alkalinitet	meq/l	14,6
Klorid	mg/l	2.900
COD	mgO_2/l	9.200
NVOC	mgC/l	5.000
BI_5	mgO_2/l	2.300
Total-N	mgN/l	3.400
Total-P	mgP/l	170



Figur 7-2 Lysabsorptionsspektrum af urin.

I forhold til valg af AOP-teknologi til laboratorieafprøvningen er det væsentligt at bemærke, at lysabsorptionsspektret viser en meget høj absorbans i hele UV-området, hvorfor anvendelse af UV-baserede oxidationsprocesser ikke vil være energimæssigt attraktivt. Endvidere er det værd at bemærke, at det organiske stofindhold (TOC) er relativt højt, hvilket kan forhøje driftsøkonomien for en AOP-proces, idet en væsentlig del af de dannede radikaler vil forbruges af det øvrige organiske stof, herunder især urea, der udgør omkring 80% af TOC, hvorimod lægemidlerne, der alle er i koncentrationer i $\mu\text{g/l}$ området, kun vil udgøre en meget lille del af det samlede indhold af organisk stof. Det vil således være afgørende for effektiviteten og driftsøkonomien af en AOP-proces til fjernelse af lægemidler i urin, at reaktionshastighederne mellem lægemidlerne og hydroxylradikalerne er højere end hydroxylradikalernes reaktion med det øvrige organiske stof. Alkaliniteten i det separerede urin er ligeledes høj, hvilket også kan have en negativ indflydelse på driftsøkonomien, idet såvel bikarbonat som karbonat er kendte for at reagere med hydroxylradikaler under dannelse af ikke-reaktive uorganiske radikaler.

Med baggrund i urinkarakteristikken er den mest relevante AOP-proces til laboratorieafprøvningen kombinationen af ozon og hydrogenperoxid ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$) dog med den forventning at driftsøkonomien for at fjerne lægemidlerne i det separerede urin vil være høj på grund af det høje indhold af organisk stof. Det skal desuden bemærkes, at den mest relevante AOP til laboratorieafprøvningen på det MBR-behandlede vand kunne være en anden, idet karakteristikken af dette vand vil være en anden, men af hensyn til forsøgsdesignet er det også her valgt at afprøve $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ processen.

Klordioxid er ikke helt så kraftigt et oxidationsmiddel som ozon. Det har bred anvendelse indenfor vandbehandling til desinfektion, hvor det i modsætning til klorgas ikke danner trihalometaner ved normal anvendelse. Klordioxid vil i forhold til behandling af MBR-behandlet hospitalsspildevand og separeret urin reagere som molekylært opløst ozon (se afsnit 7.2.1 om ozons kemi i vand) idet klordioxid ikke som ozon danner radikaler. Oxidation af organisk stof med klordioxid er således selektiv og ofte ufuldstændig med reaktionsprodukter der dog ofte er letnedbrydelige. Som for ozonering forventes derfor ikke at oxidationen fører til en fuldstændig fjernelse af lægemidlerne; men til ændring af den kemiske struktur og dermed formentlig deres lægemiddelaktivitet. Desuden forventes en forbedret bionedbrydelighed så det behandlede vand uden problemer kan afledes til det kommunale renseanlæg.

7.1.3 Aktiv kul

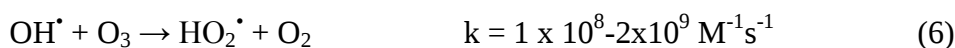
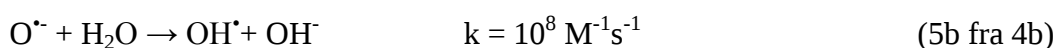
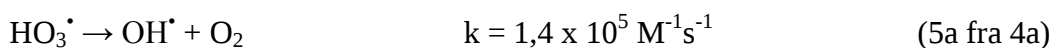
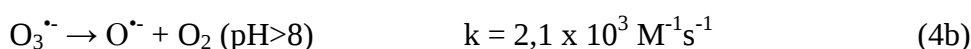
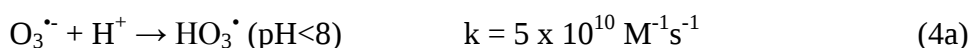
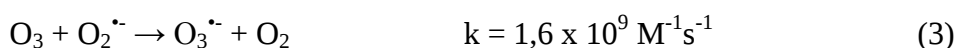
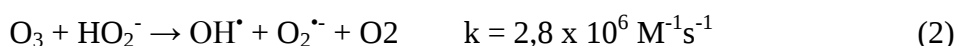
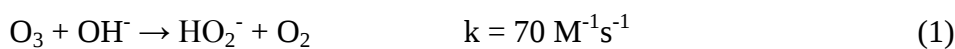
Aktiv kul har igennem en lang årrække været benyttet til vandbehandling indenfor forskellige områder herunder forurennet grundvand til fjernelse af miljøfremmede stoffer. Aktiv kul virker generelt ved adsorption, der er en proces, hvor opløste stoffer overføres fra væsken til en fast overflade. Adsorptionsprocesser kategoriseres typisk i henholdsvis kemisorption og fysisorption, hvor kemisorption kan betragtes som en proces, hvor der dannes en (kovalent) binding mellem det opløste stof og overfladen, mens fysisorption beskriver en proces, hvor stoffet tiltrækkes overfladen ved svagere (van der Waals) kræfter eller hydrogenbindinger. I forhold til de fysiske-kemiske egenskaber af lægemidlerne er det forventeligt, at fysisorption vil være den dominerende fjernelsesmekanisme, men kemisorption forventes også at kunne spille en rolle på grund af de mange funktionelle grupper på lægemiddelstofferne. En ulempe ved aktiv kul er, at der ved opbrugt adsorptionskapacitet skal håndteres et restprodukt, hvilket kan være omkostningstungt. Desuden vil der ved den komplekse sammensætning af lægemidler være konkurrence om de aktive adsorptionssites på det aktive kul, hvorfor fjernelseseffektiviteten af lægemidlerne vil variere fra stof til stof afhængig af de fysiske-kemiske egenskaber af det enkelte stof.

7.2 Procedure for laboratorietest af ozon og ozon-brintperoxid

Formålet med laboratorieafprøvningsne af ozon og ozon-brintperoxid processerne til nedbrydning af lægemidler i separeret urin og MBR-behandlet hospitalsspildevand er at tilvejebringe et solidt datagrundlag til at kunne foretage en teknisk og økonomisk vurdering af en fuldskala implementering af de to teknologier i de to applikationer. For at kunne lave et fornuftigt forsøgsdesign med de ozonbaserede oxidationsprocesser er det afgørende at tage udgangspunkt i den grundlæggende kemi for ozon i vandig opløsning samt i kemien bag ozon-brintperoxid processen.

7.2.1 Grundlæggende ozonkemi i vandig opløsning og ozon-brintperoxid processen

Oxidationsprocesser, der involverer ozon, er ret komplekse, fordi kun en del af den tilførte ozon reagerer som opløst molekylær ozon, mens en anden del dekomponerer til særdeles reaktive sekundære oxidanter i form af hydroxylradikaler (den reaktive oxidant i AOP-processer), og disses reaktionsprodukter kan yderligere accelerere dekomponeringen af den opløste ozon. Den tilførte ozon forbruges således som følge af både direkte reaktioner af opløst molekylær ozon og af radikale kædereaktioner med opløste organiske stoffer i væsken. Dekomponeringen af ozon til hydroxylradikaler forløber efter følgende kædereaktioner:



Dekomponeringen af ozon til hydroxylradikaler er styret af pH, og ved nærneutrale forhold ($\text{pH} < 7,5$) vil langt det meste ozon reagere som opløst molekylær ozon, hvilket fremgår af Reaktion 1. Under neutral og sure forhold vil Reaktion 1 således kun forløbe i begrænset udstrækning, og ozon vil primært reagere i sin molekylære form. Den avancerede oxidations proces, der består af kombinationen af ozon og brintperoxid, kaldes for peroxone processen. Af ovenstående reaktioner ses effekten af at kombinere ozon med brintperoxid, idet brintperoxids konjugerede base (HO_2^-) (Reaktion 2) accelererer ozons dekomponering til hydroxylradikaler. Ved at tilsætte brintperoxid vil ozon således omdannes til hydroxylradikaler, og derfor vil der ske en øget nedbrydning af det organiske stof i spildevandet. Teoretisk set skal masseforholdet mellem brintperoxid og ozon være $0,35 \text{ gH}_2\text{O}_2/\text{gO}_3$, men i praksis doseres brintperoxid i svagt overskud ($0,45 \text{ g/g}$) for at sikre, at alt ozon dekomponerer via den radikale nedbrydningsvej og dermed sikre en maksimal dannelse af hydroxylradikaler.

7.2.2 Reaktioner af ozon og hydroxylradikaler med organiske stoffer

Som nævnt i afsnit 7.1.1 vil reaktionshastigheden af ozon med opløste organiske stoffer være afhængig af den molekylære struktur af det organiske stof, og opløst molekylær ozon er i den sammenhæng en meget selektiv oxidant, der primært reagerer med elektronrige strukturer i form af kulstof-kulstof dobbelt- og trippelbindinger samt aktiverede aromatiske strukturer. På grund af den selektive oxidation af ozon med forskellige molekylære organiske strukturer vil ozon reagere med forskellige hastigheder med forskellige stoffer, og typisk modelleres reaktionskinetikken som en to-step proces med hurtige og langsomme processer.

Hydroxylradikaler er derimod relativt uselektive i deres reaktioner med organisk stof men udviser dog generelt højere reaktionshastigheder med stoffer indeholdende de samme molekylære strukturer, som den molekylære ozon reagerer med (von Sonntag 2008, von Sonntag, 2007). Reaktionshastighederne for hydroxylradikalerne er også generelt flere faktorer større end reaktionshastighederne for molekylær ozon med de samme stoffer.

7.2.3 Testopstilling

Testopstillingen til laboratorieafprøvningen af ozon og ozon-brintperoxid processerne er skitseret på Figur 7-3.



Figur 7-3 Testopstilling for ozon og ozon-brintperoxid laboratorieafprøvning.

Ozon produceres af en ozongenerator – LAB2B fra Triogen Ltd med en kapacitet på 0-10 gO₃/h ved tilførsel af ren ilt. I ozongeneratoren er der indbygget gasflowmåler og reguleringsventil for gasflow. Ozonproduktion varieres med et justerbart ampere-input til korona udladningsrøret samt med det indkomne gasflow. Den ozonholdige gas tilføres vandprøven via en glas-keramisk diffusor monteret i bunden af reaktionskolonnen, der er fremstillet af glas. Koncentrationen af ozon i den ozonholdige gas måles ved hjælp af UV-spektrofotometri under anvendelse af en molær absorptionskoefficient for ozon ved 254 nm på 3000 M⁻¹cm⁻¹. Vandprøven cirkuleres kontinuerligt over reaktionskolonnen med et minimumflow på 30 l/h. I cirkulationsflowet er der desuden monteret en sensor til måling af opløst ozon med et målerange fra 0-10 mg/l opløst ozon. Indløbs- og udløbsventilerne er fremstillet som to-vejs glasventiler med teflon-huse, og ved disse udtages prøver til løbende analyse af udvalgte proces- og vandkvalitetsrelaterede parametre. Hydrogenperoxid doseres ved hjælp af en doseringspumpe med en doseringsrate tilpasset ozontilførslen, således at der fastholdes et bestemt masseforhold mellem brintperoxid og ozon.

7.2.4 Testprocedure

Ozonforsøgene gennemføres ved at tilføre ozon til vandprøven ved en fast tilførselsrate (g ozon/h). For at kunne differentiere mellem hurtige og langsomme ozonreaktioner tilpasses tilførselsraten, så det er muligt at bestemme vandprøvens initielle ozonforbrug. Det initielle ozonforbrug er defineret som den ozonmængde, der skal tilføres vandprøven for at opnå en målbar opløst ozonkoncentration (1 mg/l). Ved fortsat tilførsel af ozon vil reaktionerne mellem ozon og de opløste organiske stoffer være langsomme, og der vil observeres en gradvist stigende opløst ozonkoncentration, indtil der opnås ligevægt mellem tilførsel og det ozonforbrug, som forårsages af den øvrige vandmatrix (ozons naturlige henfaldsrate).

Sideløbende med målingerne af ozon i gas og væske blev der under forsøget løbende udtaget prøver til måling af TOC, UV-absorbans ved 254 nm (ABS254) og pH for at følge nedbrydningsforløbet.

For forsøgene med ozon kombineret med brintperoxid fastholdes en konstant tilførselsrate af ozon, og hydrogenperoxid doseres ved hjælp af en doseringspumpe med en doseringsrate, der er tilpasset ozontilførselsraten. På denne måde kan hydrogenperoxid doseres i let overskud i forhold til det teoretiske forhold. Det vil ved disse forsøg ikke være muligt at detektere opløst ozon i vandfasen, hvorfor nedbrydningen vil blive fulgt ved løbende målinger af hydrogenperoxid, TOC, UV-absorbansen ved 254 nm (ABS254) og pH. Hydrogenperoxid måles spektrofotometrisk efter metode beskrevet af Bader *et al.*, 1988. De eksperimentelle betingelser for ozon og ozon-hydrogenperoxid forsøgene gennemført på såvel MBR-behandlet hospitalsspildevand og separeret urin fremgår af Tabel 7-2.

Tabel 7-2 Forsøgsbetingelser samt procesmålinger for ozon og ozon-hydrogenperoxid forsøg.

Parameter	Ozonforsøg	Ozon-hydrogenperoxid forsøg
Oxidanter		
Ozondosering (g/h)	3	3
Hydrogenperoxid dosering (g/h)	-	1,4
Målinger		
Ozon i gas (mgO ₃ /NI) og væske (mgO ₃ /l)	Online kontinuerligt	Online kontinuerligt
TOC (mgC/l)	Diskret	Diskret
Absorbans v. 254 nm (cm ⁻¹)	Diskret	Diskret
pH (-)	Diskret	Diskret
Prøvetagning lægemiddelanalyse	Diskret	Diskret

7.3 Procedure for oxidation med klordioxid

Formålet med laboratorieafprøvningerne af klordioxid til nedbrydning af lægemidler i MBR-behandlet hospitalsspildevand og separeret urin er at bedømme, om der herved kan opnås tilstrækkelig reduktion af lægemidlerne lettere og billigere end med ozon og ozon-brintperoxid. Forsøgsdesignet er betydeligt enklere, idet klordioxid er relativt letopløseligt i vand, således at der enkelt kan gennemføres forsøg i de forskellige medier med klordioxid i overskud. Da klordioxid ikke som ozon danner radikaler, er det i højere grad evnen til at oxidere specifikke kemiske forbindelser herunder lægemidler i spildevand/urin, som bestemmer effektiviteten af behandlingen. Det skal dog noteres, jf. Tabel 7-1, at urins indhold af organisk stof er højt, således at der er behov for at dosere klordioxid flere gange under behandlingen. Tabel 7-3 viser procesmålinger og prøvetagning for klordioxidforsøg. Under forsøgets gang kontrolleres koncentrationen løbende, således at der kan doseres klordioxid efter behov. Prøverne fra behandling med klordioxid af urin og rensat spildevand analyseres kun i Umeå.

Tabel 7-3 Procesmålinger og prøvetagning for klordioxidforsøg.

Parameter	Klordioxidforsøg
Oxidanter	
Klordioxiddosering	Diskret efter behov
Målinger	
Klordioxid i vandfasen (mg/l)	Diskret
Prøvetagning lægemiddelanalyse	Diskret

7.3.1 Testopstilling og procedure

Testopstillingen til laboratorieafprøvningen af klordioxid består ganske enkelt i en beholder med testmedie, hvortil der doseres klordioxid under langsom omrøring. Klordioxiden doseres fra en stamopløsning med høj koncentration. Restkoncentrationen af klordioxid måles med mellemrum, og supplerende dosering sker efter behov.

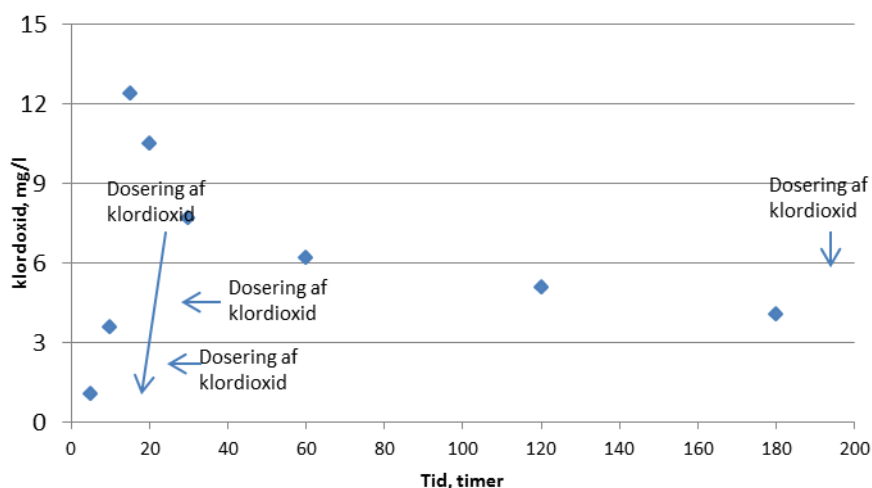
Varigheden af behandlingen afhænger af, hvordan et eventuelt behandlingssystem tænkes etableret. Desuden indgår ønsket om at fastslå, hvilke lægemidler der overhovedet kan reduceres, og hvor vidtgående en reduktion der kan opnås i valget. Hvis det herefter viser sig, at processen er attraktiv, kan der efterfølgende relativt enkelt gøres supplerende forsøg med optimering af processen.

Ved undersøgelsen af anvendelsen af klordioxid til reduktion af lægemidler i biologisk rensset spildevand er der tale om en relativ stor vandmængde, således at behandlingstiden og dermed reaktionsvoluminet for et eventuelt fuldskalaanlæg får betydning, selv om der stadig for et større hospital er tale om relativt begrænsede volumener. For Hvidovre Hospital er der således opgjort en samlet daglig vandføring på 70 m³. Der er derfor ikke behov for nogen bredere undersøgelse af reaktionstidens betydning. Da klordioxid forventes at reagere hurtigt med de lægemidler, som kan oxideres, sker undersøgelse med klordioxid i overskud med prøveudtagning efter 15 minutter og 120 minutters reaktionstid, således at oxidationsmidlets umiddelbare og optimale virkning er kortlagt.

For et system med behandling af indsamlet urin er der ikke behov for en egentlig optimering af reaktionsvoluminerne, idet der er tale om så små mængder, at alene valg af økonomisk optimal dosis er interessant. For Hvidovre Hospital er fundet, at der dagligt forventes opsamlet 3,72 m³ urin. En praktisk måde at håndtere klordioxiddosering vil være at have to tanke med alternerende drift. Efter opsamling i 1 døgn tilsættes klordioxid, og opsamlingen flyttes til den anden tank. Efter 24 timers reaktionstid tømmes tanken og er klar til en fornyet opsamling. Det er uden betydning, om reaktionen er afsluttet efter 2, 10 eller 18 timer. I forsøgene gennemføres dog supplerende prøvetagning finansieret af forskningsprogrammet MistraPharma for at vurdere proceshastighederne.

I begge tilfælde er udført forforsøg, hvor klordioxidforbruget i rensset spildevand/urin er kortlagt, således at det sikres, at hovedforsøget sker med en doseringsstrategi, hvor klordioxid har været i overskud i hele forløbet. Figur 7-5 viser resultatet af et sådant forforsøg for urin. Det ses, at klordioxidkoncentrationen er lav allerede efter 5 minutter, og det blev derfor besluttet, at der ved de egentlige forsøg doseres to gange så hurtigt efter hinanden, som det går at kontrollere klordioxidkoncentrationen. Desuden blev klordioxidkoncentrationen i stamopløsningen forhøjet. For det rensede spildevand er indholdet af organisk stof så lavt, at der kun er behov for at tilsætte klordioxid ved behandlingens start. For urinen er klordioxidforbruget i løbet af 18 timer ca. 700 mg/l urin. For rensset spildevand blev det tilsvarende behov bestemt til ca. 60 mg/l.

I en eventuel driftssituation vil det nødvendige klordioxidbehov blive nærmere bestemt i lyset af, hvilke lægemidler der ønskes reduceret og ikke nødvendigvis svarende til spildevandets maksimale forbrug, idet lægemidlerne kun udgør en brøkdel af det oxiderbare organiske stof.



Figur 7-4 Forforsøg til at kortlægge klordioxidforbruget i urin.

7.4 Procedure for laboratorietest af aktiv kul

For forsøgene med aktiv kul har formålet været at demonstrere denne teknologis evne til at fjerne lægemidlerne i det opsamlede urin og det MBR-behandlede hospitalsspildvand og med baggrund heri at lave et groft overslag over investerings- og driftsomkostninger for en fuldskala implementering. Der er forinden laboratorietestene taget kontakt til de internationalt set to største leverandører af aktiv kul til vandbehandling (Norit og Calgon Carbon) med henblik på at vælge de mest egnede typer kul til fjernelse af lægemidlerne i de to vandmatricer. Fra Norit er der således modtaget en pulverkulstype med benævnelsen 830W og fra Calgon Carbon er der modtaget en pulverkulstype med benævnelsen Filtrasorb F400.

Der er til forsøgene valgt en relativ simpel testprocedure, som har omfattet sammenblanding af vandprøverne med de to aktiv kulstyper i tre forskellige koncentrationer i blue-cap flasker (tre koncentrationer pr. kulstype), hvorefter disse er placeret på rystebord i 48 timer for at opnå ligevægt mellem stofkoncentrationen i væskefasen og stofkoncentrationen på kuloeverfladen. Efter de 48 timer er kullet separeret fra det behandlede vand ved filtrering gennem et 1 µm glasfiberfilter (GF-C) og herefter frosset ned inden afsendelse til lægemiddelanalyse. Et billede af vand-kul blandingerne på rystebordet er vist på Figur 7-5.



Figur 7-5 Rystebord med blanding af MBR-behandlet hospitalsspildevand og aktiv kul.

De eksperimentelle betingelser for aktiv kul forsøgene gennemført på MBR-behandlet hospitalsspildevand og separeret urin fremgår af Tabel 7-3.

Tabel 7-3 Forsøgsbetingelserne for aktiv kul forsøgene med MBR-behandlet hospitalsspildevand og urin.

	Aktiv kul koncentration		
MBR-behandlet hospitalsspildevand	150 mg/l	300 mg/l	450 mg/l
Separeret urin	1 g/l	5 g/l	10 g/l

Koncentrationen af aktiv kul i forsøgene med det MBR-behandlede hospitalsspildevand er valgt på baggrund af erfaringer fra en svensk undersøgelse om lægemiddelstoffer i Stockholms vandmiljø (Wahlberg *et al.*, 2010). Den højere aktiv kul koncentration i forsøgene med urin er valgt dels ud fra de højere lægemiddelkoncentrationer samt den endnu højere baggrundskoncentration af organisk stof.

8 RESULTATER FRA TEST AF MBR-FORRENSNING AF SAMLET SPILDEVAND

8.1 Drift af MBR-anlæg, driftskontrol og online-målinger

Testen af MBR-anlægget var på grund af projektets tidsmæssige og økonomiske rammer tilrettelagt som en korttidstest, hvor der ikke sker en fuldstændig tilpasning af de mikroorganismer, som deltager i den biologiske nedbrydning af lægemidler. Derfor var det hensigten, at driften af MBR-anlægget i den periode, hvor prøvetagningen skulle finde sted, svarede til driften af et traditionelt dansk aktiv slam anlæg med en lavere slamkoncentration og kortere slamalder end hvad der vil være normalt for et MBR-anlæg. Slambelastningen var i prøvetagningsperioden $0,11 \text{ kg BOD/kg SS} \cdot \text{d}$, og slamalderen blev reduceret gennem udtagning af 180 l slam i 2. driftsperiode. Den egentlige slamalder er vanskelig at bestemme for så kort en driftsperiode. De overordnede driftsparametre er vist i Tabel 8-1.

Den forholdsvis lave slamkoncentration i MBR-anlægget (10 kg SS/m^3) sammenlignet med slamkoncentrationen, der vil være til stede i et MBR-anlæg under normal drift, var begrundet i ønsket om, at adsorptionen af pludseligt tilførte lægemiddelstoffer ikke resulterede i en forhøjet adsorption og dermed en urealistisk fjernelsesgrad alene baseret på adsorption. Det var derfor tilsigtet, at der havde indstillet sig en ligevægt, hvorved slammet på det nærmeste var blevet mættet, inden prøverne til analyse for lægemidler blev udtaget.

MBR-anlæg af den type, der er anvendt her, vil under normal drift have en betydelig længere slamalder og slamkoncentrationen vil som nævnt også være højere. Inden for dette projekt var der imidlertid ikke mulighed for en langvarig driftsperiode (3-4 måneder) med konstant tilførsel af hospitalsspildevand, og derfor kan der ikke forventes at være sket en tilpasning af mikroorganismene. Driftsbetingelserne for omsætning af lægemiddelstoffer har således været konservativt sat, og dette skal tages med ved vurderingerne af MBR-anlæggets fjernelseseffektiviteter for lægemiddelstoffer.

Alt andet lige vil en længere slamalder forøge fjernelseseffektiviteten (Schröder *et al.* 2010). Absorption skyldes hydrofobe interaktioner mellem alifatiske/aromatiske grupper i lægemiddelstoffer og fedt, der er til stede i slam eller lipofile cellemembraner (Carballa *et al.* 2005). Adsorption er forårsaget af elektrostatiske kræfter mellem positivt ladede grupper i opløste forbindelser og den negativt ladede overflade af mikroorganismer. Upolære lægemiddelstoffer adsorberer til biomassen og vil derfor blive fjernet.

Polære lægemiddelstoffer adsorberer ikke, og derfor vil de kun i begrænset omfang fjernes med biomassen eller blive nedbrudt (kan ikke adsorbere til mikroorganismernes lipofile overflade. Göbel *et al.*, 2007 har studeret fjernelse af lægemidler i MBR-anlæg og traditionelle aktive slam anlæg og har konkluderet, at adsorptionen af lægemiddelstoffer udgør mindre end 6% af fjernelsen. Men hvis slamkoncentrationen i MBR-anlægget øges, vil tilbageholdelsen af lægemiddelstoffer øges. Membranerne tilbageholder slam men ikke lægemiddelstoffer, da membranernes cut-off værdi er 100.000 Da, mens lægemiddelstoffernes molekylvægt typisk ligger under 1.000 Da. Fjernelsesgrader for lægemiddelstofferne i hospitalsspildevandet er i øvrigt beskrevet i kapitel 9.

I den sidste driftsperiode – efter at der var opnået stabil drift med nitrifikation – blev der udtaget prøver til analyse for lægemiddelstoffer. I 2. og 3. driftsperiode blev anlægget overvåget med online-sensorer, og i alle tre driftsperioder udtog Grundfos BioBooster A/S prøver til analyse for spildevandsparametre. Disse prøver blev analyseret ved hjælp af spektrofotometriske hurtigmetoder for COD og udvalgte kvælstofkomponenter (jf. Tabel 8-1). I 3. driftsperiode blev der tillige udført akkrediterede analyser hos Eurofins af spildevandsparametre og en række mikrobiologiske parametre. Sidstnævnte resultater fremgår af Figur 8-3. Tidsserierplot af COD og udvalgte kvælstofkomponenter er vist i Figur 8-2 og Figur 8-3.

Tabel 8-1 Resultater fra driftskontrol på MBR-anlæg.

Parameter	Enhed	Målsætning	1. periode Kommunalt spildevand	2. periode Hospitals- spildevand 1	3. periode Hospitals- spildevand 2
Periodelængde	d		13	12	3
Flow	m ³ /d	2,5-3		2,2	2,2
COD _{ind}	kg/m ³	0,300	0,352	0,884	0,543
BOD _{ind}	kg/m ³			0,290	0,178
COD _{ud}	kg/m ³		0,054	0,059	0,059
BOD _{ud}	kg/m ³			0,013	0,013
Slamkoncentration	kg SS/m ³	8 (10-12)	13,4	9,6	10,0
Hydraulisk opholdstid	h			4,2	4,2
Slambelastning	kg BOD/kg SS d			0,18	0,11
Slamudtag	l	15 l/d	30	180	0
Slamproduktion	kg SS/d			0,101	
Slamalder	d	15			35

Det var hensigten at opnå en slamalder på ca. 15 døgn. I løbet af de tre driftsperioder blev der udtaget slam fra MBR-anlægget d. 23. april, d. 6. maj og d. 18. maj 2010. Udviklingen i slamkoncentrationen og tidspunkter for udtagning af slam fra MBR-anlægget fremgår af Figur 8-1.

Driftsperioden med hospitalsspildevand har været for kort til, at slamalderen kan fastlægges præcist. Det er ikke muligt at afgøre, hvor lang en periode den producerede (udtagne) slammængde skal relateres til.

Tabel 8-2 Middelværdier af spildevandsparametre målt i spildevand ind og ud (permeat) af MBR-anlægget i de tre driftsperioder.

	1. periode		2. periode		3. periode	
	Ind mg/l	Ud mg/l	Ind mg/l	Ud mg/l	Ind mg/l	Ud mg/l
COD	346	55	710	60	477	52
COD _{filt}	112	58	159	61	226	33
Total-N	27	15	68	28	74	23
NH ₄ -N	18	6,0	49	20,8	54	0,6
NO ₃ -N	0,7	4,9	0,7	4,2	0,5	10,1
Total-P	5,2	0,8	15,1	8,2	12,6	13,9
PO ₄ -P	2,5	1,1	9,3	8,4	9,6	12,5
Slam i MBR-anlæg	13.500		9.590		10.030	

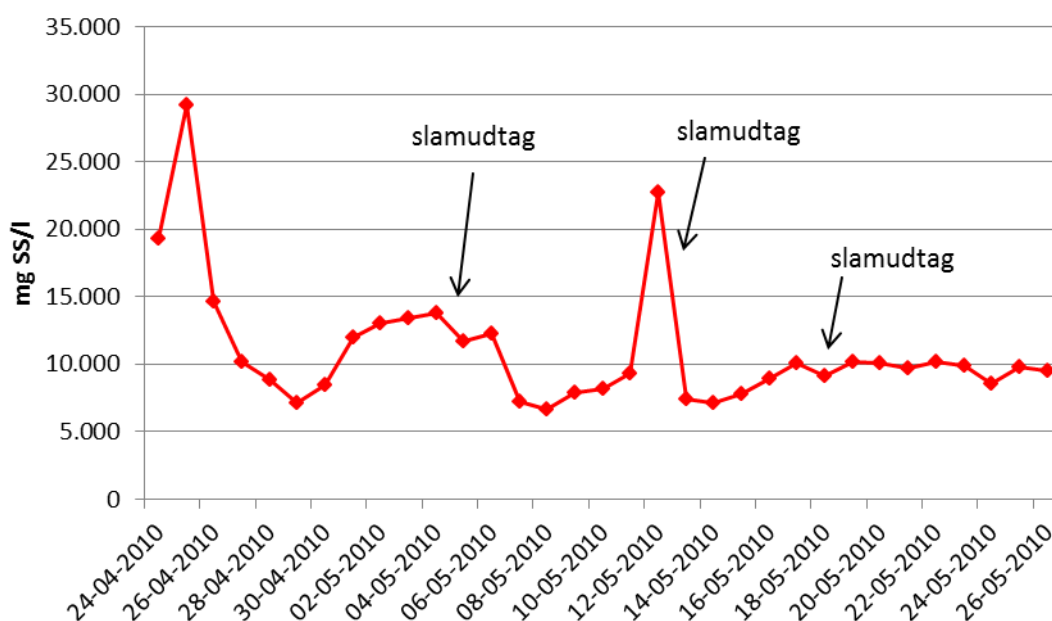
Da der ved en korttidstest ikke kan forventes at ske tilpasning af mikroorganismene i MBR-anlægget, var det vigtigt, at pilotanlægget blev drevet under forhold – specielt hvad angår slamkoncentrationen – der svarer til danske biologiske renseanlæg.

Ved at holde slamkoncentrationen nede mindskes adsorptionen af lægemiddelstoffer til slammet, og alt i alt resulterer det i et konservativt scenarium, hvor MBR-anlæggets renseseffektivitet ikke overvurderes.

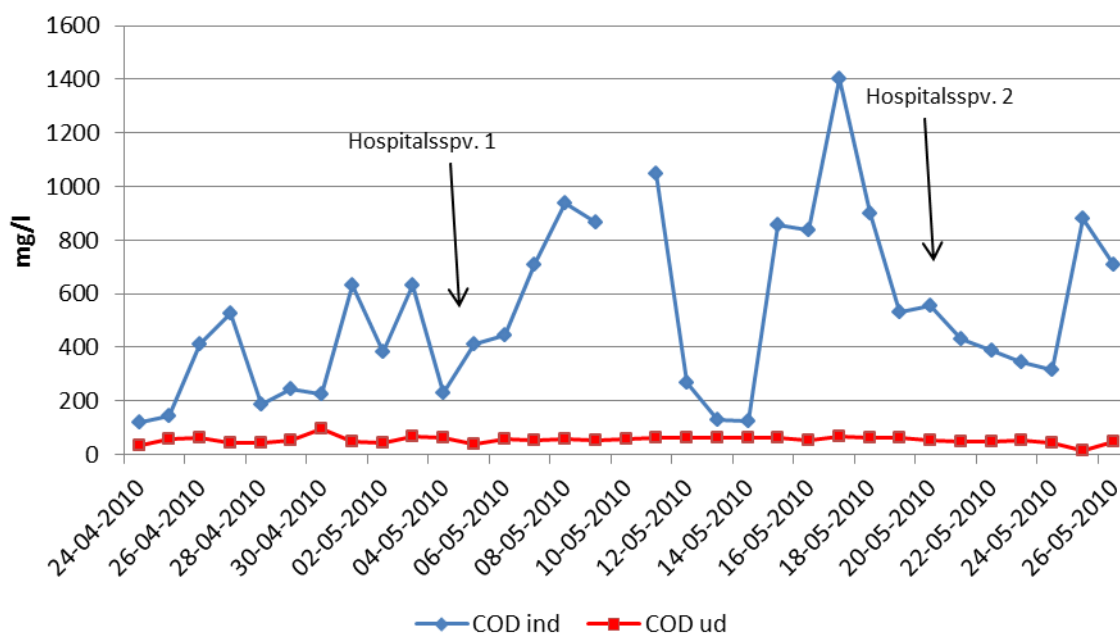
8.1.1 1. driftsperiode

Den første driftsperiode begyndte d. 24. april 2010, hvor MBR-anlægget blev tilført slam fra aktiv slam tanken på Bjerringbro Renseanlæg. Det var planen, at anlægget under indkøringsfasen skulle tilføres 2,5-3 m³ spildevand/døgn fra Bjerringbro Renseanlæg, og at der ca. tre gange om ugen skulle udtages ca. 25 l slam med henblik på at opnå en slamalder på ca. 15 døgn og en slamkoncentration på ca. 8 kg/m³. I den første driftsperiode varierede SS-koncentrationen mellem 7 og 14 kg SS/m³. De meget høje slamkoncentrationer i begyndelsen skyldtes problemer med recirkuleringen.

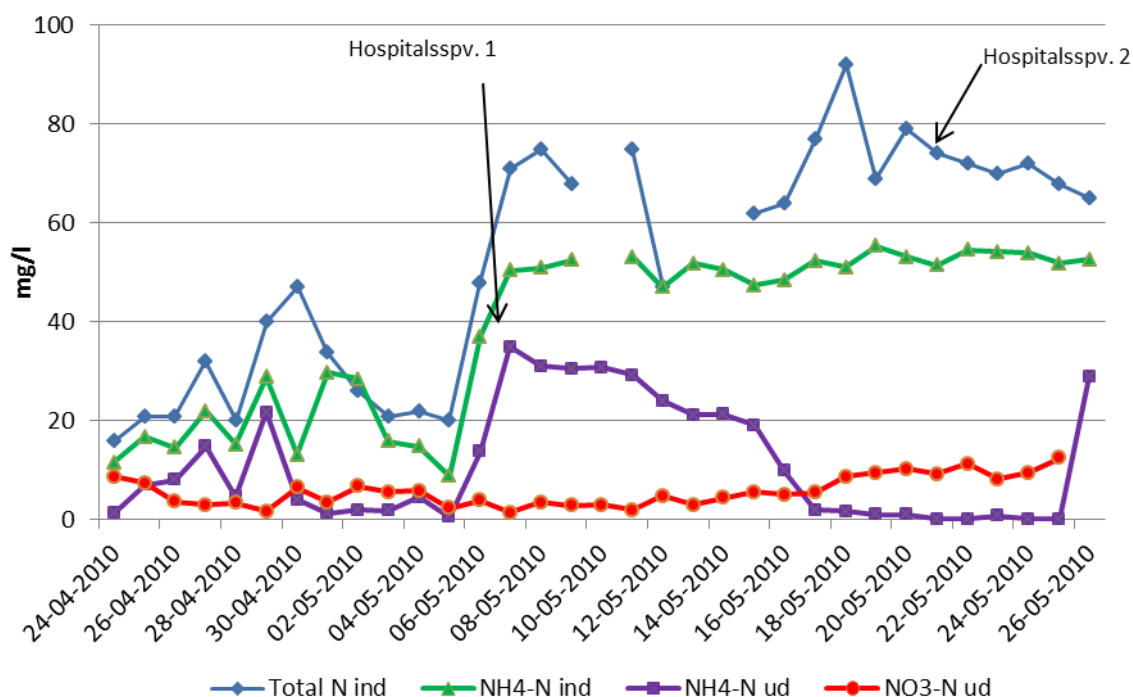
Resultaterne fra analyse af COD og udvalgte kvælstofkomponenter er vist i Figur 8-2 og Figur 8-3, hvoraf det fremgår, at COD-koncentrationen i 1. driftsperiode varierede mellem 120 mg/l og ca. 600 mg/l, mens koncentrationerne i permeatet varierede mellem 30 og 70 mg/ og således viste god fjernelse af organisk stof.



Figur 8-1 Udviklingen i SS-koncentrationen i MBR-anlægget med angivelse af tidspunkter for slamudtag (5., 13. og 19. maj 2010).



Figur 8-2 Udviklingen i COD-koncentrationen i indløb og i permeatet fra MBR-anlægget i perioden fra d. 24. april til d. 21. maj 2010. Der blev tilført nyt slam til MBR-anlægget d. 24. april 2010. Ad to omgange henholdsvis d. 6. og d.18. maj 2010 blev der tilført hospitalsspildevand.



Figur 8-3 Udviklingen i kvælstofkomponenter i indløb og permeatet fra MBR-anlægget i perioden fra d. 22. april til d. 22. maj 2010. Der blev tilført nyt slam til MBR-anlægget d. 24. april 2010. Ad to omgange henholdsvis d. 6. og d.18. maj 2010 blev der tilført hospitalsspildevand.

Variationerne i COD-koncentrationerne i indløbet afspejler vanskelighederne med at holde det urensede spildevand total opblandet. Ammoniumkoncentrationen (se Figur 8-2) i permeatet viste, at MBR-anlægget i slutningen af 1. periode (1. maj) begyndte at nitrificere.

Slamkoncentrationen var i slutningen af 1. periode ca. 11 kg SS/m³ og således lidt højere end målet, der var sat til 8 kg SS/m³. Den gennemsnitlige slamkoncentration var for hele 1. periode 13,4 kg/m³. Den 5. maj 2010 blev der udtaget 30 l slam med en SS-koncentration på 11,7 kg SS/m³. Alt i alt var slamudtaget mindre end planlagt (15 l/d svarende til 200 l) for hele 1. periode. Hvilket resulterede i en længere slamalder end forudsat.

8.1.2 2. driftsperiode

Den 6. maj 2010 påbegyndtes tilførslen af hospitalsspildevand til MBR-anlægget. Samtidig blev der etableret online-måling for følgende parametre: Flow, pH, temperatur, iltkoncentration (slam og permeat) samt tryk for indløb og udløb. Dermed var der mulighed for løbende at kontrollere driften og eventuelt korrigere flow, lufttilførsel, m.m.

Tilførslen af hospitalsspildevand resulterede i en stigning i COD-koncentrationen i tilløbet fra 400 mg/l og op til 900 mg/l – på enkelte dage op til 1.400 mg/l. Det samme var tilfældet med ammoniumkoncentrationen. Hen mod slutningen af 2. driftsperiode kom der igen gang i nitrifikationen, idet ammoniumkoncentrationen i permeatet faldt fra ca. 20 til ca. 1 mg N/l i perioden fra d. 15. maj til d. 18. maj 2010. Den gennemsnitlige slamkoncentration var i hele 2. periode 8,1 kg/m³.

Som det fremgår af Figur 8-1, var den hydrauliske opholdstid for 2. og 3. periode 4,2 timer, mens slambelastningen i 2. periode var 0,18 kg BOD/kg SS · d. Der blev udtaget 180 l slam, der er relateret til 2. og 3. periode, hvilket giver en slamproduktion på 0,101 kg SS/d under forudsætning af, at SS var 1 mg SS/l i permeatet. Det samlede flow i perioden fra d. 5. til d. 22. maj var 33 m³.

8.1.3 3. driftsperiode

Den 19. maj 2010 indledtes den 3. driftsperiode med tilførsel af en ny portion hospitalsspildevand afhentet på Rigshospitalet d. 18. maj 2010. MBR-anlægget var på det tidspunkt kommet ind i en stabil driftsperiode med nitrifikation og god fjernelse af organisk stof (se Figur 8-2). I denne periode blev der gennemført et omfattende prøvetagningsprogram (se afs.6.3.1).

Den 17. maj 2010 skete der en stigning i NO₃-N, og samtidig var ammoniumkoncentrationen i permeatet lav, hvilket viste, at nitrifikationen var godt i gang. Analyserne af alkaliniteten i indløbet og permeatet viste et forbrug af alkaliniteten, som endnu en indikation af nitrifikation. Den 21. maj 2010 var alkaliniteten i indløbet 11,6-11,7 mmol/l og i permeatet 6,79-7,17 mmol/l (se tabel i Bilag D). Slambelastningen var for perioden med intensiv prøvetagning 0,18 kg BOD/kg SS · d. BOD-koncentrationen er beregnet ud fra forholdet mellem COD og BOD målt i prøver udtaget d. 20 og d. 21. maj 2010 (se Bilag D).

Den 20. og d.21. maj 2010 blev der udtaget i alt tre sæt prøver til analyser for COD, BOD, NVOC, Total-N, Total-P samt alkalinitet og chlorid i indløbet og udløbet (permeatet). Analyseresultaterne er præsenteret som minimum-, maksimum- og middelværdier i Tabel 8-3. Desuden er reduktionen af de enkelte parametre vist i tabellen. Alle analyser blev udført af Eurofins, og data fra analyserne fremgår af Bilag D.

Tabel 8-3 Minimum-, maksimum- og middelværdier af organiske parametre, næringssalte samt alkalinitet og chlorid målt i indløbet og i permeatet fra MBR-anlægget d. 20 og d. 21. maj 2010. Desuden er reduktionen opgivet som et interval fundet ud fra reduktionen beregnet på sammenhørende prøvetagninger i indløb og af permeatet. Koncentrationerne i husspildevand gælder for moderat forurenede spildevand.

Parameter	Enhed	Indløb			Ud (Permeat)			Reduktion interval %	Husspildevand (Henze et al. 1992)
		Minimum	Maksimum	Middel	Minimum	Maksimum	Middel		
COD	mg/l	420	450	436	43	45	44	89-90	530
BOD	mg/l	140	150	143	2,8	14	10	91-98	250
NVOC	mg/l	110	120	117	17	18	17	85-86	180
Total-N	mg/l	62	68	63	16	20	18	68-75	50
Total-P	mg/l	12	13	13	13	17	15	-8-(-31)	16
Alkalinitet	mmol/l	5,75	11,7	9,7	6,79	7,17	6,93	-19-41	6-14
Chlorid	mg/l	330	350	340	340	360	350		360

Koncentrationen af organisk stof i hospitalsspildevandet var lavere end i moderat koncentreret husspildevand (16% lavere for COD og 50% for BOD). Omvendt var koncentrationen af Total-N ca. 25% højere end koncentrationerne i husspildevand. Koncentrationen af Total-P svarede til koncentrationen i husspildevand.

Parameteren NVOC er medtaget, fordi den efterhånden er blevet udbredt i forbindelse med karakterisering af spildevand. Koncentrationen i husspildevand er typisk 180 mg/l, og dermed ligger koncentrationen i hospitalsspildevandet ca. 35% under koncentrationen i husspildevand. Forklaringen på, at den anden portion hospitalsspildevand var mindre koncentreret end forventet, kan måske være, at opblandingen i tanken, hvorfra spildevandet blev pumpet, ikke har været fuldstændig.

Renseeffektiviteten for organisk stof (COD og BOD) svarede til de renses effektiviteten, der kan opnås på avancerede renseanlæg med næringssaltfjernelse. Som tidligere beskrevet, nitrificerede MBR-anlægget i den 3. driftsperiode, og dette resulterede i ammoniumfjernelse (se Figur 8-3), men da MBR-anlægget ikke denitrificerede, forblev koncentrationen af Total-N i permeatet høj. Middelværdien var 18 mg Total-N/l i permeatet, der kan sammenlignes med det almindelige krav på 8 mg Total-N/l til udledning af rensede spildevand til vandområder.

I driften af MBR-anlægget var ikke inkluderet P-fjernelse, og derfor er de beregnede fjernelsesgrader nærmere et udtryk for usikkerheden i prøvetagningen og analyseusikkerhed, end det er et udtryk for den faktiske fjernelse/tilførsel (se Tabel 8-2 og Tabel 8-3).

Ved nitrifikationsprocessen forbruges alkalinitet. Af Tabel 8-3, fremgår at alkaliniteten som forventet er mindre i permeatet end i indløbet. Hvad der er årsagen til den lave alkalinitet i indløbet d. 21. maj 2010 på 5,75 mmol/l, er uklart. Hvis alkaliniteten er ved at slippe op, kan der ske et fald i pH. Online-målingerne af pH i MBR-anlægget viste, at pH i perioden fra d. 30. april til d. 21. maj 2010 svingede mellem 6,5 og 7,4. Det optimale pH for nitrifikation ligger mellem 8 og 9. Hvis pH er under 7,5, hæmmes nitrifikationen, og derfor kan nitrifikationen have været reduceret i 2. og 3. driftsperiode.

Chlorid-koncentrationen var i middel 340 mg/l i indløbet og i permeatet 350 mg/l, hvilket svarer til koncentrationen i husspildevand.

8.2 Mikrobiologiske parametre

For at få et overblik over den mikrobiologiske kvalitet af spildevandet i indløb og permeat fra MBR-anlægget samt fjernelsesgraden, blev der udført analyser af kintal ved 22°C, coliforme bakterier og termotolerante coliforme bakterier. Resultaterne af analyserne, der blev udført af Eurofins, er alle vist i Bilag D, og i Tabel 8-4 er resultaterne vist som minimum-, maksimum- og middelværdier. Desuden er fjernelsesgrader anført i tabellen.

Tabel 8-4 Minimum-, maksimum- og middelværdier af mikrobiologiske parametre analyseret af Eurofins i prøver udtaget d. 20. og 21. maj 2010. Reduktionen er baseret på analyser udført på prøver udtaget samtidigt i indløb og permeat.

Parameter	Enhed	Ind			Permeat			Reduktion interval %
		Minimum	Maksimum	Middel	Minimum	Maksimum	Middel	
Kimtal v. 22°C	CFU/ml	1.000.000	8.300.000	3.100.000	12.000	13.000	13.000	98,70-99,86
Coliforme bakterier	ant./100ml	60.000	1.700.000	663.000	240	340	307	99,60-99,98
Termotolerante coliforme bakterier	ant./100ml	20.000	230.000	193.000	<1	330	137	99,86-99,99

Kimtallet er et udtryk for det totale antal bakterier, der er fundet ved dyrkning ved 22°C. Coliforme bakterier forekommer typisk i overfladevand, på planter, i de allerøverste jordlag samt i tarmkanalen hos mennesker, fugle og alle dyr. Tilstedeværelse af termotolerante coliforme bakterier (herunder *Escherichia coli* (*E. coli*)) indikerer frisk fækalforurening fra mennesker og dyr. Coliforme og termotolerante coliforme bakterier er ofte sygdomsfremkaldende.

Badevandsdirektivet (Europa Parlamentet, 2006) indeholder bl.a. krav til indholdet af *E. coli* i kyst- og overgangvande. Hvis badevandet skal betegnes som ”udmærket”, må det maksimalt indeholde 250 *E. coli*/100 ml, og skal badevand betegnes som ”godt”, må indholdet maksimalt være 500 *E. coli*/100 ml. Resultaterne viser, at det rensede vand i forhold til *E. coli* vil kunne overholde kravene til godt badevand.

8.3 Resistente bakterier og antibiotisk effekt

Der blev gennemført to resistensundersøgelser – udført af henholdsvis DHI og Rigshospitalet. Undersøgelsen udført af DHI var baseret på pladespredning og tælling af kolonier på plader med antibiotika i bestemte koncentrationer. Resistensbestemmelser udført på Rigshospitalet blev gennemført som E-test, og metoden er beskrevet i Bilag E.

Undersøgelserne blev gennemført som et led i at skabe et overblik over andelen af resistente bakterier i spildevand fra hospitalet. Spildevandet fra Rigshospitalet blev i DHI undersøgelsen karakteriseret med hensyn til indholdet af udvalgte bakterier og deres resistens over for en række udvalgte antibiotika. Efter rensning i MBR-anlægget blev spildevandet på tilsvarende vis karakteriseret med hensyn til indholdet af *E. coli*, coliforme bakterier og enterokokker samt deres resistens over for sulfamethoxazol, ciprofloxacin, gentamicin, cefuroxim (*E. coli* og coliforme bakterier) og vancomycin (enterokokker).

I Bilag D (DHI undersøgelsen) findes to protokoller: ”Protokol for bestemmelse af resistens mod sulfamethoxazol, ciprofloxacin, gentamicin og cefuroxim hos suspekte *E. coli* og coliforme” og ”Protokol for bestemmelse af resistens med vancomycin hos suspekte enterokokker”. Desuden er der sidst i bilaget en række kommentarer der væsentligst vedrører vanskeligheder ved identifikation af de talte bakteriekolonier på agarpladerne. Der er brugt betegnelsen ”suspekte”, når de talte bakteriekolonier ikke efterfølgende har været verificeret.

Følgende koncentrationer af antibiotika blev anvendt i agarpladerne til dyrkning af suspekte *E. coli* og coliforme bakterier:

Sulfamethoxazol 1.024 µg/l
 Ciprofloxacin 3 mg/l
 Gentamicin 10 mg/l
 Cefuroxim 16 mg/l

Ved bestemmelse af vancomycin-resistens hos enterokokker blev anvendt følgende koncentration:

Vancomycin 8 µg/l

Tabel 8-5 viser alle resultaterne fra analyser af *E. coli*, coliforme bakterier og enterokokker bestemt i prøver udtaget før og efter rensning i MBR-anlægget. Sammenlignet med resultaterne for total coliforme bakterier bestemt af Eurofins (se Tabel 8-4 og Tabel 8-6) blev der fundet ca. 6 gange så mange coliforme bakterier ved DHI's analyser sammenlignet med analyserne udført af Eurofins. Forklaringen kan være forskelle i det vækstmedium, der har været anvendt. Desuden kan eventuelle forskelle i inkubationstemperatur og -tid have haft indflydelse. Den væsentligste forskel mellem de to mikrobiologiske metoder er dog sandsynligvis, at der ved DHI analysen var inkluderet suspekte coliforme bakterier, og at disse ikke efterfølgende er blevet verificeret som coliforme bakterier.

Tabel 8-5 Antallet af *E. coli*, coliforme bakterier og enterokokker i prøver taget i indløb og udløb fra MBR-anlægget. Alle tre prøver (1,2,3) blev udtaget d. 20. maj 2010 om formiddagen.

Antal/ml	Total <i>E. coli</i>	Total coliforme	Total enterokokker
Indløb 1	1.500	150.000	43.000
Udløb 1	<5	27	180
Indløb 2	4.500	110.000	43.000
Udløb 2	<5	10	170
Indløb 3	2.600	100.000	37.000
Udløb 3	<5	18	63
Reduktion %	>99,83	99,98	99,66

Fjernelsesgraderne for de mikrobiologiske parametre lå mellem 99,66% og 99,98%, hvilket svarer til et effektivt aktivt slam anlæg med næringsstoffjernelse (se Tabel 8-5).

Som tidligere nævnt indeholder Badevandsdirektivet (Europa Parlamentet, 2006) krav til indholdet af *E. coli* i badevand i kyst- og overgangvande – kravene er nævnt i Tabel 8-6. Desuden er der krav til indholdet af enterokokker. Hvis badevandet skal betegnes som ”udmærket”, må det maksimalt indeholde 100 enterokokker/100 ml, og skal badevand betegnes som ”godt”, må indholdet maksimalt være 250 enterokokker/100ml.

Samtlige badevandskvalitetskrav er vist i Tabel 8-6 sammen med mikrobiologiske analyseresultater.

Kravene til badevandskvaliteten i indvande er mindre restriktive (se Tabel 8-6). Endvidere skal det bemærkes at kravoverholdelse altid skal ses i forhold til den specifikke fortynding, som sker ved udledning til et konkret vandområde.

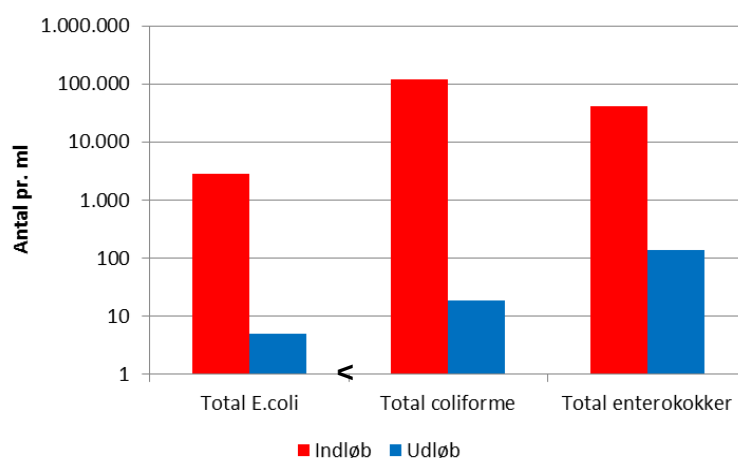
Tabel 8-6 Koncentrationer af *E. coli*, coliforme bakterier og enterokokker målt i udløbsprøver fra MBR-anlæg samt Badevandsdirektivets kvalitetskrav til badevand.

	Enhed	<i>E. coli</i>	Coliforme bakterier	Enterokokker
1. udløbsprøve DHI	antal/ml	<5	27	180
2. udløbsprøve DHI	antal/ml	<5	10	170
3. udløbsprøve DHI	antal/ml	<5	18	63
Middelværdi	antal/ml	<5	18	138
Middelværdi	antal/100 ml	<500	1.800	13.800
Middelværdi af 3 udløbsprøver analyseret af Eurofins	antal/100 ml		310	
Krav kystvande udmærket	antal/100 ml	250 ¹⁾		100 ¹⁾
Krav kystvande god	antal/100 ml	500 ¹⁾		200 ¹⁾
Krav kystvande tilfredsstillende	antal/100 ml	500 ²⁾		185 ²⁾
Krav indvande udmærket	antal/100 ml	500 ¹⁾		200 ¹⁾
Krav indvande god	antal/100 ml	1.000 ¹⁾		400 ¹⁾
Krav indvande tilfredsstillende	antal/100 ml	900 ²⁾		330 ²⁾

1) Ud fra en vurdering af 95% fraktilen.

2) Ud fra en vurdering af 90% fraktilen.

Resultaterne for *E. coli* viser, at det rensede vand vil kunne overholde kravene til godt badevand i kystområder. Ved klassificeringen af badevand skal kravene for både *E. coli* og enterokokker være opfyldt. DHI's bestemmelse af enterokokker viste forhøjede koncentrationer af enterokokker sammenlignet med badevandskvalitetskravene. Da også suspekterte enterokokker indgik i de præsenterede resultater, og de dannede kolonier efterfølgende ikke har været verificeret, er der stor sandsynlighed for, at der har været andre bakterier til stede på agarpladerne. De specifikke enterokokker udgjorde en delmængde af de suspekterte enterokokker, men som nævnt vil det kræve en rendyrkning af de dannede kolonier for at verificere andelen af specifikke enterokokker.

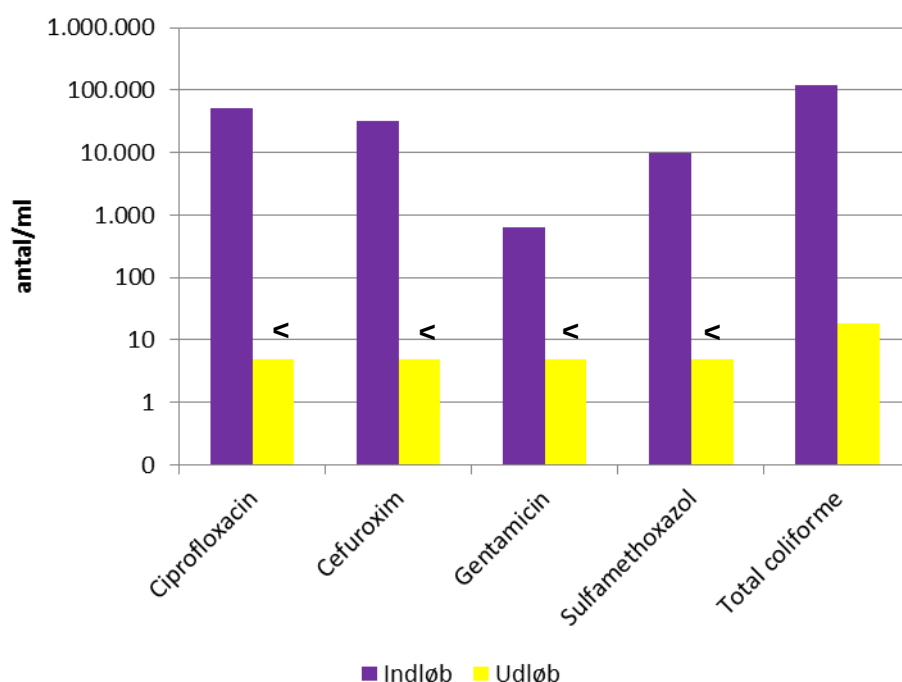


Figur 8-4 Bestemmelse af antallet af *E. coli*, coliforme bakterier og enterokokker i indløb til MBR-anlægget og i udløbet (permeatet). Figuren er baseret på tre sæt prøver og analyser. Figuren viser middelværdierne. "<" angiver at værdien er under detektionsgrænsen.

I Tabel 8-7, Tabel 8-8 og Tabel 8-9 er vist resultaterne af bestemmelse af antallet af udvalgte resistente *E. coli*, coliforme bakterier og enterokokker. Resultaterne er tillige vist i Figur 8-5, Figur 8-6 og Figur 8-7.

Tabel 8-7 Middelværdier af tre bestemmelser af det totale antal coliforme bakterier og resistente coliforme bakterier i indløb og udløb fra MBR-anlægget. Alle prøver blev udtaget d. 20. maj 2010. Desuden er vist andelen af resistente coliforme bakterier og reduktionsprocenten.

Antal/ml	Ciprofloxacin	% resistente	Cefuroxim	% resistente	Gentamicin	% resistente	Sulfamethoxazol	% resistente	Total Coliforme bakterier
Indløb	50.667	42	31.333	26	650	1	9.667	8	120.000
Udløb	<5	-	<5	-	<5	-	<5	-	18
Reduktion %	>99,99	-	>99,98	-	>99,23	-	>99,95	-	>99,98

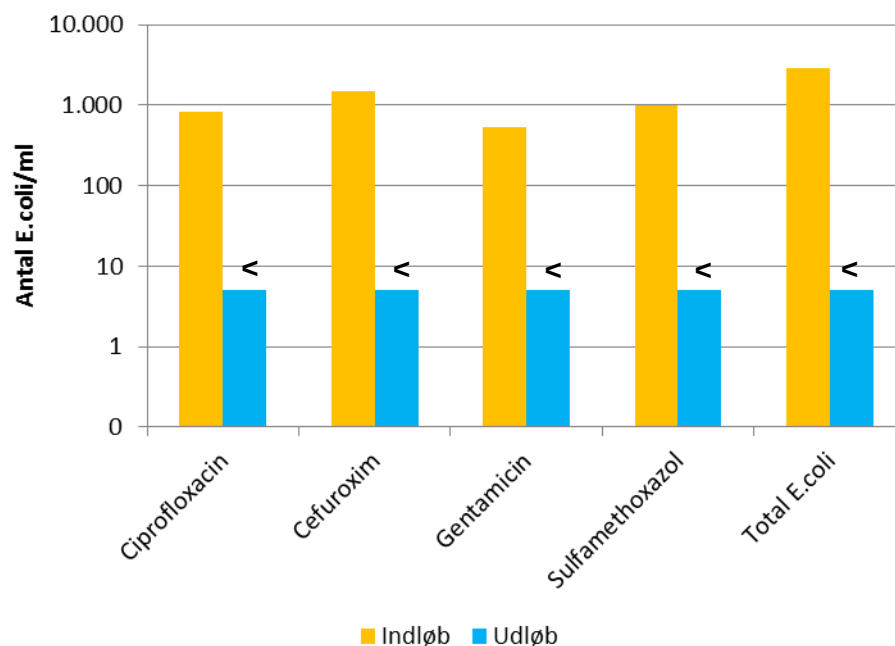


Figur 8-5 Resistente coliforme bakterier i indløb til MBR-anlægget og i udløbet (permeatet). Total antal coliforme bakterier er vist til sammenligning. Figuren er baseret på tre sæt prøver og tilhørende analyser. Figuren viser middelværdierne "<" angiver at værdien er under detektionsgrænsen.

For de resistente coliforme bakterier var andelen af ciprofloxacin-resistente den højeste med 42%, og som forventet var andelen lavest for gentamicin, hvor det registrerede antal resistente bakterier var under detektionsgrænsen. Reduktionen af resistente coliforme bakterier over MBR-anlægget var fuldstændig – der var ingen vækst på agarpladerne podet med rensset spildevand.

Tabel 8-8 Middelværdier af tre bestemmelser af det totale antal *E. coli* og resistente *E. coli* i indløb og udløb fra MBR-anlægget. Alle prøver blev udtaget d. 20. maj 2010. Desuden er vist andelen af resistente coliforme bakterier og reduktionsprocenten.

Antal/ml	Ciprofloxacin	% resistente	Cefuroxim	% resistente	Gentamicin	% resistente	Sulfamethoxazol	% resistente	Total <i>E. coli</i>
Indløb	820	29	1.467	51	537	19	1.000	35	2.867
Udløb	<5	-	<5	-	<5	-	<5	-	<5
% Reduktion	>99,39	-	>99,66	-	>99,07	-	>99,50	-	99,83



Figur 8-6 Resistente *E. coli* i indløb til MBR-anlægget og i udløbet (permeatet). Total antal *E. coli* er vist til sammenligning. Figuren er baseret på tre prøver og tilhørende analyser og viser midelværdierne. "<" angiver at værdien er under detektionsgrænsen.

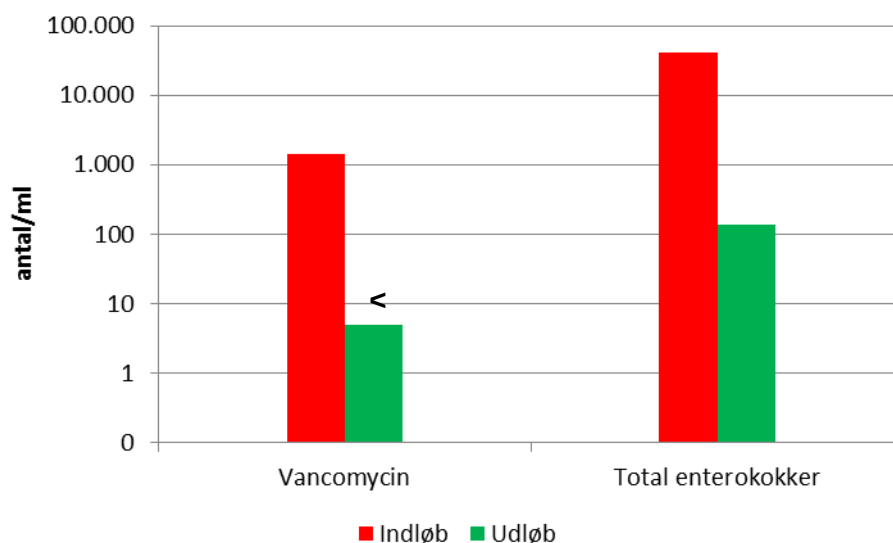
For *E. coli* var andelen af resistente bakterier i det urensede spildevand størst for cefuroxim (51%). Dette svarer til en tidligere undersøgelse af Rigshospitalets spildevand, hvor man fandt, at seks ud af 12 *E. coli* stammer var resistente (Lynettefællesskabet, KE og CMI, 2008). Som for de coliforme bakterier gjaldt, at andelen af gentamicin-resistente *E. coli* var lavest. Men de gentamicin-resistente *E. coli* udgjorde dog 19% af samtlige *E. coli*. Dette er lavere end det tidligere målte niveau, hvor fire ud af seks stammer var resistente (Lynettefællesskabet, KE og CMI, 2008).

Ved en tidligere undersøgelse på Hvidovre Hospital (Lynettefællesskabet, 2007) blev andelen af ciprofloxacin-resistente *E. Coli* i spildevand målt til mellem 5,8 og 38% fra Center 3, og mellem 0,1 og 1,2% fra Center 4. Andelen af gentamicin-resistente *E. coli* i spildevandet fra Hvidovre Hospital fra de to centre lå på henholdsvis 0,01-0,36% og 0,01-0,07%. Andelen af resistente *E. Coli* var således væsentligt højere i spildevandet fra Rigshospitalet sammenlignet med Hvidovre Hospital.

Der blev ikke registreret resistente *E. coli* over detektionsgrænsen i det rensede spildevand. Antallet af vancomycin-resistente enterokokker i det rensede spildevand var under detektionsgrænsen, hvilket resulterede i en reduktionsprocent >99,65% (se Tabel 8-9).

Tabel 8-9 Midelværdier af tre bestemmelser af det totale antal enterokokker og vancomycin-resistente enterokokker i indløb og udløb fra MBR-anlægget. Alle prøver blev udtaget d. 20. maj 2010. Desuden er vist procentdelen af resistente coliforme bakterier og reduktionsprocenten.

Antal/ml	Vancomycin	Total enterokokker	% resistente
Indløb	1.433	41.000	3,5
Udløb	<5	138	-
Reduktion %	>99,65	99,66	



Figur 8-7 Antallet af vancomycin-resistente enterokokker i indløb til MBR-anlægget og i udløbet (permeatet). Total antal enterokokker er vist til sammenligning. Figuren er baseret på tre sæt prøver og tilhørende analyser og viser middelværdierne. "<" angiver at værdien er under detektionsgrænsen.

I forhold til enterokokker blev resistens kun undersøgt over for vancomycin, og her var andelen af resistente bakterier i det urensede spildevand 3,5%. Dette er lidt lavere end resultaterne fra den tidligere undersøgelse af Rigshospitalets spildevand, hvor fire ud af 26 stammer var resistente (Lynettefællesskabet, KE og CMI, 2008).

Der var ingen resistente enterokokker over detektionsgrænsen i det rensede spildevand.

Samlet set viser undersøgelserne, at det ved rensning af hospitalsspildevand er muligt at opnå en mikrobiologisk kvalitet, som overholder kvalitetskravene til badevand (der skal dog tages forbehold for overholdelsen af kravet til enterokokker, da undersøgelsen i dette projekt også omfattede suspekte enterokokker, som ikke er omfattet af kravene). I forhold til indholdet af organisk stof i det rensede vand vil det almindelige krav til udledning af organisk stof til vandområder på 15 mg BOD/l også kunne overholdes.

I dette projekt var der i driftsbetingelserne for MBR-anlægget ikke inkluderet denitrifikation og fosforfjernelse, og derfor foreligger der ikke resultater for præstationen i forhold til næringssaltfjernelse. MBR-renset spildevand vil dog normalt ikke have vanskeligt ved at overholde de almindelige (eller skærpede) udlederkrav til næringssalte.

Resultater for MBR-anlæggets præstation i forhold til fjernelse af lægemiddelstoffer fremgår af afsnit 8.4.

8.3.1 Antibiotisk effekt

Ud over antibiotika kan psykofarmaka og cytostatika have antibiotisk effekt. Målet med at undersøge hospitalsspildevandet for antibiotisk effekt var at få et samlet billede af spildevandets antibiotiske effekt, idet tilstedeværelsen af mange forskellige lægemiddelstoffer kan resultere i såvel synergistiske som antagonistiske bakterielle effekter. Hvis der opstår synergistiske effekter, fremmes udviklingen af resistensgener.

Til bestemmelse af det urensede og det rensede hospitalsspildevands antibiotiske effekt blev anvendt to testbakterier: *E. coli* og *S. aureus* (ATCC-stammer). En suspension af testbakterier blev spredt ud på en resistensplade med agar, og i pladen var udstanset syv huller med en diameter på 10 mm. Hvert hul fyldtes med 250 µl af det vand der skulle testes. Der blev testet urensset og rensset spildevand. I test med *E. coli* blev der tillige testet spildevand i fortyndinger 1:1 og 1:2. Resultaterne fra testene er vist som diameteren af de zoner, der dannes uden om hullerne, hvor der ikke er bakteriel vækst (se Tabel 8-10). Som kontrol blev der på pladerne med *E. coli* placeret en opløsning med ciprofloxacin i en koncentration på 1 mg/l, dvs. væsentligt over MIC-værdien på <0,015 mg/l. Kontrollerne viste som forventet alle en zone uden vækst. Kun det urensede spildevand (ufortyndet og i fortynding 1:1) viste antibiotisk effekt overfor *E. coli*. Der registreredes ingen antibiotisk effekt overfor *S. aureus*. Som kontrol blev der i relation til *S. aureus* anvendt azithromycin i en koncentration på 16 mg/l, hvilket resulterede i en effektzone på 18 mm.

Tabel 8-10 Diameteren (mm) af effektzonen omkring huller i agarplade indeholdende rensset og urensset spildevand fra MBR-anlægget. Desuden er anført samlet koncentration af antibiotika med effekt overfor henholdsvis *E. coli* og *S. aureus*. Antibiotikaanalyserne blev udført af IUTA. (læg cefuroxim til)

	Dato	<i>E. coli</i>				<i>E. coli</i> Antibiotika µg/l	<i>S. aureus</i> Ufortyndet	<i>S. aureus</i> Antibiotika µg/l
		Ufortyndet	1:1	1:2	Cipro- floxacin			
Indløb formiddag	20.05.2010	15	11	i.m.	15	24	i.m.	4,0
Indløb eftermiddag	20.05.2010	16	11	i.m.	15	24	i.m.	4,5
Indløb formiddag	21.05.2010	15	i.m.	i.m.	15	30	i.m.	5,8
Udløb formiddag	20.05.2010	i.m.	i.m.	i.m.	20	8,9	i.m.	1,9
Udløb eftermiddag	20.05.2010	i.m.	i.m.	i.m.	20	7,0	i.m.	2,0
Udløb eftermiddag	21.05.2010	i.m.	i.m.	i.m.	20	9,0	i.m.	2,3

i.m. = ikke målelig zone.

Summen af de i projektet målte antibiotika i det urensede og det rensede spildevand, der hovedsagelig har effekt over for henholdsvis *E. coli* og *S. aureus*, er opgjort i Tabel 8-10. Antibiotika med effekt over for *E. coli* er cefuroxim, ciprofloxacin, sulfamethoxazol og trimethoprim. Antibiotika med effekt over for *S. aureus* er azithromycin, cefuroxim, clarithromycin, clindamycin og erythromycin.

De enkelte antibiotika har forskellige MIC-værdier, og derfor er det ikke muligt at summere koncentrationerne og sammenholde disse med den antibiotiske effekt, men der ses alligevel en sammenhæng mellem antibiotikakoncentrationen og den antibiotiske effekt. I det urensede spildevand var koncentrationen af antibiotika med effekt over for *E. coli* mellem 24 og 30 µg/l og effektzonen 15-16 mm. I det rensede spildevand, hvor den samlede koncentration af antibiotika var lavere (7-9 µg/l), var der ingen antibiotiskeffekt. De enkelte antibiotikas diffusionsevne i agaren har betydning for størrelsen af effektzonen, således at gode diffusionsegenskaber resulterer i en større effektzone.

Den samlede koncentration af antibiotika, der hovedsagelig har effekt over for *S. aureus* var i det urensede spildevand 4 til 5,9 µg/l og i det rensede spildevand 1,9-2,3 µg/l. Ved ingen af disse koncentrationer blev der observeret antibiotisk effekt over for *S. aureus*.

Samlet set kan det konkluderes, at spildevandet inden behandling i MBR-anlægget har antibiotisk effekt overfor *E. coli* i ufortyndet form og i en fortynding i 1:1. Der blev ikke målt antibiotisk effekt over for *S. aureus*. Efter behandling i MBR-anlægget blev der hverken målt effekt over for *E. coli* eller *S. aureus*.

8.4 Resultater af screening for lægemiddelstoffer

Samtlige resultater for screening for lægemiddelstoffer i ind- og udløb fra MBR-anlægget fremgår af Bilag J (IUTA) og Bilag L (Umeå).

8.4.1 Lægemiddelstoffer i det ubehandlede hospitalsspildevand

Tabel 8.11 viser resultatet af screeningen (IUTA) for lægemiddelstoffer i det ubehandlede spildevand (opsamlet spildevand i tankvogn, som blev tilledt MBR-anlæg). Prøverne blev udtaget henholdsvis torsdag formiddag og eftermiddag samt fredag morgen i tilløb til MBR-anlæg. Tilgængelige miljøeffektgrænser (PNEC- Predicted No Effect Concentrations) / miljøkvalitetskrav (EQS – Environmental Quality Standards) for marine vandområder er vist til sammenligning. Værdier over detektionsgrænsen er vist samt detektionsgrænsen i de tilfælde, hvor effektgrænsen/kvalitetskravet samtidig ligger under detektionsgrænsen. Samtlige resultater fremgår af Bilag Q og Bilag R.

Tabel 8-11 Resultater af screening for lægemiddelstoffer (IUTA) i tilløb til MBR-anlæg(ng/l). Indløbet svarer til ubehandlet spildevand fra Rigshospitalet. PNEC-EQS er vist til sammenligning. Værdier over PNEC-EQS er fremhævet med fed.

ATC-kode	Aktivstof	Anvendelse	Indløb Torsdag, morgen	Indløb Torsdag, eftermid.	Indløb Fredag, morgen	PNEC- EQS	Reference PNEC-EQS
	ac-sulfadiazin	Metabolit	110	130	150		
	ac-sulfamethoxazol	Metabolit	63	59	79	220	DHI, 2010
J01CA04	Amoxicillin	Antibiotikum	33	37	43	78	Bek. 1022
C07AB03	Atenolol	Hjerte/kredsløb	170	180	250	77700	MST, 2007
J01FA10	Azithromycin	Antibiotikum	1600	1900	2500	9,4	FASS, 2009
C03AA01	Bendroflumethiazid	Vandrivende	< 25	< 25	< 25	23000	FASS, 2009
C07AB07	Bisoprolol	Hjerte/kredsløb	30	27	32	35600	FASS, 2009
L01BC06	Capecitabin	Cytostatika	45	41	40	580	FASS, 2010
N03AF01	Carbamazepin	CNS	2300	2500	3200	2500	MST 2007
J01DC02	Cefuroxim	Antibiotikum	210	200	150	76000	FASS, 2007
J01MA02	Ciprofloxacin	Antibiotikum	6000	6400	7600	300	DHI, 2010
N06AB04	Citalopram	CNS	300	300	400	510	MST 2007
J01FA09	Clarithromycin	Antibiotikum	1300	1400	1800	18700	FASS, 2007
J01FF01	Clindamycin	Antibiotikum	31	27	24	3600	STF, 2009
L01AA01	Cyclophosphamid	Cytostatika	14	12	16	1120000	SFT, 2006
M01AB05	Diclofenac	Muskl., led og knogler	170	150	130	10	EU EQS draft
J01FA01	Erythromycin	Antibiotikum	330	370	520	2000	FASS, 2011
	Erythromycin deh.	Antibiotikum metabolit	610	660	840	2000	FASS, 2011
C10AB05	Fenofibrat	Hjerte/kredsløb	31	28	< 12,5		
C03CA01	Furosemid	Vandrivende	4400	4600	6100	45000	SFT, 2009
M01AE01	Ibuprofen	Muskl., led og knogler	2400	2200	1900	700	DHI, 2011
L01AA06	Ifosfamid	Cytostatika	62	70	91	162000	FASS, 2007
C07AB02	Metoprolol	Hjerte/kredsløb	3700	3600	2900	8800	MST, 2007
J01XD01	Metronidazol	Antibiotikum	< 125	< 125	< 125	12500	FASS, 2007
L04AX03	MTX	Cytostatikum	290	310	190	260	Henschel 1997
M01AE02	Naproxen	Gigt/smertestillende	< 10	< 10	< 10	640	FASS, 2009
J01MA01	Ofloxacin	Antibiotikum	< 5	< 5	< 5	14	FASS, 2007
N03AF02	Oxcarbazepin	CNS	300	380	450		
N02BE01	Paracetamol	CNS	26000	23000	32000	9200	SFT, 2006
N02BB01	Phenazon	CNS	84	83	89		
O7AA05	Propranolol	Hjerte/kredsløb	260	280	360	5	FASS, 2007
J01FA06	Roxithromycin	Antibiotikum	130	130	160	100000	FASS, 2007
C10AA01	Simvastatin	Hjerte/kredsløb	< 10	< 10	< 10	9600	FASS, 2009
C07AA07	Sotalol	Hjerte/kredsløb	16	17	28		
J01EC02	Sulfadiazin	Antibiotikum	620	630	380	4600	Bek. 1022
J01EB02	Sulfamethizol	Antibiotikum	1500	1500	1600	800	DHI, 2009
J01EE01	Sulfamethoxazol	Antibiotikum	12000	12000	16000	220	DHI, 2010
L02BA01	Tamoxifen	Cytostatikum	< 5	< 5	< 5	490	MST, 2011
N02AX02	Tramadol	CNS	1500	1800	2000	5000	MST, 2011
J01EA01	Trimethoprim	Antibiotikum	3800	4100	4900	10000	Bek. 1022
N06AX16	Venlafaxin	CNS	470	540	670	900	SFT, 2009
G03CA03	17- α -Estradiol	Naturligt østrogen	23	12	20	0,02	FASS, 2009
G03CA03	17- β Estradiol	Naturligt østrogen	< 1	9	7	0,27	EU EQS Draft(f)
G03CA01	17- α -Ethinyl-Estradiol	Syntetisk østrogen	< 5	< 5	< 5	0,075	Bek. 1022
G03CA04	Estriol	Naturligt østrogen	*	*	*	0,75	MST, 2007
V08AA01	Amidotrizoeacid	Iod-kontrastmiddel	47000	22000	30000		
V08AB02	Iohexol	Iod-kontrastmiddel	640000	400000	540000		
V08AB05	Iopromid	Iod-kontrastmiddel	750000	530000	870000		
V08AB07	Ioversol	Iod-kontrastmiddel	450000	290000	430000		

* På grund af store matrix-effekter var det ikke muligt at kvantificere måleresultatet.

Tabel 8-11 viser, at 11 ud af de i alt 93 stoffer, som screeningen har omfattet, ligger over effektgrænserne for marine vandområder. De fremhævede stoffer er samtidig stoffer, der vurderes som ikke-let biologisk nedbrydelige i kommunale renseanlæg. Seks af disse stoffer ligger mere end en faktor 20 over effektgrænsen/kvalitetskriteriet.

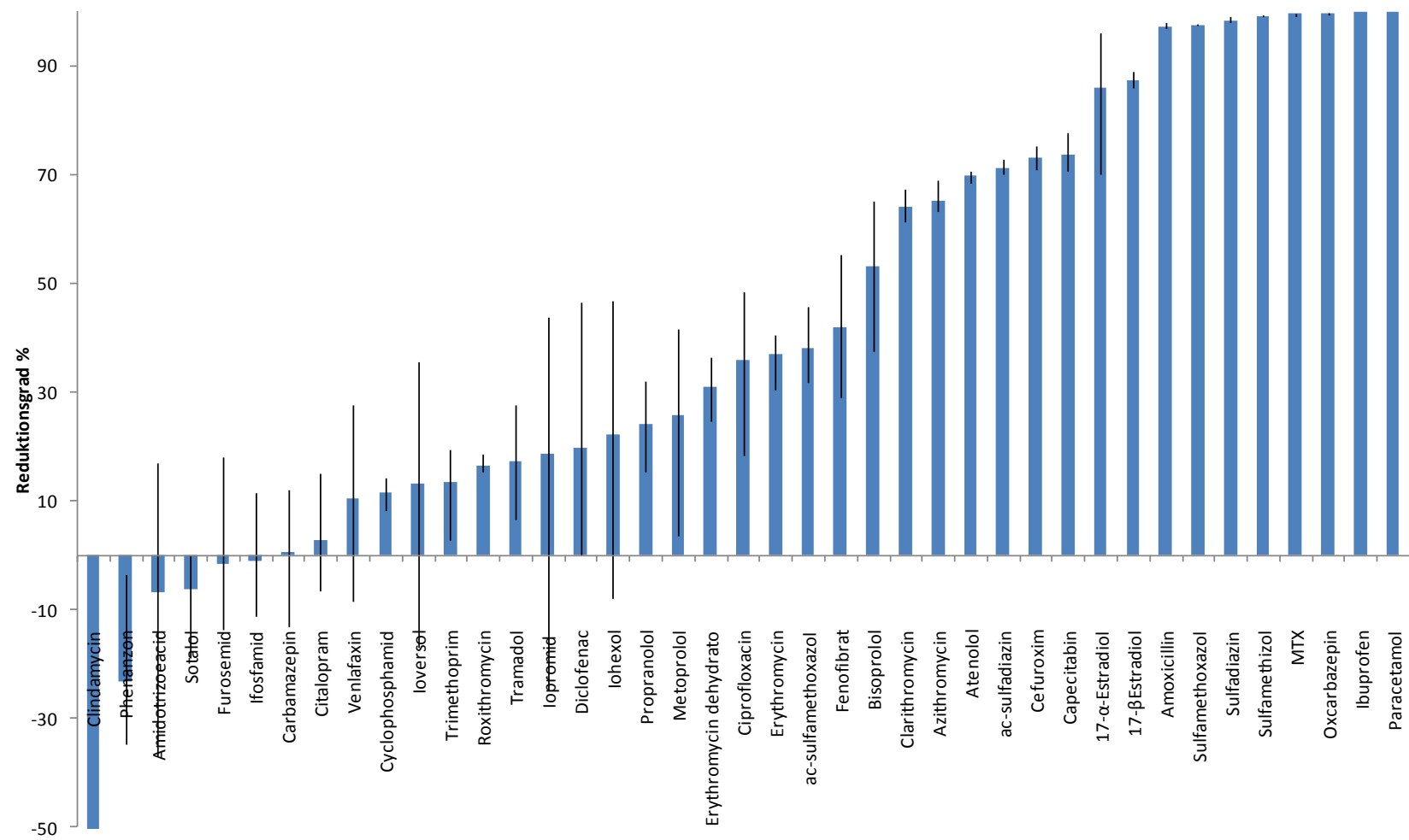
Man bør være opmærksom på stoffer, hvor resultatet viser mindre end detektionsgrænsen, og hvor effektgrænsen samtidigt er lavere end detektionsgrænsen (f.eks. naproxen og 17- α -Ethinyl-Estradiol). For disse stoffer kan man naturligvis ikke udelukkes at koncentrationen i spildevandet ligger over effektgrænserne.

Kontrastmidlerne er særdeles persistente og er målt i samlede koncentrationer på omkring 4-5 $\mu\text{g/l}$ i udløbet fra Renseanlæg Lynetten (Lynettefællesskabet I/S m.fl., 2008).

Samtidig skal man være opmærksom på at andre hospitaler og primærsektoren bidrager i større eller mindre omfang til afledning af lægemiddelstofferne. Dvs. at en miljørisikovurdering af spildevandsafledningen fra et hospital ikke kan ses isoleret i forhold til afledninger fra andre hospitaler/institutioner og primærsektoren. Det ligger udenfor dette projekts formål, at gå nærmere ind i en risikovurdering af den konkrete spildevandsudledning fra Rigshospitalet.

8.4.2 Reduktion af lægemiddelstoffer i MBR-anlæg

Resultater fra reduktion af lægemiddelstoffer i MBR-pilotanlægget fremgår af Figur 8-8. Data består – som beskrevet i afsnit 6.3.1 – af resultater fra tre samhørende indløbs- og udløbsprøver. Prøverne er analyseret hos IUTA i Tyskland. Samtlige data fremgår af Bilag J.



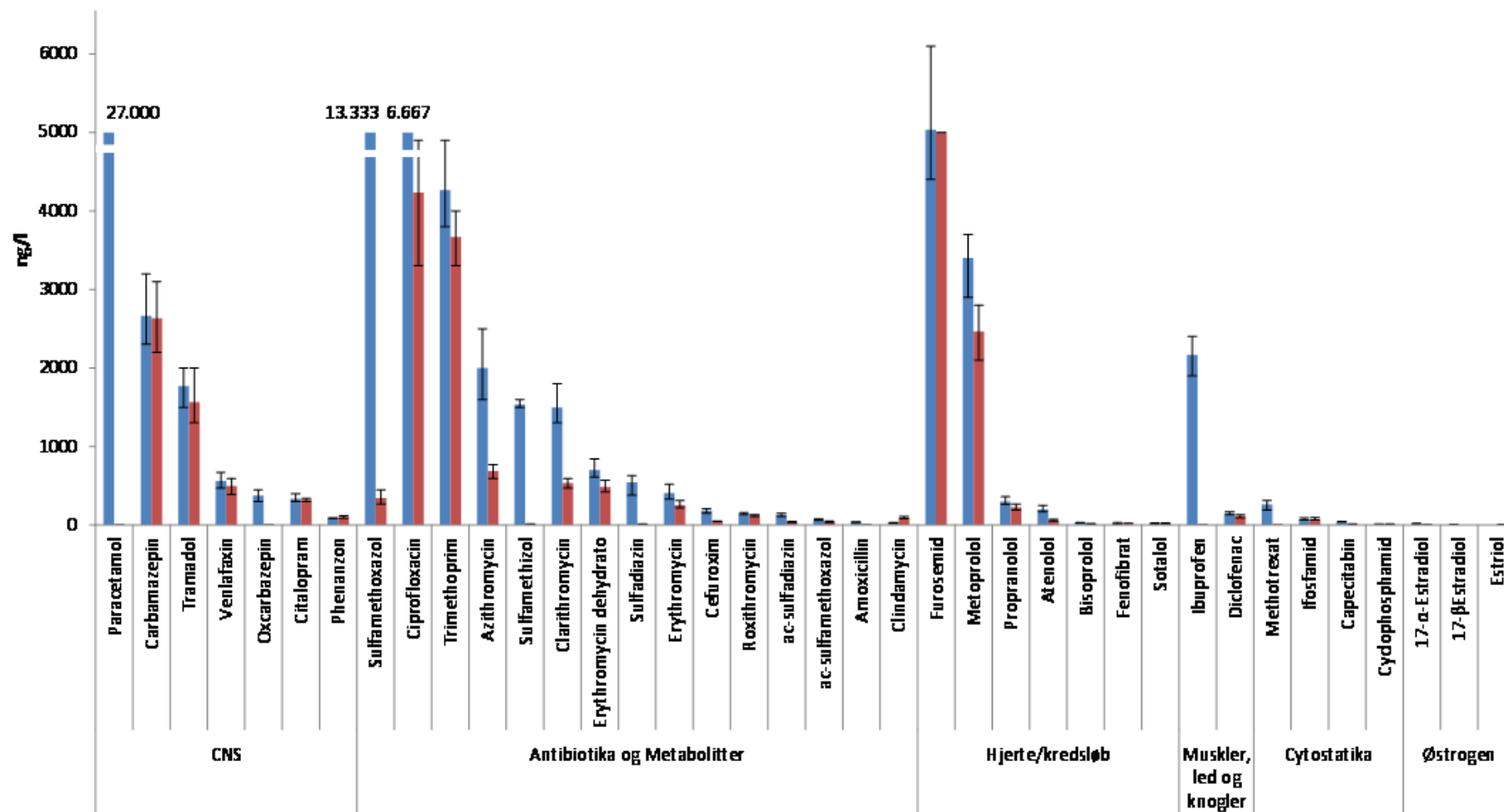
Figur 8-8 Reduktionsprocenter for lægemiddelstoffer i MBR-pilotanlæg. Middelværdier samt minimum- og maksimumværdier er vist.

Det fremgår af Figur 8-8, at der er stor forskel på reduktionen af lægemiddelstofferne. Hormonerne (17 alfa og 17- estradiol) og de mest udbredte smertestillende midler (ibuprofen og paracetamol) blev fjernet i stort omfang. Det samme gælder pencillinet amoxicillin, der generelt er ustabil i vand (reduceres 97-98%), samt det andet beta-lactam antibiotikum cefuroxim som reduceres med godt 70%. Andre antibiotika, CNS-stoffer og hjerte- kredsløbsstoffer blev reduceret i mere beskedent omfang. Det samme gælder kontrastmidlerne.

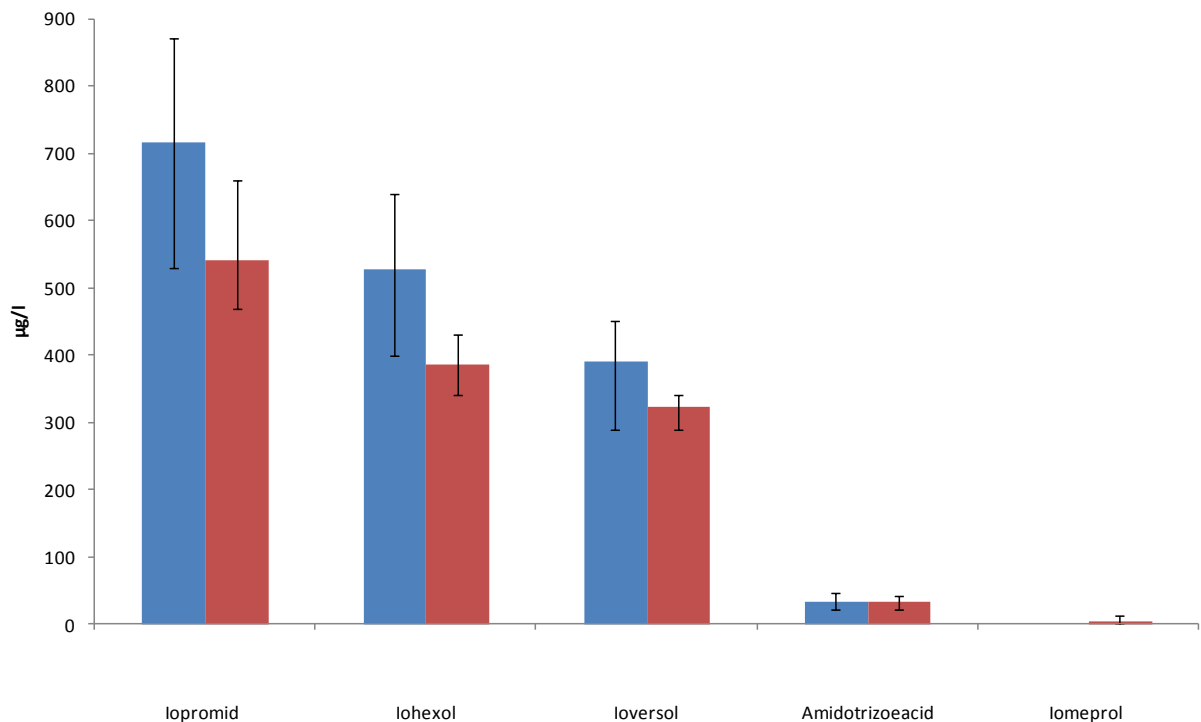
Der sker en stigning af koncentrationerne af clindamycin (antibiotika), phenazon (centralnervesystem), amidotrizoat (kontrastmiddel), sotalol (hjerte og kredsløb), furosemid (hjerte og kredsløb) og ifosfamid (cytostatika) efter behandlingen af spildevandet. Dette kan skyldes, at der er sket en dekonjugering af metabolitterne. Dvs. fraspaltning af stofgrupper, som under metabolismen er koblet på lægemiddelstofferne for at øge deres vandopløselighed og dermed udskillelse fra kroppen. F.eks. kobles glukuronsyre (glukuronidering), acetat (acetylering) eller sulfat (sulfatering) på lægemiddelstofferne under fællesbetegnelsen konjugering. Analysemetoderne har således ikke fanget konjugaterne i indløbet, men i stedet registreret moderstofferne efter dekonjugering i udløbet.

Det kan bemærkes, at sulfamethoxazol, ac-sulfamethoxazol (metabolit) og sulfamethizol fjernes med henholdsvis ca. 97%, 38% og 99%. De tre antibiotiske stoffer har lave reduktionsgrader i de efterfølgende testede poleringsteknologier (jf. kapitel 9).

Koncentrationerne i det ind- og udgående vand fra MBR-anlægget er illustreret i Figur 8-9 og Figur 8-10. Sidstnævnte viser kontrastmidlerne, som optræder i væsentlig højere koncentrationer.



Figur 8-9 Koncentrationer af lægemiddelstoffer i ind- og udgående vand fra MBR-pilotanlæg. Kontrastmidler er medtaget i Figur 8-10.



Figur 8-10 Koncentrationer af kontrastmidler i ind- og udgående vand fra MBR-pilotanlæg.

Figur 8-9 illustrerer – ligesom Figur 8-8 – den store variation i MBR-anlæggets reduktion af lægemiddelstofferne. Visse stoffer som optræder i høje koncentrationer, såsom carbamazepin, tramadol, ciprofloxacin, trimethoprim, furosemid og metoprolol, reduceret i beskedent omfang ved MBR-behandlingen. Andre stoffer såsom de smertestillende midler paracetamol og ibuprofen samt antibiotikummet sulfamethoxazol, reduceres betydeligt. Figur 8-9 viser, at kontrastmidler er målt i de højeste koncentrationer i det MBR-rensede spildevand (op til 540 µg/l) og endvidere at MBR-behandlingen generelt kun medfører en ringe reduktion af kontrastmidlerne.

Tabel 8-12 viser de målte koncentrationer af lægemiddelstoffer i udløbet fra MBR-anlægget i forhold til de tilgængelige miljøeffektgrænser / kvalitetskrav for vandområder (jf. afsnit 9.5). Værdier over detektionsgrænsen er vist samt detektionsgrænsen i de tilfælde hvor effektgrænsen/kvalitetskravet samtidig ligger under detektionsgrænsen. Samtlige resultater fremgår af Bilag Q og Bilag R.

Værdier over PNEC-EQS er fremhævet med fed. Den ekstra ”Startprøve”, som blev analyseret i forbindelse med test af poleringsteknologierne, er vist med kursiv. Startprøven er nærmere beskrevet i afsnit 8.4.3.

Tabel 8-12 Resultater af screening for lægemiddelstoffer (IUTA) i udløb fra MBR-anlæg (ng/l).

ATC-kode	Aktivstof	Anvendelse	Udløb Torsdag morgen	Udløb Torsdag eftermid.	Udløb Fredag morgen	Udløb Fredag morgen	PNEC- EQS	Reference PNEC-EQS
	ac-sulfadiazin	Metabolit	30	38	45	80		
	ac-sulfamethoxazol	Metabolit	43	32	50	1100	220	DHI, 2010
J01CA04	Amoxicillin	Antibiotikum	1	1	1	<5	78	Bek. 1022
C07AB03	Atenolol	Hjerte/kredsløb	50	57	73	1500	77700	MST, 2007
J01FA10	Azithromycin	Antibiotikum	590	700	770	1100	9,4	FASS, 2009
C03AA01	Bendroflumethiazid	Vandrivende	< 25	< 25	< 25		23000	FASS, 2009
C10AB02	Bezafibrat	Hjerte/kredsløb	< 10	< 10	< 10			
C07AB07	Bisoprolol	Hjerte/kredsløb	13	9	20	34	35600	FASS, 2009
L01BC06	Capecitabin	Cytostatika	10	12	11	16	580	FASS, 2010
N03AF01	Carbamazepin	CNS	2600	2200	3100	2200	2500	MST 2007
J01DC02	Cefuroxim	Antibiotikum	52	52	44	<25	76000	FASS, 2007
J01MA02	Ciprofloxacin	Antibiotikum	4900	3300	4500	4800	300	DHI, 2010
N06AB04	Citalopram	CNS	320	300	340	750	510	MST 2007
J01FA09	Clarithromycin	Antibiotikum	470	540	590	920	18700	FASS, 2007
J01FF01	Clindamycin	Antibiotikum	99	80	110	130	3600	STF, 2009
L01AA01	Cyclophosphamid	Cytostatika	12	11	14	19	1120000	SFT, 2006
M01AB05	Diclofenac	Muskl., led og knogler	91	130	130	<25	10	EU EQS draft
J01FA01	Erythromycin	Antibiotikum	230	220	310	540	2000	MST 2007
	Erythromycin deh.	Antibiotikum metabolit	460	420	570	780	2000	MST 2007
C10AB05	Fenofibrat	Hjerte/kredsløb	22	< 12.5	< 12.5	13		
	Fenofibrinsäure	Metabolit af fenofibrat	< 5	< 5	< 5			
C03CA01	Furosemid	Vandrivende	5000	5000	5000	5400	45000	SFT, 2009
M01AE01	Ibuprofen	Muskl., led og knogler	1	1	1	1100	700	DHI, 2011
L01AA06	Ifosfamid	Cytostatika	69	62	94	120	162000	FASS, 2007
C07AB02	Metoprolol	Hjerte/kredsløb	2500	2100	2800	1200	8800	MST, 2007
J01XD01	Metronidazol	Antibiotikum	< 125	< 125	< 125		12500	FASS, 2007
L04AX03	MTX	Cytostatikum	1	1	1	< 2	260	Henschel 1997
M01AE02	Naproxen	Gigt/smertestillende	< 10	< 10	< 10		640	FASS, 2009
J01MA01	Ofloxacin	Antibiotikum	< 5	< 5	< 5		14	FASS, 2007
N03AF02	Oxcarbazepin	CNS	1	2	1	< 1		
N02BE01	Paracetamol	CNS	1	1	1	< 1	9200	SFT, 2006
N02BB01	Phenanzon	CNS	110	86	120	190		
O7AA05	Propranolol	Hjerte/kredsløb	220	190	270	300	5	FASS, 2007
N02BB04	Propylphenanzon	Smertestillende	< 10	< 10	< 10			
J01FA06	Roxithromycin	Antibiotikum	110	110	130	180	100000	FASS, 2007
C10AA01	Simvastatin	Hjerte/kredsløb	< 10	< 10	< 10		9600	FASS, 2009
C07AA07	Sotalol	Hjerte/kredsløb	19	17	28	300		
J01EC02	Sulfadiazin	Antibiotikum	7	12	7	23	4600	Bek. 1022
J01EB02	Sulfamethizol	Antibiotikum	11	15	17	45	800	DHI, 2009
J01EE01	Sulfamethoxazol	Antibiotikum	270	320	450	680	220	DHI, 2010
L02BA01	Tamoxifen	Cytostatikum	< 5	< 5	< 5		490	MST, 2011
N02AX02	Tramadol	CNS	1400	1300	2000	1200	5000	MST, 2011
J01EA01	Trimethoprim	Antibiotikum	3700	3300	4000	3200	10000	Bek. 1022
N06AX16	Venlafaxin	CNS	510	390	590	550	900	SFT, 2009
G03CA03	17- α -Estradiol	Naturligt østrogen	< 1	< 1	6		0,02	FASS, 2009
G03CA07	Estron	Naturligt østrogen	< 1	< 1	< 1			
G03CA03	17- β Estradiol	Naturligt østrogen	< 1	< 1	< 1		0,27	EU EQS Draft(f)
G03CA01	17- α -Ethinyl-Estradiol	Syntetisk østrogen	< 5	< 5	< 5		0,075	Bek. 1022
G03CA04	Estriol	Naturligt østrogen	7	10	8		0,75	MST, 2007
V08AA01	Amidotrizoeacid	Iod-kontrastmiddel	39000	22000	41000	65500		
V08AB02	Iohexol	Iod-kontrastmiddel	340000	430000	390000	550000		
V08AB10	Iomeprol	Iod-kontrastmiddel	12000	< 50	< 50			
V08AB04	Iopamidol	Iod-kontrastmiddel	< 50	< 50	< 50			
V08AB05	Iopromid	Iod-kontrastmiddel	470000	660000	490000	1000000		
V08AB07	Ioversol	Iod-kontrastmiddel	290000	340000	340000	330000		

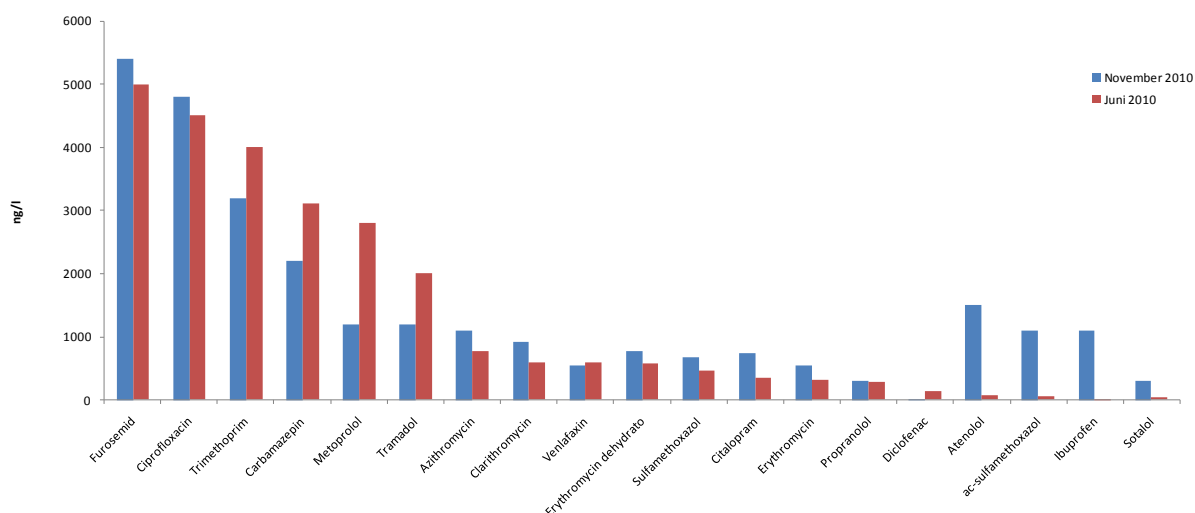
Tabel 8-12 viser – set i forlængelse med Tabel 8-11- at der efter MBR-behandling fortsat er 11 stoffer, som er målt over de angivne miljøeffektgrænser/miljøkvalitetskrav. Afprøvning af poleringsteknologierne er beskrevet i Kapitel 9.

8.4.3 Forskelle i karakterisering af prøve af MBR-renset vand

I forbindelse med de kemiske analyser for lægemiddelstoffer hos IUTA i Tyskland observerede man, at der var fortsat biologisk aktivitet i det optøede prøver under prøvebehandling/-håndtering. Laboratoriet kunne konstatere at de mindre biologisk stabile stoffer løbende blev nedbrudt i analyseforløbet. Det betyder, at de mindre persistente stoffer kan være blevet delvist omsat under forløbet, eller at der kan være sket en dekonjugering af metabolitterne (jf. ovenstående beskrivelse af dekonjugering).

Prøven (ca. 120 l) – også omtalt som ”startprøven” – af det MBR-rensede vand blev udtaget fredag d. 7. maj 2010. Det er vand fra denne prøve, som er anvendt til laboratorietest med poleringsteknologierne. Flaskerne blev straks efter udtagning nedfrosset. Delprøver blev derefter fragtet til IUTA Tyskland på køl. Første delprøve blev analyseret i juni 2010 hos IUTA. Anden delprøve blev analyseret hos IUTA i november 2010.

Figur 8-11 viser resultaterne for analyserne af de to delprøver. Der er kun medtaget parametre, hvor forskellen mellem resultaterne er over 100 ng/l. Samtlige data fremgår af Bilag J og K.



Figur 8-11 Resultater fra analyse af ”startprøven” (MBR-behandlet vand) i henholdsvis juni og november 2010 hos IUTA i Tyskland. Parametre med forskelle over 100 ng/l er vist.

Figur 8-11 viser, at der variation i analyseresultaterne for en række parametre. De højere målte koncentrationer i november-delprøven kan forklares ud fra analyse usikkerhed eller dekonjugering, der er sket som følge af biologisk aktivitet i delprøven under transport og opbevaring efter optøning.

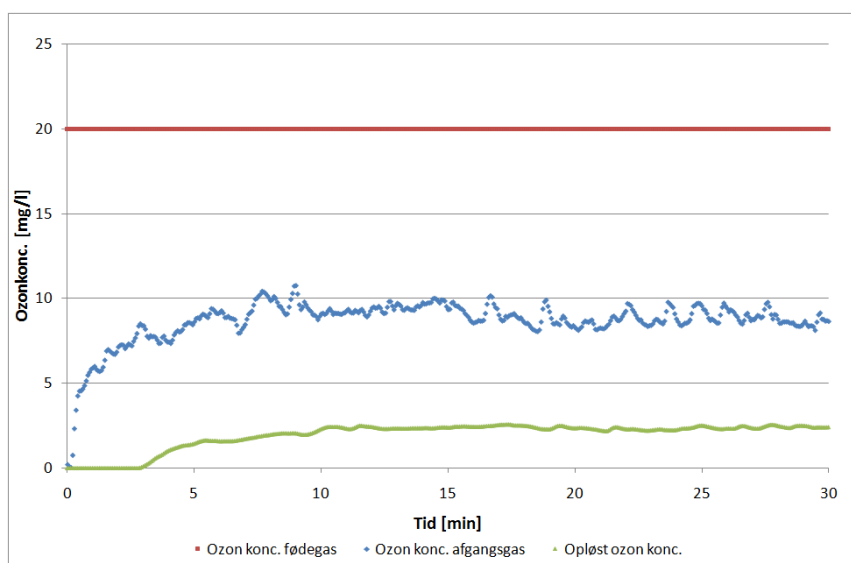
Det er analysen fra november 2010, som i det efterfølgende (kapitel 9) er anvendt til vurdering af poleringsteknologiernes rens effektivitet. November-analysen blev gennemført samtidig med analysen af prøverne fra det poleringsteknologi-behandlede vand.

9 RESULTATER FRA TEST AF POLERINGSTEKNOLOGI PÅ MBR-BEHANDLET VAND

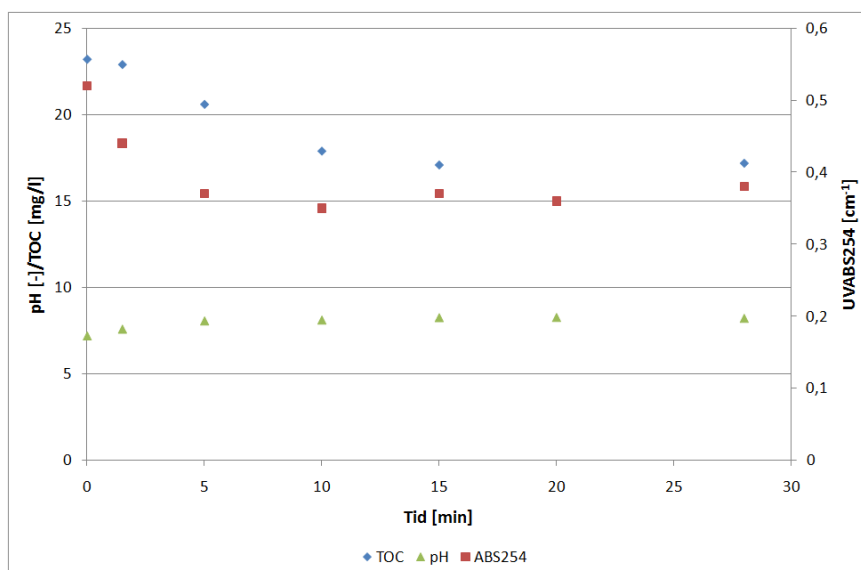
9.1 Ozon, ozon-brintperoxid og aktiv kul forsøg

9.1.1 Proces- og nedbrydningsforløb samt overslagsøkonomi for ozonteknologi

Forsøgene med ozon blev som beskrevet i kapitel 7 gennemført med en konstant tilførsel af ozon til det MBR-behandlede hospitalsspildevand under samtidig monitoring af proces- og nedbrydningsforløbet via online-målinger af ozon i gas- og vandfasen samt diskrete målinger af TOC, UV-absorbans ved 254 nm (UVABS254) og pH via prøvetagning. Resultaterne af proces- og nedbrydningsforløbet, som er vist i Figur 9-1 og Figur 9-2, har således dannet udgangspunkt for vurdering af procesøkonomi samt for valg af tidspunkter for udtagning af prøver til lægemiddelanalyser.



Figur 9-1 Koncentration af ozon i gas- og vandfase under ozonforsøgene.



Figur 9-2 Udvikling i TOC, pH og UVABS254 under ozonforsøgene.

Af Figur 9-1 ses, at den opløste ozonkoncentration er nul i de første tre minutter af procesforløbet, hvilket skyldes et højt initielt ozonforbrug fra hurtige ozonreaktioner. Herefter stiger den opløste ozonkoncentration gradvist indtil ligevægt ved 2 mg/l efter omkring 10 minutters ozonering. Ved den aktuelle indløbsgaskoncentration på 20 mgO₃/Nl er opløseligheden af ozon i rent vand omkring 5 mg/l. Den opnåede ligevægtskoncentration på kun 2 mg/l efter 10 minutters reaktion viser således at den øvrige vandmatrix bidrager væsentligt til et øget ozonforbrug idet der efter 10 minutters reaktion ikke observeres yderligere nedbrydning af det organiske stof, hvilket ses af udviklingen i TOC og UVABS254 på Figur 9-2.

Til trods for de hurtige ozonreaktioner indenfor de første tre minutter ses ozonkoncentrationen i afgangsgassen at stige umiddelbart efter forsøgsstart, og det skyldes, at doseringsraten har været høj i forhold til forbrugsraten. Efter 10 minutters reaktion er ozonkoncentrationen i afgangsgassen i ligevægt i forhold til ozonforbruget fra vandmatrixen. På baggrund af det målte procesforløb for ozonprocessen på det MBR-behandlede hospitalsspildevand blev det besluttet at udtage prøver til lægemiddelanalyser efter henholdsvis 3, 6, 10 og 20 minutters reaktion.

Med baggrund i de målte ozonkoncentrationer i gas og væske, samt gasflow og vandvolumen er der beregnet ozonforbrug for nedbrydningen af organisk stof og lægemidler til de fire prøvetagningstidspunkter med henblik på vurdering af investerings- og driftsøkonomien for et ozonanlæg ved de fire reaktionsscenarier. Ved beregningerne er der anvendt en årlig spildevandsmængde fra Rigshospitalet på 240.000 m³ og for Hvidovre Hospital på 140.000 m³. De daglige mængder er beregnet ved at fordele den årlige mængde ligeligt over 365 dage. Derudover er dagsflowet omregnet til timeflow under antagelse af 24 timers udligning. Dette giver timeflow for henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital på 27 og 16 m³/h. De økonomiske beregninger er sammenfattet i Tabel 9-1.

Tabel 9-1 Investerings- og driftsomkostninger for ozontechnologi til polering af MBR-behandlet hospitalsspildevand fra henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital.

Reaktionstid minutter	Rigshospitalet Investeringsomkostning inkl. styring og reaktionstank Kr.	Rigshospitalet Driftsomkostninger inkl. iltgenerering Kr/år	Hvidovre Hospital Investeringsomkostning inkl. styring og reaktionstank Kr.	Hvidovre Hospital Driftsomkostninger inkl. iltgenerering Kr/år
3	600.000	120.000	475.000	70.000
6	860.000	240.000	570.000	140.000
10	1.100.000	380.000	700.000	220.000
20	1.900.000	720.000	1.000.000	420.000

Ovenstående driftsomkostninger er omregnet til en gennemsnitlig kubikmeterpris for behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand. Normalt vil afskrivningen af anlægsinvesteringen skulle indregnes i kubikmeterprisen, men dette er udeladt, idet det ligger uden for dette projekts rammer at undersøge investerings- og afskrivningsprocedurer på hospitalerne. De beregnede kubikmeterpriser for de fire reaktionstider for henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital er sammenfattet i Tabel 9-2.

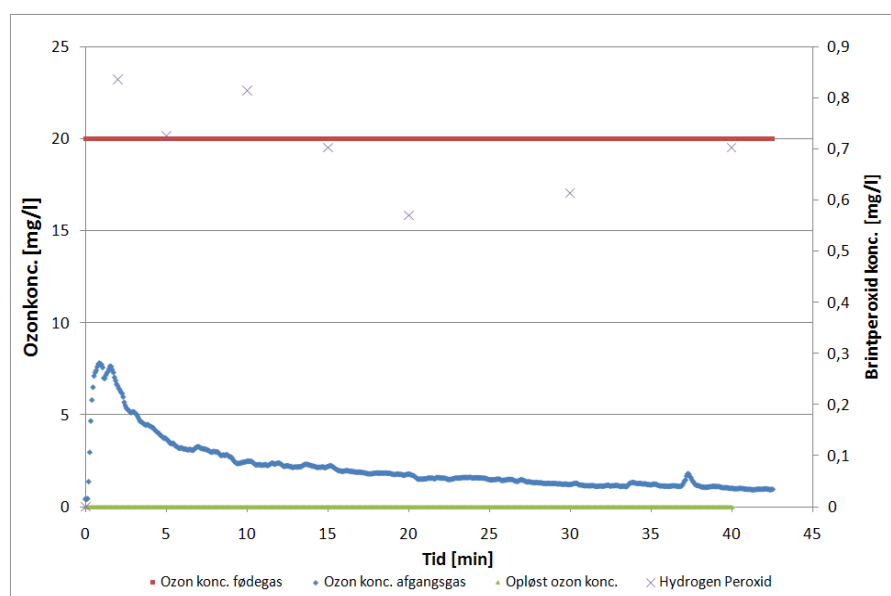
Tabel 9-2 Kubikmeterpriser ved behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand ved de forskellige reaktionstider ved ozoneringsforsøgene.

Reaktionstid minutter	Rigshospitalet Kr/m ³	Hvidovre Hospital Kr/m ³
3	0,5	0,5
6	1,0	1,0
10	1,6	1,6
20	3,0	3,0

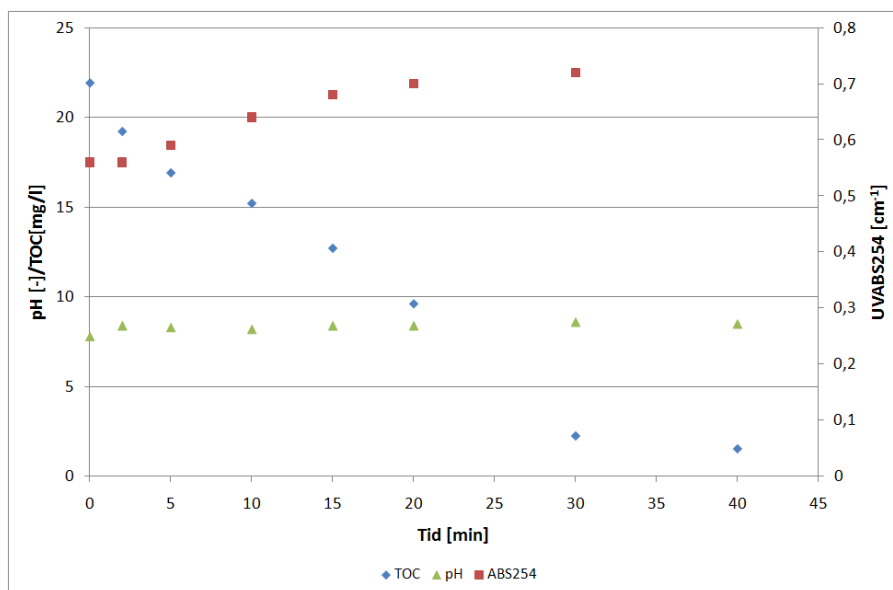
Ved vurdering af nedbrydningsforløbene for lægemidlerne i det efterfølgende afsnit er der således taget hensyn til såvel graden af nedbrydning som kubikmeterprisen for ozonteknologien ved de forskellige reaktionstider.

9.1.2 Proces- og nedbrydningsforløb samt overslagsøkonomi for O₃/H₂O₂-teknologi

Forsøgene med ozon-brintperoxid blev som beskrevet i kapitel 7 gennemført med en konstant tilførsel af ozon og brintperoxid til det MBR-behandlede hospitalsspildevand under samtidig monitorering af proces- og nedbrydningsforløbet via online-målinger af ozon i gas- og vandfasen samt diskrete målinger af hydrogenperoxid, TOC, UV-absorbansen ved 254 nm (ABS254) og pH via prøvetagning. Resultaterne af proces- og nedbrydningsforløbet som vist i nedenstående figurer har således dannet udgangspunkt for vurdering af procesøkonomi samt for valg af tidspunkter for udtagning af prøver til lægemiddelanalyser.



Figur 9-3 Koncentration af ozon i gas- og vandfase samt koncentration af hydrogenperoxid under ozon-hydrogenperoxid forsøgene.



Figur 9-4 Udvikling i TOC, pH og UVABS254 under ozon-hydrogenperoxid forsøgene.

Af Figur 9-3 fremgår, at den opløste ozonkoncentration har været nul i hele forsøgsperioden, hvilket skyldes tilsætningen af hydrogenperoxid, som sikrer, at al ozon henfalder til hydroxylradikaler og dermed omdanner processen til en AOP-proces. Det fremgår desuden at forsøgene er gennemført med et mindre overskud af hydrogenperoxid som også tiltænkt i forsøgsdesignet. Hydrogenperoxid koncentrationen ligger således omkring 0,7 mg/l igennem hele forsøget uden yderligere akkumulering. Ozonkoncentrationen i gasfasen ses at stige i begyndelsen af forsøget for derefter at indstille sig i en ligevægtskoncentration omkring 2 mgO₃/Nl. Stigningen i begyndelsen skyldes, at det tager en vis tid fra doseringsstart af hydrogenperoxid til, den er opblandet i hele vandvoluminet. Denne stigning i ozongaskoncentrationen vil ikke optræde i et fuldskaalaanlæg, hvor hydrogenperoxiden doseres til spildevandet inden ozondoseringen.

Af Figur 9-4 fremgår det, at reaktionskemien for de radikale reaktionsprocesser er anderledes end for ozon, idet der observeres et lineært henfald i TOC-koncentrationen til en koncentration omkring 1 mg/l efter 30 minutters reaktion, hvorefter henfaldet af TOC aftager markant. Der sker ikke nogen markant ændring i TOC-koncentrationen over de sidste 10 minutters reaktion. At TOC-henfaldet aftager så markant indikerer, at konkurrencen om reaktion med de dannede radikaler fra den øvrige vandmatrix bliver dominerende i forhold til radikalreaktioner med det tilbageværende organiske stof. UV-absorbansen – korrigeret for bidraget fra hydrogenperoxid koncentrationen – ses at stige svagt igennem hele reaktionsperioden, hvilket sandsynligvis skyldes løbende omdannelse af kvælstofforbindelser til enten nitrit eller nitrat, der absorberer lys svagt omkring 254 nm ($\epsilon_{\text{NO}_2,254} = 10 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$, $\epsilon_{\text{NO}_3,254} = 9 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$) (Hermann, 2007). pH ses at være stort set uændret under hele nedbrydningsforløbet. På baggrund af det målte procesforløb for ozon-hydrogenperoxid processen på det MBR-behandlede hospitalsspildevand blev det besluttet at udtage prøver til lægemiddelanalyser efter henholdsvis 5, 15, 25 og 40 minutters reaktion.

Som for ozonforsøgene kan der med baggrund i de målte ozonkoncentrationer i gas og væske, samt gasflow og vandvolumen beregnes ozonforbrug for nedbrydningen af organisk stof og lægemidler til de fire prøvetagningstidspunkter.

Dette med henblik på vurdering af investerings- og driftsøkonomien for ozonanlæg samt hydrogenperoxid doseringen ved de fire reaktionsscenarier.

Der er ved beregningerne anvendt de samme vandmængder som for ozonberegningerne. De økonomiske beregninger er sammenfattet i Tabel 9-3.

Tabel 9-3 *Investerings- og driftsomkostninger for ozon-brintperoxid teknologi til polering af MBR-behandlet hospitalsspildevand fra henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital.*

Reaktionstid minutter	"Rigshospitalet" Investeringsomkostning inkl. styring og reaktionstank Kr.	"Rigshospitalet" Driftsomkostninger inkl. iltgenerering Kr.	"Hvidovre Hospital" Investeringsomkostning inkl. styring og reaktionstank Kr.	"Hvidovre Hospital" Driftsomkostninger inkl. iltgenerering Kr.
5	1.600.000	600.000	950.000	355.000
15	4.500.000	2.000.000	2.200.000	1.200.000
25	6.300.000	3.500.000	3.000.000	2.100.000
40	10.000.000	6.000.000	5.000.000	3.500.000

Driftsomkostningerne beregnet ud fra ozon-brintperoxid forsøgene er ligeledes omregnet til en gennemsnitlig kubikmeterpris for behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand – igen uden at tage hensyn til afskrivningen af anlægsinvesteringen. De beregnede kubikmeterpriser for de fire reaktionstider for henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital er sammenfattet i Tabel 9-4.

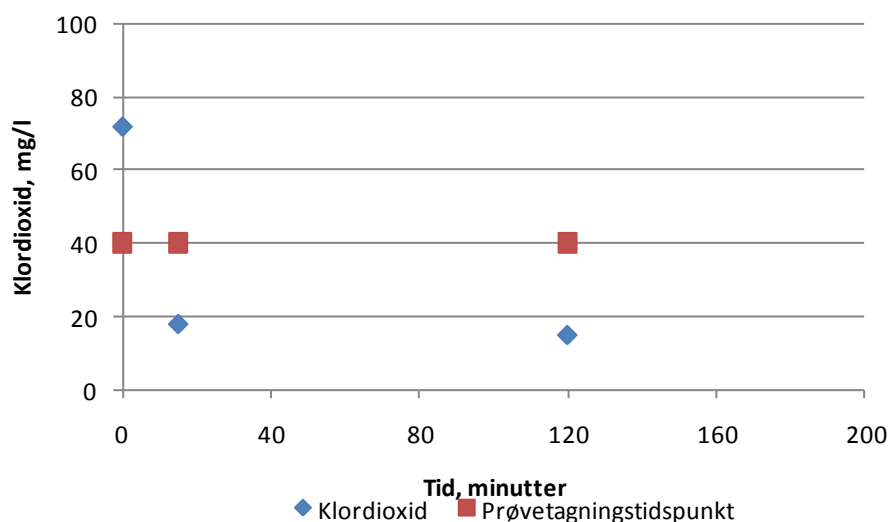
Tabel 9-4 *Kubikmeterpriser ved behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand ved de forskellige reaktionstider ved ozon-brintperoxid forsøgene.*

Reaktionstid minutter	Rigshospitalet Kr/m ³	Hvidovre Hospital Kr/m ³
5	2,5	2,5
15	8	9
25	15	15
40	25	25

Ved vurdering af nedbrydningsforløbene for lægemidlerne – i det efterfølgende afsnit – er der taget hensyn til såvel graden af nedbrydning og til kubikmeterprisen for ozonteknologien ved de forskellige reaktionstider.

9.1.3 **Proces og nedbrydningsforløb samt overslagsøkonomi for klordioxid**

Forsøgene med klordioxid blev gennemført med en dosering af klordioxid svarende til en startkoncentration på 74 mg/l klordioxid. Under forsøget blev klordioxiden målt med mellemrum og der blev udtaget prøver efter 0, 15 og 120 minutters behandling. Resultaterne af klordioxidmålingerne er vist i Figur 9-5, hvor også prøvetagningstidspunkterne er angivet.



Figur 9-5 Koncentration af klordioxid i vandfasen, doseringstidspunkter og tidspunkt for prøvetagning under klordioxidforsøget med rensat spildevand.

Af Figur 9-5 ses, at der under hele forsøget har været et betydeligt overskud af klordioxid, og at forbruget på to timer har været ca. 60 mg/l.

Med baggrund i det målte klordioxidforbrug er det muligt at beregne forbruget til nedbrydning af organisk stof og lægemidler med henblik på vurdering af investerings- og driftsøkonomien for et klordioxidanlæg. Ved beregningerne er der anvendt en årlig spildevandsmængde fra Rigshospitalet på 240.000 m³ og for Hvidovre Hospital på 120.000 m³. Tabel 9-5 viser Investering og driftsomkostninger for klordioxid anlæg til polering af MBR-behandlet hospitalsspildevand fra henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital.

Tabel 9-5 Investerings- og årlige driftsomkostninger for klordioxid anlæg til polering af MBR-behandlet hospitalsspildevand fra henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital.

Reaktionstid minutter	Rigshospitalet Investerings- omkostning, inkl. styring og reaktionstank Kr.	Rigshospitalet Driftsomkostninger til klordioxid Kr.	Hvidovre Hospital Investerings- omkostning inkl. styring og reaktionstank Kr.	Hvidovre Hospital Driftsomkostninger til klordioxid Kr.
120	200.000	600.000	150.000	300.000

Ved anvendelse af samme simple nutidsværdimetode som for ozon og ozon-brintperoxid med en antaget realrente på 4,75% kan ovenstående investeringer og driftsomkostninger omregnes til en gennemsnitlig kubikmeterpris for behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand over en periode på 10 år. De beregnede kubikmeterpriser for henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital er sammenfattet i Tabel 9-6.

Tabel 9-6 Kubikmeterpriser ved behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand med klordioxid.

Reaktionstid minutter	Kubikmeterpris Rigshospitalet Kr/m ³	Kubikmeterpris Hvidovre Hospital Kr/m ³
120	2,2	2,3

9.1.4 Overslagsøkonomi for aktiv kul

På grund af det relativt simple forsøgs-setup for afprøvning af aktiv kul til fjernelse af lægemidlerne i det MBR-behandlede hospitalsspildevand har det ikke været muligt at beskrive det aktive kuls effektivitet i forhold til de generelle spildevandsparametre, således at disse kunne danne udgangspunkt for en vurdering af investerings- og driftsomkostninger.

Investeringsomkostningerne er i stedet estimeret konservativt ud fra de antagne time-flow for henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital på 27 m³/h (der er anvendt 30 m³/h) og 16 m³/h (der er anvendt 15 m³/h) med hjælp fra leverandørerne af aktiv kul teknologi, mens driftsomkostningerne er estimeret på baggrund af fjernelsesgraderne for lægemiddelstofferne beskrevet i afsnit 9.2.7. Beregningerne af investeringsomkostningerne er baseret på en minimums opholdstid (EBCT – Empty bed contact time) på 30 minutter (hældende mod de 60 minutter). Anlægget designes med to filtre i serie, idet det sikrer den bedste udnyttelse af kullet og samtidig er den mest sikre opstilling. En ventilmanifold anvendes til styring af flowet gennem de to filtre. Et anlæg til 15 m³/h vil bestå af to beholdere á 7,5 m³ kul indeholdende i alt 7,5 tons kul (bulk massefylde af kul er 2 m³/ton), mens et anlæg til 30 m³/h vil bestå af to beholdere á 15 m³ kul indeholdende i alt 15 ton kul. Investeringsomkostningerne til de to anlægsstørrelser inkl. aktiv kul er vist i Tabel 9-7.

Tabel 9-7 *Investeringsomkostninger for aktiv kul anlæg med en kapacitet på henholdsvis 15 og 30 m³/h.*

Anlægskapacitet	Investeringsomkostning inkl. aktiv kul Kr.
15 m ³ /h (Hvidovre Hospital)	1.300.000
30 m ³ /h (Rigshospitalet)	1.500.000

Det fremgår således, at de to filterbeholdere og ventilmanifolden koster næsten det samme, uanset anlægsstørrelse, og den lille forskel i pris på de to systemer ligger hovedsaglig i kilmængden. Det er således relativt dyrere at implementere aktiv kul anlæg på Hvidovre Hospital i forhold til Rigshospitalet.

Driftsomkostninger til aktiv kul anlæg indebærer primært udskiftning af kul med disponering af det brugte kul til enten til Kommunekemi a/s eller til regenerering. I forhold til de relativt små anlæg og små mængder kul vil man i dette tilfælde typisk vælge at disponere det brugte kul til Kommunekemi a/s. Udskiftningsfrekvensen er således afgørende for driftsøkonomien, og denne er igen afhængig af adsorptionskapaciteten af det aktive kul. På baggrund af de gennemførte forsøg med aktiv kul er der i forhold til fjernelsen af lægemidler beregnet en forsimplet kapacitet, der er anvendt til en grov estimering af adsorptionskapaciteten på 6,6; 3,5 og 2,3 kg lægemidler/ton aktiv kul ved de tre scenarier, se afsnit 9.2.6. Med en molekylvægts-normeret sum-koncentration af lægemidler i det MBR-behandlede hospitals-spildevand på 1 g/m³ fås en daglig lægemiddelstofbelastning på henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital på henholdsvis 660 g/d og 330 g/d. Med de beregnede adsorptionskapaciteter samt de i kulfilterbeholderne indeholdte kilmængder kan der beregnes en simpel levetid på kullet på henholdsvis 5 mdr., 2,7 mdr. og 1,7 mdr. for såvel Rigshospitalet som Hvidovre Hospital ved de tre scenarier, og dette giver således udskiftningsfrekvenser på 2, 4 og 7 gange om året ved de tre scenarier.

Ved en afregningspris til Kommunekemi a/s på 1.000 kr/ton samt en pris på nyt aktiv kul på 18 kr/kg giver det anslåede årlige driftsudgifter for henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital ved de tre scenarier som vist i Tabel 9-8.

Tabel 9-8 Anslået udskiftningsfrekvens for aktiv kul samt de herudfra anslåede driftsudgifter for aktiv kul anlæg for henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital.

Scenarium: Aktiv kul koncentration mg/l	Udskiftningsfrekvens for aktiv kul antal/år	Rigshospitalet Driftsomkostninger inkl. udskiftning og bortskaffelse Kr.	Hvidovre Hospital Driftsomkostninger inkl. udskiftning og bortskaffelse Kr.
150	2	540.000	270.000
300	4	1.100.000	540.000
450	7	1.900.000	1.000.000

De ovenstående driftsomkostninger er omregnet til en gennemsnitlig kubikmeterpris for behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand ekskl. afskrivning af investeringen. De beregnede kubikmeterpriser for henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital er sammenfattet i Tabel 9-9.

Tabel 9-9 Kubikmeterpriser ved behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand ved med aktiv kul filtrering

Aktiv kul koncentration mg/l	Rigshospitalet Kr/m ³	Hvidovre Hospital Kr/m ³
150	2,3	2,0
300	4,6	3,9
450	7,9	7,1

Til sammenligning anslår leverandørerne af aktiv kul teknologi driftsomkostningerne ved en årlig udskiftning til 1 kr/m³, hvilket ligger tæt op ad estimerne for 150 mg/l kul scenariet med to udskiftninger årligt. På baggrund af de gennemførte laboratorieforsøg vurderes de anslåede kubikmeterpriser derfor at anslå realistiske behandlingspriser for en total anlægsløsning med aktiv kul filtrering. Imidlertid vil en endelig afklaring af udskiftningsfrekvensen og dermed et mere nøjagtigt estimat på driftsomkostninger og behandlingspris betinge, at adsorptionskapaciteten bestemmes mere nøjagtigt ved længerevarende kolonneforsøg.

I forhold til fjernelsen af lægemiddelstofferne med aktiv kul i nærværende undersøgelse vil ovenstående estimer for behandlingspris indgå i vurderingen.

9.2 Nedbrydning/fjernelse af lægemidler med ozon, ozonbrintperoxid og aktiv kul

9.2.1 Gruppering og analyse af lægemiddelstoffer

I det MBR-behandlede hospitalsspildevand blev der analyseret for 39 lægemiddelstoffer. De 39 lægemiddelstoffer blev sammenstillet i fem grupper i forhold til deres terapeutiske anvendelse med henblik på en overskuelig præsentation af de opnåede data for nedbrydningsgrader med de kemiske oxidationsprocesser (samt for fjernelse med aktiv kul) i.e.:

1. Antibiotika (ATC-kode J01) – inkl. metabolitter
2. Hjerte/kredsløb (ATC kode C)
3. Muskler, led og knogler samt centralnervesystemet (ATC kode M og N)
4. Cytostatika, hormonterapi og østrogener (ATC kode L01; L02 og G03)
5. Kontrastmidler (ATC kode V08)

For en række af lægemidlerne blev der i startprøven (det MBR-rensede hospitalsspildevand) målt koncentrationer der var under detektionsgrænsen for analysemetoden, og disse lægemiddelstoffer indgår således ikke i vurderingen af nedbrydnings-/fjernelseeffektiviteten af de afprøvede teknologier.

Det drejer sig således om følgende stoffer:

- Antibiotika: Amoxicillin og Cefuroxim
- Hjerte/kredsløb: Fenofibrat
- Muskler, led og knogler samt centralnervesystemet: Oxcarbazepin og paracetamol
- Cytostatika: MTX

Endvidere blev østrogener udeladt af måleprogrammet, da fjernelsesgraderne af disse stoffer var betydelige (70-96%) i MBR-rensningen, og resultaterne for flertallet af stofferne i det MBR-rensede vand lå under eller lige omkring detektionsgrænserne. En yderligere rensning med poleringsteknologierne ville derfor ikke være målelig over detektionsgrænserne.

Der har således i vurderingen af nedbrydnings-/fjernelseeffektiviteten af de to oxidationsteknologier samt aktiv kul indgået 33 lægemiddelstoffer, som i forhold til den terapeutiske anvendelse fordeler sig på følgende måde (Tabel 9-10).

Tabel 9-10 Antal lægemidler i de enkelte terapeutiske grupper, der er målt over detektionsgrænsen i det MBR-behandlede hospitalsspildevand.

Terapeutisk gruppe	Antal lægemiddelstoffer
Antibiotika inkl. metabolitter	13
Hjerte/kredsløb	6
Muskler, led og knogler samt centralnervesystemet	7
Cytostatika, hormonterapi og østrogener	3
Kontrastmidler	4

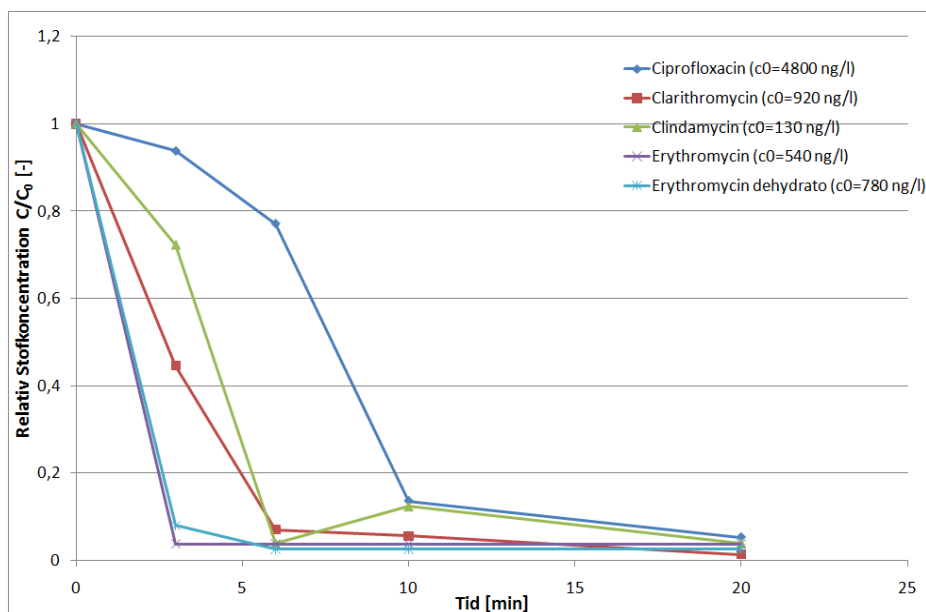
9.2.2 Nedbrydningsforløb af lægemidler med ozon og ozon-brintperoxid

For de fleste af de 33 stoffer blev der under forsøgene med ozon og ozon-brintperoxid teknologierne observeret en gradvis nedbrydning som funktion af reaktionstiden. For 12 af stofferne var nedbrydningsforløbet ledsaget af en umiddelbar stigning i koncentrationen – sandsynligvis forårsaget af de-konjugering. Bortset fra tre antibiotiske stoffer (ac-sulfamethoxazol, sulfamethizol og sulfamethoxazol) var denne umiddelbare stigning i koncentrationen udelukkende knyttet til forsøgene med ozon, mens den for de tre antibiotika var knyttet til begge teknologier.

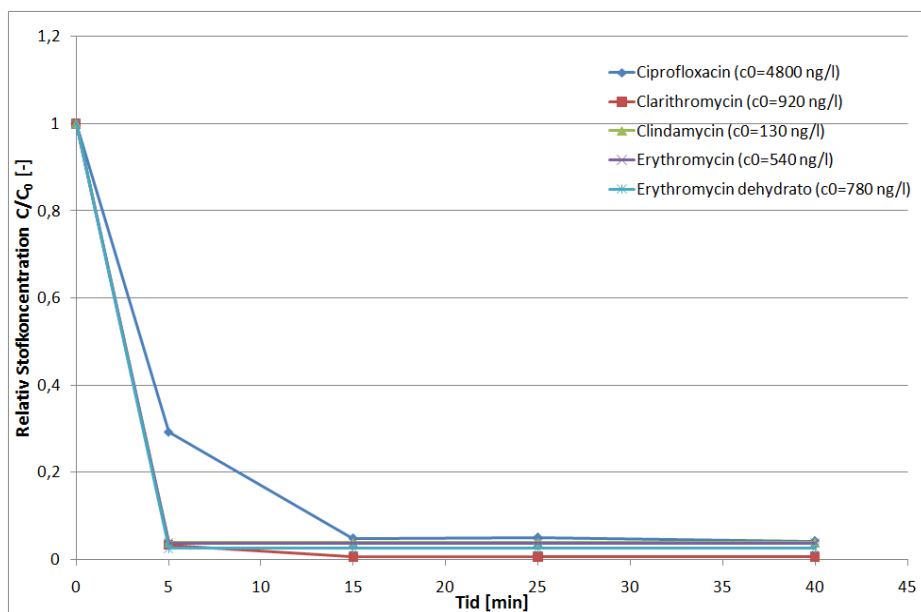
Stigningen i koncentrationen af ac-sulfamethoxazol, der er en metabolit og dermed er konjugeret, kan ikke forklares med de-konjugering. Data opnået i forsøgene tillader ikke tolkning, der kan bidrage til en forklaring af dette fænomen.

Den umiddelbare stigning i koncentrationen for nogle lægemiddelstoffer er medvirkende til at forlænge den nødvendige reaktionstid og dermed ozonforbrug til opnåelse af en tilstrækkelig fjernelse af disse. Dette bevirker således, at det bliver forholdsmæssigt dyrere at sikre en tilstrækkelig fjernelse af disse lægemiddelstoffer i forhold til lægemiddelstoffer, der nedbrydes hurtigt uden dekonjugering, med et mindre ozonforbrug.

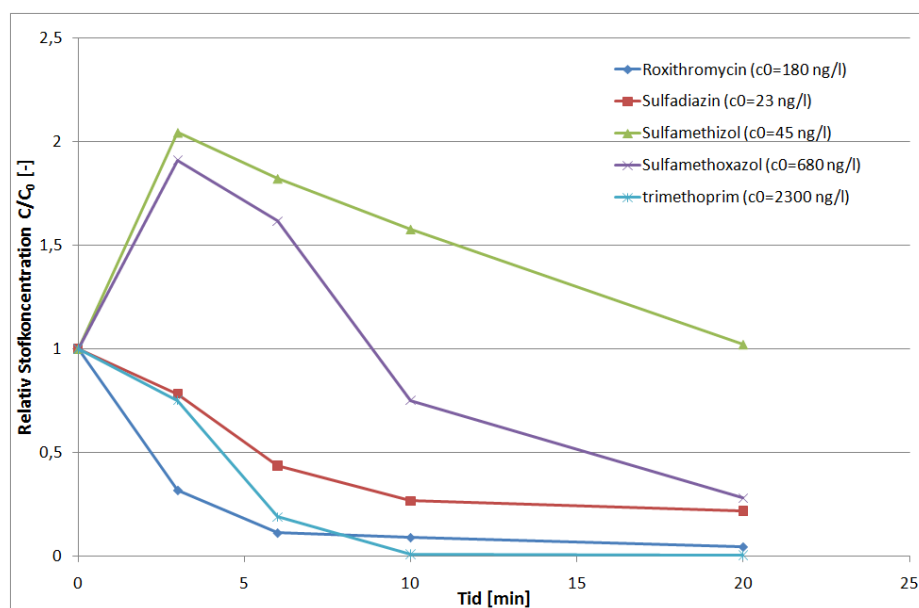
Eksempler på nedbrydningsforløbet for udvalgte lægemiddelstoffer ved ozon og ozonbrintperoxid forsøgene er vist i Figur 9-6 til Figur 9-11. Alle nedbrydningsforløb grupperet i forhold til terapeutisk gruppe og teknologi fremgår af Bilag S. Det skal bemærkes, at der ved konstruering af nedbrydningskurverne for en række af lægemiddelstofferne er anvendt koncentrationer svarende til detektionsgrænsen trods det, at stofferne er fundet i koncentrationer under detektionsgrænsen. Derudover er der indtegnet lige linjer mellem hvert punkt, uden at dette dog skal forstås som et forsøg på at tilpasse de opnåede data til en specifik nedbrydningsmodel. Dette er alene gjort for at forbedre illustrationen af nedbrydningsforløbet over tid. Derudover er der anvendt relative koncentrationer i forhold til startkoncentrationen for at tage hensyn til de meget varierende startkoncentrationer for de forskellige stoffer. Startkoncentrationerne for de enkelte lægemidler er angivet i signaturforklaringen til nedbrydningsforløbene.



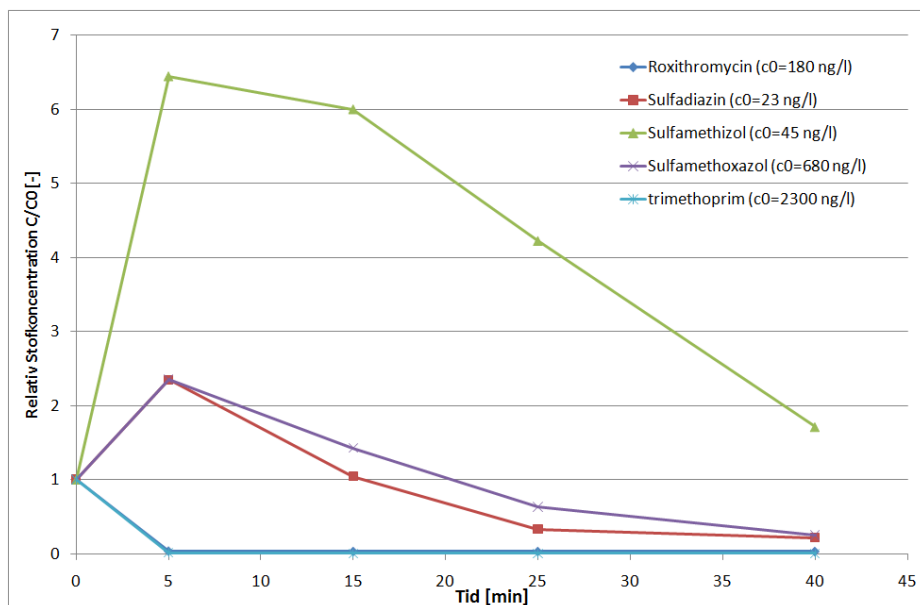
Figur 9-6 Nedbrydningsforløb for udvalgte antibiotika ved ozonforsøgene.



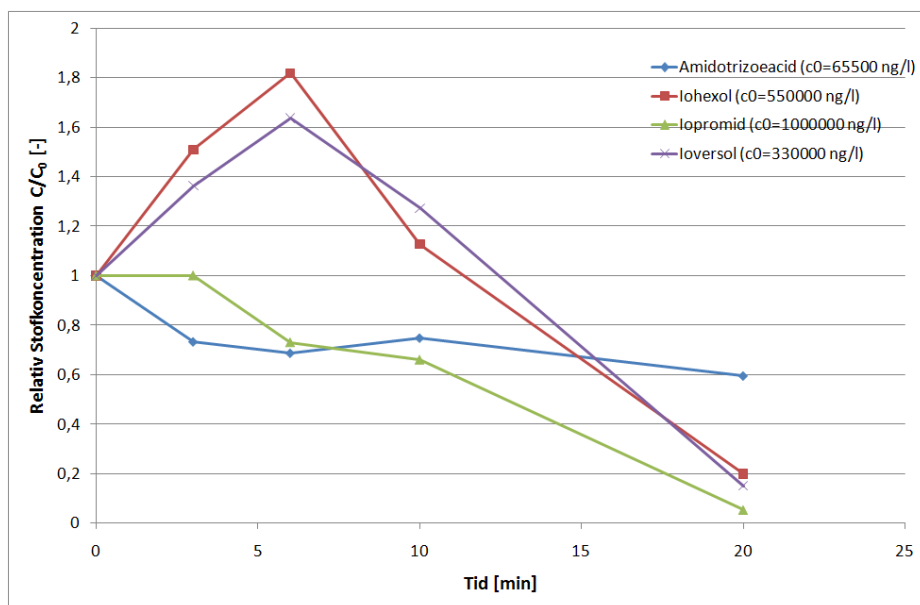
Figur 9-7 Nedbrydningsforløb for udvalgte antibiotika ved ozon-brintperoxid forsøgene.



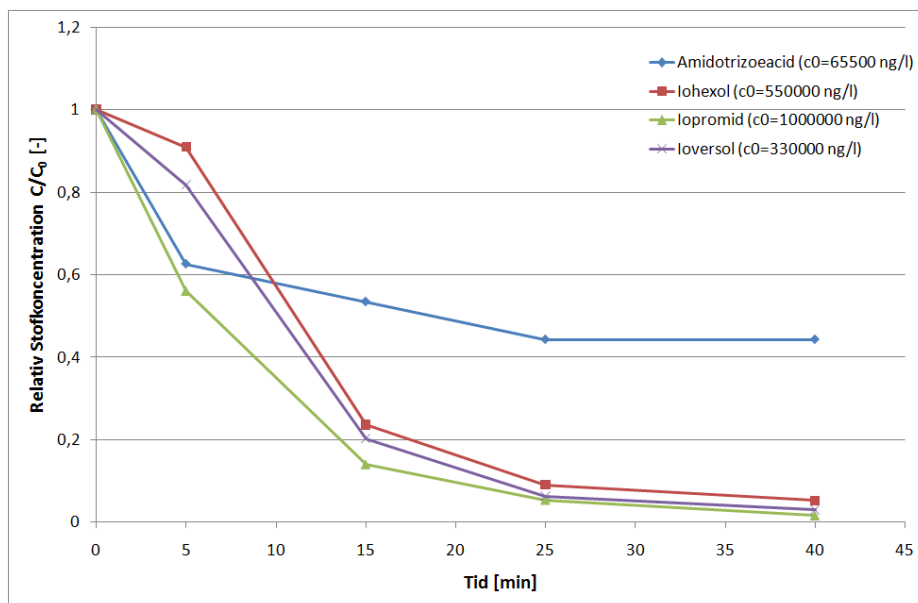
Figur 9-8 Nedbrydningsforløb for udvalgte antibiotika ved ozonforsøgene.



Figur 9-9 Nedbrydningsforløb for udvalgte antibiotika ved ozon-brintperoxid forsøgene.



Figur 9-10 Nedbrydningsforløb for kontrastmidler ved ozonforsøgene.



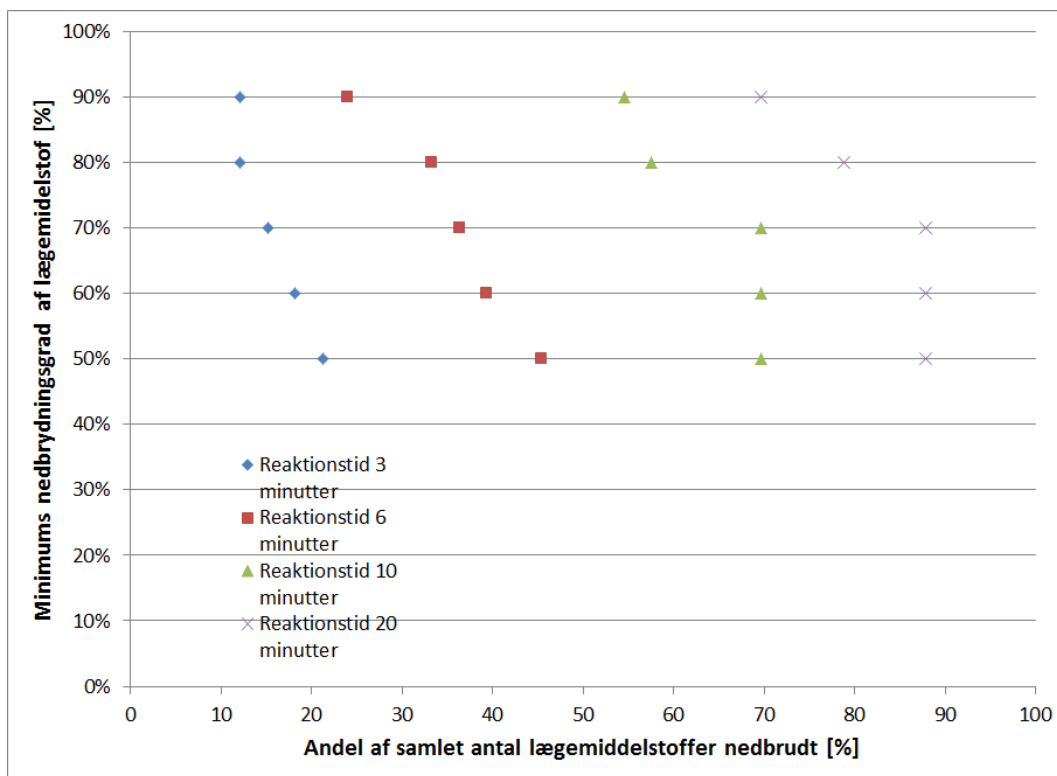
Figur 9-11 Nedbrydningsforløb for kontrastmidler ved ozon-brintperoxid forsøgene.

Af figurerne fremgår, at der for begge processer opnås en høj grad af nedbrydning for hovedparten af de udvalgte lægemiddelstoffer på mellem 80-100% afhængig af proces og reaktionstid. For ozon processen ses den højeste grad af nedbrydning efter 10-20 minutters reaktion, mens nedbrydningen med ozon-brintperoxid processen er væsentlig hurtigere med nedbrydningsgrader >95% efter fem minutters reaktion for en række stoffer.

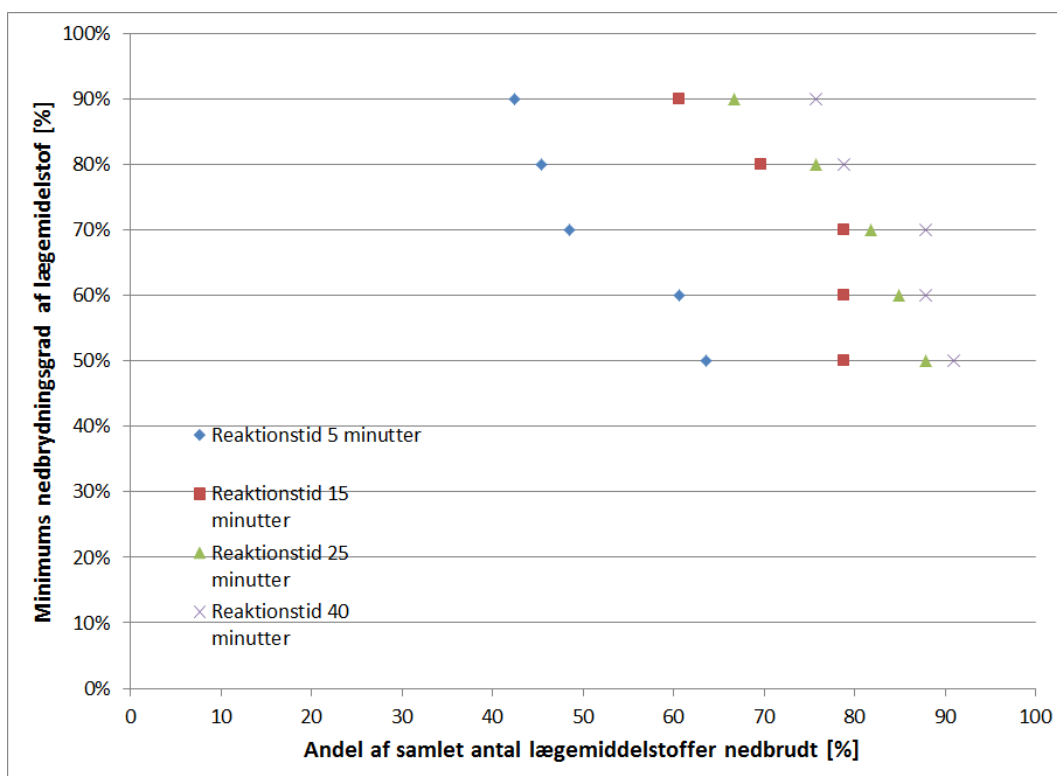
Enkelte stoffer skiller sig dog ud. Det drejer sig bl.a. om sulfamethizol og sulfamethoxazol – begge antibiotika – samt kontrastmidlet amidotrizoatsyre. Slutkoncentrationerne for disse stoffer vil blive nærmere diskuteret i forhold til vandmiljøeffekt-koncentrationer i afsnit 9.5.

9.2.3 Vurdering af den samlede fjernelse af lægemiddelstoffer med ozon og ozon-brintperoxid

I det følgende er der gennemført en dataanalyse med henblik på at vurdere og vælge det økonomisk set mest attraktive nedbrydningsscenarium for de to teknologier set i forhold til den samlede nedbrydning af lægemiddelstoffer i det MBR-behandlede hospitalsspildevand. Med henblik på at kunne foretage en vurdering af lægemiddelnedbrydningen, hvor såvel nedbrydningsgrad og økonomi kan vægtes, er der for de to teknologier lavet en dataanalyse, hvor andelen af det samlede antal målte lægemiddelstoffer er afbilledet i forhold til forskellige minimums nedbrydningsgrader og reaktionstider under forsøgene. Resultaterne af denne analyse fremgår af Figur 9-12 og Figur 9-13. Analysen er gennemført velvidende, at det er slutkoncentrationerne for de enkelte lægemiddelstoffer, der er afgørende for hvorvidt rensningen er tilstrækkelig effektiv. Lægemiddelstofferne har meget forskellige miljøeffektgrænser, hvilket man skal tage som forbehold ved nedenstående sumbetragtning af fjernelsen af lægemiddelstoffer.



Figur 9-12 Andel af det samlede antal lægemidler, der er nedbrudt til bestemte minimums nedbrydningsgrader ved forskellige reaktionstider under ozonforsøgene.



Figur 9-13 Andel af det samlede antal lægemidler, der er nedbrudt til bestemte minimums nedbrydningsgrader ved forskellige reaktionstider under ozon-brintperoxid forsøgene.

Af Figur 9-12 og Figur 9-13 fremgår det, at andelen af de 33 lægemiddelstoffer, der nedbrydes mellem 50%-60% stiger med reaktionstiden. For ozonforsøgene ses andelen

af lægemiddelstoffer, der nedbrydes mellem 50-60%, at stige fra omkring 20% af stofferne ved tre minutters reaktionstid til omkring 90% af lægemiddelstofferne ved 20 minutters reaktionstid.

For ozon-brintperoxid forsøgene ses tilsvarende, at andelen af lægemiddelstoffer, der nedbrydes mellem 50-60%, stiger fra omkring 60% af lægemidlerne ved fem minutters reaktionstid til omkring 90% af lægemidlerne ved 40 minutters reaktionstid. Generelt, fremgår det yderligere, at andelen af lægemidler, der nedbrydes til et bestemt fjernelseskrav, falder ved stigende krav til graden af nedbrydning, hvilket skyldes, at visse lægemiddelstoffer er vanskeligere at nedbryde. Ud fra ovenstående kurver er det således muligt – ud fra specificerede krav til nedbrydningsgraden – at lave en vægtning mellem økonomi og andelen af lægemidler der nedbrydes. Det er dog slutkoncentrationen af de enkelte kritiske lægemiddelstoffer, som er afgørende for hvorvidt rensningen er tilstrækkelig effektiv. Derfor skal ovenstående sumbetragtning af fjernelser af lægemiddelstoffer altid kombineres med en konkret vurdering af hvorvidt enkeltlægemiddelstofferne er reduceret tilstrækkeligt set i forhold til deres miljøeffektgrænser. Denne vurdering er nærmere beskrevet i Afsnit 9.5.

9.2.4 Valg af det økonomisk set mest attraktive nedbrydningsscenarie for ozon i forhold til den samlede lægemiddelnedbrydning

I forhold til de opnåede resultater for ozonforsøgene synes en fornuftig afvejning mellem økonomi og tilstrækkelig nedbrydningsgrad af så mange lægemidler som muligt at være ved en reaktionstid på 10 minutter. Ved 10 minutters reaktion opnås således en nedbrydningsgrad mellem 60-100% for omkring 70% af de målte lægemidler, og i en fuldskala installation på de to hospitaler vil det give behandlingspriser inkl. investeringen på omkring 1,9 kr/m³, hvilket er rimeligt for en relativ avanceret behandling.

Ved anvendelse af dataene ved 20 minutters reaktionstid kan der opnås en nedbrydningsgrad mellem 60-100% for omkring 90% af de målte lægemidler svarende til yderligere seks lægemiddelstoffer i forhold til scenariet ved 10 minutters reaktionstid. Meromkostningen på godt 1,5 kr/m³ i forhold til scenariet ved 10 minutters reaktion vurderes dog ikke umiddelbart at kunne retfærdiggøre den forbedrede nedbrydning. Dette vil imidlertid blive vurderet yderligere i afsnit 9.5 omkring nedbrydning af de enkelte lægemiddelstoffer og deres slutkoncentrationer set i relation til kvalitetskriterier for de enkelte lægemiddelstoffer ved udledning.

9.2.5 Valg af det økonomisk set mest attraktive nedbrydningsscenarie for ozonbrintperoxid i forhold til den samlede lægemiddelnedbrydning

I forhold til de opnåede resultater for ozon-brintperoxid forsøgene synes en fornuftig afvejning mellem økonomi og tilstrækkelig nedbrydningsgrad af så mange lægemiddelstoffer som muligt at være ved en reaktionstid på fem minutter. Ved fem minutters reaktion opnås en nedbrydningsgrad mellem 60-100% for omkring 60% af de målte lægemiddelstoffer, hvilket er svagt dårligere end for den rene ozoneringsproces. I en fuldskala installation på de to hospitaler vil det give en behandlingspris inkl. investeringen på omkring 3 kr/m³, hvilket er relativt dyrt sammenlignet med den rene ozoneringsproces, der for knap den halve pris giver en samlet set bedre nedbrydning af lægemiddelstofferne.

Meromkostningen for at opnå en bedre nedbrydning af lægemiddelstofferne ved ozonbrintperoxid processen (15 minutters scenariet) er ligeledes markant for høj til at være attraktiv (omkring 9 kr/m³).

Årsagen til, at ozon-brintperoxid processen kommer økonomisk uattraktiv ud af analysen, skyldes, at en alt for stor del af oxidationsmidlerne og de dannede radikaler forbruges til omsætning af det øvrige organiske stof (TOC) og andre radikalforbrugende stoffer i det MBR-behandlede hospitalsspildevand på grund af hydroxylradikalernes uselektive reaktionsmekanisme. Hvorvidt den lidt ringere nedbrydning ved ozon-brintperoxid processen er problematisk, vil igen afgøres af, hvilke enkelte lægemiddelsestoffer der ikke nedbrydes i særlig grad ved dette scenarie samt deres slutkoncentration i den behandlede prøve set i forhold til vandmiljø-effektgrænser for de enkelte lægemiddelsestoffer ved udledning.

9.2.6 Nedbrydning af lægemidler med klordioxid

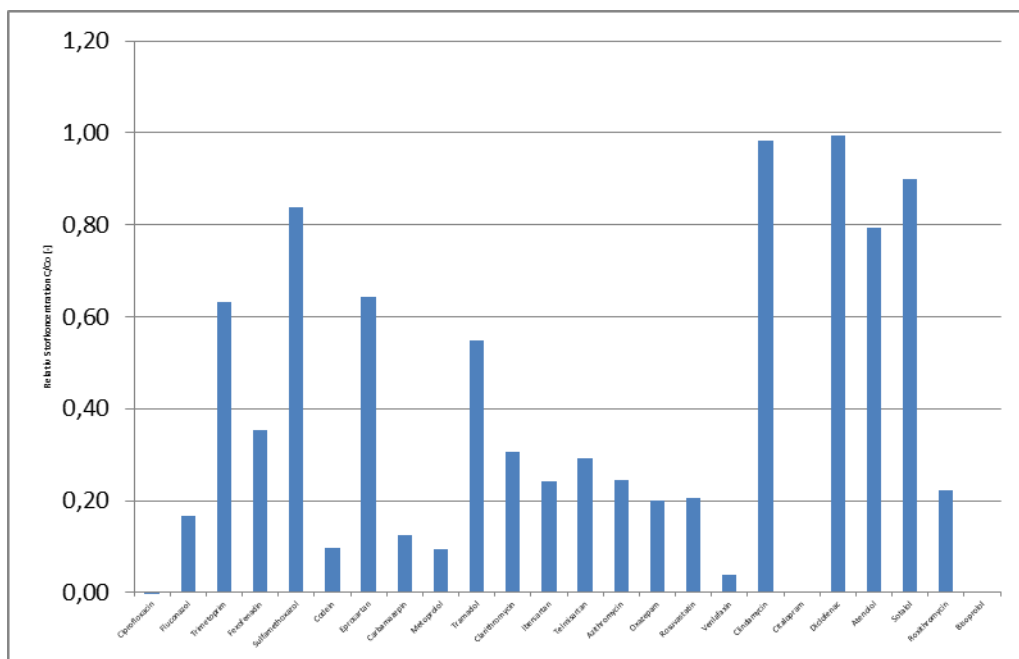
Lægemidlerne fundet i det rensede spildevand varierer i koncentration fra ca. 200 µg/l niveau til nanogram niveau under metodernes analysedetekteringsgrænse. Analyseusikkerheden skønnes dog ikke at gøre en vurdering af nedbrydningen ved klordioxidbehandlingen relevant for stoffer med et indhold på mindre end 0,1 µg/l i den ubehandlede prøve fra MBR-anlægget. Der er dog yderligere medtaget tre stoffer med lavere indgangskoncentration, som indgår i begge analyselaboratoriernes program, og som også er målt over analysedetekteringsgrænsen i det MBR-behandlede spildevand af IUTA i Tyskland. Analyserne til klordioxidforsøgene er i øvrigt kun sket på laboratoriet i Umeå i Sverige, og resultaterne er medtaget for at øge sammenligneligheden.

Tabel 9-4 Viser resultaterne i udgangsprøven og efter 15 og 120 minutters behandling med klordioxid. Figur 9-12 og Figur 9-13 viser reduktionsprocenten for stofferne efter henholdsvis 15 og 120 minutter klordioxidbehandling.

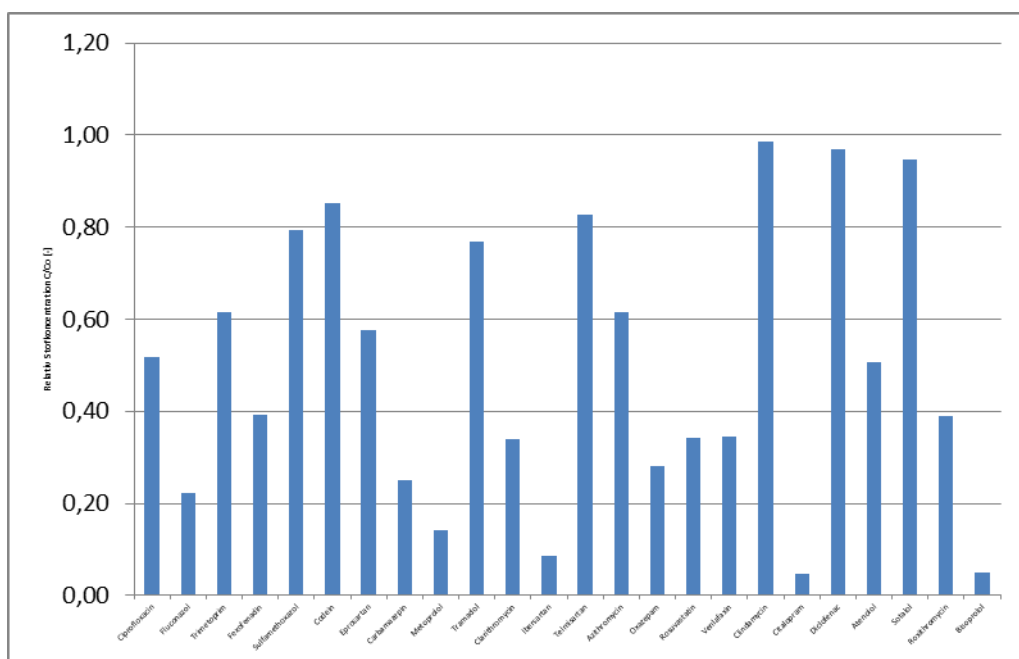
Tabel 9-11 Indhold af lægemiddelstoffer i MBR-behandlet spildevand og efter henholdsvis 15 og 20 minutters behandling med klordioxid

Lægemiddel	Koncentration i rensset spildevand µg/l	Koncentration efter 15 minutters behandling µg/l	Koncentration efter 120 minutters behandling µg/l
Ciprofloxacin	66	113	32
Fluconazol	16	14	13
Trimetoprim	5,7	2,1	2,2
Fexofenadin	4,53	2,93	2,75
Sulfamethoxazol	3,2	0,52	0,66
Codein	3,1	2,8	0,46
Eprosartan	2,6	0,93	1,1
Carbamazepin	2,4	2,1	1,8
Metoprolol	2,1	1,9	1,8
Tramadol	1,9	0,86	0,44
Clarithromycin	0,59	0,41	0,39
Ibersartan	0,58	0,44	0,53
Telmisartan	0,58	0,41	0,10
Azithromycin	0,57	0,43	0,22
Oxazepam	0,50	0,40	0,36
Rosuvastatin	0,44	0,35	0,29
Venlafaxin	0,26	0,25	0,17
Clindamycin	0,23	0,004	0,003
Citalopram	0,22	0,22	0,21
Diclofenac	0,15	0,001	0,005
Atenolol	0,073	0,015	0,036
Sotalol	0,039	0,004	0,002
Roxithromycin	0,036	0,028	0,022
Bisoprolol	0,020	0,020	0,019

Det ses, at for ciprofloxacin findes en ”produktion” af stoffet efter 15 minutters behandling. Årsagen hertil er ikke fundet.



Figur 9-14 Reduktion af lægemidler i rensset spildevand efter 15 minutters behandling med klordioxid.



Figur 9-15 Reduktion af lægemidler i rensset spildevand efter 120 minutters behandling med klordioxid.

Det ses at der opnås en vis reduktion af mange stoffer og noget højere reduktionsprocenter efter to timers behandling end efter 15 minutter. Kun nogle få stoffer reduceres næsten fuldstændigt.

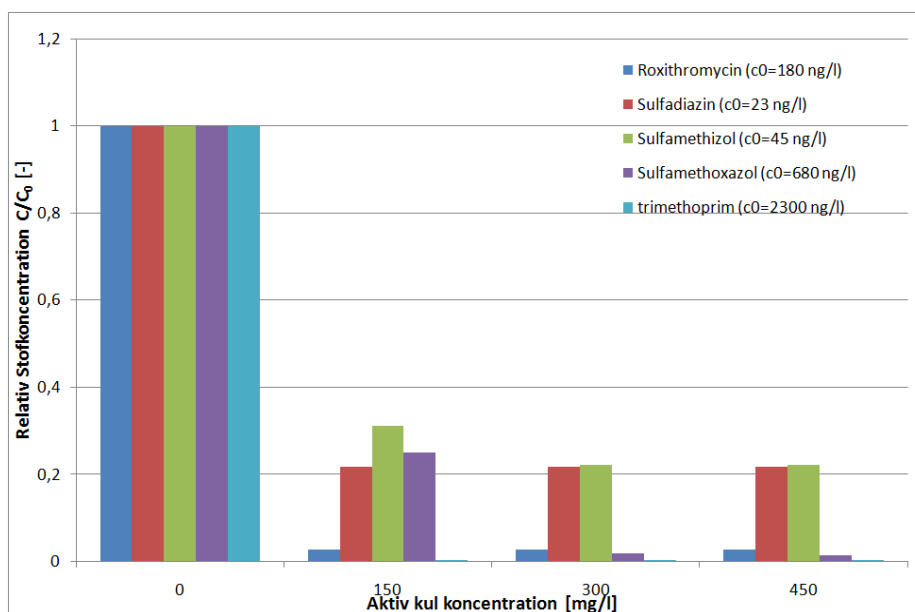
9.2.7 Valg af det økonomisk set mest attraktive nedbrydningsscenarie for klordioxid

I forhold til de opnåede resultater ved anvendelse af klordioxid vil det være nødvendigt med en længere reaktionstid end 15 minutter, idet der opnås væsentlig reduktion ved 120 minutters reaktionstid.

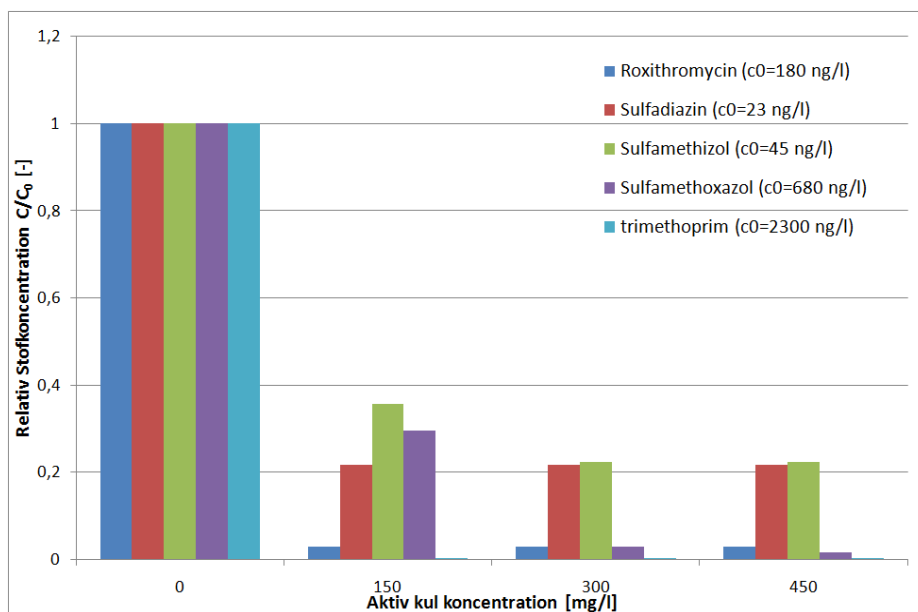
Da klordioxidforbruget stort set er det samme, bliver den eneste ekstra omkostning, at kontakttanken skal være væsentligt større; men da der er tale om mindre voluminer, har det ikke væsentlig økonomisk betydning.

9.2.8 Fjernelse af lægemidler med aktiv kul

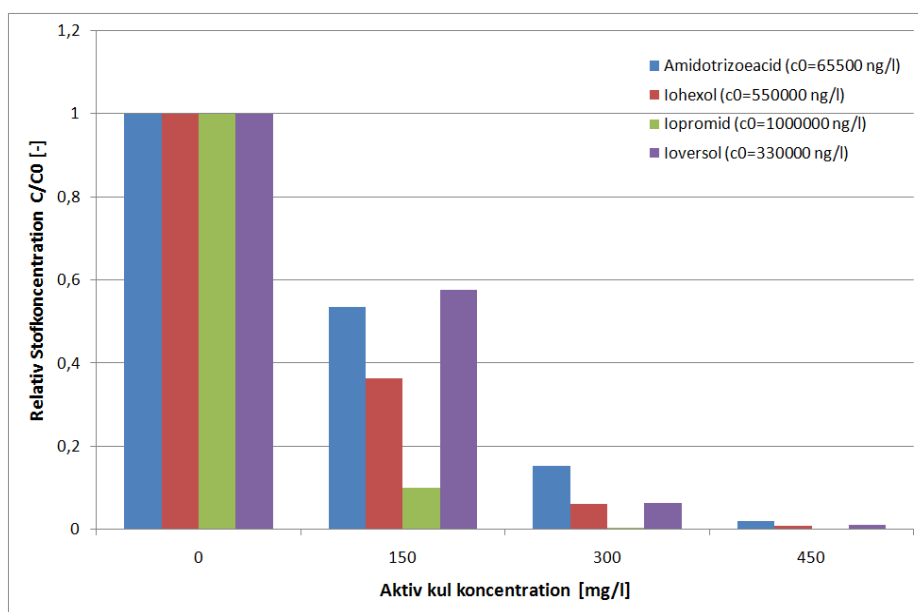
På grund af det relativt simple forsøgs-setup for afprøvning af aktiv kul til fjernelse af lægemidlerne i det MBR-behandlede hospitalsspildevand har det ikke været muligt at beskrive det aktive kuls effektivitet i forhold til de generelle spildevandsparametre. I stedet er aktiv kul teknologien alene beskrevet ved fjernelsesgraden af lægemiddelstoffer ved de forskellige kulkoncentrationer. For alle lægemiddelstoffer blev der således observeret en høj grad af fjernelse af lægemiddelstoffer ved alle tre anvendte kulkoncentrationer med en svag tendens til øget grad af fjernelse ved stigende kulkoncentration. Det skal igen bemærkes, at der for en række af lægemiddelstofferne er anvendt koncentrationer svarende til detektionsgrænsen på trods af, at stofferne er fundet i koncentrationer under detektionsgrænsen. Dette er gjort for at forbedre illustrationen af fjernelsen af lægemidler som funktion af aktiv kul koncentrationen. Derudover er der anvendt relative koncentrationer i forhold til startkoncentrationen for at tage hensyn til de meget varierende startkoncentrationer for de forskellige lægemiddelstoffer. Startkoncentrationerne for de enkelte lægemidler er angivet i signaturforklaringen til nedbrydningsforløbene. Eksempler på fjernelsesforløbet for udvalgte lægemiddelstoffer for de to typer kul er vist i nedenstående figurer. Øvrige fjernelsesforløb er vist i Bilag S.



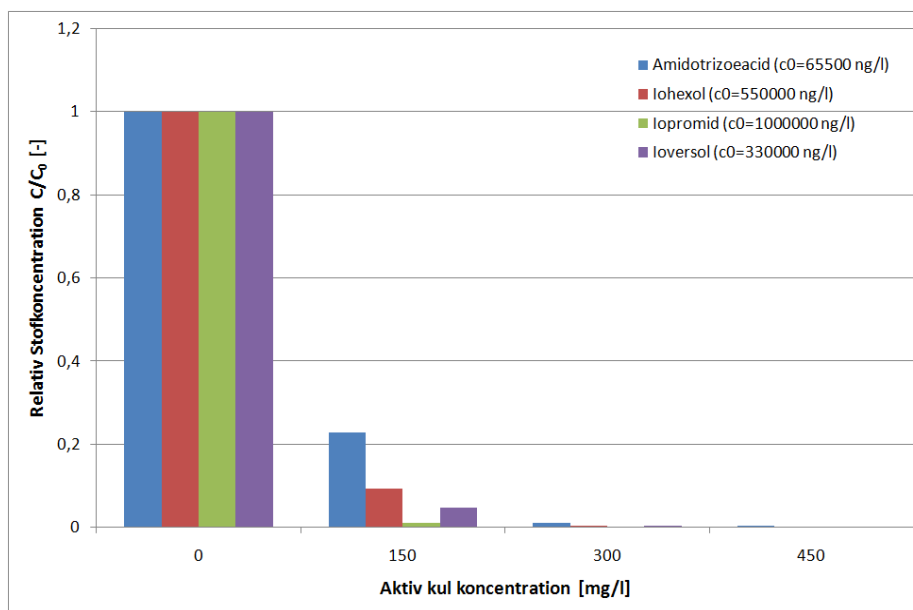
Figur 9-16 Eksempel på fjernelse af antibiotika med aktiv kul (Norit 830W).



Figur 9-17 Eksempel på fjernelse af antibiotika med aktiv kul (Calgon Carbon, Filtrasorb F400).



Figur 9-18 Eksempel på fjernelse af kontrastmidler med aktiv kul (Norit 830W).



Figur 9-19 Eksempel på fjernelse af kontrastmidler med aktiv kul (Calgon Carbon, Filtrasorb F400).

Der blev for begge typer af kul fundet stort set de samme fjernelsesgrader for de 33 lægemiddelstoffer ved de anvendte kulkoncentrationer – bortset fra kontrastmidlerne, hvor aktiv kul typen F400 synes at være svagt bedre end 830W. Generelt vurderes begge kul-typer dog at være velegnet til fjernelse af lægemiddelstoffer i det MBR-behandlede hospitalsspildevand. Fjernelsesgraderne var generelt høje selv ved den laveste kulkoncentration. Således blev der samlet set fundet en fjernelse større end 90% for 73% (24/33) af alle lægemiddelstofferne ved en aktiv kul koncentration på 150 mg/l, mens andelen, der blev fjernet med mere end 90%, steg til 79% og 82% ved kulkoncentrationer på henholdsvis 300 og 450 mg/l.

Adsorptionskapaciteten af det aktive kul i forhold til behandling af det MBR-behandlede hospitalsspildevand er på forsimplet vis beregnet på baggrund af lægemiddelfjernelsen ved at omregne alle lægemiddelstofkoncentrationer til (mol/l)-basis for herefter at summere dem og genregne dem til (nanogram/l)-basis ved at multiplicere med en middel molekylvægt for lægemiddelstofferne. Herved opnås en molekylvægtsmidlet sum-koncentration af lægemidler i det MBR-behandlede hospitalsspildevand på 1 g/m³ og en tilsvarende koncentration i det aktiv kul behandlede spildevand ved de tre aktiv kul koncentrationer på henholdsvis 51, 3 og 1 mg/m³. Adsorptionskapaciteten beregnes herefter som den fjernede masse af lægemiddelstoffer i forhold til den anvendte kulmængde, hvilket giver en groft estimeret adsorptionskapacitet for de samlede lægemiddelstoffer på 6,6 kg/ton kul ved 150 mg/l kul, 3,5 kg/ton kul ved 300 mg/l kul og 2,3 kg/ton kul ved 450 mg/l kul. Disse estimater på adsorptionskapaciteten er i afsnit 9.1.3 anvendt ved beregning af levetid og driftsomkostninger for aktiv kul anlæg ved de tre scenarier.

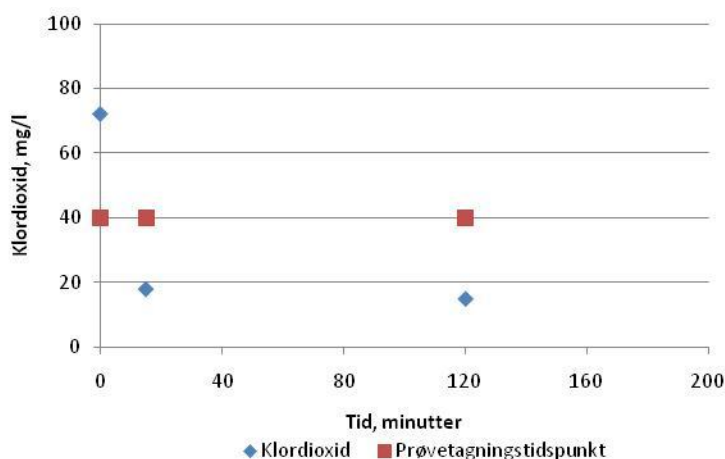
På baggrund af den samlede fjernelse af lægemidler ved de tre aktiv kul koncentrationer synes en fornuftig afvejning mellem økonomi og fjernelse af lægemiddelstofferne at være at anvende adsorptionskapaciteten – beregnet på baggrund af dataene fra 150 mg/l aktiv kul – til beregning af forventet levetid og driftsomkostninger for det aktive kul. Ved anvendelse af aktiv kul teknologi kan der således forventes en behandlingspris på 2,5-3 kr/m³ for at sikre en fornuftig fjernelse af så mange lægemidler som muligt.

Det skal imidlertid bemærkes, at en endelig afklaring af udskiftningsfrekvensen og dermed et mere nøjagtigt estimat på driftsomkostninger og behandlingspriser ved anvendelse af aktiv kul teknologi vil kræve mere detaljerede forsøg, hvor adsorptionskapaciteten bestemmes mere nøjagtigt ved længerevarende kolonneforsøg.

Hvorvidt den opnåede fjernelse af lægemiddelstofferne med aktiv kul er tilstrækkelig, afgøres igen af, hvilke enkelte lægemiddelstoffer der ikke fjernes i særlig grad samt deres slutkoncentration i den behandlede prøve set i forhold til kvalitetskriterier for vandmiljø-effektgrænser for de enkelte lægemiddelstoffer ved udledning. Det vurderes yderligere i afsnit 9.5.

9.3 Klordioxid

Forsøgene med klordioxid blev – som beskrevet i kapitel 7 – gennemført med en dosering af klordioxid svarende til en startkoncentration på 74 mg/l klordioxid. Under forsøget blev klordioxiden målt med mellemrum, og der blev udtaget prøver efter 0, 15 og 120 minutters behandling. Resultaterne af klordioxidmålingerne er vist i Figur 9-20, hvor også prøvetagningstidspunkterne er angivet.



Figur 9-20 Koncentration af klordioxid i vandfasen, doseringstidspunkter og tidspunkt for prøvetagning under klordioxidforsøget med rensed spildevand.

Af Figur 9-20 ses, at der under hele forsøget har været et betydeligt overskud af klordioxid, og at forbruget på de to timer har været ca. 60 mg/l.

Med baggrund i det målte klordioxidforbrug er det muligt at beregne forbruget til nedbrydning af organisk stof og lægemidler med henblik på vurdering af investerings- og driftsøkonomien for et klordioxidanlæg. Ved beregningerne er der anvendt en årlig spildevandsmængde fra Rigshospitalet på 240.000 m³ og 120.000 m³ fra Hvidovre Hospital.

Klordioxid koster 25-50 kr. pr. kg. Doseres 75 mg/l, er omkostningen på Rigshospitalet ca. 1 mio. kr. pr. år ved en pris på 50 kr/kg og det halve på Hvidovre Hospital. Doseringsudrustning er billig, ca. 100.000 kr. er der set priser på.

Lægemidlerne, som er fundet i det rensede spildevand, varierer i koncentration fra ca. 200 µg/l niveau til nanogram niveau under metodernes analysedetektningsgrænse.

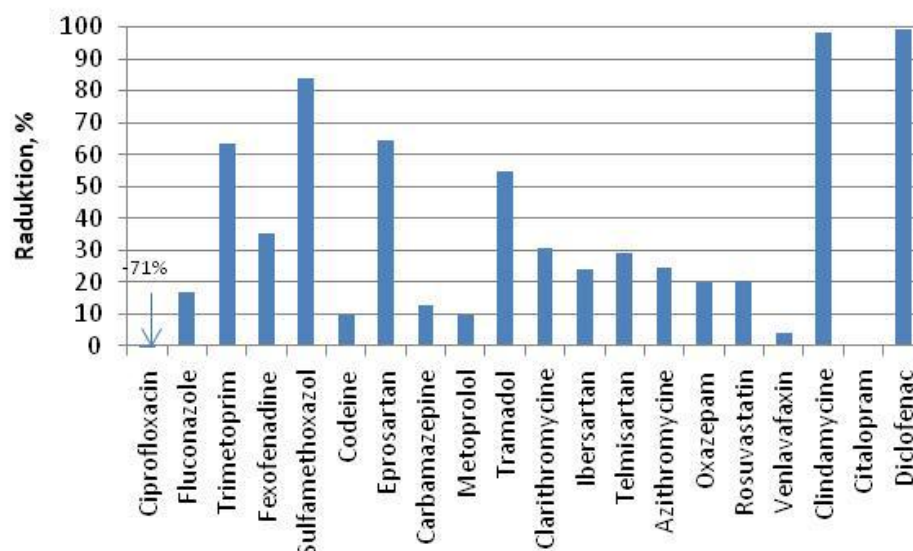
Analyseusikkerheden skønnes dog ikke at gøre en vurdering af nedbrydningen ved klordioxidbehandlingen relevant for stoffer med et indhold på mindre end 0,1 µg/l i den ubehandlede prøve fra MBR-anlægget.

Tabel 9-12 viser resultaterne i udgangsprøven og efter 15 og 120 minutters behandling med klordioxid. Figur 9-21 og Figur 9-22 viser reduktionsprocenten for stofferne efter henholdsvis 15 og 120 minutter klordioxidbehandling.

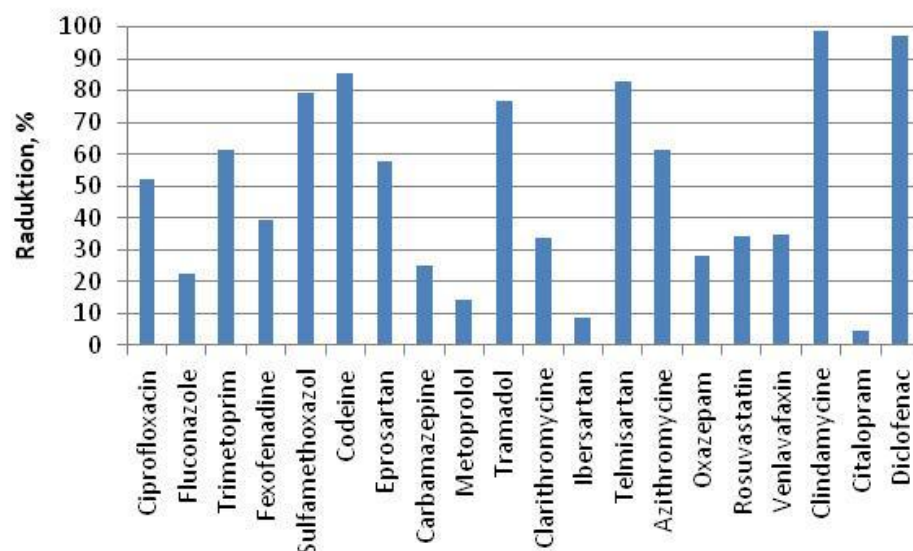
Tabel 9-12 Lægemiddelstoffer i MBR-behandlet spildevand og efter 15 og 120 minutters behandling med klordioxid.

Lægemiddel	Koncentration i rensed spildevand µg/l	Koncentration efter 15 minutters behandling µg/l	Koncentration efter 120 minutters behandling µg/l
Ciprofloxacin	66	113	32
Fluconazole	16	14	13
Trimetoprim	5,7	2,1	2,2
Fexofenadine	4,53	2,93	2,75
Sulfamethoxazol	3,2	0,52	0,66
Codeine	3,1	2,8	0,46
Eprosartan	2,6	0,93	1,1
Carbamazepine	2,4	2,1	1,8
Metoprolol	2,1	1,9	1,8
Tramadol	1,9	0,86	0,44
Clarithromycine	0,59	0,41	0,39
Ibersartan	0,58	0,44	0,53
Telmisartan	0,58	0,41	0,10
Azithromycine	0,57	0,43	0,22
Oxazepam	0,50	0,40	0,36
Rosuvastatin	0,44	0,35	0,29
Venlavafaxin	0,26	0,25	0,17
Clindamycine	0,23	0,004	0,003
Citalopram	0,22	0,22	0,21
Diclofenac	0,15	0,001	0,005

Det ses, at for ciprofloxacin findes en ”produktion” af stoffet efter 15 minutters behandling. Årsagen hertil er ikke fundet.



Figur 9-21 Reduktion af lægemidler i rensset spildevand efter 15 minutters behandling med klordioxid.



Figur 9-22 Reduktion af lægemidler i rensset spildevand efter 120 minutters behandling med klordioxid.

Det ses, at der opnås en vis reduktion af mange stoffer og noget højere reduktionsprocenter efter to timers behandling end efter 15 minutter. Kun nogle få stoffer reduceres næsten fuldstændigt.

9.4 Samlet antibiotisk effekt

Den antibiotiske effekt, som er bestemt for hospitalsspildevandet før og efter, at det blev behandlet i MBR-pilotanlægget, er beskrevet i afsnit 8.3.1. På tilsvarende vis blev det MBR-behandlede hospitalsspildevand efter behandling med ozon, ozon og brintperoxid samt aktiv kul undersøgt for antibiotisk effekt. Allerede i det MBR-behandlede hospitalsspildevand var der imidlertid ingen antibiotisk effekt, og derfor var det også forventet, at der heller ikke efter poleringsmetoderne ville være antibiotisk effekt i det behandlede hospitalsspildevand. Dette fremgår af Tabel 9-13.

Tabel 9-13 Diameteren (mm) af effektzonen omkring hullerne indeholdende rensed og urensed spildevand fra MBR-anlægget. Desuden er anført samlet koncentration af antibiotika med effekt over for henholdsvis *E. coli* og *S. aureus*. Vandprøver efter ozonbehandling i 3, 6 og 10 minutter blev testet. På samme måde blev ozon-brintperoxid behandlet vand testet efter 5, 10 og 15 minutter. Ligeledes blev vand fra behandling med to aktiv kultyper i koncentration på 300 mg/l undersøgt. Antibiotikaanalyserne blev udført af IUTA.

	<i>E. coli</i>				<i>S. aureus</i>
	Ufortyndet	1:1	1:2	Ciprofloxacin	Ufortyndet
Ozon 3 minutter	i.m.	i.m.	i.m.	15	i.m.
Ozon 6 minutter	i.m.	i.m.	i.m.	20	i.m.
Ozon 10 minutter	i.m.	i.m.	i.m.	20	i.m.
Ozon - H ₂ O ₂ 5 minutter	i.m.	i.m.	i.m.	20	i.m.
Ozon - H ₂ O ₂ 10 minutter	i.m.	i.m.	i.m.	20	i.m.
Ozon - H ₂ O ₂ 15 minutter	i.m.	i.m.	i.m.	20	i.m.
Aktiv kul (CC) 300	i.m.	i.m.	i.m.	20	i.m.
Aktiv kul (NR) 300	i.m.	i.m.	i.m.	20	i.m.

i.m. = ikke målelig zone.

9.5 Reduktion af lægemiddelstoffer set i forhold til vandmiljø

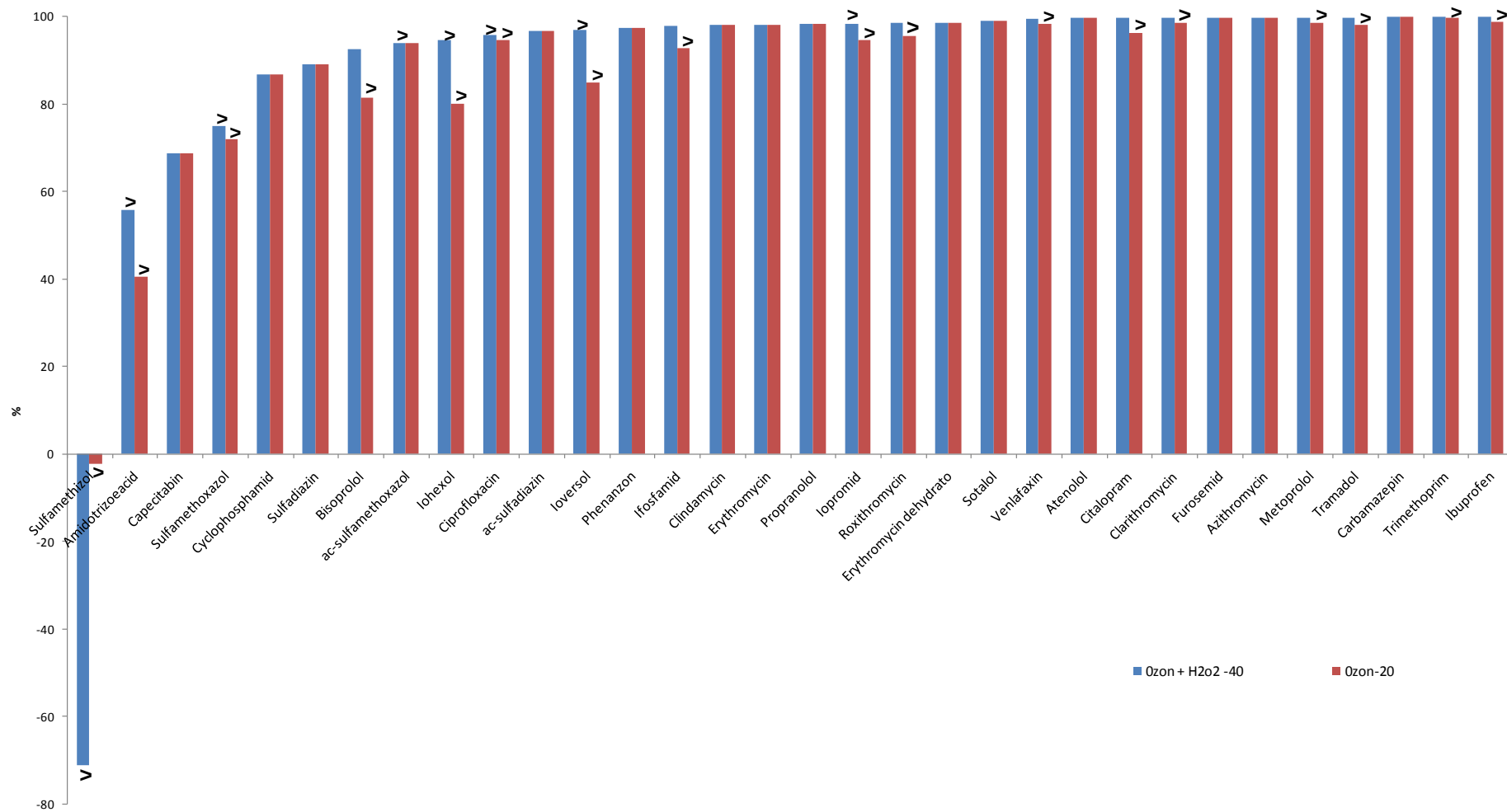
For at kunne vurdere om de økonomisk set mest attraktive reduktionsscenarier for de fire teknologier – set i forhold til den samlede nedbrydning/fjernelse af lægemiddelstoffer – er tilstrækkelige i forhold til at begrænse udledningen af miljøkritiske lægemiddelstoffer, er det nødvendigt at vurdere restkoncentrationerne af de lægemiddelstoffer, der ikke fjernes i særlig grad ved disse scenarier i forhold til effektgrænser i vandmiljøet.

Med henblik på at vurdere betydningen af rest-/slutkoncentrationer af lægemiddelstofferne er der i det følgende vist oversigtsfigurer over fjernelsesprocenterne. I forlængelse heraf er slutkoncentrationerne sammenholdt med de laveste effektkoncentrationer over for vandlevende organismer. Der er anvendt de tilgængelige PNEC (PNEC: Predicted No-Effect Concentrations) og EQS-værdier (Environmental Quality Standards).

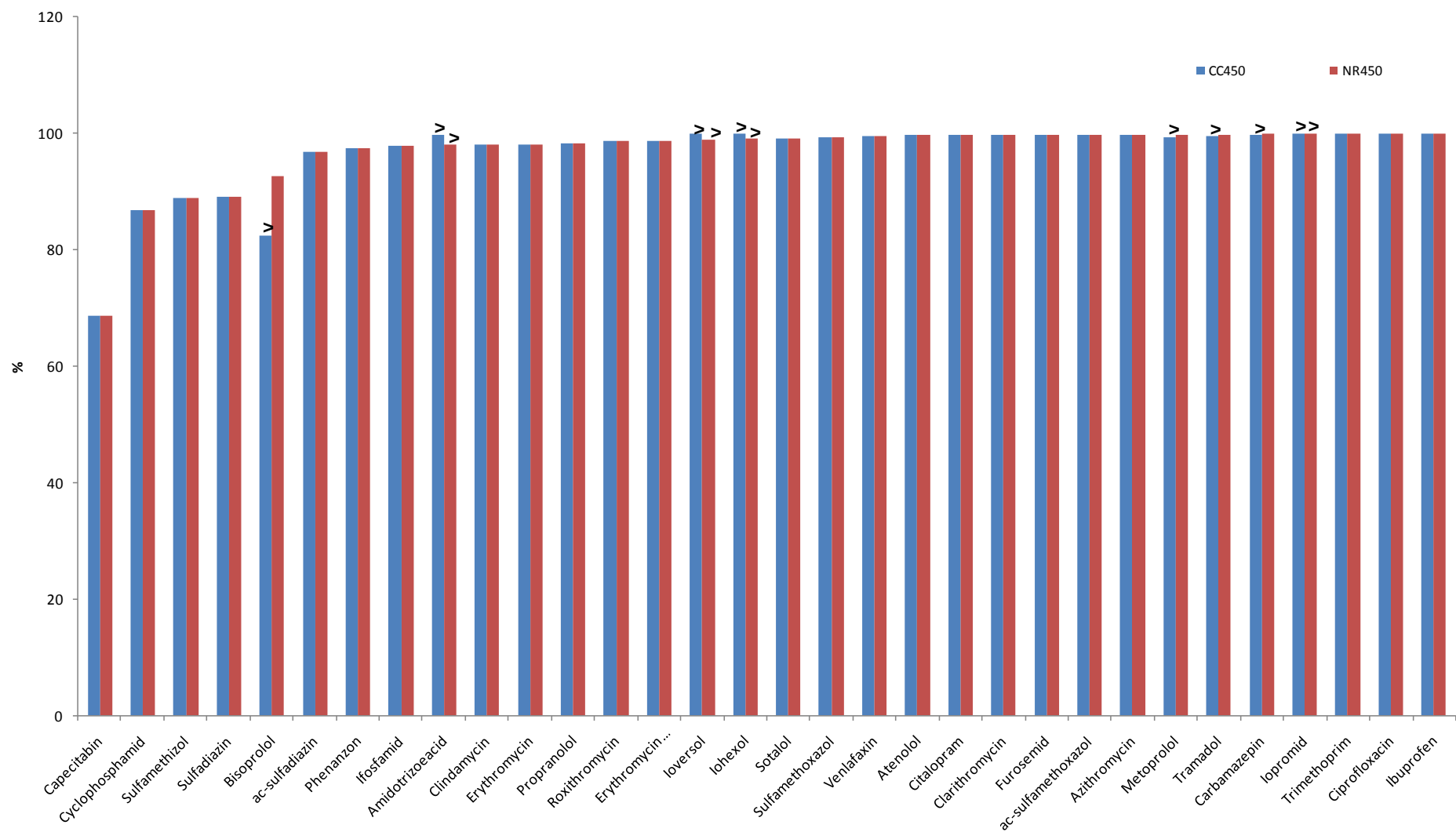
De økonomisk og reduktionsmæssigt set mest attraktive scenarier for de forskellige teknologityper er som tidligere beskrevet:

- Ozon 10 minutter (1,5 kr/m³) samt ozon 20 minutter (3,0 kr/m³), der er 1,5 kr/m³ dyrere, men har en markant bedre fjernelse af kontrastmidler. I reduktionsdiagrammerne nedenfor er kun ozon 20 minutter illustreret, mens både 10 og 20 minutter er vist i tabellen, hvor der sammenholdes med vandmiljøeffektgrænser
- Ozon-brintperoxid 5 minutter (2,5 kr/m³). I reduktionsdiagrammerne nedenfor er kun brintperoxid 40 minutter illustreret, mens også 5 og 15 minutter er vist i tabellen, hvor der sammenholdes med vandmiljøeffektgrænser. 40 minutter er vist for at illustrere potentialet i brintperoxid teknologien, men man skal være opmærksom på, at prisen er væsentlig højere (25 kr/m³)
- Aktiv kul 150 mg CC eller NR pr. liter (2,0-2,3 kr/m³). I reduktionsdiagrammerne nedenfor er kun vist en aktiv kul dosering på 450 mg/l (CC og NR) illustreret, mens også 150 mg/l er vist i tabellen, hvor der sammenholdes med vandmiljøeffektgrænser. 450 mg/l er vist for at illustrere potentialet i aktiv kulteknologien, men man skal være opmærksom på at prisen er væsentlig højere (7,1-7,9 kr/m³)
- Klordioxid 60 mg/l (2,3 kr/m³). I reduktionsdiagrammet nedenfor er vist kontakttiden 120 minutter, mens også kontakttiden 15 minutter er vist i tabellen, hvor der sammenholdes med vandmiljøeffektgrænser

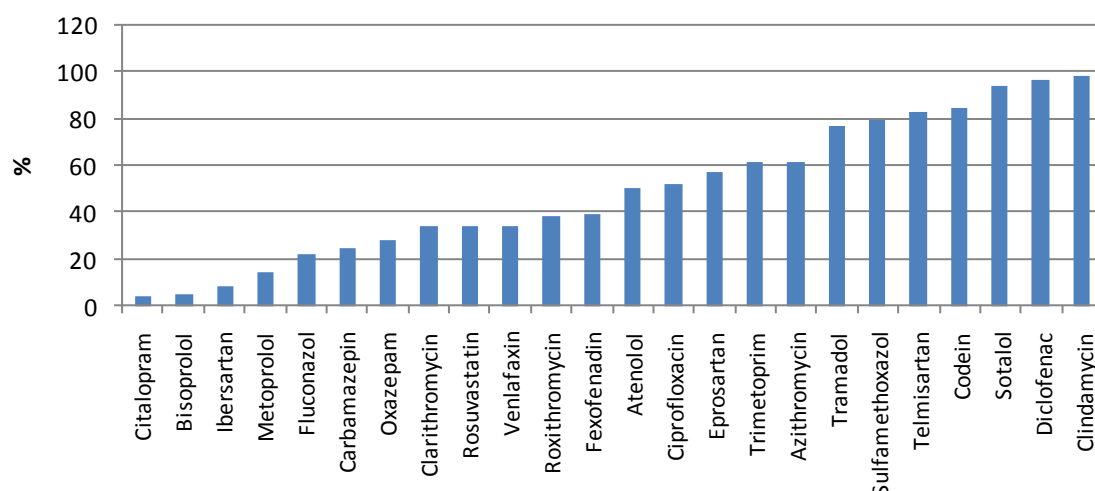
Reduktionsprocenter for lægemiddelstoffer ved anvendelse af ozon, ozon-brintperoxid, aktiv kul og klordioxid på det MBR-behandlede hospitalsspildevand er vist i Figur 9-23, Figur 9-24 og Figur 9-25. Samtlige data fremgår af Bilag K.



Figur 9-23 Reduktionsprocenter ved anvendelse af ozon (20 minutter) og ozon-brintperoxid (40 minutter) på MBR-behandlet hospitalsspildevand. Ved værdier under detektionsgrænsen i slutkoncentrationen er halvdelen af detektionsgrænsen anvendt. Værdier målt **over** detektionsgrænsen er markeret med ">".



Figur 9-24 Reduktionsprocenter ved anvendelse af aktiv kul CC 450 mg/l og NR 450 mg/l på MBR-behandlet hospitalsspildevand. Ved værdier under detektionsgrænsen i slutkoncentrationen er halvdelen af detektionsgrænsen anvendt. Værdier målt **over** detektionsgrænsen er markeret med ">".



Figur 9-25 Reduktionsprocenter ved anvendelse af klordioxid (120 minutter) på MBR-behandlet hospitalsspildevand (analysedata fra Umeå).

Det fremgår af Figur 9-23, Figur 9-24 og Figur 9-25, at der overordnet set kan opnås effektive reduktionsprocenter ved brug af ozon, ozon-brintperoxid og aktiv kul, mens klordioxid er væsentligt mindre effektiv. Det fremgår endvidere, at aktiv kul er mest effektivt (ved 450 mg/l) og at der kun blev målt henholdsvis fire (NR450) og otte (CC450) stoffer over detektionsgrænserne.

Der er dog visse stoffer, som teknologierne har vanskeligt ved at reducere. Det drejer sig specielt om sulfamethoxazol, ac-sulfamethoxazol (metabolit af sulfamethoxazol) og sulfamethizol samt kontrastmidlet amidotrizoatsyre. Omkring sulfamethoxazol og ac-sulfamethoxazol kan det bemærkes at MBR-behandlingen allerede fjernede henholdsvis 97% og 32-46%.

For at vurdere, om behandlingerne er tilstrækkelige i forhold til udledning af miljøkritiske lægemiddelstoffer, er slutkoncentrationerne i Tabel 9-14 og Tabel 9-15 sammenholdt med PNEC- og EQS-værdier for vandmiljøet.

Tabel 9-14 Slutkoncentrationer ved anvendelse af ozon samt ozon-brintperoxid sammenholdt med miljøeffektgrænser/miljøkvalitetskrav for vandområder (IP: Ingen PNEC/EQS).

ng/l	Ozon		O ₃ /H ₂ O ₂			Vandmiljø	
	10 min.	20 min.	5 min.	15 min.	40 min.	PNEC/EQS	Ref.
Antibiotika inkl. metabolitter							
ac-sulfadiazin	< 5	< 5	55	16	< 5	IP	
ac-sulfamethoxazol	780	67	1900	990	66	220	DHI 2010
Azithromycin	< 5	< 5	37	< 5	< 5	9,4	FASS, 2009
Ciprofloxacin	650	250	1400	230	200	300	DHI, 2010
Clarithromycin	51	12	30	5,3	< 5	18700	FASS, 2007
Clindamycin	16	< 5	< 5	< 5	< 5	3600	STF, 2009
Erythromycin	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	2000	MST 2007
Erythromycin dehydrato	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	2000	MST 2007
Roxithromycin	16	7,9	6,1	< 5	< 5	100000	FASS, 2007
Sulfadiazin	6,1	< 5	54	24	< 5	IP	
Sulfamethizol	71	46	290	270	77	800	DHI, 2009
Sulfamethoxazol	510	190	1600	970	170	220	DHI, 2010
Trimethoprim	24	9,5	37	< 5	< 5	16000	SFT, 2006
Hjerte/kredsløb							
Atenolol	< 10	< 10	250	27	< 10	77700	MST, 2007
Bisoprolol	7,9	6,3	11	8,7	< 5	35600	FASS, 2009
Furosemid	< 25	< 25	30	< 25	< 25	45140	SFT, 2009
Metoprolol	31	17	440	20	< 5	8800	MST, 2007
Propranolol	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	5	FASS, 2007
Sotalol	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	IP	
Muskler, led og knogler og CNS							
Carbamazepin	< 5	< 5	14	< 5	< 5	2500	MST 2007
Citalopram	45	27	36	< 5	< 5	510	MST 2007
Diclofenac	51	< 25	< 25	< 25	< 25	10	EU EQS Draft
Ibuprofen	190	12	550	50	< 1	700	DHI 2011
Phenazon	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	IP	
Tramadol	38	22	390	7,9	< 5	5000	MST, 2011
Venlafaxin	19	8,7	140	8,3	< 5	900	SFT, 2009
Cytostatika							
Capecitabin	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	580	FASS, 2010
Cyclophosphamid	9,7	< 5	6,6	< 5	< 5	1120000	SFT, 2006
Ifosfamid	35	8,6	14	< 5	< 5	162000	FASS, 2007
Kontrastmidler							
Amidotrizoeacid	49.000	39.000	41.000	35.000	29.000	IP	
Iohexol	620.000	110.000	500.000	130.000	29.000	IP	
Iopromid	660.000	53.000	560.000	140.000	16.000	IP	
Ioversol	420.000	50.000	270.000	67.000	10.000	IP	

Tabel 9-15 Slutkoncentrationer ved anvendelse af aktiv kul samt klordioxid sammenholdt med laveste effekt-koncentrationer for vandlevende organismer (IP: Ingen PNEC/EQS). Prøver fra klordioxid-test blev kun analyseret ved Umeå, hvor ikke alle IUTA stoffer var medtaget i analysen

ng/l	Aktiv kul CC		Aktiv kul NR		Chlordioxid		Vand- miljø	Ref.
	150 mg/l	450 mg/l	150 mg/l	450 mg/l	15 min.	120 min.	PNEC/ EQS	
Antibiotika inkl. metabolitter								
ac-sulfadiazin	< 5	< 5	< 5	< 5			IP	
ac-sulfamethoxazol	< 5	< 5	37	< 5			220	DHI, 2010
Azithromycin	< 5	< 5	< 5	< 5	430	220	9,4	FASS, 2009
Ciprofloxacin	36	< 5	30	< 5	113000	32000	300	DHI, 2010
Clarithromycin	< 5	< 5	5,6	< 5	410	390	18700	FASS, 2007
Clindamycin	< 5	< 5	< 5	< 5	4	3	3600	STF, 2009
Erythromycin	< 20	< 20	< 20	< 20			2000	MST 2007
Erythromycin dehydrato	< 20	< 20	< 20	< 20			2000	MST 2007
Roxithromycin	< 5	< 5	< 5	< 5	28	22	100000	FASS, 2007
Sulfadiazin	5	< 5	< 5	< 5			IP	
Sulfamethizol	16	< 10	14	< 10			800	DHI, 2009
Sulfamethoxazol	200	< 10	170	< 10	520	660	220	DHI, 2010
Trimethoprim	11	< 5	12	< 5	2100	2200	16000	SFT, 2006
Hjerte/kredsløb								
Atenolol	< 10	< 10	< 10	< 10	15	16	77700	MST, 2007
Bisoprolol	< 5	6	< 5	< 5	20	19	35600	FASS, 2009
Furosemid	< 25	< 25	< 25	< 25			45140	SFT, 2009
Metoprolol	< 5	8,7	< 5	< 5	1900	1900	8800	MST, 2007
Propranolol	< 10	< 10	< 10	< 10			5	FASS, 2007
Sotalol	< 5	< 5	< 5	< 5	4	2	IP	
Muskler, led og knogler og CNS								
Carbamazepin	< 5	5,8	8,8	< 5	2100	1800	2500	MST 2007
Citalopram	< 5	< 5	< 5	< 5	220	210	510	MST 2007
Diclofenac	< 25	< 25	< 25	< 25	1	5	10	EU EQS Draft
Ibuprofen	< 1	< 1	< 1	< 1			700	DHI 2011
Phenazon	< 10	< 10	< 10	< 10			IP	
Tramadol	< 5	5,3	25	< 5	860	440	5000	MST, 2011
Venlafaxin	< 5	< 5	16	< 5	250	170	900	SFT, 2009
Cytostatika								
Capecitabin	< 10	< 10	< 10	< 10			580	FASS, 2010
Cyclophosphamid	< 5	< 5	< 5	< 5			1120000	SFT, 2006
Ifosfamid	< 5	< 5	6,2	< 5			162000	FASS, 2007
Kontrastmidler								
Amidotrizoeacid	15.000	210	35.000	1.300			IP	
Iohexol	51.000	520	200.000	5.100			IP	
Iopromid	12.000	140	100.000	980			IP	
Ioversol	16.000	310	190.000	3.500			IP	

Det fremgår af Tabel 9-14, at slutkoncentrationerne fra brug af ozon ved 10 minutter overskrider effektgrænserne for sulfamethoxazol og ciprofloxacin. Ved 20 minutters ozonbehandling ses ingen overskridelser. Samme mønster ses ved ozon-brintperoxid behandling på henholdsvis 5 og 15 minutter, mens der efter 40 minutters behandling ikke måles koncentrationer over de tilgængelige effektgrænser for marine vandområder.

Tabel 9-15 viser, at ingen af slutkoncentrationerne efter brug af aktiv kul overskrider de tilgængelige effektgrænser. Detektionsgrænsen for hjertemedicinen propranolol (<10 ng/l) og det smertestillende diclofenac (<25) ligger dog over PNEC-værdien (henholdsvis 5 og 10 ng/l), og derfor er det uvist, om værdierne reelt er overskredet. Det fremgår endvidere at klordioxid har problemer med at sikre overholdelse af effektgrænser/kvalitetskrav for azithromycin, ciprofloxacin og sulfamethoxazol selv ved den lange eksponeringstid.

For sulfadiazin, sotalol, phenazon og kontrastmidlerne kunne der ikke findes PNEC/EQS-værdier.

Kontrastmidlerne er biologisk ikke-let nedbrydelige stoffer, som kan måles i betydelige koncentrationer i udløb fra kommunale renseanlæg. F.eks. er der målt 4-5 µg/l ioderede kontrastmidler(sum) i udløb fra Renseanlæg Lynetten (Lynettefællesskabet I/S m.fl., 2008).

Tabel 9-16 Reduktionsprocenter for kontrastmidler (%). Middelfjernelsesprocenten fra MBR-forbehandlingen er vist til sammenligning. "<" betyder reduceret til mindre end detektionsgrænsen.

	MBR- forbehandling %	Ozon 20 minutter %	Ozon-brintperoxid 40 minutter %	Aktiv kul CC 450 mg/l %	Aktiv kul NR 450 mg/l %
Amidotrizoat	< - 17	40	56	99,7	98,0
Iohexol	< - 47	80	95	99,9	99,1
Iopromid	< - 44	95	98	100,0	99,9
Ioversol	< - 36	85	97	99,9	98,9

Tabel 9-16 viser, at bortset fra amidotrizoat (efter behandling med ozon og ozon-brintperoxid) kan koncentrationerne af kontrastmidlerne alle reduceres med mere end 80% ved hjælp af de testede teknologier. Slutkoncentrationer er dog fortsat i størrelsesordenen 1 til 250 µg/l for summen af de ioderede kontrastmidler.

Overordnet set skal man være opmærksom på at andre hospitaler og primærsektoren bidrager i større eller mindre omfang til afledning af lægemiddelstofferne. Dvs. at en miljørisikovurdering af spildevandsafledningen fra et hospital ikke kan ses isoleret i forhold til afledninger fra andre hospitaler/institutioner og primærsektoren. Det ligger udenfor dette projekts formål, at gå nærmere ind i en miljørisikovurdering af det rensede spildevand i forhold til Rigshospitalets konkrete afledningsforhold.

10 RESULTATER FRA TEST AF POLERINGSTEKNOLOGI PÅ URIN

10.1 Indsamling og analyse af patienturin fra udvalgt afdeling

I dette afsnit beskrives den praktiske del af urinindsamlingen fra en udvalgt afdeling på Rigshospitalet.

Da der kan være etiske problemer forbundet med at indsamle urin fra patienter i behandling, er der lagt vægt på at indsamle urin, der i forvejen opsamles i kateterposer. På den måde anvendes urin, som i forvejen skulle bortskaffes via toilettet.

Formålet med at indsamle urin direkte fra indlagte patienter er at simulere en realistisk spildevandsstrøm, som bedst muligt repræsenterer spildevand fra en kritisk sengeafdeling.

Følgende kriterier har indgået i udvælgelsen:

- Stor andel af kateterpatienter
- Stort forbrug af kritiske lægemiddelstoffer
- Stort forbrug af mange forskellige typer lægemiddelstoffer
- Stort forbrug af antibiotika

Afdelingen er udvalgt i samarbejde med infektionshygiejnisk afdeling på Rigshospitalet.

Det skal bemærkes, at kontrastmidler anses som kritisk på grund af stoffets persistens i vandmiljøet. Det har dog ikke været muligt at udvælge en afdeling med mange kateterbrugere, hvor der samtidig kan forventes stor afledning af kontrastmidler.

Indsamlingen er gennemført over fire døgn fra lørdag til tirsdag i perioden fra d. 6. til d.10. marts 2010. Indsamlingen er udført af personale på afdelingen. Urinen er ophældt fra kateterposer direkte til PEHD-dunke. Dunkene er opbevaret mørkt og på køl (4°C) indtil transport til DHI.

Der er indsamlet i alt 58 l urin fra 18 patienter. Hos DHI er urinen sammenblandet til én blandprøve. Blandprøven er efterfølgende fortyndet 20% med almindelig postevand.

Blandprøverne er efter sammenblanding fordelt i 5 liters PEHD-dunke og nedfrosset (-18°C).

Tabel 10-1 viser fordeling af blandprøve til de forskellige analyser og analyselaboratorier.

Tabel 10-1 Fordeling af mængder af blandprøve sendt til forskellige analyselaboratorier.

Laboratorium	DHI	Lund universitet	Umeå universitet	IUTA	Rigshospitalet
Mængde (liter)	50	15	5	5	1
Bakteriehæmningstest					X
Lægemiddelanalyse			X	X	
Aktiv kul	X				
Ozon	X				
Ozon-brintperoxid	X				
Klordinoxid		X			

10.1.1 Karakterisering af indsamlet urin fra udvalgt afdeling

Rigshospitalets infektionshygiejniske enhed har indhentet oplysninger om type og forbrug af de lægemidler, som er anvendt til de 18 patienter i indsamlingsperioden. Der er registreret et forbrug af i alt 98 forskellige lægemiddelpræparater til de 18 patienter i indsamlingsperioden (se Bilag B). En del af de anvendte præparater er imidlertid ikke relevante set ud fra et miljøhensyn og er således heller ikke omfattet af EMEA's krav om miljøvurdering. Dette gælder eksempelvis kosttilskud samt elektrolytter og peptider. Disse er fjernet fra listen. Endvidere er der flere af lægemidlerne, som indeholder samme aktiv stof, f.eks. er paracetamol aktiv stof i både pinex og palmol. Listen over anvendte stoffer er således reduceret til i alt 63 relevante aktiv stoffer.

Det er ikke været muligt at analysere for samtlige af de anvendte stoffer i urinen. Dette skyldes flere faktorer herunder, at visse speciallægemidler består af komplicerede molekylestrukturer, der endnu ikke eksisterer analysemetoder for. Af de i alt 63 lægemiddelstoffer indgår 24 af de anvendte lægemiddelstoffer i analyseprogrammet.

Tabel 10-2 viser en liste over de 63 lægemiddelstoffer, der er anvendt i indsamlingsperioden. De 17 lægemiddelstoffer, som indgår i analyseprogrammet, er markeret med fed.

Tabel 10-2 Lægemiddelstoffer anvendt til 18 patienter på en udvalgt afdeling på Rigshospitalet i perioden fra d. 6. til d.10 marts 2010.

Anvendelse	ATC-kode	Aktivt stof	Anvendelse	ATC-kode	Aktivt stof
Antibiotika (12)	J01CE01	Benzylpenicillinnatrium	Psykofarmaka (2)	N05BA04	Oxazepam
	J01DC02	Cefuroxim		N05BA06	Lorazepam
	J01DH02	Meropenem	Psyko-analeptika (1)	N06AB04	Citalopram
	J01EA01	Trimethoprim		A02BC02	Pantoprazol
	J01EE01	Sulfamethoxazol	Fordøjelse, stofskifte (7)	A02BC05	Esomeprazol
	J01FA01	Erythromycin		A03FA01	Metoclopramid
	J01FA09	Clarithromycin		A07AA02	Nystatin
	J01MA02	Ciprofloxacin		A10BA02	Metformin
	J01XA01	Vancomycin		A10BB12	Glimepirid
	J01XC01	Fusidin		A11DA01	Thiaminhydrochlorid
	J01XD01	Metronidazol	Blod og bloddannende organer (4)	B01AB01	Heparin
	J01XX08	Linezolid		B01AB05	Enoxaparin
Svampemiddel (3)	J02AC01	Fluconazol		B01AB10	Tinzaparin
	J02AX04	Caspofungin		B02AA02	Tranexamsyre
	J02AA01	Amphotericin	Hjerte-kredsløb (11)	C01BD	Amiodaron
Tuberkulostatika (1)	J04BA02	Dapson		C01BD01	Amiodaronhydrochlorid
Antiviralia (3)	J05AB01	Acyclovir		C01AA05	Digoxin
	J05AB04	Ribavirin		C03BA08	Metolazone
	J05AB11	Valaciclovir		C03CA01	Furosemid
Imunoglobulin (1)	J06BA02	Immunoglobulin G		C07AB02	Metoprolol
Immunosuppressiva (2)	L04AD02	Tacrolimus		C08CA01	Amlodipin
	L04AA06	Mycophenolatmofetil		C08CA02	Felodipin
Smertestillende (4)	N02BE01	Paracetamol		C09AA02	Enalaprilmaleat
	N02CX02	Clonidin		C09AA03	Lisinopril
	N02AA01	Morphin		D06AX09	Mupirocin
	N02AA05	Oxycodon	Hud (1)	D10AF01	Clindamycin
Antiepilepsi (6)	N03AB02	Phenytoin	Hormon til systemisk brug (2)	H02AB04	Methylprednisolon
	N03AE01	Clonazepam		H02AB06	Prednisolon
	N03AG04	Vigabatrin	Respiration (2)	R03AK03	Fenoterol
	N03AX09	Lamotrigin		R05CB13	Dornase alfa
	N03AX14	Levetiracetam	Øjne/ører (1)	S01AA01	Chloramphenicol
	N03AA02	Phenobarbital			

10.2 Resultater af screening for lægemiddelstoffer i patienturin

Screeningen for lægemiddelstoffer er foretaget af IUTA, som er et forskningslaboratorium beliggende i Duisburg i Tyskland. Ligeledes har UMEÅ forsknings- og analyselaboratorium i Sverige foretaget en screening for lægemiddelstoffer i urinalprøven.

En del af de lægemiddelstoffer, som patienterne har fået, forventes ikke at forekomme i urinalprøven. Dette kan skyldes at stoffet nedbrydes eller omdannes til et andet stof, før det udskilles. Ligeledes kan den anvendte mængde være så begrænset, at koncentrationerne ligger under detektionsgrænsen i den fortyndede urinalprøve. Omvendt kan der forekomme rester af lægemiddelstoffer i urinen, som patienterne ikke har fået i indsamlingsperioden. Dette vil typisk være rester fra lægemiddelstoffer med lang eliminations-tid. Som eksempel kan nævnes benzodiazepiner, der bl.a. anvendes som sove- og angstdæmpende middel. Udskillelsetiden for de enkelte benzodiazepiner varierer afhængig af dosis og alder. Men for visse stoffer som f.eks. diazepam (stesolid)⁴ er halveringstiden (hos ældre) 70-100 timer. Ligeledes kan diazepam påvises i plasma⁵ op til to uger efter en enkelt dosis (www.medicin.dk), og stoffet vil derfor også kunne spores/påvises i urinen lang tid efter indtagelse.

IUTA har screenet urinalprøven for 58 lægemiddelstoffer samt fem metabolitter. Heraf er 12 af stofferne anvendt i indsamlingsperioden, jf. Tabel 10-2. UMEÅ har screenet for ca. 90 lægemiddelstoffer – heraf for 13 af de anvendte stoffer, jf. Tabel 10-2.

Resultater fra screeningen af lægemiddelstoffer i den indsamlede urin fremgår af Tabel 10-3.

Tabellen viser resultater for lægemiddelstoffer, som er anvendt til patienter i indsamlingsperioden. Ligeledes er medtaget tre stoffer (azithromycin, atracurium og fentanyl), der ikke anvendt i indsamlingsperioden. Resultater for øvrige lægemiddelstoffer, som er medtaget i screeningen, og som ikke er anvendt i indsamlingsperioden, fremgår af Bilag C.

⁴ Diazepam og metabolitter kan påvises i plasma op til to uger efter en enkeltindgift (www.medicin.dk ; diazepam, oktober, 2010).

⁵ Plasma er den flydende bestanddel af blodet. Plasma består af 90% vand .

Tabel 10-3 Målte koncentrationer af lægemiddelstoffer i urinblandprøver (fortyndet 20%). Prøverne er analyseret hos henholdsvis IUTA og UMEÅ.

Anvendelse (ATC)	Aktiv stof	IUTA µg/L	UMEÅ µg/L
Antibiotika (J)	Ciprofloxacin	37.400	270.000
	Azithromycin*	27.900	64
	Clarithromycin	25.300	15.000
Vanddrivende (C)	Furosemid	11.000	i.u
Smertestillende (N)	Paracetamol	10.800	i.u
Antibiotika (J)	Clindamycine	10.500	6.700
	Erythromycin	8.620	i.u
	Trimetoprim	4.200	650
Svampemiddel (J)	Fluconazole	i.u	2.700
Metabolite af antibiotikummet erythromycin	Erythromycin dehydrato	1.820	i.u
Antibiotika (J)	Metronidazol	1.760	i.u
	Sulfamethoxazol	1.130	540
Muskelaflappende (N)	Atracurium*	i.u	72
Hjerte og kredsløb (C)	Metoprolol	<50	47
Antidepressiva (N)	Citaprolam	<50	24
Smertestillende/bedøvende (N)	Fentanyl*	i.u	5,0
Hjerte og kredsløb (C)	Amiodiarone	i.u	1,7
Psykofarmaka (N)	Oxazepam	i.u	0,86
Antiepilepsi (N)	Clonazepam	i.u	0,20
Antidiabetes (A)	Glimepirid	i.u	0,078
Antibiotika (J)	Cefuroxim	<50	i.u

i.u. = Ikke undersøgt.

* = Ikke anvendt i indsamlingsperioden.

De målte koncentrationer afviger mellem laboratorierne. Dette kan skyldes usikkerhed ved blanding/ophældning og fordeling af urinen, som var inhomogen på grund af organisk stof (blodrester mv.) Ligeledes kan der være forskelligheder mellem laboratoriernes forbehandling, opbevaring og håndtering af prøverne samt i de anvendte analysemetoder.

De højeste koncentrationer er målt for antibiotika. Ciprofloxacin er målt i højst koncentration henholdsvis 37.400 og 270.000 µg/l. Den høje koncentration stemmer overens med, at det er et bredspektret antibiotikum og hyppigt anvendt på den udvalgte afdeling (jf. Bilag B) samtidig med, at udskillelsesraten via urin er høj, og at stoffet er svært nedbrydeligt. Ciprofloxacin er eksempelvis tidligere målt i spildevand fra Rigshospitalet samt i udløb fra Renseanlæg Lynetten (Lynettefællesskabet I/S, 2008).

Foruden antibiotika er der målt stoffer fra tre andre ATC-hovedgrupper. ATC-hovedgruppe C, som er midler til behandling af hjerte og kredsløb, samt midler fra ATC-gruppe N som er midler, der virker på centralnervesystemet f.eks. smertestillende, muskelaflappende og beroligende midler. Endvidere er målt et enkelt stof til behandling af type 2 diabetes, glimepirid.

Foruden de lægemiddelstoffer, der er anvendt til patienter i indsamlingsperioden, er der målt indhold af en række andre lægemiddelstoffer i urinen. Dette kan – som førnævnt – skyldes, at lægemidlet er anvendt til patienten før indlæggelse på den udvalgte afdeling. Højst koncentration af disse øvrige stoffer er målt for antibiotikummet, azithromycin (27.900 µg/l).

Ifølge Rigshospitalet hænger dette godt sammen med, at det er et hyppigt anvendt stof på Rigshospitalet (Personlig samtale med Overlæge Leif Percival Andersen, Infektionshygiejnisk Enhed, Rigshospitalet, 2010). Ifølge produktresuméet for azithromycin udskilles ca. 12% af en intravenøst indgivet dosis uændret i urinen inden for ca. tre dage (Lægemiddelstyrelsen, 2006).

10.3 Resultater af afprøvning af poleringsteknologier på indsamlet urin

I den indsamlede urin blev der af IUTA – som nævnt ovenfor – målt i alt 11 lægemiddelstoffer i koncentrationer over detektionsgrænsen i µg/l niveau. I forhold til gruppering af lægemiddelstofferne i terapeutisk anvendelse fordeler stofferne sig som vist i Tabel 10-4.

Tabel 10-4 Antal lægemidler i de enkelte terapeutiske grupper, der er målt over detektionsgrænsen i det indsamlede patienturin.

Terapeutisk gruppe	Antal lægemiddelstoffer
Antibiotika inkl. metabolitter	9
Vanddrivende	1
Muskler, led og knogler samt centralnervesystemet	1

Som det fremgår, er der primært tale om en række antibiotiske lægemiddelstoffer. De fire udvalgte poleringsteknologier: ozon, ozon-brintperoxid, aktiv kul og klordioxid er således afprøvet på tilsvarende vis som på det MBR-behandlede hospitalsspildevand med henblik på at vurdere nedbrydningen/fjernelsen af de tilstedeværende lægemiddelstoffer. For ozon, ozon-brintperoxid og klordioxid er forsøgene gennemført med samme design som for det MBR-behandlede hospitalsspildevand mens der for aktiv kul – som også beskrevet i afsnit 7.3 – er anvendt forhøjede kulkoncentrationer på baggrund af det generelt højere indhold af organisk stof (NVOC ~5000 mg/l).

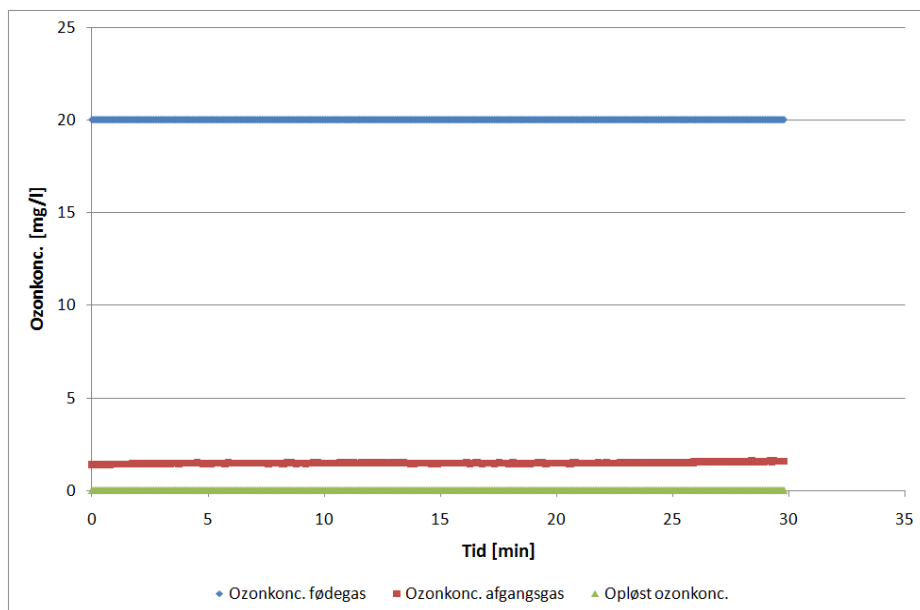
10.3.1 Proces- og nedbrydningsforløb for ozon, ozon-brintperoxid og aktiv kul teknologi

Der blev under forsøgene med ozon og ozon-brintperoxid teknologierne gennemført tilsvarende monitoring af processen som ved forsøgene med det MBR-behandlede hospitalsspildevand.

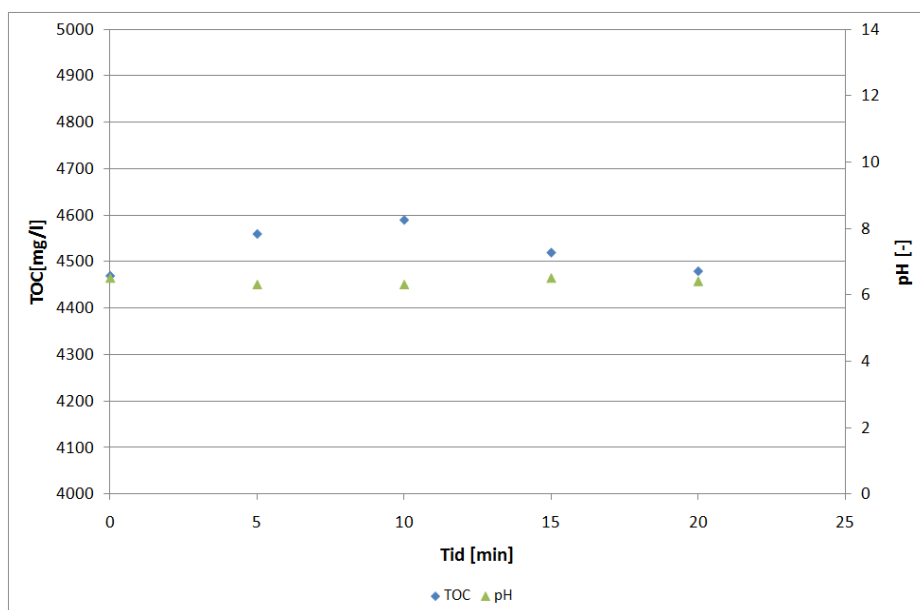
Prøver til analyse for lægemiddelstoffer blev udtaget til følgende tidspunkter:

- Ozon: 5, 10, 15 og 20 minutter
- Ozon-brintperoxid: 5, 15, 25 og 40 minutter)

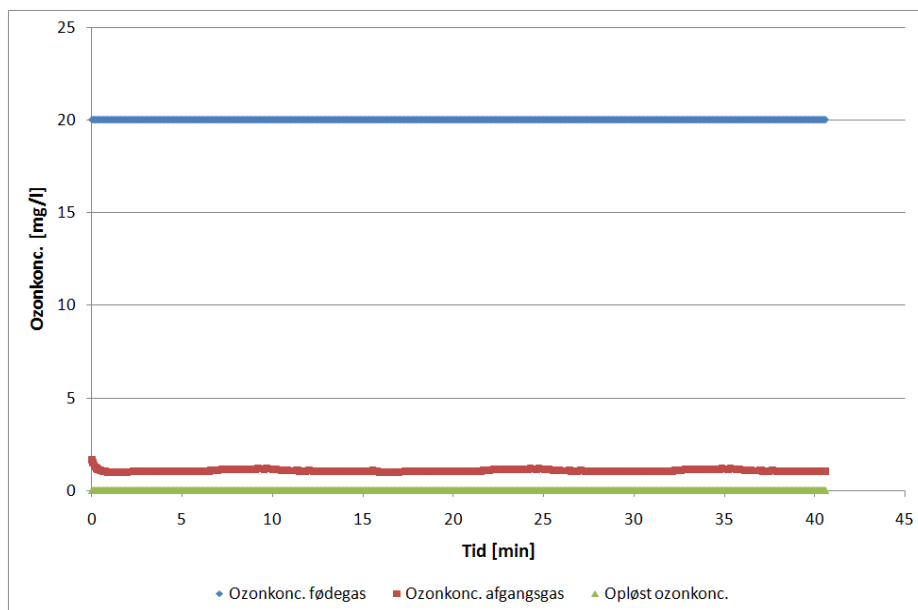
På grund af det høje baggrundsindhold af organisk stof var forbruget af ozon og brintperoxid i urinprøven ved de to teknologier imidlertid så højt, at stort set alt doseret oxidationsmiddel blev forbrugt i hele forsøgsperioden ved begge teknologier. Indenfor de valgte reaktionstider for de to teknologier kunne der ikke måles signifikante ændringer i de almindelige spildevandsparametre TOC (NVOC) og pH, hvilket igen skyldes det høje baggrundsindhold af organisk stof. Proces- og nedbrydningsforløbet for de to teknologier er vist i nedenstående figurer.



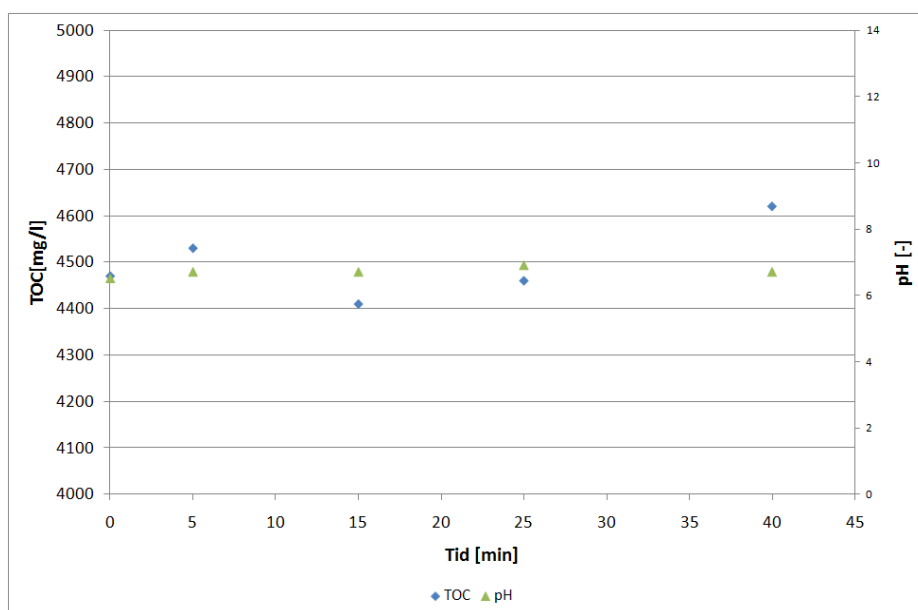
Figur 10-1 Koncentration af ozon i gas og vandfase under ozonforsøgene med urin.



Figur 10-2 Udvikling i TOC og pH under ozonforsøgene med urin.



Figur 10-3 Koncentration af ozon i gas og vandfase under ozon-brintperoxid forsøgene med urin. Det var ikke muligt at detektere brintperoxid under forsøgene.



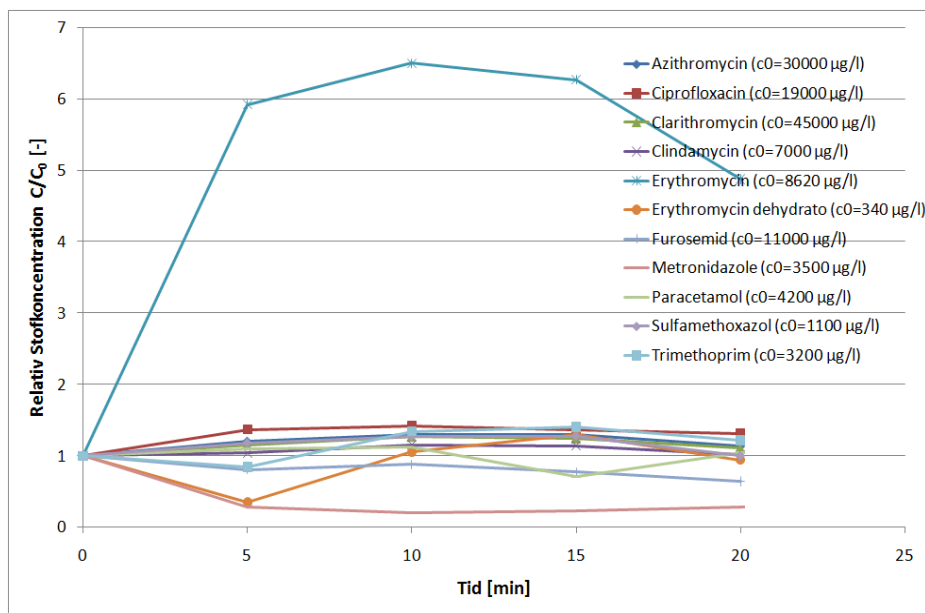
Figur 10-4 Udvikling i TOC og pH under ozon-brintperoxid forsøgene med urin.

Som for forsøgene med det MBR-behandlede hospitalsspildevand er der anvendt et relativt simpelt forsøgs-setup, som ikke gør det muligt at beskrive det aktive kuls effektivitet i forhold til de generelle spildevandsparametre. I stedet er aktiv kul teknologien alene beskrevet ved fjernelsesgraden af lægemiddelstoffer ved de forskellige kulkoncentrationer.

10.3.2 Nedbrydningsforløb af lægemiddelstoffer med ozon i indsamlet urin

For forsøgene med ozon blev der kun observeret en målbar nedbrydning af tre ud af de 11 lægemiddelstoffer, mens der for de øvrige otte lægemiddelstoffer kunne konstateres en stigning i koncentrationen – sandsynligvis forårsaget af de-konjugering.

Den målbare nedbrydning af stofferne Erythromycin dehydrato, Furosemid og Metronidazole var relativt beskeden på henholdsvis 6, 35 og 72% og kunne alene konstateres ved en reaktionstid på 20 minutter. Nedbrydningsforløbet for alle 11 lægemiddelstoffer under forsøgene med ozon er vist i Figur 10-5. Der er ved konstruering af kurverne anvendt relativt koncentrationer i forhold til startkoncentrationen for at tage hensyn til de meget varierende startkoncentrationer for de forskellige stoffer. Startkoncentrationerne for de enkelte lægemidler er angivet i signaturforklaringen til nedbrydningsforløbene.

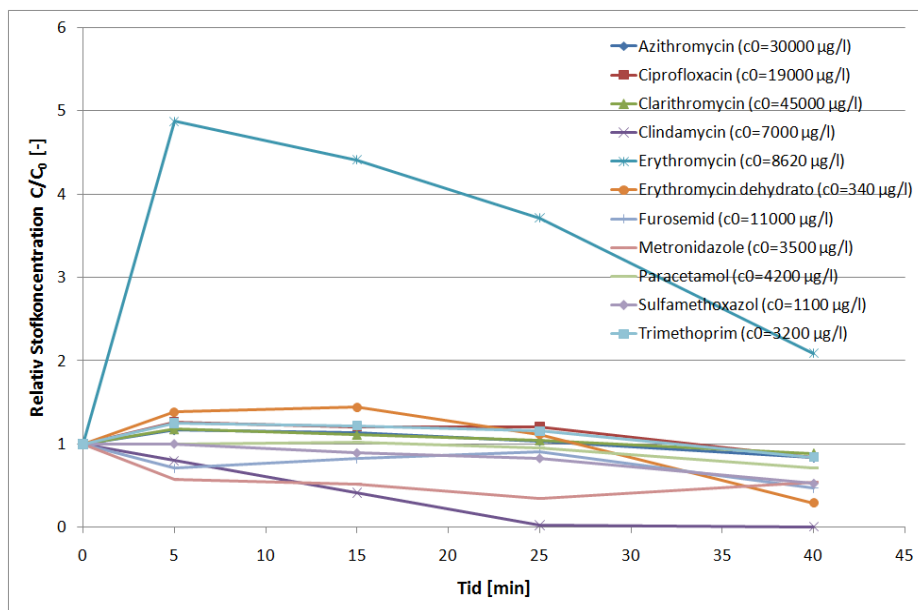


Figur 10-5 Nedbrydningsforløb for lægemiddelstoffer i indsamlet patienturin ved ozonforsøgene.

Den mangelfulde nedbrydning af lægemidlerne betyder således, at restkoncentrationerne i den indsamlede urin efter 20 minutters reaktion med ozon stort set er uændret eller højere end udgangsprøven, hvorfor ingen af lægemiddelstofferne er i stand til at leve op til kvalitetskravene ved udledning. Den dårlige effekt af ozon på nedbrydning af lægemidlerne i den indsamlede urin må tilskrives det høje baggrundsindhold af organisk stof, der for 80% vedkommende udgøres af urea. Det er velkendt, at ozon reagerer selektivt og hurtigt med urea under dannelse af nitrat (Eichelsdörfer & v. Harpe, 1970). Således forbruges størstedelen af den tilførte ozon til nedbrydning af øvrigt organisk stof (urea) i den tilførte urin. Der er med baggrund i den dårlige effekt af ozon på nedbrydningen af lægemiddelstofferne ikke lavet økonomiberegninger på et anlæg til implementering.

10.3.3 Nedbrydningsforløb af lægemiddelstoffer med ozon-brintperoxid processen i indsamlet urin

For forsøgene med ozon-brintperoxid processen blev der observeret en målbar nedbrydning af 10 ud af de 11 lægemiddelstoffer. For en del af stofferne var nedbrydningsforløbet imidlertid ledsaget af en umiddelbar stigning i koncentrationen – sandsynligvis forårsaget af de-konjugering – og dette resulterede i relativt beskeden fjernelsesgrader på mellem 10-100% efter 40 minutters reaktion. For syv ud af de 10 stoffer med en målbar nedbrydning var fjernelsesgraden i intervallet 10-50%. Nedbrydningsforløbet for alle 11 lægemiddelstoffer under forsøgene med ozon-brintperoxid processen er vist i Figur 10-6.

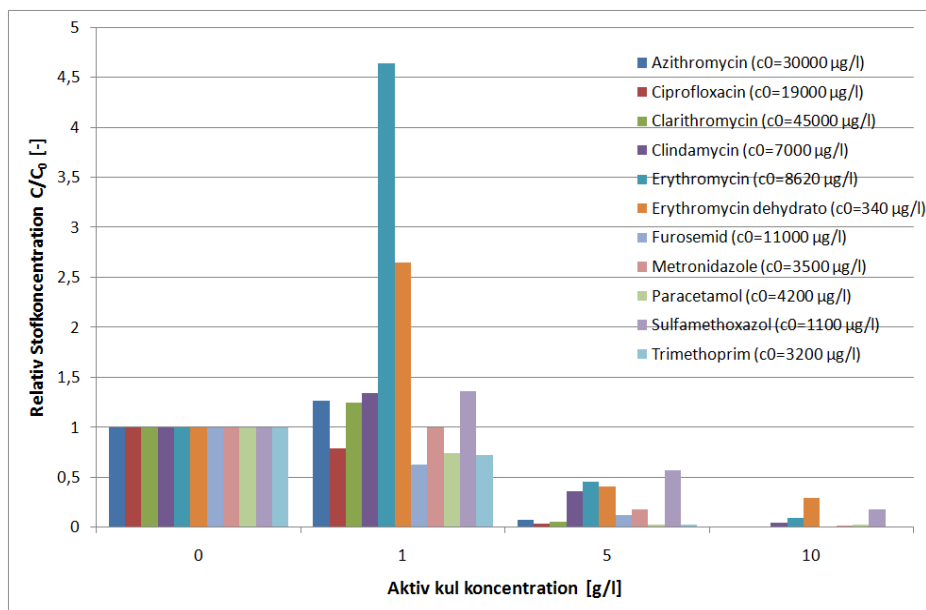


Figur 10-6 Nedbrydningsforløb for lægemiddelstofferne i indsamlet patienturin ved ozon-brintperoxid forsøgene.

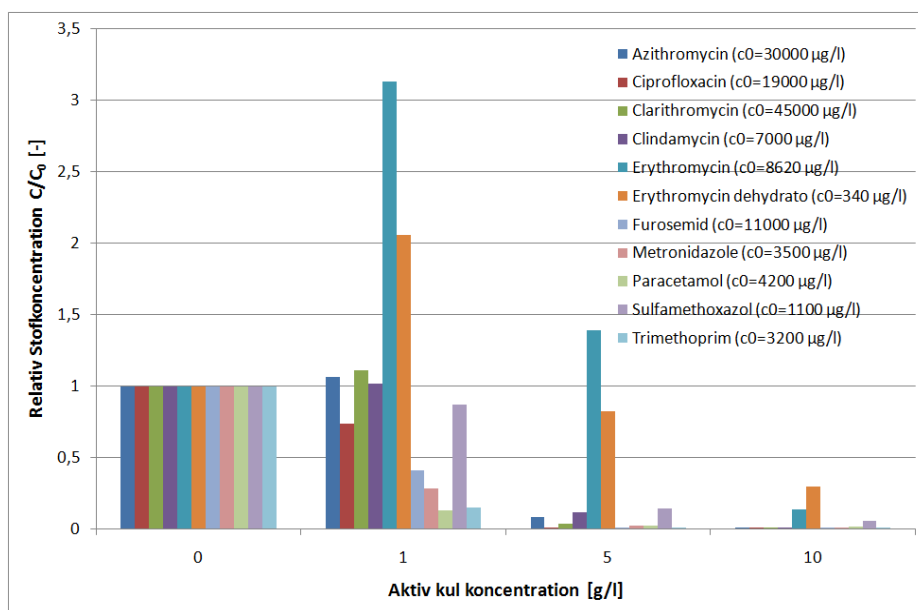
Den forbedrede nedbrydning af lægemiddelstofferne med ozon-brintperoxid processen i forhold til den rene ozon må tilskrives de forskellige reaktionsmekanismer af hydroxylradikalerne dannet i denne proces. Imidlertid er de opnåede fjernelsesgrader langt fra tilstrækkelige til at bringe lægemiddelstofkoncentrationerne ned i nærheden af kvalitetskravene for udledning. Derfor er der ikke gennemført økonomiberegninger på implementering af denne proces.

10.3.4 Fjernelsesforløb for lægemiddelstoffer med aktiv kul i indsamlet urin

For forsøgene med aktiv kul blev der observeret en øget grad af fjernelse af lægemiddelstofferne ved stigende kulkoncentration uafhængig af den valgte kultype. For nogle af stofferne kunne der mod forventning observeres en stigning i koncentrationen. Dette må være forårsaget af biologisk aktivitet i urinprøven, som er medvirkende til dekonjugering af metabolitter af lægemiddelstof, idet aktiv kul ikke i sig selv forårsager dekonjugering. Det skal bemærkes, at der for en række af lægemiddelstofferne er anvendt koncentrationer svarende til detektionsgrænsen trods det, at stofferne er fundet i koncentrationer under detektionsgrænsen. Dette er gjort for at forbedre illustrationen af fjernelsen af lægemidler som funktion af aktiv kul koncentrationen. Derudover er der anvendt relative koncentrationer i forhold til startkoncentrationen for at tage hensyn til de meget varierende startkoncentrationer for de forskellige lægemiddelstoffer. Startkoncentrationerne for de enkelte lægemidler er angivet i signaturforklaringen til nedbrydningsforløbene. Fjernelsesforløbet for lægemiddelstofferne som funktion af kul koncentrationen for de to typer kul er vist i Figur 10-7 og Figur 10-8.



Figur 10-7 Fjernelse af lægemiddelstoffer i indsamlet urin med aktiv kul (Norit 830W).



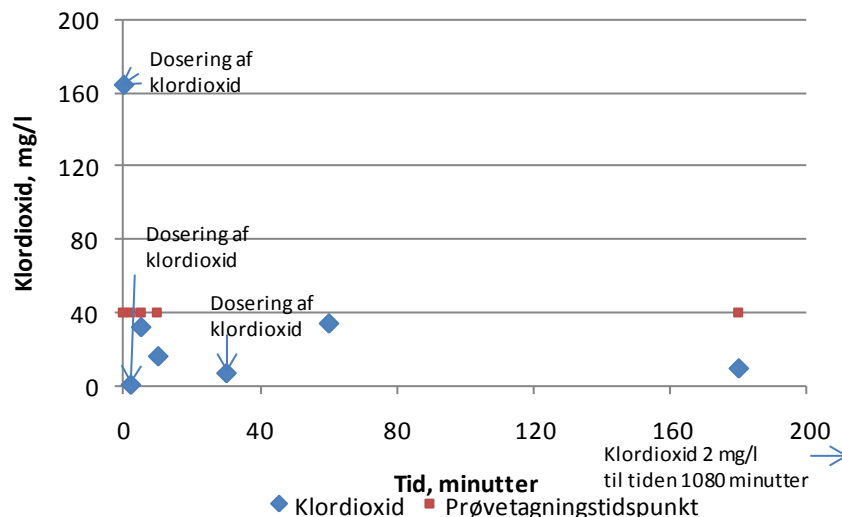
Figur 10-8 Fjernelse af lægemiddelstoffer i indsamlet urin med aktiv kul (Calgon Carbon, Filtrasorb F400).

Det fremgår, at ved den højeste aktiv kul koncentration på 10 g/l er fjernelsen af lægemiddelstofferne markant og ligger for alle stofferne i intervallet 70-100%. Imidlertid er udgangskoncentrationer så høje, at restkoncentrationerne i alle tilfælde overskrider kvalitetskravene til udledning. Beregning af økonomi for implementering af aktiv kul til behandling af separeret urin er derfor udeladt.

10.4 Klordioxid

Forsøgene med klordioxid blev gennemført med en startdosering af klordioxid svarende til en beregnet koncentration på 164 mg/l klordioxid. Under forsøget blev klordioxiden målt med mellemrum, og der blev foretaget supplerende dosering efter behov.

Der blev desuden udtaget prøver efter 0, 2, 5, 10 og 180 og 1080 minutter. Resultaterne af klordioxidmålingerne er vist i Figur 10-9, hvor også prøvetagningstidspunkterne er angivet. Grafens x-akse går kun til 200 minutter og værdierne fundet efter 1080 minutter er derfor vist i en tabel i grafen.



Figur 10-9 Koncentration af klordioxid i vandfasen, doseringstidspunkter og tidspunkt for prøvetagning under klordioxidforsøg med urin.

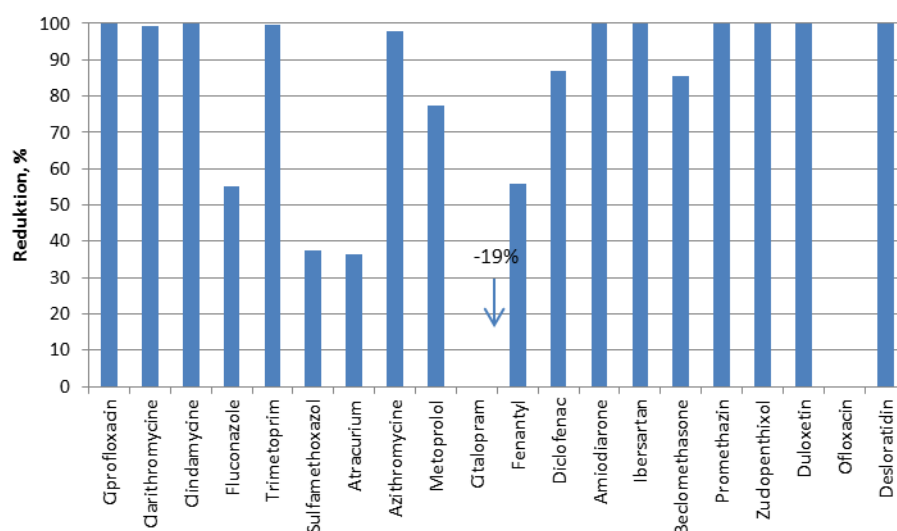
Af Figur 10-9 ses, at der under hele forsøget har været overskud af klordioxid eventuelt bortset fra tiden lige inden dosering til tiden 2 minutter.

Lægemidlerne fundet i urinen varierer i koncentration fra ca. 270 mg/l niveau til nanogram niveau under metodernes analysedetektningsgrænse. Analyseusikkerheden skønnes dog ikke at gøre en vurdering af nedbrydningen ved klordioxidbehandlingen relevant for stoffer med et indhold på mindre end 1 µg/l i den ubehandlede urinprøve. Da laboratoriet i Umeå har en væsentligt lavere analysedetektningsgrænse end IUTA, indgår væsentligt flere stoffer i bedømmelsen, og ni af de analyserede stoffer er sammenfaldende, og kun seks er fundet i udgangsprøven med værdier højere end analysedetektningsgrænsen.

Tabel 10-7 viser resultaterne i udgangsprøven og efter behandlingen med klordioxid for de lægemidler, som var i højere koncentration end 1 µg/l i den ubehandlede prøve. I tabellen er også vist reduktionsprocenten efter behandling i 1080 minutter. Figur 10-10 viser reduktionsprocenten for stofferne efter 1080 minutters behandling. Det ses, at en stor del reduceres til under analysedetektningsgrænsen, en del reduceres noget, mens nogle få stort set ikke reduceres eller endog stiger. For clarithromycine og sulfamethoxazol sker en væsentlig reduktion meget hurtigt, men efter 1080 ses en mindre stigning. Det ses, at for hovedparten af stofferne sker nedbrydningen meget hurtigt, indenfor de første 30 minutter.

Tabel 10-5 Koncentration af lægemidler i ubehandlet urin og efter behandling i op til 1080 minutter.

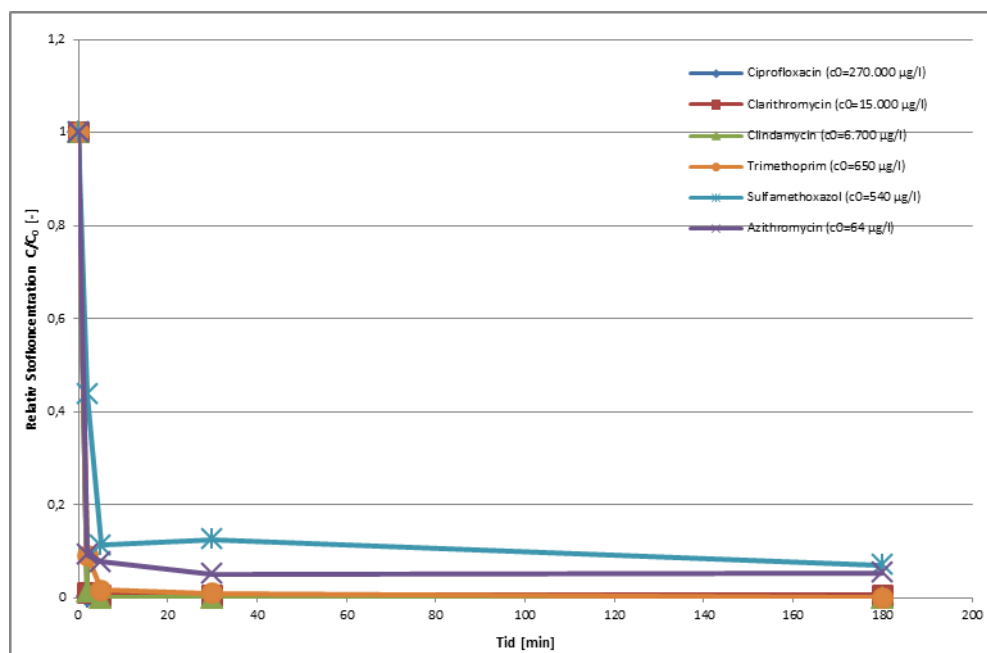
	Koncentration i urin µg/L	behandling 2 min µg/L	behandling 5 min µg/L	behandling 30 min µg/L	behandling 180 min µg/L	behandling 1080 min µg/L	Reduktion %
Ciprofloxacin	270000	0,22	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	100
Clarithromycin	15000	0,16	0,093	0,079	0,093	90,0	99
Clindamycin	6700	< 0,001	< 0,001	< 0,006	0,008	0,75	100
Fluconazol	2700	1390	1560	1250	1170	1210	55
Trimetoprim	650	59,2	11,2	6,0	0,072	2,2	100
Sulfamethoxazol	540	236	61	68	38	338	37
Atracurium	72	45	68	50	38	45	37
Azithromycin	64	5,9	4,9	3,3	3,4	1,4	98
Metoprolol	47	12	12	11	11	11	77
Citalopram	24	28	71	52	39	29	-19
Fenantyl	5,0	2,3	3,5	4,5	4,2	2,2	56
Diclofenac	2,3	0,70	0,12	0,15	0,064	0,30	87
Amiodiaron	1,7	0,16	0,25	0,25	0,29	< 0,001	100
Ibersartan	1,7	< 0,001	0,016	0,015	0,018	< 0,001	100
Beclomethason	1,6	< 0,001	0,022	0,013	< 0,001	0,23	86
Promethazin	1,6	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	100
Zuclopenthixol	1,4	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	100
Duloxetin	1,3	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	100
Ofloxacin	1,2	0,34	< 0,001	0,19	0,68	1,3	-8
Desloratidin	1,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	100



Figur 10-10 Reduktion af lægemidler i urin efter 1080 minutters behandling med kloridioxid.

Nedbrydningsforløbet for de lægemiddelstoffer, som er analyseret fælles for IUTA og Umeå er vist i Figur 10-12. Herved muliggøres en direkte sammenligning mellem oxidation med kloridioxid og ozon og med ozon-brintperoxid. Det skal bemærkes at der ved konstruering af nedbrydningskurverne for de seks lægemidler (alle antibiotika) er fundet koncentrationer under analysedetektningsgrænsen.

Desuden er kun afbildet nedbrydningsforløbet indtil tre timers behandling, ligesom de angivne linjer mellem målepunkter kun er medtaget for at forbedre illustrationen af nedbrydningsforløbet over tid. Derudover er der anvendt relative koncentrationer i forhold til startkoncentrationen for at tage hensyn til de meget varierende startkoncentrationer for de forskellige stoffer. Startkoncentrationerne for de enkelte lægemidler er angivet i signaturforklaringen til nedbrydningsforløbene. Det ses, at alle stort set er nedbrudt maksimalt allerede efter 2 minutters behandling. De antibiotika, som forekommer i de højeste koncentrationer, er alle reduceret til værdier lavere end analysedetektionsgrænsen.



Figur 10-11 Nedbrydningsforløb for antibiotika i urin med klordioxid.

I forhold til anvendelsen af ozon og ozon-brintperoxid er klordioxid mere effektivt til at reducerer indholdet af lægemidler og for de viste stoffer også bedre end aktiv kul.

10.3.1 Overslagsøkonomi for klordioxid

Tabel 10-6 viser investerings- og årlige driftsomkostninger for klordioxidanlæg til behandling af urin fra henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital.

Tabel 10-6 Investerings- og årlige driftsomkostninger for klordioxid anlæg til behandling af urin fra henholdsvis Rigshospitalet og Hvidovre Hospital.

Reaktionstid minutter	Rigshospitalet Investerings- omkostning, inkl. styring og reaktionstank Kr.	Rigshospitalet Driftsomkostninger til klordioxid Kr.	Hvidovre Hospital Investerings- omkostning inkl. styring og reaktionstank Kr.	Hvidovre Hospital Driftsomkostninger til klordioxid Kr.
1080	150.000	400.000	100.000	200.000

Da hovedparten af nedbrydningen er sket allerede efter få minutters reaktionstid, kan klordioxiddosen formentlig halveres, således at også de samlede udgifter kan reduceres væsentligt uden større reduktion af effekten.

10.5 Samlet antibiotisk effekt

Den antibiotiske effekt, som er bestemt for hospitalsspildevandet før og efter, at det blev behandlet i MBR-anlægget, er beskrevet i afsnit 8.3.1. På tilsvarende vis blev urin og urin efter behandling med ozon, ozon plus brintperoxid samt aktiv kul undersøgt for antibiotisk effekt. Resultaterne i Tabel 10-7 viser, at aktiv kul reducerer den antibiotiske effekt overfor både *E. coli* og *S. aureus*, mens ozon plus brintperoxid reducerer den antibiotiske effekt over for *S. aureus*. Ozon alene har ingen effekt. Resultaterne stemmer godt overens med summen af koncentrationer af antibiotika med effekt over for henholdsvis *E. coli* og *S. aureus*. Efter behandling af det MBR-behandlede vand med aktiv kul blev der fundet de laveste koncentrationer af antibiotika med effekt over for *E. coli* (0,4-1,3 mg/l) og tilsvarende de laveste koncentrationer af antibiotika med effekt over for *S. aureus* (11-17 mg/l).

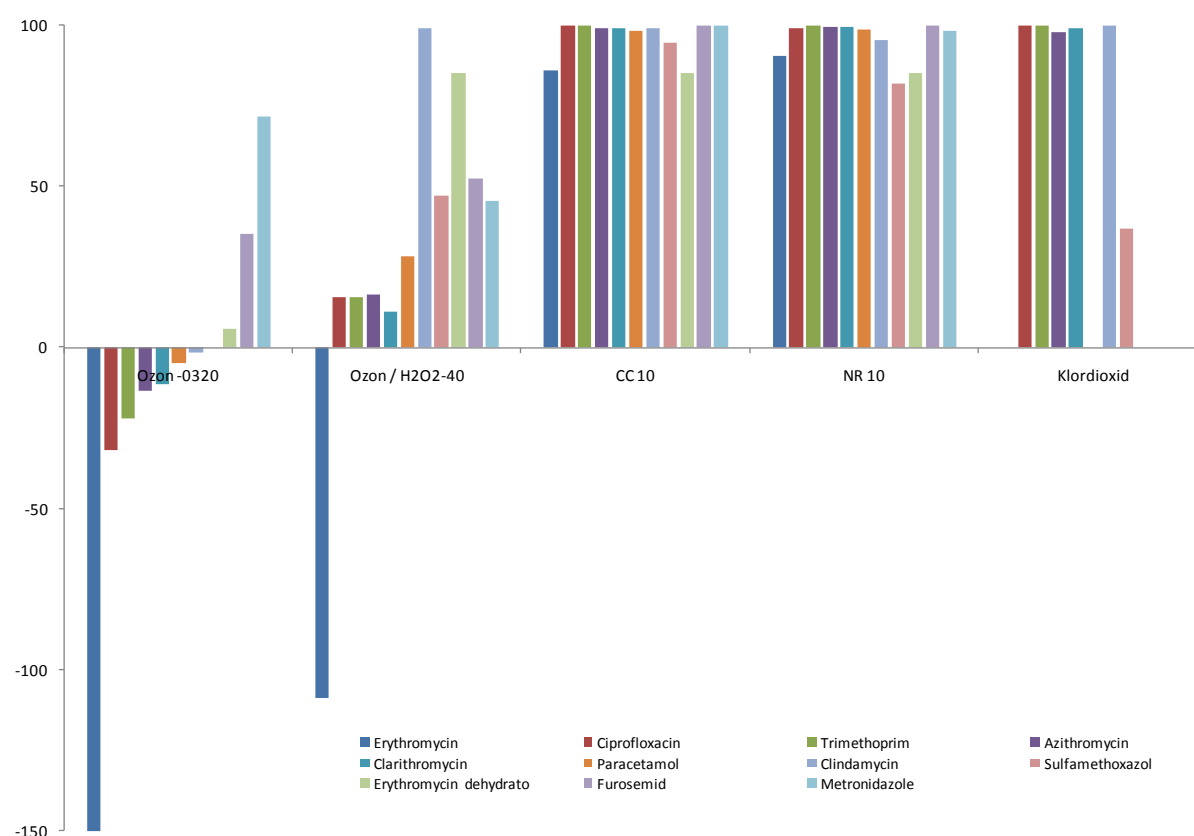
Tabel 10-7 Diameteren (mm) af effektzonen omkring hullerne indeholdende urin og urin behandlet med ozon, ozon og brintperoxid og aktiv kul. Desuden er anført samlet koncentration af antibiotika med effekt over for henholdsvis *E. coli* og *S. aureus*. Vandprøver efter ozonbehandling i 3, 6 og 10 minutter blev testet. På samme måde blev ozon-brintperoxid behandlet vand testet efter 5, 10 og 15 minutter. Ligeledes blev vand fra behandling med to aktiv kultyper i koncentration på 300 mg/l undersøgt. Antibiotikaanalyserne blev udført af IUTA.

	<i>E. coli</i>					<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>			<i>S. aureus</i>
	Ufor-tyndet	1:1000	1:2000	1:4000	Ciprofloxacin	Antibiotika mg/l	Ufor-tyndet	1:100	1:1000	Antibiotika mg/l
Urin	41	14	12	i.m.	22	23	35	21	i.m.	82
Ozon 3 minutter	41	15	12	i.m.	22	30	33	22	i.m.	146
Ozon 6 minutter	40	15	12	i.m.	22	33	31	19	i.m.	160
Ozon 10 minutter	39	13	11	i.m.	21	32	37	19	i.m.	158
Ozon - H ₂ O ₂ 5 minutter	40	14	i.m.	i.m.	22	29	35	21	i.m.	136
Ozon - H ₂ O ₂ 10 minutter	42	13	i.m.	i.m.	22	28	30	11	i.m.	126
Ozon - H ₂ O ₂ 15 minutter	42	13	i.m.	i.m.	23	28	25	i.m.	i.m.	115
Aktiv kul (CC) 300 mg/l	27	i.m.	i.m.	i.m.	22	0,4	31	17	i.m.	17,3
Aktiv kul (NR) 300 mg/l	28	i.m.	i.m.	i.m.	22	1,3	31	19	i.m.	11,2

i.m. = ikke målelig zone.

10.6 Resultater for lægemiddelstoffer samlet set

Reduktionsprocenter for lægemiddelstoffer ved anvendelse af ozon, ozon-brintperoxid, aktiv kul og klordioxid på den opsamlede urin er vist i Figur 10-12. Samtlige data fremgår af Bilag G.



Figur 10-12 Reduktionsprocenter ved anvendelse af ozon (20 minutter), ozon-brintperoxid (40 minutter), aktiv kul (CC og NR ved 10 g/l) og klordioxid (1.080 timer) på opsamlet urin.

Figur 10-12 viser, at aktiv kul ved høje doser (10 g/l) og klordioxid ved lang behandlingstid (1080 timer) er effektive til reduktion af indholdet af lægemiddelstoffer i urinen. Klordioxid har dog vanskeligt ved at reducere indholdet af antibiotikummet sulfamethoxazol (37% reduktion). Resultatet stemmer overens med, at sulfamethoxazol er et stof, som oxidationsmetoderne (ozon og ozon-brintperoxid og klordioxid) generelt havde vanskeligt ved at reducere til lave koncentrationer i det MBR-behandlede spildevand.

Ozon og ozon-brintperoxid var langt fra effektive over for lægemiddelstofferne i urinen.

11 REFERENCER

- Amagerforbrænding (2010)
Personlig samtale med Kundechef, Jette Andreasen, Amagerforbrænding
http://www.amfor.dk/Erhvervskunder/Takster_for_forbraending.aspx
<http://www.smoka.dk/sfiles/2009.pdf>
- Arlif, Bodil (2010)
Personlig samtale med Bodil Arlif, Bruger på Munksøgaard i Roskilde
- Andersen, Leif Percival (2010)
Personlig samtale med Overlæge Leif Percival Andersen, Infektionshygiejnisk
Enhed, Rigshospitalet
- Backlund, A., 2010
Personlig samtale med A. Backlund
- Bader, H., Sturzenegger, V. & Hoigné, J. (1988)
Photometric method for the determination of low concentrations of hydrogen peroxide by the peroxidase catalyzed oxidation of N,N-Diethyl-p-phenylenediamine (DPD)
Wat. Res., 22, 1109-1115
- Bekendtgørelse nr. 1022 af 25/08/2010
Bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet
- By- og Landskabsstyrelsen (2009)
Oversigt over forslag til kvalitetskriterier for stoffer omfattet af bilag 1 i bekendtgørelse nr. 1669/2006 om miljøkvalitetskrav for vandområder m.v.
7. oktober 2009
- Carballa M., Omil F. and Lema J.M. (2005)
Removal of cosmetic ingredients and pharmaceuticals in sewage primary treatment
Water Research 39, pp 4790-4796
- Chen, Y.H., Chang, C.Y., Huang, S.F., Chiu, C.Y., Ji, D., Shang, N.C., Yu, Y.H., Chiang, P.C., Ku, Y. & Chen, J.N. (2002)
Decomposition of 2-naphthalenesulfonate in aqueous solution by ozonation with UV radiation
Wat. Res., 36, pp. 4144-4154
- Dansk Selskab (2004)
Dansk Selskab for Klinisk Mikrobiologisk Referencegruppe vedrørende Antibiotika Resistensbestemmelse
Klaringsrapport; Udgave efter høringsrunde 20.04.2004

- DHI (2010)
 Økotoksikologisk vurdering foretaget af DHI
- Eichelsdörfer, D. & v. Harpe, Th. (1970)
Einwirkung von Ozon auf Harnstoff im Hinblick auf die Badewasseraufbereitung
 Vom Wasser, 37, pp 73-81
- EU EQS draft (2010)
 EU Commission
 11th Meeting of the Working Group E on Chemical Aspects
 Draft EQS at 20 October 2010
- Europa Parlamentet (2006)
Europa Parlamentets og Rådets direktiv 2006/7/EF af 15. februar 2006 om forvaltning af badevandskvalitet og ophævelse af direktiv 76/160/EØF
- FASS
 Lægemiddelportal der drives af Lægemiddelindustriforeningen, LIF, som er brancheforening for lægemiddelproducenter i Sverige
www.fass.se
- Fritzel S. (2010)
 Personlig samtale med Søren Fritzel, Chef for driftsafdelingen, Hvidovre Hospital, 2010
- Gentofte Hospital (2005)
Vejledning til sortering af klinisk risikoaffald
<http://www.greenhealthcare.eu/ghcmmedia/risikoaffald.pdf>
- GTZ (2009)
Technology Review/Urine diversion components - Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems
 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (GTZ)
- GTZ (2006)
Technical data sheets for ecosan components
 Version for discussion – Ecosan sector project – Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, (GTZ) GmbH
- Göbel et al. (2007)
 Göbel A., MacArdell C.S., Joss A., Siegrist H. and Giger W. (2007)
Fate of sulfonamides, macrolides and trimethoprim in different wastewater treatment technologies
 Science of The Total Environment, 372, pp 361-371
- Halling-Sørensen et al. (1998)
Occurrence, Fate and Effects of Pharmaceutical Substances in the Environment - A Review
 Chemosphere, 36, pp 357-393

- Henschel, K.P. et al. (1997)
Environmental Hazard Assessment of Pharmaceuticals
 Regulatory Toxicology & Pharmacology, 25, pp 220-225
- Henze et al. (1992)
 Mogens Henze, Poul Harremoës, Jes la Cour Jansen, Erik Arvin
Teoretisk spildevandsrensning : Biologisk og Kemisk
 Polyteknisk Forlag
- Ingerslev F. et al. (2003)
En præliminær kortlægning af steroidøstrogenudledningen fra danske rensningsanlæg
 dansk kemi, 84, nr. 5, 2003
- Kvarnstrom E. et al. (2006)
Urine Diversion - One Step Towards Sustainable Sanitation
 Report 2006-1, EcoSanRes Programme
 Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf
- Københavns Kommune (2009)
Kortlægning og miljøvurdering af lægemiddelforbrug på Rigshospitalet
 Rapport udarbejdet af DHI, juli 2009
- Larsen TA. et al. (2009)
Source Separation: Will We See a Paradigm Shift in Wastewater Handling?
 Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf
 Environ. Sci. Technol. 43 (16), pp 6121–6125
- Lienert J. and Larsen TA. (2009)
High Acceptance of Urine Source Separation in Seven European Countries: A Review
 Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf
 Environ. Sci. Technol. 44, pp 556–566
- Lienert J. et al. (2007)
Reducing micropollutants with source control: substance flow analysis of 212 pharmaceuticals in faeces and urine
 Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf
 Water Science and Technology, 56, pp 87–96 Q IWA Publishing 2007
- Lynettefællesskabet I/S (2009)
Spildevandsplanlægning ved projektering/renovering af hospitaler - Håndtering af spildevand med lægemiddelstoffer
 Rapport udarbejdet af DHI, februar 2009
- Lynettefællesskabet I/S (2009a)
Kortlægning af spildevand og flydende affald på hospitaler
 Rapport udarbejdet af DHI, november 2009

- Lynettefællesskabet I/S, KE A/S og Københavns Kommune, CMI (2008)
Måleprogram på Rigshospitalet
Rapport udarbejdet af DHI, februar 2008
- Lynettefællesskabet I/S m.fl. (2008)
Målinger for udvalgte lægemidler i udløbet fra Renseanlæg Lynetten
Rapport udarbejdet af DHI for Københavns Energi A/S, Lynettefællesskabet I/S, Københavns Kommune, Center for Miljø
- Lægehåndbogen (2009)
Tilgængelig på <http://laegehaandbogen.dk/>
Udgivet under Danske regioner på Sundhed.dk
Publiceret: 21.02.2009
- Lægemiddelstyrelsen (2006)
Produktresume for Azithromycin, januar 2006
- Lægemiddelstyrelsen
Søgeside for Produktresumeeer
www.produktresumee.dk
- Miljøministeriet, LBK nr. 1634 (2006)
Affaldsbekendtgørelsen LBK nr. 1634 af 13/12/2006
- Miljøstyrelsen (2011)
Speciallægemidler i spildevand fra sygehuse
Miljøprojekt nr. XX 20XX- (UDKAST). Planlagt udgivet primo 2011
- Miljøstyrelsen (2007)
Begrænsning af humane medicinrester og antibiotikaresistens i spildevand med fokus på reduktion ved kilden
Miljøprojekt, 1189
- Miljøstyrelsen (2006)
Målinger af forureningsindhold i regnbetingede udledninger
Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10/2006
- Miljøstyrelsen (2006a)
Tilslutning af industrispildevand til offentlig spildevandsanlæg
Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2 2006
- Miljøstyrelsen (2001)
Urinopsamling og -anvendelse i Hyldespjældet
Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning, Rapport nr. 10, 2001
Rapport udarbejdet af Povl Markussen, leder for Agenda Center Albertslund
- Miljøstyrelsen (1998)
Håndtering af klinisk risikoaffald
Vejledning fra Miljøstyrelsen, 4/1998

- Munksøgård (2002)
Erfaringer og anbefalinger
 Udgivet af Det Økologiske Råd, 2002
- NOVAQUATIS An integrated research project / eawag aquatic research (2008)
NoMix – A New Approach to Urban Water Management
 Final Report Novaquatis
- Povl Markussen
 Medlemsblad for Foreningen Dansk Byøkologi nr. 2. juni 2001
- Schröder H. Fr., Tambosi J. L., Sena R.F., Moreira R.F.P.M. José H. J., Pinnekamp J.
 (2010)
The removal and degradation of pharmaceutical compounds during membrane bioreactor treatment
 AN-231. IWA Regional Conference and Exhibition on Membrane Technology & Water Reuse 18-22 October 2010, Istanbul- Turkey
- SFT (2009)
Environmental Screening of Selected Organic Compounds 2008 – Human and hospital-use pharmaceuticals, aquaculture medicines and personal care products
 Norwegian Pollution Control Authority, SPFO-rapport. 1046/2009, TA-2508/2009
- SFT (2007)
Human and Veterinary Pharmaceuticals, Narcotics, and Personal Care Products in the Environment – Current state of Knowledge and Monitoring Requirements
 Norwegian Pollution Control Authority, Report TA-2325/2007
- SFT (2006)
Initial assessment of eleven pharmaceuticals using the EMEA guideline in Norway
 Norwegian Pollution Control Authority, Report TA-2216/2006
- Slagelse Kommune (2010)
Måleprogram for lægemiddelstoffer i spildevand og vandmiljø i Slagelse Kommune - Undersøgelse på Slagelse Sygehus, Slagelse Renseanlæg samt i Lagunen og Tude Å
 Rapport udarbejdet af DHI, september 2010, for Slagelse Kommune, SK Forsyning A/S og Slagelse Sygehus
- Sundhedsstyrelsen (2010)
 Specialeplan 2010
www.sst.dk/Planlaegning%20og%20kvalitet/Specialeplanlaegning/Specialeplan2010.aspx
- V&S Prisdata. Husbygning, Brutto 2010. V&S Byggedata A/S 2010

von Sonntag, C. (2008)

Advanced oxidation processes: mechanistic aspects

Wat. Sci. Tech., 58.5, pp. 1015-1021

von Sonntag, C. (2007)

The basics of oxidants in water treatment. Part A: OH radical reactions

Wat. Sci. Tech., 55.12, pp. 19-23

Wahlberg, Cajsa, Berndt Björleinius, Nicklas Paxéus (2010)

Läkemedelsrester I Stockholms vattenmiljö – Förkomst, förbyggande åtgärder och rening av avloppsvatten

STOCKHOLM Vatten. ISBN 978-91-633-6642-0

YIT A/S. Korrespondance med Lars Gustavsen, YIT A/S. April-november 2010

B I L A G

Vedlagt i separat rapport

A	<i>Prisoverslag på etablering af urinseparationsteknologi</i>
B	<i>Liste over lægemidler anvendt til patienter på Rigshospitalet</i>
C	<i>IUTA og UMEÅ - Resultater for lægemiddelstoffer i urinblandprøve</i>
D	<i>Analyseresultater for almindelige spildevandsparametre og mikrobiologiske parametre</i>
E	<i>Strukturformler for lægemiddelstoffer</i>
F	<i>IUTA - Resultater fra test med skumdæmper på urin</i>
G	<i>IUTA - Analyseresultater for renseteknologier anvendt på urin</i>
H	<i>UMEÅ - Analyseresultater for renseteknologier anvendt på urin</i>
I	<i>UMEÅ - Analyseresultater på urin med klordioxid som efterpoleringsteknologi</i>
J	<i>IUTA - Analyseresultater for lægemiddelstoffer i ind- og udløb fra MBR-anlæg</i>
K	<i>IUTA - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med ozon, ozon og brintperoxid samt aktiv kul efterpoleringsteknologier</i>
L	<i>UMEÅ - Analyseresultater for lægemiddelstoffer i ind- og udløb fra MBR-anlæg</i>
M	<i>UMEÅ - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med ozon, ozon og brintperoxid samt aktiv kul efterpoleringsteknologier</i>
N	<i>Driftsanalyser udført af Grundfos BioBooster A/S</i>
O	<i>Protokol for bestemmelse af resistens mod sulfamethoxazol, ciprofloxacin, gentamicin og cefuroxime hos suspekterte Escherichia coli og coliforme</i>
P	<i>Resultater fra mikrobiologiske analyser udført på DHI</i>
Q	<i>IUTA - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS</i>
R	<i>UMEÅ - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS</i>
S	<i>Figurer med nedbrydning/fjernelsesforløb for lægemiddelstoffer ved brug af poleringsteknologier</i>

B I L A G A

Prisoverslag på etablering af urinseparationsteknologi

Prisoverslag på etablering af urinseparationstoiletter på et halvt sengehus (64 toiletter) på Hvidovre Hospital. Tilsendt fra IYT, som er konsulent for Bygge- og Teknikafdelingen på Hvidovre Hospital.

Hvidovre Hospital - Installation af No-mix toiletter

Udgangspunkt:

Der er taget udgangspunkt i afløbsinstallationen for sengestuer som i dag er koblet sammen i grupper af 4.

Rør er PEH-rør

Alle priser er excl. moms

Ny Installation - forskelspris

	stk	Pris	
No-mix toilet - forskelspris	4	1.750	7.000
Montering No-mix toilet - forskelspris	4	100	400
Urinafløb fra 4 sengestuer	1	45.030	45.030
Sub total - pr. sengestuegruppe			52.430
Antal sengestuegrupper pr. stamme	2	52.430	104.860
Lodret stamme til p-kælder	1	14.400	14.400
Sub total - pr. stamme til kælder	1		119.260
Antal lodrette stammer pr. liggende stamme	2	119.260	238.520
Liggende stamme til hovedledning	1	16.300	16.300
Sub total - Liggende stamme til hovedledning	1		254.820
Antal liggende stammer pr. pr hovedledning	4	254.820	1.019.280
Hovedledning til tank	1	118.200	118.200
Total installation pr. tank men excl denne			1.137.480
Gennemsnitspris pr. toilet			17.773

Prisoverslag på etablering af separatfaldstamme til toiletvand. Prisen er beregnet for et halvt sengehus (64 toiletter) på Hvidovre Hospital. Tilsendt fra IYT, som er konsulent for Bygge- og Teknikafdelingen på Hvidovre Hospital.

Ifølge YIT kan den oplyste pris ikke ses som en 100% merpris i forhold til et "normalt" afløbsystem, hvor alt spildevand blandes og afledes. YIT vurderer, at merprisen udgør ca. 80% af denne pris, idet den restende afløbsinstallation vil omfatte afløb fra gulvafløb (bad mv.), håndvaske, køkkenvaske og personale-toiletter. I denne rapport er derfor regnet med 80% af nedenstående overslag.

Hvidovre Hospital - Installation af No-mix toiletter

Udgangspunkt:

Der er taget udgangspunkt i afløbsinstallationen for sengestuer som i dag er koblet sammen i grupper af 4. Rør er PEH-rør

Der er tale om ny separat faldstamme fra sengestuetoiletter for nybyggeri

Alle priser er excl. moms

	stk	Pris	DDK
	4		
Afløb fra 4 sengestue toiletter	1	90.300	72.391
Sub total - pr. sengestuegruppe			72.391
Antal sengestuegrupper pr. stamme	2	72.391	144.782
Lodret stamme til p-kælder	1	10.359	10.359
Sub total - pr. stamme til kælder	1		155.141
Antal lodrette stammer pr. liggende stamme	2	155.141	310.282
Liggende stamme til hovedledning	1	21.712	21.712
Sub total - Liggende stamme til hovedledning	1		331.994
Antal liggende stammer pr. pr hovedledning	4	331.994	1.327.976
Hovedledning til tank/Biobooster	1	172.965	172.965
Total installation pr. tank men excl denne			1.500.941
Gennemsnitspris pr. toilet			23.452

B I L A G B

Liste over lægemidler anvendt til patienter på Rigshospitalet

Bilag B

Liste over anvendte lægemidler samt mængder givet til 18 patienter på Rigshospitalet i ind-samlingsperioden d. 6.-10. marts 2010.

Præparat	Activ stof	ATC kode	Dato 06.03.10	Dato 07.03.10	Dato 08.03.10	Dato 09.03.10	Dato 10.03.10
Pantoprazol	pantoprazol	A02BC02	80 mg	80 mg	80 mg	80 mg	80 mg
Nexium	esomeprazol	A02BC05	60 mg	60 mg	60 mg	40 mg	40 mg
Primperan	metoclopramid	A03FA01	30 mg	30 mg	30 mg	30 mg	
Moxalole	Macrogol 3350	A06AD65	11 stk	11 stk	10 stk	9 stk	9 stk
Mycostatin	nystatin	A07AA02	400000 IE	400000 IE	400000 IE		
Metformin "Actavis"	metformin	A10BA02				2000 mg	2000 mg
Glimepirid "Sandoz"	glimepirid	A10BB12	3 mg	3 mg	3 mg	3 mg	3 mg
Hepa-Merzt	heparin	B01AB01	15000 mg	15000 mg	15000 mg	15000 mg	15000 mg
Heparin	heparin	B01AB01	25000 IE	25000 IE	25000 IE	25000 IE	25000 IE
Kleaxane	enoxaparin	B01AB05	260 mg	260 mg	360 mg	300 mg	300 mg
Innohep	tinzaparin	B01AB10			7000 Xai- enh	3500 Xai- enh	5250 Xai- enh
Tranexamsyre	tranexamsyre	B02AA02	4000 mg	4000 mg	4000 mg	4000 mg	4000 mg
Amiodaron	Amiodaron	C01BD				900 mg	900 mg
Cordan	amiodaronhydrochlorid	C01BD01	400 mg	400 mg	400 mg	400 mg	400 mg
Cordarone	amiodaronhydrochlorid	C01BD01	1050 mg		1050 mg	1050 mg	
Digoxin	digoxin	C01AA05	375 mikg	375 mikg	562,5 mikg	562,5 mikg	562,5 mikg
Zaroxolyn	metolazone	C03BA08	15 mg	15 mg	15 mg	15 mg	
Furix	furosemid	C03CA01	60 mg	60 mg	100 mg	100 mg	140 mg
Mepronet	Metoprolol	C07AB02			100 mg	200 mg	200 mg
Mertoprololsuccinat	Metoprolol	C07AB02					25 mg
Metoprolosuccinat	Metoprolol	C07AB02				50 mg	50 mg
Selo-zok	Metoprolol	C07AB02	100 mg	150 mg	175 mg	50 mg	50 mg
Amlodipin	amlodipin	C08CA01	10 mg	10 mg	10 mg	10 mg	10 mg
Plendil	felodipin	C08CA02	5 mg	10 mg	10 mg	10 mg	10 mg
Enalapril "Actavis"	enalaprilmaleat	C09AA02	20 mg	20 mg	20 mg		
Lisinopril "Acatavis"	lisinopril	C09AA03		5 mg	5 mg		
Bactroban Nasal	mupirocin	D06AX09			2 appl.	2 appl.	
Dalacin	clindamycin	D10AF01	3000 mg	3000 mg	5400 mg	5400 mg	5400 mg
Solu-medrol	methyprednisolon	H02AB04	240 mg	240 mg	240 mg	240 mg	400 mg
Prednisol	prednisolon	H02AB06		80 mg	80 mg	80 mg	80 mg
Prednisolon	prednisolon	H02AB06			80 mg	80 mg	80 mg
Benzylpenicillin	benzylpenicillinnatrium	J01CE01			4800 mg	4800 mg	
Cefuroxim	cefuroxim	J01DC02				4500 mg	13500 mg
Meronem	meropenem	J01DH02	9000 mg	9000 mg	9000 mg	9000 mg	9000 mg
Meropenem	meropenem	J01DH02	6000 mg	6000 mg	9000 mg	8000 mg	8000 mg
Trimetoprim	trimethoprim	J01EA01	80 mg	80 mg	80 mg	80 mg	80 mg
Sulfametoxazol	Sulfametoxazol	J01EC01	400 mg	400 mg	400 mg	400 mg	400 mg
Bactrim	Sulfametoxazol og trimethoprim	J01EE01		60 ml	60 ml	65 ml	65 ml
Abboticin	erythromycin	J01FA01	1200 mg	900 mg	300 mg	300 mg	400 mg
Clarithromycin	clarithromycin	J01FA09	1000 mg	1000 mg	1000 mg	1000 mg	1000 mg
Ciprofloxacin	Ciprofloxacin	J01MA02	2600 mg	2800 mg	2800 mg	2800 mg	2400 mg
Ciproxin	Ciprofloxacin	J01MA02	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg
Vancomycin	Vancomycin	J01XA01	16000 mg	16000 mg	16000 mg	16000 mg	14500 mg
Fucidin	fusidin	J01XC01					1500 mg
Metronidazol	metronidazol	J01XD01	1500 mg	1500 mg	1500 mg	3000 mg	3000 mg
Fluconazol	fluconazol	J02AC01	1000 mg	1000 mg	400 mg	400 mg	400 mg
Cancidas	caspofungin	J02AX04	150 mg	150 mg	200 mg	200 mg	270 mg

Ambisome	amphotericin	J02AA01		180 mg	180 mg	180 mg	180 mg
----------	--------------	---------	--	--------	--------	--------	--------

Bilag B - Fortsat Liste over anvendte lægemidler samt mængder givet til 18 patienter på Rigshospitalet i ind-samlingsperioden d. 6.-10. marts 2010.

Præparat	Activ stof	ATC kode	Dato 06.03.10	Dato 07.03.10	Dato 08.03.10	Dato 09.03.10	Dato 10.03.10
Dapson "Scanpharm"	dapson	J04BA02	100 mg	100 mg	100 mg	100 mg	100 mg
Aciclodan	aciclovir	J05AB01					3200 mg
Aciclovir	aciclovir	J05AB01	300 ml	300 ml	300 ml	300 ml	300 ml
Actilax	aciclovir	J05AB01	30 mg	45 mg	45 mg	45 mg	45 mg
Virazole	ribavirin	J05AB04					1200 mg
Privigen	immunglobulin G	J06BA02	26425 mg	2400 mg	2400 mg	2400 mg	25000 mg
Neupogen	filgrastim	L03AA02			0,300 mg	0,300 mg	0,300 mg
Sandimmun Neoral	ciclosporin	L04AD01	800 mg	800 mg	1000 mg	1000 mg	1000 mg
Prograf	tacrolimus	L04AD02	5 mg	4 mg	12 mg	8 mg	8 mg
Cellcept	mycophenolatmofetil	L04AA06	4000 mg	4000 mg	3000 mg	4000 mg	4000 mg
Panodil brus	paracetamol	N02BE01	6000 mg	6000 mg	6000 mg	4000 mg	4000 mg
Perfalgan	paracetamol	N02BE01	4000 mg	4000 mg	4000 mg	4000 mg	4000 mg
Picolon	paracetamol	N02BE01	5,025 mg	5,025 mg	5,025 mg	5,025 mg	5,025 mg
Pinex	paracetamol	N02BE01	14000 mg	14000 mg	18000 mg	22000 mg	26000 mg
Catapresan	clonidin	N02CX02	0,300 mg	0,300 mg	0,300 mg	0,300 mg	0,300 mg
Contalgin	morphin	N02AA01	60 mg	60 mg	100 mg	100 mg	100 mg
Morfin	Morfin	N02AA01			60 mg	60 mg	60 mg
Oxynorm	oxycodon	N02AA05	20 mg	20 mg	20 mg	40 mg	40 mg
Fenytoin	phenytoin	N03AB02	1100 mg	1100 mg	1100 mg	1100 mg	1100 mg
Rivotril	clonazepam	N03AE01	0,5 mg				
Sabrillex	vigabatrin	N03AG04	3000 mg	3000 mg	3000 mg	3000 mg	3000 mg
Lamictal	lamotrigin	N03AX09	100 mg	100 mg	100 mg	100 mg	100 mg
Keppra	levetiracetam	N03AX14	3000 mg	3000 mg	3000 mg	3000 mg	3000 mg
Fenemal "DLF"	phenobarbital	N03AA02	400 mg	400 mg	400 mg	400 mg	400 mg
Oxazepam	oxazepam	N05BA04	45 mg	45 mg	45 mg	45 mg	45 mg
Ativan	lorazepam	N05BA06	30 mg	30 mg	30 mg	30 mg	30 mg
Citalopram	citalopram	N06AB04				30 mg	30 mg
Duovent	fenoterol	R03AK03			16 ml	16 ml	16 ml
Pulmozyme	Dornase alfa	R05CB13	7,5 mg	7,5 mg	7,5 mg	7,5 mg	2,5 mg
Kloramfenikol	Chloramphenicol	S01AA01				4 appl.	4 appl.
Human Albumin	Human Albumin		200 ml	200 ml	200 ml	200 ml	200 ml
Kaleorid	Kaleorid					1500 mg	1500 mg
Kaliumklorid	Kaliumklorid						10 mMol
Kalium-natriumklorid	Kalium-natriumklorid		1000 ml	1000 ml	1000 ml	1000 ml	1000 ml
Konaktion Novum			10 mg	10 mg	10 mg	10 mg	10 mg
Lactulose	Lactulose		30015 mg				
Magenesiumklorid	Magenesiumklorid				20 mMol	20 mMol	
Magnesia "medic"	Magnesia "medic"					1000 mg	1000 mg
Magnesiumsulfat	Magnesiumsulfat		20 mMol				
Parenteral	Ernæring		1000 ml	1000 ml	1000 ml	1000 ml	1000 ml
Soluvit	Multivitaminpræparat		1 stk	1 stk	1 stk	1 stk	1 stk
Solvezink			765 mg	765 mg	1305 mg	1350 mg	1350 mg
Sølv-Medrol			40 mg	40 mg	40 mg		
Tiamin			900 mg	900 mg	900 mg	1200 mg	1200 mg
Tracel			10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml
Unikalk			800 mg	800 mg	800 mg	800 mg	800 mg
Viscotears			12 drb	12 drb	12 drb	24 drb	24 drb

B I L A G C

***IUTA og UMEÅ
Resultater for lægemiddelstoffer i urinblandprøve***

Bilag C

Liste over stoffer, som indgår i screeningsprogrammet på urinblandprøven (fortyndet med 20% vand). Der er flere kolonner med ATC-koder, fordi nogle aktiv stoffer kan anvendes indenfor flere terapeutiske områder. Stofferne er sorteret efter ATC-kode (primær).

CAS	ATC-code	ATC-code	ATC-code	Anvendelse	Active Substances	IUTA µg/L	UMEÅ µg/L	Given to patients
22916-47-8	A01AB09	D01AC02, D01AC20		Fordøjelse samt Hud/svampemidler	Miconazole	i.u	0,27	NO
66357-35-5	A02BA02			Mavesårs middel	Ranitidine	i.u	< LOQ	NO
77-19-0	A03AA07			Fordøjelse	Dicycloverin	i.u	0,20	NO
53179-11-6	A07DA03	A07DA05		Fordøjelse	Loperamide	i.u	0,44	NO
51333-22-3	A07EA06	R01AD05, R03AK07, R03BA02		Fordøjelse og Respiration	Budenoside	i.u	0,55	NO
93479-97-1	A10BB12			Antidiabetika	Glimepiride	i.u	0,078	YES
135062-02-1	A10BX02			Antidiabetika	Repaglinide	i.u	< LOQ	NO
58-32-2	B01AC07	B01AC30		Blod og bloddannende organer	Dipyridamol	i.u	0,26	NO
1951-25-3	C01BD01			Hjerte og kredsløb	Amiodiarone	i.u	1,7	YES
54-31-9	C03CA01	C03CB01	C03EB01	Hjerte og kredsløb	Furosemid	11000	i.u	YES
37350-58-6	C07AB02	C07FB02		Hjerte og kredsløb	Metoprolol	< 50	47	YES
29122-68-7	C07AB03			Hjerte og kredsløb	Atenolol	< 50	0,42	NO
66722-44-9	C07AB07			Hjerte og kredsløb	Bisoprolol	< 50	0,30	NO
3930-20-9	C07AA07			Hjerte og kredsløb	Sotalol	< 50	0,58	NO
52-53-9	C08DA01			Hjerte og kredsløb	Verapamil	i.u	0,63	NO
42399-41-7	C08DB01			Hjerte og kredsløb	Diltiazem	i.u	0,56	NO
133040-01-4	C09CA02	C09DA02		Hjerte og kredsløb	Eprosartan	i.u	0,51	NO
138402-11-6	C09CA04	C09DA04		Hjerte og kredsløb	Ibersartan	i.u	1,7	NO
144701-48-4	C09CA07	C09DA07		Hjerte og kredsløb	Telmisartan	i.u	0,42	NO
92077-78-6	C09AA08	C09BA08		Hjerte og kredsløb	Cilazapril	i.u	0,70	NO
41859-67-0	C10AB02			Hjerte og kredsløb	Bezafibrate	< 50	< LOQ	NO
163222-33-1	C10AX09			Hjerte og kredsløb	Ezetimibe	i.u	0,40	NO
134523-00-5	C10AA05			Hjerte og kredsløb	Atorvastatin	i.u	0,27	NO
287714-41-4	C10AA07			Hjerte og kredsløb	Rosuvastatin	i.u	0,14	NO

Bilag C - Fortsat Liste over stoffer, som indgår i screeningsprogrammet på urinblandprøven (fortyndet med 20% vand). Der er flere kolonner med ATC-koder, fordi nogle aktiv stoffer kan anvendes indenfor flere terapeutiske områder.

CAS	ATC-code	ATC-code	ATC-code	Anvendelse	Active Substances	IUTA µg/L	UMEÅ µg/L	Given to patients
23593-75-1	D01AC01	G01AF02		Hud/svampemidler	Clotrimazol	i.u	0,13	NO
65277-42-1	D01AC08	J02AB02		Hud og oralt Svampe- middel	Ketoconazole	i.u	0,80	NO
18323-44-9	D10AF01	G01AA10, J01FF01		Antibiotikum	Clindamycine	10500	6700	YES
114-07-8	D10AF02	J01FA01	D10AF52	Antibiotikum	Erythromycin	8620	i.u	YES
98319-26-7	D11AX10	G04CB01		Svampemiddel	Finasteride	i.u	0,18	NO
25614-03-3	G02CB01	N04BC01		Gynækologisk middel	Bromocriptin	i.u	< LOQ	NO
81403-80-7	G04CA01			Receptorbloker til pro- statacancer	Alfuzosin	i.u	0,61	NO
56238-63-2	J01DC02			Antibiotikum	Cefuroxim	< 50	i.u	YES
738-70-5	J01EA01	J01EE01, J01EE02		Antibiotikum	Trimetoprim	4200	650	YES
723-46-6	J01EE01			Antibiotikum	Sulfamethoxazol	1130	540	YES
80214-83-1	J01FA06			Antibiotikum	Roxithromycine	< 50	< LOQ	NO
83905-01-5	J01FA10			Antibiotikum	Azithromycine	27900	64	NO
81103-11-9	J01FA09	A02BD06		Antibiotikum	Clarithromycine	25300	15000	YES
82419-36-1	J01MA01			Antibiotikum	Ofloxacin	< 50	1,2	NO
85721-33-1	J01MA02	S01AX13		Antibiotikum	Ciprofloxacin	37400	270000	YES
443-48-1	J01XD01	A01AB17; D06BX01; G01AF01	P01AB01	Antibiotikum	Metronidazol	1760	i.u	YES
86386-73-4	J02AC01			Svampemiddel	Fluconazole	i.u	2700	YES
10540-29-1	L02BA01			Hormonterapi	Tamoxifen	< 50	0,28	NO
129453-61-8	L02BA03			Hormonterapi	Fulvestrant	i.u	0,34	NO
13311-84-7	L02BB01			Hormonterapi	Flutamid	i.u	< LOQ	NO
15307-86-5	M01AB05	M02AA15, S01BC03		Muskler og led/gigt og smerter	Diclofenac	< 50	2,3	NO
76-57-3	M01AE51	N02AA59, N02BE51, R05DA04		Muskler og led/gigt og smerter	Codeine	i.u	0,58	NO
64228-81-5	M03AC04			Muskel afslappende	Atracurium	i.u	72	NO
83-98-7	M03BC01	M03BC51, N04AB02		Muskel afslappende	Orphenadrine	i.u	0,35	NO

Bilag C - Fortsat Liste over stoffer som indgår i screeningsprogrammet på urinblandprøven (fortyndet med 20% vand). Der er flere kolonner med ATC-koder, fordi nogle aktiv stoffer kan anvendes indenfor flere terapeutiske områder.

CAS	ATC-code	ATC-code	ATC-code	Anvendelse	Active Substances	IUTA µg/L	UMEÅ µg/L	Given to patients
437-38-7	N02AB03	N01AH01		CNS (smertestillende)	Fentanyl	i.u	5,0	NO
52485-79-7	N02AE01	N07BC01		CNS (smertestillende)	Buprenorphine	i.u	0,87	NO
27203-92-5	N02AX02			CNS (smertestillende)	Tramadol	< 50	< LOQ	NO
103-90-2	N02BE01	N02BE51	N02BE71	CNS (smertestillende)	Paracetamol	10800	i.u	YES
511-12-6	N02CA01			CNS (smertestillende)	Dihydroergotamine	i.u	< LOQ	NO
15574-96-6	N02CX01			CNS (smertestillende)	Pizotifen	i.u	0,25	NO
1622-61-3	N03AE01			CNS (Antiepileptika)	Clonazepam	i.u	0,20	YES
298-46-4	N03AF01			CNS (Antiepileptika)	Carbamazepin	< 50	0,15	NO
144-11-6	N04AA01			CNS (Antiparkinson)	Trihexyphenidyl	i.u	0,24	NO
514-65-8	N04AA02			CNS (Antiparkinson)	Biperiden	i.u	0,22	NO
69-23-8	N05AB02			CNS (Psykofarmaka)	Fluphenazine	i.u	0,23	NO
58-39-9	N05AB03			CNS (Psykofarmaka)	Perphenazine	i.u	0,50	NO
52-86-8	N05AD01			CNS (Psykofarmaka)	Haloperidol	i.u	0,97	NO
2709-56-0	N05AF01			CNS (Psykofarmaka)	Flupetixol	i.u	0,14	NO
113-59-7	N05AF03			CNS (Psykofarmaka)	Chloprothixen	i.u	0,57	NO
53772-83-1	N05AF05			CNS (Psykofarmaka)	Zuclopenthixol	i.u	1,4	NO
106266-06-2	N05AX08			CNS (Psykofarmaka)	Risperidone	i.u	0,79	NO
604-75-1	N05BA04			CNS (Psykofarmaka)	Oxazepam	i.u	0,86	YES
28981-97-7	N05BA12			CNS (Psykofarmaka)	Alprazolam	i.u	0,31	NO
68-88-2	N05BB01			CNS (Psykofarmaka)	Hydroxyzine	i.u	< LOQ	NO
82626-48-0	N05CF02			CNS (Psykofarmaka)	Zoldipem	i.u	0,24	NO
50-53-3	N05AA01			CNS (Psykofarmaka)	Chlorpromazine	i.u	0,52	NO
60-99-1	N05AA02			CNS (Psykofarmaka)	Levomepromazine	i.u	< LOQ	NO

Bilag C - Fortsat Liste over stoffer, som indgår i screeningsprogrammet på urinblandprøven (fortyndet med 20% vand). Der er flere kolonner med ATC-koder, fordi nogle aktiv stoffer kan anvendes indenfor flere terapeutiske områder.

CAS	ATC-code	ATC-code	ATC-code	Anvendelse	Active Substances	IUTA µg/L	UMEA µg/L	Given to patients
54910-89-3	N06AB03			CNS (Psykoledptika)	Fluoxetin	i.u	0,80	NO
59729-33-8	N06AB04			CNS (Psykoledptika)	Citaprolam	< 50	24	YES
61869-08-7	N06AB05			CNS (Psykoledptika)	Paroxetin	i.u	0,78	NO
79617-96-2	N06AB06			CNS (Psykoledptika)	Sertraline	i.u	0,60	NO
24219-97-4	N06AX03			CNS (Psykoledptika)	Mianserin	i.u	< LOQ	NO
83366-66-9	N06AX06			CNS (Psykoledptika)	Nefazodon	i.u	< LOQ	NO
61337-67-5	N06AX11			CNS (Psykoledptika)	Mirtazapin	i.u	0,64	NO
93413-69-5	N06AX16			CNS (Psykoledptika)	Venlafaxin	< 50	0,12	NO
116539-59-4	N06AX21			CNS (Psykoledptika)	Duloxetin	i.u	1,3	NO
120014-06-4	N06DA02			CNS (Psykoledptika)	Donepezil	i.u	< LOQ	NO
19982-08-2	N06DX01			CNS (Psykoledptika)	Memantin	i.u	0,28	NO
303-49-1	N06AA04			CNS (Psykoledptika)	Clomipramine	i.u	< LOQ	NO
50-48-6	N06AA09			CNS (Psykoledptika)	Amitryptiline	i.u	0,91	NO
10262-69-8	N06AA21			CNS (Psykoledptika)	Maprotilin	i.u	0,61	NO
34911-55-2	N07BA02			CNS (Andre)	Bupropion	i.u	< LOQ	NO
58-73-1	N07CA52	R06AA02		CNS (Andre)	Diphenhydramine	i.u	< LOQ	NO
58581-89-8	R01AC03	S01GX07		Næsespray	Azelastine	i.u	0,42	NO
4419-39-0	R01AD01	R03BA01		Næsespray og respiration	Beclomethasone	i.u	1,6	NO
23031-25-6	R03AC03	R03CC03		KOL	Terbutalin	i.u	< LOQ	NO
60-87-7	R06AD02	R06AD52		Antihistamin	Promethazin	i.u	1,6	NO
569-65-3	R06AE05			Antihistamin	Meclozine	i.u	0,15	NO
129-03-3	R06AX02			Antihistamin	Cyproheptadine	i.u	0,16	NO
83799-24-0	R06AX26			Antihistamin	Fexofenadine	i.u	0,33	NO
100643-71-8	R06AX27			Antihistamin	Desloratidin	i.u	1,1	NO
15686-51-8	R06AA04			Antihistamin	Clemastine	i.u	0,28	NO
465-65-6	V03AB15			Naloxon	Naloxon	< 50	0,21	NO
Metabolit					Erythromycin dehydrato	1820	i.u	YES
Metabolit					ac-sulfadiazin	< 50	i.u	Metabolite
Metabolit					ac-sulfamerazin	< 50	i.u	Metabolite
Metabolit					ac-sulfamethazin	< 50	i.u	Metabolite
Metabolit					ac-sulfamethoxazol	< 50	i.u	Metabolite

Bilag C - Fortsat Liste over stoffer, som indgår i screeningsprogrammet på urinblandprøven (fortyndet med 20% vand). Der er flere kolonner med ATC-koder, fordi nogle aktiv stoffer kan anvendes indenfor flere terapeutiske områder.

CAS	ATC-code	ATC-code	ATC-code	Anvendelse	Active Substances	IUTA µg/L	UMEÅ µg/L	Given to patients
	N02BA01			CNS	Acetylsalicylic acid	< 50	i.u	NO
	M04AA01			Muskler, led og knogler	Allopurinol	< 50	i.u	NO
	V08AA01			Iod-kontrastmiddel	Amidotrizoesaeure	< 50	i.u	NO
	J01CA04			Antibiotikum	Amoxicillin	< 50	i.u	NO
	-			-	Antipyrin	< 50	i.u	NO
	C03AA01			Hjerte/kredsløb	Bendroflumethiazid	< 50	i.u	NO
	L01BC06			Cytostatika	Capecitabin	< 50	i.u	NO
	J01AA03	A01AB21	D06AA02	Antibiotikum	Chlortetracyclin	< 50	i.u	NO
	C10AB01			Hjerte/kredsløb	Clofibric acid	< 50	i.u	NO
	L01AA01			Cytostatika	Cyclophosphamid	< 50	i.u	NO
	C10AB05			Hjerte/kredsløb	Fenofibrat	< 50	i.u	NO
	C10AB05			Hjerte/kredsløb	Fenofibrinsäure	< 50	i.u	NO
	L01BC05			Cytostatika	Gemcitabin	< 50	i.u	NO
	M01AX05			Muskler, led og knogler	Glucosamin	< 50	i.u	NO
	M01AE01			Muskler, led og knogler	Ibuprofen	< 50	i.u	NO
	L01AA06			Cytostatika	Ifosfamid	< 50	i.u	NO
	V08AB10			Iod-kontrastmiddel	Iomeprol	< 50	i.u	NO
	V08AB04			Iod-kontrastmiddel	Iopamidolol	< 50	i.u	NO
	V08AB05			Iod-kontrastmiddel	Iopromid	< 50	i.u	NO
	M02AA10			Muskler, led og knogler	Ketoprofen	< 50	i.u	NO
	L02AB01			Hormon terapi	Megastrol	< 50	i.u	NO
	L04AX03			Cytostatika	Methotrexat	< 50	i.u	NO
	N03AF02			CNS	Oxcarbazepin	< 50	i.u	NO
	07AA05			Hjerte/kredsløb	Propranolol	< 50	i.u	NO
	N02BB04			CNS	Propylphenazon	< 50	i.u	NO
	C10AA01			Hjerte/kredsløb	Simvastatin	< 50	i.u	NO
	J01EC02			Antibiotikum	Sulfadiazin	< 50	i.u	NO
	J01E			Antibiotikum	Sulfamethazin	< 50	i.u	NO
	J01EB02			Antibiotikum	Sulfamethizol	< 50	i.u	NO
	J01AA07	D06AA04	A01AB13	Antibiotikum	Tetracyclin	< 50	i.u	NO
	N03AG01			CNS	Valproinsaeure	< 50	i.u	NO
	J01XA01	A07AA09		Antibiotikum	Vancomycin	< 50	i.u	NO

B I L A G D

Analyseresultater for almindelige spildevandsparametre og mikrobiologiske parametre

Rekviørent.....: DHI, Institut for Vand og Miljø
 Agern Alle 5, 2970 Hørsholm
 Prøvested.....: Bjerringbro Renseanlæg
 Prøvetype.....: Spildevand
 Prøveudtagning...: 2010.05.20
 Prøvetager.....: Rekviørenten
 Kundeoplysninger.: Indløb udtaget torsdag morgen
 Analyseperiode...: 2010.05.21 kl. 11:00 - 2010.06.02

Prøvenr.: A5438501		Prøve ID:		Kravværdier**		Detekt.	RSD
Prøvemærke:	Enheder	Min.	Max.	grænse	Metoder	(%)	
Kimtal ved 22 °C,	1000000 mio CFU/ml			??????	DS/EN ISO 6222		
Coliforme bakterier	1700000 Ant./100ml			1	DS 2255		
Termotolerante coliforme bakt.	330000 Ant./100ml			1	DS 2255		
Total-N	63 mg/l			0.05	DS/EN I 11905-1	10	
Total-P	13 mg/l			0.005	DS/EN I 6878aut	10	
Chlorid, filtreret	350 mg/l			1.00	SM 17 udg. 4500	5	
Alkalinitet, total	11.7 mmol/l			0.05	DS/EN I 9963	5	
NVOC, ikke flygt.org.carbon	120 mg/l			1.0	DS/EN 1484	10	
BI5	140 mg/l			0.50	DS/EN 1899-1	10	
COD, kemisk iltforbrug	450 mg/l			5.0	ISO 15705	10	

Analysekommentarer:

På grund af en fejl i vores sytem er der ikke angivet nogen detektionsgrænse for kimtal. Detektionsgrænsen er 1 CFU/ml.

**) Virksomhedens miljøgodkendelse / udledningstilladelse.

RSD: Den ekspanderede måleusikkerhed er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Tegnforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

< : mindre end. i.p.: ikke påvist.

> : større end. i.m.: ikke målelig.

: ingen af parametrene er påvist.

Lars Møller Jensen

Kontaktperson

03. juni 2010



Lars Møller Jensen

Kvalitetssikring

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

DHI
Institut for Vand og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm

Registrernr.: A54386
Kundenr.: 70498
Ordrenr.: 810258

Att.: Ulf Nielsen

Modt. dato: 2010.05.20

ANALYSERAPPORT

Sidenr.: 1 af 1

Rekvirent.....: DHI, Institut for Vand og Miljø
Agern Alle 5, 2970 Hørsholm
Prøvested.....: **Bjerringbro Renseanlæg**
Prøvetype.....: Spildevand
Prøveudtagning...: 2010.05.20
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.: Indløb udtaget torsdag eftermiddag
Analyseperiode...: 2010.05.21 kl. 11:00 - 2010.06.02

Prøvenr.: A5438601		Kravværdier** Detekt.				RSD	
Prøve ID:							
Prøvemærke:	Enheder	Min.	Max. grænse	Metoder		(%)	
Kimtal ved 22 °C,	8300000 CFU/ml			1 DS/EN ISO 6222			
Coliforme bakterier	230000 Ant./100ml			1 DS 2255			
Termotolerante coliforme bakt.	230000 Ant./100ml			1 DS 2255			
Total-N	62 mg/l		0.05	DS/EN I 11905-1		10	
Total-P	13 mg/l		0.005	DS/EN I 6878aut		10	
Chlorid, filtreret	340 mg/l		1.00	SM 17 udg. 4500		5	
Alkalinitet, total	11.6 mmol/l		0.05	DS/EN I 9963		5	
NVOC, ikke flygt.org.carbon	120 mg/l		1.0	DS/EN 1484		10	
BI5	150 mg/l		0.50	DS/EN 1899-1		10	
COD, kemisk iltforbrug	440 mg/l		5.0	ISO 15705		10	

**} Virksomhedens miljøgodkendelse / udledningstilladelse.

RSD: Den ekspanderede måleusikkerhed er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Tegnforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

< : mindre end. i.p.: ikke påvist.

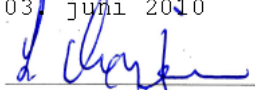
> : større end. i.m.: ikke målelig.

: ingen af parametrene er påvist.

Lars Møller Jensen

Kontaktperson

03. juni 2010


Lars Møller Jensen
Kvalitetssikring

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Rekviørent.....: DHI, Institut for Vand og Miljø
 Agern Alle 5, 2970 Hørsholm
 Prøvested.....: Bjerringbro Renseanlæg
 Prøvetype.....: Spildevand
 Prøveudtagning...: 2010.05.20
 Prøvetager.....: Rekviørenten
 Kundeoplysninger.: Udløb udtaget torsdag morgen
 Analyseperiode...: 2010.05.21 kl. 11:00 - 2010.05.29

Prøvenr.: A5438701					
Prøve ID:		Kravværdier** Detekt.			
Prøvemærke:		Enheder	Min.	Max. grænse	RSD
				Metoder	(%)
Kimtal ved 22 °C,	13000	CFU/ml		1 DS/EN ISO 6222	
Coliforme bakterier	340	Ant./100ml		1 DS 2255	
Termotolerante coliforme bakt.	80	Ant./100ml		1 DS 2255	
Total-N	16	mg/l		0.05 DSENI11905 Auto	10
Total-P	15	mg/l		0.005 DS/EN I 6878aut	10
Chlorid, filtreret	360	mg/l		1.00 SM 17 udg. 4500	5
Alkalinitet, total	7.17	mmol/l		0.05 DS/EN I 9963	5
NVOC, ikke flygt.org.carbon	18	mg/l		1.0 DS/EN 1484	10
BI5	12	mg/l		0.50 DS/EN 1899-1	10
COD, kemisk iltforbrug	43	mg/l		5.0 ISO 15705	10

***) Virksomhedens miljøgodkendelse / udledningstilladelse.

RSD: Den ekspanderede måleusikkerhed er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Tegnforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

< : mindre end. i.p.: ikke påvist.

> : større end. i.m.: ikke målelig.

: ingen af parametrene er påvist.

Lars Møller Jensen

Kontaktperson

31. maj 2010



Lars Møller Jensen

Kvalitetssikring

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

DHI
Institut for Vand og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm

Registrernr.: A54388
Kundenr.: 70498
Ordrenr.: 810258

Att.: Ulf Nielsen

Modt. dato: 2010.05.20

ANALYSERAPPORT

Sidenr.: 1 af 1

Rekvirent.....: DHI, Institut for Vand og Miljø
Agern Alle 5, 2970 Hørsholm
Prøvested.....: Bjerringbro Renseanlæg
Prøvetype.....: Spildevand
Prøveudtagning...: 2010.05.20
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.: Udløb udtaget torsdag eftermiddag
Analyseperiode...: 2010.05.21 kl. 11:00 - 2010.05.29

Prøvenr.: A5438801		Kravværdier** Detekt.				RSD
Prøve ID:		Min.	Max.	grænse	Metoder	(%)
Prøvemærke:	Enheder					
Kimtal ved 22 °C,	12000 CFU/ml				1 DS/EN ISO 6222	
Coliforme bakterier	340 Ant./100ml				1 DS 2255	
Termotolerante coliforme bakt.	330 Ant./100ml				1 DS 2255	
Total-N	20 mg/l			0.05	DSENI11905 Auto	10
Total-P	17 mg/l			0.005	DS/EN I 6878aut	10
Chlorid, filtreret	350 mg/l			1.00	SM 17 udg. 4500	5
Alkalinitet, total	6.79 mmol/l			0.05	DS/EN I 9963	5
NVOC, ikke flygt.org.carbon	17 mg/l			1.0	DS/EN 1484	10
BI5	14 mg/l			0.50	DS/EN 1899-1	10
COD, kemisk iltforbrug	43 mg/l			5.0	ISO 15705	10

**} Virksomhedens miljøgodkendelse / udledningstilladelse.

RSD: Den ekspanderede måleusikkerhed er lig $2 \times \text{RSD\%}$, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Tegnforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

< : mindre end. i.p.: ikke påvist.

> : større end. i.m.: ikke målelig.

: ingen af parametrene er påvist.

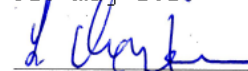
Lars Møller Jensen

Kontaktperson

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

31 maj 2010



Lars Møller Jensen
Kvalitetssikring

DHI
Institut for Vand og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm

Registrernr.: A54490
Kundenr.: 70498
Ordrenr.: 810258

Att.: Ulf Nielsen

Modt. dato: 2010.05.21

ANALYSERAPPORT

Sidenr.: 1 af 1

Rekvirent.....: DHI, Institut for Vand og Miljø
Agern Alle 5, 2970 Hørsholm
Prøvested.....: Bjerringbro Renseanlæg
Prøvetype.....: Spildevand
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Rekvirenten
Kundeoplysninger.: Udtaget fredag formiddag
Analyseperiode...: 2010.05.22 kl. 15:00 - 2010.06.09

Prøvenr.: A5449001 A5449002									
Prøve ID:				Kravværdier**		Detekt.		RSD	
Prøvemærke:	Indløb	Udløb	Enheder	Min.	Max.	grænse	Metoder	(%)	
Kimtal ved 22 °C,	3800000	14000	CFU/ml				1 DS/EN ISO 6222		
Coliforme bakterier	60000	240	Ant./100ml				1 DS 2255		
Termotolerante coliforme bakt.	20000	<1	Ant./100ml				1 DS 2255		
Total-N		17	mg/l			0.05	DS/EN I 11905 Auto	10	
Total-N	65		mg/l			0.05	DS/EN I 11905-1	10	
Total-P	12	13	mg/l			0.005	DS/EN I 6878aut	10	
Chlorid, filtreret	330	340	mg/l			1.00	SM 17 udg. 4500	5	
Alkalinitet, total	5.75	6.83	mmol/l			0.05	DS/EN I 9963	5	
NVOC, ikke flygt.org.carbon	110	17	mg/l			1.0	DS/EN 1484	10	
BI5	140	2.8	mg/l			0.50	DS/EN 1899-1	10	
COD, kemisk iltforbrug	420	45	mg/l			5.0	ISO 15705	10	

**) Virksomhedens miljøgodkendelse / udledningstilladelse.

RSD: Den ekspanderede måleusikkerhed er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Tegnforklaring:

RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

< : mindre end. i.p.: ikke påvist.

> : større end. i.m.: ikke målelig.

: ingen af parametrene er påvist.

Lars Møller Jensen

Kontaktperson

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

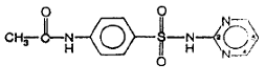
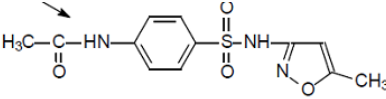
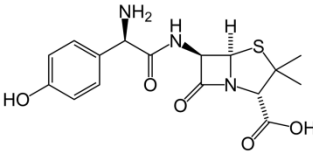
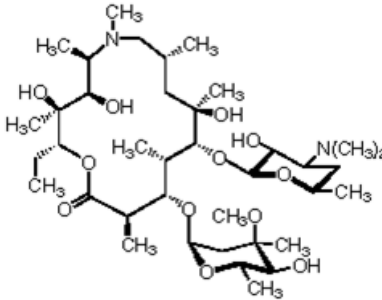
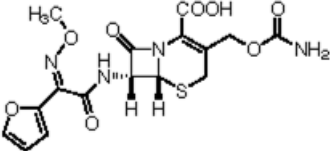
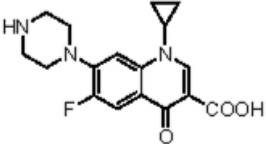
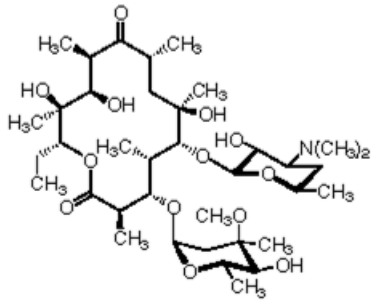
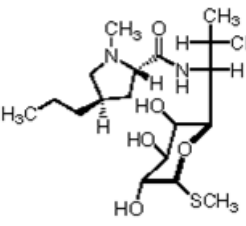
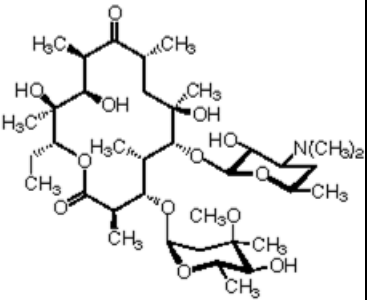
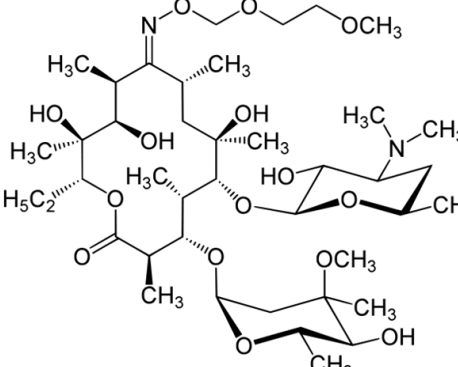
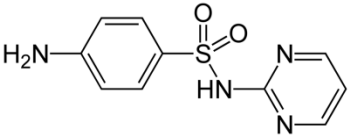
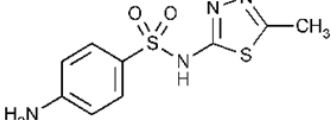
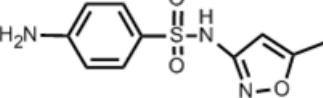
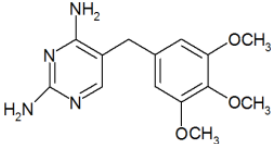
10 juni 2010

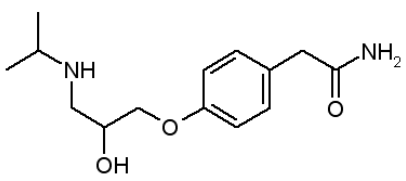
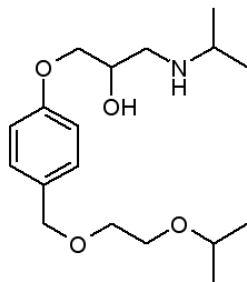
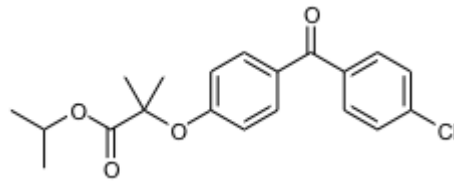
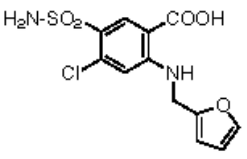
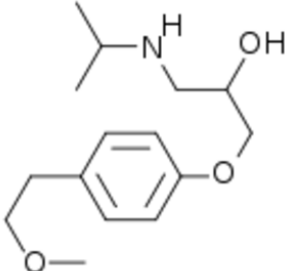
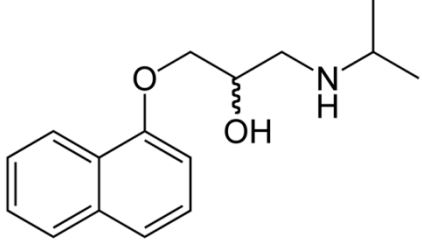
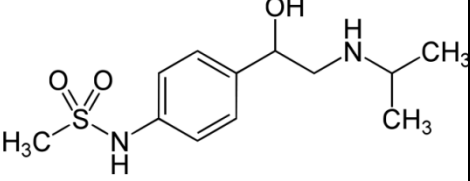


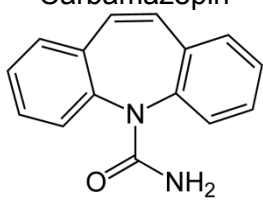
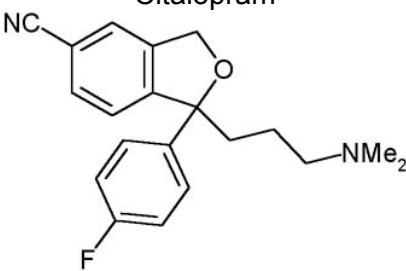
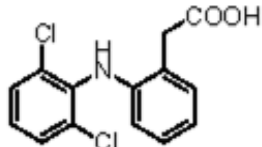
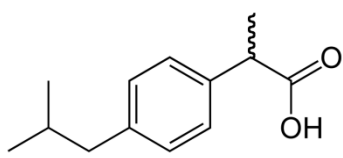
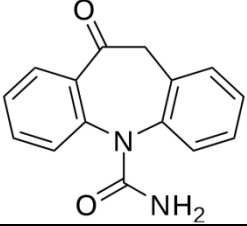
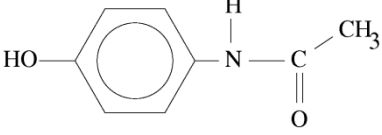
Lars Møller Jensen
Kvalitetssikring

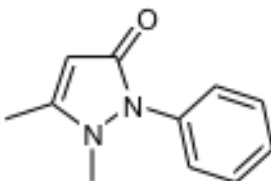
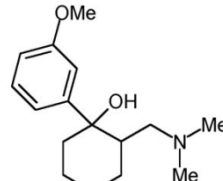
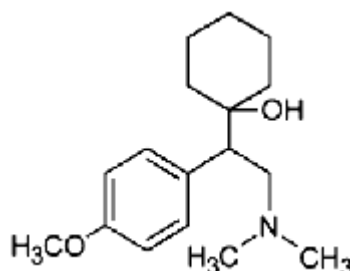
B I L A G E

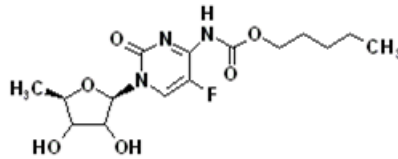
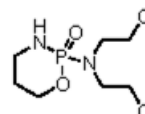
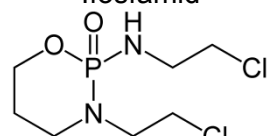
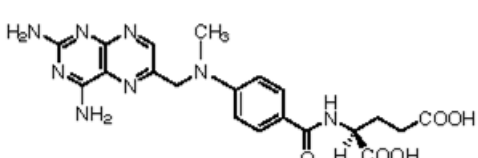
Strukturformler for lægemiddelstoffer

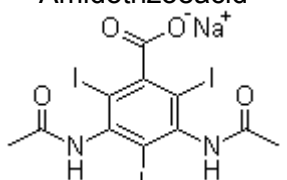
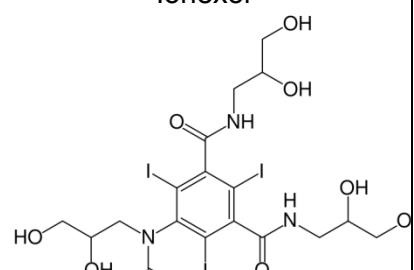
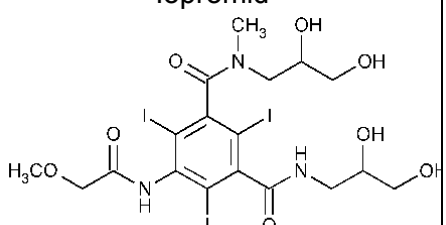
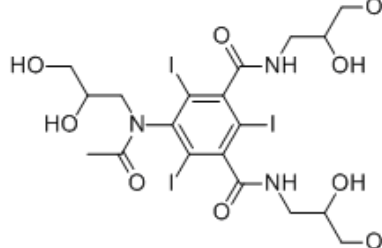
Antibiotika		
ac-sulfadiazin  N₄-acetylsulfadiazine	ac-sulfamethoxazol  N₄-Acetyl-sulfamethoxazol	Amoxicillin 
Azithromycin 	Cefuroxim 	Ciprofloxacin 
Clarithromycin 	Clindamycin 	Erythromycin 
Erythromycin dehydrato	Roxithromycin 	Sulfadiazin 
Sulfamethizol 	Sulfamethoxazol 	Trimethoprim 

Hjerte og kredsløbsmedicin		
Atenolol 	Bisoprolol 	Fenofibrat 
Furosemid 	Metoprolol 	Propranolol 
Sotalol 		

Muskler, Led, Knogler og Centralnervesystemet		
Carbamazepin 	Citalopram 	Diclofenac 
Ibuprofen 	Oxcarbazepin 	Paracetamol 

Phenanzon 	Tramadol 	Venlafaxin 
---	--	--

Cytostatika		
Capecitabin 	Cyclophosphamid 	Ifosfamid 
MTX 		

Kontrastmidler		
Amidotrizoeacid 	Iohexol 	Iopromid 
Ioversol 		

B I L A G F

IUTA - Resultater fra test med skumdæmper på urin

*Bilag F**Resultater fra test med anvendelse af skumdæmper på urinblandprøve.*

IUTA No.	M 100316/18	M 100921/01	M 100921/02
Sample Name	Urine Diluted 20 % March 2010	Urine-no antifoam September 2010	Urine-with added antofiam September 2010
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Azithromycin	27.900	13.980	15.220
Ciprofloxacin	37.400	9.450	10.000
Clarithromycin	25.300	12760	13.340
Clindamycin	10.500	3.350	3690
Erythromycin	8.620	11.420	12.480
Erythromycin dehydrato	1.820	437	517
Furosemid	11.000	4460	4880
Metronidazol	1.760	1.740	1.780
Paracetamol	10.800	2.750	2.830
Sulfamethoxazol	1.130	489	438
Trimethoprim	4.200	2.740	2.960

B I L A G G

IUTA - Analyseresultater for renseteknologier anvendt på urin

Bilag G

IUTA - Analyseresultater for teknologierne "Ozon" og "Ozon og brintperoxid" renseteknologier anvendt på urinblandprøve.

IUTA Number	M 101026/86	M 101026/72	M 101026/73	M 101026/74	M 101026/75	M 101026/76	M 101026/77	M 101026/78	M 101026/79
sample name	Urine, New Untreated	Ozon -035	Ozon -0310	Ozon -0315	Ozon -0320	Ozon / H2O2-5	Ozon / H2O2-15	Ozon / H2O2-25	Ozon / H2O2-40
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Azithromycin	30000	36000	39000	39000	34000	35000	34000	31000	25000
Ciprofloxacin	19000	26000	27000	26000	25000	24000	23000	23000	16000
Clarithromycin	45000	52000	57000	56000	50000	53000	50000	47000	40000
Clindamycin	7000	7300	8100	8000	7100	5600	2900	190	50
Erythromycin	*	51000	56000	54000	42000	42000	38000	32000	18000
Erythromycin dehydrato	340	120	360	440	320	470	490	380	<100
Furosemid	*	8900	9700	8500	7100	7800	9100	10000	5200
Metronidazole	3500	980	720	790	990	2000	1800	1200	1900
Paracetamol	4200	4600	4700	3000	4400	4200	4300	4000	3000
Sulfamethoxazol	1100	1300	1400	1400	1100	1100	980	910	580
Trimethoprim	3200	2700	4300	4500	3900	4000	3900	3700	2700

* due to the high matrix effects the quantification is not possible.

Bilag G - Fortsat IUTA - Analyseresultater for aktiv kul henholdsvis CC- og NR-renseteknologier anvendt på urinblandprøve.

IUTA Number	M 101026/86	M 101026/80	M101026/81	M101026/82	M 101026/83	M 101026/84	M101026/85	M 101026/80
sample name	Urine New Untreated	Aktiv Kul (CC) 1	Aktiv Kul (CC) 5	Aktiv Kul (CC) 10	Aktiv Kul (NR) 1	Aktiv Kul (NR) 5	Aktiv Kul (NR) 10	Aktiv Kul (CC) 1
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Azithromycin	30000	32000	2500	230	38000	2200	170	32000
Ciprofloxacin	19000	14000	230	14	15000	640	180	14000
Clarithromycin	45000	50000	1700	320	56000	2500	240	50000
Clindamycin	7000	7100	830	65	9400	2500	320	7100
Erythromycin	*	27000	12000	1200	40000	3900	820	27000
Erythromycin dehydrato	340	700	280	<100	900	140	<100	700
Furosemid	*	4500	13	<10	6900	1400	13	4500
Metronidazole	3500	1000	71	<10	3500	630	60	1000
Paracetamol	4200	540	110	72	3100	<100	<100	540
Sulfamethoxazol	1100	960	160	59	1500	630	200	960
Trimethoprim	3200	480	<10	<10	2300	75	<10	480

* due to the high matrix effects the quantification is not possible.

B I L A G H

UMEÅ - Analyseresultater for renseteknologier anvendt på urin

UMEA Number	U_1	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21
sample name	Urine, Untreated	Ozon -035	Ozon -0310	Ozon -0315	Ozon -0320	Ozon / H2O2-5	Ozon / H2O2-15	Ozon / H2O2-25	Ozon / H2O2-40
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Alfuzosin	611	5,8	5,6	6,0	2,0	3,8	5,6	6,6	3,4
Alprazolam	310	0,11	0,48	0,52	1,1	1,1	0,36	1,3	0,66
Amiodiarone	1700	98	54	14,6	36	260	20	7,2	12,4
Amitryptiline	910	4,8	n.d.	7,6	8,4	56	6,4	22	152
Atenolol	420	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Atorvastatin	270	7,4	3,2	1,88	n.d.	5,4	n.d.	n.d.	n.d.
Atracurium	71511	10200	9200	16200	36000	32000	4000	13600	9000
Azelastine	420	78	36	40	34	24	32	108	102
Azithromycine	64300	240	158	n.d.	158	280	220	260	220
Biperiden	219	0,68	1,1	n.d.	0,48	0,68	n.d.	n.d.	0,50
Bisoprolol	296	134	15,4	174	8,2	440	54	156	92
Bromocriptin	n.d.	1,2	2,0	2,2	1,1	1,6	0,64	0,74	1,0
Buprenorphine	870	15	11	9,6	8,8	9,2	6,8	5,8	2,4
Bupropion	n.d.	68	11	n.d.	n.d.	8,4	4,2	n.d.	3,2
Carbamazepin	150	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Chloprothixen	569	n.d.	0,44	2,2	3,4	n.d.	0,86	n.d.	2,6
Chlorpromazine	516	5,2	0,98	3,8	4,8	6,0	n.d.	n.d.	n.d.
Cilazapril	700	0,88	0,42	2,2	1,58	2,4	0,84	0,92	1,28
Ciprofloxacin	270000000	14600	10200	5400	3600	3800	9200	20000	22000
Citaprolam	23981	5000	4200	8000	11600	9200	6200	6400	5400
Clarithromycine	15000000	n.d.	1,2	1,1	9,4	10,4	30	1,24	24
Clemastine	282	0,6	0,28	n.d.	0,12	n.d.	0,60	0,22	n.d.
Clindamycine	6700000	32000	30000	28000	24000	14200	8200	1960	1100
Clomipramine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Clonazepam	200	n.d.	3,6	1,8	1,2	7,6	4,4	0,48	1,3
Clotrimazol	130	15	12	3,8	24	9,4	3,4	2,6	4,4
Cyproheptadine	160	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag H - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for teknologierne "Ozon" og "Ozon og brintperoxid" renseteknologier anvendt på urinblandprøve.

UMEA Number	U_1	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21
sample name	Urine, Untreated	Ozon -035	Ozon -0310	Ozon -0315	Ozon -0320	Ozon / H2O2-5	Ozon / H2O2-15	Ozon / H2O2-25	Ozon / H2O2-40
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Desloratidin	1080	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Diclofenac	2300	n.d.	320	200	260	240	620	400	440
Dicycloverin	204	3,4	1,7	n.d.	5,2	n.d.	58	80	58
Dihydroergotamine	n.d.	0,16	0,10	0,11	n.d.	0,26	0,11	0,18	0,10
Diltiazem	559	1,7	n.d.	n.d.	1,1	1,1	n.d.	1,4	n.d.
Diphenhydramine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dipyridamol	261	8,2	14	n.d.	n.d.	5,0	n.d.	11	n.d.
Donepezil	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Duloxetine	1300	94	90	188	194	66	92	720	1280
Eprosartan	510	n.d.	30	34	n.d.	78	16	42	15
Fentanyl	4960	2400	2200	2800	3000	5200	1220	1160	720
Fexofenadine	333	2,8	0,76	3,2	0,74	n.d.	n.d.	1,64	0,86
Finasteride	180	0,58	n.d.	n.d.	0,48	n.d.	0,90	0,58	2,2
Fluconazole	2700000	620000	520000	800000	1400000	1620000	300000	800000	560000
Fluoxetine	800	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Flupetixol	140	5,0	1,8	0,72	n.d.	n.d.	4,0	1,6	0,54
Fluphenazine	229	n.d.	n.d.	0,86	n.d.	n.d.	0,80	n.d.	n.d.
Flutamid	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Glimepiride	78	0,20	0,16	0,26	0,20	0,22	0,24	0,32	0,68
Haloperidol	966	32	26	30	24	30	48	26	15,4
Hydroxyzine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ibuprofen	1700	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ketoconazole	800	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Levomopromazine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Loperamide	440	0,128	0,26	n.d.	n.d.	n.d.	0,6	0,20	n.d.
Maprotilin	608	2,2	n.d.	0,86	0,6	n.d.	48	1,64	14,4
Meclozine	155	3,8	3,2	2,6	3,8	n.d.	7,0	6,0	3,4
Memantin	277	2,4	n.d.	n.d.	0,46	0,78	0,7	1,72	n.d.
Metoprolol	47400	7600	5600	8400	13400	17200	3400	8600	6800
Mianserin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Miconazole	270	2,2	1,1	3,6	4,0	2,4	2,0	1,1	1,8
Naloxon	215	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nefazodon	n.d.	4,0	0,8	0,96	3,0	0,66	1,3	2,2	1,96

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag H - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for teknologierne "Ozon" og "Ozon og brintperoxid" renseteknologier anvendt på urinblandprøve.

UMEA Number	U_1	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21
sample name	Urine, Untreated	Ozon -035	Ozon -0310	Ozon -0315	Ozon -0320	Ozon / H2O2-5	Ozon / H2O2-15	Ozon / H2O2-25	Ozon / H2O2-40
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Ofloxacin	1200	2,2	12	16	13	6,4	6,2	28	30
Orphenadrine	345	0,158	n.d.	n.d.	n.d.	1,36	n.d.	n.d.	n.d.
Oxazepam	860	260	260	260	440	380	560	380	1500
Paroxetin	781	n.d.	1,6	2,6	5,2	1,9	1,1	n.d.	n.d.
Perphenazine	504	1,14	0,48	n.d.	n.d.	n.d.	3,2	1,64	2,4
Pizotifen	252	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,86	n.d.	n.d.	n.d.
Promethazin	1579	50	30	30	13,8	8,2	2,6	n.d.	1,76
Ranitidine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Repaglinide	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Risperidone	792	4,6	n.d.	n.d.	4,0	12	1,56	11,6	3,8
Rosuvastatin	140	6,2	6,8	3,0	9,2	8,8	10,2	7,2	19,8
Roxithromycine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sertraline	600	0,22	n.d.	0,32	0,62	0,70	n.d.	0,58	n.d.
Sotalol	580	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sulfamethoxazol	540000	280000	220000	140000	158000	300000	118000	190000	112000
Tamoxifen	277	6,0	4,4	3,6	18	13	2,2	3,8	9,4
Telmisartan	420	42	n.d.	18	n.d.	n.d.	34	11	18
Terbutalin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tramadol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Trihexyphenidyl	235	0,62	0,88	1,3	4,0	n.d.	6,0	n.d.	0,62
Trimetoprim	650000	11800	10400	8400	8000	7800	9200	9400	9000
Venlavafaxin	120	22	n.d.	20	9,8	9,2	6,8	7,8	n.d.
Verapamil	633	1,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,4
Zoldipem	245	7,2	1,3	3,6	6,8	7,6	5,4	6,8	4,0

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag H - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for aktiv kul henholdsvis CC- og NR-renseteknologier anvendt på urinblandprøve.

UMEÅ Number	U_1	L22	L23	L24	L25	L26	L27
sample name	Urine, Untreated	Aktiv Kul (CC) 1	Aktiv Kul (CC) 5	Aktiv Kul (CC) 10	Aktiv Kul (NR) 1	Aktiv Kul (NR) 5	Aktiv Kul (NR) 10
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Alfuzosin	611	6,8	5,8	2,6	3,8	4,6	10
Alprazolam	310	0,8	1,6	0,86	0,58	2,6	8,6
Amiodiarone	1700	26	3,6	n.d.	3,8	0,58	n.d.
Amitryptiline	910	5,4	1,1	0,48	6,4	5,4	1,12
Atenolol	420	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Atorvastatin	270	1,92	2,6	n.d.	4,8	n.d.	7,8
Atracurium	71511	34000	160	5,6	19200	340	34
Azelastine	420	158	166	64	38	n.d.	128
Azithromycine	64300	700	154	14	240	118	7,8
Biperiden	219	1,3	0,24	n.d.	n.d.	n.d.	0,12
Bisoprolol	296	130	4,2	0,9	90	2,4	3,2
Bromocriptin	n.d.	4,0	5,4	3,0	1,360	10,60	7,0
Buprenorphine	870	12,6	7,6	1,5	6,4	1,62	3,0
Bupropion	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Carbamazepin	150	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Chloprothixen	569	n.d.	0,26	n.d.	n.d.	0,64	1,2
Chlorpromazine	516	4,2	n.d.	n.d.	0,72	0,86	n.d.
Cilazapril	700	2,2	1,8	0,13	0,98	1,68	1,78
Ciprofloxacin	270000000	48000	12800	6400	15000	n.d.	28000
Citaprolam	23981	4000	100	6,2	2800	60	22
Clarithromycine	15000000	5,4	7,6	0,46	2,8	1,2	2,4
Clemastine	282	0,11	n.d.	n.d.	n.d.	0,11	n.d.
Clindamycine	6700000	120000	26000	4000	40000	n.d.	15400
Clomipramine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Clonazepam	200	22	19	22	17	13	128
Clotrimazol	130	18	1,6	0,38	1,74	0,70	1,6
Cyproheptadine	160	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag H - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for aktiv kul henholdsvis CC- og NR-renseteknologier anvendt på urinblandprøve.

UMEÅ Number	U_1	L22	L23	L24	L25	L26	L27
sample name	Urine, Untreated	Aktiv Kul (CC) 1	Aktiv Kul (CC) 5	Aktiv Kul (CC) 10	Aktiv Kul (NR) 1	Aktiv Kul (NR) 5	Aktiv Kul (NR) 10
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Desloratidin	1080	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Diclofenac	2300	620	200	14,4	1040	900	460
Dicycloverin	204	6,6	2,6	0,28	12	36	5,4
Dihydroergotamine	n.d.	0,24	0,92	n.d.	0,18	0,28	0,38
Diltiazem	559	n.d.	0,52	n.d.	0,36	0,32	0,30
Diphenhydramine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dipyridamol	261	6,0	70	n.d.	6,0	n.d.	44
Donepezil	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Duloxetine	1300	220	198	220	58	n.d.	122
Eprosartan	510	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fentanyl	4960	4000	24	1,8	940	42	3,6
Fexofenadine	333	n.d.	0,3	0,2	n.d.	0,174	0,18
Finasteride	180	0,30	n.d.	n.d.	0,36	n.d.	n.d.
Fluconazole	2700000	2400000	32000	1340	2000000	480000	26000
Fluoxetine	800	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Flupetixol	140	0,46	0,34	0,34	0,5	0,34	0,68
Fluphenazine	229	0,68	0,32	n.d.	n.d.	1,8	0,34
Flutamid	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Glimepiride	78	n.d.	n.d.	n.d.	0,3	0,24	0,122
Haloperidol	966	n.d.	0,72	0,66	3,8	0,4	1,64
Hydroxyzine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ibuprofen	1700	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ketoconazole	800	5,6	2,0	n.d.	2,6	n.d.	n.d.
Levomopromazine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Loperamide	440	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,22	n.d.
Maprotilin	608	0,48	4,4	0,6	0,78	1,0	1,4
Meclozine	155	3,0	2,8	0,42	3,4	7,2	0,90
Memantin	277	0,42	n.d.	0,0126	n.d.	n.d.	n.d.
Metoprolol	47400	6000	56	1,36	12400	260	13,8
Mianserin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Miconazole	270	7,0	40	5,2	7,2	34	30
Naloxon	215	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nefazodon	n.d.	2,6	0,4	n.d.	1,6	0,70	0,70

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag H - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for aktiv kul henholdsvis CC- og NR-renseteknologier anvendt på urinblandingprøve.

UMEÅ Number	U_1	L22	L23	L24	L25	L26	L27
sample name	Urine, Untreated	Aktiv Kul (CC) 1	Aktiv Kul (CC) 5	Aktiv Kul (CC) 10	Aktiv Kul (NR) 1	Aktiv Kul (NR) 5	Aktiv Kul (NR) 10
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Ofloxacin	1200	28	15	3,2	5,8	n.d.	6,6
Orphenadrine	345	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Oxazepam	860	138	280	260	660	740	600
Paroxetin	781	2,8	2,4	n.d.	6,6	2,4	0,94
Perphenazine	504	n.d.	n.d.	n.d.	1,74	2,2	0,6
Pizotifen	252	1,52	n.d.	n.d.	1,18	0,44	n.d.
Promethazin	1579	5,0	1,94	3,4	3,0	4,2	2,4
Ranitidine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Repaglinide	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Risperidone	792	16,4	5,4	0,48	2,6	2,8	1,7
Rosuvastatin	140	3,6	5,0	1,34	5,6	24	3,0
Roxithromycine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sertraline	600	0,4	0,12	0,16	1,5	0,60	n.d.
Sotalol	580	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sulfamethoxazol	540000	560000	19800	4200	500000	170000	38000
Tamoxifen	277	2,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Telmisartan	420	18	n.d.	2,4	24	11,20	2,6
Terbutalin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tramadol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Trihexyphenidyl	235	0,72	0,34	n.d.	0,70	0,60	0,46
Trimetoprim	650000	7400	1980	180	9200	4200	1320
Venlafaxin	120	44	38	n.d.	22	66	44
Verapamil	633	n.d.	12	1,1	5,2	n.d.	n.d.
Zoldipem	245	22	n.d.	n.d.	8,2	5,6	2,6

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

B I L A G I

UMEÅ - Analyseresultater på urin med klordioxid som efterpoleringsteknologi

	U_0h	U_18h
	Untreated	CIO2 18 h
Name	µg/L	µg/L
Alfuzosin	0,61	< LOQ
Alprazolam	0,31	0,032
Amiodiarone	1,7	< LOQ
Amitryptiline	0,91	< LOQ
Atenolol	0,42	0,16
Atorvastatin	0,27	< LOQ
Atracurium	72	45
Azelastine	0,42	0,036
Azithromycine	64	1,4
Beclomethasone	1,6	0,23
Bezafibrate	< LOQ	< LOQ
Biperiden	0,22	< LOQ
Bisoprolol	0,30	< LOQ
Bromocriptin	< LOQ	< LOQ
Budenoside	0,55	0,082
Buprenorphine	0,87	0,28
Bupropion	< LOQ	< LOQ
Carbamazepin	0,15	0,069
Chlorpromazine	0,52	< LOQ
Chloprothixen	0,57	< LOQ
Cilazapril	0,70	0,036
Ciprofloxacin	270000	< LOQ
Citaprolam	24	29
Clarithromycine	15000	90,0
Clemastine	0,28	< LOQ
Clindamycine	6700	0,75
Clomipramine	< LOQ	< LOQ
Clonazepam	0,20	0,050
Clotrimazol	0,13	0,021
Codeine	0,58	0,17
Cyproheptadine	0,16	< LOQ
Desloratidin	1,1	< LOQ
Diclofenac	2,3	0,30
Dicycloverin	0,20	< LOQ
Dihydroergotamine	< LOQ	< LOQ
Diltiazem	0,56	0,102
Diphenhydramine	< LOQ	< LOQ
Dipyridamol	0,26	0,051
Donepezil	< LOQ	< LOQ
Duloxetine	1,3	< LOQ
Eprosartan	0,51	0,20
Ezetimibe	0,40	< LOQ
Fenantyl	5,0	2,2
Fexofenadine	0,33	0,031
Finasteride	0,18	< LOQ
Fluconazole	2700	1210
Fluoxetine	0,80	< LOQ
Flupetixol	0,14	< LOQ

< LOQ = < 0.001 µg/L.

Bilag I - Fortsat UMEA - Analyseresultater på urinblandprøve med chlordioxid som efterpoleringsteknologi.

	U_0h	U_18h
	Untreated	CIO2 18 h
Fluphenazine	0,23	< LOQ
Flutamid	< LOQ	< LOQ
Fulvestrant	0,34	0,30
Glimepiride	0,078	< LOQ
Haloperidol	0,97	0,19
Hydroxyzine	< LOQ	< LOQ
Ibersartan	1,7	< LOQ
Ketoconazole	0,80	0,092
Levomepromazine	< LOQ	< LOQ
Loperamide	0,44	< LOQ
Maprotilin	0,61	< LOQ
Meclozine	0,15	< LOQ
Memantin	0,28	0,044
Metoprolol	47	11
Mianserin	< LOQ	< LOQ
Miconazole	0,27	< LOQ
Mirtazapin	0,64	< LOQ
Naloxon	0,21	0,85
Nefazodon	< LOQ	< LOQ
Ofloxacin	1,2	1,3
Orphenadrine	0,35	< LOQ
Oxazepam	0,86	67
Paroxetin	0,78	< LOQ
Perphenazine	0,50	0,075
Pizotifen	0,25	< LOQ
Promethazin	1,6	< LOQ
Ranitidine	< LOQ	< LOQ
Repaglinide	< LOQ	< LOQ
Risperidone	0,79	< LOQ
Rosuvastatin	0,14	0,086
Roxithromycine	< LOQ	< LOQ
Sertraline	0,60	< LOQ
Sotalol	0,58	0,35
Sulfamethoxazol	540	338
Tamoxifen	0,28	< LOQ
Telmisartan	0,42	< LOQ
Terbutalin	< LOQ	< LOQ
Tramadol	< LOQ	< LOQ
Trihexyphenidyl	0,24	< LOQ
Trimetoprim	650	2,2
Venlavafaxin	0,12	< LOQ
Verapamil	0,63	0,024
Zoldipem	0,24	< LOQ
Zuclopenthixol	1,4	< LOQ

< LOQ = < 0.001 µg/L.

B I L A G J

IUTA - Analyseresultater for lægemiddelstoffer i ind- og udløb fra MBR-anlæg

Bilag J Liste over stoffer, som indgår i IUTA's screeningsprogram, og som er analyseret på hospitalsspildevand i ind- og udløb fra MBR-anlægget.

sample name	Thursday morning inlet	Thursday morning outlet	Degradation [%]	Thursday afternoon inlet	Thursday afternoon outlet	Degradation [%]	Friday morning inlet	Friday morning outlet	Degradation [%]
	[ng/L]			[ng/L]			[ng/L]		
Acetylsalicyl	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
ac-sulfadiazin	110	30	73	130	38	71	150	45	70
ac-sulfamerazin	< 5	< 5		< 5	< 5		< 5	< 5	
ac-sulfamethazin	< 5	< 5		< 5	< 5		< 5	< 5	
ac-sulfamethoxazol	63	43	32	59	32	46	79	50	37
Amoxicillin	33	1	97	37	1	97	43	1	98
Atenolol	170	50	71	180	57	68	250	73	71
Azithromycin	1600	590	63	1900	700	63	2500	770	69
Bendroflumethiazid	< 25	< 25		< 25	< 25		< 25	< 25	
Bezafibrat	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
Bisoprolol	30	13	57	27	9	65	32	20	38
Capecitabin	45	10	78	41	12	71	40	11	73
Carbamazepin	2300	2600		2500	2200	12	3200	3100	3
Cefuroxim	210	52	75	200	52	74	150	44	71
Chloramphenicol	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
Ciprofloxacin	6000	4900	18	6400	3300	48	7600	4500	41
Citalopram	300	320		300	300		400	340	15
Clarithromycin	1300	470	64	1400	540	61	1800	590	67
Clindamycin	31	99		27	80		24	110	
Clofribic acid	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
Cyclophosphamid	14	12	14	12	11	8	16	14	13
Diclofenac	170	91	46	150	130	13	130	130	
Erythromycin	330	230	30	370	220	41	520	310	40
Erythromycin dehydrato	610	460	25	660	420	36	840	570	32

* due to the high matrix effects the quantification is not possible.

Bilag J - Fortsat Liste over stoffer, som indgår i IUTA's screeningsprogram, og som er analyseret på hospitalsspildevand i ind- og udløb fra MBR-anlægget.

sample name	Thursday morning inlet	Thursday morning outlet	Degradation [%]	Thursday afternoon inlet	Thursday afternoon outlet	Degradation [%]	Friday morning inlet	Friday morning outlet	Degradation [%]
	[ng/L]			[ng/L]			[ng/L]		
Fenofibrat	31	22	29	28	< 12.5	> 55	< 12.5	< 12.5	
Fenofibrinsäure	< 5	< 5		< 5	< 5		< 5	< 5	
Furosemid	4400	5000		4600	5000		6100	5000	18
Gemcitabin	< 5	< 5		< 5	< 5		< 5	< 5	
Ibuprofen	2400	1	> 99	2200	1	> 99	1900	1	> 99
Ifosfamid	62	69		70	62	11	91	94	
Ketoprofen	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
Megastrol	< 5	< 5		< 5	< 5		< 5	< 5	
Metoprolol	3700	2500	32	3600	2100	42	2900	2800	3
Metronidazol	< 125	< 125		< 125	< 125		< 125	< 125	
MTX	290	1	> 99	310	1	> 99	190	1	99
Naproxen	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
Ofloxacin	< 5	< 5		< 5	< 5		< 5	< 5	
Oxcarbazepin	300	1	> 99	380	2	99	450	1	> 99
Paracetamol	26000	1	> 99	23000	1	> 99	32000	1	> 99
Phenanzon	84	110		83	86		89	120	
Propranolol	260	220	15	280	190	32	360	270	25
Propylphenanzon	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
Roxithromycin	130	110	15	130	110	15	160	130	19

* due to the high matrix effects the quantification is not possible.

Bilag J - Fortsat Liste over stoffer, som indgår i IUTA's screeningsprogram, og som er analyseret på hospitalsspildevand i ind- og udløb fra MBR-anlægget.

sample name	Thursday morning inlet	Thursday morning outlet	Degradation [%]	Thursday afternoon inlet	Thursday afternoon outlet	Degradation [%]	Friday morning inlet	Friday morning outlet	Degradation [%]
	[ng/L]			[ng/L]			[ng/L]		
Simvastatin	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
Sotalol	16	19		17	17		28	28	
Sulfadiazin	620	7	99	630	12	98	380	7	98
Sulfamethazin	< 10	< 10		< 10	< 10		< 10	< 10	
Sulfamethizol	1500	11	99	1500	15	99	1600	17	99
Sulfamethoxazol	12000	270	98	12000	320	97	16000	450	97
Tamoxifen	< 5	< 5		< 5	< 5		< 5	< 5	
Tramadol	1500	1400	7	1800	1300	28	2000	2000	
Trimethoprim	3800	3700	3	4100	3300	20	4900	4000	18
Venlafaxin	470	510		540	390	28	670	590	12
17- α -Estradiol	23	< 1	> 96	12	< 1	> 92	20	6	70
Estron	< 1	< 1		< 1	< 1		< 1	< 1	
17- β Estradiol	< 1	< 1		9	< 1	> 89	7	< 1	> 86
17- α -Ethinyl-Estradiol	< 5	< 5		< 5	< 5		< 5	< 5	
Estriol	*	7		*	10		*	8	
Amidotrizoeacid	47000	39000	17	22000	22000		30000	41000	
Iohexol	640000	340000	47	400000	430000		540000	390000	28
Iomeprol	< 50	12000		< 50	< 50		< 50	< 50	
Iopamidol	< 50	< 50		< 50	< 50		< 50	< 50	
Iopromid	750000	470000	37	530000	660000		870000	490000	44
Ioversol	450000	290000	36	290000	340000		430000	340000	21

* due to the high matrix effects the quantification is not possible.

B I L A G K

***IUTA - Analyseresultater for MBR-behandlet
hospitalsspildevand med ozon, ozon og brintperoxcid
samt aktiv kul efterpoleringsteknologier***

IUTA Number		M 100921/17	M 100921 / 03	M 100921 / 04	M 100921 / 05	M 100921 / 06	M 100921 / 07	M 100921 / 08	M 100921 / 09	M 100921 / 10
ATC-Kode	sample name	IUTA, Bi-oBoaster, outlet, No Treatment. 2010.09.10	03 H2o2 -5 2010.09.17	03 H2o2 -15 2010.09.17	03 H2o2 -25 2010.09.17	03 H2o2 -40 2010.09.17	03 -03 2010.09.07	03 -06 2010.09.07	03 -10 2010.09.07	03 -20 2010.09.07
		[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
-	ac-sulfadiazin	80	55	16	< 5	< 5	47	48	< 5	< 5
-	ac-sulfamethoxazol	1100	1900	990	270	66	3400	2500	780	67
J01CA04	Amoxicillin	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
C07AB03	Atenolol	1500	250	27	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
J01FA10	Azithromycin	1100	37	< 5	< 5	< 5	300	27	< 5	< 5
C07AB07	Bisoprolol	34	11	8,7	< 5	< 5	19	7,8	7,9	6,3
L01BC06	Capecitabin	16	< 10	< 10	< 10	< 10	24	14		< 10
N03AF01	Carbamazepin	2200	14	< 5	< 5	< 5	2300	830	< 5	< 5
J01DC02	Cefuroxim	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
J01MA02	Ciprofloxacin	4800	1400	230	240	200	4500	3700	650	250
N06AB04	Citalopram	750	36	< 5	< 5	< 5	560	120	45	27
A02BD06	Clarithromycin	920	30	5,3	< 5	< 5	410	64	51	12
D10AF01	Clindamycin	130	< 5	< 5	< 5	< 5	94	< 5	16	< 5
L01AA01	Cyclophosphamid	19	6,6	< 5	< 5	< 5	18	16	9,7	< 5
M01AB05	Diclofenac	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	180	120	51	< 25
D10AF02	Erythromycin	540	< 20	< 20	< 20	< 20	20	< 20	< 20	< 20
-	Erythromycin dehydrato	780	< 20	< 20	< 20	< 20	62	< 20	< 20	< 20
C10AB05	Fenofibrat	13	< 12.5	< 12.5	< 12.5	< 12.5	< 12.5	< 12.5	< 12.5	< 12.5
C03CA01	Furosemid	80	55	16	< 5	< 5	47	48	< 5	< 5

Bilag K - Fortsat IUTA - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med "Ozon" og "Ozon og brintperoxid" som efterpoleringsteknologi.

IUTA Number		M 100921/17	M 100921 / 03	M 100921 / 04	M 100921 / 05	M 100921 / 06	M 100921 / 07	M 100921 / 08	M 100921 / 09	M 100921 / 10
ATC-Kode	sample name	IUTA, Bi-oBoaster, outlet, No Treatment. 2010.09.10	03 H2o2 -5 2010.09.17	03 H2o2 -15 2010.09.17	03 H2o2 -25 2010.09.17	03 H2o2 -40 2010.09.17	03 -03 2010.09.07	03 -06 2010.09.07	03 -10 2010.09.07	03 -20 2010.09.07
		[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	
M01AE01	Ibuprofen	5400	30	< 25	< 25	< 25	5300	160	< 25	< 25
L01AA06	Ifosfamid	1100	550	50	< 1	< 1	730	650	190	12
C07AB02	Metoprolol	120	14	< 5	< 5	< 5	79	83	35	8,6
L04AX03	MTX	1200	440	20	< 5	< 5	1200	1000	31	17
N03AF02	Oxcarbazepin	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
N02BE01	Paracetamol	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
N02BB01	Phenazon	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
07AA05	Propranolol	190	< 10	< 10	< 10	< 10	150	120	< 10	< 10
J01FA06	Roxithromycin	300	< 10	< 10	< 10	< 10	350	140	< 10	< 10
C07AA07	Sotalol	180	6,1	< 5	< 5	< 5	57	20	16	7,9
J01EC02	Sulfadiazin	300	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
J01EB02	Sulfamethizol	23	54	24	7,6	< 5	18	19	6,1	< 5
J01EE01	Sulfamethoxazol	45	290	270	190	77	92	82	71	46
N02AX02	Tramadol	680	1600	970	430	170	1300	1100	510	190
J01EA01	Trimethoprim	1200	390	7,9	< 5	< 5	1500	1200	38	22
N06AX16	Venlafaxin	3200	37	< 5	< 5	< 5	2400	600	24	9,5
V08AA01	Amidotrizoeacid	550	140	8,3	< 5	< 5	620	330	19	8,7
V08AB02	Iohexol	65.500	41.000	35.000	29.000	29.000	48.000	45.000	49.000	39.000
V08AB05	Iopromid	550.000	500.000	130.000	50.000	29.000	830.000	1.000.000	620.000	110.000
V08AB07	Ioversol	1.000.000	560.000	140.000	54.000	16.000	1.000.000	730.000	660.000	53.000

Bilag K - Fortsat IUTA - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med aktiv kul (CC og NR) som efterpoleringsteknologi.

IUTA Number		M 100921/17	M 100921 / 11	M 100921 / 13	M 100921 / 15	M 100921 / 12	M 100921 / 14	M 100921 / 16
ATC-Kode	sample name	IUTA, BioBoaster, outlet, No Treatment. 2010.09.10	CC150	CC300	CC450	NR150	NR300	NR450
		[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
-	ac-sulfadiazin	80	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
-	ac-sulfamethoxazol	1100	< 5	< 5	< 5	37	5,5	< 5
J01CA04	Amoxicillin	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
C07AB03	Atenolol	1500	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
J01FA10	Azithromycin	1100	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
C07AB07	Bisoprolol	34	< 5	< 5	6	< 5	< 5	< 5
L01BC06	Capecitabin	16	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
N03AF01	Carbamazepin	2200	< 5	< 5	5,8	8,8	< 5	< 5
J01DC02	Cefuroxim	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
J01MA02	Ciprofloxacin	4800	36	< 5	< 5	30	< 5	< 5
N06AB04	Citalopram	750	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
A02BD06	Clarithromycin	920	< 5	< 5	< 5	5,6	< 5	< 5
D10AF01	Clindamycin	130	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
L01AA01	Cyclophosphamid	19	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
M01AB05	Diclofenac	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
D10AF02	Erythromycin	540	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
-	Erythromycin dehydrato	780	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
C10AB05	Fenofibrat	13	< 12.5	< 12.5	< 12.5	< 12.5	< 12.5	< 12.5
C03CA01	Furosemid	5400	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25

Bilag K - Fortsat IUTA - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med aktiv kul (CC og NR) som efterpoleringsteknologi.

IUTA Number		M 100921/17	M 100921 / 11	M 100921 / 13	M 100921 / 15	M 100921 / 12	M 100921 / 14	M 100921 / 16
ATC-Kode	sample name	IUTA, BioBoaster, outlet, No Treatment. 2010.09.10	CC150	CC300	CC450	NR150	NR300	NR450
		[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
M01AE01	Ibuprofen	1100	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
L01AA06	Ifosfamid	120	< 5	< 5	< 5	6,2	< 5	< 5
C07AB02	Metoprolol	1200	< 5	< 5	8,7	< 5	< 5	< 5
L04AX03	MTX	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
N03AF02	Oxcarbazepin	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
N02BE01	Paracetamol	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
N02BB01	Phenazon	190	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
07AA05	Propranolol	300	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
J01FA06	Roxithromycin	180	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
C07AA07	Sotalol	300	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
J01EC02	Sulfadiazin	23	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
J01EB02	Sulfamethizol	45	16	< 10	< 10	14	< 10	< 10
J01EE01	Sulfamethoxazol	680	200	19	< 10	170	13	< 10
N02AX02	Tramadol	1200	< 5	< 5	5,3	25	< 5	< 5
J01EA01	Trimethoprim	3200	11	< 5	< 5	12	< 5	< 5
N06AX16	Venlafaxin	550	< 5	< 5	< 5	16	< 5	< 5
V08AA01	Amidotrizoeacid	65.500	15.000	680	210	35.000	10.000	1.300
V08AB02	Iohexol	550.000	51.000	2.000	520	200.000	34.000	5.100
V08AB05	Iopromid	1.000.000	12.000	480	140	100.000	5.400	980
V08AB07	Ioversol	330.000	16.000	1.200	310	190.000	21.000	3.500

Bilag K Fortsat IUTA - Analyse for AOX og AOI i MBR-behandlet hospitalsspildevand med anvendelse af "Ozon" og "Ozon og brintperoxid" som efterpoleringsteknologi.

IUTA Number	M 100921/17	M 100921 / 03	M 100921 / 04	M 100921 / 05	M 100921 / 06	M 100921 / 07	M 100921 / 08	M 100921 / 09	M 100921 / 10
sample name	IUTA, BioBoaster, outlet, No Treatment. 2010.09.10	03 H2o2 -5 2010.09.17	03 H2o2 -15 2010.09.17	03 H2o2 -25 2010.09.17	03 H2o2 -40 2010.09.17	03 -03 2010.09.07	03 -06 2010.09.07	03 -10 2010.09.07	03 -20 2010.09.07
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
AOX	not enough sample amount	not enough sample amount	0,32	0,22	0,17	0,38	0,3	0,26	0,24
AOI	not enough sample amount	not enough sample amount	0,15	0,16	0,084	0,17	0,16	0,18	0,16

Bilag K - Fortsat -IUTA - Analyse for AOX og AOI i MBR-behandlet hospitalsspildevand med anvendelse af aktiv kul (CC og NR) som efterpoleringsteknologi.

IUTA Number	M 100921/17	M 100921 / 11	M 100921 / 13	M 100921 / 15	M 100921 / 12	M 100921 / 14	M 100921 / 16
Sample name	IUTA, BioBoaster, outlet, No Treatment. 2010.09.10	CC150	CC300	CC450	NR150	NR300	NR450
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
AOX	not enough sample amount	< 0,05	< 0,05	< 0,05	not enough sample amount	< 0,05	< 0,05
AOI	not enough sample amount	< 0,05	< 0,05	< 0,05	not enough sample amount	< 0,05	< 0,05

B I L A G L

UMEÅ - Analyseresultater for lægemiddelstoffer i ind- og udløb fra MBR-anlæg

Lægemiddelstof	Lund_1	Lund_2	Lund_3	Lund_4	Lund_5	Lund_6
	Torsdag morgen	Torsdag ef- termiddag	Fredag morgen	Torsdag morgen	Torsdag ef- termiddag	Fredag morgen
	INDLØB	INDLØB	INDLØB	UDLØB	UDLØB	UDLØB
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Alfuzosin	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003
Alprazolam	0,003	0,004	0,003	0,004	< LOQ	0,001
Amiodiarone	0,031	0,038	0,051	0,020	0,012	0,031
Amitryptiline	0,042	0,026	0,037	0,032	0,012	0,025
Atenolol	0,062	0,049	0,048	0,10	0,011	0,069
Atorvastatin	0,057	0,019	0,058	0,043	0,021	0,037
Atracurium	0,031	0,021	0,026	0,013	0,015	0,020
Azelastine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Azithromycine	0,39	0,39	0,26	1,0	1,1	0,66
Beclomethasone	0,006	< LOQ	0,014	< LOQ	0,010	0,008
Bezafibrate	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Biperiden	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Bisoprolol	0,022	0,014	0,018	0,017	0,015	0,024
Bromocriptin	< LOQ	0,007	0,007	< LOQ	< LOQ	0,006
Budenosid	0,004	0,007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Buprenorphin	0,028	0,022	0,025	0,004	0,002	0,001
Bupropion	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Carbamazepine	1,9	1,2	1,5	1,9	1,4	2,4
Chloprothixen	< LOQ	< LOQ	0,0013	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Chlorpromazine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Cilazapril	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ciprofloxacin	231	163	192	72	112	137
Citaprolam	0,22	0,19	0,19	0,13	0,16	0,23
Clarithromycine	2,1	0,79	2,3	1,3	1,1	1,0
Clemastine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,006
Clindamycine	0,052	0,036	0,037	0,22	0,14	0,25
Clomipramine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Clonazepam	0,006	< LOQ	0,006	0,002	0,002	0,003
Clotrimazol	0,006	0,003	0,004	< LOQ	0,002	0,001
Codeine	3,6	2,4	2,6	2,5	2,2	3,3
Cyproheptadine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Desloratidin	0,007	0,007	0,004	0,006	0,006	0,007
Diclofenac	0,24	0,20	0,18	0,060	0,035	0,065
Dicycloverin	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Dihydroergotamine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Diltiazem	0,056	0,043	0,043	0,017	0,022	0,029
Diphenhydramine	0,006	0,005	0,005	0,003	0,003	0,004
Dipyridamol	30	21	26	0,049	0,008	0,010
Donepezil	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Duloxetine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Eprosartan	3,4	1,1	2,8	3,7	2,2	3,9
Ezetimibe	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,005	0,009	0,002
Fenantyl	0,005	0,002	0,004	0,004	0,005	0,005
Fexofenadine	3,34	1,42	2,44	3,74	3,08	4,31
Finasteride	0,002	0,002	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,002
Finasteride	0,002	0,002	< LOQ	< LOQ	0,003	0,003
Fluconazole	16	10	12	12	11	16

Bilag L - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for lægemiddelstoffer målt i ind- og udløb fra MBR-anlæg.

Lægemiddelstof	Lund_1	Lund_2	Lund_3	Lund_4	Lund_5	Lund_6
	Torsdag morgen	Torsdag eftermiddag	Fredag morgen	Torsdag morgen	Torsdag eftermiddag	Fredag morgen
	INDLØB	INDLØB	INDLØB	UDLØB	UDLØB	UDLØB
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Fluoxetin	0,017	0,008	0,015	0,028	0,025	0,028
Flupetixol	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Fluphenazine	< LOQ	0,001	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Flutamide	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Fulvestrant	0,005	0,004	0,005	< LOQ	0,004	0,006
Glimepiride	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Haloperidol	0,005	0,005	0,004	< LOQ	0,001	0,004
Hydroxyzine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ibuprofen	0,53	0,23	0,44	0,61	0,37	0,53
Ketoconazole	0,004	0,004	0,011	0,005	< LOQ	0,023
Levomepromazine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Loperamide	< LOQ	< LOQ	0,001	0,003	< LOQ	0,008
Maprotilin	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Meclozine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Memantin	< LOQ	< LOQ	0,006	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Metoprolol	1,8	1,2	1,4	1,9	1,5	2,1
Mianserin	0,007	0,004	0,006	< LOQ	0,003	0,004
Miconazole	0,015	0,015	0,015	0,010	0,007	0,017
Mirtazapin	0,041	0,031	0,033	0,019	0,024	0,032
Naloxon	0,010	0,008	< LOQ	0,003	0,004	0,005
Nefazodon	< LOQ	< LOQ	0,001	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ofloxacin	0,28	0,10	0,037	0,30	0,037	0,089
Orphenadrine	0,12	0,065	0,079	0,089	0,046	0,060
Oxazepam	0,44	0,25	0,24	0,46	0,33	0,57
Paroxetin	0,021	0,017	0,02	0,00	0,01	0,01
Perphenazine	0,002	0,003	0,002	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Pizotifen	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Promethazin	0,005	0,003	0,004	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Ranitidine	0,029	0,030	0,019	< LOQ	< LOQ	0,001
Repaglinide	0,002	0,003	0,004	< LOQ	< LOQ	0,002
Risperidone	< LOQ	0,002	0,002	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Rosuvastatin	0,73	0,30	0,54	0,33	0,31	0,65
Roxithromycine	0,069	0,033	0,045	0,037	0,030	0,053
Sertraline	0,015	0,015	0,015	0,013	0,005	0,007
Sotalol	0,006	0,006	0,020	0,010	0,009	0,013
Sulfamethoxazol	44	27	31	6,1	0,94	2,9
Tamoxifen	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Telmisartan	0,44	0,22	0,44	0,22	0,35	0,71
Terbutalin	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,001	< LOQ	0,001
Tramadol	2,0	1,3	1,7	1,4	1,1	1,7
Trihexyphenidyl	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Trimetoprim	5,8	3,9	4,4	4,2	3,6	5,3
Venlafaxin	0,29	0,20	0,21	0,23	0,20	0,29
Verapamil	0,003	0,005	0,005	0,002	0,001	0,002
Zoldipem	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,006
Zuclopenthixol	0,005	< LOQ	0,001	< LOQ	< LOQ	< LOQ

B I L A G M

***UMEÅ - Analyseresultater for MBR-behandlet
hospitalsspildevand med ozon, ozon og brintperoxcid
samt aktiv kul efterpoleringsteknologier***

Navn		L4	L7	L8	L5	L3	L1	L12
	Untreated	Ozon 3	Ozon 6	Ozon 10	Ozon + H2O2 - 5	Ozon + H2O2 - 15	Ozon + H2O2 - 25	Ozon + H2O2 - 40
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Alfuzosin	3,3	0,18	0,52	0,10	n.d.	n.d.	n.d.	0,20
Alprazolam	3,3	0,20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Amiodiarone	18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,14	n.d.
Amitryptiline	35	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Atenolol	73	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Atorvastatin	20	n.d.	1,3	n.d.	n.d.	n.d.	7,6	0,78
Atracurium	19	1,16	0,46	0,42	n.d.	0,10	n.d.	0,26
Azelastine	n.d.	0,17	0,13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Azithromycine	570	24	5,8	26	46	6,0	6,4	5,0
Biperiden	n.d.	0,74	0,88	0,7	2,4	1,5	2	3,2
Bisoprolol	20	1,8	0,84	0,58	0,52	0,15	n.d.	0,54
Bromocriptin	n.d.	0,66	1,5	n.d.	n.d.	0,96	n.d.	n.d.
Buprenorphin	2,4	20	6,4	6,2	16	4,6	n.d.	9,4
Bupropion	n.d.	0,18	1,8	0,12	1,7	0,76	4	4,0
Carbamazepine	2400	260	74	1,9	3,0	0,56	0,84	1,1
Chloprothixen	n.d.	1,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Chlorpromazine	n.d.	n.d.	n.d.	0,28	n.d.	n.d.	0,19	n.d.
Cilazapril	n.d.	54	n.d.	n.d.	n.d.	11	7,6	n.d.
Ciprofloxacin	65900	1520	1020	34	240	56	24	20
Citaprolam	220	44	13	7,4	8,8	0,84	11	15,8
Clarithromycine	590	240	32	18	15	5,6	3,2	7,2
Clemastine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,26	n.d.
Clindamycine	230	16	0,76	2,2	1,1	0,48	n.d.	n.d.
Clomipramine	n.d.	0,90	0,68	0,19	3,0	0,24	34	3,0
Clonazepam	5,1	2,4	2,8	1,6	0,84	n.d.	0,34	0,82
Clotrimazol	2,1	3,8	n.d.	1,5	0,58	4,0	n.d.	0,86
Cyproheptadine	n.d.	n.d.	0,46	n.d.	n.d.	n.d.	0,12	n.d.
Desloratidin	9,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Diclofenac	150	30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,56	2

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag M - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med "Ozon" og "Ozon og brintperoxid" som efterpoleringsteknologi.

Navn		L4	L7	L8	L5	L3	L1	L12
	Untreated	0zon 3	0zon 6	0zon 10	0zon + H2O2 - 5	0zon + H2O2 - 15	0zon + H2O2 - 25	0zon + H2O2 - 40
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Dicycloverin	n.d.	6600	1960	n.d.	1720	n.d.	1800	n.d.
Dihydroergotamine	n.d.	0,086	0,13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Diltiazem	27	0,98	0,86	2,2	1,7	1,6	0,82	5,2
Diphenhydramine	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dipyridamol	5,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Donepezil	n.d.	0,15	0,42	0,1	n.d.	n.d.	0,12	0,078
Duloxetine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Eprosartan	2600	240	4,4	1,5	1,6	1,42	n.d.	6,6
Fenantyl	7,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fexofenadine	4530	740	112	8,6	76	4,0	20	15
Finasteride	4,9	0,86	2,0	2,6	n.d.	2,2	0,36	1,7
Fluconazole	16200	7800	4800	2400	5000	3000	880	460
Fluoxetine	30	0,186	0,5	n.d.	n.d.	1,0	2,2	0,40
Flupetixol	n.d.	0,186	n.d.	0,48	0,34	0,6	n.d.	n.d.
Fluphenazine	2,2	0,6	n.d.	n.d.	0,28	n.d.	n.d.	n.d.
Flutamide	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Glimepiride	n.d.	0,11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Haloperidol	3,7	0,74	0,82	0,68	0,82	1,1	0,36	1,4
Hydroxyzine	n.d.	0,82	1,8	0,19	2,0	0,82	8,0	4,2
Ibuprofen	580	46	20	5,2	11,8	2,2	0,20	0,34
Ketoconazole	9,5	8,0	5,6	2,2	n.d.	0,11	n.d.	n.d.
Levomopromazine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,094	0,15	n.d.
Loperamide	3,3	2,4	5,6	1,3	n.d.	2,8	150	32
Maprotilin	n.d.	0,46	0,68	n.d.	3,6	n.d.	28	6,6
Meclozine	n.d.	0,11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Memantin	9,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Metoprolol	2100	340	240	6,0	128	5,2	1,96	2,4
Mianserin	3	0,18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,022	n.d.
Miconazole	18	n.d.	n.d.	0,28	0,17	n.d.	0,11	0,3

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag M - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med "Ozon" og "Ozon og brintperoxid" som efterpoleringsteknologi.

Navn		L4	L7	L8	L5	L3	L1	L12
	Untreated	0zon 3	0zon 6	0zon 10	0zon + H2O2 - 5	0zon + H2O2 - 15	0zon + H2O2 - 25	0zon + H2O2 - 40
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Naloxon	1,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nefazodon	n.d.	n.d.	0,36	0,15	0,19	n.d.	0,32	n.d.
Ofloxacin	62	0,80	1,2	0,70	1,7	1,1	0,64	0,46
Orphenadrine	83	9,2	1,9	1,24	2,2	1,4	0,74	4
Oxazepam	500	64	0,42	n.d.	0,50	0,56	0,42	0,42
Paroxetin	14	0,74	n.d.	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Perphenazine	n.d.	0,32	n.d.	n.d.	0,10	0,12	0,38	n.d.
Pizotifen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	96	n.d.
Promethazin	n.d.	n.d.	n.d.	0,38	0,74	n.d.	n.d.	0,62
Ranitidine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Repaglinide	3,1	0,3	2,8	n.d.	6,2	3,8	148	8
Risperidone	n.d.	1,1	0,98	0,36	16	0,8	11,4	8,2
Rosuvastatin	440	n.d.	n.d.	n.d.	5	n.d.	n.d.	n.d.
Roxithromycine	36	1,38	n.d.	n.d.	0,58	0,08	n.d.	n.d.
Sertraline	18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sotalol	39	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sulfamethoxazol	3200	300	260	184	340	144	50	28
Tamoxifen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Telmisartan	580	1,2	0,82	1,78	0,68	n.d.	n.d.	n.d.
Terbutalin	0,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tramadol	1900	260	180	3,6	100	2,0	0,38	1,44
Trihexyphenidyl	n.d.	260	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Trimetoprim	5700	460	64	1,44	5,4	0,78	0,32	1,0
Venlafaxin	260	30	22	1,52	14	0,74	5,6	2,8
Verapamil	3,8	1,32	2,4	0,5	0,32	0,5	0,32	2,0
Zoldipem	4,5	18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14	n.d.

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag M - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med aktiv kul (CC og NR) som efterpoleringsteknologi.

Navn		L10	L9	L6	L13	L11	L10
	Untreated	CC150	CC300	CC450	NR150	NR300	NR450
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Alfuzosin	3,3	n.d.	n.d.	n.d.	0,11	2,6	n.d.
Alprazolam	3,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Amiodiarone	18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Amitryptiline	35	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Atenolol	73	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Atorvastatin	20	0,34	n.d.	n.d.	0,36	n.d.	n.d.
Atracurium	19	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,6	n.d.
Azelastine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,56	n.d.
Azithromycine	570	n.d.	n.d.	n.d.	5,4	0,84	0,76
Biperiden	n.d.	0,3	0,98	0,8	0,2	5,6	2,2
Bisoprolol	20	n.d.	0,19	n.d.	0,24	n.d.	0,15
Bromocriptin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Buprenorphin	2,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bupropion	n.d.	1,1	0,09	0,1	0,56	8,0	0,78
Carbamazepine	2400	0,48	0,36	0,36	1,5	1,4	0,32
Chloprothixen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,3	n.d.	n.d.
Chlorpromazine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cilazapril	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	8,0	n.d.
Ciprofloxacin	65900	3,4	n.d.	n.d.	12	3,2	2,8
Citaprolam	220	1,6	0,30	0,76	1,4	9,0	0,90
Clarithromycine	590	2,4	0,70	3,8	3,6	0,26	4,4
Clemastine	n.d.	0,34	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Clindamycine	230	n.d.	n.d.	n.d.	0,11	n.d.	n.d.
Clomipramine	n.d.	1,8	0,30	0,30	1,2	0,46	0,76
Clonazepam	5,1	0,14	n.d.	n.d.	0,14	0,40	1,3
Clotrimazol	2,1	n.d.	n.d.	n.d.	0,90	1,66	0,92
Cyproheptadine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,52	n.d.
Desloratidin	9,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Diclofenac	150	0,88	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,38

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag M - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med aktiv kul (CC og NR) som efterpoleringsteknologi.

Navn		L10	L9	L6	L13	L11	L10
	Untreated	CC150	CC300	CC450	NR150	NR300	NR450
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Dicycloverin	n.d.	n.d.	1060	n.d.	n.d.	2200	2600
Dihydroergotamine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,14	n.d.	n.d.
Diltiazem	27	1,4	1,02	0,8	0,9	1,76	2,2
Diphenhydramine	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dipyridamol	5,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Donepezil	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,22	1,4	n.d.
Duloxetine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Eprosartan	2600	0,94	n.d.	n.d.	11,6	4,6	0,42
Fenantyl	7,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fexofenadine	4530	1,7	0,32	2,2	4,0	10	1,04
Finasteride	4,9	n.d.	0,44	n.d.	n.d.	12	0,17
Fluconazole	16200	18,2	2,2	10	136	26	12
Fluoxetine	30	n.d.	n.d.	0,72	0,4	7,2	1,5
Flupetixol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fluphenazine	2,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,26
Flutamide	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Glimepiride	n.d.	7,4	n.d.	n.d.	0,28	n.d.	n.d.
Haloperidol	3,7	0,32	0,15	0,5	0,58	4,8	0,98
Hydroxyzine	n.d.	0,68	0,7	0,28	0,52	9,2	1,3
Ibuprofen	580	n.d.	n.d.	n.d.	0,20	n.d.	0,17
Ketoconazole	9,5	1,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Levomepromazine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Loperamide	3,3	17	0,3	2,2	1,4	13	3,8
Maprotilin	n.d.	2,2	0,48	n.d.	1,1	4,2	n.d.
Meclozine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Memantin	9,3	n.d.	n.d.	n.d.	0,15	0,06	n.d.
Metoprolol	2100	0,24	0,20	0,54	2,0	7,0	0,32
Mianserin	3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,22	n.d.
Miconazole	18	0,17	n.d.	n.d.	0,22	0,15	n.d.

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

Bilag M - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater for MBR-behandlet hospitalsspildevand med aktiv kul (CC og NR) som efterpoleringsteknologi.

Navn		L10	L9	L6	L13	L11	L10
	Untreated	CC150	CC300	CC450	NR150	NR300	NR450
	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]	[ng/L]
Naloxon	1,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nefazodon	n.d.	0,38	n.d.	n.d.	0,12	0,28	n.d.
Ofloxacin	62	0,48	0,24	0,14	1,0	0,52	0,38
Orphenadrine	83	0,86	0,32	0,78	0,78	1,3	1,48
Oxazepam	500	0,24	0,13	n.d.	1,0	n.d.	0,36
Paroxetin	14	3,2	n.d.	0,19	n.d.	n.d.	n.d.
Perphenazine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,6	n.d.	n.d.
Pizotifen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Promethazin	n.d.	n.d.	n.d.	0,44	n.d.	n.d.	0,48
Ranitidine	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Repaglinide	3,1	15	0,152	0,76	1,6	8,6	0,88
Risperidone	n.d.	1,9	0,56	0,68	1,4	3,4	1,4
Rosuvastatin	440	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Roxithromycine	36	n.d.	n.d.	n.d.	0,11	n.d.	n.d.
Sertraline	18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sotalol	39	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sulfamethoxazol	3200	38	1,6	1,0	56	0,52	0,76
Tamoxifen	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Telmisartan	580	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Terbutalin	0,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tramadol	1900	0,42	0,18	0,22	12	7,6	0,56
Trihexyphenidyl	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Trimetoprim	5700	0,48	0,4	0,26	2,2	1,3	0,46
Venlavafaxin	260	0,68	n.d.	n.d.	1,7	3,8	0,4
Verapamil	3,8	0,36	0,62	n.d.	0,38	7,2	0,24
Zoldipem	4,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5,6

n.d. = Below detection limit of 0.1 ng/L.

B I L A G N

Driftsanalyser udført af Grundfos BioBooster A/S

Dato	Indløb						
	COD total	COD filtreret	Total N	NH4	NO3	Total P	PO4P
24-04-2010	120	85	16	11,6	0	2,6	1,4
25-04-2010	144	72	21	16,8	0,3	4,5	2,5
26-04-2010	410	122	21	14,6	0,8	5,6	2,5
27-04-2010	526	152	32	22	0,1	6,1	3,7
28-04-2010	188	81	20	15,2	0,3	3,2	1,7
29-04-2010	244	38	40	28,9	0,3	6,3	4,7
30-04-2010	224	102	47	13,2	0,7	3,6	1,1
01-05-2010	634	138	34	29,8	0,9	7,7	4,4
02-05-2010	384	94	26	28,5	2,6	6,5	2,3
03-05-2010	630	150	21	15,9	0,8	8,1	2,1
04-05-2010	232	101	22	14,8	0	3,5	1,5
05-05-2010	410	210	20	8,9	1,1	4,4	1,8
06-05-2010	446	128	48	37,1	1,3	8,1	4,3
07-05-2010	706	232	71	50,4	0,3	16,9	11,1
08-05-2010	936	250	75	51	0,2	17,6	11,1
09-05-2010	868	295	68	52,5	0,3	15,5	12,1
10-05-2010							
11-05-2010	1046	266	75	53,2	0,7	19,3	11,2
12-05-2010	268	106	47	47,1	1,3	10	7,4
13-05-2010	128	88		51,8	1,2	9,1	8,3
14-05-2010	126	73		50,6	0,7	8,2	7,1
15-05-2010	858	108	62	47,5	0,3	16,4	9,3
16-05-2010	836	112	64	48,5	1,1	16,3	9,6
17-05-2010	1402	148	77	52,4	0,6	24,4	12,4
18-05-2010	900	107	92	51,1	0,1	19,4	8
19-05-2010	530	193	69	55,3	0,4	11,3	9
20-05-2010	556	118	79	53,1	0,7	16	8,8
21-05-2010	430	336	74	51,5	0,4	11,3	9,6
22-05-2010	390	256	72	54,6	0,6	11,7	11
1. periode	346	112	27	18	0,66	5,2	2,5
2. periode	710	159	68	49	0,68	15,1	9,3
3. periode	477	226	74	54	0,53	12,6	9,6

Bilag N - Fortsat Driftsanalyser udført af Grundfos BioBooster A/S.

Dato	Permeat							slam	
	COD total	COD fil-treret	Total N	NH4	NO3	Total P	PO4P	SS	L udtaget
24-04-2010	34	33	13	1,4	8,7	0	0,1	19340	
25-04-2010	60	52	19	7,1	7,5	0	0,4	29160	
26-04-2010	63	68	11	8,1	3,7	0	0,4	14600	
27-04-2010	45	40	19	14,8	3	0	0,4	10170	
28-04-2010	44	39	16	4,7	3,5	1,2	1,3	8860	
29-04-2010	55	50	26	21,7	1,8	7,1	7,3	7130	
30-04-2010	97	139	19	4,1	6,6	0,9	1,3	8450	
01-05-2010	48	94	6	1,4	3,6	0	0,2	11970	
02-05-2010	43	29	19	2	6,8	0	0,1	13040	
03-05-2010	68	58	17	1,9	5,7	0	0,3	13360	
04-05-2010	64	59	9	4,6	5,9	0,1	0,7	13810	
05-05-2010	38	36	3	0,6	2,4	0,1	0,2	11660	30
06-05-2010	60	55	20	13,8	4	0,2	0,4	12300	
07-05-2010	51	54	31	35	1,5	5,4	5,8	7260	
08-05-2010	59	57	27	31,1	3,6	5,8	5,9	6630	
09-05-2010	51	55	28	30,6	2,9	5,2	5,6	7850	
10-05-2010	59	62	33	30,8	3	9,7	10,1	8170	
11-05-2010	62	56	39	29,3	2	9,7	10,1	9340	
12-05-2010	64	59	26	24,1	4,8	10,8	11,2	22730	
13-05-2010	61	61	44	21,2	3	6,1	6,8	7395	90
14-05-2010	64	60	32	21,4	4,5	7,2	7,7	7120	
15-05-2010	64	65	25	19,1	5,7	8,4	9	7780	
16-05-2010	52	71	24	9,9	5,1	13,3	13,8	8910	
17-05-2010	66	69	18	2	5,5	11,3	11,5	10070	
18-05-2010	63	64	20	1,8	8,7	12,9	10,9	9110	
19-05-2010	62	58	24	1,1	9,6	15,5	12,9	10190	90
20-05-2010	54	51	20	1,1	10,3	14,3	12,9	10060	
21-05-2010	46	11	23	0,18	9,3	13,1	12,2	9650	
22-05-2010	47	10	25	0,16	11,3	12,5	11,9	10200	
1. periode	55	58	15	6,0	4,9	0,8	1,1	13462,5	
2. periode	60	61	28	20,8	4,2	8,2	8,4	9589,6	
3. periode	52	33	23	0,6	10,1	13,9	12,5	10025,0	

B I L A G O

***Protokol for bestemmelse af
resistens mod sulfamethoxazol, ciprofloxacin,
gentamicin og cefuroxime hos
suspekterte Escherichia coli og coliforme***

Protokol for bestemmelse af resistens mod sulfamethoxazol, ciprofloxacin, gentamicin og cefuroxime hos suspekterede *Escherichia coli* og coliforme.

Definition

Suspekterede "*E. coli*" defineres som violette kolonier på Oxoid Brilliance *E. coli*/coliform selective agar (CM1046). Coliforme defineres som lyserøde kolonier på Oxoid Brilliance *E. coli*/coliform selective agar (CM1046) efter inkubation i 24 timer ved 37°C.

Prøvetagning og transport

Prøverne er udtaget, og transport er arrangeret af DHI - U&I.

Reagenser:

Trypton-saltvand

Trypton 1,0 g, natriumklorid 8,5 g

Oxoid Brilliance *E. coli*/coliform selective agar (CM1046) (28.1 g/l) med og uden antibiotika.

Natrium-cefuroxime, Sigma-Aldrich C4417-1G. Der er opløst 256 mg i 10 ml MQ vand og tilsat 625 µl/l agar.

Gentamicin-opløsning, Sigma-Aldrich G1397-10ML. 50 mg/ml i deioniseret vand. Tilsat 2 ml/l agar.

Ciprofloxacin. Sigma-Aldrich 17850-5G-F. Afvej 100 mg/100 ml sterilt MQ-vand med 1 ml 1N HCl. Tilsat 3 ml/l agar.

Sulfamethoxazol. Sigma S7507-10G. 1024 mg tilsat 10 ml methanol. Tilsat 10 ml/l agar.

Udførelse

Der laves 10-fold fortyndingsrække.

Der spredes 0,1 ml af prøve og fortyndinger af prøve i dublikat på Brilliance uden antibiotika. Der spredes 0,1 ml af prøve og fortyndinger af prøve i dublikat på Brilliance tilsat sulfamethoxazol (1024 µg/ml), ciprofloxacin (3 mg/l) gentamicin (10 mg/l) og cefuroxime (16 mg/l).

Plader inkuberes ved 37°C i 22-26 timer.

Alle violette kolonier tælles som suspekterede *E. coli*.

Alle pink kolonier tælles som coliforme.

Alle tydeligt blå eller farveløse kolonier anses for at være andre end *E. coli* eller coliforme. Kolonier, der er pink, men med blå nuance, tælles som coliforme.

Kontroller

E. coli ATCC 25922, som er følsom for ciprofloxacin (MIC < 0,015 mg/l), gentamicin (MIC = 0,1 – 1 µg/ml) og cefuroxime (MIC = 2 – 8 µg/ml), er anvendt som positiv kontrol. Følsomhed for sulfamethoxazol er ukendt.

B I L A G P

Resultater fra mikrobiologiske analyser udført på DHI

E. coli kim/ml

	Total E.coli	Ciprofloxacin	Cefuroxim	Gentamicin	Sulfam
Torsdag morgen 1, tilløb	1500	1000	1900	640	1200
Torsdag morgen 2, tilløb	4500	360	1200	510	1500
Torsdag morgen 3, tilløb	2600	1100	1300	460	300
Torsdag morgen 1, udløb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Torsdag morgen 2, udløb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Torsdag morgen 3, udløb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Enterokokker

	Total enterokokker	Vancomycin
Torsdag morgen 1, tilløb	43000	1300
Torsdag morgen 2, tilløb	43000	1500
Torsdag morgen 3, tilløb	37000	1500
Torsdag morgen 1, udløb	180	< 5
Torsdag morgen 2, udløb	170	< 5
Torsdag morgen 3, udløb	63	< 5

Kontrolstamme *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 vokser på Slanetz uden antibiotika, men ikke på plader med vancomycin.

Kontrolstamme *E. coli* vokser på Slanetz uden antibiotika, men ikke på plader med vancomycin og cefuroxime.

Total coliforme

kim/ml	Total coli- forme	Cipro	Cefu	Genta	Sulfam
1, tilløb	150000	75000	41000	1100	11000
2, tilløb	110000	43000	28000	510	9300
3, tilløb	100000	34000	25000	340	8700
1, udløb	27	< 5	< 5	< 5	< 5
2, udløb	10	5	< 5	< 5	< 5
3, udløb	18	< 5	< 5	< 5	< 5

E. coli + "coliforme"

kim/ml	Total coli- forme	Cipro	Cefu	Genta	Sulfam
1, tilløb	151500	76000	42900	1740	12200
2, tilløb	114500	43360	29200	1020	10800
3, tilløb	102600	35100	26300	800	9000
1, udløb					
2, udløb					
3, udløb					

Andre

kim/ml	Andre total	Cipro	Cefu	Genta	Sulfam
1, tilløb					
2, tilløb	i.t	i.t	i.t	i.t	i.t
3, tilløb	i.t	i.t	i.t	i.t	i.t
1, udløb	7500	< 5	6300	< 5	< 5
2, udløb	1000	< 5	1100	< 5	< 5
3, udløb	1500	< 5	1400	< 5	< 5

B I L A G Q

***IUTA - Analyseresultater fra indløb
til MBR-anlæg og PNEC/EQS***

Bilag Q IUTA - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS (ng/l).

ATC-kode	Aktivstof	Anvendelse	Indløb Tors. morgen	Udløb Tors. morgen	Indløb Tors. eftermid.	Udløb Tors. eftermid.	Indløb Fre. morgen	Udløb Fre. morgen	PNEC/EQS	Reference PNEC/EQS
N02BA01	Acetylsalicyl	Smertestillende	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	68000	MST 2007
Metabolit	ac-sulfadiazin	(antibiotika)	110	30	130	38	150	45		
Metabolit	ac-sulfamerazin	(antibiotika)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
Metabolit	ac-sulfamethazin	(antibiotika)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
Metabolit	ac-sulfamethoxazol	(antibiotika)	63	43	59	32	79	50		
J01CA04	Amoxicillin	Antibiotikum	33	1	37	1	43	1	78	Bek. 1022
C07AB03	Atenolol	Hjerte/kredsløb	170	50	180	57	250	73	77700	MST, 2007
J01FA10	Azithromycin	Antibiotikum	1600	590	1900	700	2500	770	9,4	FASS, 2009
C03AA01	Bendroflumethiazid	Vandrivende	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	23000	FASS, 2009
C10AB02	Bezafibrat	Hjerte/kredsløb	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10		
C07AB07	Bisoprolol	Hjerte/kredsløb	30	13	27	9	32	20	35600	FASS, 2009
L01BC06	Capecitabin	Cytostatika	45	10	41	12	40	11	580	FASS, 2010
N03AF01	Carbamazepin	CNS	2300	2600	2500	2200	3200	3100	2500	MST 2007
J01DC02	Cefuroxim	Antibiotikum	210	52	200	52	150	44	76000	FASS, 2007
J01MA02	Ciprofloxacin	Antibiotikum	6000	4900	6400	3300	7600	4500	300	DHI, 2010
N06AB04	Citalopram	CNS	300	320	300	300	400	340	510	MST 2007
J01FA09	Clarithromycin	Antibiotikum	1300	470	1400	540	1800	590	18700	FASS, 2007
J01FF01	Clindamycin	Antibiotikum	31	99	27	80	24	110	3600	STF, 2009
	Clofribic acid	Metabolit af clo-fibrat	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10		
L01AA01	Cyclophosphamid	Cytostatika	14	12	12	11	16	14	1120000	SFT, 2006
M01AB05	Diclofenac	Muskl., led og knogler	170	91	150	130	130	130	10	EU EQS draft
J01FA01	Erythromycin	Antibiotikum	330	230	370	220	520	310	2000	MST 2007
	Erythromycin deh.	Antibiotikum meta-bolit	610	460	660	420	840	570		
C10AB05	Fenofibrat	Hjerte/kredsløb	31	22	28	< 12.5	< 12.5	< 12.5		
	Fenofibrinsäure	Metabolit af fenofibrat	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
C03CA01	Furosemid	Vandrivende	4400	5000	4600	5000	6100	5000	45000	SFT, 2009
L01BC05	Gemcitabin	Cytostatikum	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		

Bilag Q - Fortsat - IUTA - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS (ng/l).

ATC-kode	Aktivstof	Anvendelse	Indløb Tors. morgen	Udløb Tors. morgen	Indløb Tors. eftermidd.	Udløb Tors. eftermidd.	Indløb Fre. morgen	Udløb Fre. morgen	PNEC/EQS	Reference PNEC/EQS
M01AE01	Ibuprofen	Muskl., led og knog- ler	2400	1	2200	1	1900	1	7100	Halling, 1998
L01AA06	Ifosfamid	Cytostatika	62	69	70	62	91	94	162000	FASS, 2007
M01AE03	Ketoprofen	Gigt/smertestillende	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	100000	FASS, 2009
G03AC05	Megastrol	Hormon	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	0	
C07AB02	Metoprolol	Hjerte/kredsløb	3700	2500	3600	2100	2900	2800	8800	MST, 2007
J01XD01	Metronidazol	Antibiotikum	< 125	< 125	< 125	< 125	< 125	< 125	12500	FASS, 2007
L04AX03	MTX	Cytostatikum	290	1	310	1	190	1	260	Henschel 1997
M01AE02	Naproxen	Gigt/smertestillende	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	640	FASS, 2009
J01MA01	Ofloxacin	Antibiotikum	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	14	FASS, 2007
N03AF02	Oxcarbazepin	CNS	300	1	380	2	450	1	0	
N02BE01	Paracetamol	CNS	26000	1	23000	1	32000	1	9200	SFT, 2006
N02BB01	Phenazon	CNS	84	110	83	86	89	120	0	
07AA05	Propranolol	Hjerte/kredsløb	260	220	280	190	360	270	0	
N02BB04	Propylphenazon	Smertestillende	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	0	
J01FA06	Roxithromycin	Antibiotikum	130	110	130	110	160	130	100000	FASS, 2007
C10AA01	Simvastatin	Hjerte/kredsløb	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	9600	FASS, 2009
C07AA07	Sotalol	Hjerte/kredsløb	16	19	17	17	28	28	0	
J01EC02	Sulfadiazin	Antibiotikum	620	7	630	12	380	7	0	
J01ED07	Sulfamethazin	Antibiotikum	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	0	
J01EB02	Sulfamethizol	Antibiotikum	1500	11	1500	15	1600	17	800	DHI, 2009
J01EE01	Sulfamethoxazol	Antibiotikum	12000	270	12000	320	16000	450	220	DHI, 2010
L02BA01	Tamoxifen	Cytostatikum	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	490	MST, 2011
N02AX02	Tramadol	CNS	1500	1400	1800	1300	2000	2000	5000	MST, 2011
J01EA01	Trimethoprim	Antibiotikum	3800	3700	4100	3300	4900	4000	16000	SFT, 2006
N06AX16	Venlafaxin	CNS	470	510	540	390	670	590	900	SFT, 2009

Bilag Q - Fortsat IUTA - Aanalyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS.

ATC-kode	Aktivstof	Anvendelse	Indløb Tors. morgen	Udløb Tors. morgen	Indløb Tors. eftermid.	Udløb Tors. eftermid.	Indløb Fre. morgen	Udløb Fre. morgen	PNEC/EQS	Reference PNEC/EQS
G03CA03	17- α -Estradiol	Naturligt østrogen	23	< 1	12	< 1	20	6	0,02	FASS, 2009
G03CA07	Estron	Naturligt østrogen	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		
G03CA03	17- β Estradiol	Naturligt østrogen	< 1	< 1	9	< 1	7	< 1	0,02	FASS, 2009
G03CA01	17- α -Ethinyl- Estradiol	Syntetisk østrogen	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	0,075	Bek. 1022, 2010
G03CA04	Estriol	Naturligt østrogen	*	7	*	10	*	8	0,75	MST, 2007
V08AA01	Amidotrizoeacid	Iod-kontrastmiddel	47000	39000	22000	22000	30000	41000		
V08AB02	Iohexol	Iod-kontrastmiddel	640000	340000	400000	430000	540000	390000		
V08AB10	Iomeprol	Iod-kontrastmiddel	< 50	12000	< 50	< 50	< 50	< 50		
V08AB04	Iopamidol	Iod-kontrastmiddel	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50		
V08AB05	Iopromid	Iod-kontrastmiddel	750000	470000	530000	660000	870000	490000		
V08AB07	Ioversol	Iod-kontrastmiddel	450000	290000	290000	340000	430000	340000		

* På grund af store matrix-effekter var det ikke muligt at kvantificere måleresultatet.

B I L A G R

***UMEÅ - Analyseresultater fra indløb
til MBR-anlæg og PNEC/EQS***

Bilag R UMEÅ - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS (ng/l).

ATC	Cas. Nr.	Aktivstof	Indløb Tors. morgen	Indløb Tors. eftermid.	Indløb Fre. morgen	Udløb Tors. morgen.	Udløb Tors. eftermid	Udløb Fre. morgen	PNEC/EQS	Reference PNEC/EQS
G04CA01	81403-80-7	Alfuzosin	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	52,7	FASS, 2009
N05BA12	28981-97-7	Alprazolam	0,003	0,004	0,003	0,004	< LOQ	0,001		
C01BD01	1951-25-3	Amiodiarone	0,031	0,038	0,051	0,020	0,012	0,031		
N06AA09	50-48-6	Amitryptiline	0,042	0,026	0,037	0,032	0,012	0,025	0,081	SFT, 2009
C07AB03	29122-68-7	Atenolol	0,062	0,049	0,048	0,10	0,011	0,069	77,7	MST, 2007
C10AA05	134523-00-5	Atorvastatin	0,057	0,019	0,058	0,043	0,021	0,037	0,13	SFT, 2009
M03AC04	64228-81-5	Atracurium	0,031	0,021	0,026	0,013	0,015	0,020		
R01AC03	58581-89-8	Azelastine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
J01FA10	83905-01-5	Azithromycine	0,39	0,39	0,26	1,0	1,1	0,66	0,0094	FASS, 2009
R01AD01	4419-39-0	Beclomethasone	0,006	< LOQ	0,014	< LOQ	0,010	0,008		
C10AB02	41859-67-0	Bezafibrate	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
N04AA02	514-65-8	Biperiden	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
C07AB07	66722-44-9	Bisoprolol	0,022	0,014	0,018	0,017	0,015	0,024	35,6	FASS, 2009
G02CB01	25614-03-3	Bromocriptin	< LOQ	0,007	0,007	< LOQ	< LOQ	0,006		
A07EA06	51333-22-3	Budenosid	0,004	0,007	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	10,4	FASS, 2009
N02AE01	52485-79-7	Buprenorphin	0,028	0,022	0,025	0,004	0,002	0,001		
N07BA02	34911-55-2	Bupropion	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
N03AF01	298-46-4	Carbamazepine	1,9	1,2	1,5	1,9	1,4	2,4	2,5	MST 2007
N05AF03	113-59-7	Chloprothixen	< LOQ	< LOQ	0,0013	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
N05AA01	50-53-3	Chlorpromazine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
C09AA08	92077-78-6	Cilazapril	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
J01MA02	85721-33-1	Ciprofloxacin	231	163	192	72	112	137	0,3	DHI, 2010
N06AB04	59729-33-8	Citaprolam	0,22	0,19	0,19	0,13	0,16	0,23	0,51	MST 2007
A02BD06	81103-11-9	Clarithromycine	2,1	0,79	2,3	1,3	1,1	1,0		
R06AA04	15686-51-8	Clemastine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,006		
D10AF01	18323-44-9	Clindamycine	0,052	0,036	0,037	0,22	0,14	0,25	3,6	STF, 2009
N06AA04	303-49-1	Clomipramine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
N03AE01	1622-61-3	Clonazepam	0,006	< LOQ	0,006	0,002	0,002	0,003		

Bilag R - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS (ng/l).

ATC	Cas. Nr.	Aktivstof	Indløb Tors. morgen	Indløb Tors. eftermid.	Indløb Fre. morgen	Udløb Tors. morgen.	Udløb Tors. efter- mid	Udløb Fre. morgen	PNEC/EQS	Reference PNEC/EQS
D01AC01	23593-75-1	Clotrimazol	0,006	0,003	0,004	< LOQ	0,002	0,001	10	EU EQS draft
M01AE51	76-57-3	Codeine	3,6	2,4	2,6	2,5	2,2	3,3		
R06AX02	129-03-3	Cyproheptadine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
R06AX27	100643-71-8	Desloratidin	0,007	0,007	0,004	0,006	0,006	0,007		
M01AB05	15307-86-5	Diclofenac	0,24	0,20	0,18	0,060	0,035	0,065		
A03AA07	77-19-0	Dicycloverin	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	1900	FASS, 2009
N02CA01	511-12-6	Dihydroergotamine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
C08DB01	42399-41-7	Diltiazem	0,056	0,043	0,043	0,017	0,022	0,029		
N07CA52	58-73-1	Diphenhydramine	0,006	0,005	0,005	0,003	0,003	0,004		
B01AC07	58-32-2	Dipyridamol	30	21	26	0,049	0,008	0,010	2400	FASS, 2009
N06DA02	120014-06-4	Donepezil	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	100000	FASS, 2009
N06AX21	116539-59-4	Duloxetine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
C09CA02	133040-01-4	Eprosartan	3,4	1,1	2,8	3,7	2,2	3,9		
C10AX09	163222-33-1	Ezetimibe	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,005	0,009	0,002	130	FASS, 2009
N01AH01	437-38-7	Fenantyl	0,005	0,002	0,004	0,004	0,005	0,005	110	FASS, 2008
R06AX26	83799-24-0	Fexofenadine	3,34	1,42	2,44	3,74	3,08	4,31		
D11AX10	98319-26-7	Finasteride	0,002	0,002	< LOQ	< LOQ	0,003	0,003		
J02AC01	86386-73-4	Fluconazole	16	10	12	12	11	16		
N06AB03	54910-89-3	Fluoxetine	0,017	0,008	0,015	0,028	0,025	0,028		
N05AF01	2709-56-0	Flupetixol	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	100	MST, 2010
N05AB02	69-23-8	Fluphenazine	< LOQ	0,001	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
L02BB01	13311-84-7	Flutamide	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
L02BA03	129453-61-8	Fulvestrant	0,005	0,004	0,005	< LOQ	0,004	0,006		
A10BB12	93479-97-1	Glimepiride	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
N05AD01	52-86-8	Haloperidol	0,005	0,005	0,004	< LOQ	0,001	0,004	79000	FASS, 2009
N05AD01	52-86-8	Haloperidol	0,005	0,005	0,004	< LOQ	0,001	0,004		
N05BB01	68-88-2	Hydroxyzine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
C09CA04	138402-11-6	Ibuprofen	0,53	0,23	0,44	0,61	0,37	0,53		
D01AC08	65277-42-1	Ketoconazole	0,004	0,004	0,011	0,005	< LOQ	0,023		
N05AA02	60-99-1	Levomepromazine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	10400	FASS, 2009
A07DA03	53179-11-6	Loperamide	< LOQ	< LOQ	0,001	0,003	< LOQ	0,008		

Bilag R - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS (ng/l).

ATC	Cas. Nr.	Aktivstof	Indløb Tors. morgen	Indløb Tors. eftermid.	Indløb Fre. morgen	Udløb Tors. morgen.	Udløb Tors. efter- mid	Udløb Fre. morgen	PNEC/EQS	Reference PNEC/EQS
N06AA21	10262-69-8	Maprotilin	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	8800 25	MST, 2007 FASS, 2008
R06AE05	569-65-3	Meclozine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
N06DX01	19982-08-2	Memantin	< LOQ	< LOQ	0,006	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
C07AB02	37350-58-6	Metoprolol	1,8	1,2	1,4	1,9	1,5	2,1		
N06AX03	24219-97-4	Mianserin	0,007	0,004	0,006	< LOQ	0,003	0,004		
A01AB09	22916-47-8	Miconazole	0,015	0,015	0,015	0,010	0,007	0,017		
N06AX11	61337-67-5	Mirtazapin	0,041	0,031	0,033	0,019	0,024	0,032		
V03AB15	465-65-6	Naloxon	0,010	0,008	< LOQ	0,003	0,004	0,005		
N06AX06	83366-66-9	Nefazodon	< LOQ	< LOQ	0,001	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
J01MA01	82419-36-1	Ofloxacin	0,28	0,10	0,037	0,30	0,037	0,089	14	FASS, 2007
M03BC01	83-98-7	Orphenadrine	0,12	0,065	0,079	0,089	0,046	0,060	4300 1600	SFT, 2009 FASS, 2007
N05BA04	604-75-1	Oxazepam	0,44	0,25	0,24	0,46	0,33	0,57		
N06AB05	61869-08-7	Paroxetin	0,021	0,017	0,02	0,00	0,01	0,01		
N05AB03	58-39-9	Perphenazine	0,002	0,003	0,002	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
N02CX01	15574-96-6	Pizotifen	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
R06AD02	60-87-7	Promethazin	0,005	0,003	0,004	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
A02BA02	66357-35-5	Ranitidine	0,029	0,030	0,019	< LOQ	< LOQ	0,001	320000	MST, 2010
A10BX02	135062-02-1	Repaglinide	0,002	0,003	0,004	< LOQ	< LOQ	0,002	34000	FASS, 2009
N05AX08	106266-06-2	Risperidone	< LOQ	0,002	0,002	< LOQ	< LOQ	< LOQ	360 100000	FASS, 2009 FASS, 2007
C10AA07	287714-41-4	Rosuvastatin	0,73	0,30	0,54	0,33	0,31	0,65		
J01FA06	80214-83-1	Roxithromycine	0,069	0,033	0,045	0,037	0,030	0,053		
N06AA21	10262-69-8	Maprotilin	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
R06AE05	569-65-3	Meclozine	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	8800 25	MST, 2007 FASS, 2008
N06DX01	19982-08-2	Memantin	< LOQ	< LOQ	0,006	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
C07AB02	37350-58-6	Metoprolol	1,8	1,2	1,4	1,9	1,5	2,1		
N06AX03	24219-97-4	Mianserin	0,007	0,004	0,006	< LOQ	0,003	0,004		
A01AB09	22916-47-8	Miconazole	0,015	0,015	0,015	0,010	0,007	0,017		
N06AX11	61337-67-5	Mirtazapin	0,041	0,031	0,033	0,019	0,024	0,032		
V03AB15	465-65-6	Naloxon	0,010	0,008	< LOQ	0,003	0,004	0,005		
N06AX06	83366-66-9	Nefazodon	< LOQ	< LOQ	0,001	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
J01MA01	82419-36-1	Ofloxacin	0,28	0,10	0,037	0,30	0,037	0,089		

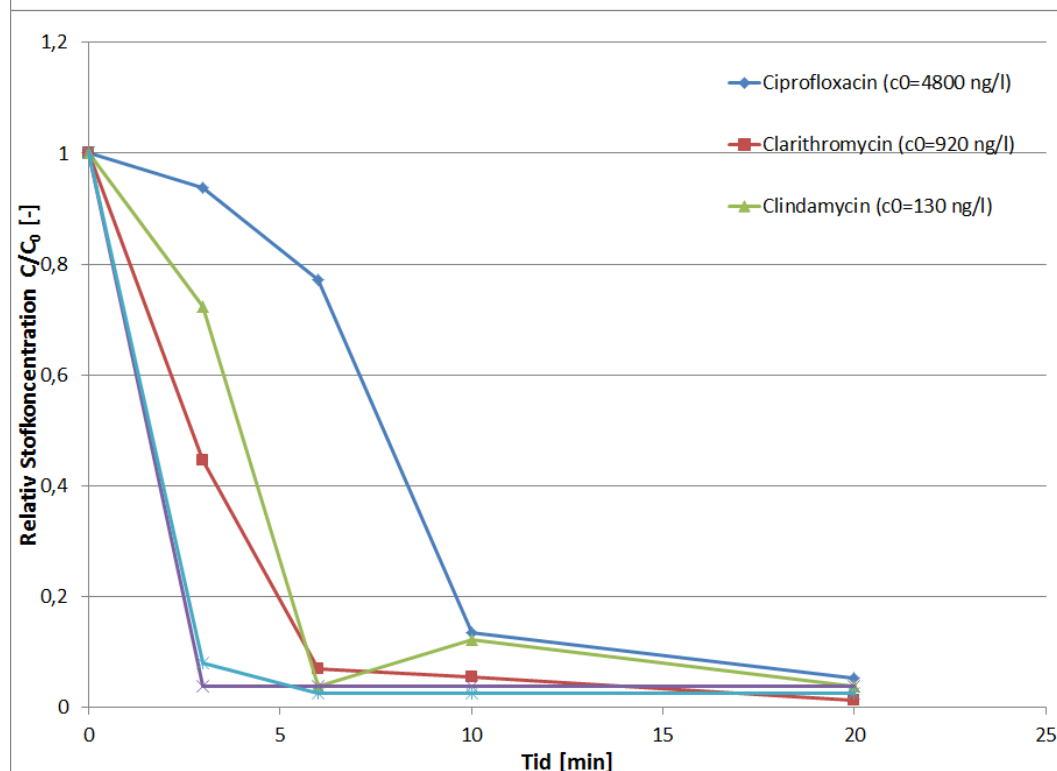
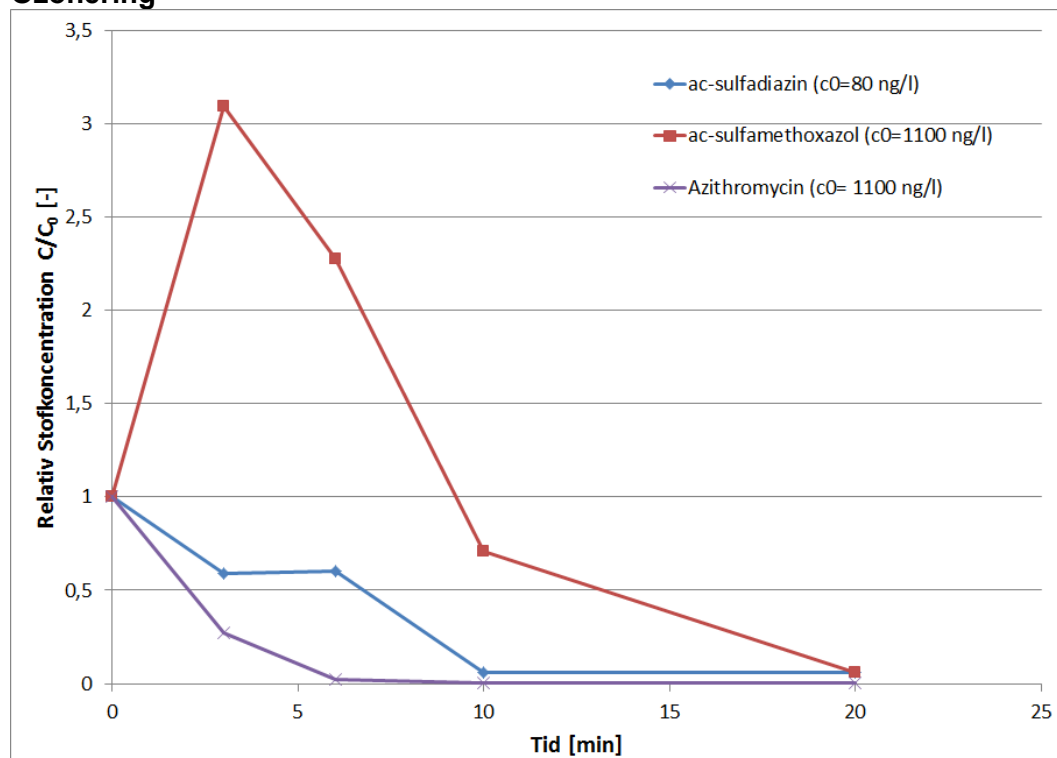
Bilag R - Fortsat UMEÅ - Analyseresultater fra indløb til MBR-anlæg og PNEC/EQS (ng/l).

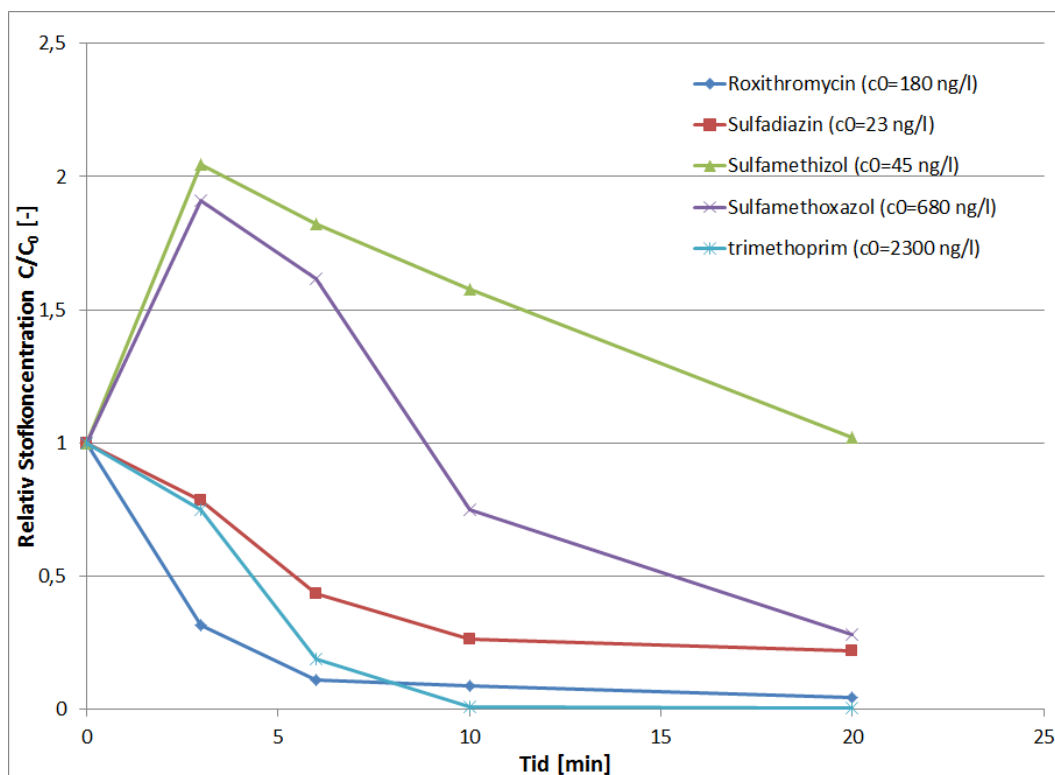
ATC	Cas. Nr.	Aktivstof	Indløb Tors. morgen	Indløb Tors. eftermid.	Indløb Fre. morgen	Udløb Tors. morgen.	Udløb Tors. eftermid	Udløb Fre. morgen	PNEC/EQS	Reference PNEC/EQS
M03BC01	83-98-7	Orphenadrine	0,12	0,065	0,079	0,089	0,046	0,060		
N05BA04	604-75-1	Oxazepam	0,44	0,25	0,24	0,46	0,33	0,57	4300	SFT, 2009
N06AB05	61869-08-7	Paroxetin	0,021	0,017	0,02	0,00	0,01	0,01	1600	FASS,2007
N05AB03	58-39-9	Perphenazine	0,002	0,003	0,002	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
N02CX01	15574-96-6	Pizotifen	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
R06AD02	60-87-7	Promethazin	0,005	0,003	0,004	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
A02BA02	66357-35-5	Ranitidine	0,029	0,030	0,019	< LOQ	< LOQ	0,001	320000	MST, 2010
A10BX02	135062-02-1	Repaglinide	0,002	0,003	0,004	< LOQ	< LOQ	0,002	34000	FASS, 2009
N05AX08	106266-06-2	Risperidone	< LOQ	0,002	0,002	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
C10AA07	287714-41-4	Rosuvastatin	0,73	0,30	0,54	0,33	0,31	0,65	360	FASS, 2009
J01FA06	80214-83-1	Roxithromycine	0,069	0,033	0,045	0,037	0,030	0,053	100000	FASS, 2007
N06AB06	79617-96-2	Sertraline	0,015	0,015	0,015	0,013	0,005	0,007	56	SFT, 2009
C07AA07	3930-20-9	Sotalol	0,006	0,006	0,020	0,010	0,009	0,013		
J01EE01	723-46-6	Sulfamethoxazol	44	27	31	6,1	0,94	2,9	220	DHI, 2010
L02BA01	10540-29-1	Tamoxifen	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	490	MST, 2010
C09CA07	144701-48-4	Telmisartan	0,44	0,22	0,44	0,22	0,35	0,71	100000	FASS, 2009
R03AC03	23031-25-6	Terbutalin	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,001	< LOQ	0,001	240000	FASS, 2007
N02AX02	27203-92-5	Tramadol	2,0	1,3	1,7	1,4	1,1	1,7	5000	MST, 2010
N04AA01	144-11-6	Trihexyphenidyl	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ		
J01EA01	738-70-5	Trimetoprim	5,8	3,9	4,4	4,2	3,6	5,3	16000	FASS, 2011
N06AX16	93413-69-5	Venlavafaxin	0,29	0,20	0,21	0,23	0,20	0,29	900	SFT, 2009
C08DA01	52-53-9	Verapamil	0,003	0,005	0,005	0,002	0,001	0,002	5780	STF, 2009
N05CF02	82626-48-0	Zoldipem	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,006	2200	FASS 2008
N05AF05	53772-83-1	Zuclopenthixol	0,005	< LOQ	0,001	< LOQ	< LOQ	< LOQ		

B I L A G S

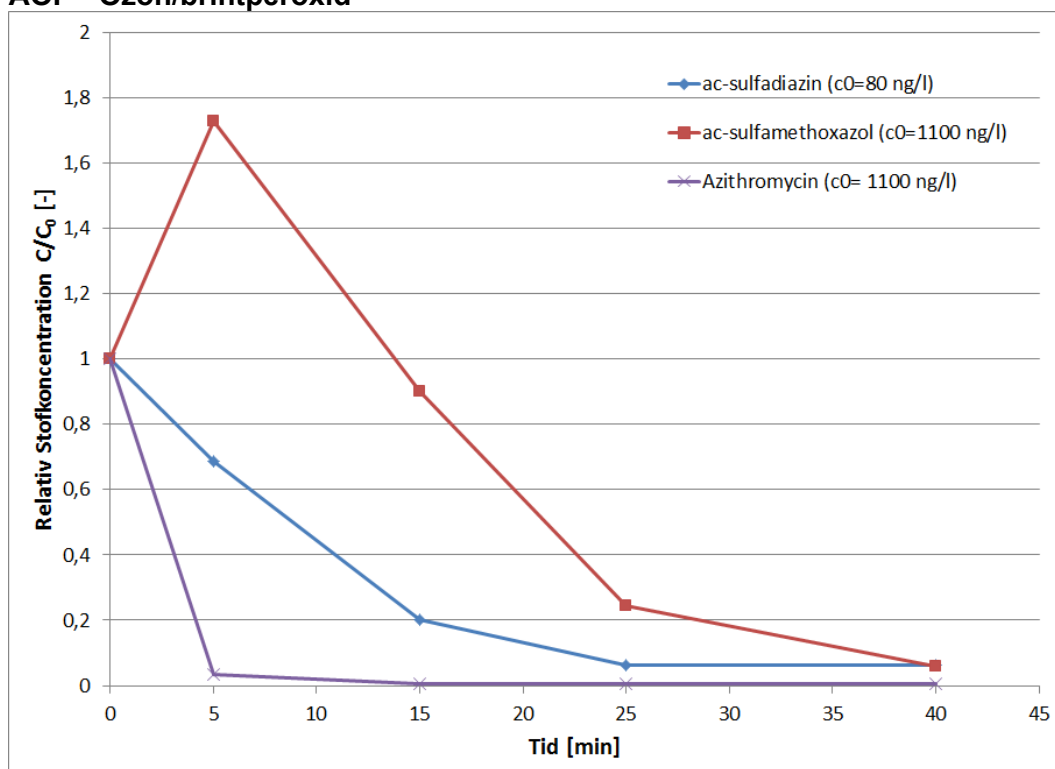
***Figurer med nedbrydning/fjernelsesforløb
for lægemiddelstoffer ved brug af
poleringsteknologier***

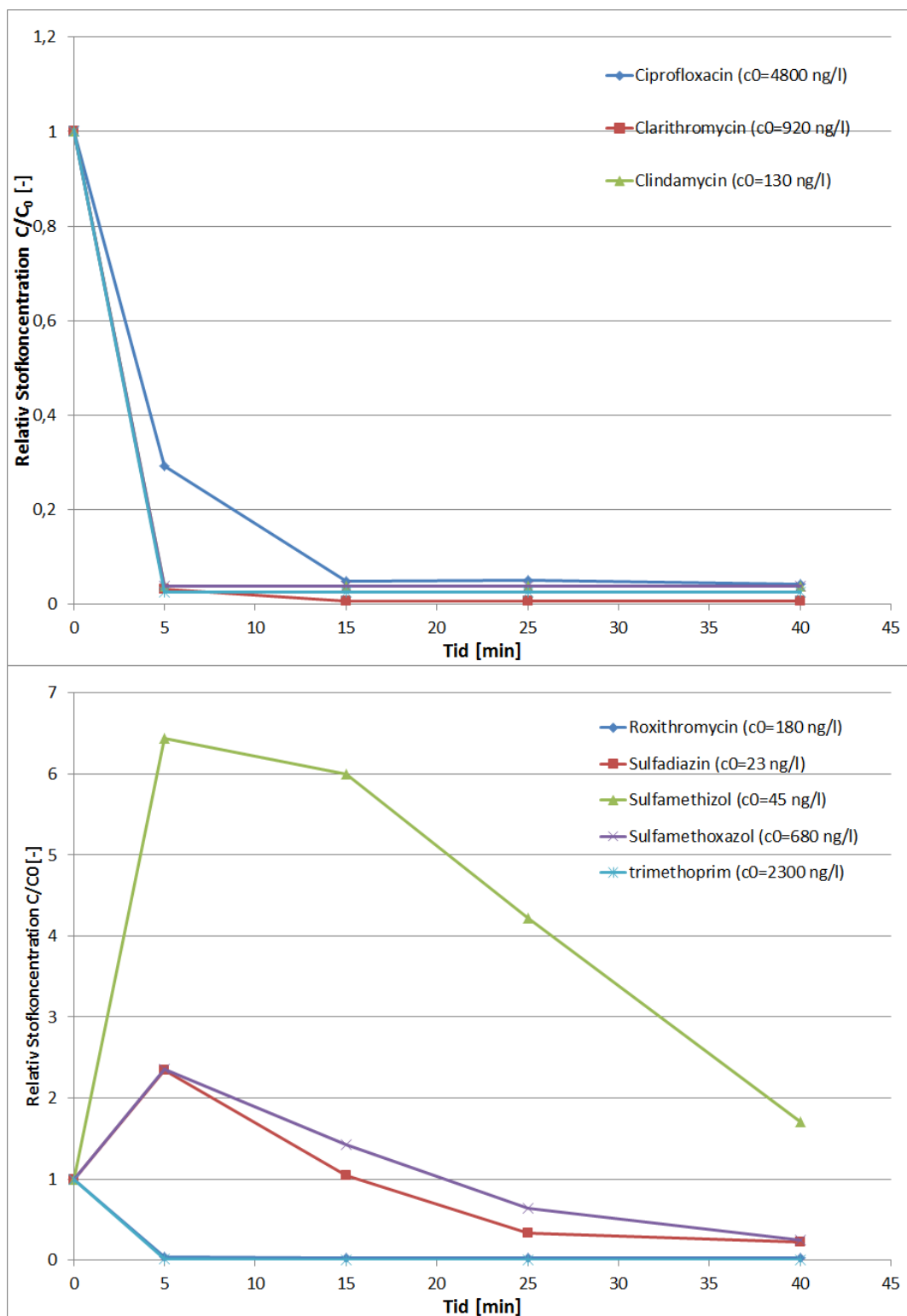
Antibiotika inkl. metabolitter Ozonering



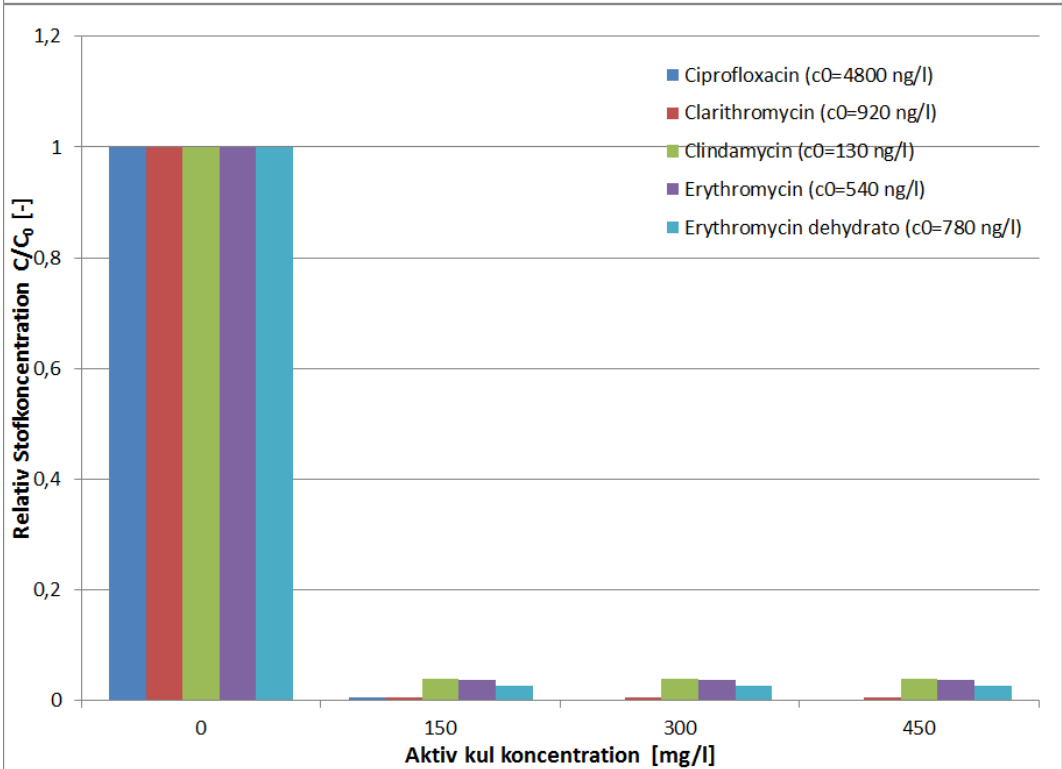
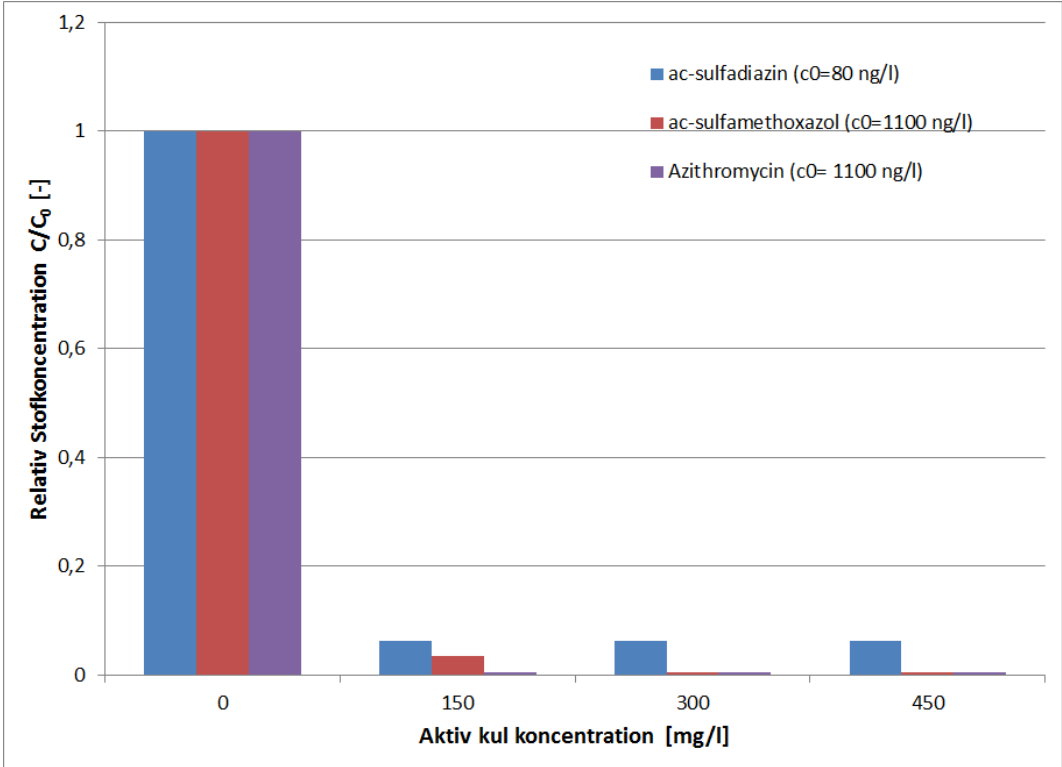


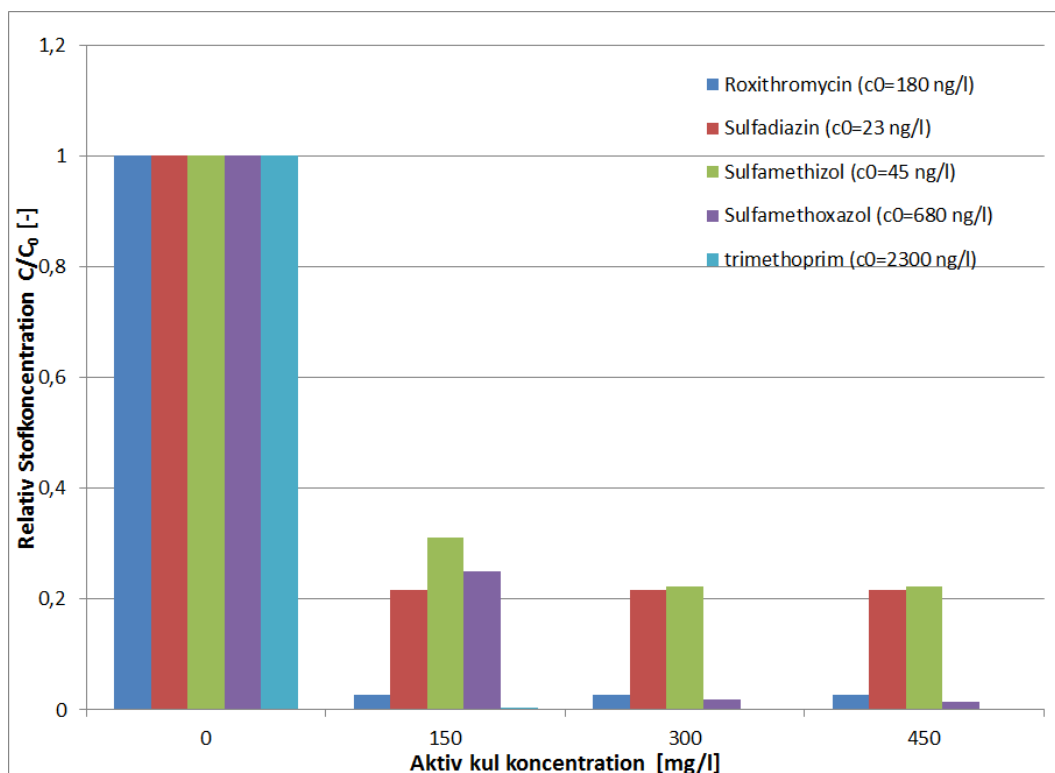
AOP - Ozon/brintperoxid



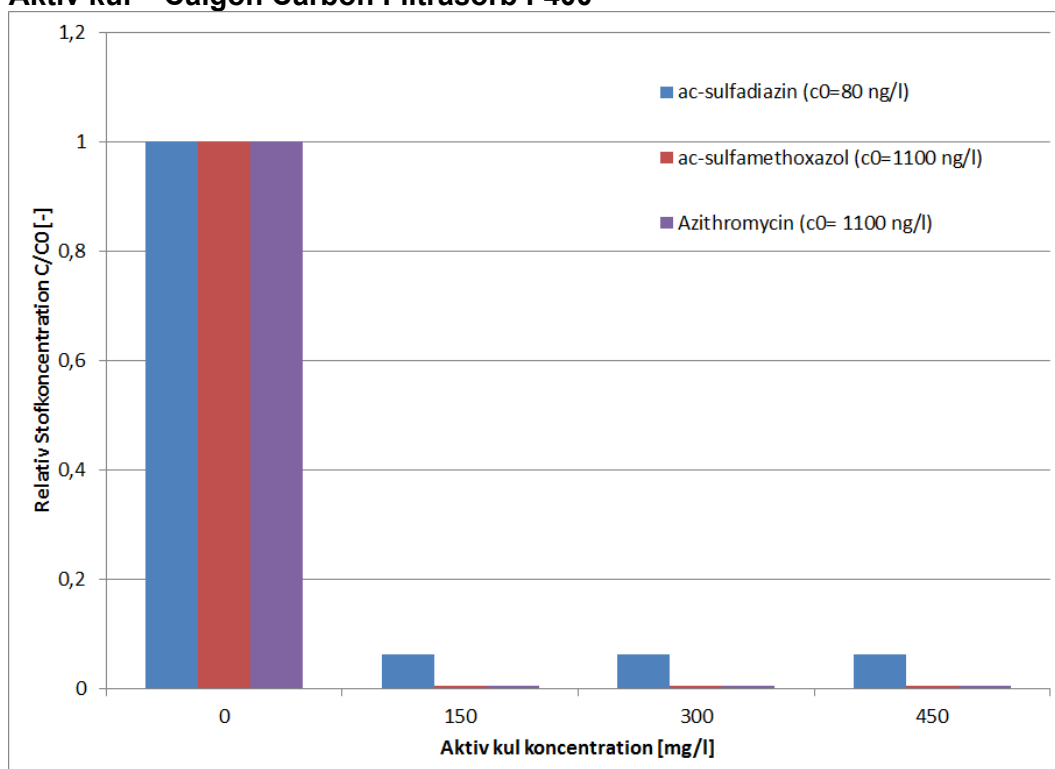


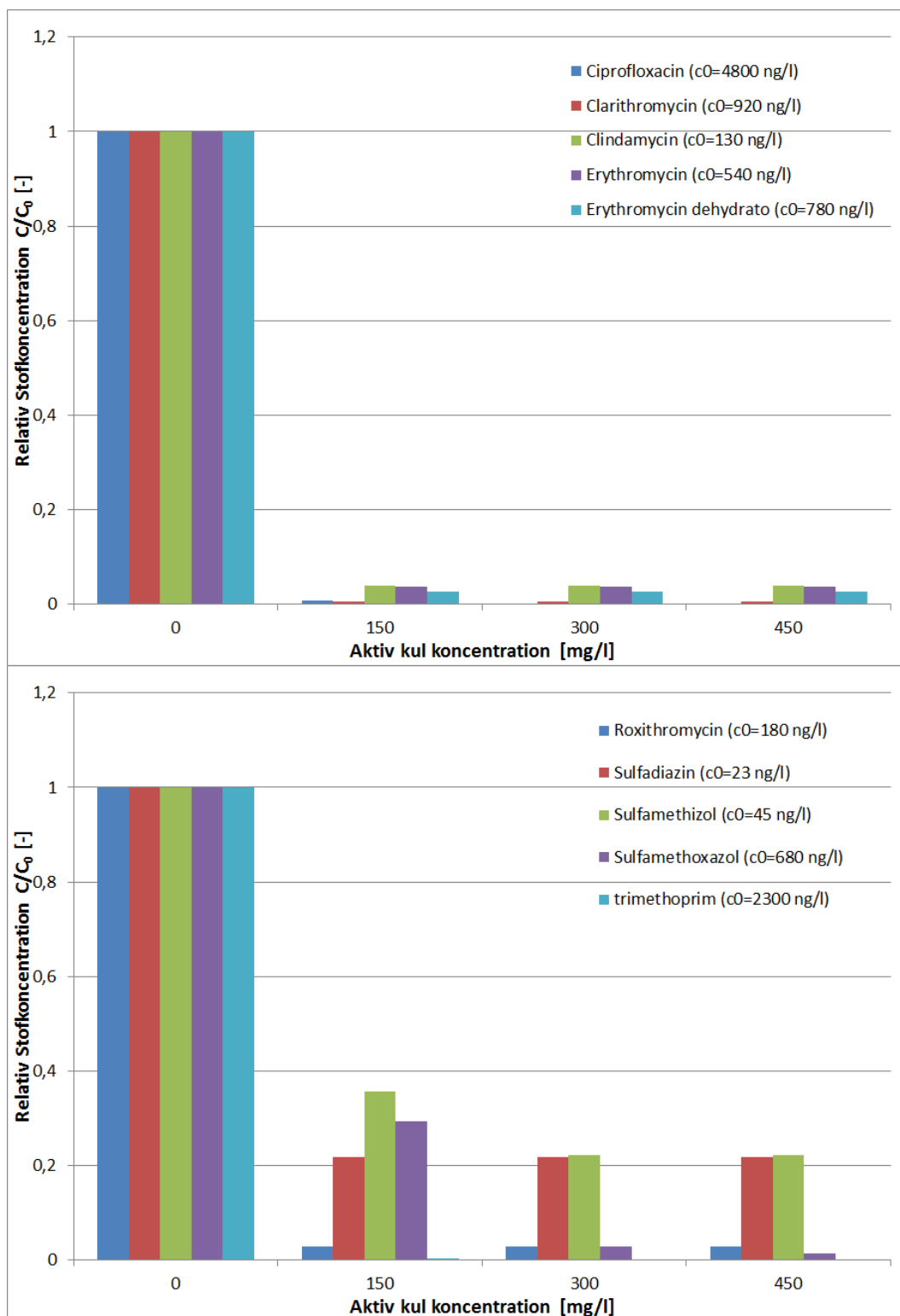
Aktiv kul - Norit 830W



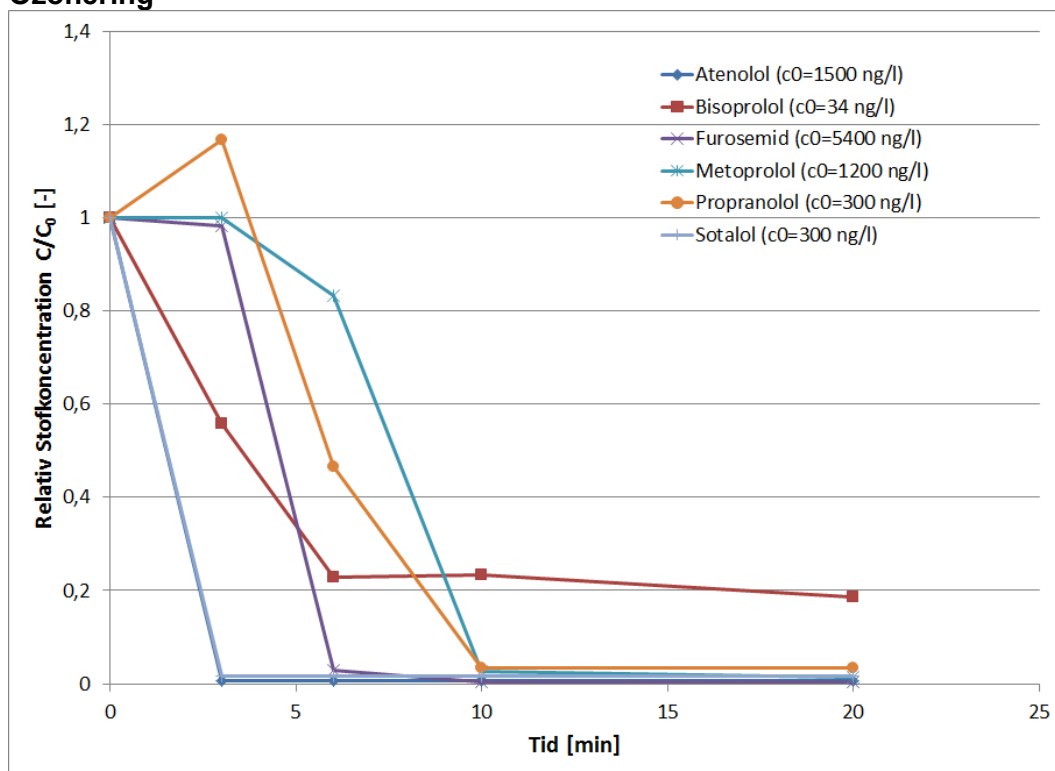


Aktiv kul – Calgon Carbon Filtrasorb F400

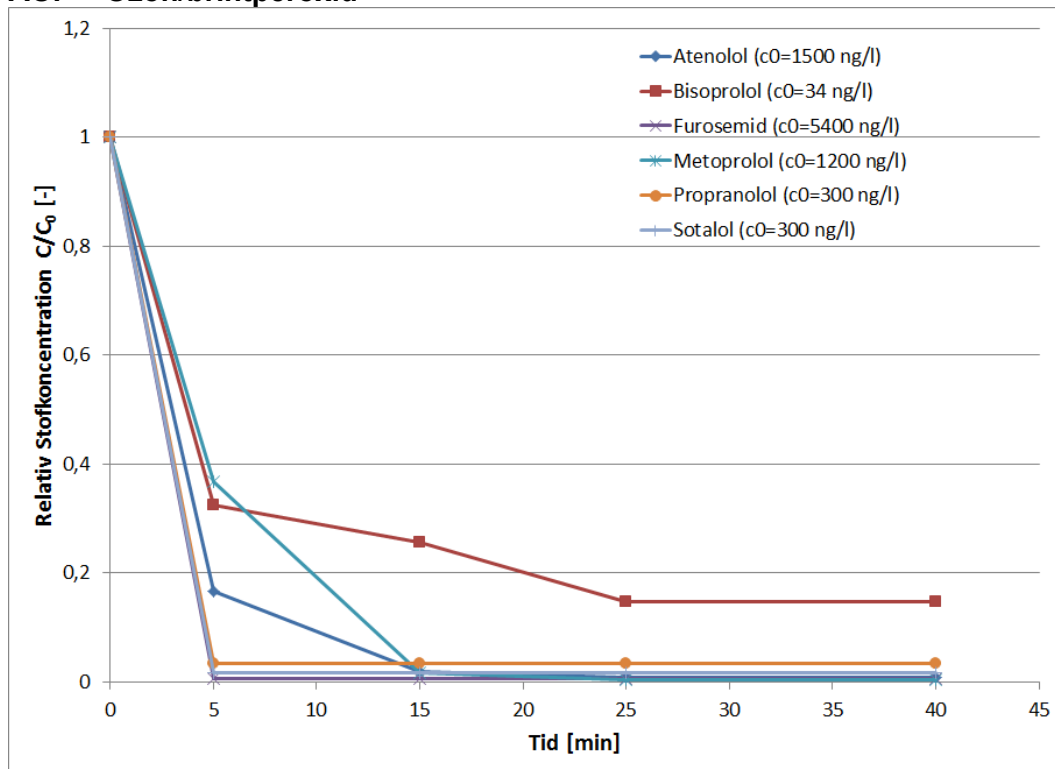




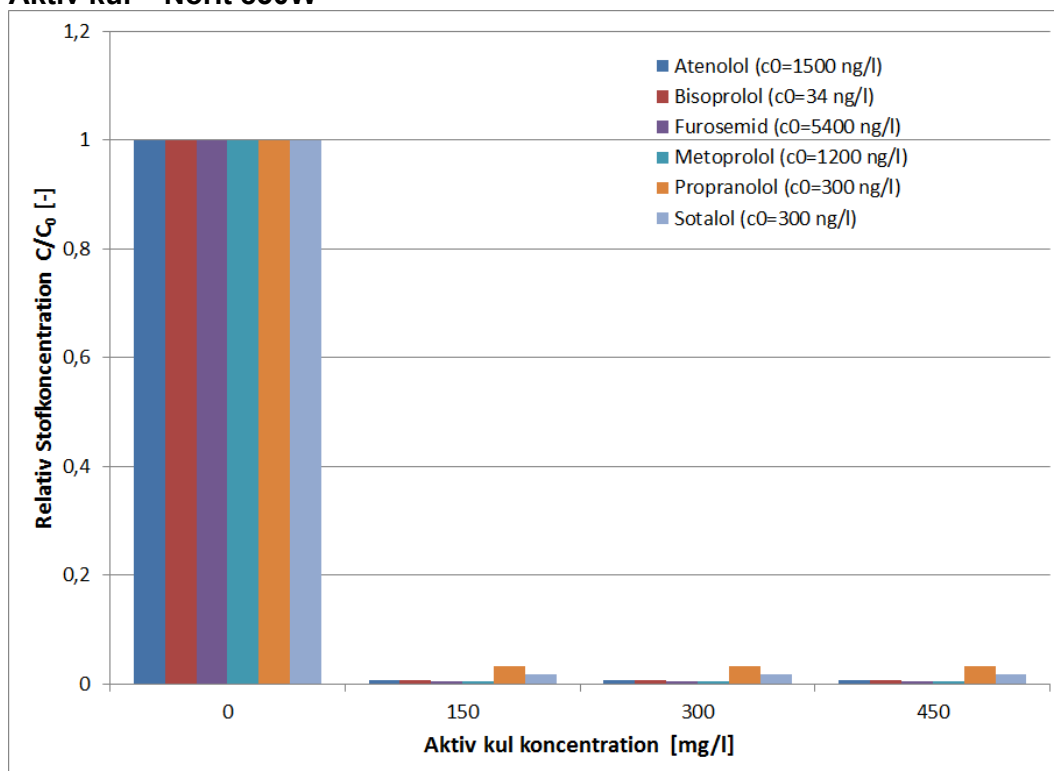
Hjerte/Kredsløb Ozonering



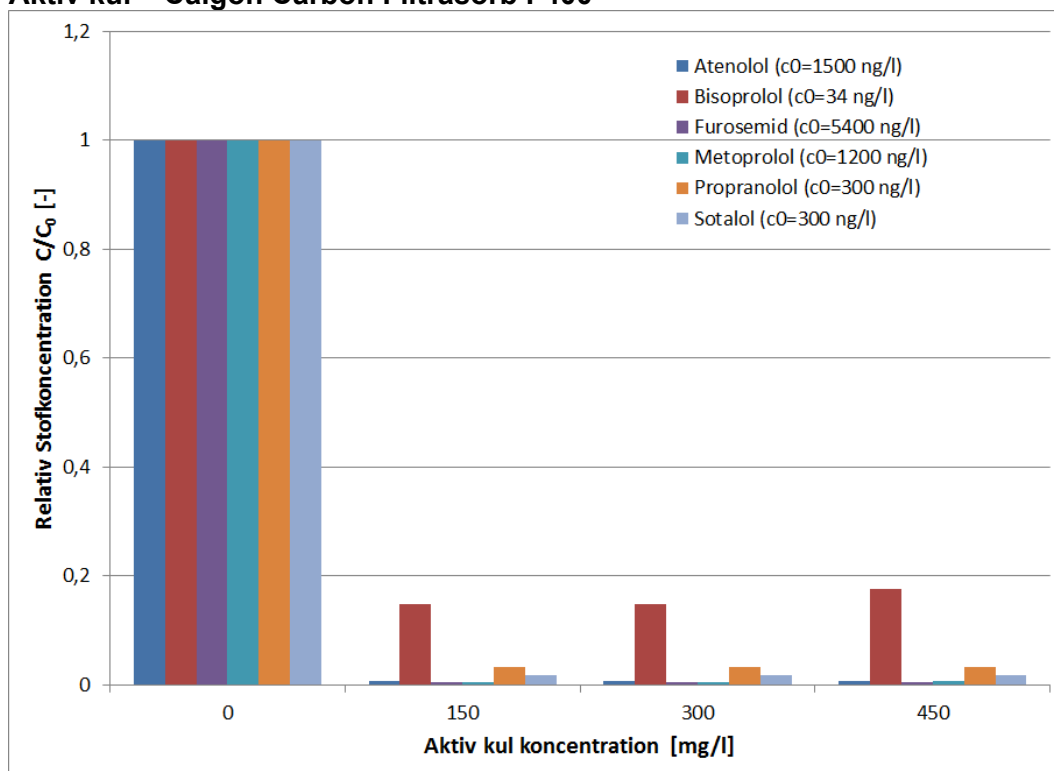
AOP – Ozon/brintperoxid



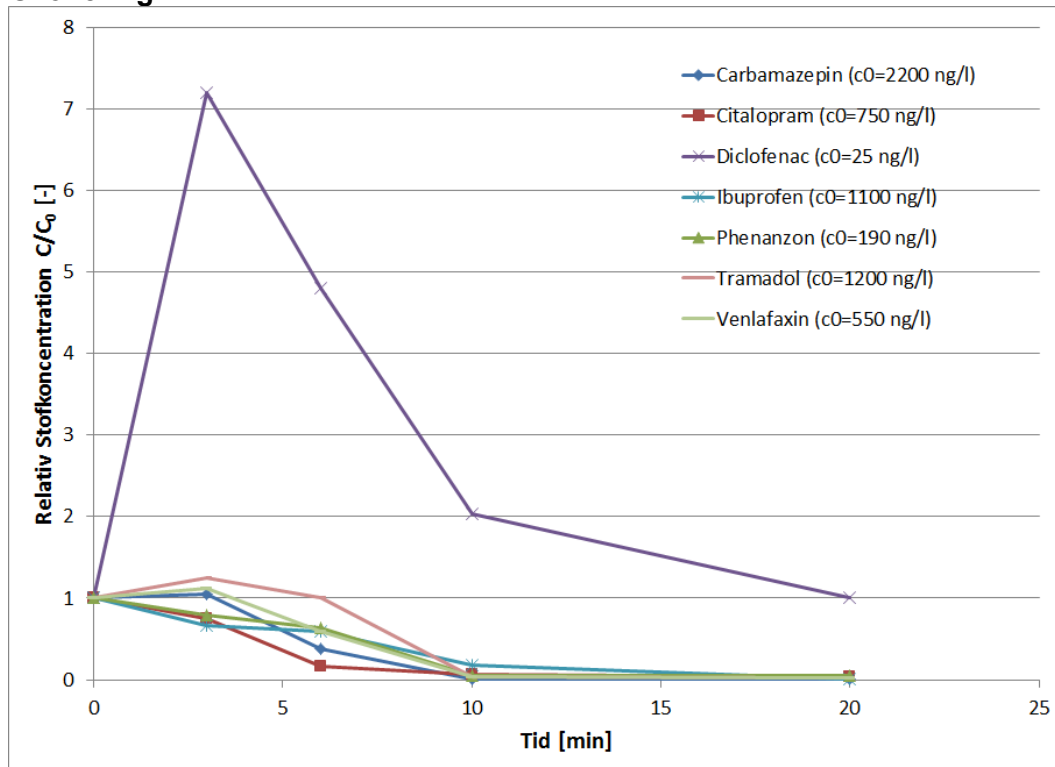
Aktiv kul – Norit 830W



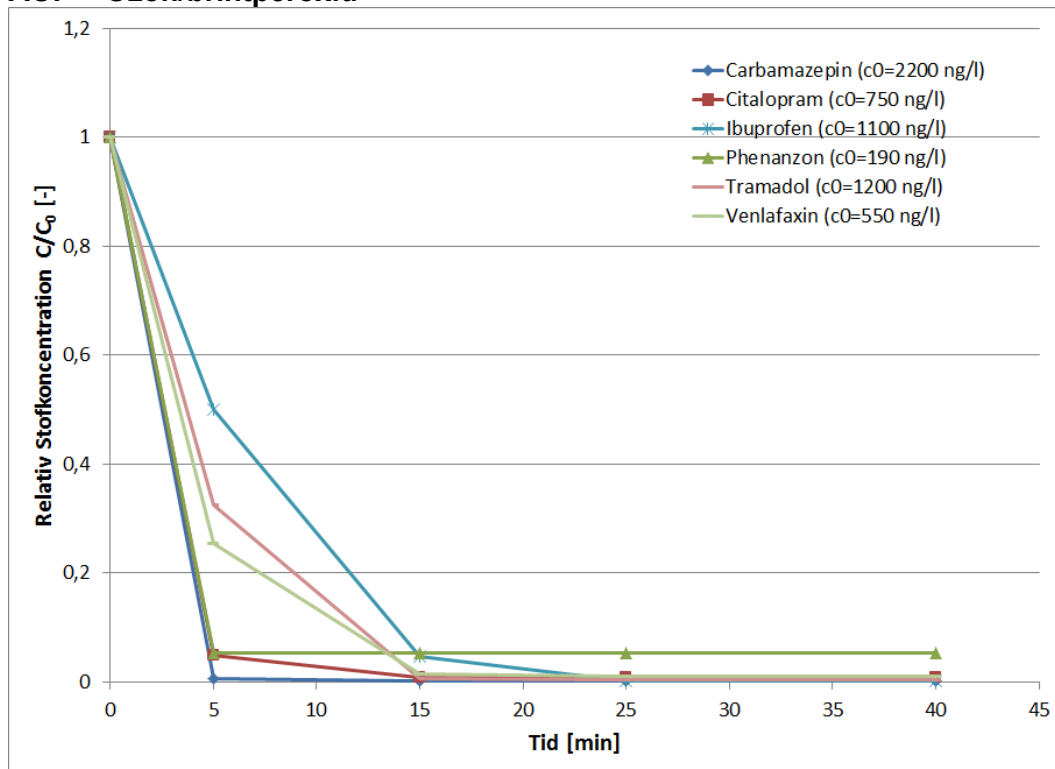
Aktiv kul – Calgon Carbon Filtrasorb F400



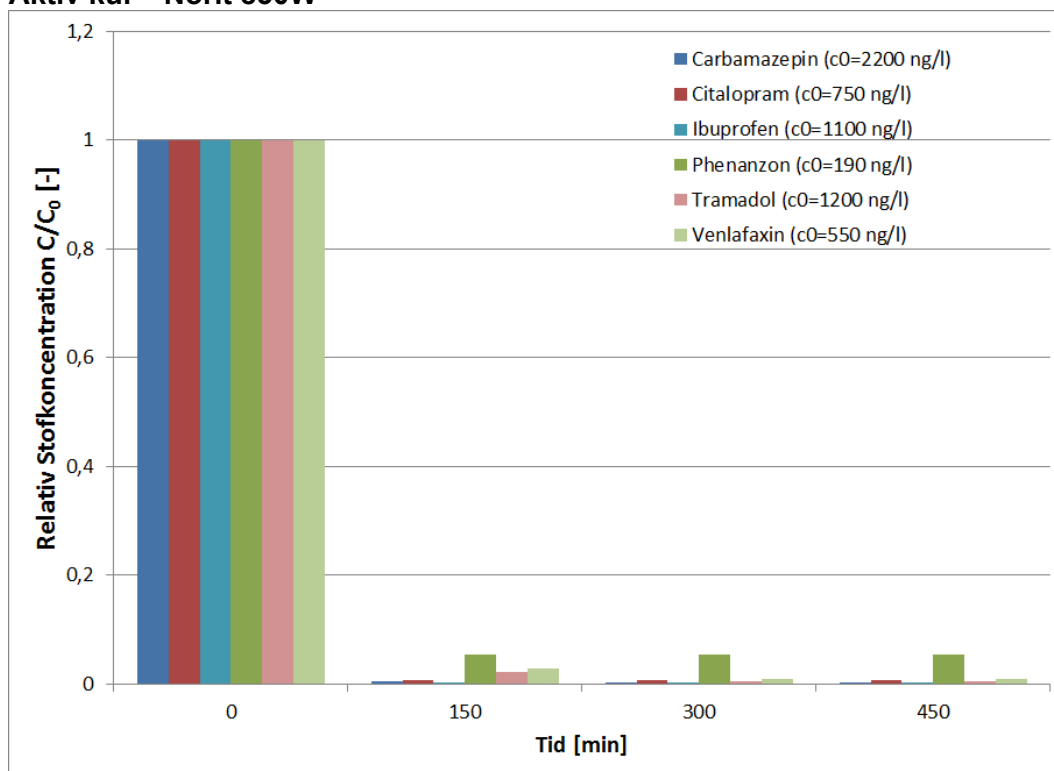
Muskler, led og knogler samt centralnervesystemet Ozonering



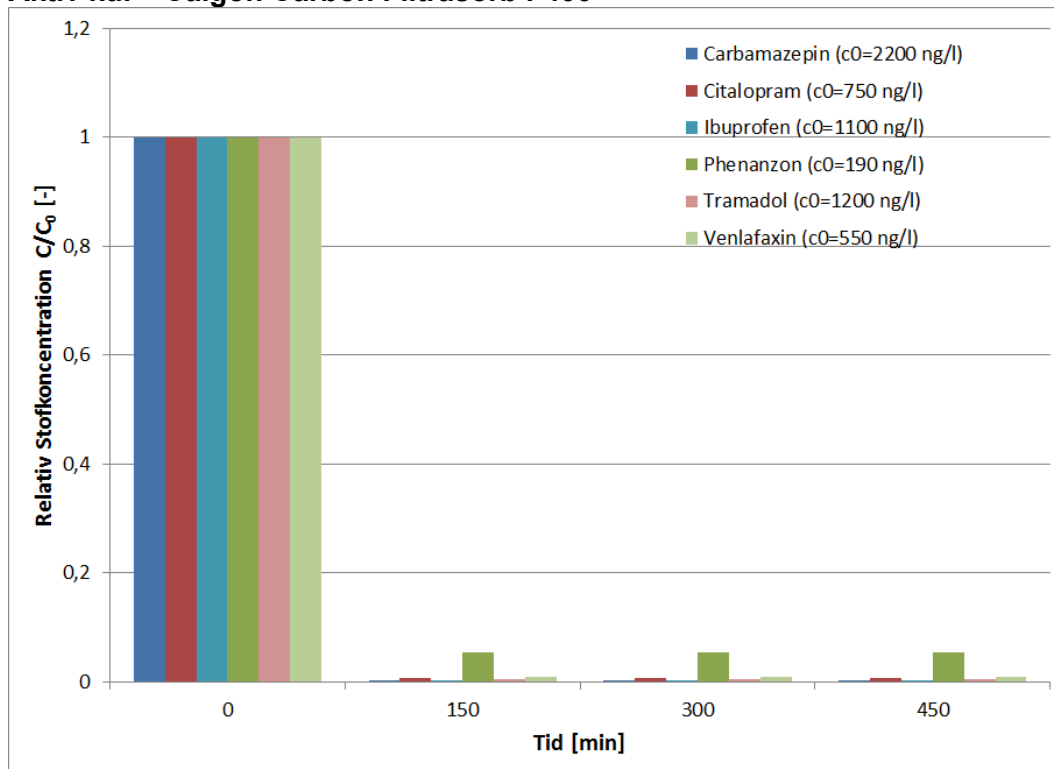
AOP – Ozon/brintperoxid



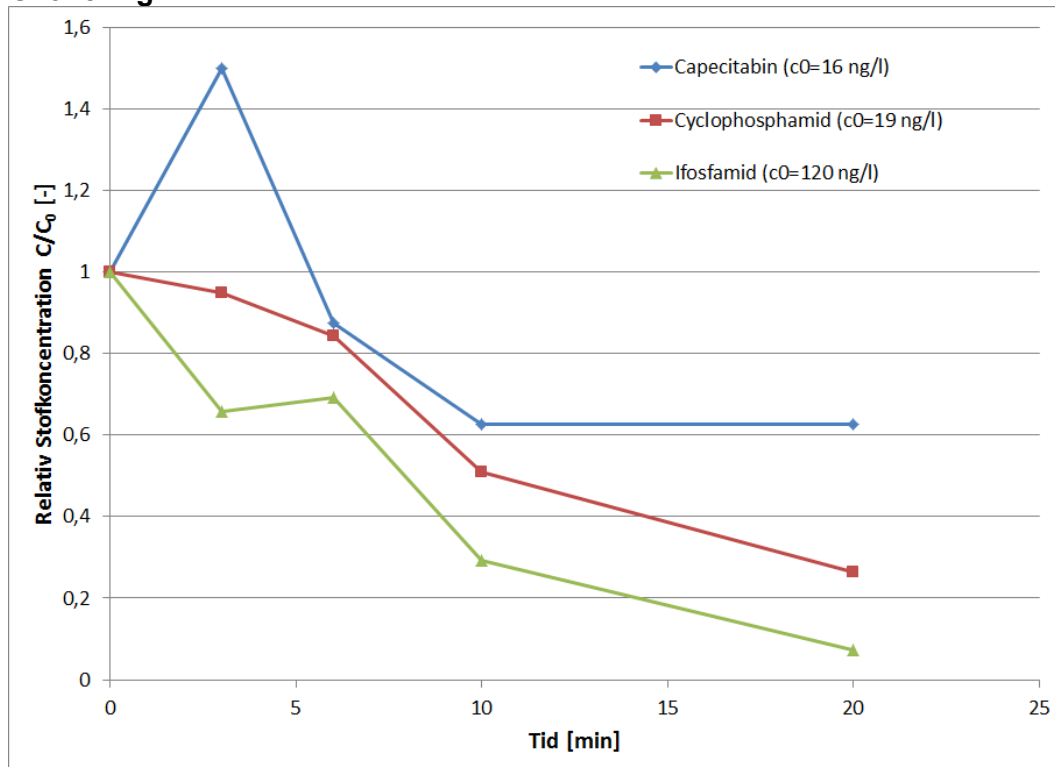
Aktiv kul – Norit 830W



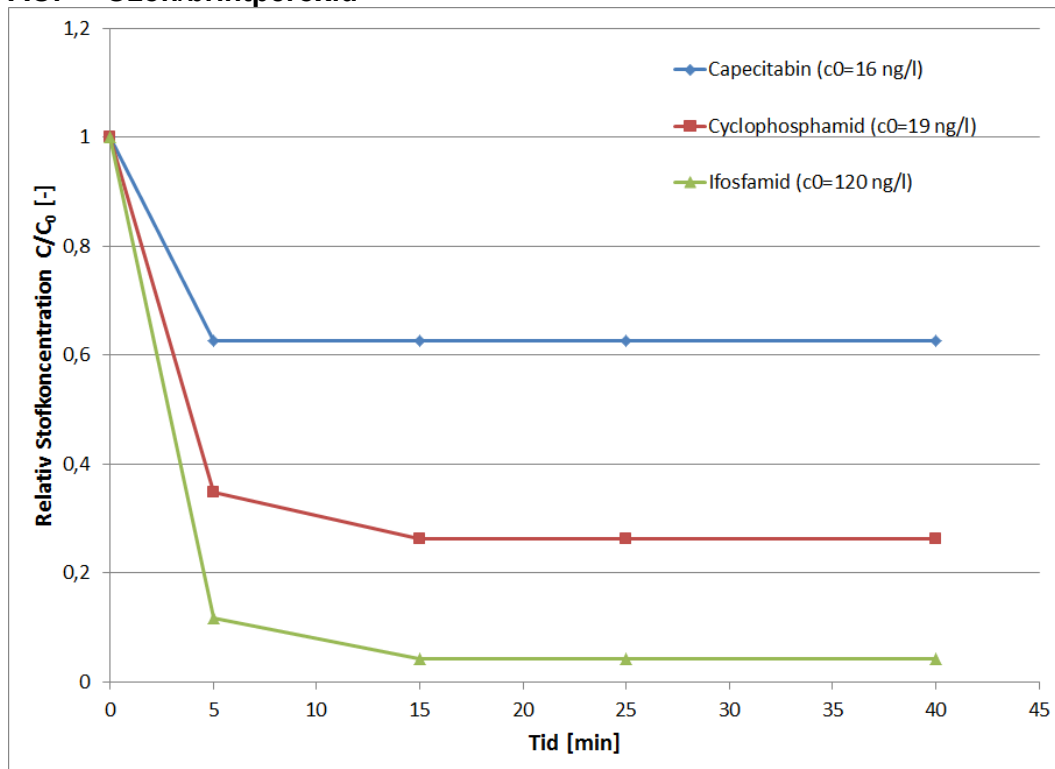
Aktiv kul – Calgon Carbon Filtrasorb F400



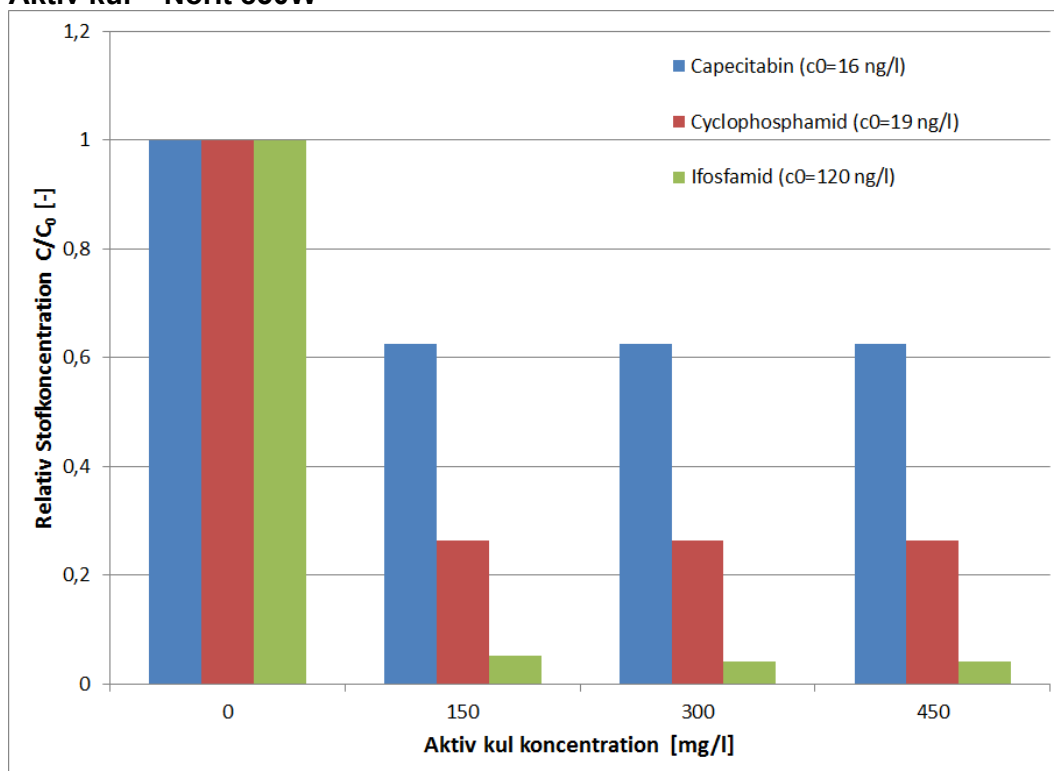
Cytostatika, hormonerapi og østrogen Ozonering



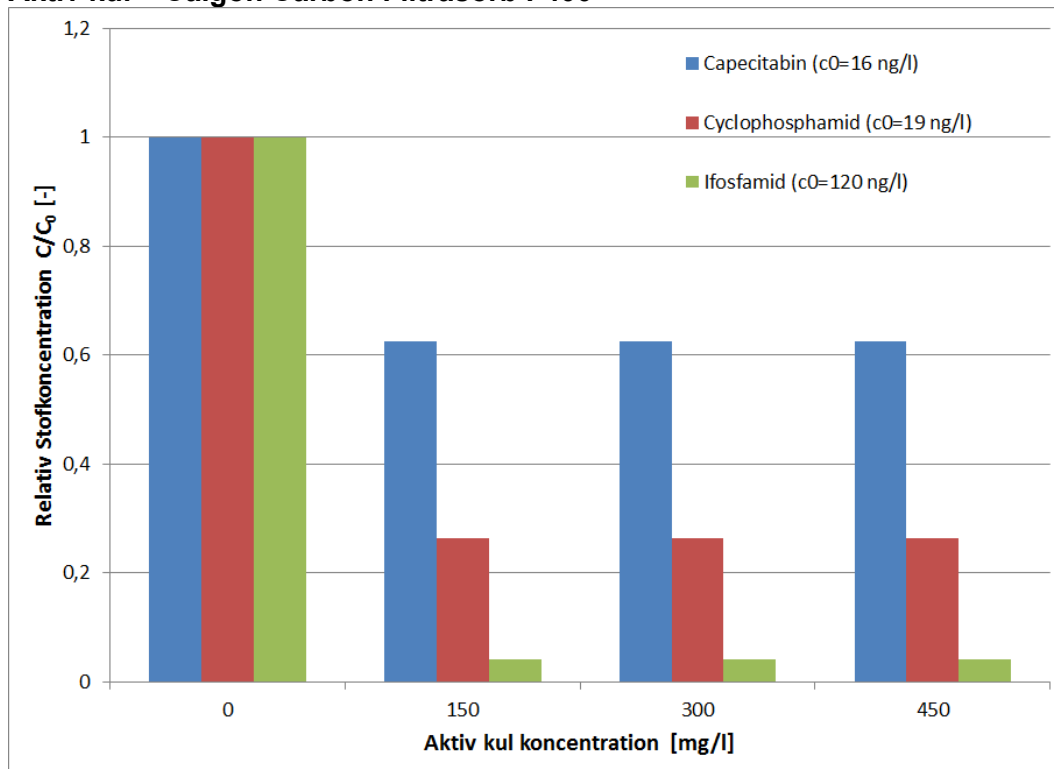
AOP – Ozon/brintperoxid



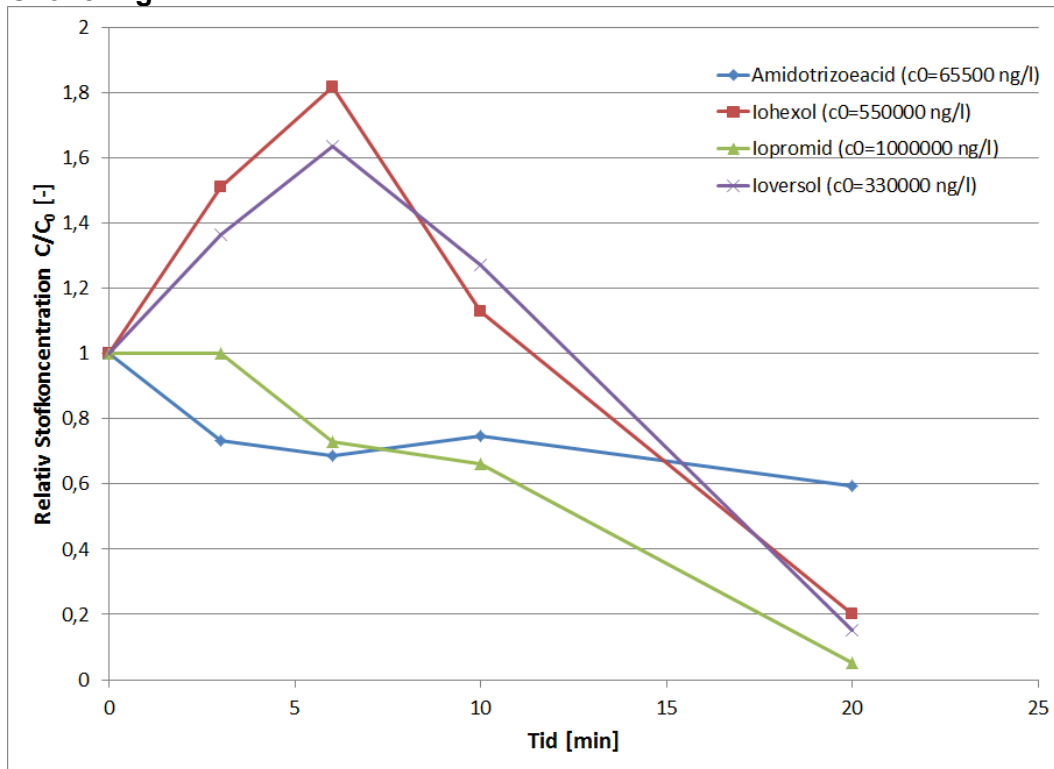
Aktiv kul – Norit 830W



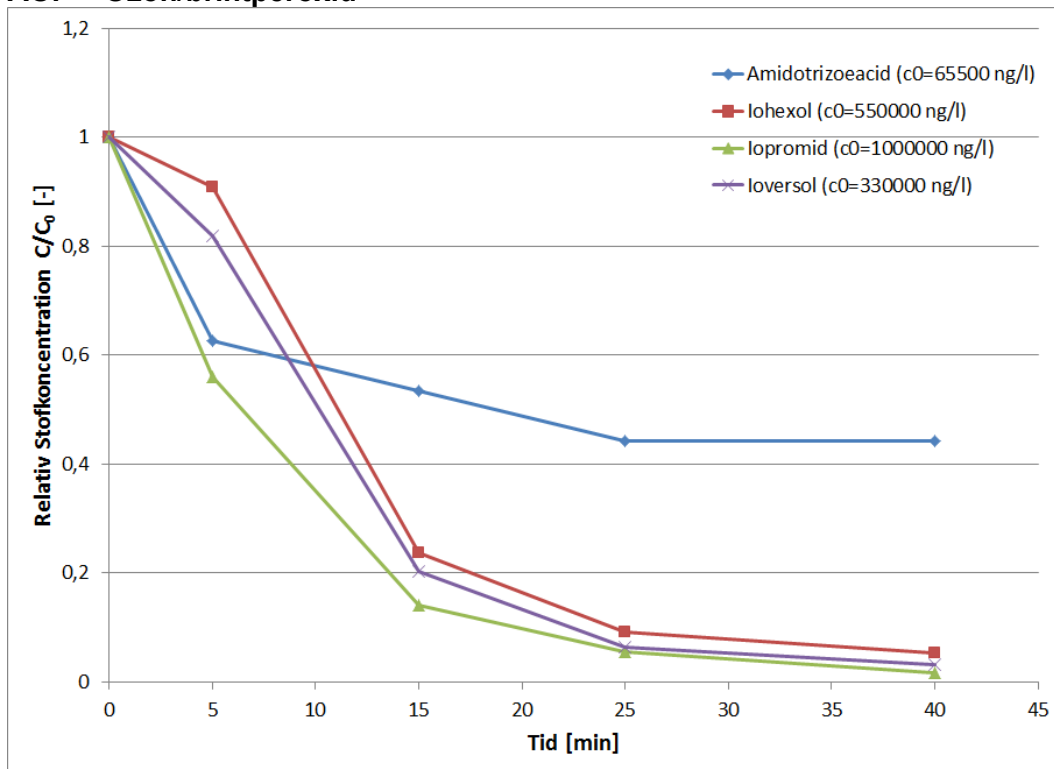
Aktiv kul – Calgon Carbon Filtrasorb F400



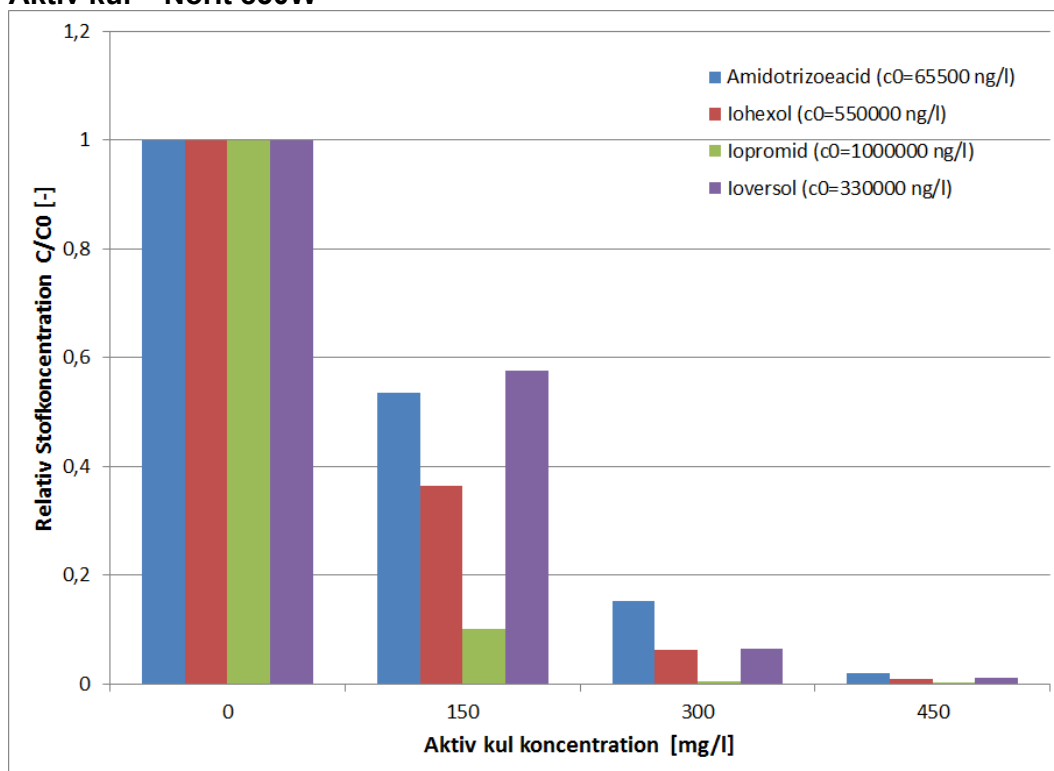
Kontrastmidler Ozonering



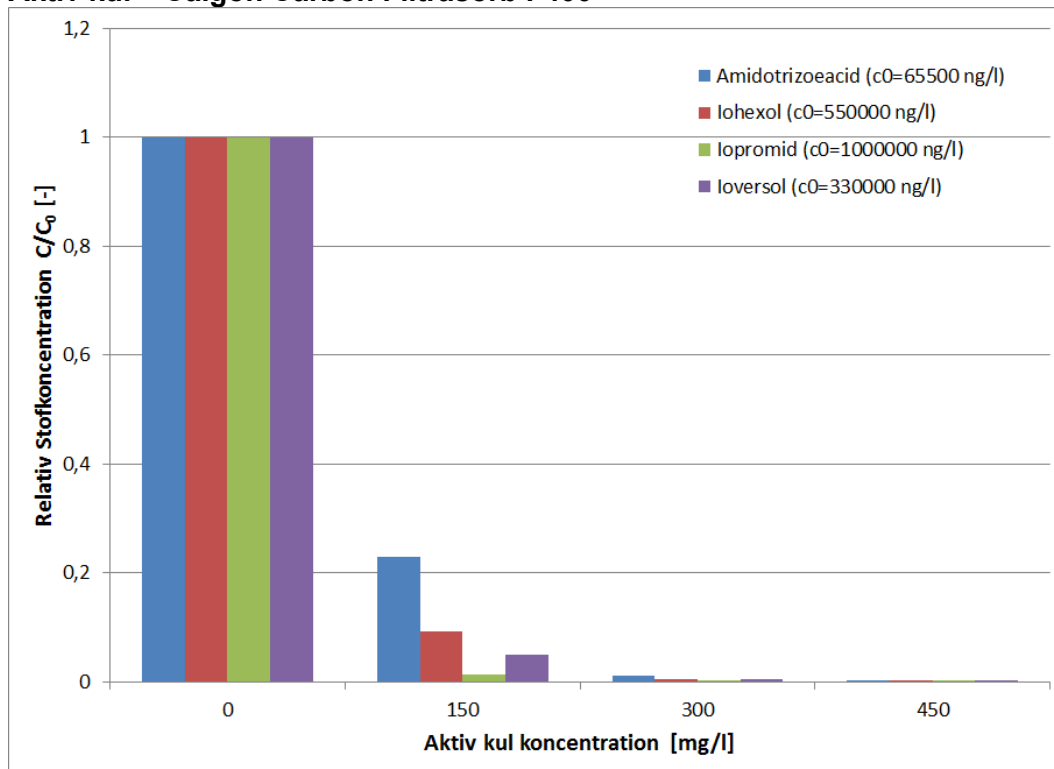
AOP – Ozon/brintperoxid



Aktiv kul – Norit 830W



Aktiv kul – Calgon Carbon Filtrasorb F400





Naturstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø
www.nst.dk