



## **Mikrobiologiske undersøgelser af effekten af UV-belysning i Odense Vandselskabs ledningsnet**

Kontrol af base-line niveauer forud for Fase 2

**Corfitzen, Charlotte B.; Albrechtsen, Hans-Jørgen**

*Publication date:*  
2007

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*

Corfitzen, C. B., & Albrechtsen, H-J. (2007). *Mikrobiologiske undersøgelser af effekten af UV-belysning i Odense Vandselskabs ledningsnet: Kontrol af base-line niveauer forud for Fase 2*. Institut for Miljø & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet.

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

**Mikrobiologiske undersøgelser af  
effekten af UV-belysning i Odense  
Vandselskabs ledningsnet**

**Kontrol af base-line niveauer  
forud for Fase 2**

**November 2007**

**Institut for Miljø & Ressourcer  
Danmarks Tekniske Universitet**

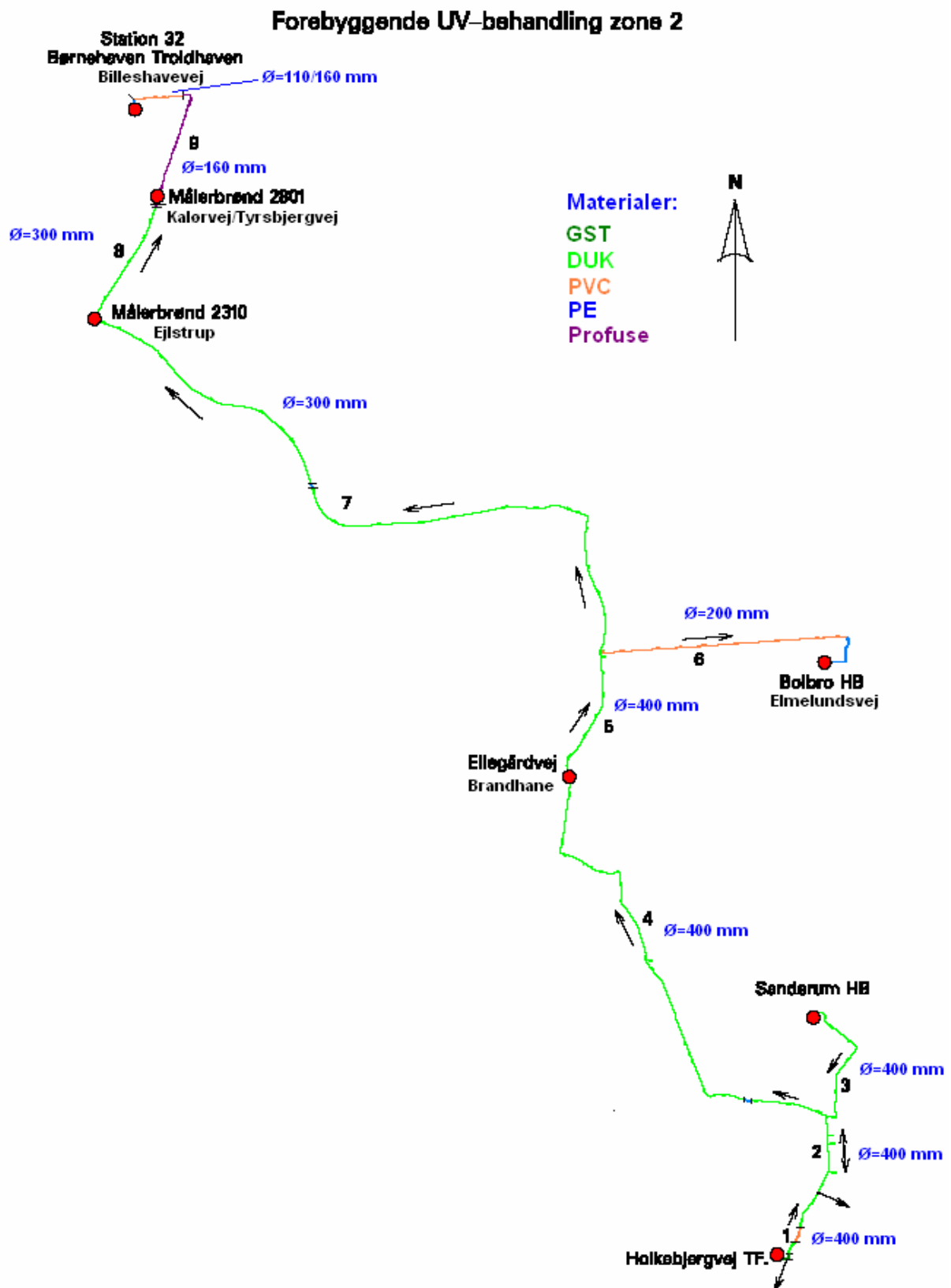
**Charlotte Bettina Corfitzen  
Hans-Jørgen Albrechtsen**

# 1 Baggrund

Odense Vandselskab begyndte i 2004 at overveje at indføre UV-belysning i distributionsnettet som en ekstra barriere mod indtrængende patogener. Vandforsyningen ønskede i den forbindelse at undersøge, om der er en risiko for, at energien fra UV-belysningen spalter organisk materiale i vandet og derved øger den fraktion af det organiske stof bakterierne kan anvende til vækst: assimilerbart organisk carbon (AOC). Dette vil reducere biostabiliteten i ledningsnettet, hvilket kan lede til en stigning i bakterieantallet.

For at kunne monitere effekten af UV-belysningen var det som fase 1 ønsket at etablere en baseline for situationen i ledningsnettet før indførelsen. Zone 2, en strækning fra Holkebjerg trykforøger til station 32, Børnehaven på Billehavevej (Figur 1) blev udvalgt af Odense Vandselskab til undersøgelsen. Der blev for 7 tappesteder analyseret for en række fysisk/kemiske og mikrobiologiske parametre ved 5 prøvetagninger fordelt over kalenderåret fra marts 2004 til februar 2005. Resultaterne af undersøgelsen er afrapporteret i rapporten 'Mikrobiologiske undersøgelser af effekten af UV-belysning i Odense Vandselskabs ledningsnet – Fase 1', hvor konklusionen var, at vandet besad en høj grad af biostabilitet med lave variationer på tværs af tappested og tid på året, og at der derved var en stabil lav mikrobiologisk baseline i systemet.

Siden afslutning af fase 1 i februar 2005 har der været foretaget en del ledningsarbejde på strækningen, og Odense Vandselskab ønskede derfor en ekstra prøvetagningsrunde i september 2007, for at afklare hvorvidt forholdene var uændret forud for indførelsen af UV-belysning.



Figur 1: Oversigt over zone 2 af Odense vandforsyningsnet dækkende en 12,7 km rørstrækning med angivelse af prøvelokaliteter, rørmaterialer og mest anvendte rørdiametre på delstrækningerne.

## 2 Undersøgelsen

Prøver blev udtaget på fra samme tappesteder som i 2004/2005, som var udvalgt af Odense Vandselskab og fordelt på trykforøger, højdebeholder, brandhane, målerbrønd og husinstallation.

### 2.1 Prøvetagning

Odense Vandselskab forestod som tidligere prøvetagningen af drikkevandsprøver (udført i henhold til Dansk Standard), mens analyserne blev udført af henholdsvis Eurofins og E&R DTU. Prøverne blev udtaget tirsdag 18. september 2007 mellem 7:10 og 9:45. Prøverne blev opbevaret på køl, og straks efter endt prøvetagning fragtet til DTU, hvor analyserne blev startet kl. 13 samme dag. Prøver til Eurofins blev ligeledes afleveret på prøvetagningsdagen, og analyserne startet næste morgen.

### 2.2 Analyseparametre

#### 2.2.1 Mikrobielle parametre

##### **Kimtal-22 og kimal-37 på gærekstrakt**

Kimtal-22 (DS/EN/ISO 6222) og kimal-37 (DS/EN/ISO 6222) på gærekstrakt blev bestemt, da der er fastsat kravværdier for disse parametre (henholdsvis  $HPC_{GEA,22^{\circ}C,72h}$  og  $HPC_{GEA,37^{\circ}C,48h}$ ). Udførtes som akkrediteret analyse hos Eurofins.

##### **Kimtal-20 på R<sub>2</sub>A**

Desuden blev der bestemt kimal-20 på R<sub>2</sub>A. Dette er en agar optimeret til kimalbestemmelse i drikkevand, hvilket medfører, at en lang større andel af bakterierne i vandet kan danne kolonier end på traditionelle agar-medier. En lang inkuberingstid tillader endvidere, at et større antal bakterier når at danne kolonier. Derved opnås et mere nuanceret billede af eventuelle forskelle. Kimtal på R<sub>2</sub>A kan ikke sammenlignes direkte med bestemmelser foretaget på gærekstrakt, og der er ikke fastsat nogen kravværdi. Udførtes af E&R DTU som  $HPC_{R2A,20^{\circ}C,14\ d\text{øgn}}$ .

##### **Acridin Orange Direct Count**

Totale celletal bestemmes ved mikroskopering efter farvning med acridin orange (AODC). Metoden er ikke selektiv som kimalbestemmelser, men skelner på den anden side heller ikke imellem døde og levende celler. Udførtes af E&R DTU.

##### **Adenosin TriPhosphat**

Adenosin TriPhosphat (ATP) er energibærende molekyle i alle levende celler. Måling af ATP er således en ikke-selektiv hurtigmetode, som bestemmer al celleaktivitet, men som ikke direkte kan omsættes til bakterieantal. Udførtes af E&R DTU.

##### **Assimilerbart Organisk Carbon**

Assimilerbart Organisk Carbon (AOC) udgør det primære vækstsustrat for bakterier i drikkevand og er derved et mål for vandets eftervækstpotentiale. Bestemmelsen udføres som et bio-assay, baseret på måling af tilvæksten af to kulturer: *Pseudomonas fluorescens* (P17) og *Aquaspirillum* sp. (NOX). En pasteuriseret prøve (70°C i 45 minutter) tilsættes renkulturene, hvis vækst ved 15°C følges ved kimalbestemmelser ( $HPC_{R2A,25^{\circ}C,3\ d\text{øgn}}$ ). Det maksimale bakterieantal omsættes til acetat-C ækvivalenter ved hjælp af en standardkurve for acetat for hver

af de to bakterier. AOC-metoden er en standardiseret metode og resultaterne vil således kunne sammenlignes med værdier fra litteraturen. Udførtes af E&R DTU.

### **Eftervækstpotentiale**

I modsætning til AOC fastlægges eftervækstpotentialet ved det maksimale antal af vandets egne bakterier, som vokser op i prøven ved henstand ved 15°C over en 14 døgns periode (bestemt som HPC<sub>R2A,20°C,14 døgns</sub>). Udførtes af E&R DTU.

### **2.2.2 Ikke-mikrobielle parametre**

Ved alle prøvetagningssteder registreredes tappetidspunkt og temperatur. Der blev analyseret for en række ikke-mikrobielle parametre, der er fastsat kravværdier for: Jern (MK1361-ICP), turbiditet (MK4259DSEN27027), ilt (DS/EN 25814-1), NVOC (ikke flygtigt organisk carbon - MK4261DS/EN1484). Udførtes som akkrediteret analyser hos Eurofins, dog var turbiditetsmålingen ikke omfattet af akkrediteringen.

### 3 Resultater

Temperaturvariationerne var sammenligning med målingen foretaget i august 2004 med moderat stigende temperaturer (9,6-15,4 °C) ud igennem strækningen (Figur 2).

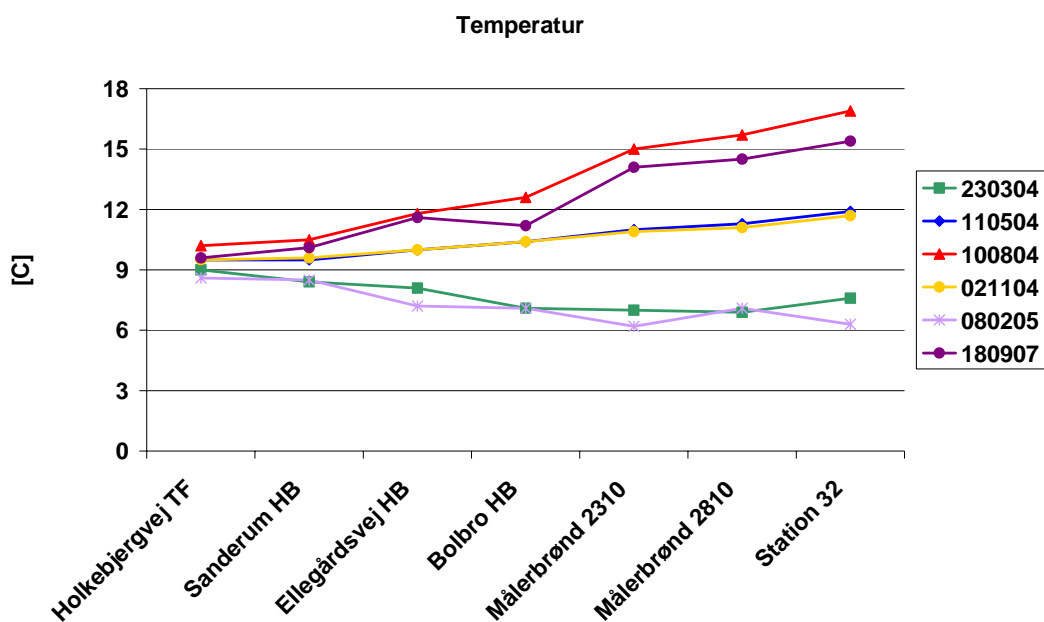
Jernkoncentrationen var generelt på niveau eller højere end koncentrationerne målt i 2004/2005, specielt ved Holkebjergvej og Ellegårdsvej blev der målt niveauer mere end dobbelt så høje (henholdsvis 0,079 og 0,086 mg/L, kravværdi: <0,2 mg/L), som tidligere målt (Figur 3). De højere værdier var formentlig resultat af ophvirlede korrosionsprodukter i forbindelse med ledningsarbejde, da de forhøjede værdier ligeledes gen fandtes i turbiditetsmålinger (Figur 4) ved de to tappesteder. Turbiditeten ved de øvrige tappesteder lå indenfor variationen for de tidligere prøvetagningsrunder. NVOC niveauerne var stort set ens imellem tappesteder (0,7-0,8 mg/L), og dermed indenfor variationen ved de enkelte tappesteder fra 2004/2005. Det samme mønster var gældende for iltkoncentrationerne, der var kun små variationer ud igennem strækningen (9,4-10,2 mg/L), som lå indenfor variationen ved de enkelte tappesteder fra 2004/2005.

Vækstpotentialet i vandet målt som AOC (Figur 5) og eftervækstpotentiale (Figur 6) var relativt stabilt igennem hele strækningen. Niveauer lå indenfor variationerne målt i 2004/2005, med AOC-værdier på 1,9-6,8 µg acetat-C/L og eftervækstpotentialekimtal på  $1,6-5,0 \times 10^4$  CFU/mL.

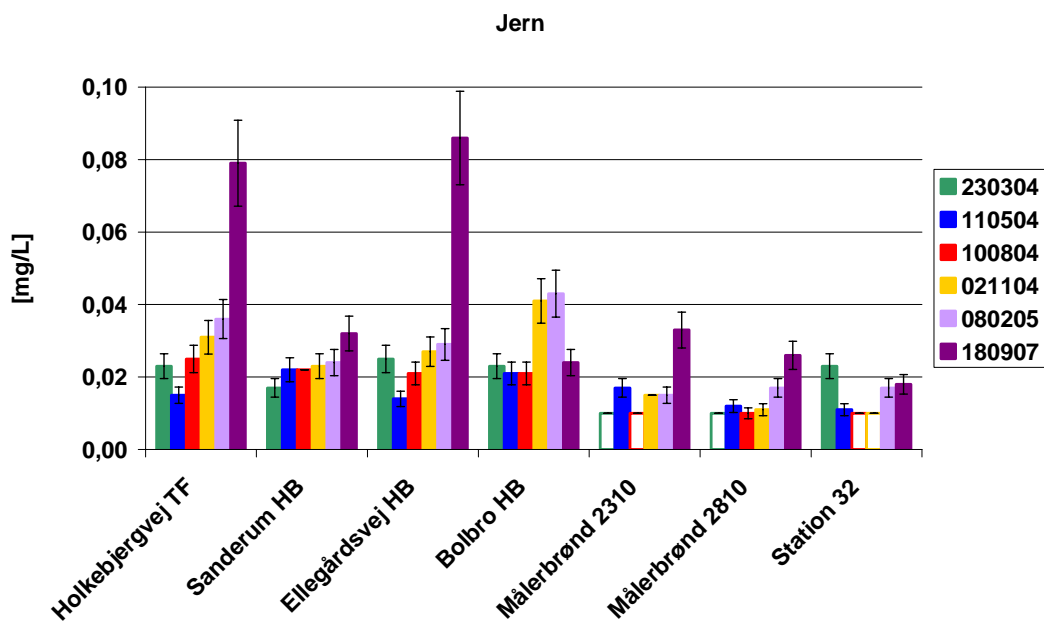
På kimtalsmålingerne var der afvigelse i forhold til base-line niveauet fra 2004/2005. For kimtal<sub>R2A,20C,14 dage</sub> var der forhøjede værdier ved 5 af de 7 tappesteder (Figur 7), med værdier på  $10-16 \times 10^2$  CFU/mL i forhold til niveauet for alle tappesteder på  $0,1-1,9 \times 10^2$  CFU/mL i 2004/2005. Disse værdier skal dog stadig betragtes som lave for ledningsnet, og de tidligere målte værdier må betegnes som meget lave. For kimtal-22 var der ligeledes forhøjede værdier ved 5 af de 7 tappesteder (Figur 8), men kun med delvis sammenfald imellem tappesteder, der også forsat havde lave værdier for kimtal<sub>R2A,20C,14 dage</sub>. De forhøjede værdier var på 7-18 CFU/mL for 4 af de 5 steder, og således langt under grænseværdien på 200 CFU/mL. Ved Station 32-børnehaven på Billehavevej blev der målt 1800 CFU/mL, hvilket ifølge vandværket kan tilskrives ledningsarbejde på vejen udfor børnehaven. Kimtal-37 var ved alle tappesteder på nær station 32 på niveau med tidligere og således under grænseværdien på 20 CFU/mL (Figur 9). Ved ledningsarbejdet ved station 32 blev der målt 310 CFU/mL.

Ledningsarbejde betyder ikke nødvendigvis en forhøjelse af den samlede bakteriepopulation, men eventuelt kun af den mindre andel af populationen, som detekteres ved kimtal-22 og kimtal-37. Dette gør sig også gældende i forbindelse med ledningsarbejdet ved Station 32, da der ikke ses en tilsvarende forskel imellem Station 32 og de øvrige tappesteder for kimtal<sub>R2A,20C,14 dage</sub> (generelt er værdierne for kimtal<sub>R2A,20C,14 dage</sub> 10-100 gange højere end kimtal-22) eller ATP. ATP-niveauerne bekræfter ligeledes, at den generelle bakteriepopulation ikke var ekstrem afvigende i forhold til tidligere, da niveauerne lå indenfor variationerne målt i 2004/2005 (Figur 10).

Generelt må situationen i ledningsnettet forsat betegnes som biostabil, med lave mikrobiologiske værdier. De mindre forhøjelser i kimtal vil gøre det sværere at detektere små ændringer som følge af UV-belysning, mens betydende ændringer forventes at kunne detekteres på de mikrobiologiske parametre.

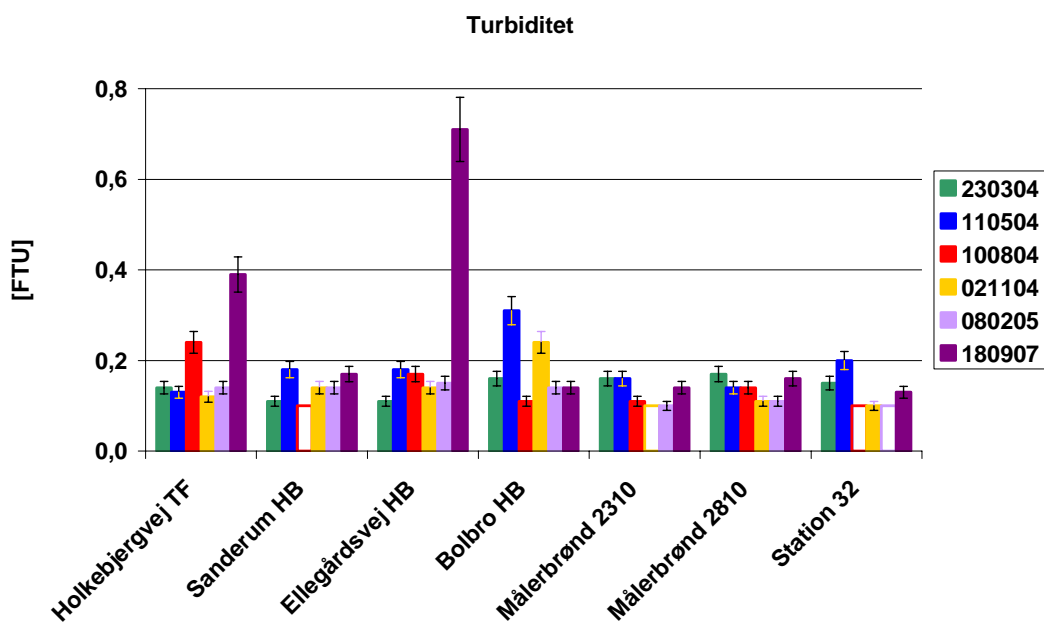


Figur 2: Temperaturvariation ud igennem ledningsnettet ved de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007.

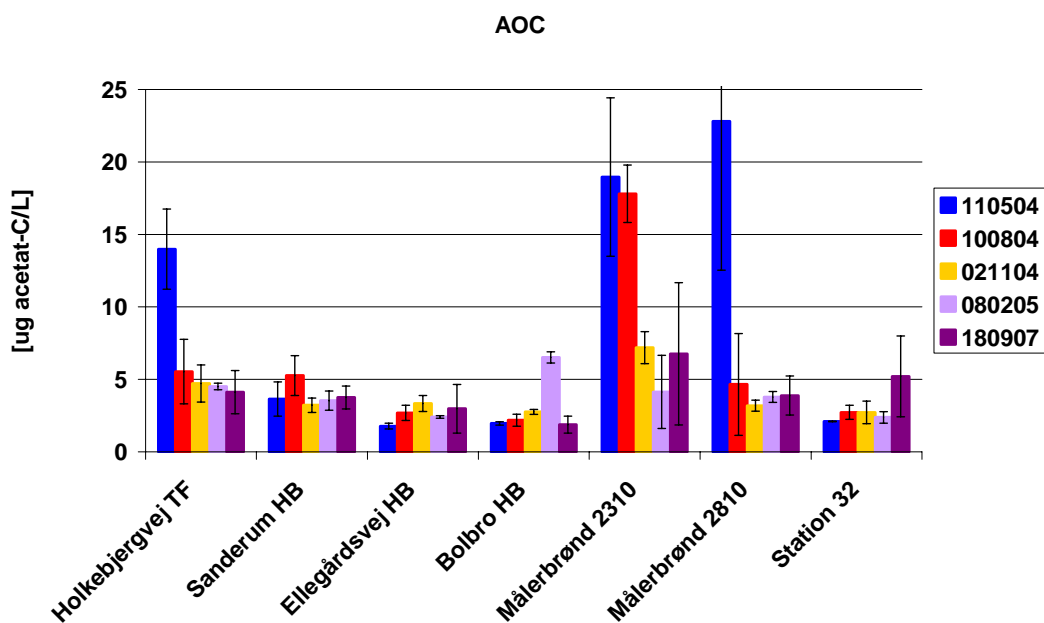


Figur 3: Jernkoncentrationer ud igennem ledningsnettet ved de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007. Tomme søjler angiver, at koncentrationen lå under analysemetodes detektionsgrænse på 0,010 mg/L. Fejllinier angiver analysemetodens relative standardafvigelse (15%).

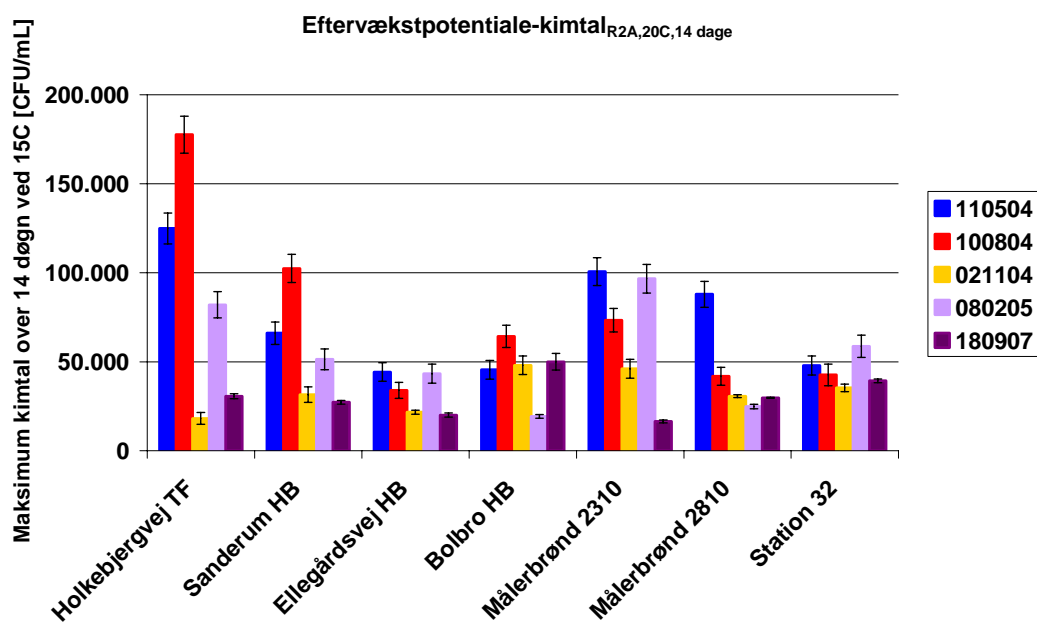




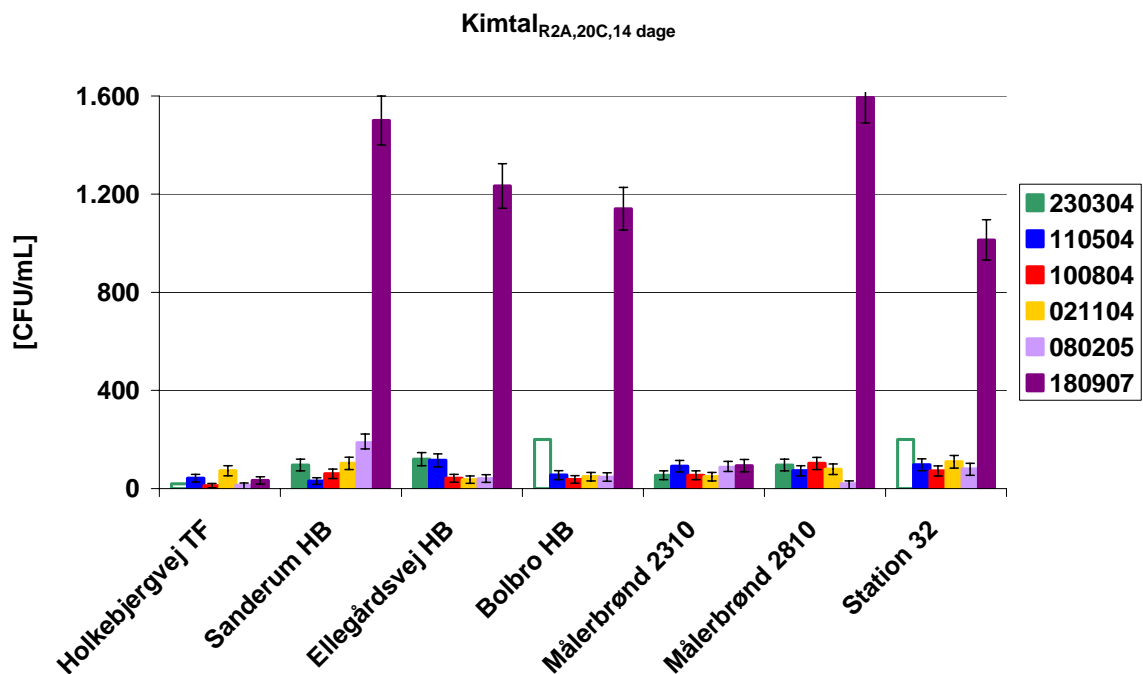
Figur 4: Turbiditeten ud igennem ledningsnettet ved de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007. Tomme søjler angiver, at koncentrationen lå under analysemetodes detektionsgrænse på 0,10 FTU. Fejllinier angiver analysemetodens relative standardafvigelse (10%).



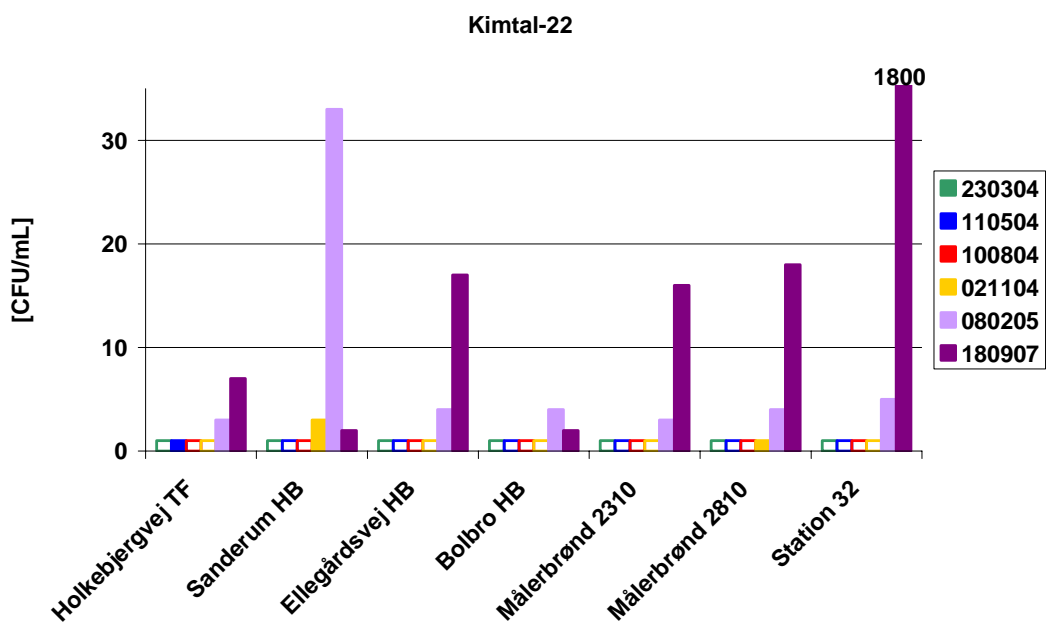
Figur 5: AOC-værdier ud igennem ledningsnettet ved fire af de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007. Fejllinier angiver standardafvigelse imellem triplikate bestemmelser.



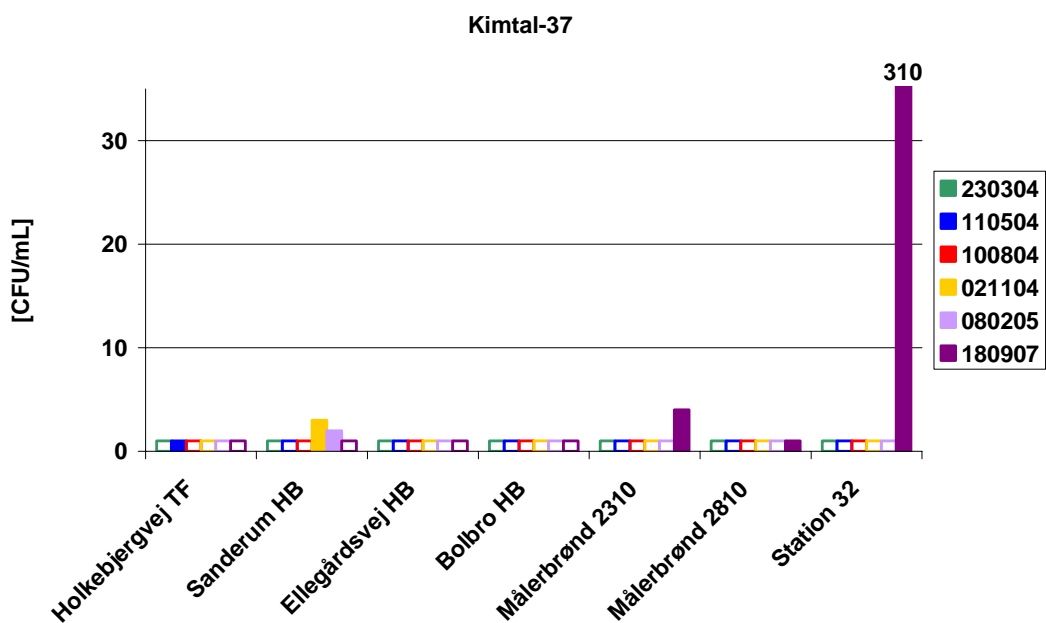
Figur 6: Eftervækstpotentiale ud igennem ledningsnettet ved fire af de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007. Fejllinier angiver e.o.m.-værdien for bestemmelsen (enkelt bestemmelser).



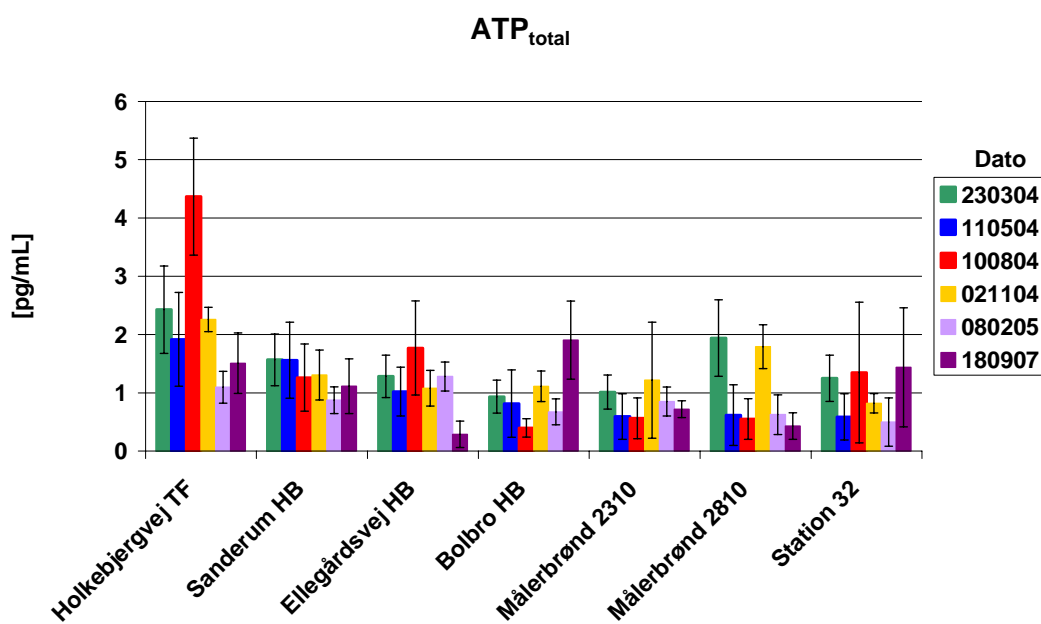
Figur 7. Kimtal<sub>R2A,20°C,14 dage</sub> ud igennem ledningsnettet ved de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007. Tomme søjler angiver maksimale mulige værdier, da koncentrationen ikke kunne fastlægges pga. kontaminerede plader. Fejllinier angiver e.o.m.-værdien for bestemmelsen.



Figur 8: Kimtal-22 ud igennem ledningsnettet ved de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007. Tomme søjler angiver, at koncentrationen var <1 CFU/mL.



Figur 9: Kimtal-37 ud igennem ledningsnettet ved de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007. Tomme søjler angiver, at koncentrationen var <1 CFU/mL.



Figur 10: ATP (målt som total-ATP) ud igennem ledningsnettet ved de fem prøvetagningsdage i 2004/2005 og prøvetagningen i 2007. Fejllinier angiver standardafvigelsen for bestemmelsen.

## **4 Konklusion**

Generelt må situationen i ledningsnettet forsat betegnes som biostabil, med lave mikrobiologiske værdier. De mindre forhøjelser i kimtal vil gøre det sværere at detektere små ændringer som følge af UV-belysning, mens betydende ændringer forventes at kunne detekteres på de mikrobiologiske parametre.

## Bilag 1: Analysedata

Rekv.Nr:	5207	5209	5211	5213	5215	5217
Prøvested:	Trykforøger Holkebjergvej	Højdebeholder Sanderum	Brandhane Ellegårdsvej	Højdebeholder Bolbro	Målerbrømd 2310 Ejlstrup	Målerbrønd 2810 Kalørvej/Tyrsbjergvej
Prøvetager:	OIC	OIC	RD	RD	RD	RD
Dato:	18-09-2007	18-09-2007	18-09-2007	18-09-2007	18-09-2007	18-09-2007
Tid:	08:00	07:10	07:45	07:10	08:30	09:05
T [C]	9,6	10,1	11,6	11,2	14,1	14,5
ATP <sub>total</sub> [pg/mL]	1,5±0,5	1,1±0,5	0,3±0,2	1,9±0,7	0,7±0,1	0,4±0,2
AODC [x10 <sup>3</sup> celler/mL] <sup>#</sup>	23±10	20±12	22±7	12±8	8±6	4±3
Kimtal <sub>R2A,20C,14 dage</sub> [CFU/mL] <sup>¤</sup>	33±15	1500±100	1233±91	1140±87	93±25	1593±103
AOC [ug acetat-C/L] <sup>§</sup>	4±1	3,8±0,8	3±2	1,9±0,6	7±5	4±1
Eftervækst [x10 <sup>4</sup> CFU/mL] <sup>¤</sup>	3,1±0,1	2,7±0,1	2,0±0,1	5,0±0,5	1,6±0,1	3,0±0,0
Kimtal <sub>GEA,22C,72h</sub> [CFU/mL] <sup>1)</sup>	7	2	17	2	16	18
Kimtal <sub>GEA,37C,48h</sub> [CFU/mL] <sup>2)</sup>	<1	<1	<1	<1	4	1
Jern (Fe) [mg/L] <sup>3)</sup>	0,079	0,032	0,086	0,024	0,033	0,026
Turbiditet [FTU] <sup>4)</sup>	0,39	0,17	0,71	0,14	0,14	0,16
Ilt [mg/L] <sup>5)</sup>	9,7	10,0	10,1	10,2	9,4	10,1
NVOC [mg/L] <sup>6)</sup>	1,7	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7

<sup>#</sup> ± stdev på bestemmelsen

<sup>¤</sup> ± e.o.m. værdi for bestemmelsen

<sup>§</sup> ± stdev mellem triplikater

<sup>£</sup> Ny vandledning i kvarter (ledningsarbejde)

n.m.: not measured

<sup>1)</sup>: DS/EN/ISO 6222

<sup>2)</sup>: DS/EN/ISO 6222

<sup>3)</sup>: MK1361-ICP (RSD: 15%)

<sup>4)</sup>: MK4259DSEN27027 (RSD: 10%)

<sup>5)</sup>: DS/EN 25814-1 (RSD: 5%)

<sup>6)</sup>: MK4261DS/EN1484 (RSD: 10%)