

**By- og Landskabsstyrelsens  
Referencelaboratorium**

**Bestemmelse af usikkerhed ved  
automatisk prøvetagning af  
spildevand**

**II. Variografisk analyse på flere  
renseanlæg**

# Bestemmelse af usikkerhed ved automatisk prøvetagning af spildevand

Strandesplanaden 110  
DK-2665 Vallensbæk Strand

## II Variografisk analyse på flere renseanlæg

Tlf: 70 22 42 30  
Fax: 70 22 42 55  
E-mail: eurofins@eurofins.dk  
Web: www.eurofins.dk

Klient  By- og Landskabsstyrelsen	Klientens repræsentant  Lis Morthorst Munk
---	--

Projekt  By- og Landskabsstyrelsens Referencelaboratorium	Projekt Nr.  20401/14
---	-----------------------------

Forfattere  Ulla Lund	Dato 23. november 2007
	Godkendt af  Nis Hansen

	Endelig rapport	UOL	NH	NH	04120007
	Andet udkast til rapport	UOL	NH	NH	
	Udkast til rapport	UOL	NH	NH	
Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato

Nøgleord	Klassifikation <input checked="" type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input type="checkbox"/> Tilhører klienten
----------	---

Distribution		Antal kopier
By- og Landskabsstyrelsen	Lis Morthorst Munk	fil
Referencelaboratoriets Styringsgruppe		fil
Eurofins Miljø A/S	Ulla Lund	1

## Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Indledning</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Metoder og lokaliteter</b> .....	<b>3</b>
2.1	Prøvetagning .....	3
2.2	Analyser .....	4
2.3	Analysekvalitet .....	5
<b>3</b>	<b>Databehandling</b> .....	<b>6</b>
3.1	Databehandling i første del af undersøgelsen .....	6
3.2	Andre estimatorer for $V(0)$ .....	6
3.3	Diskussion af estimatorer .....	7
<b>4</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>9</b>
4.1	Elektrisk ledningsevne .....	9
4.2	Total phosphor .....	12
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Sammenfatning og konklusion</b> .....	<b>18</b>
6.1	Baggrund og metode .....	18
6.2	Resultater .....	18
6.3	Konklusioner .....	19
<b>7</b>	<b>Referencer</b> .....	<b>21</b>

## Bilag

Bilag A Prøvetagningsjournal

Bilag B Analysedata

Bilag C Data – usikkerhedsbidrag fra analyse

# 1 Indledning

I 2002 blev gennemført en litteraturredning i Referencelaboratoriet for at klarlægge hvilke metoder, der kunne anvendes i forbindelse med undersøgelser af prøvetagningsusikkerhed /3/. På baggrund heraf blev i 2005 gennemført et pilotforsøg med anvendelse af modellen fra "Teorien om Prøvetagning" (Theory of Sampling, TOS) /4/. Undersøgelsen anvendte variografisk analyse til identifikation af usikkerheden ved udtagning af en delprøve med anvendelse af et bestemt prøvetagningsudstyr i én opstilling. Denne usikkerhed hidrører dels fra selve prøvetagningsudstyret og dels fra heterogenitet på selve prøvetagningsstedet, dvs. ufuldstændig opblanding.

Pilotforsøget /4/ blev udført i indløb og afløb fra Renseanlæg Lynetten samt i afløbet fra en industrivirksomhed.

Nærværende rapport viser resultatet af gennemførelse af prøvetagning og variografisk analyse på Renseanlæg Lynetten og yderligere tre renseanlæg med det formål at gennemføre en bredere afprøvning af metodens egnethed til beskrivelse af usikkerheden ved udtagning af en delprøve. Den praktiske gennemførelse og statistiske analyse er beskrevet i /4/. Prøvetagning og kemisk analyse for Mølleåværket er foretaget af Mølleåværkets Driftslaboratorium.

Undersøgelserne har til formål at beskrive usikkerhedsbidraget fra udtagning af en delprøve, når accepterede state-of-the-art procedurer for prøvetagning anvendes, samt at undersøge den generelle anvendelighed af variografisk analyse til beskrivelse af prøvetagningsstedets egnethed.

## 2 Metoder og lokaliteter

### 2.1 Prøvetagning

Der er foretaget prøvetagning med henblik på variografisk analyse på følgende lokaliteter:

Lokalitet		Dato	Karakteristika for prøvetagningsstedet	Bemærkninger
Karup Renseanlæg	Tilløb	03/11/2006	Tilløbsbygværket består af en aflang kanal. Vandet kommer fra et rør i den ene ende af kanalen. Prøvetagningsstudsens er placeret, hvor der er den største turbulens	
Karup Renseanlæg	Afløb	03/11/2006	Bygværket er en parcell-rende. Prøvetagningsstudsens er placeret, hvor der er maksimal turbulens.	
Mejlby Renseanlæg	Tilløb	02/11/2006	Tilløb til renselanlæg er en 60 cm brønd. Der er 2 tilløb i brønden.	Subjektivt anset for mindre velopblandet
Mejlby Renseanlæg	Tilløb	04/10/2007	Prøvetagningsstudsens er placeret umiddelbart nedstrøms i røret efter brønden.	Gentagelse af tidligere prøvetagning med henblik på forbedring af information
Mejlby Renseanlæg	Afløb	02/11/2006	Renseanlægget består af 2 ringkanaler, som lukker vand til afløbsbrønd på skift (kip princippet). Afløbsvandet kommer ind i brønden via et rør ca. 1,5 m over bunden. Prøvetagningsstudsens er placeret umiddelbart under vandoverfladen.	Flow 702 m <sup>3</sup> /døgn
Mejlby Renseanlæg	Afløb	04/10/2007	Afløbsvandet kommer ind i brønden via et rør ca. 1,5 m over bunden. Prøvetagningsstudsens er placeret umiddelbart under vandoverfladen.	Gentagelse af tidligere prøvetagning med henblik på forbedring af information. Flow 242 m <sup>3</sup> /døgn
Renseanlæg Lynetten	Tilløb	06/11/2006	En delstrøm sendes op gennem et målebord hvor der er total opblanding.	
Renseanlæg Lynetten	Tilløb	06/11/2006	Prøvetagningsstudsens er placeret hvor der er maksimal turbulens	Gentagelse efter fuldstændig nedtagning og genprogrammering af prøvetager
Renseanlæg Lynetten	Afløb	06/11/2006	En delstrøm sendes op gennem et målebord hvor der er total opblanding.	
Renseanlæg Lynetten	Afløb	06/11/2006	Prøvetagningsstudsens er placeret hvor der er maksimal turbulens	Gentagelse efter fuldstændig nedtagning og genprogrammering af prøvetager
Mølleåværket	Tilløb	20/11/2006	Prøvetagningsstedet er en pumpeump med tre snækkepumper, der fører spildevandet videre til sandfanget. Spildevandet efter grovryst og ad en 140 Ø rørledning kommer ind i et kammer fra nord. Kammeret er forbundet med pumpeumpen i vest, mens sandfanget mod øst. Prøvestedet er placeret midt for sydsiden af pumpeumpen. Pumpeumpen er 3 m x 4,3 m. Vandniveauet varierer meget. I tørvejr er vandstanden ca. 80 cm. Prøvetagningsstudsens er placeret ca. 10 - 20 cm under vandoverfladen.	Prøvetagning og analyse er foretaget af personale på Mølleåværket

Prøvetagningsstederne er udvalgt efter følgende hensyn:

Renseanlæg Lynetten viser en gentagelse af undersøgelserne foretaget i 2005 /4/, og ved at foretage prøvetagningen to gange med komplet nedtagning af prøvetagningsudstyr mellem de to prøvetagninger viser undersøgelsen tillige om den variografiske analyse varierer mellem to opstillinger af det samme udstyr.

Karup Renseanlæg og Mølleåværket er, ligesom Renseanlæg Lynetten, renseanlæg med – subjektivt set – tilfredsstillende indretning af prøvetagningsforholdene. Undersøgelserne på disse anlæg tjener således til at vise variationen i resultaterne af den variografiske analyse på velindrettede renseanlæg.

Mejlby Renseanlæg er, subjektivt set, ikke optimalt indrettet på prøvetagningssted for tilløbsvand. Grunden til den forventede mindre ideelle opblanding er, at to tilløb samles i en brønd med prøvetagning umiddelbart efter brønden. Indretningen for afløbsvand er vurderet som forholdsvis tilfredsstillende. Undersøgelserne i afløbsvand tjener derfor som støtte til undersøgelserne på de øvrige renseanlæg, mens undersøgelserne i tilløbsvand kan vise, om den subjektivt set mindre tilfredsstillende indretning af prøvetagningsforholdene i tilløbsvand, afspejler sig i den variografiske analyse. Undersøgelsen på Mejlby Renseanlæg er udført to gange med henblik på at sikre mod tilfældige forskelle.

Til prøvetagningen (med undtagelse af Mølleåværket og anden prøvetagning på Mejlby Renseanlæg) er anvendt transportabelt prøvetagningsudstyr af mærket EPIC baseret på vakuum princip og med mulighed på fraktioneret opsamling af 24 prøver. Udstyret er opsat i henhold til gældende forskrifter /1, 2/. Udstyret er indstillet til udtagning af delprøver med 2 minutters mellemrum. Det blev skønnet, at dette tidsinterval var i nærheden af minimum intervallet for det pågældende udstyr, af hensyn til at tillade en tilstrækkeligt rensning af slanger og prøvetagningsbeholder mellem hver prøvetagning. Ved anden prøvetagning på Mejlby Renseanlæg er anvendt udstyr af mærket MJK 780 og manuel skift af prøvebeholder.

Prøverne blev udtaget uden anvendelse af nedkøling under prøvetagningen og blev umiddelbart efter afslutning af prøvetagningen transporteret til Eurofins' laboratorier i Vejen for analyse.

På Mølleåværket er prøvetagning foretaget med anvendelse af fast installeret prøvetager, som manuelt er sat til udtagning af en delprøve med ca. 2 minutters mellemrum. Prøvetagningsbeholder er skiftet manuelt mellem hver delprøve. Prøverne er analyseret på Mølleåværkets Driftslaboratorium. Til vurdering af usikkerheden på analyse og håndtering af prøverne er i forbindelse med prøvetagningen udtaget en delmængde på ca. 2 L som stikprøve, og denne er fordelt på 10 prøvetagningsflasker, hvis indhold er analyseret i samme analyseserie, som prøverne fra det variografiske eksperiment.

Journal for de udførte prøvetagninger er anført i Bilag A. Det beregnede usikkerhedsbidrag i de konkrete prøvetagninger gælder en prøve (300 - 400 mL) bestående af to på hinanden følgende stikprøver (165 – 200 mL) samlet til én spildevandsprøve. Dette er foretaget for at opnå en tilstrækkelig stor prøvemængde af hensyn til den senere opdeling til forskellige analyser.

## 2.2 Analyser

Prøverne er analyseret for ledningsevne og total phosphor (se resultater i bilag B). Parametrene repræsenterer opløste stoffer (ledningsevne) og suspenderet stof (total phosphor). Disse to parametre er valgt som repræsentanter ud fra den gode analysekvalitet for disse i forhold til andre mulige repræsentanter. Ved pilotundersøgelsen /4/ blev tillige undersøgt COD (indløb), NVOC (afløb) og suspenderet stof, og undersøgelsen viste, at analyseusikkerheden for disse parametre i de fleste tilfælde overskyggede usikkerhedsbidraget fra prøvetagning.

## 2.3 Analyse kvalitet

Variationen på analysen er beskrevet i den første del af denne undersøgelse /4/. For total phosphor er denne variation anvendt som estimat for  $s_{\text{analyse}}$  for Renseanlæg Lynetten, Karup Renseanlæg og Mejlby Renseanlæg, idet analyserne er foretaget på samme laboratorium ved de to undersøgelser. For ledningevne er anvendt en relativ standardafvigelse på 0,2%, som stammer fra laboratoriets interne kvalitetskontrol. Den analytiske variation for Mølleåværket er bestemt ved analyse af en stikprøve, fordelt på 10 flasker, som alle er analyseret i samme analyseserie som prøver til den variografiske analyse. Data og resultater af statistisk analyse er vist i bilag C.

### 3 Databehandling

Databehandlingen er foretaget ved variografisk analyse, som bl.a. er beskrevet af /5/, og nærmere forklaret i rapporten over første del af nærværende undersøgelse /4/.

#### 3.1 Databehandling i første del af undersøgelsen

Ved den variografiske analyse beregnes den samlede relative variation,  $V$ , mellem prøver, der er adskilt af en fast tidsafstand,  $j$  – eksempelvis naboprøver, prøver adskilt af 2, 3 eller flere tidsafstande. De enkelte variationer,  $V(j)$ , plottes mod tidsafstandene,  $j$ , i et variogram.  $V(j)$  beregnes i henhold til Formel 1:

$$V(j) = \frac{\left[ \sum_{i=1}^{n-j} (c_{i+j} - c_i)^2 \right]}{[2 \cdot (n-j) \cdot A^2]} \quad \text{Formel 1}$$

Hvor  $V(j)$  er den relative varians, som er et mål for den relative variation  
 $c_i$  er de enkelte koncentrationer,  
 $A$  er den gennemsnitlige koncentration,  
 $n$  er det totale antal målinger og  
 $j$  er det antal tidsafstande, hvori variansen beregnes.

Variogrammet ekstrapoleres til tidsafstanden  $j = 0$ , hvilket svarer til den relative variation,  $V(0)$ , i det tænkte tilfælde, at spildevandsstrømmen var stoppet og det var muligt at foretage gentagen prøvetagning i løbet af et uendeligt kort tidsrum.  $V(0)$  er således et estimat for den relative varians på udtagning og analyse af delprøven.

$V(0)$  kan omregnes til estimatet  $CV(0)$ :

$$CV^2(0) = V(0) \quad \text{Formel 2}$$

$CV(0)$  er et estimat for  $CV_{\text{måling}}$ , der sammen med analyseusikkerheden, estimeret ved  $CV_{\text{analyse}}$ , giver mulighed for at beregne et estimat for prøvetagningsusikkerheden,  $CV_{\text{prøvetagning}}$ :

$$CV_{\text{prøvetagning}} = \sqrt{CV^2_{\text{måling}} - CV^2_{\text{analyse}}} \quad \text{Formel 3}$$

Variationskoefficienten,  $CV$ , kan omregnes til standardafvigelse,  $s$ , som vist i Formel 4.

$$s = \frac{CV \cdot A}{100} \quad \text{Formel 4}$$

$V(0)$  blev estimeret ved skæring med y-aksen for en ret linie tilpasset de første 12 punkter i variogrammet, dvs. fra  $j = 1$  til  $j = 12$ , med mindre datamaterialet viser cyklisk variation. Ved cyklisk variation anvendes det første minimum som estimat for  $V(0)$ .

#### 3.2 Andre estimatorer for $V(0)$

I en rapport fra IMM Statistical Consulting Centre /6/ blev forskellige metoder til estimering af  $V(0)$  undersøgt. Det viste sig imidlertid, at alle undersøgte metoder, inklusive lineær estimering, som anvendt i første del af undersøgelsen, var stærkt følsomme overfor enkelte ekstreme

resultater. For at undgå dette anbefaler rapporten robust estimering af  $V(j)$  i stedet for den beregning, der er vist i Formel 1:

$$V(j) = \frac{\left[ \frac{1}{n-j} \sum_{i=1}^{n-j} \sqrt{|c_{i+j} - c_i|} \right]^4}{\left[ 2 \cdot \left( 0,457 + \frac{0,494}{n-j} + \frac{0,045}{(n-j)^2} \right) \cdot A^2 \right]}$$

Formel 5

Summeringen sker her i kvadratrods-skala, hvor den i Formel 1 sker i kvadrat-skala. Herved bliver store forskelle krympet frem for strukket.

Imidlertid resterer som følge af usikkerhederne i datamaterialet endnu et problem i estimeringen af  $V(0)$ . Det kan ske, at den estimerede  $V(0)$  er større end  $V(1)$ . Det giver ikke fysisk mening, at variansen stiger med kortere tidsafstand. Den vil enten være konstant eller faldende når tiden går mod nul. Desuden kan det for nogle dataserier ske, at den estimerede  $V(0)$  bliver negativ. Dette giver igen ikke fysisk mening, da  $V(0)$  er en varians, dvs. kvadratet på spredningen.

For at imødegå dette foreslås i rapporten /6/, at  $V(0)$  estimeres ved  $\hat{V}(1)$ , som er den beregnede værdi for  $j=1$  ud fra tilpasning af kurve til sammenhængen mellem  $j$  og  $V(j)$ .

Kurvetilpasning baseres på en generaliseret additiv model, hvor variogrammet modelleres ved en udglattet funktion af afstanden,  $j$ , plus fejl. Generaliserede additive modeller er f.eks. beskrevet i /8/.

### 3.3 Diskussion af estimatore

Til illustration af de forskellige estimatore er i Tabel 1 vist estimering af  $V(0)$  ved lineær regression, som i den første del af nærværende undersøgelse, ved robust variografi og ved robust variografi med  $\hat{V}(1)$  som estimat for  $V(0)$ . De anvendte data er ledningsevne og total fosfor fra den første del af undersøgelsen /4/.

Parameter	Lokalitet	Lineær regression	Robust estimation	Robust estimation, $V(0)$ estimeret ved $\hat{V}(1)$
Ledningsevne	Lynetten, tilløb B	0,000158	0,000152	0,000292
	Lynetten, tilløb C	0,000574	0,000471	0,000833
	Lynetten, afløb L	0,00178*	0,000270	0,000269
	Lynetten, afløb M	0,000155	0,000157	0,000154
	Industriafløb X	0,0817	0,0773	0,0834
	Industriafløb Y	0,0642*	0,0336	0,0361
Total fosfor	Lynetten, tilløb B	0,00122	0,000669	0,000962
	Lynetten, tilløb C	0,00299***	0,000328	0,00141
	Lynetten, afløb L	0,000615	0,000421	0,000451
	Lynetten, afløb M	0,001**	-0,000956	0,000487
	Industriafløb X	0,146	0,103	0,115
	Industriafløb Y	0,102*	0,0443	0,0592

\*: data er påvirket af ét afvigende resultat

\*\* : estimeret ud fra minimum i variogrammet pga. tendens til cyklisk variation

\*\*\*: tendens til cyklisk variation

**Tabel 1 Sammenligning mellem metoder til estimering af  $V(0)$**

Som det fremgår af Tabel 1 giver de forskellige metoder til estimation af  $V(0)$  i de fleste tilfælde resultater, som er rimeligt overensstemmende i betragtning af den forventelige usikkerhed på estimaterne. De tilfælde, hvor forskellen er mere betydelig er markeret i tabellen. I tre tilfælde kan et enkelt delresultat forklare forskellen og to andre skyldes tendens til cyklisk variation i datamaterialet.

Samlet set er det tilfredsstillende, at den robuste metode reducerer påvirkning fra et enkelt delresultat. Estimation af  $V(0)$  ved  $\hat{V}(1)$  eliminerer problemet med negativ værdi for  $V(0)$ . Som forventeligt er estimerne ved  $\hat{V}(1)$  i nogle tilfælde højere end ved estimation med  $\hat{V}(0)$ , men størrelsen af forskellen er i de fleste tilfælde meget begrænset og i alle tilfælde indenfor det acceptable. Den største øgning i spredningsmål vil blive en faktor 1,3.

Anvendelse af robust variografi med estimation af  $V(0)$  ved  $\hat{V}(1)$  fjerner desuden behovet for subjektiv vurdering af datamaterialet for eventuel cyklisk variation.

Databehandling i nærværende rapport er udført ved robust variografi i, og  $V(0)$  er estimeret ved  $\hat{V}(1)$ .

## 4 Resultater

De udtagne prøver er analyseret for ledningsevne og total phosphor. Analyseresultater for de foretagne 11 serier af prøvetagninger på de fire prøvetagningssteder er vist i Bilag B.

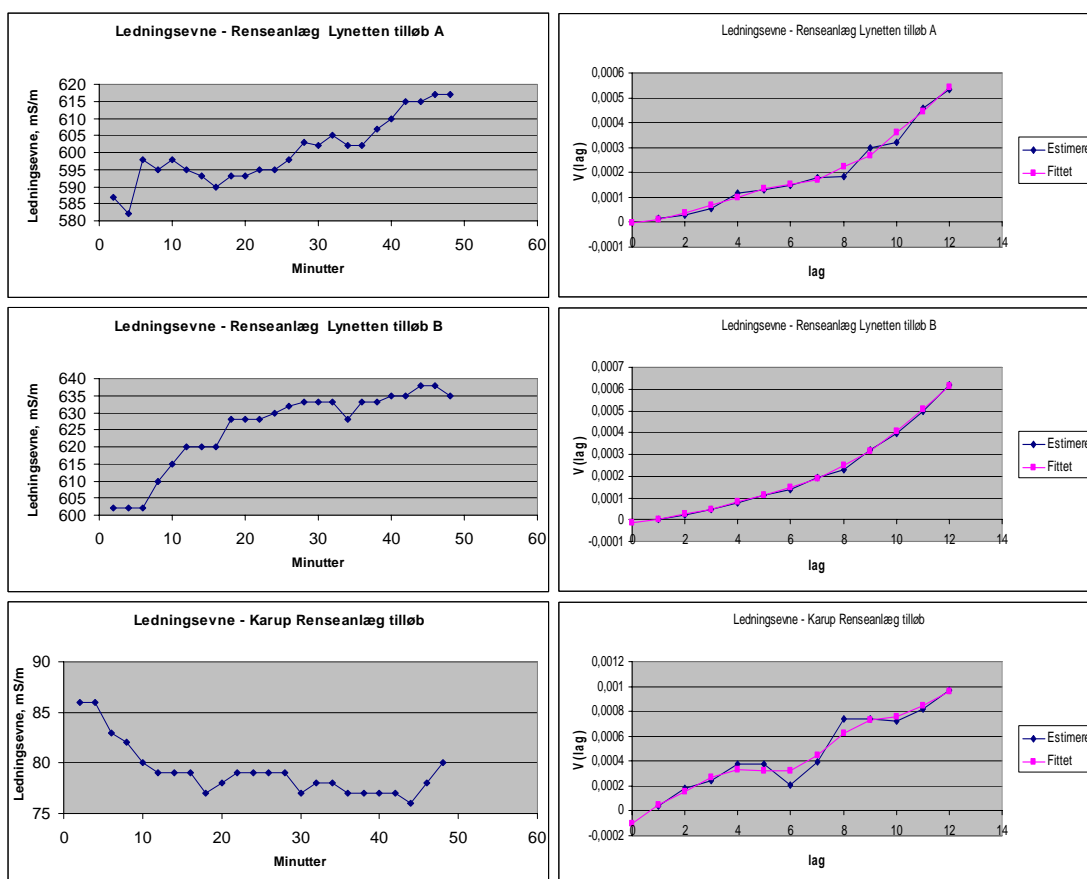
Variogrammerne for disse prøvetagninger er vist i de følgende afsnit sammen med tidsserier for de data, der er anvendt ved beregning af variogrammerne. Hvert afsnit afsluttes med en tabel, der summerer informationerne fra den variografiske analyse og statistiske behandling af data.

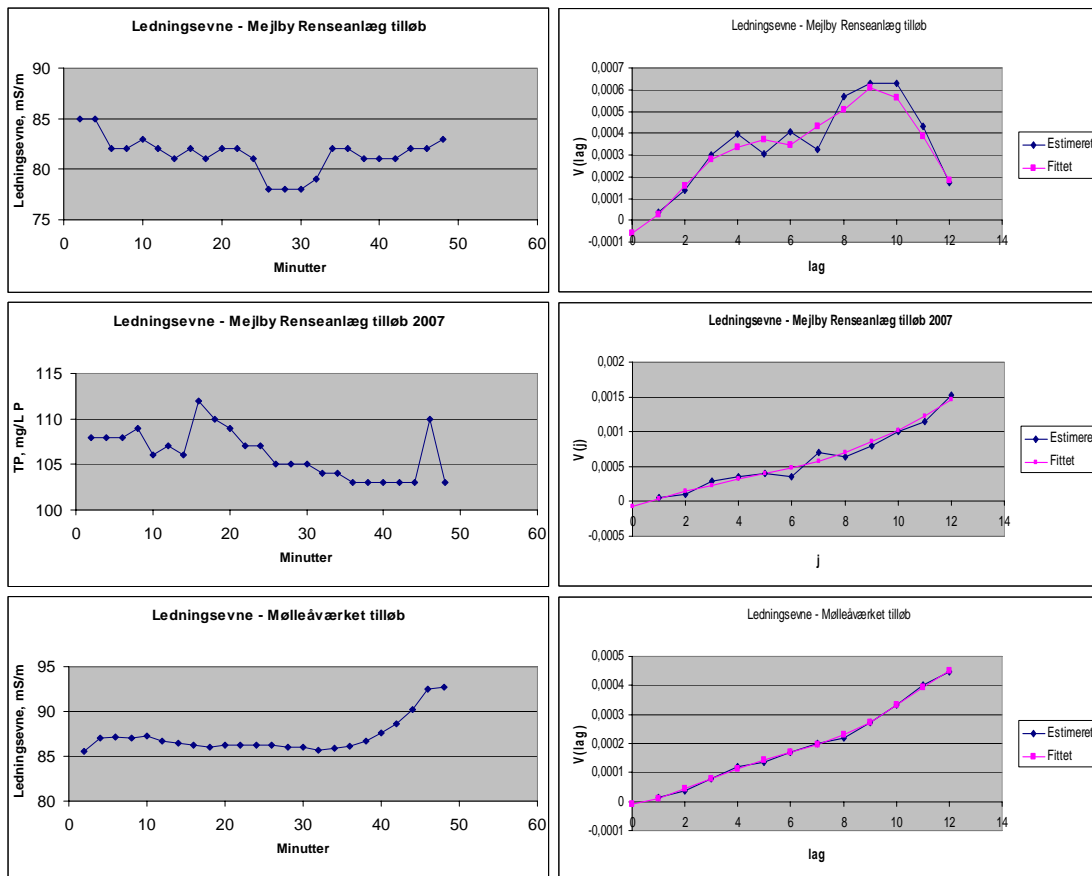
Tabellerne viser  $V(0)$  estimeret ud fra variogrammerne som relativ varians, og den herudfra beregnede variationskoefficient  $CV(0)$ .  $V(0)$ , og dermed  $CV(0)$ , omfatter bidrag fra materialet, selve prøvetagningen og fra håndteringen af prøverne samt analyse. På basis af  $CV(0)$  og variationen fra analyse og prøvehåndtering,  $CV_{analyse}$ , er variationen fra prøvetagning,  $CV_{prøvetagning}$ , beregnet. Herudover angives gennemsnit målt i prøveserierne.

### 4.1 Elektrisk ledningsevne

#### 4.1.1 Tilløbsvand

Variogrammer for prøvetagninger i tilløbsvand over 48 minutter ses i Figur 1.





**Figur 1 Tidsserier og variogrammer – Ledningsevne i tilløbsvand udtaget over 48 minutter (med 2 minutters interval)**

Alle seks variogrammer viser drift i den målte ledningsevne, hvilket også kan ses i tidsserierne. Med andre ord sker der i løbet af de ca. 48 minutter, hvor prøvetagningen finder sted, stigning eller fald i ledningsevnen, som betyder, at variationen som følge af prøvetagning ikke kan bestemmes ved simpel beregning af spredning på de målte data.

Resultatet af databehandling fra de 6 prøvetagninger, der er afbildet i Figur 1, ses i Tabel 2.

Ledningsevne	Variation - neddeling, forbehandling og analyse $CV_{analyse}$ %	Variografi fra prøvetagning hvert 2 min – 24 prøver		Variation - materiale og prøvetagning $CV_{prøvetagn}$ %	Gennemsnit (mS/m)
		V(0)	CV(0) %		
<b>Tilløb Lynetten</b>	0,2	0,0000047	0,21	0,09	600
Serie A					
Serie B		0,0000087	0,09	n.s.	625
<b>Tilløb Karup</b>		0,0000542	0,74	0,71	79,2
<b>Tilløb Mejlby 2006</b>		0,0000455	0,67	0,64	81,5
<b>Tilløb Mejlby 2007</b>		0,0000360	0,60	0,56	106
<b>Tilløb Mølleåværket</b>	0,35	0,0000118	0,34	n.s.	87,2

n.s.: ikke signifikant

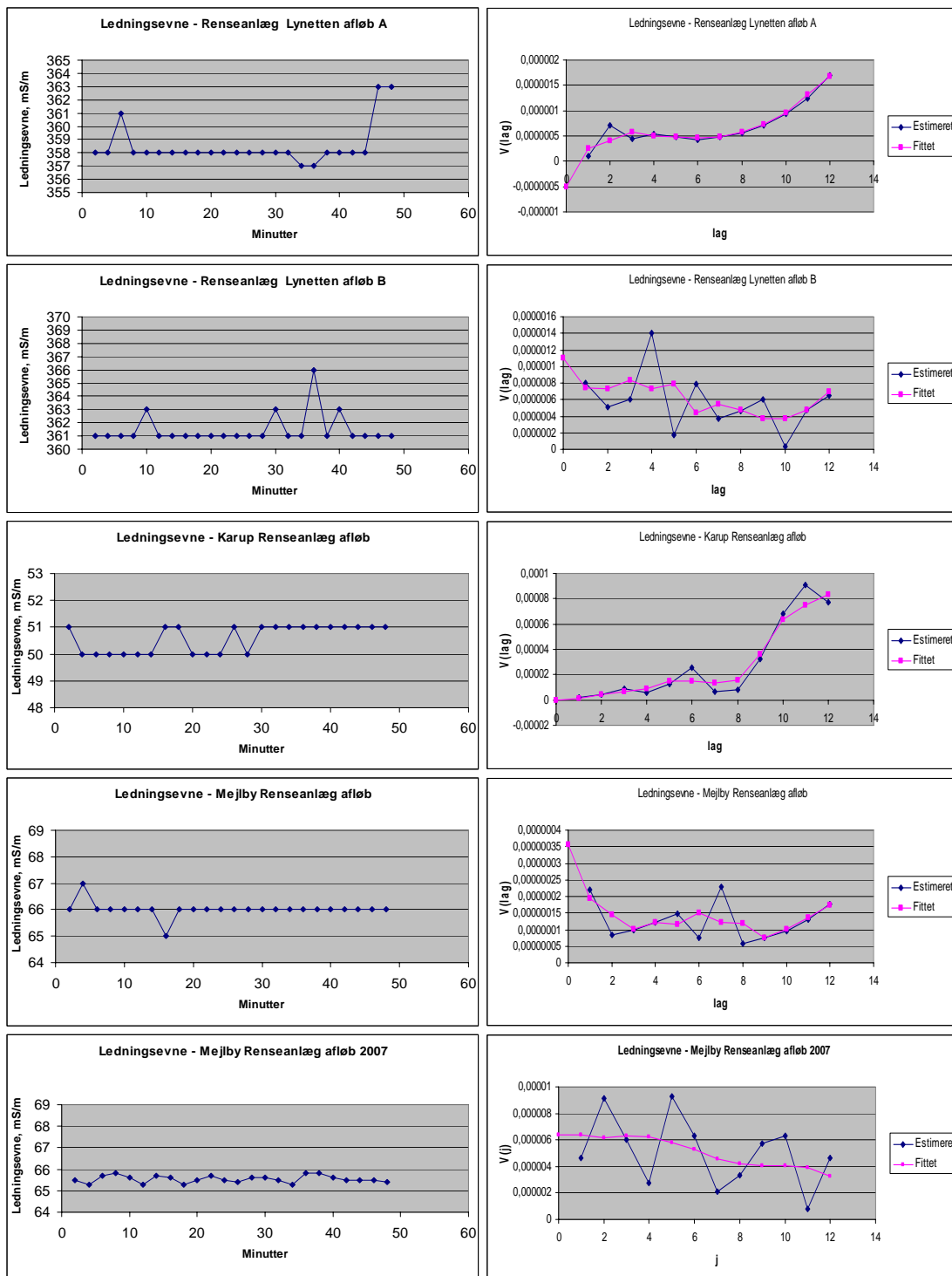
**Tabel 2 Elektrisk ledningsevne. Estimeret variation i tilløbsvand over et forsvindende lille tidsrum**

Tabel 2 viser desuden den analytiske variation,  $CV_{analyse}$ , som er anvendt. For Mølleåværket er  $CV_{analyse}$  bestemt ved denne undersøgelse, se bilag C. Den samlede variation for en udtagen delprøve,  $CV(0)$ , er et udtryk for den samlede målevariation,  $CV_{måling}$ . Ud fra  $CV_{måling}$  og  $CV_{analyse}$  er variationen på prøvetagningen,  $CV_{prøvetagning}$ , beregnet ved hjælp af Formel 3.

Tabellen viser, at prøvetagning i nogle tilfælde ikke bidrager måleligt og i andre (Karup og Mejlby) giver et betydeligt bidrag til den samlede variation på ledningsevne i en delprøve af tilløbsvand. Det ses også, at variationen i tilløbsvand på Mejlby Renseanlæg, hvor prøvetagningsforholdene subjektivt var vurderet som mindre tilfredsstillende, ikke afviger væsentligt fra de øvrige prøvetagningslokaliteter for så vidt angår ledningsevne.

#### 4.1.2 Afløbsvand

Variogrammer for prøvetagninger i afløbsvand med 2 minutters intervaller ses i Figur 2.



Figur 2 Tidsserier og variogrammer - Ledningsevne i afløbsvand udtaget over 48 minutter (med 2 minutters interval)

To variogrammer tyder på trend i måleværdierne, og tre på en tilfældig fordeling af måleværdierne for ledningsevne.

Resultatet af databehandling fra de 5 prøvetagninger, der er afbildet i Figur 2, ses i Tabel 3.

Ledningsevne	Variation - neddeling, forbehandling og analyse $CV_{\text{analyse}}$ %	Variografi fra prøvetagning hvert 2 min – 24 prøver		Variation - materiale og prøvetagning	Gennemsnit (mS/m)
		V(0)	CV(0) %	$CV_{\text{prøvetagning}}$ %	
<b>Afløb Lynetten</b>	0,2				
Serie A		0,00000024	0,05	n.s.	358
Serie B		0,00000074	0,09	n.s.	361
<b>Afløb Karup</b>		0,00000154	0,12	n.s.	50,6
<b>Afløb Mejlby 2006</b>		0,00000019	0,04	n.s.	66,0
<b>Afløb Mejlby 2007</b>	0,00000637	0,25	0,15	65,5	

n.s.: ikke signifikant

**Tabel 3 Elektrisk ledningsevne. Estimeret variation i afløbsvand over et forsvindende lille tidsrum**

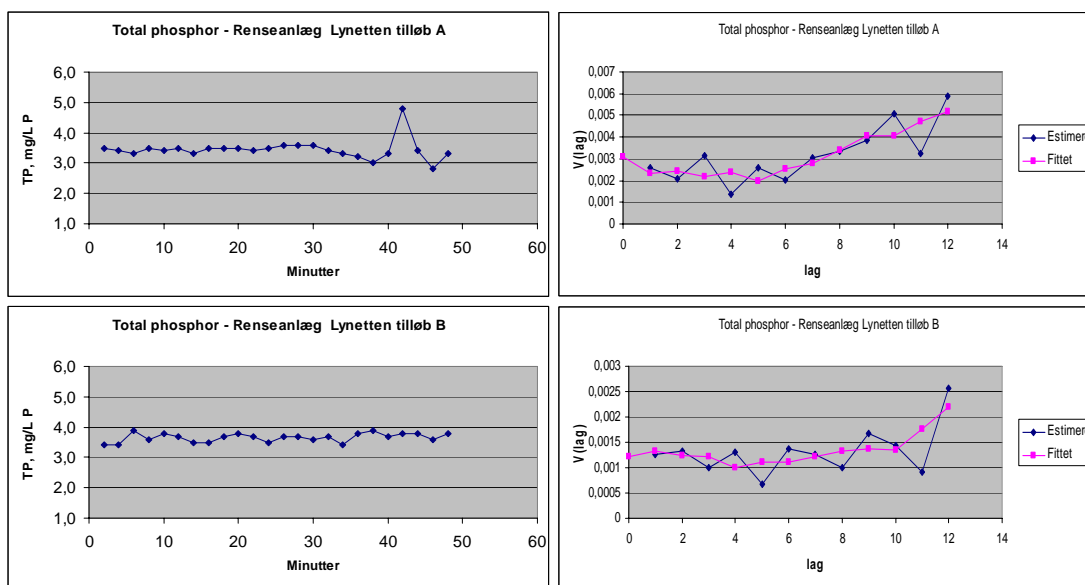
Tabel 3 viser i lighed med Tabel 2, analytisk variation,  $CV_{\text{analyse}}$ , CV(0) (udtryk for den samlede målevariation,  $CV_{\text{måling}}$ ) og den estimerede variation på prøvetagning,  $CV_{\text{prøvetagning}}$ .

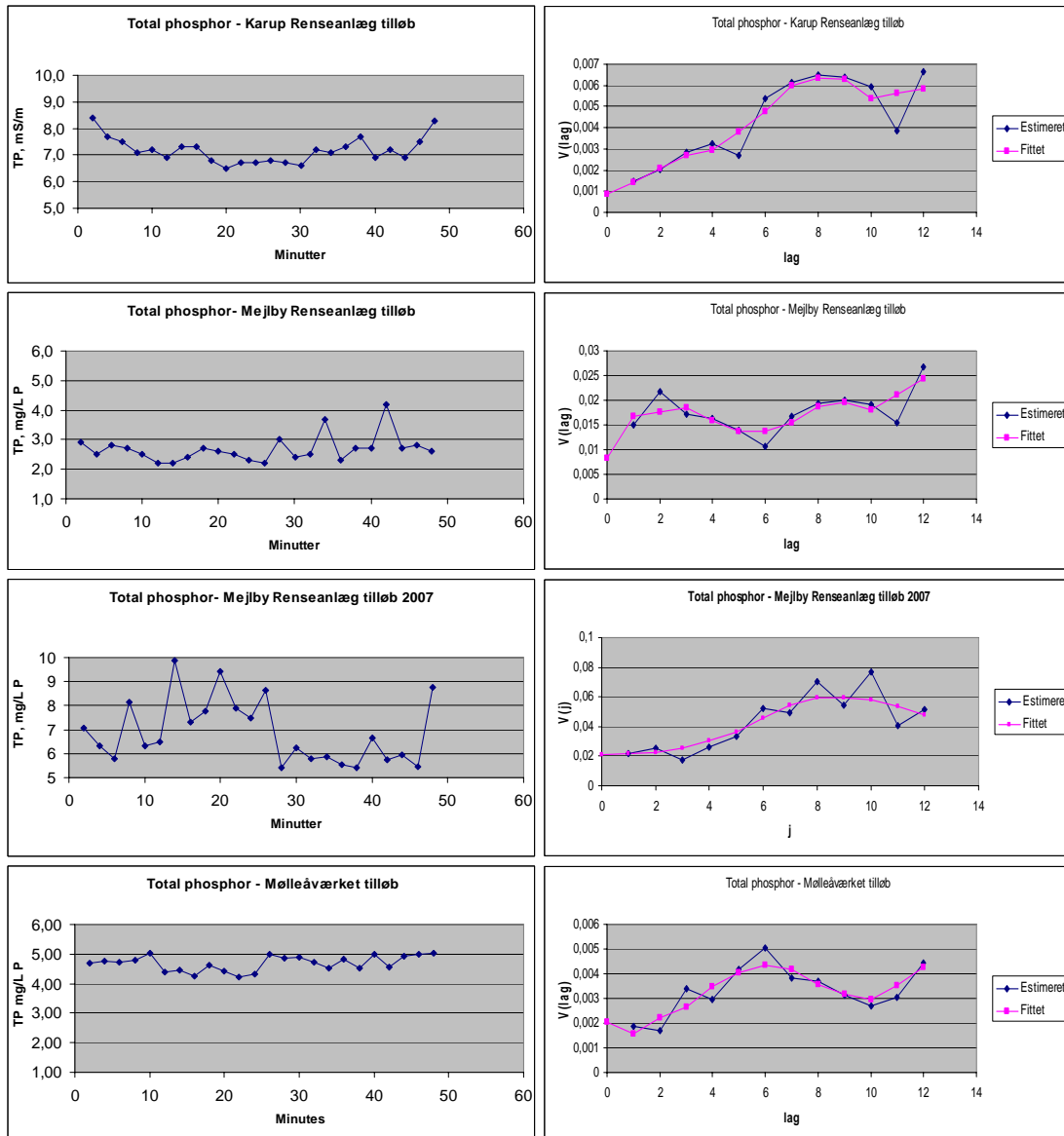
Den estimerede samlede variation er forholdsvis ens på de tre prøvetagningssteder, og variationen domineres af analytisk variation.

## 4.2 Total phosphor

### 4.2.1 Tilløbsvand

Variogrammer for prøvetagninger i tilløbsvand over 48 minutter er vist i Figur 3.





**Figur 3 Tidsserier og variogrammer– Total phosphor i tilløbsvand udtaget over 48 minutter (med 2 minutters interval)**

Variogrammerne, med undtagelse af serie B fra Renseanlæg Lynetten, tyder på drift i måleresultaterne. Serie B fra Renseanlæg Lynetten tyder på tilfældig variation. Data fra Mejlby Renseanlæg, Mølleåværket og muligvis Karup Renseanlæg tyder desuden på cyklisk variation.

Resultatet af databehandling fra de 6 prøvetagninger, der er vist i Figur 3, ses i Tabel 4.

Total phosphor	Variation - neddeling, forbehandling og analyse $CV_{analyse}$ %	Variografi fra prøvetagning hvert 2 min – 24 prøver		Variation - materiale og prøvetagning	Gennemsnit (mg/L P)
		V(0)	CV(0) %	$CV_{prøvetagn}$ %	
<b>Tilløb Lynetten</b>	2,5				
Serie A		0,00232	4,82	4,1	3,44
Serie B		0,00133	3,65	2,7	3,67
<b>Tilløb Karup</b>		0,00141	3,75	2,8	7,18
<b>Tilløb Mejlby 2006</b>		0,0168	13,0	12,7	2,67
<b>Tilløb Mejlby 2007</b>	0,0215	14,7	14,5	6,89	
<b>Tilløb Mølleåværket</b>	3,4	0,00154	3,90	2,0	4,69

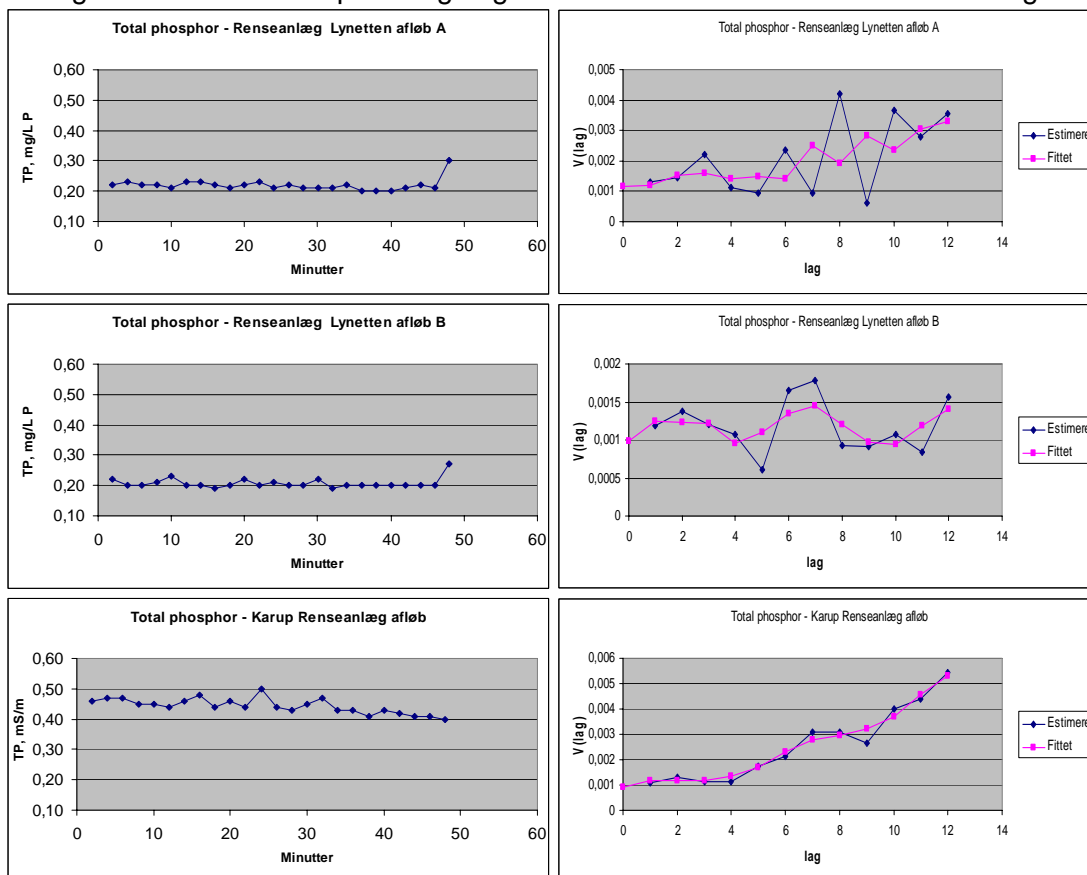
**Tabel 4 Total phosphor. Estimeret variation i tilløbsvand over et forsvindende lille tidsrum.**

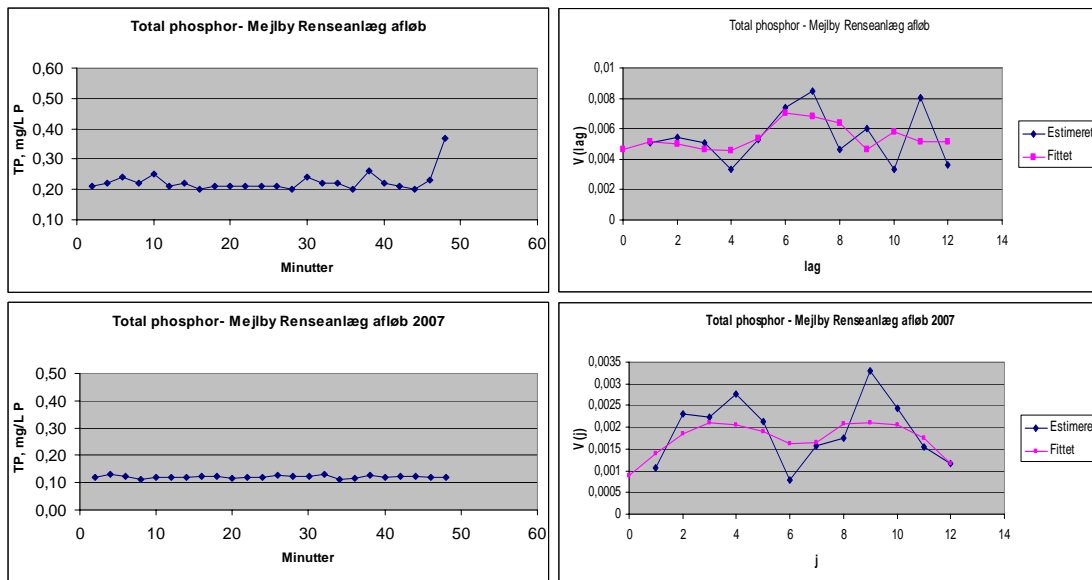
Tabel 4 viser i lighed med Tabel 2, analytisk variation ( $CV_{analyse}$ ), CV(0) (udtryk for den samlede målevariation,  $CV_{måling}$ ) og den estimerede variation på prøvetagning ( $CV_{prøvetagning}$ ).

Tabellen viser nogenlunde ensartet variation i tilløbsvand fra Renseanlæg Lynetten, Karup Renseanlæg og Mølleåværket, mens Mejlby Renseanlæg ved begge prøvetagninger skiller sig ud med en væsentligt større variation. I de tre førstnævnte anlæg er variationen fra analyse og prøvetagning af nogenlunde samme størrelse, mens prøvetagningsvariationen fra Mejlby Renseanlæg er den dominerende kilde til variation på måleresultatet. Dette resultat var forventet ud fra den subjektive vurdering af prøvetagningsforholdene for tilløbsvand på Mejlby Renseanlæg.

#### 4.2.2 Afløbsvand

Variogrammer for de fem prøvetagninger i afløbsvand over 48 minutter ses i Figur 4.





**Figur 4 Tidsserier og variogrammer – Total phosphor i afløbsvand udtaget over 48 minutter (med 2 minutters interval)**

Variogrammerne tyder generelt på drift i måleresultaterne. Med andre ord sker der i løbet af de ca. 48 minutter, hvor prøvetagningen finder sted, stigning eller fald i total phosphor, som betyder, at variationen som følge af prøvetagning ikke kan bestemmes ved simpel beregning af spredning på de målte data. For Renseanlæg Lynetten, serie B og Mejlby Renseanlæg er udviklingen dog meget svag og overlejret af cyklisk variation.

Resultatet af databehandling fra de 5 prøvetagninger, der er vist i Figur 4, ses i Tabel 5.

Ledningsevne	Variation - neddeling, forbehandling og analyse $CV_{analyse}$ %	Variografi fra prøvetagning hvert 2 min – 24 prøver		Variation - materiale og prøvetagning $CV_{prøvetagn}$ %	Gennemsnit (mg/L P)
		V(0)	CV(0) %		
<b>Afløb Lynetten</b>	3,6				
Serie A		0,00121	3,47	n.s.	0,219
Serie B		0,00125	3,53	n.s.	0,207
<b>Afløb Karup</b>		0,00117	3,41	n.s.	0,444
<b>Afløb Mejlby 2006</b>		0,00517	7,19	6,2	0,225
<b>Afløb Mejlby 2007</b>	0,00140	3,74	1,0	0,121	

n.s.: ikke signifikant

**Tabel 5 Total phosphor. Estimeret variation i afløbsvand over et forsvindende lille tidsrum**

Tabel 5 viser i lighed med Tabel 2, analytisk variation ( $CV_{analyse}$ ), CV(0) (udtryk for den samlede målevariation,  $CV_{måling}$ ) og den estimerede variation på prøvetagning ( $CV_{prøvetagning}$ ).

Tabellen viser, at prøvetagning i de fleste tilfælde ikke bidrager signifikant til den samlede variation på måleresultatet i afløbsvand. For Mejlby Renseanlæg er prøvetagning ved den første prøvetagning den dominerende kilde til variation mens prøvetagning kun bidrager marginalt ved den anden prøvetagning. Den subjektive vurdering af prøvetagningsforholdene i afløb fra Mejlby Renseanlæg gav ikke anledning til at forvente den relativt høje variation. Placering af prøvetagningsstudsens umiddelbart under vandoverfladen kan dog betyde, at graden af opblanding varierer med flowet. Flow ved prøvetagning i 2006 var  $702 \text{ m}^3/\text{døgn}$ , mens det i 2007 var  $242 \text{ m}^3/\text{døgn}$ . Der er således en betydelig forskel i flow ved de to prøvetagninger. Gennemsnitligt døgnflow for anlægget er  $548 \text{ m}^3/\text{døgn}$ .

## 5 Diskussion

Resultaterne fra bestemmelse af samlet variation,  $CV_{\text{måling}}$ , for ledningsevne på fire renseanlæg og et industriudløb, samt gentagen bestemmelse af  $CV_{\text{måling}}$  på to renseanlæg er vist i Tabel 6. Data fra 2005 er taget fra /4/, og er genberegnet med robust variografi og estimering af  $V(0)$  ved  $\hat{V}(1)$ .

Elektrisk ledningsevne	Tilløb		Afløb	
	$CV_{\text{måling}}$ , %	$CV_{\text{prøvetagning}}$ , %	$CV_{\text{måling}}$ , %	$CV_{\text{prøvetagning}}$ , %
Renseanlæg Lynetten, 1. serie 2005*	1,7	n.s.	1,6	n.s.
Renseanlæg Lynetten, 2. serie 2005*	2,9	1,3	1,2	n.s.
Renseanlæg Lynetten, 1. serie 2006	0,21	0,09	0,05	n.s.
Renseanlæg Lynetten, 2. serie 2006	0,09	n.s.	0,09	n.s.
Karup Renseanlæg, 2006	0,74	0,71	0,12	n.s.
Mejlby Renseanlæg, 2006	0,67	0,64	0,04	n.s.
Mejlby Renseanlæg 2007	0,60	0,56	0,25	0,15
Mølleåværket, 2006	0,34	n.s.		
Industriafløb, 1. serie 2005*			29	29
Industriafløb, 2. serie 2005*			19	19

\*:  $CV_{\text{analyse}}$  væsentligt større end for øvrige målinger

**Tabel 6 Samlet variation og variation fra prøvetagning for ledningsevne i en stikprøve**

Som det fremgår af Tabel 6 bidrager prøvetagning i de fleste tilfælde ikke måleligt til den samlede variation for ledningsevne i en stikprøve fra renseanlæg. Det må tolkes som at opblanding på prøvetagningsstedet generelt er god for opløste stoffer. Den samlede variation er generelt af begrænset størrelse, oftest 1% eller mindre af den målte koncentration. Dette er ikke væsentligt set i forhold til den krævede analysekvalitet for ledningsevne, som er højst 3% relativ standardafvigelse /7/. For andre parametre, der er opløst i spildevandet, tillades samme eller større spredning som for ledningsevne.

I det undersøgte industrispildevand er prøvetagning derimod den dominerende kilde til stor variation på udtagning af en delprøve.

På Renseanlæg Lynetten er foretaget i alt fire prøvetagninger. To prøvetagninger i 2005 er foretaget ved gentagelse af prøvetagningen med prøvetageren i uændret opstilling mellem de to prøvetagninger. I 2006 er prøvetageren taget ned og genopstillet mellem de to prøvetagninger. Den samlede variation målt i 2005, henholdsvis 2006, stemmer godt overens indenfor det enkelte år, og der ses ikke større forskel i 2006, selv om prøvetageren er nedtaget og genopstillet. Derimod ses mindre variation ved de to forsøg i 2006 i forhold til de to forsøg i 2005, hvilket i det væsentlige kan forklares ved mindre spredning på analysen i 2006. I alle tilfælde er variationen fra prøvetagning ikke målelig eller meget lille i forhold til variationen fra analysen.

På Mejlby Renseanlæg er foretaget to prøvetagninger med ca. et års mellemrum. De to prøvetagninger giver sammenlignelige resultater.

Undersøgelserne viser samlet set, at opblandingsforholdene for opløst stof, eksemplificeret ved ledningsevne, i både tilløb og afløb fra renseanlæg generelt er gode. I afløbsvand tyder undersøgelserne på, at der er ideel opblanding eller tæt herpå i alle fire renseanlæg. I tilløbsvand er forholdene lidt mere varierede og prøvetagningsstedet kan give et bidrag til den samlede variation. Bidraget er dog højst 1% og i de fleste tilfælde langt mindre, og dermed uden væsentlig betydning.

I det undersøgte industrispildevand giver prøvetagningsstedet det altdominerende bidrag til den samlede variation, hvilket tolkes som at opblandingen ikke er ideel, og der kan tillige være andre uhensigtsmæssigheder ved prøvetagningsstedet.

De tilsvarende resultater for bestemmelse af total fosfor er vist i Tabel 7.

Total fosfor	Tilløb		Afløb	
	CV <sub>måling</sub> , %	CV <sub>prøvetagning</sub> , %	CV <sub>måling</sub> , %	CV <sub>prøvetagning</sub> , %
Renseanlæg Lynetten, 1. serie 2005	3,1	1,8	2,1	n.s.
Renseanlæg Lynetten, 2. serie 2005	3,8	2,8	2,2	n.s.
Renseanlæg Lynetten, 1. serie 2006	4,8	4,1	3,5	n.s.
Renseanlæg Lynetten, 2. serie 2006	3,7	2,7	3,5	n.s.
Karup Renseanlæg, 2006	3,8	2,8	3,4	n.s.
Mejlby Renseanlæg, 2006	13,0	12,7	7,2	6,2
Mejlby Renseanlæg 2007	14,7	14,5	3,7	1,0
Mølleåværket, 2006	3,9	2,0		
Industriafløb, 1. serie 2005			34	33
Industriafløb, 2. serie 2005			24	23

**Tabel 7 Samlet variation og variation fra prøvetagning for total fosfor i en stikprøve**

Tabel 7 viser, at prøvetagning i tilløbsvand giver et måleligt bidrag til den samlede variation for total fosfor. Dette bidrag er generelt af størrelsesorden 2 - 4% og af nogenlunde samme størrelsesorden som den analytiske variation. Mejlby Renseanlæg skiller sig imidlertid ud, idet prøvetagningsvariationen her er dominerende ved begge prøvetagninger. Mejlby Renseanlæg var vurderet subjektivt til at have utilfredsstillende opblandingsforhold på prøvetagningsstedet for udtagning af tilløbsvand, og forsøgene bekræfter dette.

I afløbsvand fra renseanlæg er variationsbidraget fra prøvetagning generelt ikke måleligt. Mejlby Renseanlæg skiller sig ved den ene prøvetagning ud med prøvetagning som den dominerende kilde til variation. Opblandingen i dette anlæg kan muligvis variere med flowet, og der er betydelig forskel på flow ved de to prøvetagninger. De foreliggende undersøgelser er dog ikke tilstrækkelige til at konkludere om der er en sammenhæng, og det skønnes ikke nødvendigt for nærværende undersøgelses formål at uddybe dette.

I det undersøgte industrispildevand er prøvetagning den dominerende kilde til variation, og den samlede variation er større for total fosfor end for ledningsevne.

De fire prøvetagninger i Renseanlæg Lynetten viser alle det samme billede. De to prøvetagninger på Mejlby Renseanlæg viser samme billede for tilløbsvand, mens undersøgelsen antyder varierende grad af opblanding i afløbsvand.

Samlet set er der ubetydeligt bidrag fra prøvetagningsstedet til den samlede variation for parametre knyttet til suspenderet stof, eksemplificeret ved total fosfor, i afløbsvand fra renseanlæg. Opblanding af suspenderet stof i afløbsvand fra renseanlæg må derfor anses for tilnærmelsesvis ideel. I tilløbsvand giver prøvetagningsstedet i de fleste tilfælde et bidrag til den samlede usikkerhed af samme størrelsesorden som analysen. Opblandingen på prøvetagningsstedet anses derfor som tilstrækkeligt tæt på ideel i de fleste renseanlæg. Et renseanlæg (Mejlby) skiller sig ud med prøvetagningsstedet som den dominerende kilde til variation. Opblandingsforholdene for tilløbsvand må anses for utilfredsstillende på dette anlæg, idet de vil medføre en stor variation fra gang til gang på analyse af parametre knyttet til suspenderet stof.

Det undersøgte industrispildevand viser for total fosfor i lighed med ledningsevne, at opblanding og eventuelt andre forhold ved prøvetagningsstedet ikke er ideelle. Variationen for total fosfor er som forventeligt større end for ledningsevne, men forskellen er beskeden.

## 6 Sammenfatning og konklusion

### 6.1 Baggrund og metode

En undersøgelse af måleusikkerhed og prøvetagningsusikkerhed ved automatisk prøvetagning af spildevand fra tre udvalgte prøvetagningssteder i 2005 er suppleret i 2006 og 2007. Der er i alt undersøgt tilløbsvand til fire renseanlæg, afløbsvand fra tre renseanlæg og afløbsvand fra en industri. På et renseanlæg er undersøgelserne foretaget i alt fire gange, to gange umiddelbart efter hinanden og efter ca. et år igen to gange kort efter hinanden. På yderligere et anlæg er undersøgelserne foretaget to gange med ca. et års mellemrum.

På alle prøvetagningssteder er der foretaget fraktioneret tidsproportional prøvetagning af 24 prøver over en periode på 48 - 60 minutter – i alt er udtaget 15 serier af prøver. Der er anvendt almindeligt anvendt prøvetagningsudstyr. Tilsvarende spildevandsprøvetagningsudstyr anvendes i langt de fleste sammenhænge til udtagning af blandingsprøver, men kan monteres flasker til fraktioneret prøvetagning.

Der er foretaget variografisk analyse af data fra analyse af alle delprøver, og herfra er estimeret det samlede usikkerhedsbidrag fra materialeheterogenitet, selve prøvetagningen og bidrag fra håndtering efter prøvetagningen, herunder analyse. Databehandlingen er foretaget ved robust variografi med estimering af den samlede variation fra prøvetagning, materialeheterogenitet, prøvehåndtering og analyse,  $V(0)$ , ved  $\hat{V}(1)$ . Dette er nærmere beskrevet i rapporten fra den første del af undersøgelsen /4/ samt i nærværende rapport. Usikkerhedsbidraget fra prøvehåndtering og analyse er estimeret separat. På baggrund af de to usikkerhedsbidrag – samlet usikkerhed og prøvehåndtering og analyse – er usikkerhedsbidraget fra materialeheterogenitet og selve prøvetagningen estimeret.

To analyseparametre er undersøgt:

- ledningsevne, som repræsentant for opløste stoffer i spildevandet
- total phosphor, som repræsentant for parametre knyttet til suspenderet stof.

### 6.2 Resultater

Resultaterne er summeret i nedenstående skema, hvor tal i parentes er enkeltresultater, der ikke anses for repræsentative for helheden.

	Standardusikkerhed, u, i % af den gennemsnitlige måleværdi			
	Analyse	Materialeheterogenitet og prøvetagning		
		Tilløbsvand	Afløbsvand	Industri
Ledningsevne	0,2 – 0,4 (2,6)	n.s. – 1	n.s. - 0,2	19 – 29
Total phosphor	2,5 – 3,6	2 – 4 (13 - 15)	n.s. – 1 (6)	23 - 33

n.s.: ikke signifikant

Disse resultater viser:

- I tilløbsvand og afløbsvand fra renseanlæg giver materialeheterogenitet og selve prøvetagningen i de fleste tilfælde ikke et måleligt bidrag til den samlede usikkerhed for ledningsevne. I de tilfælde, hvor der ses et måleligt bidrag til usikkerheden, er størrelsen uvæsentlig set i forhold til den krævede analysekvalitet.
- I det undersøgte industrispildevand er materialeheterogenitet og prøvetagning den dominerende kilde til usikkerhed, både for ledningsevne og total phosphor. Usikkerhedsbidraget er af samme størrelsesorden for ledningsevne og total phosphor, dog som forventeligt størst for total phosphor.

- Materialeheterogenitet og prøvetagning giver for de fleste undersøgte prøver af tilløbsvand et bidrag til den samlede standardusikkerhed på mellem 2 og 4% for total fosfor. Dette er af samme størrelsesorden som bidraget fra prøvehåndtering og analyse.
- I tilløbsvand fra et renseanlæg, hvor prøvetagningsforholdene på forhånd var vurderet til suboptimale, var usikkerhedsbidraget fra materialeheterogenitet og prøvetagning væsentligt større end i andre tilløbsprøver, 13 - 15%, for total fosfor. Dette tyder på, at undersøgelsesprincippet er anvendeligt til objektiv vurdering af prøvetagningsstedets egnethed.
- I afløbsvand fra renseanlæg (total fosfor) var usikkerhedsbidrag fra materialeheterogenitet og prøvetagning generelt ikke måleligt.
- På ét renseanlæg fandtes ved en prøvetagning afløbsvand forholdsvis stort usikkerhedsbidrag i fra materialeheterogenitet og prøvetagning. Gentagen prøvetagning på det samme anlæg viste i lighed med øvrige undersøgte anlæg et ubetydeligt usikkerhedsbidrag fra disse kilder. Forholdene på dette anlæg antyder, at opblanding kan være flowafhængig.
- Gentagen opstilling af prøvetagningsudstyr gav sammenlignelige estimater for usikkerhedsbidraget fra materialeheterogenitet og prøvetagning. I afløbsvand fra Renseanlæg Lynetten gav ledningsevne dog væsentlig forskel på estimater fra 2005 og 2006, hvilket kan tilskrives forskel i analysekvalitet ved de to undersøgelser.

### 6.3 Konklusioner

Nærværende undersøgelse omfatter alene usikkerhedsbidrag til udtagning af en stikprøve hidrørende fra prøvetagningsstedet (heterogenitet) og prøvetagningsudstyret.

Usikkerheden på en sammensat prøve, f.eks. en døgnprøve, herunder bidrag fra flow- eller tidsmåling er ikke omfattet, ligesom repræsentativiteten af den udtagne prøve ikke er behandlet på nuværende tidspunkt.

#### **Anvendeligheden af den variografiske analyse**

- Udtagning af 24 tidsproportionale stikprøver, analyse for ledningsevne og total fosfor, og variografisk analyse af de opnåede data har vist sig at være en egnet metode til objektiv identifikation af prøvetagningsforhold, som bidrager væsentligt til den samlede usikkerhed (prøvetagning og analyse) på stikprøven. Konklusionen bygger først og fremmest på data for total fosfor, idet prøvetagning for opløste stoffer, eksemplificeret ved ledningsevne, ingen eller uvæsentlig indflydelse har på den samlede usikkerhed for prøvetagning og analyse.
- Metoden har vist sig generelt at give sammenligneligt resultat når undersøgelsen gentages, både med kort og langt tidsmellemlum. På ét renseanlæg er i afløbsvand fundet væsentligt forskellig usikkerhedsbidrag ved to prøvetagninger. Forholdene på dette anlæg antyder, at opblandingen kan være flowafhængig, hvilket kan være årsag til forskellen.

#### **Usikkerhedsbidraget fra prøvetagningsstedet, inklusive prøvetagningsudstyr::**

- Materialeheterogenitet (grad af opblanding) og prøvetagning giver intet eller ubetydeligt bidrag til den samlede usikkerhed i en stikprøve af afløbsvand fra renseanlæg. Bidraget kan derimod være betydeligt i stærkt inhomogent industrispildevand, særligt når prøvetagningsforholdene ikke er ideelle. Konklusionen gælder både opløste og suspenderede stoffer. Data fra ét renseanlæg antyder, at der kan være periodiske problemer med opblanding på visse anlæg.

- I tilløbsvand til renseanlæg er bidrag fra materialeheterogenitet og prøvetagning til den samlede usikkerhed for total phosphor af samme størrelsesorden som bidrag fra analyse, dvs. standardusikkerhed mellem 2 og 4%, forudsat at prøvetagningsstedet sikrer god opblanding. Utilstrækkelig opblanding ses tydeligt ved øget standardusikkerhed (13 - 15%). For ledningsevne (opløste stoffer) giver prøvetagningsstedet intet eller uvæsentligt bidrag til den samlede usikkerhed i en stikprøve af tilløbsvand til renseanlæg.

## 7 Referencer

1. DS ISO 5667-10:2004. Vandanalyse – Prøvetagning – Part 10. Vejledning i prøvetagning af spildevand.
2. Miljøstyrelsen. Teknisk anvisning for punktkilder. Version 2 (2003)
3. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium. Usikkerhed/fejl ved automatisk prøvetagning af spildevand – Litteraturundersøgelse og forsøgsskitse. Rapport Februar 2003, Revideret november 2005. [www.reference-lab.dk](http://www.reference-lab.dk)
4. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium. Bestemmelse af usikkerhed ved automatisk prøvetagning af spildevand. I. Pilotundersøgelse af variografisk analyse. Rapport Maj 2007.
5. P.Gy. Sampling for Analytical Purposes. Wiley 1999. ISBN 0-471-97956-2.
6. IMM Statistical Consulting Center, Technical University of Denmark. Robust estimation af nugget effect i spildevandsprøver. Rapport 16. marts 2007.
7. Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 1353 af 11. december 2006: Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger udført af akkrediterede laboratorier, certificerede personer m.v.
8. S.N. Wood. Generalized additive models - An introduction with R. 1<sup>st</sup> edition. Chapman & Hall / CRC. 2006.

***B I L A G***

**B I L A G A**

***Prøvetagningsjournal***



Lokalitet	Mejlby tilløb	Mejlby afløb
Prøver mærket	87515001-87517301	87518310-87520601
Fraktionering/ stikprøve	24 prøver	24 prøver
Dato	4/10 2007	4/10 2007
tid	10.15-10.45	10.00-10.45
Apparat nr.	MJK 780 RP25	MJK 780 RP25
delprøvevolumem (ml)	450	450
Sugehastighed (m/s)	0,5	0,5
Sugeslange længde (m)	1	1
Sugeslange diameter(mm)	10	10
<u>Program:</u>		
skud/prøve	3	3
Fjernstart	nej	nej
Start prøvetagning	straks	straks
Metode	tidsproportional	tidsproportional
Tidsinterval (mellem serier), min.	1,17	1,25
Kontinuerlig prøvetagning	nej	nej
Programmet løbetid	30 min	30 min
Videre løbetid	nej	nej
Antal flasker	24	24
Nyt flaskeskift	nej	nej
Skud pr. flaske	3	3
<u>Pumpecyclus</u>		
forrensning(sek)	5	5
max. Sugetid(sek)	25	25
efter rensning(sek)	2	2
Opholdstid i målekammer(sek)	7	7

## **B I L A G B**

***Analysedata***

Ledningsevne, mS/m											
Tid	Karup Renseanlæg		Mejlby renseanlæg 2006		Mejlby renseanlæg 2007		Renseanlæg Lynetten				Mølleåværket
minutter	Tilløb	Afløb	Tilløb	Afløb	Tilløb	Afløb	Tilløb A	Tilløb B	Afløb A	Afløb B	Tilløb
2	86	51	85	66	108	65,5	587	602	358	361	85,6
4	86	50	85	67	108	65,3	582	602	358	361	87,0
6	83	50	82	66	108	65,7	598	602	361	361	87,2
8	82	50	82	66	109	65,8	595	610	358	361	87,0
10	80	50	83	66	106	65,6	598	615	358	363	87,3
12	79	50	82	66	107	65,3	595	620	358	361	86,7
14	79	50	81	66	106	65,7	593	620	358	361	86,5
16	79	51	82	65	112	65,6	590	620	358	361	86,2
18	77	51	81	66	110	65,3	593	628	358	361	86,0
20	78	50	82	66	109	65,5	593	628	358	361	86,2
22	79	50	82	66	107	65,7	595	628	358	361	86,2
24	79	50	81	66	107	65,5	595	630	358	361	86,2
26	79	51	78	66	105	65,4	598	632	358	361	86,2
28	79	50	78	66	105	65,6	603	633	358	361	86,0
30	77	51	78	66	105	65,6	602	633	358	363	86,0
32	78	51	79	66	104	65,5	605	633	358	361	85,7
34	78	51	82	66	104	65,3	602	628	357	361	85,9
36	77	51	82	66	103	65,8	602	633	357	366	86,1
38	77	51	81	66	103	65,8	607	633	358	361	86,7
40	77	51	81	66	103	65,6	610	635	358	363	87,6
42	77	51	81	66	103	65,5	615	635	358	361	88,6
44	76	51	82	66	103	65,5	615	638	358	361	90,2
46	78	51	82	66	110	65,5	617	638	363	361	92,5
48	80	51	83	66	103	65,4	617	635	363	361	92,7

Total phosphor, mg/L P												
Tid	Karup Renseanlæg		Mejlby renseanlæg 2006		Mejlby renseanlæg 2007		Renseanlæg Lynetten				Mølleåværket	
minutter	Tilløb	Afløb	Tilløb	Afløb	Tilløb	Afløb	Tilløb A	Tilløb B	Afløb A	Afløb B	Tilløb	
2	8,4	0,46	2,9	0,21	7,05	0,121	3,5	3,4	0,22	0,22	4,70	
4	7,7	0,47	2,5	0,22	6,33	0,131	3,4	3,4	0,23	0,20	4,76	
6	7,5	0,47	2,8	0,24	5,79	0,125	3,3	3,9	0,22	0,20	4,73	
8	7,1	0,45	2,7	0,22	8,12	0,113	3,5	3,6	0,22	0,21	4,80	
10	7,2	0,45	2,5	0,25	6,31	0,118	3,4	3,8	0,21	0,23	5,03	
12	6,9	0,44	2,2	0,21	6,48	0,118	3,5	3,7	0,23	0,20	4,40	
14	7,3	0,46	2,2	0,22	9,86	0,121	3,3	3,5	0,23	0,20	4,46	
16	7,3	0,48	2,4	0,20	7,33	0,122	3,5	3,5	0,22	0,19	4,26	
18	6,8	0,44	2,7	0,21	7,78	0,122	3,5	3,7	0,21	0,20	4,63	
20	6,5	0,46	2,6	0,21	9,43	0,115	3,5	3,8	0,22	0,22	4,43	
22	6,7	0,44	2,5	0,21	7,91	0,120	3,4	3,7	0,23	0,20	4,23	
24	6,7	0,50	2,3	0,21	7,46	0,119	3,5	3,5	0,21	0,21	4,33	
26	6,8	0,44	2,2	0,21	8,64	0,126	3,6	3,7	0,22	0,20	5,00	
28	6,7	0,43	3,0	0,20	5,40	0,125	3,6	3,7	0,21	0,20	4,86	
30	6,6	0,45	2,4	0,24	6,24	0,124	3,6	3,6	0,21	0,22	4,90	
32	7,2	0,47	2,5	0,22	5,79	0,131	3,4	3,7	0,21	0,19	4,73	
34	7,1	0,43	3,7	0,22	5,86	0,112	3,3	3,4	0,22	0,20	4,53	
36	7,3	0,43	2,3	0,20	5,55	0,114	3,2	3,8	0,20	0,20	4,83	
38	7,7	0,41	2,7	0,26	5,40	0,126	3,0	3,9	0,20	0,20	4,53	
40	6,9	0,43	2,7	0,22	6,65	0,118	3,3	3,7	0,20	0,20	5,00	
42	7,2	0,42	4,2	0,21	5,76	0,124	4,8	3,8	0,21	0,20	4,56	
44	6,9	0,41	2,7	0,20	5,95	0,124	3,4	3,8	0,22	0,20	4,91	
46	7,5	0,41	2,8	0,23	5,47	0,118	2,8	3,6	0,21	0,20	5,00	
48	8,3	0,40	2,6	0,37	8,76	0,119	3,3	3,8	0,30	0,27	5,03	

## **B I L A G C**

***Data – usikkerhedsbidrag fra analyse***

Data til bestemmelse af analyseusikkerhed for prøver fra Mølleåværet.

Prøve	Ledningsevne mS/m	Total phosphor mg/L P
A	86,5	4,23
B	86,2	4,23
C	86,8	4,2
D	86,6	4,23
E	86,9	4,23
F	87,2	4,36
G	87,0	4,56
H	86,9	4,43
I	86,4	4,53
J	86,8	4,53
Standardafvigelse	0,302	0,147
Gennemsnit	86,7	4,4
CV, %	0,35%	3,39%