

Miljøprojekt Nr. 786 2003

Undersøgelse for patogener i udvalgte vandværker

Hans-Jørgen Albrechtsen
Danmarks Tekniske Universitet, Miljø og Ressourcer

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

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

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

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 BAGGRUND	11
2 VALGTE MÅLEPARAMETRE	13
2.1 GENERELLE MIKROBIOLOGISKE PARAMETRE	13
2.2 INDIKATORORGANISMER	13
2.3 SPECIFIKKE PATOGENER	14
2.3.1 <i>Campylobacter</i>	14
2.3.2 <i>Salmonella</i>	14
2.3.3 <i>Cryptosporidier</i>	15
2.3.4 <i>Giardia</i>	16
3 DE UNDERSØGTE VANDVÆRKER	19
3.1 VANDBEHANDLING	19
3.2 VANDVÆRKERNE	21
3.2.1 <i>Dolmer Enge vandværk, Grenå Kommune</i>	21
3.2.2 <i>Havdal vandværk, Grenaa Kommune</i>	21
3.2.3 <i>Holmstrupværket, Århus Kommunale Værker</i>	22
3.2.4 <i>Hvidovre kommunale vandforsyning</i>	26
3.2.5 <i>Kingosvej vandværk, Nykøbing-Rørvig Kommune</i>	27
3.2.6 <i>Mørkskov vandværk, Vordingborg kommunale Værker</i>	27
3.2.7 <i>Mårslet Vandværk</i>	28
3.2.8 <i>Odense Vandselskab - Hovedværket</i>	28
3.2.9 <i>Privat vandværk, Sydsjælland</i>	28
3.2.10 <i>Regnemark Vandværk, Københavns Vand,</i>	28
3.2.11 <i>Stenholt vandværk, Hillerød Kommunes Vandværk</i>	29
3.2.12 <i>Vissegård vandværk, Aalborg Kommunes Vandforsyning</i>	29
4 PRØVETAGNING OG ANALYSEMETODER	31
4.1 PRØVETAGNING	31
4.1.1 <i>Udtagne prøver</i>	31
4.1.2 <i>Prøvetagningsprocedure</i>	31
4.2 ANALYSER	32
4.2.1 <i>Udseende, lugt og smag</i>	32
4.2.2 <i>Kimtalsbestemmelse</i>	32
4.2.3 <i>Coliforme og Termotolerante coliforme bakterier</i>	32
4.2.4 <i>Campylobacter jejuni / coli</i>	32
4.2.5 <i>Salmonella</i>	33
4.2.6 <i>Cryptosporidium og Giardia</i>	33
5 RESULTATER OG DISKUSSION	35
5.1 VANDBEHANDLING	35
5.2 VANDKEMI	35
5.3 TEMPERATUR OG VISUEL INSPEKTION	40

5.4	GENEREL MIKROBIEL KVALITET	40
5.4.1	<i>Grundvand</i>	40
5.4.2	<i>Overfladevand</i>	43
5.5	FOREKOMST AF INDIKATORORGANISMER	43
5.5.1	<i>Grundvand</i>	43
5.5.2	<i>Overfladevand</i>	43
5.6	FOREKOMST AF SPECIFIKKE PATOGENER	44
5.6.1	<i>Campylobacter jejuni /coli</i>	44
5.6.2	<i>Salmonella</i>	45
5.6.3	<i>Giardia</i>	46
5.6.4	<i>Cryptosporidium parvum</i>	46
6	KONKLUSION	49
7	REFERENCER	51

Appendix A: Data fra rutineanalyser

Appendix B: Rådata

Forord

Undersøgelsen er finansieret af Vandfonden, der har sekretariat i Miljøstyrelsen.

Undersøgelsen er planlagt i samarbejde mellem Miljøstyrelsen (Linda Bagge og Susanne Rasmussen) og Hans-Jørgen Albrechtsen, Miljø & Ressourcer, DTU. Prøvetagning og analyser er forestået af Rovesta Miljø, med undtagelse af analyserne for protozoer, der er forestået af Danmarks Veterinær Institut (tidligere: Statens Veterinære Serumlaboratorium), og rapporten er skrevet af Hans-Jørgen Albrechtsen, Miljø & Ressourcer, DTU.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe, der bestod af
Solveg Nilsson, Danmarks Private Vandværker
Klaus Kolind-Hansen, Danske Vandværkers Forening
Søren Lind, Københavns Vand
Søren Kolin Hvid, Landbrugets Rådgivningscenter
Hans-Jørgen Albrechtsen, Miljø & Ressourcer, DTU
Linda Bagge, Miljøstyrelsen
Susanne Rasmussen, Miljøstyrelsen

Der har været afholdt 2 møder i styregruppen, og deltagerne takkes for deres deltagelse.

Desuden takkes de involverede vandværker og deres administrationer for deres positive medvirken i undersøgelsen. Et enkelt vandværk har foretrukket at forblive anonymt, hvilket er blevet imødekommet.

Sammenfatning og konklusioner

Formålet har været at undersøge forekomsten af en række udvalgte patogener i henholdsvis råvand og færdigtbehandlet drikkevand i en række vandværker. Det har ikke været hensigten at lave en repræsentativ undersøgelse af dansk vandforsyning, men i stedet at søge efter områder med den største forventede risiko. Derfor har undersøgelsen omfattet analyser af råvandsprøver, og ikke kun prøver af færdigtbehandlet drikkevand. Ubehandlet overfladevand (råvand) er inkluderet i undersøgelsen for at belyse overfladevands mikrobielle kvalitet.

Der blev udvalgt 12 danske vandværker, der blev beskrevet med hensyn til vandbehandling: fra slet ingen, over traditionel simpel vandbehandling med beluftning og sandfiltrering, over videregående vandbehandling, der inkluderede aktiv kul-filtrering og UV-bestråling til kemisk-mikrobiologisk vandbehandling af overfladevand. Vandværkernes indvindingsområder er kort beskrevet geologisk med henblik på at vurdere beskyttelsesgraden af grundvandsmagasinerne, der var meget varierende: fra 0,5 m muld over et kalkmagasin til 46 meter moræneaflejring over magasinet. Vandværkerne repræsenterede forskellige størrelser fra produktioner under 4.000 m³/år til 83 forbrugere op til 3.204.000 m³/år med forsyning til ca. 30.000 indbyggere. Vandværkerne repræsenterede også forskellige vandtyper: fra aerobe magasiner, til anaerobe magasiner med vandtyper, hvor der skulle fjernes metan, svovlbrinte, ammonium, jern og mangan. Disse stoffer udgør et potentiel mikrobielt substrat, og det ville derfor være forventeligt, at der er kraftig mikrobiel aktivitet i sandfiltrene.

Undersøgelsen viste, at to vandværker, der oppumpede vand fra aerobe magasiner, havde forhøjede nitratindhold. Dette indikerede, at disse grundvandsmagasiner er påvirkede af landbrugsdrift, og at der dermed er en vis risiko for overfladekontakt. I fire vandværker var der påvist pesticidforurening, hvilket også indikerede at transporten mellem overflade og grundvandsmagasin var relativt hurtig.

På to af de undersøgte vandværker var der markante mikrobielle problemer mht. kimtal 21°C og kimtal 37°C i det behandlede vand. Generelt forekom de højere kimtal på vandværker med stærkt reduceret, anaerobt råvand med metan og svovlbrinte. UV-behandlingen på det ene af disse værker var ikke tilstrækkeligt til at reducere de forhøjede kimtal.

Råvandet til overfladevandværket (søvand) var generelt mere mikrobielt forurennet end grundvandsprøverne, idet der i alle søvandsprøverne var coliforme bakterier. Desuden var der termotolerante coliforme i 6 ud af 7 prøver. I de øvrige prøver blev der påvist coliforme bakterier i 1 af de 35 undersøgte grundvandsprøver og i 1 af 46 undersøgte rentvandsprøver.

Der blev hverken påvist *Campylobacter jejuni* /*coli* eller *Salmonella* i nogen af de undersøgte prøver, hverken i de 7 søprøver, de 35 grundvandsprøver eller i de 37 rentvandsprøver.

Giardia blev påvist i 5 af de 7 undersøgte søprøver. Der blev påvist mellem 5 og 24 cyster pr 10 L. *Giardia* blev ikke påvist i nogen af de 30 undersøgte rentvandsprøver. I de 31 undersøgte grundvandsprøver blev *Giardia* kun påvist i 1 prøve (3 cyster pr 10 L). Der blev ikke fundet *Giardia* i en efterfølgende analyse af en vandprøve udtaget samtidigt med den positive prøve eller i en efterfølgende omprøve.

Cryptosporidium parvum blev påvist i 2 af de 7 undersøgte søprøver, dvs. i 2 ud af 5 prøvetagningsrunder (2 oocyster pr 10 L). *Cryptosporidium parvum* blev hverken påvist i de 31 undersøgte grundvandsprøver, i nogen af de 30 undersøgte rentvandsprøver, eller i nogen af de yderligere udtagne 7 grundvandsprøver.

Afsluttende kan det konkluderes, at på baggrund af op til 80 grundvands- og drikkevandsprøver indsamlet på 4 prøvetagningsrunder fordelt over året fra 12 vandværker, hvor der forventedes størst risiko for mikrobiel forurening, er der i denne undersøgelse ikke påvist nogen af undersøgte patogener.

Summary and conclusions

The purpose was to investigate the occurrence of selected pathogens in untreated and treated drinking water from a number of waterworks. The intention was merely to search for investigation areas with a high risk for occurrence of the pathogens than investigating waterworks representative for Danish water supply. Surface water was included to elucidate the microbial quality of surface waters as a raw water source.

Twelve waterworks were selected, and the principle in their water treatment process was described in each case. The treatment ranged from no treatment, over traditional, simple water treatment including aeration and rapid sand filtration, over advanced water treatment including granular activated carbon filtration and UV-radiation to chemical-microbial treatment of surface water. The catchment area for each waterworks was described briefly geologically, and the degree of protection of the aquifers ranged from less than 0.5 m above a chalk aquifer to a 46 m moraine till above the aquifer. The production of the waterworks varied from less than 4,000 m³/year with 83 consumers to 3,204,00 m³/year supplying 30,000 persons. The water types also varied: from aerobic aquifers to anaerobic aquifers with methane, sulphide, ammonia, iron or manganese water, which should be removed from the water. Since these compounds are excellent substrates for microorganisms, high numbers were expected in the water supplies.

Two of the waterworks abstracted aerobic water, with elevated concentrations of nitrate, which indicated influence from agricultural activity. Four of the waterworks abstracted groundwater contaminated by pesticides, which also indicated a certain risk for contact with the surface.

At least two waterworks had substantial microbial problems (heterotrophic plate count at 21°C and 37°C in the treated water). Generally, the elevated bacteria concentrations occurred at waterworks with strongly reduced raw water with methane and sulphide. UV-radiation at one of the waterworks seemed insufficient to control the microbial growth.

Generally were the surface water samples more microbial contaminated than the groundwater samples, because coliform bacteria were detected in all the surface water samples, including thermotolerant coliform bacteria in 6 out of 7 samples. Thermotolerant coliform bacteria were only detected in one of the investigated 35 groundwater samples and only in one out of the 46 investigated drinking water samples.

Campylobacter jejuni /*coli* or *Salmonella* were not detected in any of the samples.

Giardia was found in 5 out of 7 investigated surface water samples (4-5 cysts pr. 10 L), but not in any of the drinking water samples. *Giardia* was found in 1 out of 31 groundwater samples, but neither a subsequent analysis of a water sample collected together with the positive sample nor analysis of samples collected later found *Giardia*.

Cryptosporidium parvum was found in 2 of the 7 surface water samples (2 oocysts pr 10 L), but not in any of the other samples.

In conclusion: None of the investigated pathogens were found in any of the investigated 80 groundwater and drinking water samples, collected during 4 sampling rounds during the year from 12 waterworks with suspected microbial problems.

1 Baggrund

Dansk vandforsyning adskiller sig fra mange andre landes vandforsyninger, idet drikkevandet i Danmark kun i få tilfælde desinficeres. Dette skyldes, at der stort set kun indvindes grundvand, og infiltrationen ned gennem jordlagene antages at udgøre en effektiv hygiejnisk barriere. Udeladelse af desinfektion stiller imidlertid særligt store krav til overvågningen af drikkevandet, idet kun analyser kan give vished for, at drikkevandet ikke er forurenet. For at give denne tryghed er det imidlertid nødvendigt at analysere for relevante parametre, og på nuværende tidspunkt er der ringe viden om den generelle forekomst af mikrobielle patogener i drikkevandet.

Gennem de senere år er antallet af *Salmonella*- og *Campylobacter*-infektioner steget, og selv om der er etableret meget omfattende handlingsplaner for at reducere disse problemer, er der stadig en del tilfælde, hvor infektionen ikke umiddelbart kan påvises at skyldes levnedsmiddelforurening. Det har således ikke været muligt at udelukke, at drikkevand i et vist omfang har været årsag til disse sygdomstilfælde.

Således er der registreret i hvert fald et tilfælde i Danmark med drikkevandsbåren smitte af *Campylobacter jejuni* i forbindelse med en forurening med kloakvand ved Klarup, hvor 1600 personer blev påvirket (Laursen et al., 1994). I USA er der rapporteret et sygdomsudbrud forårsaget af *Salmonella*, der omfattede 25.000 tilfælde, og hvor smitekilden var en kommunal vandforsyning, der leverede ikke-kloret vand (Benenson, 1995).

Der er i USA registreret en række organismer, der potentielt kan være vandbårne patogener: *Mycobacterium avium complex*, *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli* O157, vira, og protozoer som *Microsporidia*, *Cyclospora*, (Committee Report, 1999a,b) samt forskellige svampe.

Protozoerne *Cryptosporidium* og *Giardia* kan være årsag til vandbårne sygdomsudbrud. Således blev 403.000 personer i Milwaukee i USA i 1993 inficeret med *Cryptosporidium parvum* fra drikkevand på grund af utilstrækkelig vandbehandling på et af byens vandværker, der indvinder overfladevand fra Lake Michigan (MacKenzie et al., 1994).

Der er ringe viden om forekomsten af protozoer (*Cryptosporidium* og *Giardia*) i dansk drikkevand. Da protozoer er relativt nyligt erkendte patogener i Danmark, er analysefaciliteter til rutineanalyse for protozoer i drikkevand under opbygning og endnu ikke fuldt etablerede.

Formålet med undersøgelsen har været at undersøge forekomsten af en række udvalgte patogener i henholdsvis råvand og færdigtbehandlet drikkevand i en række vandværker.

Det har ikke været hensigten at lave en repræsentativ undersøgelse af dansk vandforsyning, men i stedet at søge efter områder med den største forventede risiko. Dette er grunden til, at undersøgelsen omfatter analyser af råvandsprøver, og ikke kun prøver af færdigtbehandlet drikkevand. Overfladeråvand er inkluderet i undersøgelsen for at belyse den mikrobielle

belastning af overfladevandværket. Desuden har det været hensigten at få en indikation af, om der var forskel igennem året, om fx perioder med stor infiltration øgede risikoen for forekomst af patogener.

2 Valgte måleparametre

Det har ikke været muligt at måle for samtlige potentielt patogene mikroorganismer, så derfor er der udvalgt: 1) dels parametre til at beskrive den generelle mikrobielle population, 2) dels indikatororganismer, hvis eventuelle tilstedeværelse indikerer, at den pågældende prøve har været forurenet med overfladevand eller fækalier, 3) dels nogle specifikke patogener, der skønnes at udgøre en særlig risiko.

2.1 Generelle mikrobiologiske parametre

Ved hjælp af generelle mikrobiologiske parametre, som fx kimtal, måles størrelsen af hele den mikrobielle population eller dele af den, fx i form af antallet af bakterier, og formålet med disse målinger er derfor ikke at måle bestemte grupper eller bestemte arter af mikroorganismer. De generelle mikrobiologiske parametre giver udtryk for den mikrobielle kvalitet, og forhøjede værdier kan være et udtryk for en forurening med organisk stof eller med overfladevand.

Standardmæssigt måles der for kimtal bestemt ved 21°C og ved 37°C, der bestemmer antallet af aerobe, heterotrofe bakterier. Disse bakterier kan give æstetiske problemer, men er generelt ikke patogene i sig selv, selv om visse (fluorescerende) Pseudomonader kan være potentielt patogene. For at få et indtryk af forekomsten af fluorescerende Pseudomonader undersøges agarpladerne til bestemmelse af kimtal ved 21°C, også for fluorescerende kolonier.

Forhøjede kimtal kan øge muligheden for overlevelse af patogener. Kimtal bestemt ved 37°C indikerer ofte forurening i forbindelse med installationer og lignende.

2.2 Indikatororganismer

Indikatororganismer er organismer, der ikke er patogene, men som kan indikere en sandsynlighed for forekomst af patogene organismer. Det er næppe muligt at analysere for alle patogener i en vandprøve, og nogle organismer (fx vira) er det vanskeligt at analysere for. Derfor analyseres for indikatororganismer, og hvis de er tilstede, er der en vis sandsynlighed for, at prøven har været udsat for forurening, fx fækal forurening.

Der er undersøgt for coliforme bakterier og ved positive fund af disse organismer er der også analyseret for termotolerante coliforme, der i højere grad indikerer en fækal forurening.

2.3 Specifikke patogener

2.3.1 *Campylobacter*

Bakterien *Campylobacter* kan via levnedsmidler og vand overføres fra dyr til mennesker og forårsage tarminfektion i form af diarré, feber og opkastning. Komplikationer i form af tyfus-lignende sygdom eller reaktive ledforandringer kan forekomme, men mange infektioner forløber uden symptomer. Inkubationstiden er ofte 2 - 5 dage, nu og da op til 10 dage afhængig af dosis (Gray, 1994; WHO, 1996).

Campylobacter regnes i dag for at være en af de hyppigste årsager til diarre hos mennesker over hele verden. I Danmark dyrkningsverificeredes 4.402 campylobacterinfektioner i 2000 og dette tal har været stigende gennem de sidste 10 år (Mølbak, 2001). Den stigende forekomst af *Campylobacter*infektioner er bekymrende, da antallet af registrerede tilfælde formentlig blot udgør en begrænset del af det samlede antal infektioner. Statens Serum Institut vurderer, at der således potentielt er tale om et større sundhedsproblem end tallene antyder (Mølbak, 2001).

Campylobacter jejuni er den hyppigst forekommende type hos mennesker og udgør omkring 90% af det totale antal infektioner, hvorimod *C. coli* udgør ca. 10% af infektionerne. De fleste *Campylobacter*-arter forekommer i tarmkanalen hos varmblodede dyr, og *Campylobacter* kan findes i overfladevand (floder, søer og havet) som følge af fækal forurening fra vilde dyr, fugle og mennesker. Bakterien kan ikke formere sig i miljøet, men kan overleve længe i vandige miljøer ved lav temperatur (Varslot et al., 1996).

Infektion af mennesker kan bl.a. skyldes indtagelse af utilstrækkeligt varmebehandlet kød eller fjerkræ, kontaminerede levnedsmidler eller vand (Benenson, 1995). Fækal-oral smitte kan også forekomme, men sjældent. Blebørn kan dog udgøre et problem (McFeters, 1990; Gray, 1994). Den infektiøse dosis er lav, 500-800 bakterier (Blaser, 1995; Altekruise et al., 1999).

Der er registreret i hvert fald et tilfælde i Danmark med drikkevandsbåren smitte af *Campylobacter jejuni* i forbindelse med en forurening med kloakvand ved Klarup, hvor 1600 personer blev påvirket (Laursen et al., 1994).

2.3.2 *Salmonella*

I 1997 kulminerede den hidtil stigende forekomst i *Salmonella*-infektioner i Danmark, idet der blev registreret 5.015 tilfælde af salmonella-infektioner. Størstedelen af disse infektioner skyldtes smitte fra inficerede æg (Mølbak, 2001).

Infektioner med *Salmonella* skyldes overvejende *S. typhimurium*, og *S. enteritidis*, hvortil kommer de ofte multiresistente *S. typhimurium*-typer som DT104. Sygdommen er en akut maveinfektion med pludselig hovedpine, smerter i underlivet, diarré, kvalme og nogen gange opkast. Sygdommen giver næsten altid feber. Inkubationstiden er sædvanligvis 12-36 timer (Benenson, 1995).

Infektion af mennesker kan bl.a. skyldes indtagelse af utilstrækkeligt varmebehandlet kød, fjerkræ, æg, mælk, kontaminerede levnedsmidler eller vand. Direkte fækal-oral smitte kan også forekomme ved diarré (Benenson,

1995). *Salmonella* findes i tamkanalen i et stort spektrum af både husdyr, vilde dyr og fugle, og bakterien kan potentielt opformeres i miljøet, fx i mælk. Dette betyder, at selv om den infektiøse dosis ofte er relativt høj (10^5 - 10^7), kan en opformering i forurenede fødevarer resultere i infektiøse bakteriekoncentrationer.

Der er rapporteret om et udbrud i USA med 25.000 tilfælde, og hvor smitekilden var en kommunal vandforsyning, der leverede ikke-kloret vand (Benenson, 1995).

2.3.3 Cryptosporidier

Cryptosporidier er protozoer (dvs. encellede, eukaryotiske organismer) og tarmparasitter, som er almindeligt forekommende hos dyr. Hos mennesker kan de give anledning til diarré, hvor der typisk forekommer stærke mavesmerter og voldsom vandig diarré. Inkubationstiden er 1-12 dage.

Der findes flere arter af cryptosporidier, men *Cryptosporidium parvum* er den eneste, som med sikkerhed vides at være humanpatogen. Den forekommer og kan fremkalde cryptosporidiosis hos alle pattedyr. Hos andre pattedyr end mennesket er cryptosporidiosis typisk en sygdom hos nyfødte og unge dyr. *C. parvum* forekommer hyppigt i fx kalve og lam, men også hunde og katte kan udgøre en smittekilde. Den forekommer ikke i tarmkanalen i fugle og fjerkræ (O'Donoghue, 1995).

Cryptosporidier kan danne et hvilestadium: oocyster, der kan overleve længe uden for værten, og som udskilles med fæces fra inficerede dyr. Disse oocyster forekommer i overfladevand (søer, floder, vandløb og havet). Oocysterne opformeres ikke i vandet, men kan forblive infektiøse i 2 - 6 måneder i fugtigt miljø (Benenson, 1995). Oocysterne fremtræder som 4,5-5 μ m runde til let ovale organismer. Den infektiøse dosis er lav, normalt 10 - 100 oocyster.

Cryptosporidiosis overføres med de infektionsdygtige oocyster, som udskilles med fæces fra inficerede individer. Vandbåren og levnedsmiddelbåren smitte samt smitte fra person til person er de væsentligste smitteveje (Benenson, 1995). Oocysterne kan også føres via kloaksystemet til rensningsanlæg, hvorfra de kan overføres til vandløb, søer og hav. I områder, hvor overfladevand anvendes til drikkevand, er der risiko for udbrud med cryptosporidiosis, hvis der er tilført oocyster til drikkevandet. Søer, floder, drikkevand og pools, der er forurenede med oocyster, kan således være en smittekilde (McFeters, 1990; WHO, 1990; Andersen & Hald, 2001).

I Danmark diagnosticeres cirka 180 tilfælde af cryptosporidiosis om året (Andersen & Hald, 2001). I Milwaukee i USA i 1993 blev 403.000 personer inficeret med *Cryptosporidium parvum* fra drikkevand på grund af utilstrækkelig vandbehandling på et af byens vandværker, der indvinder overfladevand fra Lake Michigan (MacKenzie et al., 1994).

En tysk undersøgelse fandt *Cryptosporidium* i 47% af råvandet (overfladevand) til 6 vandværker (i gennemsnit 116 oocyster/100 L) og i 30% af drikkevandet (i gennemsnit 3 oocyster/100 L) (Karanis et al., 1998). I USA fandt LeChevallier & Norton (1995) *Cryptosporidium* i 52% af de undersøgte 262 prøver af overfladeråvand med et geometrisk middel på 2,4 oocyst pr. L. En svensk undersøgelse af 50 råvandsprøver (overfladevand) påviste *Cryptosporidium* i 32% af prøvene med gennemsnitligt 15 oocyster pr. 10 L

(Hansen & Stenström, 1998) og en norsk undersøgelse af 408 råvandsprøver (overfladevand) fra 147 vandværker påviste *Cryptosporidium* i 13,5 % af prøverne med ca. 1 ocyt pr. 10 L (Robertson & Gjerde, 2000).

I færdigtbehandlet drikkevand i USA produceret fra overfladevand fandt LeChevallier & Norton (1995) *Cryptosporidium* i 16,8% af de undersøgte 262 vandprøver med et geometrisk middelværdi på 3,3 cyster pr 100 L. En japansk undersøgelse (Hashimoto et al., 2001) fandt *Cryptosporidium* i alle de undersøgte 13 prøver af ubehandlet overfladevand (geometrisk gennemsnitligt 40 oocyster pr. 100 L), men kun i 35% af de 26 undersøgte prøver efter vandbehandling med coagulation-flocculation, sedimentation og sandfiltrering (med et geometrisk gennemsnit på 0,12 oocyster pr. 100 L).

Udenlandske undersøgelser har således vist, at *Cryptosporidium* er vidt udbredt i overfladevand, og at *Cryptosporidium* også er fundet i behandlet drikkevand, omend i meget lave koncentrationer.

2.3.4 Giardia

Giardia intestinalis er ligeledes en protozo, som er almindeligt forekommende i dyr. Hos mennesker kan den give anledning til diarré med mavekramper, opsvulmet mave, kvalme og nedsat appetit, vægttab og til tider feber. Inkubationstiden er 1-45 dage.

Giardia findes hos en række dyrearter og kan forekomme i overfladevand (søer, floder, vandløb og havet), som er forurenet med cyster, udskilt med fæces fra inficerede dyr eller mennesker, idet mennesket regnes for at være hovedreservoir (Andersen & Hald, 2001). Cysterne kan føres via kloaksystemet til rensningsanlæg, hvorfra de kan overføres til vandløb, søer og hav. Cysterne opformerer ikke i vandet, men de kan overleve i mere end 2 måneder ved 4°C, men mindre end 4 døgn ved 37°C (McFeters, 1990; WHO 1996). *Giardia* cyster er runde til ovale, 8-12 µm. Den infektiøse dosis er lav, under 100 cyster, og en cyste er antageligt tilstrækkeligt til at være sygdomsfremkaldende.

Giardiasis overføres med infektionsdygtige cyster, som udskilles med fæces fra inficerede individer. Person-til-person-smitte er hyppigst, men også dyr kan være smitekilde. I 1997 blev der diagnosticeret omkring 1.500 human infektioner i Danmark (Andersen & Hald, 2001).

En tysk undersøgelse fandt *Giardia* i 64% af 105 undersøgte råvandsprøver (overfladevand til 6 vandværker) til 6 vandværker (i gennemsnit 88 cyster/100 L) og i 15% af drikkevandsprøverne (i gennemsnit 4 cyster/100 L) (Karanis et al., 1998). I USA fandt LeChevallier & Norton (1995) *Giardia* i 45% af de undersøgte 262 prøver af råvand (overflade) med et geometrisk middelværdi på 2 cyster pr L. En svensk undersøgelse af 50 råvandsprøver (overfladevand) påviste *Giardia* i 26% af prøvene med gennemsnitligt 8 cyster pr. 10 L (Hansen & Stenström, 1998) og en norsk undersøgelse af 408 råvandsprøver (overfladevand) fra 147 vandværker påviste *Giardia* i 9 % af prøverne med ca. 1 cyst pr. 10 L (Robertson & Gjerde, 2000).

I færdigbehandlet drikkevand i USA produceret fra overfladevand fandt LeChevallier & Norton (1995) *Giardia* i 4,6% af de undersøgte 262 vandprøver med et geometrisk middelværdi på 2,6 cyster pr 100 L. En japansk undersøgelse (Hashimoto et al., 2001) fandt *Giardia* i 92% af de

undersøgte 13 prøver af ubehandlet overfladevand (geometrisk gennemsnitligt 17 cyster pr. 100 L), men kun i 12% af de 26 undersøgte prøver efter vandbehandling med coagulation-flocculation, sedimentation og sandfiltrering (med et geometrisk gennemsnit på 0,08 cyster pr. 100 L).

Udenlandske undersøgelser har således vist, at *Giardia* er vidt udbredt i overfladevand, men er også fundet i behandlet drikkevand, omend i meget lave koncentrationer.

3 De undersøgte vandværker

De undersøgte vandværker blev valgt ud fra blandt andet et ønske om at undersøge en række værker med stor risiko for, at grundvandsressourcen kunne være forurenet med patogene mikroorganismer fra jordoverfladen. Der blev således udvalgt vandværker med erkendte mikrobiologiske problemer, vandværker med borer på en sårbar kildeplads med en geologi uden beskyttende lerlag eller med overfladenære filtre. I nogle tilfælde var der potential risiko for forurening med overfladevand i områder med ungt vand og sårbare magasiner, idet grundvandsmagasinet var eller havde været forurenet med BAM eller nitrat. Sådanne forureninger kan dog også skyldes utætte borer. Undersøgelsen omfattede også vandværker uden egentlig vandbehandling.

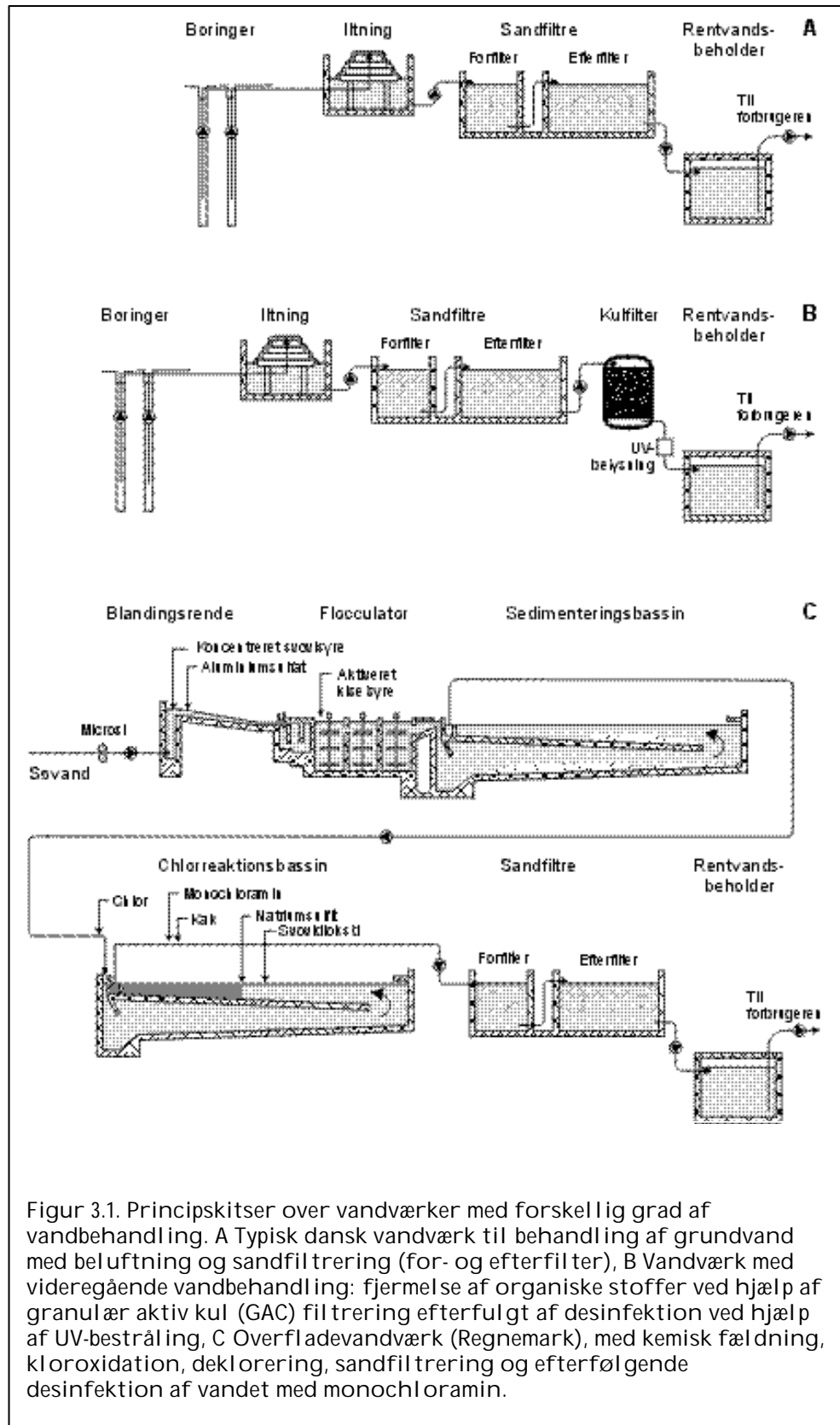
Udover disse forhold, blev der søgt efter vandværker med problematiske vandtyper, der ledte til vanskelig jernfjernelse eller ufuldstændig NH_4 -fjernelse, samt vandtyper med svovlbrinte (H_2S) eller 'sort' vand på grund af mangan (Mn) eller jernsulfider. Disse vandtyper, samt vandtyper med relativt høje indhold af organisk stof – assimilable organic carbon (AOC) – der kan benyttes som vækstsustrat for mikroorganismer, samt vandtyper med høj belastning af CH_4 , giver ofte høje kimtal, hvilket kunne give baggrund for overlevelse af patogene mikroorganismer.

Derudover blev der valgt både nogle små og nogle store vandforsyninger, private og offentlige vandværker, et enkelt vandværk med behandling af overfladevand, samt 2 vandværker med aktiv kul-filtrering for at fjerne organiske forureninger (pesticider).

3.1 Vandbehandling

Dansk vandbehandling er generelt meget simpel, da mere end 99% af vandforsyningen er baseret på grundvand, og kun et enkelt vandværk producerede i 2000 regelmæssigt drikkevand fra overfladevand. Det er desuden karakteristisk, at vandbehandlingen som regel omfatter sandfiltrering, og at vandet kun desinficeres i meget få tilfælde.

Et typisk dansk vandværk omfatter behandling af grundvand med beluftning og sandfiltrering (for- og efterfilter), som det fremgår af principskiten i Figur 3.1A. Langt størstedelen af det grundvand, der benyttes som råvand, er anaerobt, hvorfor det indledningsvis beluftes. Beluftningen har til formål at ilte råvandet og at afstrippe eventuelle uønskede gasser i råvandet, fx metan og svovlbrinte. Såfremt der er Fe(II) i vandet, vil ilten oxidere det til Fe(III) , der fælder ud og vil blive fjernet i sandfiltrene. Den resterende del af metan og svovlbrinte, der ikke fjernes under beluftningen, vil blive omsat mikrobielt i sandfiltret. Ammonium, Mn(II) og mikrobielt omsætteligt organisk stof vil ligeledes blive oxideret mikrobielt i sandfiltret, idet mikroorganismene i filtret benytter disse stoffer som næringsstof. Dette betyder, at der er en betydelig mikrobiel population i sandfiltre. Når sandfiltrene har været benyttet i en periode, clogger sandet til på grund af udfældningerne, og trykmodstanden i filtret øges. Herefter returskylles filtret for at skylle udfældningerne bort.



Figur 3.1. Principskitser over vandværker med forskellig grad af vandbehandling. A Typisk dansk vandværk til behandling af grundvand med beluftning og sandfiltrering (for- og efterfilter), B Vandværk med videregående vandbehandling: fjernelse af organiske stoffer ved hjælp af granulær aktiv kul (GAC) filtrering efterfulgt af desinfektion ved hjælp af UV-bestråling, C Overfladevandværk (Regnemark), med kemisk fældning, kloroxidation, deklorering, sandfiltrering og efterfølgende desinfektion af vandet med monochloramin.

Andre partikler vil også blive fanget i sandfiltrene, og sandfiltre betragtes derfor som en effektiv barriere til at fjerne en række patogener, fx protozoer.

Hvis råvandet er forurenet med organiske miljøfremmede stoffer som fx pesticider, kan de fjernes ved videregående vandbehandling ved granulær

aktiv kul-filtrering (GAC), som det fremgår af principskitsen i Figur 3.1B. GAC er karakteriseret ved et meget stort overfladeareal, som pesticiderne sorberes til. Da der bindes meget organisk stof til GAC (også uspecifikt naturligt organisk stof) kan dette danne grundlag for en væsentlig mikrobiel vækst i GAC-filtret, hvorfor det som regel efterfølges af behandling ved hjælp af UV-bestråling.

Behandling af overfladevand er væsentligt mere kompliceret, da indholdet af organisk stof er højere end i grundvand. En sådan behandling kan omfatte kloroxidation,

kemisk fældning, deklorering, pH-justering, desinfektion af vandet med monochloramin, og efterfølgende sandfiltrering som det fremgår af principskitsen i Figur 3.1C.

3.2 Vandværkerne

I det følgende præsenteres de undersøgte vandværker både enkeltvis og i oversigtstabeller. Gennemgangen af vandværkerne er baseret på data og oplysninger fra de enkelte vandværker.

3.2.1 Dolmer Enge vandværk, Grenå Kommune

Geologien er præget af aflejringer af glacial smeltevandsand ned til 1,6-3,5 meter under terræn (mut), (med et lerlag (mergel) 1,6-3,0 mut i en enkelt af de 5 boringer). Herunder er der kalk/kridt aflejringer (danienskalksand) ned til bunden af boringerne 50-60 mut. Det vil sige, at der ikke er nogen væsentlig beskyttelse af grundvandet, der har grundvandsspejl i 2-4 mut. Der er ingen oplysninger om filtre, så der er antageligt tale om åbne kalkboringer.

Dette vandværk er karakteriseret ved at have sårbare kildepladser, hvilket blandt andet kommer til udtryk i form af relativt høje nitratindhold (21-31 mg/L)

Da grundvandet er aerobt, foretages der ingen behandling af vandet. Vandværket har i undersøgelsesperioden kørt en normal drift uden afbrydelse.

Vandværket producerer 700.000 m³/år til ca. 4.400 indbyggere.

3.2.2 Havdal vandværk, Grenaa Kommune

Geologien er præget af aflejringer af glacial smeltevandsand ned til 0-16 mut, (med et lerlag 3-9 mut i 4 af de 8 boringer). En af boringerne har kalk/kridt kalksten helt til jordoverfladen og i en anden boring er kalken kun dækket af 2 m glacialt smeltevandsand. Herunder er der kalk/kridt aflejringer (danienskalksand) ned til bunden af boringerne 50-54 mut. Det vil sige, at der ikke er nogen væsentlig beskyttelse af grundvandet, der har grundvandsspejl i 4-11 mut. Der er ingen oplysninger om filtre, så der er antageligt tale om åbne kalkboringer.

Dette vandværk er karakteriseret ved at have nogle sårbare kildepladser, hvilket blandt andet kommer til udtryk i form af relativt høje nitratindhold (5-39 mg/L)

Selv om grundvandet er aerobt, er iltkoncentrationen lav (1,7-4 mg/L), og derfor gennemgår vandet en simpel beluftning. Derudover foretages der ingen behandling af vandet. Vandværket har i undersøgelsesperioden kørt en normal drift uden afbrydelse.

Vandværket producerer 1.300.000 m³/år til ca. 8.200 forbrugere.

3.2.3 Holmstrupværket, Århus Kommunale Værker

Magasinet består af smeltevandsgrus, med et dæklag af ca. 7 m ler. Magasinet var oprindeligt artesisk (1970), men har under indvindingen et grundvandsspejl i 4 mut (1973).

Kildepladsen har ikke særligt dybe borer, der er filtersat i 11-19 mut., og er sårbar, idet der er påvist BAM i flere borer. Dette har ført til lukning af disse borer.

Vandbehandlingen er traditionel med beluftning og dobbelt sandfiltrering.

I 1999 kørte vandværket med 2 borer (Ho. 1 og Ho. 4) med en indvinding på 480.00 m³. I 2000 var der kun en boring (Ho. 1) i drift, og indvindingen var 142.000 m³. Boringerne blev nedlagt i december 2000.

Vandværk	VANDBEHANDLING				
	Kemisk behandling	Beluftning	Sandfiltrering	GAC	Efterdesinfektion
GRUNDEVAND					
Dolmer Enge vandværk Grenaa Kommune	-	-	-	-	-
Havdal vandværk Grenaa Kommune	-	Plasker	-	-	-
Holmstrupværket Århus Kommunale Værker	-	Rislebakke	Forfilter Efterfilter	-	-
Hvidovre kommunale vandforsyning	-	Trappe	Enkeltfilter	+	UV
Kingosvej vandværk Nykøbing-Rørving Kommune	-	Luftindblæsning	Forfilter Efterfilter	-	-
Mørkskov vandværk Vordingborg kommunale Værker	-	Trappe evt. iltinjektion	Enkelt, beholderfilter	-	-
Mårslet vandværk	-	Beluftning i filtertop	Forfilter Efterfilter lukkede ²	-	-
Odense vandselskab, Hovedværket	-	Bund-belufter (Airomater)	Enkelt flermediefilter	(+) ¹	-
Privat vandværk, Sydsjælland	-	Beluftning, kompressor	Tryksandfilter	-	-
Stenholt vandværk Hillerød kommunale Vandværk	-	Luftindblanding	Forfilter Efterfilter	-	UV
Vissegård vandværk Aalborg	-	-	-	-	UV
OVERFLADEVAND					
Regnemark Vandværk³ Københavns Vand	Fældning Klordesinfektion	-	Forfilter Efterfilter	-	NH ₂ Cl

Tabel 3.1: Vandbehandlingen på de undersøgte vandværker. Der kan være flere parallelle filtre. Baseret på oplysninger fra de enkelte vandværker og Vandforsyningsstatistik (1999).

¹: GAC-anlæg ikke i produktion

²: Silhorkofilter

³: for detaljer, se figur 3.1.

GEOLOGI				
Vandværk	Overordnet geologi	Grundvandsspejl [mut]	Filterdybde [mut]	Antal boringer
GRUNDTVAND				
Dolmer Enge vandværk Grenaa Kommune	Smeltevands-sand over 2 – 4 danienkalk (2-60 mut) m. forkastningszoner		Åben kalkboring 5 ned til 50-60	
Havdal vandværk Grenaa Kommune	Smeltevands-sand over 4 – 11 kridt/kalk ((0) 7-54 mut) m. forkastningszoner		Åben kalkboring 8 ned til 50-54	
Holmstrupværket Århus Kommunale Værker	7 m ler over magasin af smeltevandsgrus	ca. 4	11-19	1999: 2 2000: 1 Lukket dec. 2000
Hvidovre kommunale vandforsyning	6-13 m moræneler over danienkalk og skrivekridt	3 – 11	Åbne kalkboringer 3-70 m	14 (5 pt. ude af drift)
Kingosvej vandværk Nykøbing-Rørvig Kommune	46 m moræne-ler med sand- og gruslag over danienkalk	11	44-62	7
Mørkskov vandværk Vordingborg kommunale Værker	Fra terræn: muld, grus, rød- og blåler og kalk + flint	5-13	Åbne kalkboringer fra kalken 30- 40 til bund af boringer: 57-60	ca. 10
Mårslet vandværk	Kvartære sedimenter 18-25 m ler over groft smeltevandssand	27	39-45 54-60 48-60	3
Odense vandselskab, Hovedværket	Kvartære aflejringer, glaciale landskabsformer, mest moræne/vand	i.d.	fra 25-30 til 65-90	9
Privat vandværk, Sydsjælland	Boring overlejret af mindst 25 m ler	i.d.	85	1
Stenholt vandværk Hillerød kommunale Vandværk	i.d.	2	Åbne kalkboringer fra kalken 14-38 til bund af boringer: 25-79	7
Vissegård vandværk Aalborg	Bakket morænelandskab, skrivekridt overlejret af glacialt smeltevandssand og moræneler	5-16	11-30 De fleste er åbentstående kalkboringer	Opr. 7. 4 løbende taget ud af drift pga. forurening

Tabel 3.2: Karakterisering af boringerne på de undersøgte grundvandsvandværker, baseret på oplysninger fra vandværkerne. Dybden er angivet i meter under terræn (mut).
i.d.: ingen data.

INDVINDINGSOMRÅDE		
Vandværk	Indvindings- opland [km ²]	Arealanvendelse
GRUNDEVAND		
Dolmer Enge Vandværk Grenaa Kommune	0,7	40% dyreproduktion 60% planteproduktion
Havdal vandværk Grenaa Kommune	1,1	40% dyreproduktion 60% planteproduktion
Holmstrupværket Århus Kommunale Værker	i.d.	Landbrug Bymæssig
Hvidovre kommunale vandforsyning	i.d.	Hovedsageligt bymæssig, planteproduktion og væksthuse
Kingosvej vandværk Nykøbing-Rørvig Kommune	0,4	Kvæghold, planteproduktion, skovbrug og bymæssig
Mørskov vandværk Vordingborg kommunale Værker	i.d.	Skovbrug, agerbrug
Mårslet vandværk	1,9	Landbrug, bymæssig
Odense vandselskab, Hovedværket	i.d.	50% kvæghold/landbrug 20% skovbrug, 30% bymæssig
Privat vandværk, Sydsjælland	0,3	Planteproduktion og evt. græssende kreaturer
Stenholt vandværk Hillerød kommunale Vandværk	i.d.	i.d.
Vissegård vandværk Aalborg	11,5	60-70% landbrug, 10% bymæssig 10-15 % skov/uopdyrket
OVERFLADEVAND		
Regnemark Vandværk Københavns Vand	170	Landbrug, skov, by tilførsel af rensset spildevand

Tabel 3.3: Oversigt over indvindingsområderne for de undersøgte vandværker, baseret på oplysninger fra vandværkerne.
i.d.: ingen data.

PRODUKTION		
Vandværk	Antal forbrugere	Udpumpet volumen [m³/år]
GRUNDEVAND		
Dolmer Enge vandværk Grenaa Kommune	4.400	700.000
Havdal vandværk Grenaa Kommune	8.200	1.300.000
Holmstrupværket Århus Kommunale Værker	i.d.	140.790
Hvidovre kommunale vandforsyning	25% af kommunen	800.000
Kingosvej vandværk Nykøbing-Rørvig Kommune	6.400	185.000
Mørkskov vandværk Vordingborg kommunale Værker	9.500	485.000
Mårslet vandværk	ca. 3.900	170.000
Odense vandselskab Hovedværket	ca. 30.000	3.204.190
Privat vandværk Sydsjælland	83	4.000
Stenholt vandværk Hillerød kommunale Vandværk	i.d.	i.d.
Vissegård vandværk Aalborg	25.000	1.550.000
OVERFLADEVAND		
Regnemark vandværk Københavns Vand	>400.000	970.000 ¹

Tabel 3.4: Oversigt over de undersøgte vandværkers produktion og forsyningsområde baseret på oplysninger fra de undersøgte vandværker.
¹: Udover produktionen fra overfladevand blev der produceret 12.920.000 m³ fra grundvand (1999)
i.d.: ingen data.

3.2.4 Hvidovre kommunale vandforsyning

Samtlige boringer er ført ned i danielkalk, og 5 af boringerne er endvidere ført ned i skrivekridt. Kalken er overlejret af 6-13 meter kvartære aflejringer, hovedsageligt moræneler. Den ringe dæklagstykkelse antages kun i begrænset omfang at yde beskyttelse mod nedslivende forurening. De fleste af boringerne er udført som åbne kalkboringer (dvs. uden filtersætning) fra kalkoverfladen 3-13 mut til bunden af boringerne 30-70 mut. Grundvandsspejlet står 3-11 mut.

Vandforsyningen har 14 boringer, hvoraf 5 er midlertidigt ude af drift på grund af forhøjede indhold af nikkel eller klorerede opløsningsmidler.

Vandbehandlingen omfatter beluftning, enkeltfiltrering, aktiv kul-filtrering, og UV-bestråling. I 1995 blev der konstateret BAM i en række af borerne, hvilket resulterede i, at der blev iværksat aktiv kul-filtrering. Siden er der fundet mechlorprop (MCP), samt diuron.

Produktionen er 815.000 m³/år, svarende til ca. 25% af vandforbruget i kommunen.

Afgangsprøverne er udtaget fra rentvandstanken eller efter denne, det vil sige efter UV-behandlingen.

3.2.5 Kingosvej vandværk, Nykøbing-Rørvig Kommune

Der indvindes vand fra danienskalk. Kalkmagasinet er beskyttet af 44 m moræneler med grus og sandlag, og grundvandsspejl er i 11 mut.

Vandværket har 17 borer med filtre 44-62 mut.

Grundvandet er præget af relativt højt indhold af methan (17-20 mg/L) og svovlbrinte (12-36 mg/L) samt noget ammonium (0,70-0,98 mg/L). Alle disse stoffer kan benyttes af bakterier som væksts substrat, og der er derfor risiko for forhøjede bakterieantal i udløbet.

Vandbehandlingen omfatter beluftning ved indblæsning efterfulgt af dobbeltfiltrering i åbne sandfiltre.

Vandværket er et af 2 værker, som pumper ud i et fælles bynet med højdebeholder, og vandværket producerer ca. 185.000 m³/år (2001). Vandværket har i undersøgelsesperioden kørt en normal drift uden afbrydelse. Det viste sig imidlertid efterfølgende, at rentvandsbeholderen var revnet på langs både over og under vandspejlet, tilsyneladende fordi bygningen gennem 20 år har sat sig. Utæthederne blev udbedret i februar 2002, og vandværket gik i normaldrift fra begyndelsen af marts 2002 (Jeppe Erik Hansen, Nykøbing-Rørvig kommunen, pers. kom).

3.2.6 Mørkskov vandværk, Vordingborg kommunale Værker

Vandværket indvinder fra et kalkmagasin fra 30-40 mut og kalken er overlejret af overvejende blåler.

Vandværket har ca. 10 borer, der alle er åbne kalkboringer fra 30-40 mut og til bunden af borerne 57-60 mut.

Vandbehandling: beluftning (trappebelufter) efterfulgt af lukket, enkelt sandfiltrering.

Råvandet er vanskeligt at behandle. Det indeholder jern (0,21-0,46 mg/L) og ammonium (0,69-0,82 mg/L), samt noget svovlbrinte (0,26-1,4 mg/L) og methan (0,27-0,61 mg/L). Alle disse stoffer kan benyttes af bakterier som væksts substrat, og der er derfor risiko for forhøjede bakterieantal i udløbet. Desuden er vandet relativt hårdt med et bikarbonatindhold på 364-427 mg/L, hvilket betyder, at det er vanskeligt at aflufte svovlbrinten og methanen uden at øge risikoen for udfældning, da en kraftig beluftning også vil fjerne kuldioxid.

Vandværket producerer ca. 485.000 m³/år og forsyner ca. 9.500 indbyggere. Vandværket har i undersøgelsesperioden kørt en normal drift uden afbrydelse.

3.2.7 Mårslet Vandværk

Vandværket er et privat vandværk, der indvinder fra et magasin af groft smeltevandssand overlejret af 18-25 m ler. Grundvandsspejlet står i 27 mut.

Vandværket har 3 borer, der er filtersat fra 30-54 mut ned til 45-60 mut.

Vandbehandlingen er traditionel med beluftning i toppen af filtret, der omfatter lukket, dobbelt sandfiltrering.

Vandværket producerer ca. 170.000 m³/år og forsyner ca. 3.900 indbyggere. I undersøgelsesperioden i juli – august 2000 blev der konstateret BAM i lave koncentrationer i en af borerne, og der blev indsat nye inderrør i filtrene, da boltene i de gamle inderrør var rustet op og havde efterladt huller, der tillod nedsivende overfladenært vand at trænge ind i boringen.

3.2.8 Odense Vandselskab - Hovedværket

Geologien er noget varierende, men er præget af glaciale aflejringer og generelt er der et rimeligt beskyttelseslag i form af ler over de relativt dybe filtre (det øverste filter ligger i 25-30 mut, hvorimod det dybeste ligger i 65-90 mut).

Dette er et af de større vandværker. Vandværket har 9 borer i drift.

Vandbehandlingen omfatter beluftning med indblæsning og enkeltfiltrering i flermediefiltre.

Der er påvist BAM i råvandet, hvilket har resulteret i, at vandværket er ved at installere aktiv kul-filtre, men de er endnu ikke inddraget i produktionen

Vandværket producerer ca. 3.200.000 m³/år og forsyner ca. 30.000 indbyggere. Vandværket har i undersøgelsesperioden kørt en normal drift uden afbrydelse.

3.2.9 Privat vandværk, Sydsjælland

Vandværket har en boring med en dybde på 85 m overlejret af mindst 25 m ler aflejringer.

Dette er undersøgelsens mindste vandværk, idet det kun forsyner 83 personer og producerer knap 4.000 m³/år (2000).

Vandbehandlingen er simpel: beluftning ved hjælp af en kompressor og filtrering igennem et tryksandfilter.

3.2.10 Regnemark Vandværk, Københavns Vand,

Dette vandværk producerer drikkevand fra overfladevand fra Haraldsted Sø og Gyrstinge Sø og adskiller sig derved fra de øvrige vandværker i undersøgelsen.

Vandbehandlingen er omfattende, idet alger og partikulært organisk materiale indledningsvis fjernes ved mikrosining (40-60 µm) i vandindtaget i søen, efterfulgt af flokkulering og sedimentation. Derefter chlordesinficeres vandet (18 mg/L chlor) efterfulgt af en afchloring med svovldioxid og sulfid. Herefter neutraliseres vandet ved tilsætning af kalk samt efterdesinficeres ved tilsætning af monochloramin (0,6 mg/L). Herefter dobbeltfiltreres vandet gennem sandfiltre. Prøverne, der er udtaget som færdigbehandlet overfladevand og analyseret i denne undersøgelse, vil således indeholde desinfektionskemikaliets monochloramin.

Sø vandet vil naturligvis være eksponeret til mange forskellige forureningskilder lige fra de dyr, der lever i søen, til den overfladeafstrømning, der kommer fra de omkringliggende marker samt rensede spildevand fra byer i oplandet. Dette er årsagen til, at rå vandet er belastet både med en række pesticider, detergenter og indikatorbakterier (såvel coliforme som termotolerante coliforme bakterier).

Overfladevandværket kører ikke kontinuert, men har kørt i undersøgelsesperioden. Der er taget prøver både direkte fra søen og af det færdigtbehandlede overfladevand.

Overfladevandværket producerer ca. 970.000 m³/år (1999), men da dette vand blandes med både vand fra Regnemark Vandværks grundvandsvandværk (grundvand:overfladevand-forholdet varierer fra 2:1 til 1:1) og vand fra andre vandværker, kan det ikke opgøres hvor mange indbyggere, der forsynes med dette vand.

3.2.11 Stenholt vandværk, Hillerød Kommunes Vandværk

Dette vandværk indvinder fra et kalkmagasin. Grundvandspejlet står i ca. 2 mut.

Vandværket har 7 boringer med åbne kalk-boringer fra den øvre grænse af kalken 14-38 mut ned til bunden af boringerne 25-79 mut.

Vandværket er belastet af højt indhold af jern (0,24-2,89 mg/L) og ammonium (0,11-6,54 mg/L), men også med lidt svovlbrinte (0,03-0,30 mg/L) og metan (0,06-45 mg/L). Alle disse stoffer kan benyttes af bakterier som vækstsubstrat, og der er derfor risiko for forhøjede bakterieantal i udløbet.

Vandbehandlingen er luftindblanding efterfulgt af dobbelt sandfiltrering efterfulgt af UV-behandling (i flg. Vandforsyningsstatistik, 1999). Rentvandsprøven er antageligt udtaget efter denne behandling.

3.2.12 Vissegård vandværk, Aalborg Kommunes Vandforsyning

Geologisk er indvindingsoplandet kendetegnet ved et bakket morænelandskab med højtliggende skrivekridt, der stedvis findes i terræn. Skrivekridtet er overlejret af varierende tykkelse af glaciære aflejringer i form af smeltevandssand og moræneler.

De geologiske forhold gør, at der er en ringe naturlig beskyttelse i indvindingsområdet. Nogle steder er det primære grundvandsmagasin (skrivekridt) dækket af mindre end 0,5 m muld efterfulgt af kalk ned til ca. 20 mut, hvor der er saltvand. Boringen er en åben kalkboring uden egentligt filter.

Der er ingen egentlig vandbehandling.

Vandværket forsyner, sammen med en kildeplads beliggende i Aalborg by (Sønderbro) centrale dele af Aalborg (ca. 25.000 personer). Vissegård vandværks boringer var antageligt årsag til en mikrobiel forurening af ledningsnettet i 1997, men selv om der er gjort meget for at opspore forureningen, er årsagen ikke klarlagt. Der er tale om relativt ungt vand, og CFC-datering tyder på, at vandet er mellem 20 og 25 år gammelt

Der har siden af og til stadig været problemer i form af forurening med coliforme bakterier, og der blev derfor i efteråret 1998 monteret et UV-behandlingsanlæg på afgang fra vandværker. Desuden er 4 af vandværkets boringer taget ud af drift. Derefter har der ikke været konstaterede mikrobiologiske problemer. Råvandsprøven blev taget før UV-behandlingsanlægget og rentvandsprøven blev taget efter UV-behandlingsanlægget.

4 Prøvetagning og analysemetoder

4.1 Prøvetagning

4.1.1 Udtagne prøver

Det har ikke været hensigten at lave en repræsentativ undersøgelse af dansk vandforsyning, men i stedet at søge efter områder med den største forventede risiko for mikrobiel forurening. Dette er grunden til, at der også er analyseret råvandsprøver og ikke kun prøver af færdigtbehandlet drikkevand. Desuden har det været hensigten at få en indikation af, om der var forskel igennem året, om fx perioder med stor infiltration øgede risikoen for forekomst af patogener.

Der blev udtaget prøver fra de 12 valgte vandværker i 4 runder i perioden fra 22. februar 2000 til 16. november 2000. Der blev udtaget vandprøver af blandet råvand i indløb til vandværket samt af det færdigtbehandlede drikkevand. I de tilfælde, hvor der ikke foregik nogen egentlig vandbehandling, blev der kun udtaget en prøve. Fra overfladevandværket blev der udtaget prøver fra søen og fra det færdigtbehandlede overfladevand.

I alt blev der udtaget 35 prøver af råvand fra grundvand, 7 prøver fra ubehandlet overfladevand og 46 drikkevandsprøver. I 9 drikkevandsprøver blev der ikke analyseret for specifikke patogener, da der ikke blev fundet patogener i de tilhørende råvandsprøver.

4.1.2 Prøvetagningsprocedure

Prøvetagningen til de mikrobiologiske analyser fulgte DS 2250/1, idet flaskerne til bakteriologiske prøver forinden var blevet autoklaveret. Prøverne til analyse for protozoer blev udtaget i nye, strålesteriliserede 10 L dunke.

Før udtagning af prøver fra vandværker og boringer blev slange og eventuelle forskruninger fjernet fra prøvehanerne, hvorefter de blev afrenset og flamberet. Herefter løb vandet i mindst 5 minutter, før prøverne blev udtaget fra den frie stråle. Flaskerne blev opbevaret ved 0-5°C i lukkede termokasser, og prøverne til bakteriologisk analyse blev taget i arbejde indenfor 24 timer efter udtagningen. Prøverne til analyse for protozoer blev opbevaret ved 0-5°C i op mod 2 uger før analyserne blev påbegyndt.

Prøverne fra Haraldsted Sø blev i Runde 1 udtaget i ca. 0,5 m dybde ved hjælp af en stang påsat en 1 L steriliseret flaske, hvorfra der blev hældt prøvemængde over i 10 liters dunke til analyserne for protozoer. Ved Runde 2-4 blev de bakteriologiske prøver udtaget ved neddykning af prøveflasken som omtalt ovenfor, mens de to 10 L prøver til analyse for protozoer blev udtaget ved neddykning af selve dunken til ca. 0,5 m dybde.

4.2 Analyser

4.2.1 Udseende, lugt og smag

Subjektive bedømmelser, udført af trænet personale.

4.2.2 Kimtalsbestemmelse

Kimtal v/ 21°C blev bestemt ved dybdeudsæd i King B Agar. Pladerne blev inkuberet ved 21°C i 3 døgn, inden de blev aflæst (DS 2252/1).

Kimtal v/ 37°C blev bestemt ved dybdeudsæd i Plate Count Agar. Pladerne blev inkuberet ved 37°C i 2 døgn, inden de blev aflæst (DS 2254/1).

4.2.3 Coliforme og Termotolerante coliforme bakterier

Antallet af coliforme bakterier blev bestemt ved en MPN-metode (Most Probable Number (DS 2255/1). Prøvemængder på 1 x 50 mL, 5 x 10 mL og 5 x 1 mL blev podet i rør med McConkey Bouillon (dobbel koncentration til prøvemængderne 50 og 10 mL), hvorefter rørene blev inkuberet ved 37°C og aflæst efter 1 og 2 døgn. Ud fra kombinationen af rør med syre og luft beregnedes MPN-værdien, korrigeret for de undersøgte prøvemængder.

Termotolerante coliforme bakterier blev bestemt ved podning fra rør med både syre og luft i Tryptophanbouillon og McConkey Bouillon, som blev inkuberet i vandbad ved 44°C i 1 døgn, før der blev aflæst for produktion af indol (Kovacs Reagens) i tryptophanbouillon og for syre og luft i McConkey Bouillon. Ud fra kombinationen af oprindelige rør, positive for både indol, syre og luft beregnedes MPN-værdien, korrigeret for de undersøgte prøvemængder.

4.2.4 *Campylobacter jejuni / coli*

Den anvendte metode er principielt NMKL 119/2 med 10 gange så stor prøvemængde og Preston Bouillon.

Runde 1: Lukkede flasker med 900 mL Preston Bouillon med vækstfremmer (pyruvat, bisulphit og ferrosulfat) og væksthæmmer (antibiotikablanding) blev tilsat 100 mL prøve og inkuberet ved 42°C i 1-2 døgn. Efterfølgende blev der sæt ud på overfladen af CCDA (blodfrit, selektivt *Campylobacter*-medium), som i den foreskrevne mikroaerofile atmosfære inkuberedes ved 42°C i 3-5 døgn, før væksten blev aflæst (analysens trin 1). Der blev udført parallelle analyser med *C. jejuni* og *C. coli* til kontrol af metoden.

Runde 2-4: På baggrund af, at *C. coli* har noget vanskeligt ved at vokse i Preston Bouillon med væksthæmmer, samt at alle prøverne på nær Haraldsted sø måtte forventes kun at indeholde en lille konkurrenceflora, blev Preston Bouillon ikke tilsat væksthæmmer. Metoden var ellers uændret.

Runde 4: Efter aftale med projektgruppen blev der på udvalgte prøvesteder udtaget parallelle prøver, der blev analyseret for *Campylobacter* efter den nye metode til bestemmelse af *Campylobacter* i vand (NN, 2001). Denne metode er semikvantitativ, og er baseret på en opsamling af prøve på 0,45 µm filtre, der overføres til opformeringsbouillon. Afhængigt af det filtrerede volumen kan så angives et interval for koncentrationen *Campylobacter jejuni / coli*.

4.2.5 *Salmonella*

100 mL prøve blev membranfiltreret og efterfølgende opformeret ved at overføre filtret til Bufferet Peptonvand ved 37°C i 1 døgn. Herfra overførtes 0,1 ml til Rappaport-Vassiliadis Bouillon, (RV, svarende til den rettede metodeforskrift DS 266/1, Ret. 1) med efterfølgende opformering ved 41,5°C i 1 døgn. Fra RV blev 10 µL udstrøget på overfladen af Brilliantgrønt Laktose Sakkarose Fenolrødt Agar (BLSF), der blev inkuberet ved 37°C i 1 døgn og aflæst for typiske, rødlige kolonier (DS 266/1).

Der udførtes parallelle analyser med *Salmonella typhimurium* og *Salmonella enteritidis* til kontrol af metoden.

4.2.6 *Cryptosporidium* og *Giardia*

Metoden er nærmere beskrevet andetsteds (Miljøstyrelsen, 2002), men princippet er, at 10 L prøve blev opkoncentreret ved filtrering på et 2,0 µm isopore membranfilter. Filtret blev overført til 150 mL sterilt ionbyttet vand. Opfangede parasitter blev frigjort mekanisk ved omrystning og vandet blev fordelt i 3 centrifugerør. Prøverne blev centrifugeret (Hettich Rotanta) i 10 minutter ved 1500 x g. Supernatanten blev fjernet til 10 mL og de tre prøver blev samlet i et rør, centrifugeret og supernatanten blev fjernet til 10 mL. Herefter blev *Giardia* cyster og *Cryptosporidium* oocyster oprenset ved hjælp af immunomagnetisk separation, idet der til 10 mL opkoncentreret prøve blev tilsat buffer, 2 x 100 µL magnetiske granula (Dynabeads) med henholdsvis anti-*Cryptosporidium* og anti-*Giardia*. Efter 1 times inkubering under rotation (15-20 rpm) samledes Dynabeads'ne med de vedhæftede cyster / oocyster ved hjælp af en magnet, og supernatanten blev fjernet. Dynabeads blev vasket i buffer og koncentreret igen ved hjælp af den magnetiske partikelkoncentrator. Cyster og oocyster blev frigjort fra Dynabeads ved hjælp af 50 µL 0,1 N HCl og Dynabeads blev samlet ved hjælp af den magnetiske partikelkoncentrator, hvorefter hele prøven (50 µL) blev overført uden Dynabeads til et objektglas, lufttørret og farvet med FITC konjugeret antistof (Meridian Diagnostics, Inc. Italien). Prøven blev mikroskopert ved 250 x forstørrelse i fluorescensmikroskop, oocyster / cyster blev talt og beregnet pr L prøve.

Proceduren blev ligeledes gennemført med en negativ kontrol bestående af 5 L ionbyttet vand.

5 Resultater og diskussion

5.1 Vandbehandling

Det fremgår af tabel 3.1, at de udvalgte 12 vandværker repræsenterer et bredt spektrum af vandbehandlingsgrad. Tre vandværker har ingen vandbehandling eller kun beluftning, de øvrige 9 vandværker har sandfiltrering, i et enkelt tilfælde med efterfølgende aktiv kul-filtrering og et enkelt vandværk er et overfladevandværk med videregående kemisk vandbehandling. Desuden UV-behandles vandet fra tre af vandværkerne, hvilket indikerer, at der er eller tidligere har været mikrobielle problemer.

De udvalgte vandværker repræsenterer et bredt spænd af beskyttelsesgrader af grundvandsmagasinerne, fra mindre end $\frac{1}{2}$ m muld over et kalkmagasin (Vissegård vandværk) til 46 meter moræneaflejring over magasinet (Kingovejs vandværk) (tabel 3.2).

Endelig repræsenter vandværkerne forskellige størrelser, fra produktioner under 4.000 m³/år til 83 forbrugere op til 3.204.000 m³/år med forsyning til ca. 30.000 indbyggere (tabel 3.4).

Sammenfattende kan det konkluderes, at de valgte vandværker repræsenterer et bredt spænd af behandlingstyper, beskyttelsesgrad af grundvandsmagasinet og størrelse.

5.2 Vandkemi

For at give en bred præsentation af de vandtyper, som de enkelte vandværker behandler, er der indsamlet data fra rutineanalyserne fra de enkelte vandværker. Disse udvalgte parametre for disse data er præsenteret i tabel 5.1 – 5.3 (alle data foreligger i Appendix A).

Tabel 5.1- 5.3 viser, at det færdigtbehandlede drikkevand overholdt de gældende kravværdier i stort set alle tilfælde.

For de grundvandsbaserede vandværker fremgår det også af tabellerne, at råvandet til de fleste af vandværkerne indeholdt stoffer i koncentrationer, der krævede behandling. Således viser tabel 5.2, at råvandet indeholdt

- svovlbrinte eller metan i et vist omfang til 4 af vandværkerne (Kingsvej, Mørkskov, Privat vv. i Sydsjælland og Stenholt vv.)
- ammonium til 6 vandværker (Hvidovre, Kingsvej, Odense, Privat vv. i Sydsjælland og Stenholt vv.)
- jern til 6 af vandværkerne (Hvidovre, Mørkskov, Mårslet, Odense, Privat vv. i Sydsjælland og Stenholt vv.)
- mangan til 4 vandværker (Hvidovre, Mårslet, Odense og Stenholt vv.).

Disse vandværker behandlede således alle råvand med stoffer, der udgør et mikrobielt substrat, og det var derfor forventeligt, at der ville være kraftig mikrobiel aktivitet i sandfiltrene.

Tre vandværker havde aerobt råvand (Dolmer Enge, Havdal og Vissegård vv.) og alle tre vandværker havde forhøjede nitratinhold. Dette indikerer, at indvindingsområdet er landbrugspåvirket, og at der dermed er en vis overfladekontakt og dermed risiko for forurening fra overfladen.

Fire af vandværkerne (Holmstrupværket, Hvidovre, Mårslet og Odense vv.) havde påvist pesticider i råvandet, hvilket ligeledes indikerer brug af pesticider og dermed en vis overfladekontakt.

Vandværk	Parameter	G. V.	Dolmer Enge vandværk		Havdal vandværk		Holmstrupværket		Hvidovre kommunale vandforsyning		Kingsvej vandværk		Mørkskov vandværk	
			Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.
Temperatur [°C]	-		8,8-8,9	8,7	8,2-8,7	8,7	9,1	9,7	10-11	11-12	11	9	9,0	-
pH [pH]	8,5		7,5	7,6	7,5-7,6	7,6	-	8,2	7-7,4	7,4	7,4-7,5	8	7,0-7,1	8,0
Ledningsevne [mS/m]	>30		66-71	60	52-70	60	-	64	80-177	132-136	107-115	75	67-227	-
Permanganattal [mg/L]	-		<4	<3	<3-5	<3	-	1,7	<3-6,6	1,9-2,6	11-15	9	5-12	-
NVOC [mg/L]	4		1,1-1,6	-	0,8-2,2	-	-	1,1	<1-2,3	1,4	-	-	2,4	-
Hårdhed total [°dH]	-		17-18	15,6	14-18	15,6	-	18	22-39	35	-	-	-	21,4
Bikarbonat [mg HCO ₃ /L]	-		234-248	210	185-259	210	-	-	360-438	400	523-556	-	364-427	-
Chlorid [mg Cl/L]	250		33-39	34	26-54	34	-	37	68-293	157-181	85-131	43	38-504	-
Phosphor, total [mg P/L]	0,15		<0,005-0,011	0,006	0,005-0,010	0,006	-	0,016	0,009-0,032	<0,005	<0,01-0,01	0,06	0,012-0,015	-

Vandværk	Parameter	G. V.	Mårslet vandværk		Odense vandselskab		Privat vandværk		Stenholt vandværk		Vissegård vandværk		Regnemark vandværk	
			Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg. ¹	Råvand	Afg. ¹	Råvand	Afg.
Temperatur [°C]	-		8,9-9,4	9,2	8,3-8,9	8,7-9,1	10	9	8-9,6	-	8,1-8,8	-	17,5	15,4
pH [pH]	8,5		7,2-7,3	6,7-7,2	7,1	7,4	7,6	-	7,1-7,5	8,0	7,4-7,6	-	8,4	7,0
Ledningsevne [mS/m]	>30		54-61	54-55	-	86	78	77	58-98	-	53-57	-	45	65
Permanganattal [mg/L]	-		4-5	<4-4	4	<4	6	8	5,1-21	-	0,6-1,6	-	38	11
NVOC [mg/L]	4		1,2-1,3	1,2	2,0	1,3	2,2	-	2,1-7,5	2,9	0,7-1,1	-	9,5	4,0
Hårdhed total [°dH]	-		-	21	-	21	-	-	-	18	-	140	16	21
Bikarbonat [mg HCO ₃ /L]	-		301-318	313	353	318	483	-	240-630	-	191-193	-	255	167
Chlorid [mg Cl/L]	250		16-22	17	28	64	24	25	17-32	-	36-39	-	40	63
Phosphor, total [mg P/L]	0,15		0,12	0,016	0,058	0,012	0,016	0,013	0,02-0,24	-	<0,01	-	0,032	<0,005

Tabel 5.1. Udvalgte vandkemiske parametre i de undersøgte vandværker, baseret på de seneste kontrolanalyser udført for vandværkerne. Da de enkelte boringer er analyseret, er der angivet et interval for indløbsvandet. Enkelte oplysninger fra Vandforsyningsstatistik 2000. I de tilfælde, hvor der ikke har været gennemført nogen vandbehandling angives kun råvand. Desuden er der angivet kvalitetskravværdierne i henhold til Drikkevandsbekendtgørelse 871, (Miljøministeriet, 2001).

u.d.= under detektionsgrænsen, -= ingen måleresultat, G.V.= Grænseværdi, i.m. = ikke måleligt

¹ VFS: Vandforsyningsstatistik, 2000 / 1999

Vandværk	Dolmer Enge vandværk		Havdal vandværk		Holmstrupværket		Hvidovre kommunale vandforsyning		Kingosvej vandværk		Mørkskov vandværk	
	G.V.	Råvand	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.
İlt [mg O ₂ /L]	>5	1,1-2	1,7-4,0	5,4	-	11	0,5-2,6	10	<0,1	-	0,6-2,47	-
Nitrat [mg NO ₃ /L]	50	21-31	5-39	16	-	<0,5	0,1-8	4	<1	6	<0,2-1	-
Nitrit [mg NO ₂ /L]	0,01	<0,005-0,044	<0,005-0,053	0,013	-	<0,005	0,007-0,022	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002-0,002	-
Ammonium [mg/L]	0,05	<0,02	<0,03-0,09	<0,03	-	0,02	0,02-0,87	<0,004-0,03	0,70-0,98	<0,01	0,69-0,82	-
Mangan [mg/L]	0,02	<0,02	<0,005-0,007	<0,005	-	<0,005	0,006-0,06	<0,005	<0,005	<0,005	0,002-0,004	-
Jern [mg/L]	0,1	<0,02-0,03	<0,02-0,09	<0,02	-	<0,01	0,22-5,7	0,15	0,05-0,09	0,02	0,21-0,46	-
Sulfat [mg SO ₄ /L]	250	82-110	44-89	71	-	110	59-209	138-150	<1	13	8-41	-
Svovlbriente [mg H ₂ S/L]	0,05	-	-	-	-	-	-	-	12-36	-	0,26-1,4	-
Metan [mgCH ₄ /L]	0,01	-	-	-	-	-	-	-	17-20	-	0,27-0,61	-

Vandværk	Mårslet vandværk		Odense vandværk		Privat vandværk		Stenholt vandværk		Vissegård vandværk		Regnemark vandværk		
	G.V.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg. ¹	Råvand	Afg. ¹	Råvand	Afg.
İlt [mg O ₂ /L]	>5	<0,1-0,44	7,7	-	10	0,7	-	0,2- <0,5	-	4,9-7,1	-	8,8	8,6
Nitrat [mg NO ₃ /L]	50	0,02-<0,1	1	<0,1	2	<0,2	3	<1-2	7,1	26-38	-	12	11
Nitrit [mg NO ₂ /L]	0,01	<0,012-0,011	0,01-0,018	<0,010	<0,005	<0,002	0,002	<0,01-0,01	-	<0,01	-	0,085	0,005
Ammonium [mg/L]	0,05	0,29-0,37	<0,01-0,01	0,51	<0,01	0,63	0,004	0,11-6,54	-	<0,01	-	0,12	0,3
Mangan [mg/L]	0,02	0,23-0,26	<0,005-0,013	0,34	<0,005	0,005	<0,001	<0,01-0,29	-	<0,005	-	0,028	0,005
Jern [mg/L]	0,1	2,3-2,8	<0,01-0,02	1,1	0,013	0,44	0,02	0,24-2,89	0,05	<0,01-0,04	-	0,03	0,01
Sulfat [mg SO ₄ /L]	250	21	15	179	105	<0,5	<0,5	<1-63	25	23-28	-	41	230
Svovlbriente [mg H ₂ S/L]	0,05	-	-	-	-	0,005	-	0,03-0,38	-	-	-	-	<0,005
Metan [mg CH ₄ /L]	0,01	-	-	-	-	0,77	-	0,06-45	-	-	-	-	<0,01

Tabel 5.2. Redoxføl nogle vandkemske parametre i de undersøgte vandværker, baseret på de seneste kontrolanalyser udført for vandværkerne. Da de enkelte borer er analyseret, er der angivet et interval for indløbsvandet. Enkelte oplysninger fra Vandforsyningsstatistik 1999. I de tilfælde, hvor der ikke har været gennemført nogen vandbehandling angives kun råvand. Desuden er der angivet kvalitetskravværdierne i henhold til Drikkevandsbekendtgørelse 871, (Miljøministeriet, 2001).

u.d.= under detektionsgrænsen, -= ingen måleresultat, G.V.= Grænseværdi, i.m. = ikke måleligt

¹ VFS: Vandforsyningsstatistik, 2000 / 1999

Vandværk	Parameter	Dolmer Enge vandværk		Havdal vandværk		Holmstrupværket		Hvidovre kommunale vandforsyning		Kingsvej vandværk		Mørkskov vandværk	
		G.V.	Råvand	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.
Coliforme [antal/100 mL]	i.m.	-	-	<1	-	<1	-	<1	-	-	-	-	-
Term. coli. [antal/100 mL]	i.m.	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-
Kimtal 21°C [antal/mL]	50	-	-	1	-	1	-	<1-1	-	100	11	-	-
Kimtal 37°C [antal/mL]	5	-	-	<1	-	1	-	<1	-	<1	-	-	-
<i>C.perfringens</i> [antal/50 mL]	i.m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anioniske detergenter[mg/L]	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005-0,011	-
Pesticider i alt [µg/L]	0,5	<i>u.d.</i>	-	-	0,043	<i>u.d.</i>	<0,01-0,43	<0,01	-	-	-	<i>u.d.</i>	-
Enkelte pesticider [µg/L]	0,1				0,043 ^a		<0,01-043 ^a , 0,049 ^b						
Andre organiske stoffer													

Vandværk	Parameter	Mårslet vandværk		Odense vandværk		Privat vandværk		Stenholt vandværk		Vissegård vandværk		Regnemark vandværk	
		G.V.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand
Coliforme [antal/100 mL]	i.m.	-	<1	<1	<1	-	-	<1	-	<1	<1	14	<1
Term. coli. [antal/100 mL]	i.m.	-	-	-	-	-	-	<1	-	<1	<1	10	-
Kimtal 21°C [antal/mL]	50	-	7-44	2	1	-	5	<1-90	-	2-12	<1	450	<1
Kimtal 37°C [antal/mL]	5	-	<1-2	<1	<1-1	-	<1	<1-2	-	1-2	<1	49	<1
<i>C. perfringens</i> [antal/50mL]	i.m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Anioniske detergenter [mg/L]	0,1	0,007	-	0,006	-	<0,003	-	-	-	<0,001	-	0,031	-
Pesticider i alt [µg/L]	0,5	0,021	<i>u.d.</i>	-	-	<i>u.d.</i>	-	<i>u.d.</i>	-	<0,01	-	0,19	-
Enkelte pesticider [µg/L]	0,1	0,021 ^a	<0,010 ^c	0,043 ^a						0,014 ^a	<0,010 ^c		
Andre organiske stoffer	0,1									<i>u.d.</i>			

Tabel 5.3. Indikatorer for mikrobielle og organiske forureninger i de undersøgte vandværker, baseret på de seneste kontrolanalyser udført for vandværkerne. Da de enkelte borer er analyseret, er der angivet et interval for indløbsvandet. Enkelte oplysninger fra Vandforsyningsstatistik 1999. I de tilfælde, hvor der ikke har været gennemført nogen vandbehandling angives kun råvand. Desuden er der angivet kvalitetskravværdierne i henhold til Drikkevandsbekendtgørelse 871, (Miljøministeriet, 2001).

u.d.= under detektionsgrænsen, -= ingen måleresultat, G.V.= Grænseværdi, i.m. = ikke målet

^a 2,6-dichlorbenzamid (BAM), ^b MCP, ^c Atrazin, simazin, 2,6-dichlorbenzamid, hexazinon, hydroxyatrazin, terbutylazin, AMPA, Glyphosat., ¹ VFS: Vandforsyningsstatistik, 1999

^d TCE <0,05-1,01 µg/L, Tetrachlorethylen <0,05-0,21 µg/L, Vinylklorid <0,2-0,7 µg/L, Toluen <0,05-0,11 µg/L

Kun i et enkelt tilfælde var en af de mikrobielle parametre forhøjet (Kingsvej vv., der efterfølgende viste sig at have revner i rentvandsbeholderen).

Råvandet til overfladevandværket (Regnemark vv.) er som forventeligt langt mere forurenet end grundvandet, både med hensyn til pesticider og mikroorganismer.

På baggrund af ovenstående kan det konkluderes, at de valgte vandtyper repræsenterer vandtyper med risiko for mikrobielle problemer.

5.3 Temperatur og visuel inspektion

Undersøgelserne i dette projekt viste, at temperaturen var mellem 7 og 11°C for grundvandsvandværkerne. I overfladevandværket varierede temperaturen mellem 1 og 16°C, hvilket ikke giver anledning til videre kommentarer.

Den visuelle inspektion af klarhed, farve, bundfald og lugt gav ingen kommentarer til rentvandsprøverne. I grundvandsprøverne var der i en eller flere prøver fra Kingsvej, Mørkskov, Mårslet, Odense og Stenholt vandværker markant svovlbrintelugt i råvandet, hvilket for 3 af vandværkerne stemmer overens med, at der er målt svovlbrinte i disse vandværkers råvand. I de resterende to vandværker er resultatet af eventuelle kemiske analyser ikke oplyst. Råvandet til Holmstrup, Hvidovre, Kingsvej, Mørkskov, Mårslet, Odense og Stenholt vandværker beskrives alle som gullig, hvilket stemmer overens med at der blev påvist et vist jernindhold i disse prøver.

5.4 Generel mikrobiel kvalitet

I denne undersøgelse blev den generelle mikrobielle kvalitet målt i form af kimtal ved 21°C (inklusive fluorescerende kim) og kimtal ved 37°C.

5.4.1 Grundvand

I 5 rentvandsanalyser (tabel 5.4) var kimtallet ved 21°C større end 50 pr. mL, hvilket er over den højst tilladelige værdi ved fraløb fra pumpe eller vandværk (Miljøstyrelsen, 2001).

To vandværker (Kingsvej og Stenholt vv) havde generelt høje kimtal ved 21°C i rentvandsprøverne gennem hele perioden (tabel 5.4). Desuden var der forhøjede kimtal i to prøver fra Mørkskov vandværk. Som nævnt ovenfor har der muligvis været tale om en mindre forurening ved Kingsvej vv. på grund af revner i rentvandsbeholderen. Alle disse tre vandværker modtog råvand med en del metan (Mørkskov dog kun i lavere koncentration), hvilket kan være årsag til en øget mikrobiel omsætning i filtret og deraf følgende øget indhold af bakterier i afgangsvandet fra vandværket (tabel 5.2). Det skal dog bemærkes, at methanoxiderende bakterier ikke kan måles ved kimtalsbestemmelse, idet de substrater, der benyttes i projektets undersøgelser næppe tillader vækst af methanoxiderende bakterier. I sandfiltret kan de methanoxiderende bakterier danne organisk stof, som andre bakterier efterfølgende kan udnytte til vækst. Disse bakterier kan så tælles ved kimtalsbestemmelse ved 21°C eller 37°C. Dette kan være forklaringen på de højere kimtal i afgangsvandet end i råvandet.

Der var 8 prøver, hvor der forekom fluorescerende kim, og 7 af disse prøver havde forhøjede kimal (arbitrært sat til større end 20 kim/mL). Til gengæld betød høje kimal ikke nødvendigvis, at der forekom fluorescerende kim. Der var ingen forskel på råvands- og rentvandsprøver med hensyn til forekomst af fluorescerende kim.

Vandværk		Kim v. 21°C/mL			
		22/2-29/2	3/5-22/5	29/8-13/9	17/10-6/11
GRUNDEVAND					
Dolmer Enge vandværk	Rent vand	10	5	2	<1
Havdal vandværk	Rent vand	2	9	3 (1)	7
Holmstrupværket	Råvand	10	2	2	<1
	Rent vand	47	13	1	2
Hvidovre kommunale vandforsyning	Råvand	4	10	2	3
	Rent vand	2	16	2	14
Kingosvej vandværk	Råvand	160	190	260	130
	Rent vand	22	140	59 (2)	22 (10)
Mørkskov vandværk	Råvand	1	13	7	<1
	Rent vand	12	8	48	38
Mårslet vandværk	Råvand	2	6	<1	<1
	Rent vand	46	41	15	<1
Odense vandselskab Hovedværket	Råvand	91 (5)	4	6	2
	Rent vand	4	1	<1	2
Privat vandværk	Råvand	2	<1	2	2
	Rent vand	390	2	1	3
Stenholt vandværk	Råvand	19	70 (1)	4	<1
	Rent vand	30	41 (1)	59	70 (2)
Vissegård vandværk	Råvand	-	9	2	<1
	Rent vand	23	5	1	2
OVERFLADEVAND					
Regnemark vandværk	Råvand	1100	190-1300	560	2200 (12)
	Rent vand	-	<1	<1	-

Tabel 5.4: Kimaltal ved 21°C for råvand og rentvand fordelt på de fire prøvetagningsrunder. Vand der distribueres uden behandling er opført under rent vand. Antal fluorescerende bakterier er angivet i parentes. Fed skrift angiver overskridelse i henhold til drikkevandsbekendtgørelsen 871, (Miljøministeriet, 2001). Vandkvalitetskrav: Kimaltal ved 21°C: højst tilladelige værdi ved afgang fra vandværk: 50/mL, højst tilladelige værdi i desinficeret vand efter vandværk: 10/mL.
-: ikke målt

Kimaltal ved 37°C (tabel 5.5) blev påvist i 13 af de 35 grundvandsprøver og i 15 af de 44 rentvandsprøver. Kun 1 grundvandsprøve og 1 rentvandsprøve var højere end 5 pr mL, der er den højst tilladelige værdi ved afgang fra vandværk (Miljøstyrelsen, 2001).

I Kingosvej og Stenholt vandværker, hvor der var forhøjede kimtal 21°C (men ikke nødvendigvis højere end grænseværdien), forekom desuden 11 af de 27 positive observationer af kimtal 37°C (tabel 5.5). Desuden forekom 1 af de 2 tilfælde af coliforme i disse vandværker. I et tilfælde var der i en rentvandsprøve fra Stenholt vandværk både forhøjet kimtal 21°C (59 kim/mL), kimtal 37°C (9 kim/mL) og coliforme bakterier (1 kim/100 mL), hvilket indikerede problemer med generel mikrobiel vækst på dette vandværk. Generelt må det dog bemærkes, at med de relativt få positive observationer af kimtal 37°C, hvoraf de fleste er meget lave, er der kun et spinkelt grundlag for en videre tolkning af resultaterne fra bestemmelsen af kimtal 37°C.

Vandværk		Kim v. 37°C/mL			
		22/2-29/2	3/5-22/5	29/8-13/9	17/10-6/11
GRUNDEVAND					
Dolmer Enge vandværk	Rent vand	<1	<1	<1	2
Havdal vandværk	Rent vand	<1	<1	<1	<1
Holmstrupværket	Råvand	<1	<1	<1	1
	Rent vand	<1	<1	<1	<1
Hvidovre kommunale vandforsyning	Råvand	1	<1	2	6
	Rent vand	<1	<1	<1	<1
Kingosvej vandværk	Råvand	1	<1	2	<1
	Rent vand	1	7	1	1
Mørkskov vandværk	Råvand	<1	<1	<1	2
	Rent vand	<1	<1	1	1
Mårslet vandværk	Råvand	<1	<1	1	1
	Rent vand	<1	<1	<1	<1
Odense vandselskab Hovedværket	Råvand	<1	<1	4	<1
	Rent vand	<1	<1	2	4
Privat vandværk	Råvand	<1	<1	<1	1
	Rent vand	<1	<1	<1	<1
Stenholt vandværk	Råvand	<1	1	1	<1
	Rent vand	2	1	9	<1
Vissegård vandværk	Råvand	-	<1	<1	<1
	Rent vand	1	<1	<1	3
OVERFLADEVAND					
Regnemark vandværk	Råvand	20	10-39	22	80
	Rent vand	-	<1-1	-	-

Tabel 5.5: Kimtal ved 37°C for råvand og rentvand fordelt på de fire prøvetagningsrunder. Vand der distribueres uden behandling er opført under rent vand. Fed skrift angiver overskridelse i henhold til drikkevandsbekendtgørelsen 871, (Miljøministeriet, 2001). Vandkvalitetskrav: vejledende værdi: 5/mL, højst tilladte værdi ved fraløb fra vandværk: 5/mL.
-: ikke målt

På Vissegård vandværk UV-behandles vandet, uden at der var forskel i de mikrobielle parametre før og efter denne behandling. På Stenholt vandværk UV-behandles vandet også, men alligevel forekom der høje kimaltal 21°C.

Sammenfattende kan det konkluderes for grundvandsværkerne, at på i hvert fald to af dem var der markante mikrobielle problemer i det behandlede vand – i det ene tilfælde muligvis på grund af en mindre forurening. Generelt forekom de højere kimaltal på vandværker med stærkt reduceret råvand med metan og svovlbrinte. UV-behandlingen på Stenholt vandværk er tilsyneladende ikke tilstrækkelig til at reducere de forhøjede kimaltal.

5.4.2 Overfladevand

Overfladevandprøverne fra Haraldsted Sø, der udgør råvandet for Regnemark vandværks overfladeanlæg, havde et relativt højt indhold af kimaltal 21°C: 560-2200 kim/mL (Tabel 5.4). Til gengæld virkede behandlingen effektivt, og der blev ikke påvist kimaltal 21°C i det færdigtbehandlede vand.

Kimaltal ved 37°C blev påvist i alle søvandsprøverne (tabel 5.5), og i koncentrationer højere end 5 pr mL, den højst tilladelige værdi ved fraløb fra pumpe eller vandværk (Miljøstyrelsen, 2001). For de 2 undersøgte rentvandsprøverne blev der kun fundet kimaltal 37°C i det ene tilfælde og i lavest påviselige koncentration - 1 pr. mL.

Der er således en markant mikrobiel belastning af overfladevandværket, hvilket det er designet til at kunne håndtere.

5.5 Forekomst af indikatororganismer

5.5.1 Grundvand

Der blev kun påvist coliforme (1 pr 100 mL) i en af de 35 undersøgte grundvandsprøver og i en (1 pr 100 mL) af de 44 undersøgte rentvandsprøver. Den højst tilladelige værdi for coliforme er mindre end 1 pr 100 mL (Miljøstyrelsen, 1988).

Rentvandsprøven med påvist coliforme (Stenholt vv.) var desuden præget af forhøjede kimaltal 21°C og kimaltal 37°C, hvilket indikerede, at denne prøve havde været mikrobielt forurenet. I grundvandsprøven (Privat vv. i sydsjælland), hvor der blev påvist coliforme, var der ikke andre forhøjede værdier. Generelt var der i begge tilfælde dog tale om meget lave værdier.

Der blev ikke undersøgt for termotolerante coliforme i grundvandsprøverne, hvor der ikke blev fundet coliforme.

5.5.2 Overfladevand

I søprøverne blev der påvist coliforme bakterier i alle 7 prøver og termotolerante coliforme i 6 ud af 7 prøver (tabel 5.6) – men ingen i det behandlede overfladevand. Dette understreger, at søvandet er belastet med fækal forurening fra varmblodede dyr og med spildevand.

5.6 Forekomst af specifikke patogener

5.6.1 *Campylobacter jejuni /coli*

Der blev ikke påvist *Campylobacter jejuni /coli* i nogen af de undersøgte prøver, hverken i de 7 søprøver, de 35 grundvandsprøver eller i de 37 rentvandsprøver.

I analysen for *Campylobacter jejuni /coli* blev der parallelt med prøverne udført analyser med *C. jejuni* og *C. coli* til kontrol af metoden. Det fremgik ikke, om bakterierne blev tilsat prøverne til kontrol for eventuelle hæmmende eller begrænsende faktorer i prøverne.

I runde 4 (oktober 2000) blev alle 14 prøver ligeledes analyseret efter den foreslåede nye metode. Resultatet for alle prøver var <1 pr 1000 mL, undtagen søprøven fra Haraldsted Sø, hvor der blev fundet >100 - <1000 pr 1000 mL. Dette kunne indikere, at den foreslåede nye metode til bestemmelse af *Campylobacter* i drikkevand er mere følsom end den benyttede metode, der ikke kunne påvise *Campylobacter jejuni /coli* med en detektionsgrænse på 1 pr 100 mL, men datamaterialet er for spinkelt til at kunne foretage en sådan vurdering.

De foreliggende resultater skal naturligvis vurderes under forudsætning af, at metoden er anvendelig og tilstrækkelig følsom. Dette kan være vanskeligt at vurdere uden positive fund eller med en positiv kontrol udført med den aktuelle prøve, hvilket ikke er gennemført.

Parameter		Grundvand		Overfladevand	
		Råvand	Rent vand	Råvand	Rent vand
Kimmtal v. 21°C kim/mL	Antal prøver:	35	44	7	2
	Antal prøver med ≥10:	10	20	7	0
	Antal prøver med ≥50:	5	5	7	0
	Højeste værdi:	260	390	2200	<1
Fluorescerende kimmtal v. 21°C kim/mL	Antal prøver:	35	44	7	2
	Antal positive prøver:	2	5	1	0
	Højeste værdi:	5	10	12	<1
Kimmtal v. 37°C kim/mL	Antal prøver:	35	44	7	2
	Antal positive prøver:	13	14	7	1
	Antal prøver med ≥5:	1	1	7	0
	Højeste værdi:	6	9	80	1
Coliforme bakterier pr. 100 mL	Antal prøver:	35	44	7	2
	Antal positive prøver:	1	1	6	0
	Højeste værdi:	1	1	54	
Termotolerante coliforme bakterier pr. 100 mL	Antal prøver:	0	0	5	0
	Antal positive prøver:			5	
Campylobacter jejuni/coli pr.100 mL	Højeste værdi:			22	
	Antal prøver:	35	35	7	2
Salmonella pr. 100 mL	Antal positive prøver:	0	0	0	0
	Antal prøver:	31	28	7	2
Giardia pr. 10 L	Antal positive prøver:	1	0	5	0
	Højeste værdi:	3		24	
Cryptosporidium pr. 10 L	Antal prøver:	31	28	7	2
	Antal positive prøver:	0	0	2	0
	Højeste værdi:			2	

Tabel 5.6: Oversigt over resultaterne fra de mikrobielle undersøgelser. Vand, der distribueres uden behandling, er opført under rent vand.

Imidlertid oplyser Miljøstyrelsen, at den kommende metode til bestemmelse af *Campylobacter* i drikkevand er blevet afprøvet på prøvetyper, som de der indgik i denne undersøgelse, og at metoden er dokumenteret egnet til at måle i de undersøgte vandtyper (pers. com. Linda Bagge).

På denne baggrund forekommer drikkevand fra vandværker således ikke at udgøre en markant kilde til *Campylobacter jejuni/coli*.

5.6.2 Salmonella

Der blev ikke påvist *Salmonella* i nogen af de undersøgte prøver, hverken i de 7 søprøver, de 35 grundvandsprøver eller i de 37 rentvandsprøver.

I analysen for *Salmonella* blev der parallelt med prøverne udført analyser med *S. typhimurium* og *S. enteritidis* til kontrol af metoden. Det fremgik ikke, om bakterierne blev tilsat prøverne til kontrol for eventuelle hæmmende eller begrænsende faktorer i prøverne, men den anvendte metode til bestemmelse af *Salmonella* anvendes rutinemæssigt til drikkevandsanalyser.

Umiddelbart forekommer drikkevand fra vandværker således ikke at udgøre en markant kilde til *Salmonella*, og på det foreliggende grundlag vurderes *Salmonella* ikke at udgøre et problem.

5.6.3 Giardia

Giardia blev påvist i 1 af de 31 undersøgte grundvandsprøver. I en prøve fra Vissegård vandværk blev der påvist 3 cyster pr 10 L. Efterfølgende blev der analyseret en ekstra vandprøve, der var udtaget samme sted og samtidigt med den positive prøve. I denne ekstra prøve kunne der ikke påvises *Giardia* cyster. Endvidere blev der senere udtaget yderligere 7 prøver af henholdsvis råvand og fra ledningsnettet (3 prøver). I alle disse prøver var resultatet for *Giardia*: ikke påvist pr 10 L.

Giardia blev ikke påvist i nogen af de 30 undersøgte rentvandsprøver.

I analysen for *Giardia* blev der parallelt med prøverne udført analyser med *Giardia* i ionbyttet vand til kontrol af metoden. Der har ikke været tilsat *Cryptosporidium parvum* eller *Giardia* til prøverne til kontrol for eventuelle hæmmende eller begrænsende faktorer i prøverne.

Det er vanskeligt at afgøre, om det enkelte positive fund er en analyseusikkerhed. Imod taler: 1) bestemmelsen virker rimeligt sikker og reproducerbar for søprøverne, 2) der blev påvist flere cyster, ikke kun en, 3) det er sandsynligt, at en forurening med *Giardia* vil være tilfældig, og ikke nødvendigvis kontinuert, hvilket kan sandsynliggøre, at kun en prøve var positiv, og endelig 4) det pågældende vandværk er karakteriseret ved et meget overfladenært og følsomt grundvandsmagasin. For, at det enkelte positive fund skyldes analyseusikkerhed, taler, at ingen af de andre prøver fra samme vandværk var positive, og ingen af de andre mikrobiologiske parametre var forhøjede. Miljøstyrelsen har på baggrund af ovennævnte iværksat et projekt med henblik på validering af metoden til bestemmelse af *Giardia* og *Cryptosporidium*

I søprøverne blev *Giardia* påvist i 5 af de 7 prøver, dvs. i 4 ud af 5 runder. Der blev påvist mellem 5 og 24 cyster pr 10 L. Der blev ikke påvist *Giardia* i rentvandsprøver fra Regnemarksvandværket, hvilket tyder på en effektiv fjernelse under behandlingen og desinfektion af vandet.

På baggrund af de foreliggende resultater forekommer drikkevand fra vandværker således ikke at udgøre en kilde til *Giardia*, hvorimod overfladevand kan udgøre en kilde.

5.6.4 *Cryptosporidium parvum*

Cryptosporidium parvum blev ikke påvist i nogen af de 31 undersøgte grundvandsprøver eller i nogen af de 30 undersøgte rentvandsprøver.

I forbindelse med påvisning af *Giardia* i en prøve fra Vissegård vandværk blev der senere udtaget yderligere 7 prøver af henholdsvis råvand og fra ledningsnettet (3 prøver). I alle disse prøver var resultatet for *Cryptosporidium parvum*: ikke påvist pr 10 L.

I analysen for *Cryptosporidium parvum* blev der parallelt med prøverne udført analyser med *Cryptosporidium parvum* i ionbyttet vand til kontrol af metoden,

men der har ikke været tilsat *Cryptosporidium parvum* eller *Giardia* til prøverne for at kontrollere, om der var hæmmende eller begrænsende faktorer i prøverne.

Cryptosporidium parvum blev påvist i 2 af de 7 undersøgte søprøver, dvs. i 2 ud af 5 runder. Der blev i begge tilfælde påvist 2 oocyster pr 10 L.

På baggrund af de foreliggende resultater forekommer drikkevand fra vandværker således ikke at udgøre en kilde til *Cryptosporidium parvum*, hvorimod overfladevand kan udgøre en kilde.

6 Konklusion

De udvalgte 12 vandværker repræsenterede et udsnit af danske vandværker, der forventedes at have risiko for forurening af indvindingsmagasinerne. De undersøgte vandværker havde stor spredning i vandbehandlingsgrad, fra slet ingen, over traditionel simpel vandbehandling med beluftning og sandfiltrering, over videregående vandbehandling, der inkluderede aktiv kulfiltrering og UV-bestråling til kemisk-mikrobiel vandbehandling af overfladevand.

Vandværkerne repræsenterede også forskellig beskyttelsesgrad af grundvandsmagasinerne: fra 0,5 m muld over et kalkmagasin til 46 m moræneaflejring over magasinet.

Vandværkerne repræsenterede forskellige størrelser fra produktioner under 4.000 m³/år til 83 forbrugere op til 3.204.000 m³/år med forsyning til ca.30.000 indbyggere.

Vandværkerne repræsenterede også forskellige vandtyper: fra aerobe magasiner, til anaerobe magasiner med vandtyper, hvor der skulle fjernes metan, svovlbrinte, ammonium, jern og mangan. Disse stoffer udgør mikrobielt substrat, og det ville derfor være forventeligt, at der er kraftig mikrobiel aktivitet i sandfiltrene.

De to vandværker med aerobe magasiner havde forhøjede nitratindhold, hvilket indikerede at disse grundvandsmagasiner er påvirket af landbrugsdrift, og at der dermed er en vis risiko for overfladekontakt. I fire vandværker var der påvist pesticidforurening, hvilket også indikerede en vis risiko for overfladekontakt.

På i hvert fald to vandværker var der markante mikrobielle problemer mht. kimalt 21°C og kimalt 37°C i det behandlede vand – i det ene tilfælde muligvis på grund af revner i rentvandsbeholderen. Generelt forekom de højere kimalt på vandværker med stærkt reduceret råvand med metan og svovlbrinte. UV-behandlingen på det ene af disse værker var ikke tilstrækkeligt til at reducere de forhøjede kimalt.

Generelt var søprøverne, råvandet til overfladevandværket, mere mikrobielt forurenede end grundvandsprøverne, idet der i alle disse prøver var coliforme. Desuden var der termotolerante coliforme i 6 ud af 7 prøver. I de øvrige prøver blev der påvist coliforme i 1 af de 35 undersøgte grundvandsprøver og i 1 af 46 undersøgte rentvandsprøver.

Der blev hverken påvist *Campylobacter jejuni* /*coli* eller *Salmonella* i nogen af de undersøgte prøver, hverken i de 7 søprøver, de 35 grundvandsprøver eller i de 37 rentvandsprøver.

Der blev ligeledes analyseret for *Campylobacter jejuni* /*coli* i runde 4 (oktober 2000) i alle 14 prøver efter den nye foreslåede metode, og i en enkelt af disse prøver (råvand til overfladevandværket) blev der påvist *Campylobacter jejuni* /*coli*.

Giardia blev påvist i 5 af de 7 undersøgte søprøver, dvs. i 4 ud af 5 runder. Der blev påvist mellem 5 og 24 cyster pr 10 L. *Giardia* blev ikke påvist i nogen af de 30 undersøgte rentvandsprøver. *Giardia* blev påvist i 1 prøve (3 cyster pr 10 L) af de 31 undersøgte grundvandsprøver. I 7 efterfølgende analyser fra dette vandværk, samt i en parallel prøve til den positive prøve kunne der ikke påvises *Giardia*. Det kan ikke udelukkes, at der er tale om et positivt fund, men hverken i en efterfølgende analyse af en vandprøve udtaget samtidigt med den positive prøve eller ved efterfølgende udtagning af en omprøve blev der ikke fundet *Giardia*.

Cryptosporidium parvum blev påvist i 2 af de 7 undersøgte søprøver, dvs. i 2 ud af 5 runder. Der blev i begge tilfælde påvist 2 oocyster pr 10 L. *Cryptosporidium parvum* blev ikke påvist i de 31 undersøgte grundvandsprøver, i nogen af de 30 undersøgte rentvandsprøver, eller i nogen af de yderligere udtagne 7 prøver.

Afsluttende kan det konkluderes, at på baggrund af op til 80 grundvands- og drikkevandsprøver indsamlet på 4 prøvetagningsrunder fordelt over året fra 12 vandværker, hvor der forventedes størst risiko for mikrobiel forurening, er der ikke foretaget sikre påvisninger af nogen af de undersøgte patogener.

Denne undersøgelse har haft fokus på råvandet og på vandværkernes evne til i en almindelig driftssituation at fjerne de patogener, der er undersøgt for. Undersøgelsen har således ikke inddraget ledningsnet eller husinstallationer, men det kunne være relevant at gennemføre en undersøgelse af disse forhold.

Tilsvarende kunne det være relevant at opstille programmer for supplerende undersøgelser, som vandforsyningerne kan udføre i tilfælde af en konstateret bakteriologisk forurening på indvindingsanlæg eller i ledningsnet for nærmere vurdering af den reelle sundhedsrisiko og dermed for at kunne fastsætte eller ophæve eventuelle krav til forbrugerne om begrænsning i brugen af vandet (kogepåbud/-anbefaling eller lign.). Sådanne undersøgelser kunne også indrage risikoen for forurening (fx fra utætte kloaker) i ekstremesituationer, fx under stærk regn.

7 Referencer

Altekruse, S.F., Stern, N.J., Fields, P.I. & Swerdlow, D.L. 1999: Campylobacter jejuni – an emerging foodborne pathogen. Emerg. Infect. Dis. 5, 28-35.

Andersen, J.S. & Hald, T., 2001: Risikovurdering ved anvendelse af vandingskanoner til udspredding af gylle fortyndet med vand. Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 606.

Benenson, A.S. (ed), 1995: Control of Communicable Diseases Manual. An official report of the American Public Health Association. 16th ed. Washington, D.C.

Blaser, M.J. 1995: Campylobacter and related species. In: Mandell, G.L., Bennett, J.E., Dolin, R. (eds): Principles and practice of infectious diseases. New York, Churchill Livingstone, 1948-58.

Committee Report, 1999a: Emerging pathogens – bacteria. Journal AWWA 91, (9) 101-109.

Committee Report, 1999b: Emerging pathogens – viruses, protozoa, and algal toxins. Journal AWWA 91, (9) 110-121.

DS 266, Ret. 1. 1988: Vandundersøgelse. Kvalitativ og kvantitativ bestemmelse af Salmonella i vand, slam, sediment og jord. Dansk Standard, København.

DS 2250/1. 1983: Vandundersøgelse: Prøvetagning, transport og opbevaring af prøver til mikrobiologiske undersøgelser. Dansk Standardiseringsråd, København.

DS 2252/1. 1983: Vandundersøgelse: Bestemmelse af kimtallet og fluorescerende kim ved 21°C i Kings agar B. Dansk Standardiseringsråd, København.

DS 2254/1. 1983: Vandundersøgelse: Bestemmelse af aerobt kimtal ved 37°C. Dansk Standardiseringsråd, København.

DS 2255/1. 1983: Vandundersøgelse. Bestemmelse af coliforme bakterier og termotolerante coliforme bakterier. Fortyndingsmetoden (MPN-metoden). Dansk Standardiseringsråd, København.

Gray, N.F. 1994: Drinking water quality, problems and solution. Wiley, Chichester, GB.

Hansen, A. & Stenström, T.A. 1998: Kartlægning av Giardia och Cryptosporidium i svenska ytvattentäkter. Smittskyddsinstutuet och Livsmedelsverket, Sverige.

- Hashimoto, A., Hirata, T. & Kunikane, S. 2001: Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in a conventional water purification plant. *Wat. Sci & Technol.* **43** (12) 89-92.
- Karanis, P., Schoenen, D. & Seitz, H.M. 1998: Distribution and removal of *Giardia* and *Cryptosporidium* in water supplies in Germany. *Water Science and Technology.* **37**, (2) 9-18.
- Laursen, E., Mygind, O., Rasmussen, B. & Rønne, T. 1994: Gastroenteritis: a waterborne outbreak affecting 1600 people in a small Danish town. *Journal of Epidemiology and community Health.* **48**, 453-458.
- LeChevallier, M.W. & Norton, W.D. 1995: *Giardia* and *Cryptosporidium* in raw and finished water. *Journal AWWA*, **87** (September), 54-68.
- McFeters, G.A. 1990: *Drinking water microbiology. Progress and recent developments.* Springer-Verlag Inc., New York.
- Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001: Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg.
- Miljøstyrelsen, 2002: Rapport om optimering og validering af metode til bestemmesle af protozoer i drikkevand. In prep.
- MacKenzie, W.R., Hoxie, N.J., Proctor, M.E., Gradus, S., Blair, K.A., Peterson, D.E. Kazmierczak, J.J., Addiss, D.G., Fox, K.R., Rose, J.B., Davis, J.P. 1994: A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *The New England Journal of Medicine.* **331**, (3) 161-167.
- Mølbak, K. 2001: Zoonotiske tarminfektioner. *EPI-NYT uge 15/16, Statens Serum Institut.*
- NMLK no. 119/2, 1990: *Campylobacter jejuni/coli*. Påvisning i livsmiddel. 2. udg., Nordisk Metodikkommitté för Livsmedel. Esbo.
- NN, 2001: Vandkvalitet – kvalitativ og semikvantitativ påvisning af termofile *campylobacter*. Udkast af 1. marts 2001, udleveret af Miljøstyrelsen.
- O'Donoghue, P.J. 1995: *Cryptosporidium* and *Cryptosporidiosis* in Man and the Animals. *Int J Parasitol.* **25** (2):39-195.
- Robertson, L. & Gjerde B. 2000: *Cryptosporidium* og *Giardia* i drikkevasskjelder i Noreg. SNT-rapport 6. Statens næringsmiddeltilsyn, Norge.
- Varslot, M., Resell, J. & Fostad, I.G. 1996: Vannbåren *campylobacter*infeksjon - trolig forårsaket av kortnebbgjess. *Tidsskr. Nor. Lægeforen.* **116**: 3366-3369.
- WHO, 1996: Guidelines for drinking-water quality, volume 2. World Health Organization, Geneva.

Appendix A

Data fra rutineanalyser

Vandkemi i de undersøgte vandværker, baseret på de seneste kontrolanalyser udført for vandværkerne. Da de enkelte borer er analyseret, er der angivet en interval for indløbsvand. Enkelte oplysninger fra Vandforsyningsstatistik 1999. I de tilfælde, hvor der ikke har været gennemført nogen vandbehandling angives kun råvand. Desuden er der angivet kvalitetskravværdierne i henhold til Drikkevandsbekendtgørelse 871, (Miljøministeriet, 2001).

Vandværk	G. V.	Dolmer Enge vandværk		Havdal vandværk		Holmstrupværket		Hvidovre kommunale vandforsyning		Kingsvej vandværk		Mørkskov vandværk	
		Råvand	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	
Antal borer			7		2	1	10		2		2		
Antal analyser		5	8	1	2		26	2	2	1	2	VFS	
Dato			15-11-99	15-11-99	04-12-00	30-08-00	flere	flere	02-08-00	23-01-01	Flere		
Udseende		-	-	Klar	-	Klar	Klar	Klar	-	Klar, farveløs	-	-	
Lugt		-	-	Ingen	-	Ingen	Ingen	Ingen	-	Normal	-	-	
Smag		-	-	Normal	-	Ingen	Ingen	Ingen	-	Normal	-	-	
Farve		-	-	Ingen	-	-	Ingen	Ingen	-	-	-	-	
Turbiditet [FTU]	0,3	-	-	0,11	-	<0,1	-	0,05	-	-	-	-	
Temperatur [°C]	-	8,8-8,9	8,2-8,7	8,7	9,1	9,7	10-11	11-12	11	9	9,0	-	
pH [pH]	8,5	7,5	7,5-7,6	7,6	-	8,2	7-7,4	7,4	7,4-7,5	8	7,0-7,1	8,0	
Ledningsevne [mS/m]	>30	66-71	52-70	60	-	64	80-177	132-136	107-115	75	67-227	-	
Permanganattal [mg/L]	-	<4	<3-5	<3	-	1,7	<3-6,6	1,9-2,6	11-15	9	5-12	-	
NVOC [mg/L]	4	1,1-1,6	0,8-2,2	-	-	1,1	<1-2,3	1,4	-	-	2,4	-	
Tørstof [mg/L]	1500	420-480	370-450	390	-	480	576-1200	956	604-651	-	451-1407	-	
Natrium [mg/L]	175	14-16	10-25	13	-	14	18-153	68	95-111	-	24-271	-	
Kalium [mg/L]	10	2,3-2,9	1,4-3,1	1,8	-	1,6	2,8-8,4	6	11-13	-	3,2-7,1	-	
Calcium [mg/L]	-	95-110	80-105	92	-	113	107-222	164-196	52-59	80	90-112	-	
Magnesium [mg/L]	50	15-16	10-14	12	-	9	4-53	31	49-55	-	18-44	-	
Hårdhed total [°dH]	-	17-18	14-18	15,6	-	18	22-39	35	-	-	-	21,4	
Bikarbonat [mg HCO ₃ /L]	-	234-248	185-259	210	-	-	360-438	400	523-556	-	364-427	-	
Nikkel [µg/L]	20	7-12	<2-12	-	-	<2	3-41	19-23	<1	<2	<2	-	
Chlorid [mg Cl/L]	250	33-39	26-54	34	-	37	68-293	157-181	85-131	43	38-504	-	
Phosphor, total [mg P/L]	0,15	<0,005-0,011	0,005-0,010	0,006	-	0,016	0,009-0,032	<0,005	<0,01-0,01	0,06	0,012-0,015	-	
Fluorid [mg F/L]	1,5	0,2-0,3	0,1-0,3	0,2	-	-	0,31-1,3	0,55-0,64	1,6-1,9	1,1	0,9-1,2	-	

Vandværk	G.V.	Dolmer Enge vandværk		Havdal vandværk		Holmstrupværket		Hvidovre kommunale vandforsyning		Kingsvej vandværk		Mørkskov vandværk	
		Råvand	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	
Antal borer			7		2		10		2		2		
Antal analyser		5	8	1	2	1	26	2	2	1	2		
Dato			15-11-99	15-11-99	04-12-00	30-08-00	Flere	Flere	02-08-00	23-01-01			
Ilt [mg O ₂ /L]	>5	1,1-2	1,7-4,0	5,4	-	11	0,5-2,6	10	<0,1	-	0,6-2,47	-	
Nitrat [mg NO ₃ /L]	50	21-31	5-39	16	-	<0,5	0,1-8	4	<1	6	<0,2-1	-	
Nitrit [mg NO ₂ /L]	0,01	<0,005-0,044	<0,005-0,053	0,013	-	<0,005	0,007-0,022	<0,003	<0,01	<0,01	<0,002-0,002	-	
Ammonium [mg/L]	0,05	<0,02	<0,03-0,09	<0,03	-	0,02	0,02-0,87	<0,004-0,03	0,70-0,98	<0,01	0,69-0,82	-	
Mangan [mg/L]	0,02	<0,02	<0,005-0,007	<0,005	-	<0,005	0,006-0,06	<0,005	<0,005	<0,005	0,002-0,004	-	
Jern [mg/L]	0,1	<0,02-0,03	<0,02-0,09	<0,02	-	<0,01	0,22-5,7	0,15	0,05-0,09	0,02	0,21-0,46	-	
Sulfat [mg SO ₄ /L]	250	82-110	44-89	71	-	110	59-209	138-150	<1	13	8-41	-	
Svovlbriente [mg H ₂ S/L]	0,05	-	-	-	-	-	-	-	12-36	-	0,26-1,4	-	
Metan [mgCH ₄ /L]	0,01	-	-	-	-	-	-	-	17-20	-	0,27-0,61	-	
Coliforme [antal/100 mL]	i.m.	-	-	<1	-	<1	-	<1	-	-	-	-	
Term. coli. [antal/100 mL]	i.m.	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	
Kimtal 21°C [antal/mL]	50	-	-	1	-	1	-	<1-1	-	100	11	-	
Kimtal 37°C [antal/mL]	5	-	-	<1	-	1	-	<1	-	<1	-	-	
<i>C.perfringens</i> [antal/50 mL]	i.m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Anioniske detergenter[mg/L]	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005-0,011	-	
Pesticider i alt [µg/L]	0,5	<i>u.d.</i>	-	-	0,043	<i>u.d.</i>	<0,01-0,43	<0,01	-	-	<i>u.d.</i>	-	
Enkelte pesticider [µg/L]	0,1				0,043 ^a		<0,01-0,43 ^a						
							0,049 ^b						
							^d						

Andre organiske stoffer

u.d.= under detektionsgrænsen, -= ingen måleresultat, G.V.= Grænseværdi, i.m. = ikke måleligt

^a 2,6-dichlorbenzamid (BAM), ^b MCP, ^c Atrazin, simazin, 2,6-dichlorbenzamid, hexazinon, hydrozyatrazin, terbutylazin, AMPA, Glyphosat., ¹ VFS: Vandforsyningsstatistik, 1999

^d TCE <0,05-1,01 µg/L, Tetrachlorethylen <0,05-0,21 µg/L, Vinylklorid <0,2-0,7µg/L, Toluen <0,05-0,11 µg/L

Vandværk	G. V.	Mårslet vandværk		Odense vandselskab		Privat vandværk		Stenholt vandværk		Vissegård vandværk		Regnemark vandværk	
		Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg. ¹	Råvand	Afg. ¹	Råvand	Afg.
Antal borer		2		1				7		2		1	
Antal analyser		2	2	2	2	1	1	7	VFS	Flere	VFS	1	1
Dato		Flere	Flere			14-12-00	05-04-00			Flere		22-05-00	29-05-00
Udseende		-	Klar	-	-	-	Klar	-	-	-	-	Klar	Klar
Lugt		-	Normal	-	Normal	-	Normal	-	-	-	-	Ingen lugt	Chlor
Smag		-	Normal	-	-	-	-	-	-	-	-	Ikke oplyst	Chlor
Farve		-	-	-	-	-	Farveløs	-	-	-	-	Ingen	Ingen
Turbiditet [FTU]	0,3	-	0,15	-	0,10	-	-	-	-	-	-	1,19	0,054
Temperatur [°C]	-	8,9-9,4	9,2	8,3-8,9	8,7-9,1	10	9	8-9,6	-	8,1-8,8	-	17,5	15,4
pH [pH]	8,5	7,2-7,3	6,7-7,2	7,1	7,4	7,6	-	7,1-7,5	8,1	7,4-7,6	-	8,4	7,0
Ledningsevne [mS/m]	>30	54-61	54-55	-	86	78	77	58-98	-	53-57	-	45	65
Permanganattal [mg/L]	-	4-5	<4-4	4	<4	6	8	5,1-21	-	0,6-1,6	-	38	11
NVOC [mg/L]	4	1,2-1,3	1,2	2,0	1,3	2,2	-	2,1-7,5	2,9	07-1,1	-	9,5	4,0
Tørstof [mg/L]	1500	335-360	324	630	402	449	-	370-570	447	160-380	-	417	630
Natrium [mg/L]	175	16-21	20	19	42	107	-	17-62	-	17-21	-	21	24
Kalium [mg/L]	10	3,2-4,4	3,7	3,40	3,7	4,6	-	1,3-13	-	1,4-1,6	-	2,9	2,7
Calcium [mg/L]	-	88	87	163	130	36	32	47-102	-	75-84	-	104	139
Magnesium [mg/L]	50	9-10	10	16	14	18	-	7-49	-	4,0-4,8	-	4,9	5,4
Hårdhed total [°dH]	-	-	21	-	21	-	-	-	17	-	140	16	21
Bikarbonat [mg HCO ₃ /L]	-	301-318	313	353	318	483	-	240-630	-	191-193	-	255	167
Nikkel [µg/L]	20	<1	<1	-	1	<2	-	<1-<2	-	1,1-2,3	-	1	0,8
Chlorid [mg Cl/L]	250	16-22	17	28	64	24	25	17-32	-	36-39	-	40	63
Phosphor, total [mg P/L]	0,15	0,12	0,016	0,058	0,012	0,016	0,013	0,02-0,24	-	<0,01	-	0,032	<0,005
Fluorid [mg F/L]	1,5	0,22-0,26	0,22	0,18	0,31	0,36	0,44	0,2-2,6	-	0,12-0,26	-	0,2	0,15

Vandværk	Mårslet vandværk		Odense vandværk		Privat vandværk		Stenholt vandværk		Vissegård vandværk		Regnemark vandværk		
	G.V.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg.	Råvand	Afg. ¹	Råvand	Afg.
Antal boringer		1		1		1		7		2			
Antal analyser		1	2	2	2	1	1	7				1	1
Dato		Flere		Flere		14-12-00 05-04-00						22-05-00	29-05-00
Ilt [mg O ₂ /L]	>5	<0,1-0,44	7,7	-	10	0,7	-	0,2- <0,5	-	4,9-7,1	-	8,8	8,6
Nitrat [mg NO ₃ /L]	50	0,02-<0,1	1	<0,1	2	<0,2	3	<1-2	7,1	26-38	-	12	11
Nitrit [mg NO ₂ /L]	0,01	<0,012-0,011	0,01-0,018	<0,010	<0,005	<0,002	0,002	<0,01-0,01	-	<0,01	-	0,085	0,005
Ammonium [mg/L]	0,05	0,29-0,37	<0,01-0,01	0,51	<0,01	0,63	0,004	0,11-6,54	-	<0,01	-	0,12	0,3
Mangan [mg/L]	0,02	0,23-0,26	<0,005-0,013	0,34	<0,005	0,005	<0,001	<0,01-0,29	-	<0,005	-	0,028	0,005
Jern [mg/L]	0,1	2,3-2,8	<0,01-0,02	1,1	0,013	0,44	0,02	0,24-2,89	0,05	<0,01-0,04	-	0,03	0,01
Sulfat [mg SO ₄ /L]	250	21	15	179	105	<0,5	<0,5	<1-63	25	23-28	-	41	230
Svovlbriente [mg H ₂ S/L]	0,05	-	-	-	-	0,005	-	0,03-0,38	-	-	-	-	<0,005
Metan [mgCH ₄ /L]	0,01	-	-	-	-	0,77	-	0,06-45	-	-	-	-	<0,01
Coliforme [antal/100 mL]	i.m.	-	<1	<1	<1	-	-	<1	-	<1	<1	14	<1
Term. coli. [antal/100 mL]	i.m.	-	-	-	-	-	-	<1	-	<1	<1	10	-
Kimtal 21°C [antal/mL]	50	-	7-44	2	1	-	5	<1-90	-	2-12	<1	450	<1
Kimtal 37°C [antal/mL]	5	-	<1-2	<1	<1-1	-	<1	<1-2	-	1-2	<1	49	<1
C. perfringens [antal/50mL]	i.m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Anioniske detergenter [mg/L]	0,1	0,007	-	0,006	-	<0,003	-	-	-	<0,001	-	0,031	-
Pesticider i alt [µg/L]	0,5	0,021	u.d.	-	-	u.d.	-	u.d.	-	<0,01	-	0,19	-
Enkelte pesticider [µg/L]	0,1	0,021 ^a	<0,010 ^a	0,043 ^a						0,014 ^a		^c	
Andre organiske stoffer										u.d			

u.d.= under detektionsgrænsen, -= ingen måleresultat, G.V.= Grænseværdi, i.m. = ikke måleligt

^a 2,6-dichlorbenzamid (BAM), ^b MCP, ^c Atrazin, simazin, 2,6-dichlorbenzamid, hexazinon, hydrozyatrazin, terbutylazin, AMPA, Glyphosat., ¹ VFS: Vandforsyningsstatistik, 1999 /2000

^d TCE <0,05-1,01 µg/L, Tetrachlorethylen <0,05-0,21 µg/L, Vinylklorid <0,2-0,7µg/L, Toluen <0,05-0,11 µg/L

Appendix B

Rådata

3b. Dolmer vandværk (Grenå Kommunale Vandværker):

Prøvetagningssteder:

B: Ubehandlet råvand = rentvand

Parameter	Prøvetagningssted 1. runde (udtaget 29/2) B	Prøvetagningssted 2. runde (udtaget 3/5) B	Prøvetagningssted ¹ 3. runde (udtaget 29/8) B	Prøvetagningssted 4. runde (udtaget 17/10) B
Temperatur	9	8	9	8
Visuel inspektion:				
- klarhed	klar	klar	klar	klar
- farve	farveløs	-	-	-
- bundfald	Intet	-	-	-
- lugt	Ingen	ingen	ingen	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	10	5	2	<1
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	<1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	<1	<1	<1	2
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Giardia/10 l	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.

¹ I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

²p. = ikke påvist

3a. Havdal / Skindbjerg vandværk (Grenå Kommunale Vandværker):

Prøvetagningssteder:

A: Iltet råvand (ikke filtreret) = rentvand

Parameter	Prøvetagningssted 4. runde (udtaget 29/2) A	Prøvetagningssted 5. runde (udtaget 3/5) A	Prøvetagningssted ¹ 6. runde (udtaget 29/8) A	Prøvetagningssted 4. runde (udtaget 17/10) A
Temperatur	9	8	10	8
Visuel inspektion:				
- klarhed	klar	klar	klar	klar
- farve	farveløs	-	-	-
- bundfald	Intet	-	-	-
- lugt	Ingen	ingen	ingen	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	2	9	3	7
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	<1	<1	<1	<1
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Giardia/10 l	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.

1. I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

2. I.p. = ikke påvist

1. Holmstrup vandværk (Århus Kommunale Vandværker)

Prøvetagningssteder:

A: blandet råvand fra vandværk

B: rentvand ved afgang fra vandværk

Parameter	Prøvetagningssted 7. runde (udtaget 29/2)		Prøvetagningssted 8. runde (udtaget 3/5)		Prøvetagningssted ¹ 9. runde (udtaget 29/8)		Prøvetagningssted 4. runde (17/10)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur	9	9	9	9	9	10	9	9
Visuel inspektion:								
- klarhed	let uklar	klar	let uklar	klar	klar	klar	uklar	klar
- farve	let gullig	let gullig	gullig	-	farveløs	farveløs	svag gullig	ingen
- bundfald	intet	intet	-	-	-	-	ingen	ingen
- lugt	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	10	47	2	13	2	1	<1	2
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Giardia/10 l	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.

¹ I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

² I.p. = ikke påvist

9. Hvidovre kommunes Vandforsyning:

Prøvetagningssteder:

A: blandet råvand fra vandværk

B: Rentvand ved afgang fra vandværk

Parameter	Prøvetagningssted 10. runde (udtaget 23/2)		Prøvetagningssted 11. runde (udtaget 10/5)		Prøvetagningssted ¹ 12. runde (12/9)		Prøvetagningssted 13. runde (udtage)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur	10	10	9	10	10	11	10	10
Visuel inspektion:								
- klarhed	Let uklar	Klar	uklar	klar	uklar	klar	let uklar	klar
- farve	Let gullig	farveløs	gullig	-	let gullig	farveløs	gullig	farveløs
- bundfald	Intet	Intet	lidt	-			intet	intet
- lugt	Ingen	Ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	4	2	10	16	2	2	3	14
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	1	<1	<1	<1	2	<1	6	<1
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Giardia/10 l	i.p.		i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l	i.p.		i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.

¹ I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

² I.p. = ikke påvist

11. Kingosvej vandværket. Nykøbing Sjælland vandværk

Prøvetagningssteder:

A: blandet råvand fra vandværk

B: Rentvand ved afgang fra vandværk

Parameter	Prøvetagningssted 14. runde (udtaget 22/2)		Prøvetagningssted 15. runde (udtaget 9/5)		Prøvetagningssted ¹ 16. runde (udtaget 13/9)		Prøvetagningssted 17. runde (udtaget 6/11)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur	9	8	9	10	11	13	9	10
Visuel inspektion:								
- klarhed	Let uklar	Klar	uklar	klar	uklar	klar	uklar	klar
- farve	Let gullig	farveløs	gul	-	okkergul	farveløs	gullig	farveløs
- bundfald	Intet	Intet	-	-			få partikler	intet
- lugt	H2S	Ingen	H2S	ingen	H2S	ingen	H2S	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	160	22	190	<u>140</u>	260	<u>59</u>	130	22
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	10
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	1	1	<1	7	2	1	<1	1
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier /100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Giardia/10 l	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.

¹ I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

² I.p. = ikke påvist

5. Mørkeskov vandværk (Vordingborg kommunale værker)

Prøvetagningssteder:

A: blandet råvand fra vandværk

B: rentvand ved afgang fra vandværk

Parameter	Prøvetagningssted 18. runde (udtaget 22/2)		Prøvetagningssted 19. runde (udtaget 3/5)		Prøvetagningssted ¹ 20. runde (udtaget 13/9)		Prøvetagningssted 21. runde (udtaget 6/11)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur	8	7	8	9	9	10	10	10
Visuel inspektion:								
- klarhed	uklar	klar	klar	klar	let uklar	klar	let uklar	klar
- farve	let gullig		gullig	-	gullig	farveløs	gullig	
- bundfald	farveløs		-	-	-	-	farveløs	
- lugt	intet ingen	intet ingen	svag H2S	ingen	H2S	ingen	intet olieagtig, H2S	intet ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	1	12	13	8	7	48	<1	38
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	<1	<1	<1	<1	<1	1	2	1
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Giardia/10 l	i.p.		i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l	i.p.		i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.

1. I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positive fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

2. I.p. = ikke påvist

10. Mårslet vandværk:

Prøvetagningssteder:

A: blandet råvand fra vandværk

B: Rentvand ved afgang fra vandværk

Parameter	Prøvetagningssted 22. runde (udtaget 29/2)		Prøvetagningssted 23. runde (udtaget 3/5)		Prøvetagningssted ¹ 24. runde (29/8)		Prøvetagningssted 25. runde (udtaget 17/10)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur	8	8	9	?	10	10	9	10
Visuel inspektion:								
- klarhed	uklar	Klar	uklar	klar	let uklar	klar	uklar	klar
- farve	gullig	farveløs	gullig	-	gul		gullig	farveløs
- bundfald	Intet	Intet	-	-	intet		intet	intet
- lugt	Ingen	Ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	H2S	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	2	46	6	41	<1	15	<1	<1
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	<1
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Giardia/10 l			i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l			i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.

¹ I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet underøgt.

² I.p. = ikke påvist

8. Odense vandselskab:

Prøvetagningssteder:

A: blandet råvand fra vandværk

B: Rentvand ved afgang fra vandværk

Parameter	Prøvetagningssted 26. runde (udtaget 29/2)		Prøvetagningssted 27. runde (udtaget 3/5)		Prøvetagningssted ¹ 28. runde (29/8)		Prøvetagningssted 29. runde (udtaget 17/10)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur	9	9	9	9	9	10	9	9
Visuel inspektion:								
- klarhed	uklar	Klar	let uklar	klar	let uklar	klar	uklar	klar
- farve	Let gullig	farveløs	gullig	-	gullig		gullig	farveløs
- bundfald	Intet	Intet	-	-	intet		lidt fnugget	intet
- lugt	H2S	Ingen	svag H2S	ingen	ingen	ingen	H2S	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	91	4	4	1	6	<1	2	2
Heraf fluorescerende bakterier	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	<1	<1	<1	<1	4	2	<1	4
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Giardia/10 l			i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l			i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.

¹ I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

² I.p. = ikke påvist

7. Privat vandværk i Sydsjælland:

Prøvetagningssteder: A: blandet råvand fra vandværk
 B: Rentvand ved afgang fra vandværk

Parameter	Prøvetagningssted 30. runde (udtaget 22/2)		Prøvetagningssted 31. runde (udtaget 9/5)		Prøvetagningssted ¹ 32. runde (12/9)		Prøvetagningssted 33. runde	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur	9	9	9	9	10	11	9	10
Visuel inspektion:								
- klarhed	klar	Klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar
- farve	farveløs	farveløs	farveløs	-	farveløs	farveløs	farveløs	farveløs
- bundfald	Intet	Intet	-	-	-	intet	-	-
- lugt	Ingen	Ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	2	<u>390</u>	<1	2	2	1	2	3
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	1	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Giardia/10 l			i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l			i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.

¹ I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

² I.p. = ikke påvist

4. Stenholt vandværk (Hillerød v/v)

Prøvetagningssteder:

A: blandet råvand fra vandværk

B: rentvand ved afgang fra vandværk

Parameter	Prøvetagningssted 34. runde (udtaget 29/2)		Prøvetagningssted 35. runde (udtaget 3/5)		Prøvetagningssted ¹ 36. runde (udtaget 12/9)		Prøvetagningssted 37. runde	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur	8	8	10	8	11	10	8	9
Visuel inspektion:								
- klarhed	klar	klar	klar	klar	klar	klar	let uklar	klar
- farve	gullig		farveløs	-	farveløs		gullig	
- bundfald	farveløs		-	-	farveløs		farveløs	
- lugt	intet	intet	ingen	ingen	-	-	intet	intet
H2S		ingen			ingen		svag sulfid	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	19	30	70	41	4	<u>59</u>	<1	<u>70</u>
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	2
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	<1	2	1	1	1	<u>2</u>	<1	<1
Coliforme bakterier/100 ml	i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	<u>1</u>	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	-	-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Giardia/10 l			i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Cryptosporidium/10 l			i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.

1. I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positive fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

2. I.p. = ikke påvist

2. Vissegård vandværk, Aalborg Kommune Vandforsyning.

Prøvetagningssteder:

A: før UV-anlægget, B: efter UV-anlægget ved afgang fra værket

Parameter	Prøvetagningssted 38. runde (udtaget 29/2)		Prøvetagningssted 39. runde (udtaget 3/5)		Prøvetagningssted ¹ 40. runde (udtaget 29/8)		Prøvetagningssted 41. runde (udtaget 17/10)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Temperatur		7	12	8	13	9	8	8
Visuel inspektion:								
- klarhed		klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar
- farve		farveløs	-	-	farveløs		ingen	ingen
- bundfald		intet	-	-	-			
- lugt		ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml		23	9	5	2	1	<1	2
Heraf fluorescerende bakterier		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml		1	<1	<1	<1	<1	<1	3
Coliforme bakterier/100 ml		i.p. ²	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml		-	-	-	-	-	-	-
Campylobacter jejuni/ Coli/100 ml		i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml		i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		i.p.	i.p.
Giardia/10 l			i.p.	i.p.	3 cyster ³	i.p.	i.p.	
Cryptosporidium/10 l			i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	

¹ I denne runde er kun råvandet undersøgt for Campylobacter, Salmonella samt Giardia og Cryptosporidier. Ved positiv fund er rentvandet ligeledes blevet undersøgt.

² I.p = ikke påvisr;

³ Der blev som følge af det positive fund foretaget en analyse af denekstra vandprøve fra vandværket før UV-anlæg. Resultatet heraf var negativt (dvs. i.p.) Endvidere blev der udført yderligere undersøgelser FOR Giardia og Cryptosporidier i råvandet og i ledningsnettet, jf vedlagte skema herover.

6. Københavns Vand, Regnemærk v/v:

Prøvetagningssteder: A: Haraldsted sø ved bro

B: Råvand ankomst v/v - efter microfilter

C: Rentvand ved afgang fra værket (efter behandling af overfladevand)

Parameter	Prøvetagningssted 1.runde (udtaget 22/2)	Prøvetagningssted 2. runde (udtaget 10/5)			Prøvetagningssted 2. runde (udtaget 22/5)			Prøvetagningssted ¹ 3.runde (udtaget 12/9)	Prøvetagningssted 4.runde (udt. 16/11)
	A	A	B	C	A	B	C	A	A
Temperatur	1	14	14	14	15			16	10
Visuel inspektion:									
- klarhed	klar	let uklar	klar	klar	uklar	uklar	klar	let uklar	klar
- farve	gullig	let gullig	let gullig	farveløs	gul	gul	farveløs	gul	gullig
- bundfald	små dyr	lidt	-	-	intet	-	-	lidt fnugget	partikler
- lugt	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen			ingen	ingen
Kimtal v. 21 ⁰ C/ml	1100	280	1300	<1	480	190	<1	560	2200
Heraf fluorescerende bakterier	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	12
Kimtal v. 37 ⁰ C/ml	20	10	12	<1	39	8	1	22	80
Coliforme bakterier/100 ml	35	11	i.p.	i.p.	13	2	i.p.	5	54
Termotolerante coliforme bakterier/100 ml	13	5	-	-	1	-	-	3	22
Campylobacter jejuni/Coli/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Salmonella/100 ml	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
Giardia/10 l	5 cyster	6 cyster	6 cyster	i.p.	24 cyster	i.p.	i.p.	5 cyster	i.p.
Cryptosporidium/10 l	2 oocyster	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	2 oocyster	i.p.

¹ Råvand til vandværket ikke i drift

