

Demonstrationsprojekt - Avedøre Holme

Online-overvågning af olie i spildevand

**Hvidovre Kommune
Rapport
Juli 2008**



Demonstrationsprojekt - Avedøre Holme

Agern Allé 5
2970 Hørsholm

Tlf: 4516 9200
Fax: 4516 9292
olp@dhigroup.com
www.dhigroup.com

Juli 2008

Klient Hvidovre Kommune		Klientens repræsentant Morten Beha Pedersen			
Projekt Demonstrationsprojekt - Avedøre Holme		Projekt nr. 11801043			
Forfattere Ole Poulsen, Bodil Mose Pedersen, Ulf Nielsen		Dato Juli 2008			
		Godkendt af Sten Lindberg			
	Rapport	OLP	BOP/ELS	SL	08-07-08
Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
Nøgleord Fluorescensmåling; Olie; Online-målinger; Spildevand		Klassifikation <input type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input checked="" type="checkbox"/> Tilhører klienten			
Distribution Hvidovre Kommune: DHI:				Morten Beha Pedersen BOP-ULN-OLP	
				Antal kopier 1 3	



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	BAGGRUND OG FORMÅL	1
2	PROJEKTORGANISERING	2
3	MÅLEUDSTYR	2
4	PROJEKTAKTIVITETER	4
4.1	Opstilling af online-fluorescensmåler	4
4.2	Indkøring og justering af alarmgrænse	5
4.3	Drift	7
4.4	Alarmer	7
5	DATAPRÆSENTATION	8
6	KONKLUSION	10
7	REFERENCER	10

BILAG

A	Driftsjournal
B	Tidsserier af online-fluorescensmålinger
C	Kalibrering – fluorescensmålinger og oliekoncentrationer



1 BAGGRUND OG FORMÅL

I forbindelse med kildesporingsaktiviteter i juli 2007 på Avedøre Holme i Hvidovre Kommune blev der periodevis konstateret forhøjede koncentrationer af tungmetaller ved analyse af prøver fra pumpestationen P12 /1/. Det har ikke været muligt at opspore kilden til de forhøjede koncentrationer, men der er forventning om, at kilden kan være spildevand, der afledes batchvis, og at der samtidig afledes olie.

En kontinuerlig overvågning af spildevandsstrømmen i pumpestationen P12 ved hjælp af et fluorimeter, som registrerer, når der er olie til stede i spildevandet i P12, forventes at bidrage til identifikation af forureningskilden.

Projektet blev igangsat i begyndelsen af marts 2008 i henhold til aftale med Hvidovre Kommune på baggrund af DHI's projektbeskrivelse af d. 25. februar 2008 /2/.

Formålet med opstilling af fluorescensmåleudstyr i pumpestationen P12 på Avedøre Holme var:

- At afprøve udstyret til kontinuerlig overvågning af spildevand, der periodevis indeholder olie fra forureningskilder i kloaklandet
- Udtage og analysere spildevandsprøver i forbindelse med aktivering af alarm for forhøjede oliekoncentrationer. Dette skulle ske med henblik på at dokumentere sammenhængen mellem fluorescenssignal og oliekoncentration

2 **PROJEKTORGANISERING**

Projektet blev gennemført i regi af Interreg-projektet *Kildesamarbejdet*, og DHI stod for projektledelsen. Personale fra Hvidovre Kommune assisterede ved opstilling og nedtagning af udstyr, såvel som ved tilsyn af målesystem i monitoringsperioden. Alarmer for forhøjede oliekoncentrationer blev sendt til en medarbejder på DHI, som foretog det nødvendige, herunder førte tilsyn og gennemførte prøvetagning. Denne rapport er udarbejdet af DHI på baggrund af det indsamlede datamateriale.

3 **MÅLEUDSTYR**

Måleprincippet i et fluorimeter er baseret på, at phenol og andre aromatiske forbindelser er til stede i oliefluorescerer, når de udsættes for UV-lys med en kortere bølgelængde. Hvis sammensætningen af olien i vandfasen er nogenlunde konstant, vil der være en direkte sammenhæng mellem sensorsignalet og koncentrationen af olie i spildevandet. I øvrigt kan målingerne benyttes til at vurdere, om der pludselig sker store ændringer i sammensætningen af olien, der passerer, eller om koncentrationsniveauet ændrer sig voldsomt.

For at undgå, at olien sætter sig på optikken, er selve det optiske system, som benyttes til fluorescensmålingerne, placeret over den vandoverflade, der måles på. Spildevandet pumpes forbi sensoren med et flow på 1-2 l/min ved hjælp af en pumpe.

I forbindelse med dataopsamlingen i fluorimeteret blev der indlagt en alarmgrænse svarende til forhøjede oliekoncentrationer i spildevandet. Ved overskridelse af alarmgrænsen blev der sendt en sms til en medarbejder på DHI. Ved flere på hinanden følgende alarmer blev måleudstyret tilset på pumpestationen, og det blev vurderet, om der skulle udtages en prøve til analyse for olie-PAH'er.

Figur 3.1 viser fluorimeteret til online-måling af olie i spildevandet. Nederst i midten af billedet ses røret med det grønne håndtag, hvor spildevandet pumpes ind. Spildevandet fortsætter op i det skrå stigrør, som munder ud i en overfaldskant, hvorfra spildevandet samles og ledes tilbage til pumpebrønden via det venstre rør. Den store cylinder foroven til venstre er fluorimeteret, og boksen med det transparente blå låg, er dataloggeren med indbygget GSM-opkobling.



Figur 1 Måleudstyr til online-måling af olie i spildevand.

4 PROJEKTAKTIVITETER

Den første måned af monitoringsperioden, der begyndte d. 7. marts 2008, blev brugt til at justere kontrolgrænsen for forhøjede oliekoncentrationer. Dette blev gennemført for at sikre, at der kun skete opkald via en sms til en medarbejder hos DHI i de situationer, hvor der var behov for tilsyn og eventuel prøvetagning.

4.1 Opstilling af online-fluorescensmåler

Fluorimeteret og den tilhørende pumpe blev opstillet af DHI i pumpestationen P12. Personale fra Hvidovre Kommunes kloakforsyning assisterede ved opstillingen. Umiddelbart efter opstillingen blev dataopsamlingen og overførsel af data til DHI kontrolleret. Dernæst blev kontrolgrænsen fastlagt og udløsning af en sms afprøvet.

Figur 4.1 viser måleudstyrets placering i pumpestationen P12, som ligger under et terrændæksel på Hammerholmen i Hvidovre. Rørene i venstre side af brønden er udløbsrør med forbindelse til pumper. Pumperne er niveaustyrede og aktiveres skiftevis. Den grå kasse øverst i billedet er måleudstyret, som også er vist på figur 3.1. Under kassen ses den blå slangepumpe, som pumper vand fra brønden op gennem måleudstyret. Den lyseblå flade, som ses under midten under risten, er en flydeanordning, hvori fødeslangen er monteret, således at den dykker ca. 5 cm ned i spildevandsstrømmen. Under flyderen er der placeret en trådkurv omkring sugespidsen, som holder de største urenheder væk fra indsugningen til fluorimeteret.



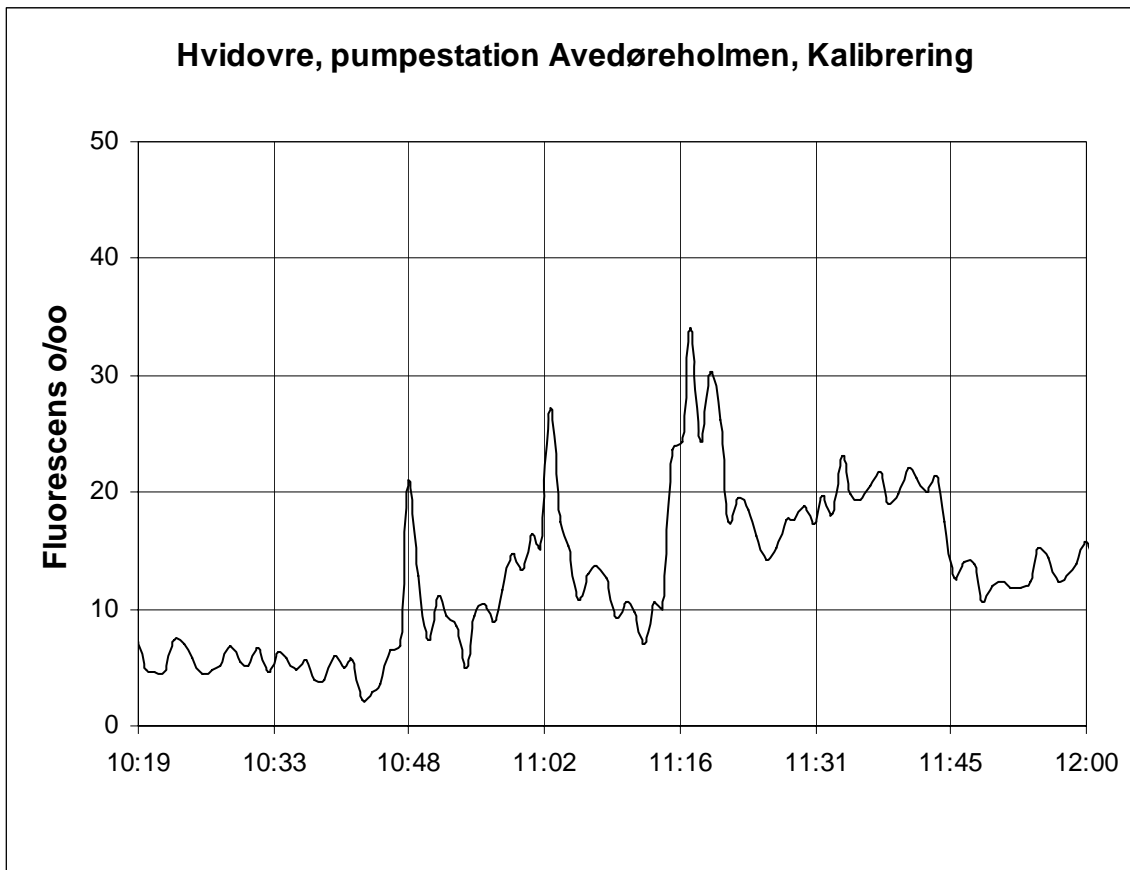
Figur 4.1 Måleopstilling i pumpestation P12.

4.2 Indkøring og justering af alarmgrænse

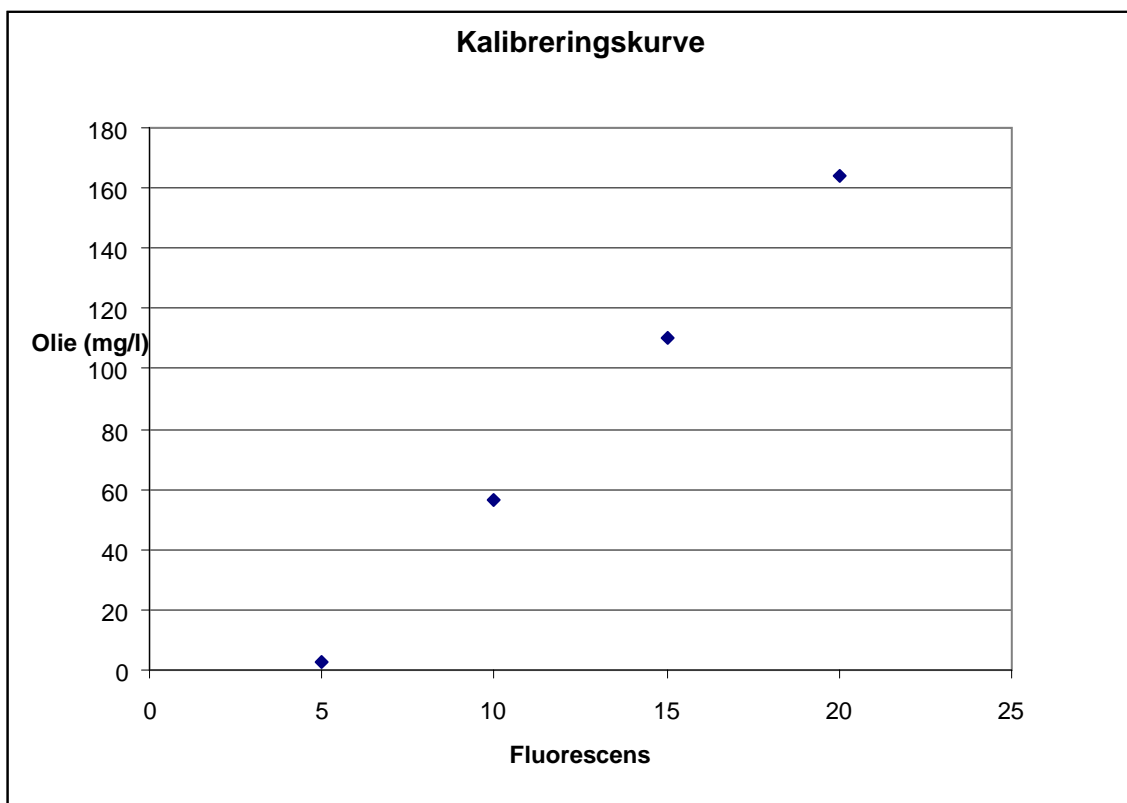
De første fire uger, hvor fluorescensmåleren var opstillet, blev der indsamlet erfaringer med indstilling af alarmgrænser på baggrund af opsamlede data for fluorescens. I indkørringsperioden udtog DHI stikprøver, som blev sendt til analyse for olie. Analyseresultaterne blev sammenholdt med fluorescensmålingerne med henblik på at vurdere oliekoncentrationer, når alarmerne skulle udløses.

Den 13. marts 2008 blev der gennemført en kalibrering af måleudstyret med motor-spildolie opblandet i spildevand fra pumpestationen. I praksis blev der opstillet en 5 liters glasflaske under returløbet fra måleudstyret. Efter fyldning af flasken med spildevand fra brønden, blev sugeslangen fra brønden afbrudt, og pumpen blev i stedet monteret, så den sugede spildevand fra glasflasken. Måleopstillingen fungerede derefter som et lukket recirkulerende system. Efter ca. 15 minutters recirkulering blev der udtaget en startprøve, som repræsenterede baggrundsværdien på det pågældende tidspunkt. Der blev derefter tilført spildolie i en mængde svarende til ca. 200 mg/l (200.000 µg/l) fordelt over tre doseringer. Efter sidste dosering blev der recirkuleret i ca. 20 minutter. Forsøget blev afsluttet, og flasken blev rystet grundigt inden prøvetagning til slutprøven, som blev sendt til analyse for olie (totalkulbrinter). Analyseresultater fra kalibreringen er vist i tabel 5.1.

I figurene 4.2 og 4.3 er vist resultaterne fra kalibreringen af fluorescensmåleren. Proceduren for kalibreringen er beskrevet i Bilag C. Resultaterne blev benyttet til fastlæggelse af alarmgrænsen for afsendelse af en sms som tegn på, at der i pumpestationen blev registreret forhøjede oliekoncentrationer.



Figur 4.2 *Fluorescensmålinger fra pumpestationen d. 13. marts 2008 under forsøg med tilsætning af olie til recirkulerende spildevand. Olien blev tilsat på tre tidspunkter (kl. 10:48, kl. 11:03 og kl. 11:18).*



Figur 4.3 Sammenhæng mellem fluorescensmålinger og oliekoncentrationer.

DHI fortsatte med at modtage alarmerne via sms i hele driftsperioden og foretog de nødvendige tilsyn i pumpestationen. De gennemførte tilsyn fremgår af Bilag A. I løbet af driftsperioden blev der udtaget prøver til analyse for olie tre gange. I driftsperioden udtog DHI prøver, mens Hvidovre Kommune stod for analyse af spildevandsprøverne.

4.3 Drift

I måleperioden blev der opsamlet data i dataloggeren, og disse blev overført til en database, hvorfra der er blevet udtrukket data til præsentation på kildesamarbejdets hjemmeside http://www.kildesamarbejdet.org/aktiviteter/olinemaaling_olie.html. Det var bl.a. via denne facilitet – kombineret med sms-alarmer – muligt at vurdere, om der var behov for at tilse udstyret med henblik på prøveudtagning eller servicering.

Serviceringen, som har bestået af rengøring af måleopstillingen og udskiftning af pumpe-slanger, har været foretaget ca. én gang om ugen.

Alarmer fra overvågningen har ofte været afsendt i nattetimerne. Det har af den grund ikke været muligt at reagere på dem umiddelbart.

4.4 Alarmer

Der har i alt været alarmer i 20 af måleperiodens i alt 112 døgn. De fleste har været kortvarige dvs. under en halv time, mens der i syv døgn var alarmsituationer af længere

varighed. De længere varende situationer indtrådte d. 18. marts, 4. april, 10. april, 11. april, 24. april og 25. april 2008, jf. Bilag A. Generelt har der været registreret højere niveau for fluorescens i marts-april end i maj-juni 2008. Det harmonerer med de visuelle observationer, der blev foretaget i pumpestationen i forbindelse med servicebesøg. I marts og april var flydeslamslaget betragteligt større end i maj og juni 2008.

5 DATAPRÆSENTATION

I tidsserieafbildningerne i Bilag B er fluorescensmålingerne angivet i promille (‰). Måleenheden loggede måleværdien hvert sekund. I perioden indtil d. 4. april 2008 kl. 09.05 blev middelværdien af datalogningerne over et minut indlæst i loggerenhedens lager. Efter d. 4. april kl. 09.05 blev middelværdien af logninger over fem minutter indlæst i loggerenhedens lager. For at kompensere for denne ændring er loggeværdierne før skæringstidspunktet (d. 4. april 2008) angivet som glidende middel over fem minutter.

Kalibreringen af fluorimeteret med spildolie indikerer, at fluorescensværdier på omkring 20 promille svarede til en oliekoncentration på omkring 160 mg/l i spildevandet. Prøven, der blev udtaget d. 3. april 2008 ved ca. 15 promille i fluorescens, havde dog kun en koncentration på 0,441 mg/l (se tabel 5.1). Til gengæld blev der analyseret 500 mg olie/l i en prøve udtaget tæt ved overfladen i brønden. Ved vurdering af resultaterne bør der tages højde for, at oliesammensætningen i spildevandet varierer over tid, og at den anvendte spildolie (brugt motorolie) ikke nødvendigvis er repræsentativ for de olieforureninger, som optræder i brønden, hvorfra der er udtaget prøver.

Resultaterne præsenteret i figur 4.2 og i tabel 5.1 viser, at kalibrering af målerens signal er vanskelig. Den store forskel kan skyldes, at spildolien i forsøget ikke blev opblandet tilstrækkeligt ved pumpningen og recirkuleringen. Pumpeydelsen har formodentlig ikke været stor nok til at sikre en homogen opblanding. Olien kan have skilt sig ud i beholderen, der blev pumpet fra. Oliekoncentrationen i spildevandet, der blev ledt forbi fluorescensmåleren, har derfor været lavere end oliekoncentrationen i den samlede spildevandsstrøm.

Noget tilsvarende sker formodentlig i brønden. Når fluorescensmåleren registrerer forhøjede værdier indikerer det, at der også er en forhøjet oliekoncentration i brønden. Det er til gengæld vanskeligt at omsætte målingerne til absolutte koncentrationer i spildevandet. Der bør gennemføres flere olieanalyser for at korrelere fluorimeterets signal med oliekoncentrationer i spildevandet.

Endnu en faktor, der spiller ind, er sugespidsens placering og de lokale forhold i sugespidsens nærhed. Det viste sig nødvendigt at montere en flyder, således at sugespidsen blev placeret ca. 5 cm under overfladen. Omkring sugespidsen var der monteret et net, som holdt større partikler væk fra sugespidsen. Det betød i praksis, at der blev opbygget en form for filter omkring sugespidsen, som tilbageholdt en stor del af det suspenderede materiale i spildevandet. Det var nødvendigt med denne filtrering for at undgå tilstopning af pumpe-slanger.



Tabel 5.1 Koncentrationen af BTEX, totalkulbrinter samt PAH'er målt i Pumpestationen under kalibrering og ved tilsyn d. 3. april 2008.

Parameter	13. marts 2008 Målerudløb (nulprøve)	13 marts 2008 Tilsat ca. 200 mg spildolie/l	3. april 2008 kl. 11:10 Målerudløb	3. april 2008 kl. 11:10 Brønd
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
BTEX, inkl. totalkulbrinter				
Benzen			<0,2	<0,2
Toluen			<0,2	69
Ethylbenzen			1,5	43
m+p-xylen			4,4	385
o-xylen			3,0	116
Naphtalen			8,9	11.019
C6 til C10	66	290	31	10.935
>nC10 til nC25	2.100	73.000	385	427.898
>nC25 til nC35	300	91.000	26	61.251
Total kulbrinter - olie	2.500	164.000	441	500.084
PAH				
Naphtalen			11	19
Acenaphten			0,75	5,7
Acenaphtylen			0,12	0,91
Flouren			0,58	4,5
Phenanthren			<0,02	0,12
Anthracen			1,1	2,2
Flouranthen			0,11	0,95
Pyren			0,35	3,4
Benzo(a)anthracen			0,14	0,02
Chrysen			0,15	0,81
Benzo(b+j+k)flouranthen			0,28	1,6
Benzo(a)pyren			0,09	0,54
Dibenzo(a,h)anthracen			<0,02	0,02
Indeno(1,2,3-c,d)perylene			0,08	0,3
Benzo(g,h,i)perylene			0,10	0,38
Sum af PAH komponenter			15	41



6 **KONKLUSION**

Projektet har vist, at online-overvågning af olie i spildevand ved hjælp af et fluorimeter er mulig.

Direkte kalibrering af fluorimeteret var forbundet med store vanskeligheder. En væsentlig årsag til vanskelighederne tilskrives variationer i oliesammensætningen i spildevandet, der passerer pumpestationen. Under forsøg med kalibrering af måleren og tilsætning af en kendt mængde olie i en kendt vandmængde var det vanskeligt at holde olien opblandet i vandfasen. Dvs. der måles generelt på spildevand med en lavere oliekoncentration end koncentrationen i det aktuelle spildevand.

I brønden blev der i en spildevandsprøve udtaget d. 13. april 2008 analyseret 500 mg toltalkulbrinter/l og 41 µg PAH/l ved et fluorescenssignal på ca. 15 promille. Det forventes, at fluorescensmålinger på 30-50‰ ved flere lejligheder blev udløst af oliekoncentrationer på 500 mg/l eller højere.

7 **REFERENCER**

- /1/ Hvidovre Kommune, Miljø og Forsyningsafdelingen
Kildesporing på Avedøre Holme - Undersøgelse af biofilm og tidsproportional prøvetagning
Rapport udarbejdet af DHI oktober 2007
- /2/ DHI Projektbeskrivelse
Demonstrationsprojekt – Online overvågning af olie i spildevand
Dateret d. 25. februar 2008



B I L A G



B I L A G A

Driftsjournal



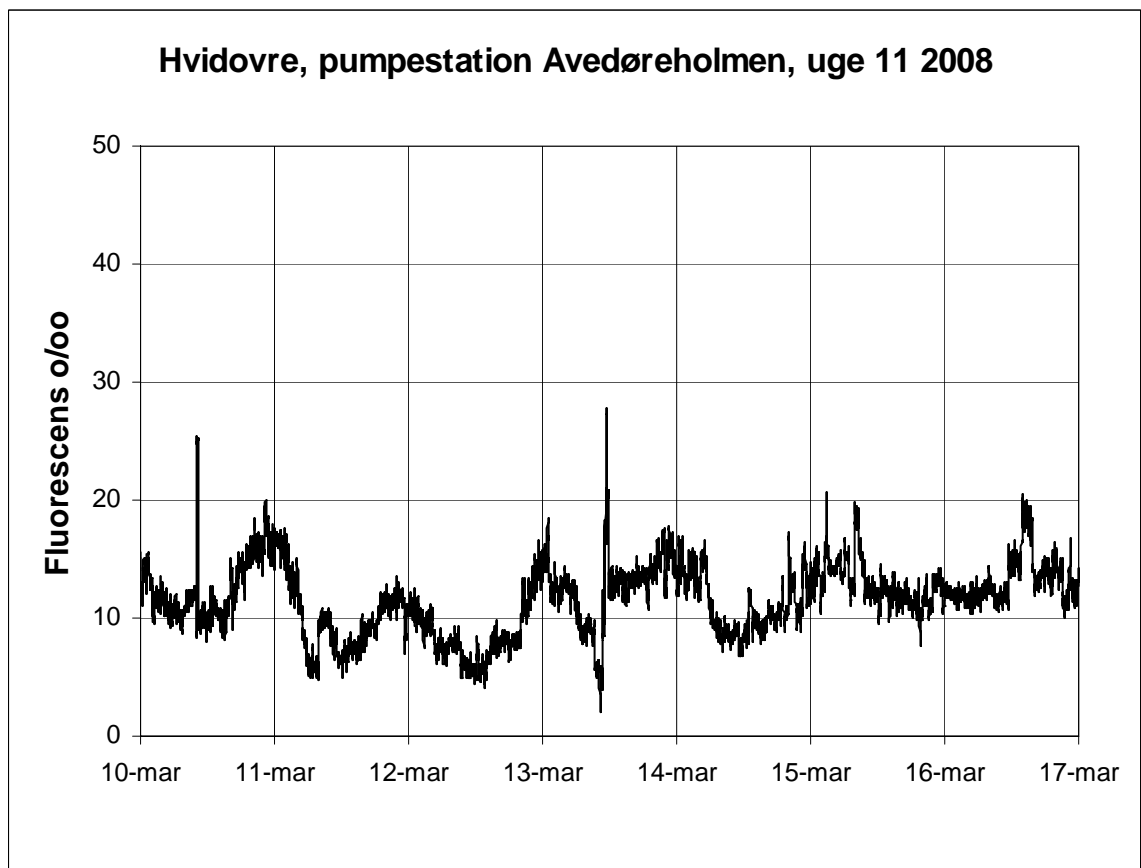
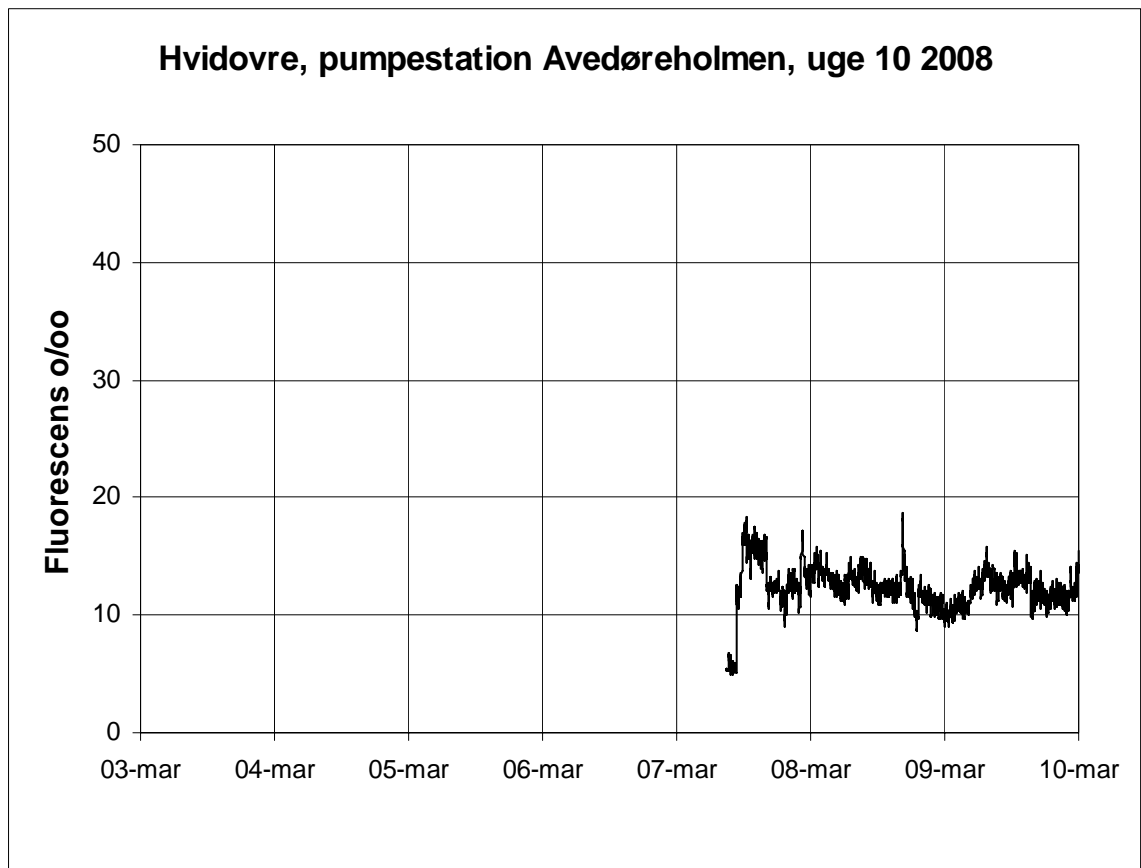
Driftsjournal 6. marts – 30. juni 2008

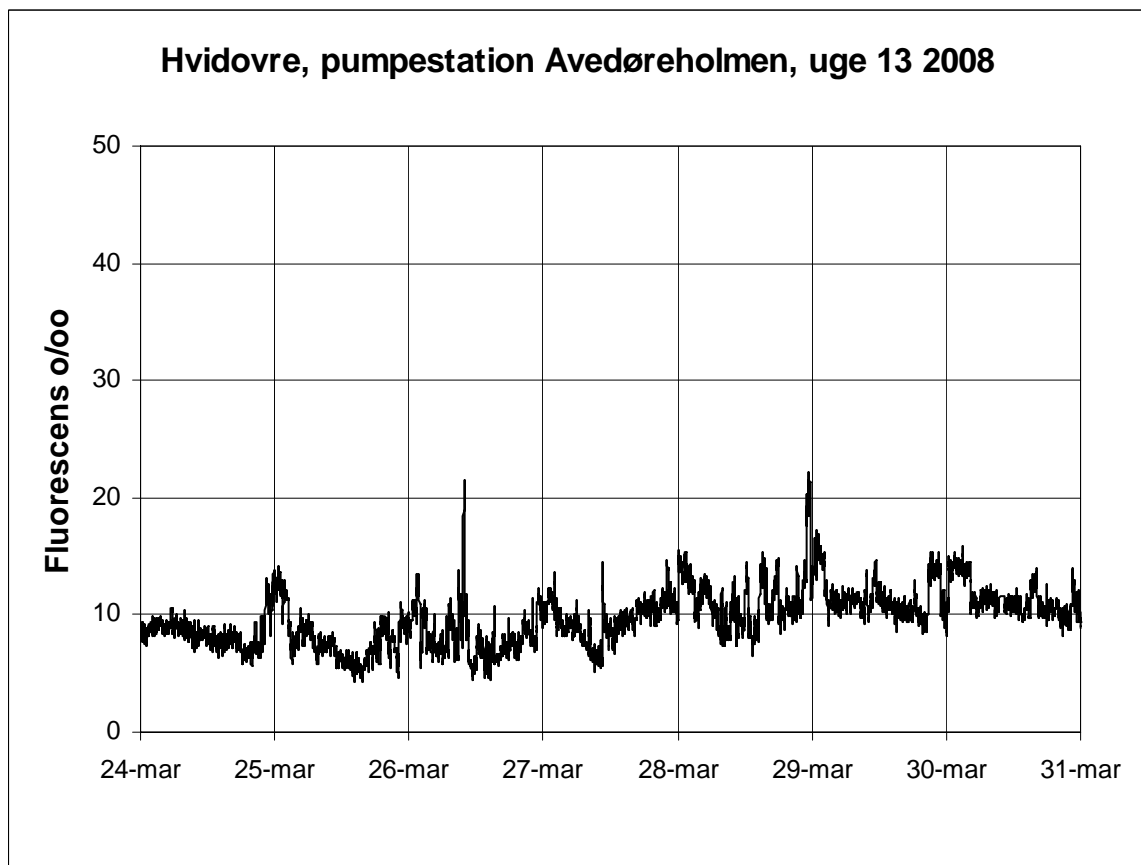
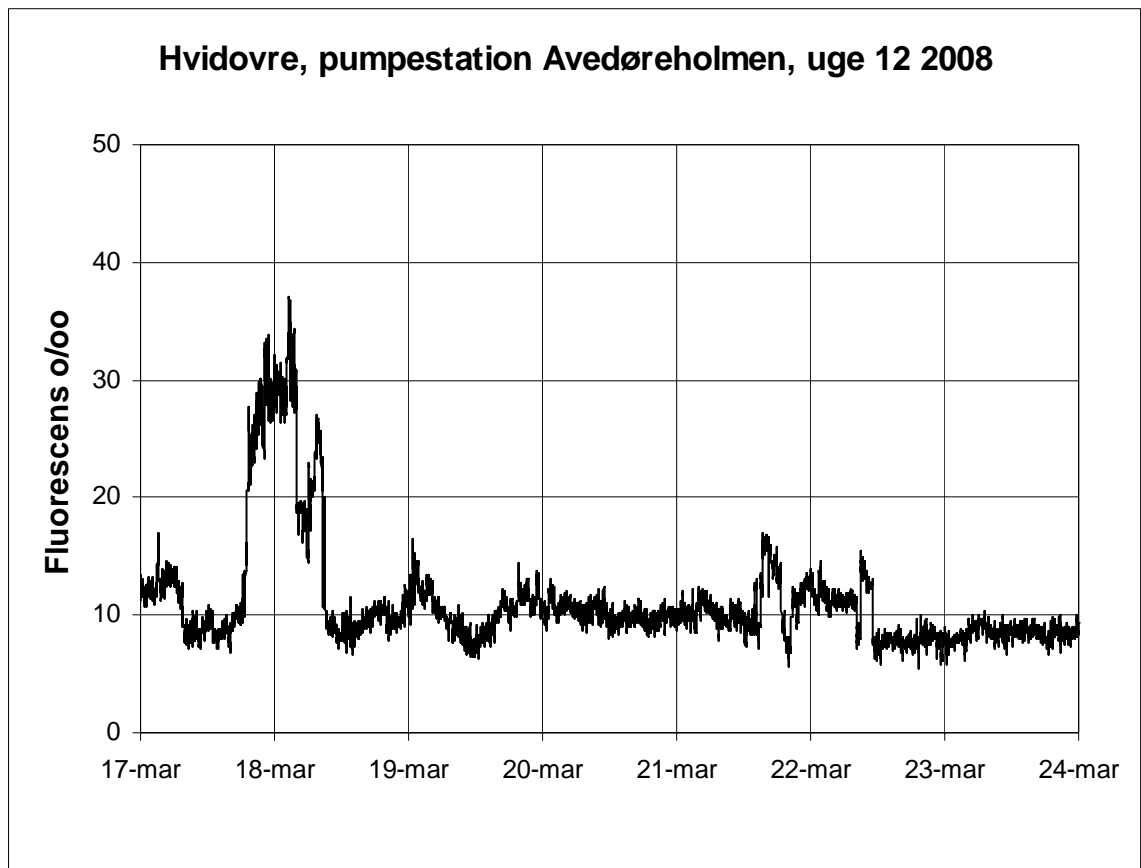
6. marts Opstilling af udstyr, DHI assisteret af Hvidovre Kommune
7. marts Udskiftning af pumpe fra dykpumpe til slangepumpe, etableret indsugning på flyder ca. 5 cm. under vandoverflade DHI, assisteret af Hvidovre Kommune
11. marts Ændring i opkaldsprocedure på grund af dårlig GSM-forbindelse til pumpebrønd.
13. marts Tilsyn, rengøring, prøvetagning og kalibrering af prøver til laboratoriet, DHI assisteret af Hvidovre Kommune
27. marts Tilsyn, rengøring udskift af pumpe-slange, prøvetagning, prøver til arkiv, DHI assisteret af Hvidovre Kommune
30. marts Omstilling til sommertid
31. marts Online-graf på kildesamarbejdets hjemmeside
http://www.kildesamarbejdet.org/aktiviteter/onlinemaaling_olie.html
1. april Alarmgrænsen sænket til 20
3. april Tilsyn, prøvetagning, prøver til laboratorium, DHI
4. april Loggeværdier midlet over fem minutter i stedet for over ét minut
17. april Tilsyn, rengøring udskift af pumpe-slange, prøvetagning, prøver til arkiv, DHI assisteret af Hvidovre Kommune
7. maj Tilsyn, rengøring udskift af pumpe-slange, prøvetagning, prøver til arkiv, DHI assisteret af Hvidovre Kommune
16. maj Tilsyn, rengøring udskift af pumpe-slange, prøvetagning, prøver til arkiv, DHI assisteret af Hvidovre Kommune
23. maj Tilsyn, rengøring udskift af pumpe-slange, prøvetagning, prøver til arkiv, DHI assisteret af Hvidovre Kommune
3. juni Tilsyn, rengøring udskift af pumpe-slange, prøvetagning, prøver til arkiv, DHI assisteret af Hvidovre Kommune
21. juni Tilsyn, rengøring udskift af pumpe-slange, prøvetagning, prøver til arkiv
30. juni Tilsyn, rengøring udskift af pumpe-slange



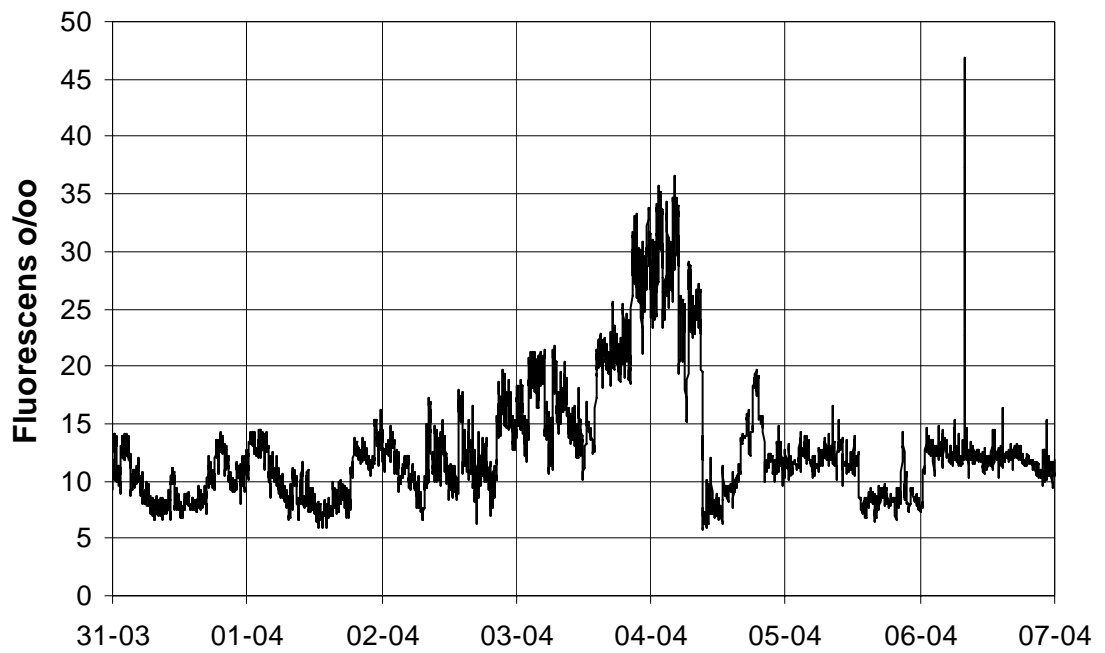
B I L A G B

Tidsserier af online-fluorescensmålinger

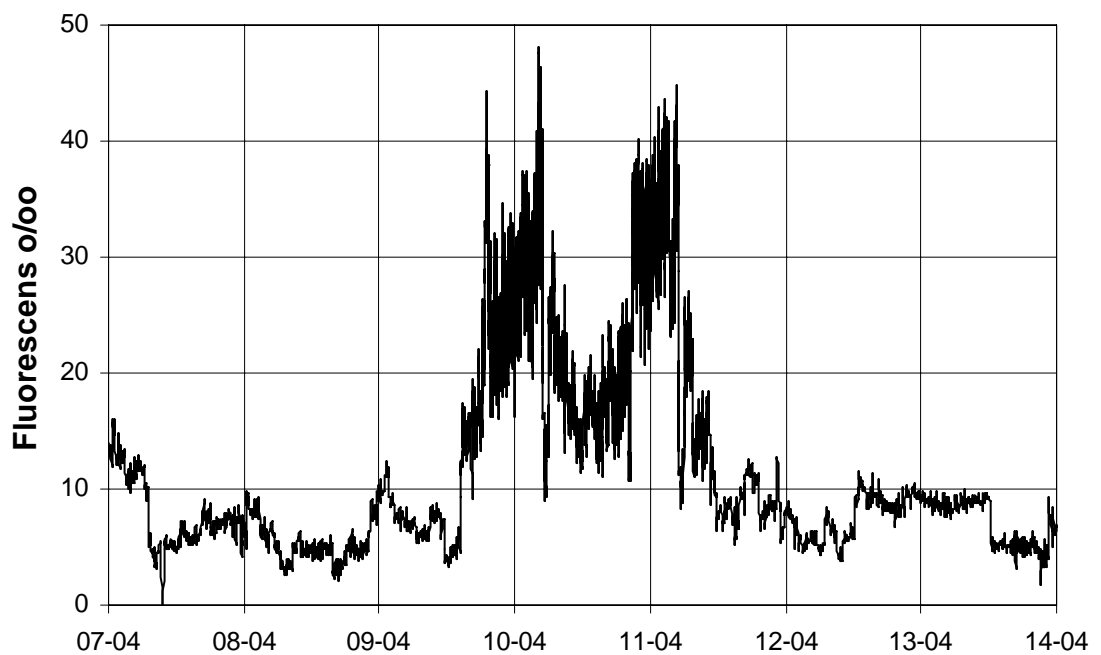


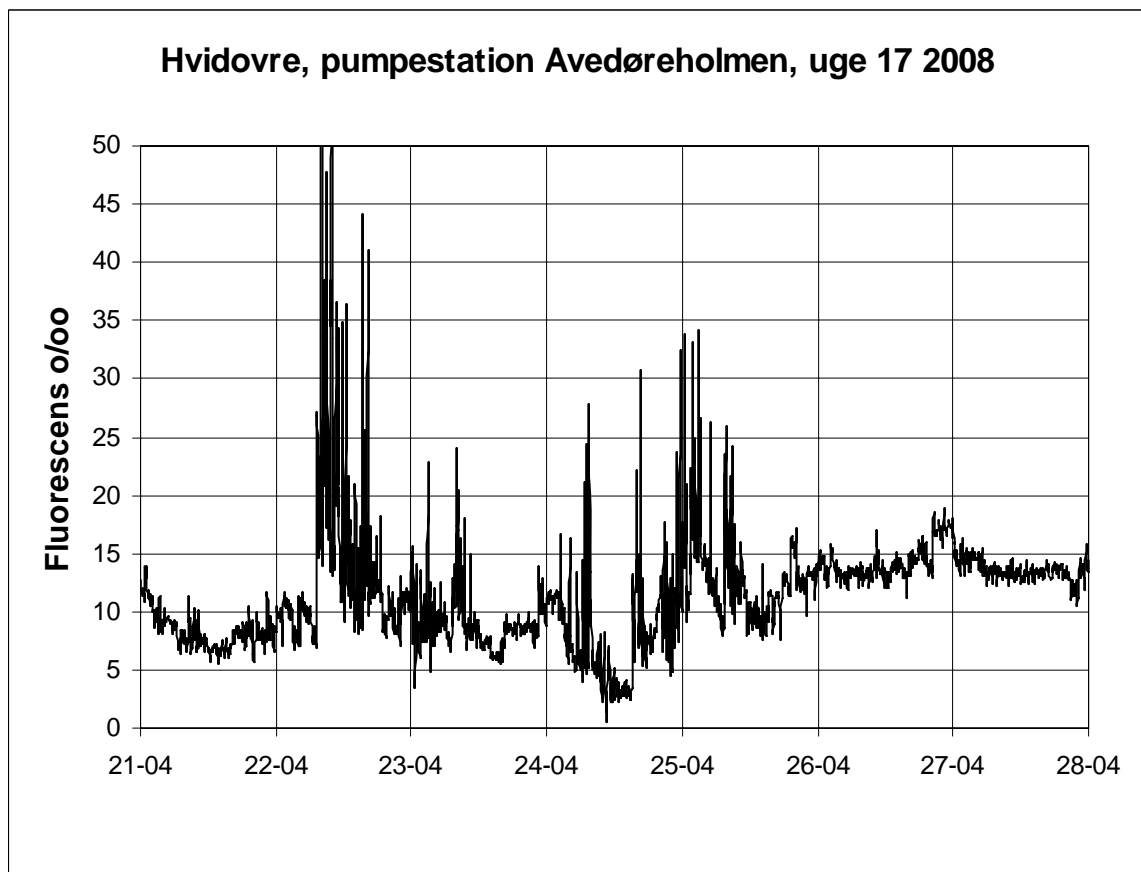
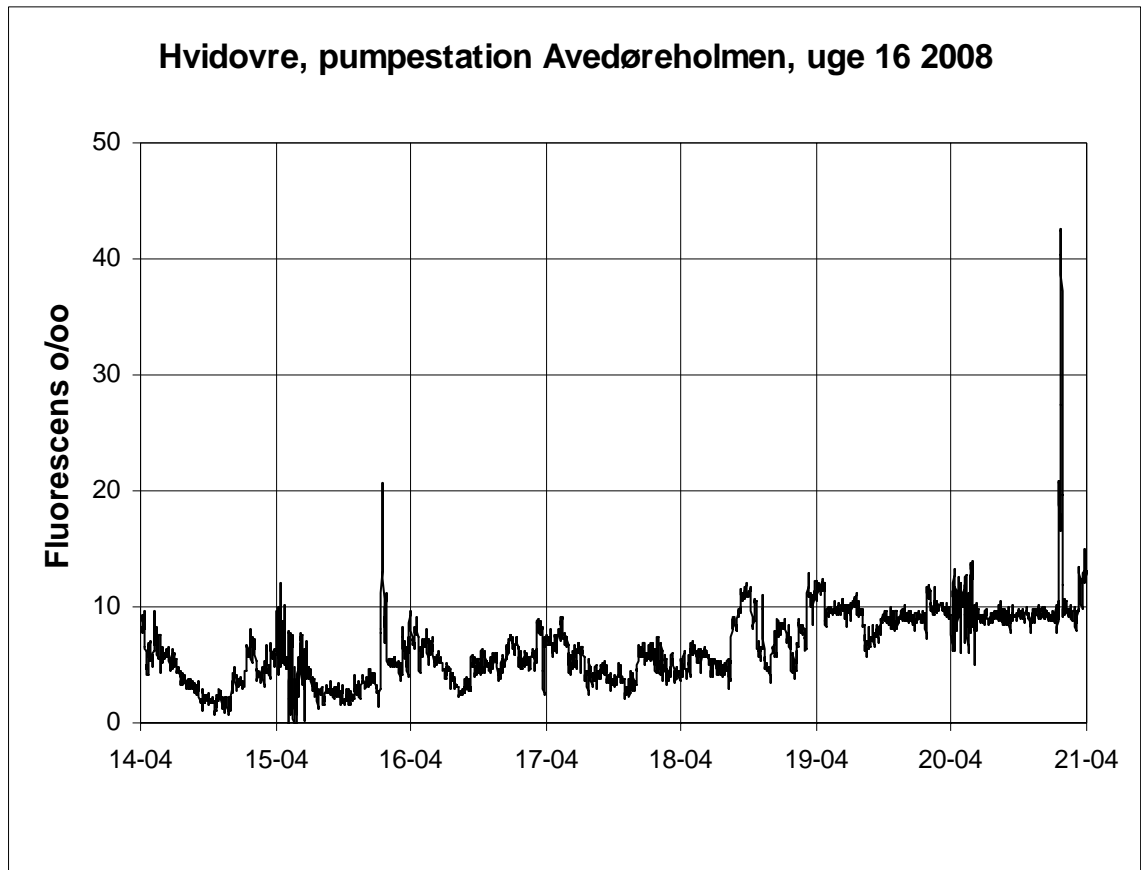


Hvidovre, pumpestation Avedøreholmen, uge 14 2008

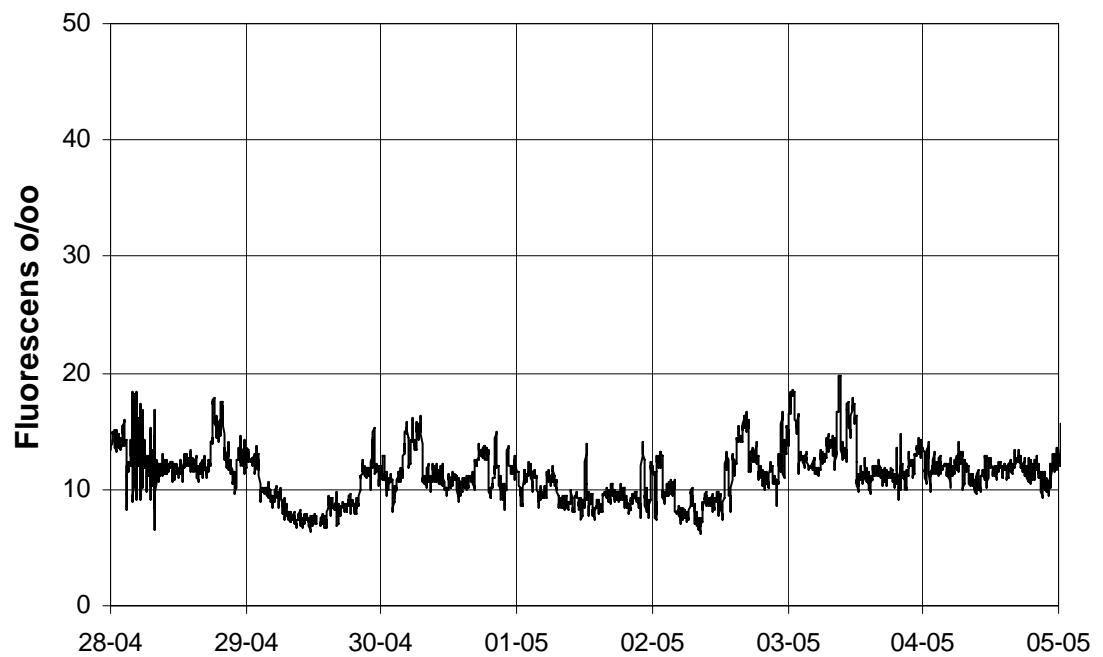


Hvidovre, pumpestation Avedøreholmen, uge 15 2008

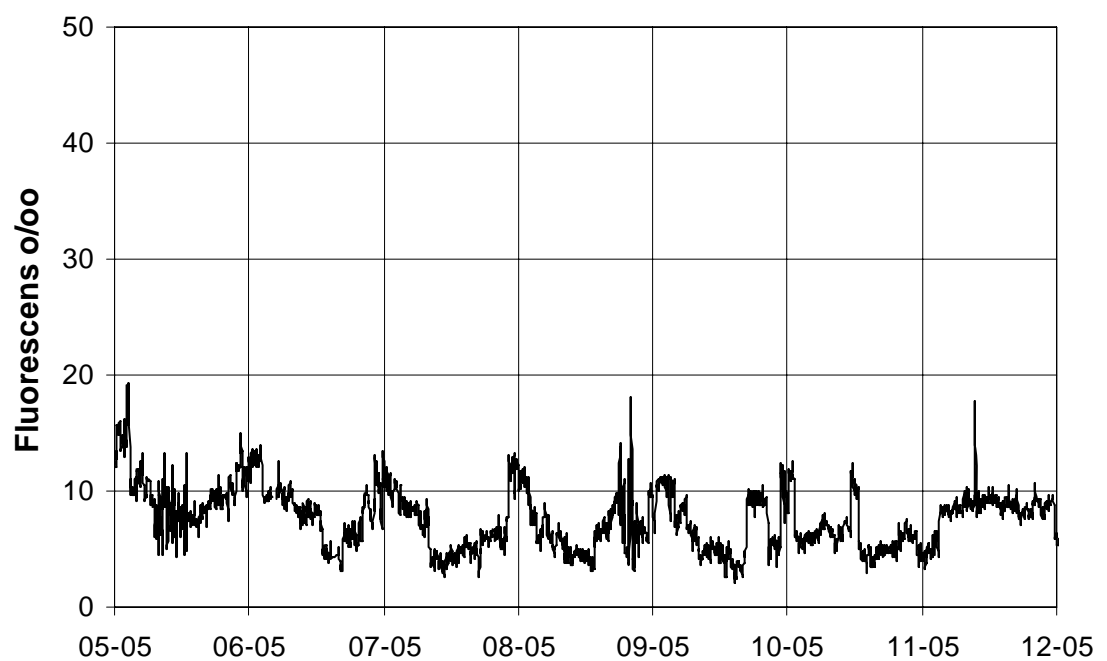




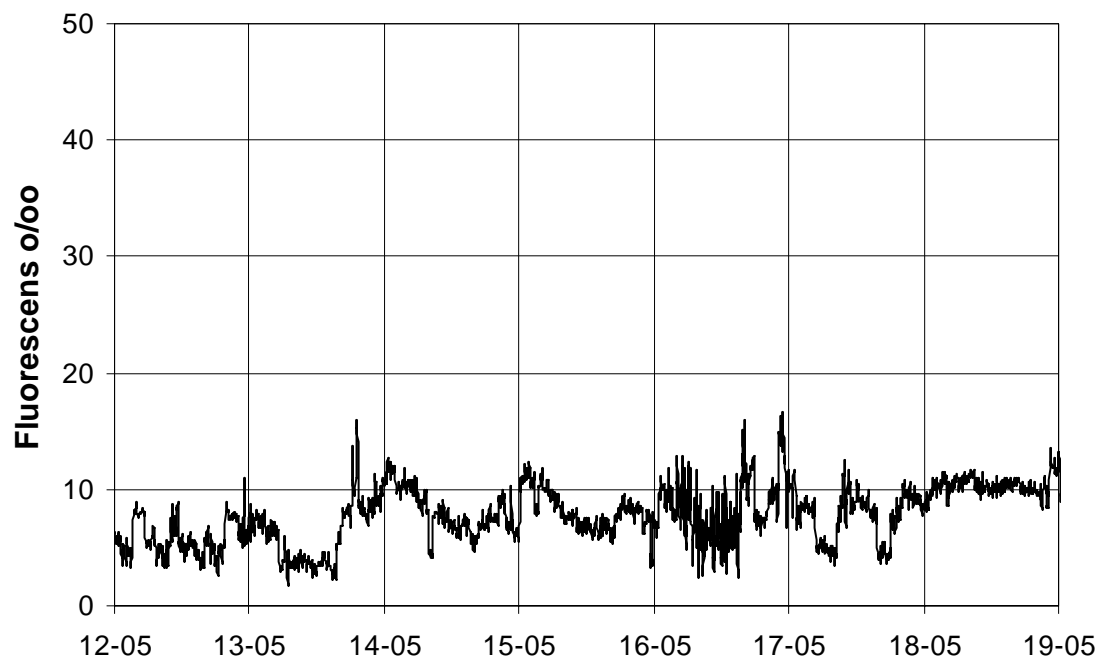
Hvidovre, pumpestation P12, Avedøreholmen uge 18 2008



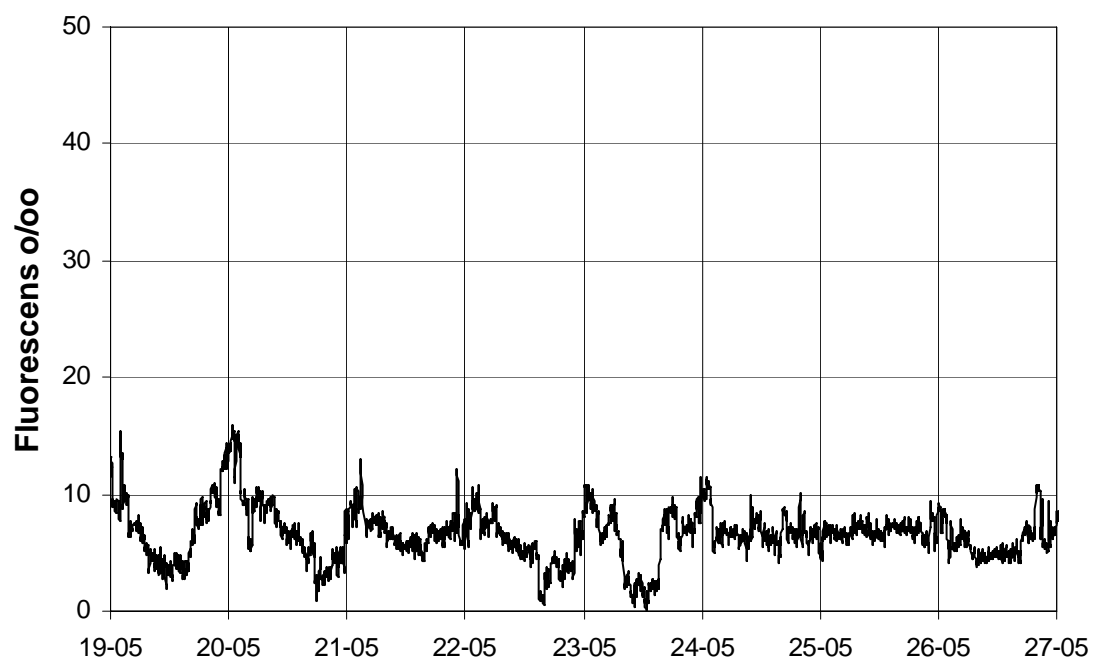
Hvidovre, pumpestation P12, Avedøreholmen uge 19 2008



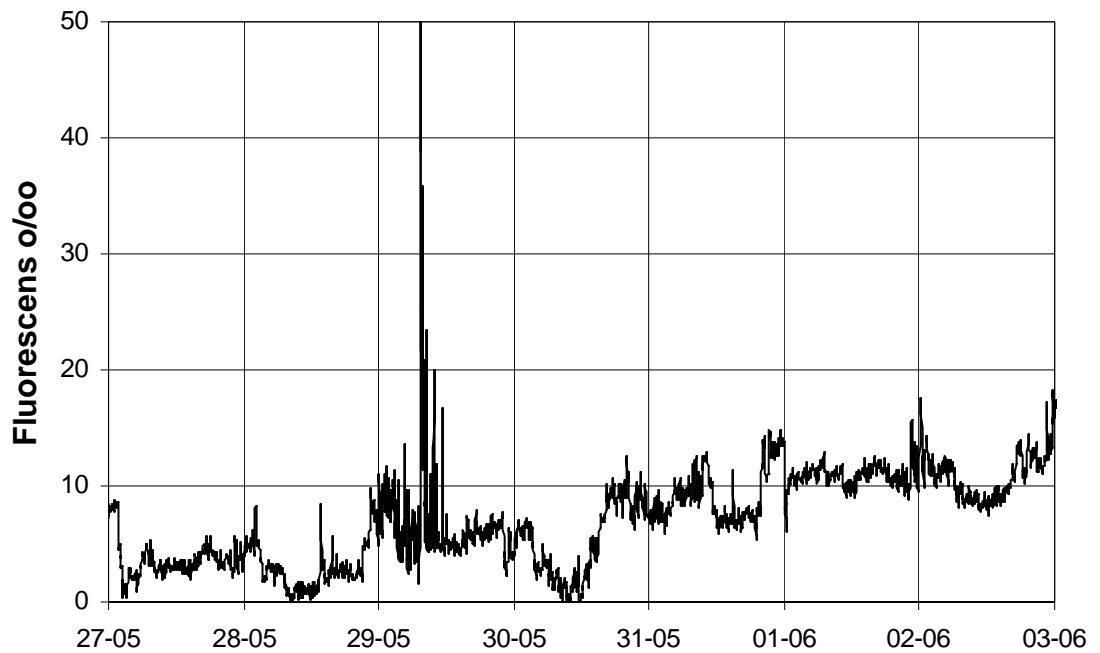
Hvidovre, pumpestation P12, Avedøreholmen uge 20 2008



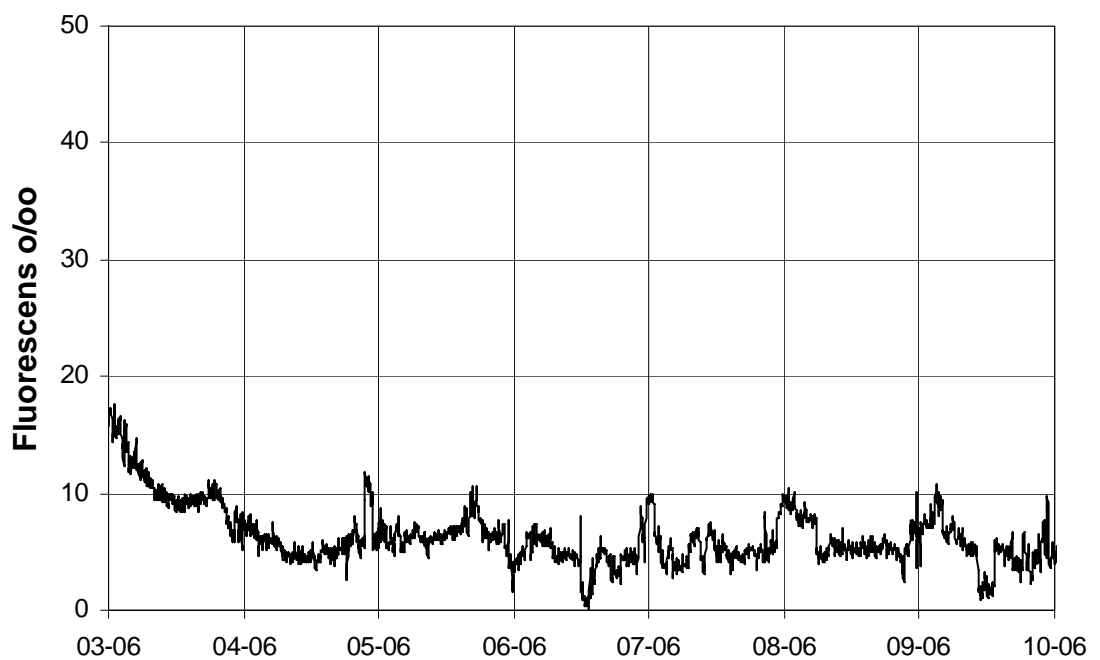
Hvidovre, pumpestation P12, Avedøreholmen uge 21 2008



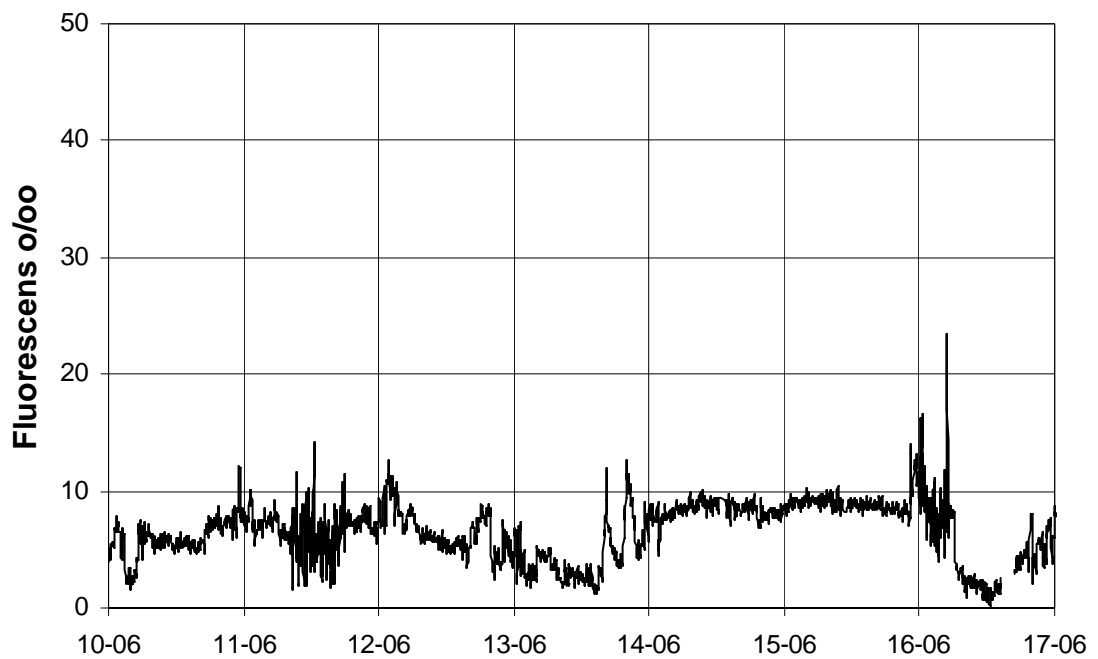
Hvidovre, pumpestation P12, Avedøreholmen uge 22 2008



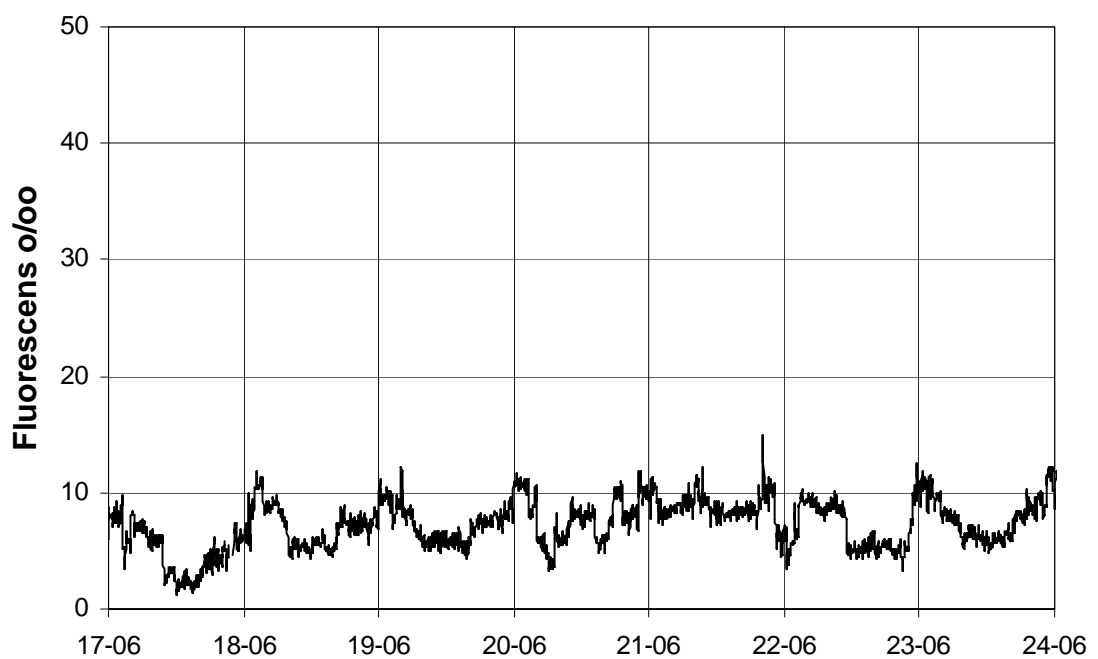
Hvidovre, pumpestation P12, Avedøreholmen uge 23 2008

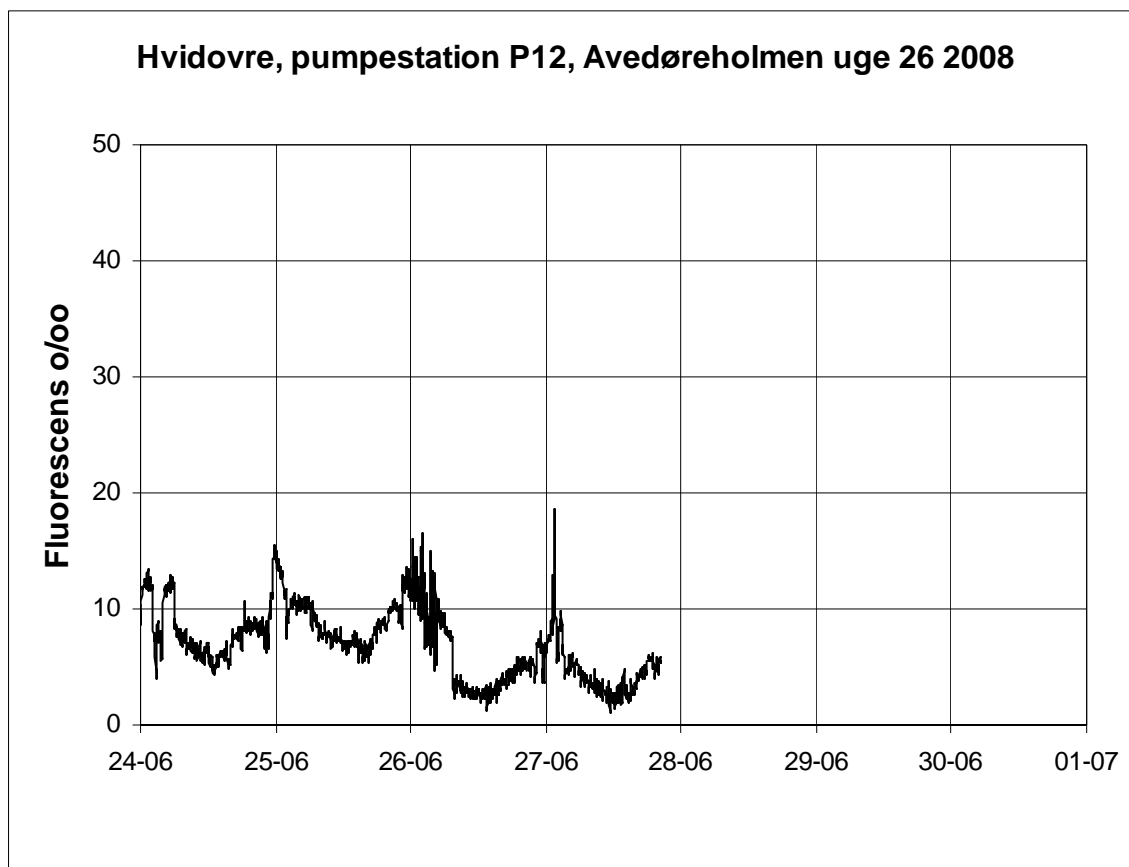


Hvidovre, pumpestation P12, Avedøreholmen uge 24 2008



Hvidovre, pumpestation P12, Avedøreholmen uge 25 2008







B I L A G C

Kalibrering – fluorescensmålinger og oliekoncentrationer



Kalibrering – fluorescensmålinger og oliekoncentrationer

Kommentarer til kalibreringen

Kalibreringskurven, som er vist i figur 4.3, er baseret på olieanalyser. Online-målingerne skal multipliceres med 10,77 og subtraheres 51,25. Dette er under antagelse af, at sammenhængen mellem værdien for fluorescens og oliekoncentrationen er lineær. Figur 4.3 viser en tilnærmelsesvis lineær sammenhæng, men med en nulpunktsforskydning.

En fluorescens på 5‰ svarer til ca. 2,5 mg olie/l, og et udslag på 20 svarer til ca. 170 mg olie/l. Nulpunktet ligger med andre ord tæt ved 5‰ på figur 4.3. Ved en alarm på 25‰ burde der således kunne måles ca. 200 mg olie/l, hvis der udtages en spildevandsprøve på alarmtidspunktet. Det er vigtigt, at prøven bliver udtaget tæt på alarmtidspunktet for at kunne verificere sammenhængen mellem forhøjede oliekoncentrationer og udsendelse af en alarm.

Usikkerheden på kalibreringen er især relateret til opblandingen i reservoiret under kalibreringen, og desuden var doseringen af olien vanskelig. Endelig er det tydeligt, at der ikke blev opnået ligevægt mellem hver dosering af olie. Af figur 4.2 fremgår, at der ved baggrundsprøven og ved den sidste dosering tilsyneladende blev opnået ligevægt. Usikkerheden er størst ved mangelfuld opblanding, dvs. at der eventuelt kan ske udskilning (lagdeling af olie-vandfase) i reservoiret. I tilfælde af dårlig opblanding vil fluorescensværdien omregnet til en oliekoncentration formodentlig blive estimeret for høj ved brug af den ovenfor anførte omregningsfaktor. Det kan vælges at sænke alarmgrænsen yderligere f.eks. til alarm ved et udslag på mellem 15 og 20. Faktisk er der en forventning om, at hvis alarmgrænsen sættes lavere, og der samtidig udtages prøver til analyse for olie, vil der blive etableret et bedre kalibreringsgrundlag.