



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Statistisk optimering af moniteringsprogrammer på miljøområdet

Eksempler fra NOVA-20003

Faglig rapport fra DMU, nr. 426

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Statistisk optimering af moniteringsprogrammer på miljøområdet

Eksempler fra NOVA-20003

*Faglig rapport fra DMU, nr. 426
2002*

Søren E. Larsen

Claus Jensen

Jacob Carstensen

Datablad

Titel:	Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet	
Undertitel:	Eksempler fra NOVA-2003	
Forfattere:	Søren E. Larsen ¹ , Claus Jensen ¹ , Jacob Carstensen ²	
Afdelinger:	¹ Afdeling for Ferskvandsøkologi. ² Afdeling for Marin Økologi	
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU, nr. 426	
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet	
URL:	http://www.dmu.dk	
Udgivelsestidspunkt:	December 2002	
Faglig kommentering:	Lars M. Svendsen	
Bedes citeret:	Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. 2002: Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 196 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 426. http://faglige-rapporter.dmu.dk	
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.	
Sammenfatning:	Denne rapport omhandler statistiske metoder som er egnede til dimensionering samt optimering af overvågningsprogrammer på vandmiljøområdet. De statistiske metoder er anvendt på en række konkrete problemstillinger fra områderne vandløb, søer, det marine miljø, luftkvalitet, grundvand, landovervågning og punktkilder. Rapporten bidrager til vidensopbygningen med hensyn til udarbejdelsen af revisionen af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet som gennemføres i 2001-2003.	
Emneord:	Statistiske metoder, overvågning, optimering, VMPII, Vandrammedirektiv	
Layout: Tegninger/fotos:	Anne-Dorthe Villumsen og Hanne Kjellerup Hansen Kathe Møgelvang	
ISBN: ISSN (elektronisk):	87-7772-709-6 1600-0048	
Sideantal:	196	
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR426.pdf	
Købes hos:	Miljøbutikken Læderstræde 1-3 DK-1201 København K Tlf.: 33 95 40 00 Fax: 33 92 76 90 butik@mim.dk	Miljøbutikkens netboghandel www.mim.dk/butik

Indhold

Resumé 5

Summary 11

1 Indledning 17

2 Formål og faglige spørgsmål 19

- 2.1 Vandløb 20
- 2.2 Søer 21
- 2.3 Det marine miljø 22
- 2.4 Luftkvalitet 22
- 2.5 Grundvand 23
- 2.6 Landovervågning 23
- 2.7 Punktkilder 24
- 2.8 Alternative trendmetoder 24

3 Statistiske metoder 27

- 3.1 Statistisk optimeringsproces 27
- 3.2 Stokastiske variable, fordelinger og transformationer 28
- 3.3 Estimatorer, testteori, præcision og styrke 31
- 3.4 Tidsvægtede gennemsnit 33
- 3.5 Antal prøver for at bestemme niveauet med en ønsket præcision 33
- 3.6 Antal prøver for at detektere en ændring mellem to måleperioder 36
- 3.7 Trend 40
- 3.8 Change-point-detektion 43

4 Resultater og diskussion 47

- 4.1 Vandløb 47
- 4.2 Søer 56
- 4.3 Det marine miljø 66
- 4.4 Luftkvalitet 70
- 4.5 Grundvand 73
- 4.6 Landovervågningen 77
- 4.7 Punktkilder 79
- 4.8 Change-point detektion 80
- 4.9 Effekt af forklarende variable på styrkeberegninger 81

5 Anbefalinger 85

- 5.1 Vandløb 85
- 5.2 Søer 87
- 5.3 Det marine miljø 88
- 5.4 Luftkvalitet 89
- 5.5 Grundvand 90
- 5.6 Landovervågning 91
- 5.7 Punktkilder 91
- 5.8 Change-point detektion 92

- 5.9 Klimakorrektion 92
- 5.10 Konsekvenser ved ændring af prøvetagningsstrategi 93
- 5.11 Vandrammedirektiv 93

Referencer 95

Bilag

- Bilag 1.1 Deskriptiv statistik: vandløb 97
- Bilag 1.2 Deskriptiv statistik: søer 102
- Bilag 1.3 Deskriptiv statistik: det marine miljø 114
- Bilag 1.4 Deskriptiv statistik: grundvand 126
- Bilag 1.5 Deskriptiv statistik: landovervågningen 127
- Bilag 1.6 Deskriptiv statistik: punktkilder 128
- Bilag 2.1 Resultater: vandløb 129
- Bilag 2.2.1 Resultater: søer 134
- Bilag 2.2.2 Resultater: søer 143
- Bilag 2.2.3 Resultater: søer 152
- Bilag 2.2.4 Resultater: søer 154
- Bilag 2.3.1 Resultater: det marine miljø 162
- Bilag 2.3.2 Resultater: det marine miljø 167
- Bilag 2.3.3 Resultater: det marine miljø 172
- Bilag 2.4.1 Resultater: luftkvalitet 182
- Bilag 2.5 Resultater: punktkilder 191
- Bilag 2.6.1 Kritiske værdier for change-point detektion 192
- Bilag 2.6.2: Powerberegninger for change-point detektion, lineær regression og Kendall's τ 193
- Bilag 3 Symbolforklaring 195

Danmarks Miljøundersøgelser/National Environmental Research Institute

Tekniske rapporter fra DMU/NERI Technical reports

Resumé

På Aftaleudvalgets møde den 30. marts 2001 blev det besluttet at igangsætte et projekt vedrørende statistisk optimering af det nuværende overvågningsprogram. Projektet skulle bidrage til vidensopbygningen med hensyn til udarbejdelsen af den næste revision af miljøovervågningen, som skal gennemføres i årene 2001-2003.

Formålet med projektet har været at kortlægge og beskrive statistiske metoder, som kan anvendes ved udarbejdelse og optimering af overvågningsprogrammer samt at anvende de statistiske metoder på konkrete problemstillinger i de igangværende overvågningsprogrammer på miljøområdet. I et overvågningsprogram er det dels vigtigt at optimere prøvetagningen så der opnås størst mulig præcision dels at undgå redundant information.

Nærværende rapport indeholder formler, som kan anvendes til beregning af det nødvendige antal observationer for forskellige statistiske problemstillinger. Formler til beregning af antallet af prøver, der er nødvendige for at bestemme niveauet af en målt variabel med en ønsket præcision, er angivet for normalfordelte, lognormalfordelte og binomialfordelte data. Hvis data ikke følger én af disse fordelinger, kan bootstrapping anvendes. Ligeledes er formler til beregning af antallet af prøver, der er nødvendige for at detektere en ændring mellem to måleperioder angivet for normalfordelte, lognormalfordelte, ikke-normalfordelte og binomialfordelte data samt for fordelinger af ordnede kategoriske data. På baggrund af en lineær regressionsmodel angives formler til at beregne antallet af år der skal indsamles data for at detektere en udviklingstendens af en given størrelse. Den lineære regressionsmetode bliver også sammenlignet med andre metoder, som fx Kendall's τ og change-point-detektionsmetoden. Det konkluderes at lineær regression eller Kendall's τ er tilstrækkelig i langt de fleste situationer. Endvidere undersøges effekten af forklarende variable på styrkeberegningerne gennem eksempler og det anbefales at udvikle klimakorrektioner for udvalgte variable.

De statistiske analyser er foretaget på baggrund af fagligt relevante spørgsmål. Da der har været begrænsede ressourcer til projektet, har det ikke været muligt at dække alle variable og alle matricer i hvert medie. De behandlede variable er valgt, således at der ud fra disse kan foretages rimelige vurderinger for andre variable.

Projektet har fagligt omhandlet områderne vandløb, søer, det marine miljø, luftkvalitet, grundvand, landovervågning og punktkilder.

For alle områder er det forudsat, at de valgte stationer og sammensætningen af prøvetagningsprogrammet i tid og rum er repræsentative for overvågningen. Der er således ikke undersøgt for bias i dette projekt. Derimod antages det at samples (målinger over tid, stationer, lokaliteter, osv.) fra det empiriske materiale er repræsentative, samt at variansen mellem samples også gælder ved fremtidige prøvetagninger og at variansen ikke ændres ved at tage flere eller færre må-

linger. Det vil sige vi antager, at de anvendte empiriske data besider en generalitet med hensyn til bias og varians. Variansen på estimatoren vil dog blive mindre ved et øget antal målinger.

Til de fleste af beregningerne i rapporten er anvendt 11 års empiriske data fra overvågningsprogrammet indsamlet i årene fra 1989 til 1999. For enkelte områder er beregningerne foretaget på baggrund af kortere tidsserier.

For vandløb har de faglige spørgsmål primært drejet sig om variable: total kvælstof og total fosfor. Rapporten beskriver hvor mange stationer der skal bruges for at estimere koncentrationsniveauet i det enkelte år med en vis præcision, og hvor mange år der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens i koncentrationen af en vis størrelse. Endvidere beregnes antallet af stationer der skal indgå for at kunne estimere stoffbelastningen via vandløb til danske marine områder. For Dansk Vandløbs Fauna Indeks (DVFI) er det beregnet hvor mange stationer der skal indgå for at kunne detektere en ændring mellem to perioder af en vis størrelse.

Beregningerne for vandløbsdelen har vist, at antallet af stationer i naturlige vandløb (Type 1) er for lille, og må derfor forøges, hvis det er muligt. Man kan ekstensivere prøvetagningen for naturlige vandløb til hvert anden eller hvert 3. år. Antallet af stationer i de andre belastningstyper er passende, evt. kan man formindske antallet lidt for hver type, så man kan monitorere et større antal naturlige vandløb.

Antallet af stationer som er nødvendige for forskellige belastningstyper for at opnå den relative præcision d % af det aritmetriske gennemsnit for total kvælstof og af det geometriske gennemsnit for total fosfor. Det nuværende antal stationer er angivet i ().

	d %	Total kvælstof	Total fosfor
Type 1 (9)	20	31	61
Type 2 (62)	20	23	44
Type 3 (92)	20	22	44
Type 4 (76)	20	20	45

Relevante udviklingstendenser kan detekteres på mindre end 15 år for alle vandløbsstationer samt belastningstyper. Flere havstationer for 1. og 2. ordens kystafsnit er påkrævet. Eller bedre flytte indsatsen til estimation af belastningsmodeller til anvendelse ved beregning af stoffbelastning fra umålte oplande. Antallet af DVFI-stationer kan formindskes, hvis det harmonerer med alle formål for programmet og ekstensiveres til fx hvert 3. år.

For søer har de faglige spørgsmål drejet sig om variable: total fosfor, total kvælstof, klorofyl α samt biomassen af plante- og zooplankton. Rapporten beskriver hvor mange målinger i hver sø, der er nødvendige indenfor en sæson for at bestemme niveauet af en målt variabel med en vis præcision, og hvor mange målinger der er nødvendige for at kunne detektere en ændring af en vis størrelse mellem to sæsoner. Endvidere beregnes antallet af målear der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse.

Beregningerne for søer har vist at det nuværende antal prøver indenfor et år generelt er for lavt. Det anbefales at differentiere måleprogrammet, således at der for nogle søer foretages ugentlige prøver, mens måleprogrammet for andre søer ekstensiveres.

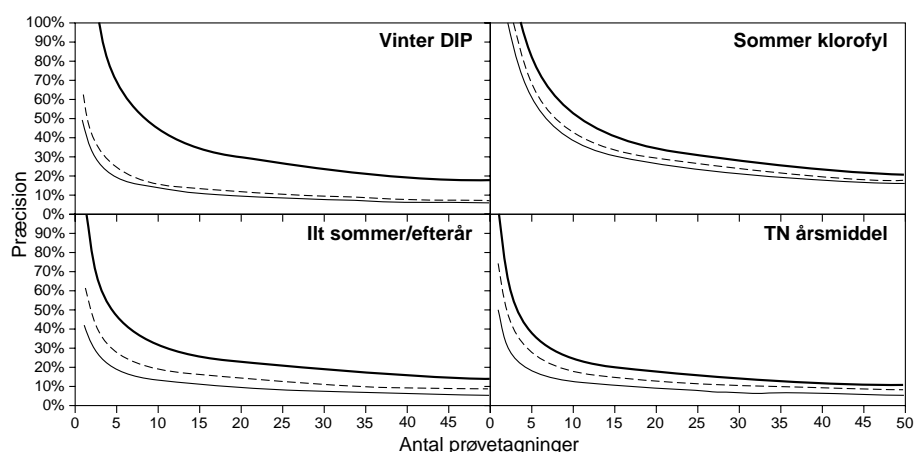
Antallet af gentagne målinger (frekvensen) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit i perioden fra 1/5 til 30/9 for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. I det nuværende overvågningsprogram er frekvensen ca. 10.

Andel af søer	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
50 %	20	12	19	>50	>50	>50	>50
	30	8	11	29	46	31	>50
75 %	20	21	30	>50	>50	>50	>50
	30	12	16	44	>50	>50	>50
Alle	20	39	>50	>50	>50	>50	>50
	30	20	32	>50	>50	>50	>50

Relevante udviklingstendenser vedrørende næringsstoffer kan detekteres indenfor en årrække på 30 år for de fleste søer, hvorimod der kræves en meget længere tidsserie for at detektere en udviklingstendens for de biologiske variable. I rapporten anbefales det at iværksætte en statistisk metodeudvikling der bl.a involverer inddragelse af forklarende variable til fx reduktion af residualspreddingen ved trendanalyse.

For det marine område har de faglige spørgsmål drejet sig om variable: fosfor, kvælstof, klorofyl, ilt, makrovegetation samt sigtddybde. Rapporten beskriver hvor mange observationer, der er nødvendige indenfor en sæson for at bestemme niveauet af en målt variabel med en vis præcision, og hvor mange observationer der er nødvendige for at kunne detektere en ændring af en vis størrelse mellem to sæsoner. Endelig er antallet af måleår der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse beregnet.

Antallet af observationer nødvendige for at opnå en given præcision for 4 udvalgte indikatorer. Linier angiver at 50 % af de undersøgte stationer opnår den afbildede præcision (nederste fuldt optrukne linie), 75 % af de undersøgte stationer opnår den afbildede præcision (stiplede linie) og alle de undersøgte stationer opnår den afbildede præcision (øverste fuldt optrukne linie).



For det marine miljø anbefales det at videreføre den valgte niveauopdelte overvågning med få højfrekvente stationer og flere lavfrekvente stationer. Der vil overordnet være behov for ca. 30 års tids-serier for at kunne påvise en udvikling i størrelsen 1-2 % om året.

Det anbefales endvidere at videreudvikle klimakorrektioner til de valgte variable for at reducere residualspredningen i data. Dette vil resultere i et lavere behov for data til de statistiske analyser. Ligeledes bør der udvikles metoder til trenddetektion, som baserer sig på data fra flere stationer og en større modelmæssig viden om data.

For luftkvalitet har de faglige spørgsmål drejet sig om variablene: ammoniak, ammonium samt våddeposition af ammonium. Rapporten beskriver hvor mange målinger, der er nødvendige for at bestemme koncentrations- og depositionsniveauet med en vis præcision, og hvor mange måleår der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse.

Den relative præcision for årsmidler af luftkvalitetsmålinger fra filterprøver ved forskellige årlige målefrekvenser.

Årlig målefrekvens	Ammonium	Ammoniak
360	5,9 - 8,6 %	6,4 – 9,6 %
90	6,7 – 9,8 %	7,4 – 10,9 %
52	8,0 – 11,7 %	8,5 – 12,8 %

Beregningerne har vist at den ønskede præcision kan opnås selvom prøvetagningsfrekvensen for filterprøver nedsættes. For våddeposition bør den nuværende frekvens bibeholdes, ligesom det anbefales at fortsætte måleprogrammet med de nuværende stationer.

For grundvand har de faglige spørgsmål primært drejet sig om nitrat i de enkelte boringers indtag. Rapporten beskriver hvor mange prøver, der er nødvendige for at bestemme niveauet med en vis præcision, og hvor mange måleår der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse.

Beregningerne har vist at måleprogrammet bør intensiveres i udvalgte GRUMO områder.

Antallet af gentagne målinger pr. år (frekvensen) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit. Frekvensen i det nuværende overvågningsprogram er angivet i () efter hvert område.

Område	d %	Nitrat
GRUMO: Bolbro (195)	20	489
	30	238
LOOP: Rabis (125)	20	>500
	30	384

Endvidere anbefales det at der udvikles og anvendes metoder der udnytter den rumlige korrelation mellem målingerne i samme område for at opnå en bedre præcision. Det anbefales også at udvikle metoder til klimakorrektion for trendanalyse af variable målt i overfladenært grundvand.

For landovervågning har de faglige spørgsmål drejet sig om udvaskning af kvælstof fra rodzonen. I rapporten beskrives hvor mange sta-

tionsmarker, der er nødvendige for at estimere den samlede udvaskning på landsplan med en vis præcision, og hvor mange måleår der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse.

Beregningerne har vist at antallet af stationsmarker skal tredobles for at opnå en præcision på 20 %. Det anbefales også at udnytte modeller med klima og landbrugspraksis for at reducere residualvariansen.

For punktkilder har de faglige spørgsmål drejet sig om variablene: total kvælstof og total fosfor. I rapporten anvises hvor mange målinger der er nødvendige for at kunne estimere det årlige koncentrationniveau med en vis præcision. Beregningerne viser at frekvensen bør forøges for at opnå en tilstrækkelig præcision, dvs. 20 %. Man skal samtidig være opmærksom på at der for visse punktkilder (fx rensningsanlæg og ferskvandsdambrug) skal gennemføres en afløbskontrol typisk med kalenderår som kontrolperiode, og derfor skal målefrekvensen også tilpasses afløbskontrollens krav til målefrekvens som er fastsat med hensyn til at opnå en vis sikkerhed i kontrollen. Ny lovgivning for ferskvandsdambrug (Bekendtgørelse om modeldambrug) foreskriver et årligt prøvetal på 26.

I rapporten er der ligeledes undersøgt effekten af at inkludere forklarende variable, fx klima. Anvendelsen af klimatiske variable som forklarende variable i trendanalysen er illustreret ved eksempler fra vandløbsovervågningen, fra det marine område samt fra landovervågningen. Eksemplerne viser at det er muligt at reducere residualspredningen betydeligt og dermed kan udviklingstendenser ses betydeligt hurtigere. Det er også muligt at ekstsivere prøvetagningen til fx hvert andet år. Det anbefales derfor at anvende klimakorrektorer i de programmer hvor det er muligt for at styrke tests for udviklingstendenser.

Rapporten slutter af med en diskussion af forholdet mellem anbefalingerne og Vandrammedirektivets krav til monitoring. Direktivet kræver blandt andet at målefrekvenser skal vælges således at et acceptabelt niveau af konfidens samt præcision kan opnås. De i denne rapport beskrevne statistiske metoder kan netop anvendes til dette.

[Tom side]

Summary

The Programme Management Board decided at a meeting held on 30 March 2001 to initiate a project on statistical optimization of the current National Programme for Monitoring the Aquatic Environment. The project was meant as a contribution to the compilation of knowledge in connection with the elaboration of the next environmental monitoring revision due to take place between 2001 and 2003.

The purpose of the project was to map and describe statistical methods suitable for elaboration and optimization of monitoring programmes and to apply the statistical methods to specific problems in the current environmental monitoring programmes. An efficient monitoring programme is characterized partly by optimized sampling procedures that ensure maximum precision and partly the omission of redundant information.

The present report contains mathematical equations designed for calculating the number of observations needed to prove various statistical hypotheses. Equations for calculating the number of samples needed to identify the level of a measured variable with a given precision are provided for normal, log-normal and bi-normal distributed data. If the data do not comply with one of these distributions, bootstrapping may be used. Equations for calculating the number of samples needed for establishing a change between two measuring periods are also indicated for normal, log-normal and bi-normal distributed data and for original categorical data. On the basis of a linear regression model, equations are provided for calculating the number of years with available data that are required to establish a given trend. The linear regression method is also compared with other methods, such as Kendall's τ and the change-point detection method. The conclusion is that linear regression or Kendall's τ are sufficient in the majority of cases. The effect of explanatory variables on power calculations is furthermore investigated by means of examples, and it is recommended to develop climate corrections for selected variables.

The statistical analyses have been performed on the basis of scientifically relevant issues. The available resources for the project have been limited and it has therefore been impossible to cover all variables and matrixes of each media. The variables have been chosen because it is possible on the basis of these to make reasonable estimates for other variables.

The project covered the areas, streams, lakes, the marine environment, air quality, groundwater, agricultural catchment monitoring and point sources.

For all areas it is assumed that the selected stations and the composition of the sampling programme in time and space are representative for the monitoring as a whole. Consequently, investigations of bias are not covered by this project. It is assumed that samples (measurements, stations, localities etc.) in the empirical data

material are representative and that the variance between samples also applies to future sampling and that the variance is not changed by increasing or decreasing the number of samples taken. We therefore assume that the empirical data possess a generality with respect to bias and variance. The variance of the estimator will, however, decrease with an increased number of measurements.

Most of the calculations in the present report are based on eleven years of empirical data collected in connection with the monitoring programme during the period 1989-1999. In a few cases, the calculations are based on shorter time series.

For streams, the scientific attention has primarily focused on the variables total nitrogen and total phosphorus. The report indicates the number of stations necessary for estimating the concentration level in each year with a given precision, and the number of years that are necessary to establish a significant trend in the concentrations. The number of stations needed for estimating nutrient loading via streams to Danish marine areas is also calculated. For the Danish Stream Fauna Index (DSFI), calculations have been made to indicate the number of stations needed for establishing a significant difference between two periods. The calculations in connection with streams indicate that the number of stations in reference streams (Type 1) should be increased, if possible, so that sampling in natural streams takes place every second or every third year. The number of stations in the other stream categories are sufficient and could possibly be reduced slightly, thereby providing the opportunity of monitoring an increased number of natural streams.

The number of stations in each stream category that are needed for calculation of the relative precision $d\%$ of the arithmetical average for total nitrogen and the geometric average for total phosphorus. The numbers in brackets indicate the current number of stations

	$d\%$	Total nitrogen	Total phosphorus
Type 1 (9)	20	31	61
Type 2 (62)	20	23	44
Type 3 (92)	20	22	44
Type 4 (76)	20	20	45

Relevant trends are detectable for a period less than 15 years for all stream stations and stream types. More marine stations in 1st and 2nd order coastal waters are required. Or, alternatively, the activities could be concentrated on the estimation of load models for calculating the nutrient load from non-measured catchments. The number of DSFI stations could be reduced if this corresponds with the other objectives of the monitoring programme and provided that sampling is performed more extensively, e.g. at 3-year intervals.

The scientific questions involving lakes have focused on the variables: total phosphorus, total nitrogen chlorophyll α and the biomass of phytoplankton and zooplankton. The report indicates how many measurements that need to be taken in each lake within one season in order to determine the level of a measured variable

with a given precision, and also how many measurements that are required to establish a significant difference between two seasons. The number of years with measurements needed for establishing a significant development trend is furthermore calculated.

The calculations indicate that the current number of annual samplings in lakes is generally too low. It is recommended that the measurement programme is differentiated so that some lakes are sampled weekly while the measurement programme for other lakes is made more extensive.

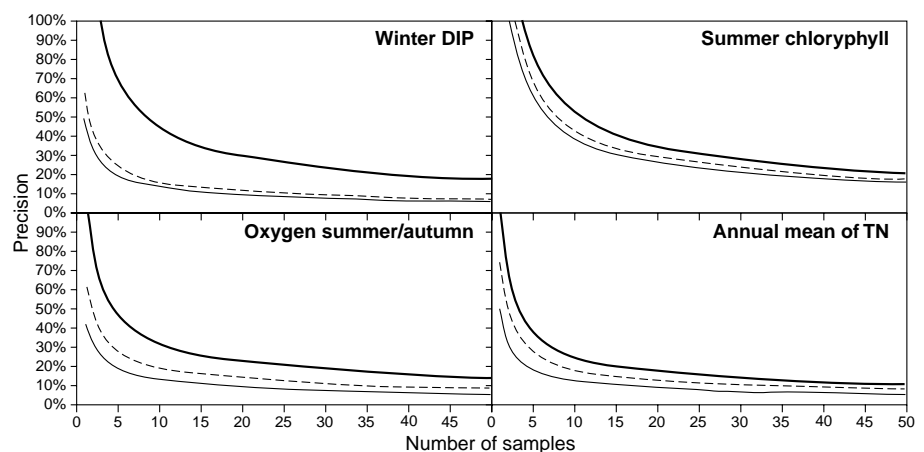
The number of repeated measurements (frequency) required for achieving the relative precision d% of the geometric average for the period 1 May-30 September for 50%, 75% and all investigated lakes, respectively. In the current monitoring programme, the frequency is 10.

Proportion of lakes	d%	Total nitrogen	Total phosphorus	Chlorophyll α	Total phytoplankton biomass	Bluegreen algae biomass	Daphnia biomass
50%	20	12	19	>50	>50	>50	>50
	30	8	11	29	46	31	>50
75%	20	21	30	>50	>50	>50	>50
	30	12	16	44	>50	>50	>50
Alle	20	39	>50	>50	>50	>50	>50
	30	20	32	>50	>50	>50	>50

In most lakes, relevant trends in the nutrient level are detectable within a period of 30 years whereas a much longer time series is required to establish a trend in the biological variables. The report recommends the implementation of statistical method development involving, for instance, explanatory variables.

The scientific questions involving marine waters have focused on the variables: phosphorus, nitrogen, chlorophyll, oxygen, macrophytes and Sechhi depth. The report indicates the number of observations required per season for determining the level of a measured variable with a given precision and the number of necessary observations for establishing with a given precision the difference between two seasons. Finally, the minimum number of years with measurements needed for establishing a significant trend has been calculated.

Number of observations needed for achieving a given precision for four selected indicators. The lines show that 50% of the investigated stations achieve the illustrated precision (bottom full-drawn line), 75% of the investigated stations achieve the illustrated precision (broken line) and all the investigated stations achieve the illustrated precision (top full drawn line).



For the marine environment, the report recommends continuation of the current monitoring programme with few high-frequency stations and many low-frequency stations. Generally, time series of approx. 30 years are required for establishing a trend of 1-2% per year. Further development of climate corrections for the selected variables is recommended in order to reduce the residual variation in the data. This will lead to a reduced need for data for the statistical analyses. There is also a need for further development of methods for trend detection based on data from several stations and greater model-based data knowledge.

For air quality, the scientific attention concentrated on the variables, ammonia, ammonium and wet deposition of ammonium. In the report it is indicated how many measurements that are needed in order to establish the concentration and deposition level with a given precision, and how many years of measurements that are required in order to establish a significant trend.

Relative precision of annual averages of air quality measurements from filter samples taken at various annual intervals

Annual number of samples	Ammonium	Ammonia
360	5.9 – 8.6%	6.4 – 9.6%
90	6.7 – 9.8 %	7.4 – 10.9 %
52	8.0 – 11.7 %	8.5 – 12.8 %

Calculations show that the required precision is obtainable even if the sampling frequency for filter samples is reduced. The current sampling frequency of wet deposition should be maintained and it is recommended to continue the monitoring programme with the current number of stations.

For groundwater, the scientific attention has focused mainly on nitrate in the inlet of the individual abstraction wells. The report indicates the number of samples required for determining the level with a given precision, and how many years of measurements that are required in order to establish a significant trend.

Calculations show that the monitoring programme ought to be intensified, especially in the GRUMO* areas.

The number of repeated measurements per year (frequency) required to achieve the relative precision d% of the geometrical average. The frequency of the current monitoring programme is indicated in () after each area.

Area	d%	Nitrate
GRUMO*: Bolbro (195)	20	489
	30	238
LOOP*: Rabis (125)	20	>500
	30	384

* Groundwater monitoring

* Agricultural monitoring programme

Development and application of methods that utilize the spatial correlation between measurements taken in the same area is

furthermore recommended in order to achieve greater precision. It is recommended to also develop methods for climate corrections in connection with trend analyses of variables measured in subsurface groundwater.

For agricultural monitoring, the scientific attention has mainly focused on nitrogen leaching from the root zone. In the report it is described how many field stations that are needed to estimate the total nitrogen leaching in Denmark with a given precision and how many years of measurement that are necessary for detecting a trend with a given precision.

Calculations indicate that the number of field stations needs to be three times higher in order to achieve 20% precision. It is recommended also to use models for climate and agricultural practices in order to reduce the residual variance.

For point sources, the scientific attention has focused on the variables: total nitrogen and total phosphorus. The report indicates how many measurements that are needed for estimating the concentration level with a given precision on a yearly basis for one wastewater treatment plant. Calculations indicate that more frequent measurements are required to establish a sufficient precision level, i.e. 20%. It must be noted that the effluent of some point sources (e.g. wastewater treatment plants and freshwater fish farms) is checked, typically with one calendar year as control period, and the frequency of the measurements must be adjusted to the measurement requirements of the effluent control. New legislation for freshwater fish farms (Statutory Order on model fish farms) prescribes 26 annual samplings.

The report furthermore investigates the effect of explanatory variables, such as e.g. climate, being included in the calculations. The application of climatical variables used as explanatory variables is illustrated by use of examples from the monitoring programmes for streams, marine waters and agricultural catchments. The examples show that it is possible to reduce residual variance considerably and thereby detect a trend earlier. It is also possible to increase sampling to e.g. every second year. It is therefore recommended to use climate corrections in the programmes where it is possible to strengthen the trend tests.

The report concludes with a discussion of the recommendations of this report as related to the monitoring requirements of the EU Water Framework Directive. According to the directive, measurements should take place with such a frequency that an acceptable level of confidence and precision level is achieved. The statistical methods described in this report could serve as a useful tool in connection with these calculations.

[Tom side]

1 Indledning

På Aftaleudvalgets møde den 30. marts 2001 blev det besluttet at igangsætte et projekt vedrørende statistisk optimering af det nuværende overvågningsprogram. Projektet skal bidrage til vidensopbygningen med hensyn til udarbejdelsen af den næste revision af miljøovervågningen, som skal gennemføres i årene 2001-2003. Nærværende rapport giver en beskrivelse af de anvendte metoder og projektets resultater.

Formålet med projektet er at kortlægge og beskrive statistiske metoder, som kan anvendes ved udarbejdelse og optimering af overvågningsprogrammer samt at anvende de statistiske metoder på konkrete problemstillinger i de igangværende overvågningsprogrammer på miljøområdet. I et overvågningsprogram er det dels vigtigt at optimere prøvetagningen så der opnås størst mulig præcision dels at undgå redundant information.

De statistiske analyser er foretaget på baggrund af fagligt relevante spørgsmål. Da der har været begrænsede ressourcer til projektet, har det ikke været muligt at dække alle variable og alle matricer i hvert medie. De behandlede variable er valgt, således at der ud fra disse kan foretages rimelige vurderinger for andre variable. **For alle medier forudsættes det at de valgte stationer og sammensætningen af prøvetagningsprogrammet i tid og rum er repræsentative for overvågningen.** Der undersøges således ikke i dette projekt for bias i det anvendte empiriske datamateriale. Begrebet bias er nærmere beskrevet i afsnit 3.3.

I kapitel 2 er de faglige spørgsmål beskrevet for hvert af de områder projektet har omhandlet. Kapitel 3 omhandler de anvendte statistiske metoder. Der er her lagt vægt på at beskrive de anvendte formler og deres matematiske forudsætninger for anvendelse. Selve udledningen af formlerne er ikke medtaget da det ikke vurderes at være nødvendigt for en korrekt anvendelse af metoderne. Rapporten belyser ikke metoder som tager højde for samvariation mellem flere variable (fx total kvælstof og nitrat) og derfor heller ikke metoder som analyserer flere variable på en gang. Rapporten indeholder kun få nye statistiske metoder, men er baseret på velkendte og traditionelle statistiske metoder. Vi anser de beskrevne statistiske metoder for at være tilstrækkelige til at kunne dimensionere den overvejende del af et monitoringsprogram. De statistiske metoder er generelle og kan danne grundlag for beregninger af andre tilsvarende problemstillinger og anvendes både ved tilrettelæggelse af nationale og regionale (fx amtslige) overvågningsprogrammer. De første fire afsnit af kapitel 3 omhandler mere grundlæggende statistiske begreber, og det anbefales at man som minimum læser disse afsnit før man går videre til de næste kapitler.

Resultatkapitlet, kapitel 4, er opdelt på hvert af de omhandlede områder og det er forsøgt at begrænse antallet af resultattabeller. Flere af resultaterne er beskrevet i tabelform i bilag 2. Datagrundlaget for resultaterne er kort beskrevet i kapitlet og den deskriptive statistik findes i bilag 1.

Rapporten slutter af med kapitel 5, hvor anbefalingerne til et statistisk optimalt prøvetagningsprogram med hensyn til de behandlede faglige spørgsmål er trukket frem. Anbefalingerne er ligeledes diskuteret i forhold til Vandrammedirektivets krav til monitoring af overfladevand.

Endelig er en symbolforklaring medtaget i bilag 3.

Forfatterne vil gerne takke medlemmerne af følgegruppen for et godt og konstruktivt samarbejde i forbindelse med udvælgelse af relevante faglige spørgsmål samt ved skrivning af denne rapport. Følgegruppen, som er blevet nedsat af Aftaleudvalget med repræsentanter fra fagdatacentre, amter og Overvågningssektionen (DMU) har bestået af:

Hans Legard Iversen, DMU, Fagdatacenter for Ferskvand,
Jens Peder Jensen, DMU, Fagdatacenter for Ferskvand,
Jesper Andersen, DMU, Det Marine Fagdatacenter,
Thomas Ellerman, DMU, Fagdatacenter for Luftkvalitet,
Pia Lassen, DMU,
Per Nyegaard, Hydrologisk Afdeling, GEUS, Fagdatacenter for Grundvand,
Benny Bruun, Storstrøms Amt,
Anne-Mette Hansen, Fyns Amt,
Jens Sund Laursen, Sønderjyllands Amt,
og Lars Moeslund Svendsen, DMU.

Desuden har forfatterne til denne rapport ligeledes haft plads i følgegruppen.

Forfatterne vil også sige tak til Anne Marie Susgaard, Ringkøbing Amt for at bidrage med empiriske data vedrørende punktkilder.

Projektet har været finansieret af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Overvågningssektionen.

2 Formål og faglige spørgsmål

Formålet med projektet er at kortlægge og beskrive statistiske metoder, som kan anvendes ved udarbejdelse og optimering af overvågningsprogrammer samt at anvende de statistiske metoder på konkrete problemstillinger i de igangværende overvågningsprogrammer på miljøområdet.

Der er lagt vægt på detaljerede beskrivelser indeholdende de formler, som kan anvendes til beregning af det nødvendige antal observationer (målefrekvens og antal lokaliteter) for forskellige statistiske problemstillinger. De statistiske metoder er anvendt på fagligt relevante spørgsmål fra forskellige områder i vandmiljøovervågningen. De behandlede faglige spørgsmål er blevet aftalt på opstartsmøder med de respektive fagdatacentre og med amtsrepræsentanter.

Ved Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987 blev der iværksat et overvågningsprogram for at følge udviklingen i de faktiske udledninger af næringsstoffer til vandmiljøet og registrere de økologiske effekter af den reducerede udledning. Overvågningsprogrammet blev iværksat den 1. oktober 1988. Programmet tilrettelægges for en aftalt årække og revideres herefter for få indbygget ny viden og eventuelt tage højde for nye foranstaltninger til opnåelse af de fastsatte målsætninger for vandmiljøet. Formålet med det nationale program for overvågning af vandmiljøet i NOVA-2003, gældende for perioden 1998-2003, er (Miljøstyrelsen, 2000):

- at foretage en vurdering af miljøtilstanden, udviklingen heri og påvirkningerne af grundvand, vandløb, søer og havet samt at opgøre størrelsen af stoftilførslerne fra forskellige kilder til grundvand, vandløb, søer og havet gennem en systematisk indsamling af data,
- at supplere det generelle tilsyn med vandmiljøet der gennemføres i amterne i henhold til miljøbeskyttelsesloven,
- at eftervise effekten af de reguleringer og investeringer, der er vedtaget i Vandmiljøplanen,
- at eftervise effekten af øvrige foranstaltninger til beskyttelse af vandmiljøet herunder de vedtagne planer for en bæredygtig udvikling i landbruget, Vandmiljøplan II samt amternes målsætninger for vandområdernes kvalitetstilstand, og
- at kunne bidrage til at skabe et beslutningsgrundlag for, om der skal iværksættes yderligere forureningsbegrænsende foranstaltninger med henblik på at nå de vedtagne målsætninger for kvaliteten af vandmiljøet.

Programmet for overvågning af vandmiljøet 1998-2003 er delt i følgende faglige delområder:

- landovervågning (påvirkninger, transporter, tab og udvikling),
- grundvand (tilstand, udvikling, påvirkninger og ressourcebalance),
- kilder og kildebække (tilstand),
- vandløb (tilstand, udvikling, påvirkninger og transporter),

- søer (tilstand, udvikling og påvirkninger),
- punktkilder (tilledninger og udledninger til vand og jord samt udvikling),
- kystnære farvande og åbent hav (tilstand, udvikling, påvirkninger og transport af vand og næringsstoffer), og
- atmosfærisk deposition (nedfald til både landområder og de marine områder).

Organiseringen og udførelsen af NOVA-2003 varetages af Aftaleudvalget, styregrupper, Amter og Fagdatacentre. Se i Miljøstyrelsen (2000) for en beskrivelse af de forskellige involverede parter ansvar og roller under NOVA-2003.

Nærværende projekt har fagligt omhandlet områderne vandløb, søer, det marine miljø, luftkvalitet (atmosfærisk deposition), grundvand, punktkilder og landbrugets tab af næringsstoffer fra rodzonen (landovervågning).

I de følgende afsnit anvendes de statistiske begreber præcision, udviklingstendens (trend) og styrke. Disse begreber er nærmere beskrevet i kapitel 3.

2.1 Vandløb

Overordnet har overvågningen af vandløb til formål (Miljøstyrelsen, 2000):

- at følge udviklingen i vandløbskvaliteten i danske vandløb,
- at følge udviklingen i vandløbenes vandføring og koncentration af organisk stof, næringsstoffer, miljøfremmede stoffer og tungmetaller,
- at opgøre vandløbenes ferskvandsafstrømning og mængden af næringsstoffer og organisk stof, der tilføres de danske farvandsområder og kystafsnit via vandløb,
- at belyse effekter af ændringer i tilledningen med kvælstof, fosfor og organisk stof,
- at belyse vandløbskvaliteten i forhold til de naturgivne og de kulturbetingede forhold, og
- at belyse effekter i mindre vandløb af ændret spildevandsafledning fra den spredte bebyggelse.

Med hensyn til overvågningsprogrammet for vandløb har de faglige spørgsmål i dette projekt drejet sig om variablene: total kvælstof, total fosfor og Dansk VandløbsFauna Indeks (DVFI).

For variablene total kvælstof og total fosfor er følgende analyseret:

1. Hvor mange stationer skal man måle på for at kunne estimere koncentrationsniveauet med en vis præcision indenfor de belastningstyper som er indeholdt i vandløbsprogrammet.
2. I hvor mange år skal man måle på en enkelt station for at kunne detektere en udviklingstendens i koncentrationsniveauet af en vis størrelse med en styrke på mindst 80 %. Disse beregninger er udført for et stort antal forskellige stationer. Stationerne er forskellige

- med hensyn til geografisk placering, jordbundsforhold, dyrkningsgrad i oplandet samt belastning fra punktkilder.
3. Det nødvendige antal måleår samt antal målestationer for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse i koncentrationsniveauet og med en vis styrke for grupper af vandløb, fx belastningstyper.
 4. Hvor mange stationer skal man måle på for at kunne estimere stoftilførelsen via vandløb nationalt samt til de enkelte 1. ordens samt 2. ordens kystafsnit med en vis præcision. Analysen er udført for et udsnit af de 49 2. ordens kystafsnit. Udvalgelse af de relevante 2. ordens afsnit er sket efter jordtype.

Det sidste spørgsmål har omhandlet det biologiske index: Dansk VandløbsFauna Indeks (DVFI).

5. Hvor mange stationer skal man bestemme DVFI på for at kunne detektere en ændring af en vis størrelse i fordelingen af DVFI værdier mellem to år.

2.2 Søer

Det overordnede formål med søovervågningen er (Miljøstyrelsen, 2000):

- at belyse tilstand og udviklingen i økologiske forhold i de danske søer,
- at opgøre udvalgte søers tilførsel af næringsstoffer,
- at belyse forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i udvalgte søer, og
- at belyse effekterne af ændringer i tilledninger i søernes økologiske tilstand.

Med hensyn til overvågningsprogrammet for søer har de faglige spørgsmål i projektet drejet sig om variablene: total fosfor, total kvælstof, klorofyl α , total planteplankton-biomassen, blågrønalg-biomassen og dafnier-biomassen.

For disse variable er følgende analyseret:

1. Hvor mange observationer der er nødvendige indenfor en sæson i en sø for at bestemme niveauet af en målt variabel med en vis præcision.
2. Hvor mange observationer i hver enkelt sø er nødvendige indenfor en sæson for at kunne detektere en ændring i forhold til den foregående sæson med en styrke på mindst 80 %.
3. Det nødvendige antal måleår for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse over den målte periode med en styrke på mindst 80 %.

2.3 Det marine miljø

Formålet med den marine overvågning i NOVA-2003 er (Miljøstyrelsen, 2000):

- at følge udviklingen i de fysiske forhold herunder hydrografiske forhold og iltsvind,
- at følge udviklingen i forekomst og koncentration af næringsstoffer i vandfase og sediment,
- at følge udviklingen i de biologiske forhold,
- at opgøre vand og næringsstoftransport i de danske farvande,
- at opgøre forekomst og koncentration i vandfase, sediment og biota af miljøfremmede stoffer og tungmetaller, og
- at vurdere de biologiske effekter af udvalgte miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Med hensyn til overvågningsprogrammet for det marine har de faglige spørgsmål i projektet drejet sig om variablene: total kvælstof, total fosfor, opløst uorganisk kvælstof (DIN), opløst uorganisk fosfor (DIP), klorofyl, ilt, makrovegetation og sigtdybde. For disse variable er følgende analyseret på 18 udvalgte stationer, som repræsenterer fjorde, kyster og åbne farvande:

1. Hvor mange observationer der er nødvendige indenfor en sæson for at bestemme niveauet af en målt variabel med en vis præcision.
2. Hvor mange observationer er nødvendige indenfor en sæson for at kunne detektere en ændring i forhold til den foregående sæson med en styrke på mindst 80 %.
3. Det nødvendige antal måleår for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse over den målte periode med en styrke på mindst 80 %.

2.4 Luftkvalitet

Overordnet skal overvågningen af depositionerne fra atmosfæren (Miljøstyrelsen, 2000):

- dokumentere udviklingstendenser og virkninger af danske og europæiske foranstaltninger til begrænsning af luftforurening og dermed atmosfærisk deposition over danske vandområder,
- skaffe og formidle viden om luftkvalitet og deposition over danske vandområder, og
- bestemme den årlige deposition af forureningskomponenter til de danske vandområder.

Med hensyn til overvågningsprogrammet for luftkvalitet har projektets faglige spørgsmål drejet sig om variablene: ammoniak, ammonium samt våddepositionen af ammonium.

For disse variable er følgende analyseret:

1. Hvor mange målinger er nødvendige for at koncentrations- og depositionsniveauet kan bestemmes med en vis præcision for både måneds- og årsværdier på de enkelte stationer.
2. Det nødvendige antal måleår for at en udvikling i middelniveauet for årskoncentrationer og depositioner af en vis størrelse kan detekteres med en styrke på mindst 80 %.

2.5 Grundvand

Grundvandsovervågningen har det overordnede formål at belyse (Miljøstyrelsen 2000):

- tilstand og udvikling i grundvandets tilstandsparametre og i grundvandets indhold af salte, tungmetaller og uorganiske sporstoffer, miljøfremmede stoffer som pesticider og andre organiske stoffer, naturlige såvel som forureningsskabte i forskellige typer grundvandsmagasiner,
- udviklingen i grundvandskvaliteten, fra de overfladenære til de dybere magasiner, dels med tiden og dels som funktion af menneskeskabte indgreb i form af forurening og vandindvinding, og
- tilstand og udvikling i grundvandsressourcens størrelse, blandt andet set i lyset af vandindvindingen.

Med hensyn til overvågningsprogrammet for grundvand har de faglige spørgsmål i dette projekt drejet sig om variablene: nitrat og udvalgte pesticider i en del af de enkelte grundvandsboringers indtag.

For disse variable er følgende analyseret:

1. Hvor mange prøver der er nødvendige for at bestemme niveauet af en målt variabel med en vis præcision.
2. Det nødvendige antal måleår for at detektere en udviklingstendens af en vis størrelse med en styrke på mindst 80 %.

2.6 Landovervågning

Formålet med landovervågningen er overordnet at belyse (Miljøstyrelsen, 2000):

- udviklingen i landbrugets bidrag til vandforureningen,
- sammenhænge mellem driftsforhold i landbruget og tabet af stoffer til omgivelserne,
- reduktionen af mængden af næringsstoffer i vandet fra det forlader rodzonen, til det når ud i vandløbene.
- udviklingen i det overfladenære grundvands indhold af næringsstoffer, pesticider og nedbrydningsprodukter,
- udviklingen i landbrugets anvendelse af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer, og
- størrelsen af og udviklingen i landbrugets markbidrag.

Med hensyn til programmet for landovervågningen har de faglige spørgsmål i dette projekt drejet sig om udvaskning af kvælstof fra rodzonen.

For denne variabel er følgende analyseret:

1. Hvor mange stationsmarker (udvaskningsmålinger fra sugeceller) skal man måle på for at opnå et estimat med en vis præcision for den samlede udvaskning på landsplan i et enkelt år.
2. I hvor mange år og på hvor mange stationsmarker skal man måle før man finder, at en reduktion af en given størrelse er statistisk signifikant med en styrke på mindst 80 %.

2.7 Punktkilder

Det overordnede formål med overvågningsprogrammet for punktkilder er:

- gennem prøvetagning på udledninger fra kommunale spildevandsanlæg, regnbetingede udløb og industrikilder at gøre det muligt at følge effekterne af reduktionsprogrammerne for kvælstof, fosfor, organisk stof, tungmetaller og miljøfremmede stoffer,
- at udarbejde en opgørelse af udledningen af husspildevand uden for kloakopland,
- at opgøre belastning med organisk stof, næringsstoffer, relevante tungmetaller og miljøfremmede stoffer fra ferskvandsdambrug og fra saltvandsbaseret fiskeopdræt,
- at beregne belastningsbidraget til vandløb, søer og havet fra punktkilder, og
- at danne grundlag for opgørelse af afstrømningsbidraget fra diffuse kilder.

Med hensyn til overvågningsprogrammet for punktkilder har de faglige spørgsmål i dette projekt drejet sig om variablene: total kvælstof samt total fosfor.

For disse variable er følgende analyseret:

1. Hvor mange prøver skal man tage for at kunne estimere koncentrationsniveauet med en vis præcision for et enkelt år og for et enkelt rensningsanlæg.

2.8 Alternative trendmetoder

Der er med baggrund i marine data undersøgt 1) en alternativ metode til trenddetektion og for data fra det marine miljø, vandløb og landovervågningen 2) effekten af at inddrage klimatiske variable i trendanalysen. Disse analyser er belyst ved simple eksempler, som illustrerer anvendeligheden af metoderne.

1. Dette drejer sig om change-point detektionsmetoder, som er blevet vurderet i forhold til eksisterende trenddetektionsmetoder som Kendall's τ og lineær regression. Styrken af denne metode sam-

menholdt med Kendall's τ og lineær regression er analyseret for data med en sammensat trend.

2. Påvirkningen fra klimatiske forhold resulterer ofte i en stor variation i den variabel, som ønskes belyst for tidlig udvikling. Der er derfor blevet undersøgt metoder til at kompensere for den klimatiske variation, hvilket vil reducere residualvariationen og dermed øge styrken i de valgte test.

[Tom side]

3 Statistiske metoder

3.1 Statistisk optimeringsproces

Den statistiske optimeringsproces har bestået af følgende trin:

1. Formål og målsætning:
Et væsentligt formål med en overvågning er at undersøge om miljømålsætninger er opfyldte. For de faglige problemstillinger der behandles i denne rapport er de variable der kan belyse de faglige emner identificeret, og den tilstand der ønskes opnået er fastlagt via operationelle krav. Dette er beskrevet under de faglige spørgsmål i kapitel 2.
2. Opstilling af statistisk model og hypoteser:
De estimatorer (middelværdi, andel, trend, m.m) der skal anvendes for at få belyst de formulerede formål og målsætninger er beskrevet og der er opstillet statistiske modeller med tilhørende hypoteser i form af en nulhypotese (fx ingen udvikling) og en alternativ hypotese (fx et fald på 5 % pr. år). Da styrkeberegninger for design af et overvågningsprogram hænger meget tæt sammen med de valgte metoder til statistisk analyse af data, er den statistiske analyse der skal anvendes for at teste de opstillede hypoteser fastlagt. Dette er beskrevet i afsnit 3.5-3.8 for et stort antal af forskellige metoder samt for forskellige statistiske datafordelinger. Den ønskede relative præcision omkring et estimeret niveau betegnes d , og beregningerne er udført for forskellige værdier af d mellem 5 % og 50 %. Beregninger vedrørende en trend på d er udført for $d=1, 2, 3, 4$ og 5 % pr. år.
3. Fastlæggelse af fejlniveau:
Niveauerne for de to fejltyper ved statistiske hypotesetest er fastlagt: signifikansniveauet (sandsynligheden for at forkaste nulhypotesen, når den er sand) er fastsat til $\alpha=5\%$ og styrken (sandsynligheden for at forkaste nulhypotesen, når den er falsk) er fastsat til $1-\beta=80\%$. Det skal understreges at udledningen af de efterfølgende formler for prøveantal ikke afhænger af de valgte niveauer for α og β , men derimod er formlerne generelle og kan anvendes for andre valg af α og β . Alle de opstillede formler benytter et to-sidet test, men de kan også anvendes ved én-sidet tests blot ved at benytte 95 % fraktilen fremfor 97,5 % fraktilen i de pågældende fordelinger. Man anvender to-sidet tests når afvigelser fra nulhypotesen i begge retninger er væsentlige. Ved man derimod med sikkerhed, at en eventuel udviklingstendens er negativ, så kan man med fordel anvende en en-sidet test. Dette vil give en lidt mindre stikprøvestørrelse.
4. Beregning af statistisk optimalt program:
På baggrund af de opstillede statistiske modeller og hypoteser er det nødvendige antal af prøvetagninger, som opfylder kravene til statistisk styrke beregnet. Resultaterne af disse beregninger er beskrevet i kapitel 4.

Ovenstående optimeringsprocess er generel og kan anvendes til systematisk og statistisk optimering af målefrekvenser og antal lokaliteter i ethvert måleprogram (forskning eller overvågning). Processen er af natur iterativ, idet man kan/skal behandle de enkelte trin flere gange indtil man har et måleprogram som passer ind i de økonomiske rammer og stadigvæk har fornuftige statistiske egenskaber.

Før vi går igang med at beskrive de statistiske metoder vil vi først omtale og definere de statistiske begreber, som anvendes under metodebeskrivelserne. Vi henviser til følgende bøger om statistiske begreber og metoder, som især anvendes i biologi og miljø: Gilbert (1987), Helsel og Hirsch (1992), Snedecor og Cochran (1989), Sokal og Rolfe (1981) samt Zar (1996).

3.2 Stokastiske variable, fordelinger og transformationer

For den stokastiske variable Y vil vi betegne middelværdien eller den matematiske forventningsværdi med $E[Y]$ og variansen eller det andet centrale moment $V[Y]$. Middelværdien er et mål for en fordelings placering og variansen er et mål for den gennemsnitlige afvigelse fra middelværdien.

Lad nu Y_1 og Y_2 betegne to stokastiske variable. Summen af Y_1+Y_2 vil da være givet ved følgende middelværdi og varians

$$\begin{aligned} E[Y_1+Y_2] &= E[Y_1]+E[Y_2] \\ V[Y_1+Y_2] &= V[Y_1]+V[Y_2]+2 \cdot Cov[Y_1, Y_2] \end{aligned}$$

hvor $Cov[Y_1, Y_2]$ er kovariansen mellem Y_1 og Y_2 , som er lig nul hvis Y_1 og Y_2 er uafhængige. Dette kan generaliseres til summen af n stokastiske variable

$$\begin{aligned} E[Y_1+Y_2+\dots+Y_n] &= E[Y_1]+E[Y_2]+\dots+E[Y_n] \\ V[Y_1+Y_2+\dots+Y_n] &= V[Y_1]+V[Y_2]+\dots+V[Y_n]+ \sum_{\substack{i,j=1 \\ i>j}}^n 2 \cdot Cov[Y_i, Y_j] \end{aligned}$$

hvor det sidste led er nul, hvis de stokastiske variable er indbyrdes uafhængige. Såfremt de stokastiske variable er en stationær proces med ækvidistante observationer i tid og autokorrelationen i data kan beskrives ved en første ordens proces, da er

$$Cov[Y_i, Y_j] = V[Y] \cdot \rho^{|j-i|},$$

hvor $V[Y]$ er variansen og ρ er korrelationen til lag 1, dvs. korrelationen mellem to efterfølgende observationer ($|j-i|=1$). Dette betyder, at variansen på summen af en tidsserie er større, når der er en positiv autokorrelation mellem observationer. Ved division med antallet af observationer, n , fås tilsvarende resultat for gennemsnittet af en tidsserie. Derfor stiger variansen på gennemsnittet af målingerne i et overvågningsprogram med autokorrelationen (positiv autokorrelation). Konsekvensen af dette er, at informationsforøgelsen er faldende ved hyppigere prøvetagningsfrekvens (oversampling). Hvis man

derimod reducerer prøvetagningsfrekvensen til det halve bliver korrelationen mellem to efterfølgende observationer lig ρ^2 . Hvis korrelationen mellem daglige målinger er 0,5, så vil korrelationen mellem målinger hver anden dag være 0,25. Der vil ligeledes være en korrelation mellem to eller flere forskellige variable (fx total kvælstof og nitrat). Dette betyder at informationen ved sådanne variable ikke øges med antallet af variable, men med en mindre faktor. Denne problemstilling belyses ikke nærmere i denne rapport i det de statistiske metoder udelukkende belyser observationer på en variabel.

Den stokastiske variabel Y beskrives ofte ved en teoretisk fordeling (parametrisk fordeling). I denne rapport vil vi beskæftige os med følgende fordelinger: Normalfordelingen, Lognormalfordelingen og Binomialfordelingen.

Normalfordelingen benyttes til at beskrive stokastiske variable med et kontinuert udfaldsrum i intervallet $]-\infty; \infty[$. Fordelingen er klokkeformet og karakteriseret ved to parametre: middelværdien μ og variansen σ^2 . For normalfordelte observationer estimeres middelværdien ved gennemsnittet og variansen ved kvadratet på standardafvigelsen. For store stikprøvestørrelser ($n > 30$) fra stokastiske variable der ikke følger en Normalfordeling vil summen af disse stokastiske variable også kunne tilnærmes med Normalfordelingen (den centrale grænseværdisætning).

Lognormalfordelingen benyttes til at beskrive stokastiske variable med et kontinuert udfaldsrum i intervallet $]0; \infty[$. Fordelingen er karakteristisk højreskæv, idet der er en tendens til at observationerne spreder sig mere i den øvre ende af fordelingen. Ved at transformere observationerne med den naturlige logaritme fås normalfordelte observationer. Lognormalfordelingen er karakteriseret ved parametrene ν og δ^2 , som er middelværdi og varians for de log-transformerede observationer. Tilbagetransformeres estimatet for middelværdien fås det geometriske gennemsnit for de utransformerede observationer. Middelværdi og varians for de utransformerede observationer fås ved følgende formler:

$$E[Y] = e^{\nu + \frac{\delta^2}{2}},$$

$$V[Y] = e^{2\nu + \delta^2} (e^{\delta^2} - 1).$$

Binomialfordelingen benyttes til at beskrive stokastiske variable med et diskret udfaldsrum i intervallet $[0; n]$, hvor n er en antalsparameter. Udover antalsparameteren n er Binomialfordelingen karakteriseret ved en sandsynlighedsparameter p , som angiver sandsynligheden for et positivt udfald i hvert af de n forsøg. Middelværdien for Y er $n \cdot p$ og variansen er $n \cdot p \cdot (1-p)$. Da antalsparameteren er en fastlagt størrelse, ses det at middelværdi og varians er bestemt ud fra parameteren p . Modeller for binomiale observationer indeholder ofte en overspredningsparameter, som angiver, at data er mere spredte end beskrevet ud fra den teoretiske Binomialfordeling.

Inden den statistiske analyse bør det overvejes, om data skal transformeres. Vi vil hovedsageligt fokusere på log-transformationen, $X = \log_e(Y)$, hvor \log_e betegner den naturlige logaritme. Der er 3 vigtige grunde til at log-transformere data:

1. *Opnå varianshomogenitet.* Hvis variansen vokser med middelværdien i data, således at der er lille varians i data med en lille middelværdi og stor varians i data med en stor middelværdi, vil en log-transformation homogenisere variansen i data.
2. *Opnå simpel modelbeskrivelse.* Ved log-transformation vil man typisk ændre en model for eksponentiel vækst/fald til en lineær model, og en model med multiplikative effekter vil blive transformeret til en additiv model. For trendanalyser med lineær regression på log-transformerede data har det den konsekvens, at udviklingen i de originale data beskrives ved en eksponential stigning/fald.
3. *Normalisering af data.* Hvis de originale data kan beskrives ved en Lognormalfordeling, vil de log-transformerede data kunne beskrives ved en Normalfordeling.

En log-transformation af data har den umiddelbare konsekvens i forhold til de originale data, at der lægges mindre vægt på de store observationer og mere vægt på de små observationer.

En del data især fra marine undersøgelser har et begrænset udfaldsrum mellem $]0;1[$, dette gælder fx dækningsgrader af bundvegetation. For sådanne data benyttes den logistiske transformation

$$x = \log_e\left(\frac{y}{1-y}\right).$$

Transformationen giver relativt større vægt til observationer omkring 0 og 1 end til observationer omkring 0,5. Endvidere benyttes denne transformation som link-funktion i logistiske regressioner. Har man dækningsgrader der svarer til 0 eller 100 % kan man for færre end 50 observationer anvende

$$y = \frac{1}{4n},$$

for dækningsgrader på 0 % og

$$y = \frac{n-1/4}{n},$$

for dækningsgrader på 100 % (svarer til $y=1$).

En anden transformation kan ligeledes benyttes til data i intervallet $]0;1[$ og det ved arc sinus transformationen defineret ved

$$x = \arcsin(\sqrt{y}).$$

Den logistiske transformation har dog betydelig bedre egenskaber ved tilbagetransformation til originalskala end arc sinus transformationen. To forskellige værdier kan blive tilbagetransformeret i den samme værdi ved anvendelse af arc sinus transformationen, fordi de

transformerede værdier er vinkler. For dækningsgrader lig 0 % eller 100 % anvendes ovenstående omskrivninger af data.

3.3 Estimatorer, testteori, præcision og styrke

I beskrivelsen af den statistiske optimeringsproces i afsnit 3.1 optrådte der en række begreber, så som estimator, præcision, hypoteser, signifikansniveau samt styrke. Disse begreber bliver nu nærmere beskrevet.

Som nævnt i foregående afsnit indeholder de forskellige statistiske fordelinger parametre. En estimator er en præcis numerisk regel, som angiver hvordan et estimat for en specifik parameter skal beregnes ud fra en række observerede data. Dermed er et estimat den numeriske værdi man får ved at anvende reglen. Parametre behøver ikke at være middelværdi eller varians, men kan fx også være en trend. De mest anvendte metoder til estimation er mindste kvadraters metoden og maximum likelihood metoden.

Kvaliteten af en estimator bestemmes bl.a. ved bias (centralitet), kvadreret middelfejl og varians. Bias er defineret som

$$Bias(\text{estimator}) = E(\text{estimator}) - \text{sand værdi for parameter}.$$

En estimator med bias = 0 siges at være unbiased (central). Det vil sige at estimatoren i gennemsnit rammer den rigtige værdi.

Kvadreret middelfejl defineres som

$$SE(\text{estimator}) = E(\text{estimator} - \text{sand værdi for parameter})^2,$$

og variansen er defineret som

$$Var(\text{estimator}) = E(\text{estimator} - E(\text{estimator}))^2.$$

Dermed er

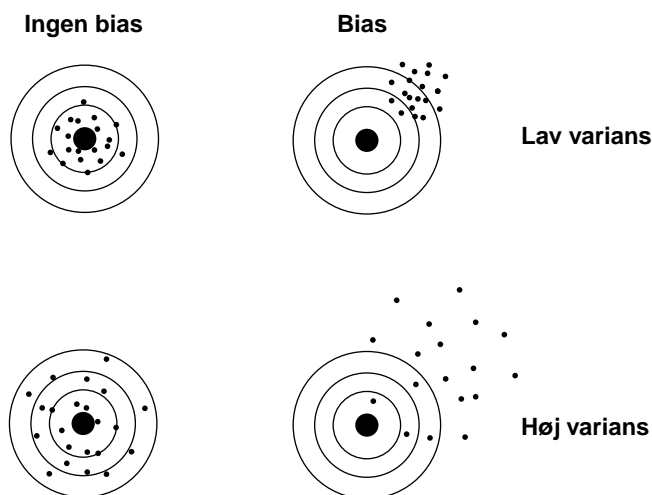
$$SE(\text{estimator}) = \sqrt{Var(\text{estimator}) + (Bias(\text{estimator}))^2},$$

og den kvadrerede middelfejl betegner akkuratheden af estimatoren. Den intuitive forklaring på kvalitetsbegreberne er illustreret i figur 3.1.

En estimator med en lav kvadreret middelfejl er at foretrække. Bias kan ikke beregnes ud fra en række observerede data og forsvinder ikke ved at øge samplestørrelsen.

Som nævnt i indledningen omhandler beregningerne i denne rapport ikke bias, dvs. repræsentativiteten af samples. Derimod antages det at samples (stationer, målinger over tid, lokaliteter, osv.) fra det empiriske materiale er repræsentative, samt at variansen mellem samples også gælder ved fremtidige prøvetagninger og at denne varians ikke ændres ved at tage flere eller færre målinger men forbliver den samme. **Det vil sige vi antager, at de anvendte empiriske data besider en generalitet med hensyn til bias og varians.** Variansen på estimatoren vil dog blive mindre ved et øget antal målinger.

Figur 3.1 Illustration af betydningen af en estimators kvalitet.



Et begreb som heller ikke behandles i denne rapport er analyseusikkerhed, dvs. usikkerheden som stammer fra analysen af prøven i laboratoriet. Det primære mål for usikkerheden i denne rapport er spredningen på samples, som vil indeholde analyseusikkerhed samt diverse andre varianskomponenter (prøvetagning, sæson, geografi, osv.).

Statistiske hypoteser opstilles for at kaste lys over forskellige faglige problemstillinger ved anvendelse af observerede data. Statistiske modeller opstilles for data og modellerne søges simplificeret ved at opstille en hypotese om at en bestemt parameter (fx trend) i modellen er nul. Dette er nulhypotesen. Den alternative hypotese siger enten at parameteren er forskellig fra nul (to-sidet test) eller større eller mindre end nul (en-sidet test). Hvis de observerede data understøtter nulhypotesen ved en test så accepteres hypotesen og modellen kan gøres mere simpel. Hypotesetest udføres ved at beregne den numeriske værdi af en teststørrelse, som er en numerisk regel ligesom en estimator. Værdien af teststørrelsen beregnes på baggrund af data og vurderes i en statistisk fordeling, som gælder hvis nulhypotesen er korrekt. Nulhypotesen accepteres hvis værdien ligger pænt centralt i fordelingen og omvendt forkastes den hvis værdien er ekstrem i fordelingen. Der er en vis risiko for at forkaste en nulhypotese som i virkeligheden er korrekt. Dette omtales som type I fejlen og betegnes ved α (se først i dette kapitel). Type I fejlen betegnes også som testens signifikansniveau. Tilsvarende er der en type II fejl som betegner sandsynligheden for at acceptere en nulhypotese som i virkeligheden er ukorrekt og denne sandsynlighed betegnes ved β . Testens styrke eller power er $1-\beta$. Power er normalt ikke kendt når testen af nulhypotesen foretages. Beregning af power er dog særdeles relevant for design (antal målinger) samt evaluering af monitoringsprogrammer, og det er hvad denne rapport omhandler. Hvis power benyttes til beregning af det nødvendige antal målinger, så skal man kende spredningen i data (evt. fra pilotforsøg eller tidligere empiriske data). For at beregne power skal man endvidere formulere en nulhypotese og bestemme den mindste afvigelse (D) fra nulhypotesen som skal erklæres for signifikant. Størrelsen D omtales i denne rapport som præcisionen og betegner dermed afstanden mellem estimatet og den øvre/nedre grænse i et 95 % konfidensinterval for estimatet. Den relative præcision d betegner denne afstand i procent af estimatet.

Udtrykt har man

$$\begin{aligned} 95\% - \text{konfidensinterval for } x &= [x - D; x + D] \\ &= \left[x - \frac{x \cdot d}{100}; x + \frac{x \cdot d}{100} \right]. \end{aligned}$$

Hvis antallet af målinger er givet kan man omvendt beregne, hvor store ændringer man kan detektere ved en statistiske test, dvs. man kan beregne D . Værdierne d og D anvendes også til at beskrive udviklingstendenser. Se i afsnit 3.7.3 for en beskrivelse af betydningen af d og D i denne situation.

3.4 Tidsvægtede gennemsnit

I denne rapport benyttes begrebet tidsvægtede gennemsnit ved besvarelsen af nogle af de faglige spørgsmål. Dette begreb benyttes især ved beregning af årgennemsnit af målinger pr. station, idet en prøvetagningsstrategi med flere målinger i vintermånederne end i sommermånederne vil give det almindelige gennemsnit en bias mod vinterværdier, og dermed ikke afspejle det med hensyn til tiden gennemsnitlige niveau. Det tidsvægtede gennemsnit beregnes på følgende vis. Antag at N målinger er foretaget i en periode med M døgn. Lad y_i betegne målingen til tid t_i i perioden med $(1 \leq t_i \leq M)$ og $i = 1, 2, \dots, N$. Beregn for $i = 1, 2, \dots, N - 1$

$$y_j = \frac{y_i \cdot (t_{i+1} - j) + y_{i+1} \cdot (j - t_i)}{t_{i+1} - t_i}, \text{ for } t_i < j < t_{i+1}.$$

y_j angiver således de lineært interpolerede værdier for døgn mellem t_i og t_{i+1} . For $1 \leq j \leq t_1$ sættes

$$y_j = y_1,$$

og for $t_N \leq j \leq M$ sættes

$$y_j = y_N.$$

Nu kan det tidsvægtede gennemsnit defineres som

$$\bar{y}_t = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M y_j.$$

Matematisk set er det tidsvægtede gennemsnit et aritmetrisk gennemsnit af alle døgnværdier, beregnet ved lineær interpolation, i perioden med M døgn.

3.5 Antal prøver for at bestemme niveauet med en ønsket præcision

Niveauet af en målt variabel i en given periode estimeres som regel ved gennemsnittet. Herved tages der ikke højde for sæsondynamikken og usikkerheden overestimeres, dvs. variansen mellem samples kan gøres mindre ved at inddrage sæson. Dog kræver en estimation

af sæsondynamikken en vis tæthed i observationsserien. Alternativt til et gennemsnit kan anvendes et tidsvægtet gennemsnit (se afsnit 3.4), men for et tilnærmelsesvist tidsækvidistant måleprogram giver anvendelse af denne metode ingen nævneværdig forskel i estimationen af niveauet. For nemheds skyld anvendes derfor det aritmetriske og/eller det geometriske gennemsnit til angivelse af niveauet. I dette afsnit angiver n frekvensen af målinger i en given periode på den samme lokalitet, og det forudsættes at de n målinger er fordelt jævnt ud over perioden. n kunne også være et antal målestationer hvis man skal estimere et niveau for en region eller gruppe af lokaliteter. I denne anvendelse er n således et antal vandløbs- eller søstationer eller forskellige lokaliteter i en sø eller i et marint område som er målt en gang.

3.5.1 Normalfordelte data

Lad y_i betegne den i 'te måling ($i=1, \dots, n$) i en given periode. Hvis målingerne kan antages at stamme fra en Normalfordeling, $N(\mu, \sigma^2)$, da er et 95 % konfidensinterval omkring gennemsnittet givet ved

$$\bar{y} \pm t_{n-1, 0.975} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

hvor \bar{y} betegner gennemsnittet af de n målinger, $t_{n-1, 0.975}$ er 97,5 % fraktilen i en t -fordeling med $n-1$ frihedsgrader og s er den estimerede spredning. Hvis D er den mindste afstand der betragtes som signifikant (den ønskede præcision), da er

$$D \geq t_{n-1, 0.975} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

eller

$$(1) \quad n \geq \left\{ t_{n-1, 0.975} \cdot \frac{s}{D} \right\}^2$$

Bemærk, højresiden i (1) afhænger også af n , således at n skal findes iterativt.

I tilfældet med uafhængige observationer estimeres usikkerheden på gennemsnittet ved $\frac{s}{\sqrt{n}}$ hvor $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$. I tilfældet med fx

positivt autokorrelerede observationer er usikkerheden på gennemsnittet større. En af de mest simple og mest anvendte former for korrelationsstruktur er den autoregressive af orden 1, AR(1) (se afsnit 3.2), og i dette tilfælde estimeres usikkerheden på gennemsnittet ved

$$\frac{s}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\left\{ 1 + 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\} \left\{ 1 - \frac{1}{n} \right\} - 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\}^2 \left\{ -r^{n-1} \right\} / n \right\}}$$

hvor r er et estimat for lag1-korrelationen (Cressie, 1991 og afsnit 3.2). Formlen (1) ændres således til

$$(2) \quad n \geq \left\{ t_{n-1,0.975} \cdot \frac{s}{D} \sqrt{\left[1 + 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\} \left\{ 1 - \frac{1}{n} \right\} - 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\}^2 \left\{ -r^{n-1} \right\} / n \right]} \right\}^2$$

Bemærk, højresiden i (2) også afhænger af n , således at n skal findes iterativt.

Formlerne (1) og (2) kan også bruges ved data der ikke er Normalfordelte, dog kræves at n er stor (helst over 30) og $t_{n-1,0.975}$ erstattes af 1,96, der er 97,5 % fraktilen i Normalfordelingen.

Hvis målingerne følger en højreskæv fordeling eller hvis den absolute usikkerhed på store målinger er større, betragtes i stedet de logaritme-transformerede målinger $x_i = \log_e(y_i)$, hvor \log_e betegner den naturlige logaritme. Da beregnes først et konfidensinterval omkring de logaritme-transformerede målinger og derefter tilbagetransformeres til den oprindelige måleenhed ved anvendelse af exponentialfunktionen. Herved transformeres tilbage til et konfidensinterval for det geometriske gennemsnit $\bar{y}_G = \exp(\bar{x})$. Den øvre grænse i konfidensintervallet er givet ved $\bar{y}_G \cdot (1+d)$ hvor d er den relative præcision, hvormed det geometriske gennemsnit ønskes bestemt, og antallet af prøver der er nødvendige kan nu findes til

$$(3) \quad n \geq \left\{ t_{n-1,0.975} \cdot \frac{s}{\log_e(1+d)} \right\}^2$$

i tilfældet med uafhængige observationer. I tilfældet med autokorrelerede observationer kan antallet af prøver der er nødvendige for at opnå den ønskede præcision findes ved hjælp af

$$(4) \quad n \geq \left\{ t_{n-1,0.975} \cdot \frac{s}{\log_e(1+d)} \sqrt{\left[1 + 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\} \left\{ 1 - \frac{1}{n} \right\} - 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\}^2 \left\{ -r^{n-1} \right\} / n \right]} \right\}^2$$

hvor s er den estimerede spredning og r er et estimat for lag1-korrelationen på **de transformerede målinger**. d skal angives som decimaltal, således at ønskes en relativ præcision givet ved fx 20 % af det geometriske gennemsnit, da er $d=0,20$.

3.5.2 Ikke-normalfordelte data

Lad igen y_i betegne den i 'te måling ($i=1, \dots, n$) i en given periode. Hvis målingerne ikke følger en Normalfordeling eller en Lognormalfordeling og ingen transformation kan benyttes da kan et konfidensinterval estimeres ved hjælp af bootstrapping.

Følgende trin indgår i bootstrapping:

- i) En stikprøve på n udtrækkes blandt målingerne
- ii) Fra stikprøven udtrækkes fx 2000 nye stikprøver med tilbagelægning af størrelse n
- iii) For hver stikprøve udregnes (det geometriske) gennemsnittet

- iv) På baggrund af de 2000 gennemsnit udregnes et 95 % konfidensinterval omkring gennemsnittet
- v) Trinene i-iv) gennemløbes et antal gange fx 10 eller 100 gange og det gennemsnitlige konfidensinterval beregnes. Den opnåede relative præcision udtrykkes ved hjælp af d
- vi) Start forfra med en ny værdi af n , $n=3, \dots, 50$.

3.5.3 Binomialfordelte data

Lad y_i ($i=1, \dots, n$) være binomialfordelte observationer $B(n, p)$ og lad

$z = \sum_{i=1}^n y_i$ og $m = \sum_{i=1}^n n_i$. Da er et 95 % konfidensinterval for parameteren p givet ved:

$$\left[\frac{z}{z + (m - z + 1) \cdot F_{0,975}(2m - 2z + 2, 2z)}; \frac{(z + 1) \cdot F_{0,975}(2z + 2, 2m - 2z)}{m - z + (z + 1) \cdot F_{0,975}(2z + 2, 2m - 2z)} \right]$$

hvor $F_{0,975}(f_1, f_2)$ betegner 97,5 % fraktilen i F -fordelingen med frihedsgraderne f_1 og f_2 . Dette konfidensinterval $[L; U]$ vil ofte være asymmetrisk. Præcisionen for en samlet stikprøvestørrelse m findes som

$$(5) \quad D \geq \max\left(\frac{z}{m} - L, U - \frac{z}{m}\right)$$

hvilket betyder, at både øvre og nedre konfidensgrænse ikke må afvige mere end D fra den estimerede sandsynlighedsparameter p . Ved at beregne højresiden i ovenstående ligning for varierende størrelser af m , findes den stikprøvestørrelse som netop opfylder kravet til præcisionen.

3.6 Antal prøver for at detektere en ændring mellem to måleperioder

Det antages at en ændring mellem to måleperioder er en ændring i niveauet, således at den målte variabels fordeling, bortset fra niveauet, er den samme i de to perioder der skal sammenlignes. De to perioder skal være disjunkte tidsperioder. Her kunne der også være tale om to grupper af stationer/lokaliteter.

3.6.1 Normalfordelte data

Hvis målingerne i de to perioder der skal sammenlignes er uafhængige og kan antages at stamme fra en Normalfordeling med den samme varians, da skal der bruges n målinger

$$(6) \quad n \geq 2 \cdot \left\{ (t_{2(n-1), 0,975} + t_{2(n-1), 0,80}) \cdot \frac{s}{D} \right\}^2$$

i hver periode for at detektere en niveau forskel på D med en styrke på 80 %, hvor $t_{2(n-1), 0,975}$ og $t_{2(n-1), 0,80}$ er henholdsvis 97,5 % og 80 %

fraktilerne i en t -fordeling, og s er et fælles estimat for spredningen, som er $\sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{2}}$. I tilfældet med autokorrelerede observationer kan antallet af prøver der er nødvendige for at opnå den ønskede præcision findes ved hjælp af

$$(7) \quad n \geq 2 \cdot \left\{ (t_{2(n-1),0.975} + t_{2(n-1),0.80}) \cdot \frac{s}{D} \sqrt{\left[1 + 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\} \left\{ 1 - \frac{1}{n} \right\} - 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\}^2 \left\{ -r^{n-1} \right\} / n \right]} \right\}^2$$

hvor r er et fælles estimat for lag1-korrelationen. Bemærk, højresiden i (6) og (7) afhænger også af n , således at n skal findes iterativt.

Formlerne (6) og (7) kan også bruges ved data der ikke er Normalfordelte, dog kræves at n er stor (helst over 30) og $t_{2(n-1),0.975}$ og $t_{2(n-1),0.80}$ erstattes af 1,96 og 0,84 der er henholdsvis 97,5 % og 80 % fraktilerne i Normalfordelingen.

Hvis målingerne i de to perioder følger en højreskæv fordeling eller hvis variansen i de to perioder ikke kan antages at være den samme, betragtes i stedet de logaritme-transformerede målinger. Hvis de log-transformerede målinger i de to perioder der skal sammenlignes er uafhængige og kan antages at stamme fra en Normalfordeling med den samme varians, da skal der bruges n målinger

$$(8) \quad n \geq 2 \cdot \left\{ (t_{2(n-1),0.975} + t_{2(n-1),0.80}) \cdot \frac{s}{\log_e(1+d)} \right\}^2$$

i hver periode for at detektere en relativ niveau forskel på d med en styrke på 80 %, hvor $t_{2(n-1),0.975}$ og $t_{2(n-1),0.80}$ er henholdsvis 97,5 % og 80 % fraktilerne i den pågældende t -fordeling, og s er et fælles estimat for spredningen på de transformerede målinger.

I tilfældet med autokorrelerede observationer kan antallet af prøver der er nødvendige for at opnå den ønskede præcision findes ved hjælp af

$$(9) \quad n \geq 2 \cdot \left\{ (t_{2(n-1),0.975} + t_{2(n-1),0.80}) \cdot \frac{s}{\log_e(1+d)} \sqrt{\left[1 + 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\} \left\{ 1 - \frac{1}{n} \right\} - 2 \left\{ \frac{r}{1-r} \right\}^2 \left\{ -r^{n-1} \right\} / n \right]} \right\}^2$$

hvor s er et fælles estimat for spredningen og r er et fælles estimat for lag1-korrelationen på de transformerede målinger.

Bemærk, højresiden i (8) og (9) afhænger også af n , således at n skal findes iterativt. d skal angives som decimaltal, således at hvis der skal kunne detekteres en stigning på fx 20 % af det geometriske gennemsnit, da er $d=0,20$.

3.6.2 Ikke-normalfordelte data

Hvis målingerne ikke følger en Normalfordeling eller en Lognormalfordeling, da kan der anvendes en ikke-parametrisk test til at undersøge for en ændring i niveauet fra en periode til en anden. Hvis niveauet af målingerne i én periode er ændret med d % af niveauet af målingerne i en anden periode da skal der bruges n målinger

$$(10) \quad n \geq \frac{(Z_{0.975} + Z_{0.80})^2}{6(p - 1/2)^2}$$

i hver periode for at detektere denne relative niveau forskel med en styrke på 80 %, hvor $Z_{0.975}=1,96$ og $Z_{0.80}=0,84$ er fraktiler i Normalfordelingen og $p = P(X^* > X) = U/n^2$ hvor $U = \#(X^* > X)$ og X^* er målingerne X i én periode ændret med d % af niveauet. Symbolet $\#$ betyder en funktion der beregner antallet og U udregnes nemmest ved $U = n \cdot n + 1/2 \cdot n \cdot (n+1) - T_+$, hvor T_+ er sum af rangene for X^* i Wilcoxon's Rank Sum Test (Snedecor og Cochran, 1989).

3.6.3 Fordelinger med ordnede kategoriske variable

Denne metode egner sig især til at beregne det nødvendige antal DVFI-stationer for at teste en udvikling i DVFI-værdier mellem to perioder. Det forudsættes at det er nøjagtig de samme stationer der tages prøver på i de to år, det vil sige data er parede. Den anvendte statistiske metode er efter Julious og Campbell (1998). Det er nødvendigt med en mere speciel statistisk metode i det udfaldsrummet for DVFI-værdierne er de ordnede tal $\{1, 2, \dots, 7\}$.

For at kunne beregne antallet af stationer er det nødvendigt, at lægge sig fast på følgende

θ = ratio mellem antallet af stationer der stiger i værdi og antallet der falder i værdi,

pp_1 = procentandelen af stationer som stiger med 1 DVFI- værdi,

pp_2 = procentandelen af stationer som stiger med 2 DVFI- værdier,

pp_3 = procentandelen af stationer som stiger med 3 DVFI- værdier,

pp_4 = procentandelen af stationer som stiger med 4 DVFI- værdier,

pp_5 = procentandelen af stationer som stiger med 5 DVFI- værdier,

pp_6 = procentandelen af stationer som stiger med 6 DVFI- værdier.

Nu defineres følgende

$c_1=-6, c_2=-5, c_3=-4, c_4=-3, c_5=-2, c_6=-1,$

$c_7=1, c_8=2, c_9=3, c_{10}=4, c_{11}=5, c_{12}=6.$

Dernæst beregnes procentandelen af stationer som falder med j DVFI-værdier ved

$$pn_j = \frac{pp_j}{\theta \cdot (1 - pp_j) + pp_j}, \text{ for } j = 2, \dots, 6$$

og $pn_1 = 1 - \sum_{j=2}^6 pn_j$. Efterfølgende beregnes

$$p_i = \begin{cases} \frac{pn_{7-i}}{\theta + 1}, & i = 1, \dots, 6 \\ \frac{\theta \cdot pp_{i-6}}{\theta + 1}, & i = 7, \dots, 12. \end{cases}$$

Nu beregnes

$$\mu = \sum_{i=1}^{2(7-1)} c_i \cdot p_i,$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{2(7-1)} c_i^2 \cdot p_i - \mu^2.$$

Vi har anvendt betegnelserne μ og σ^2 for ovennævnte beregninger fordi de svarer til middelværdi og varians. Disse værdier indsættes i følgende formel til beregning af antallet af stationer n

$$n = \frac{1}{K} \cdot \left\{ \frac{(Z_{0.975} + Z_{0.80})^2 \cdot \sigma^2}{\mu^2} - \frac{Z_{0.975}^2}{2} \right\},$$

hvor K står for procentandelen af alle stationer, som hverken stiger i værdi eller falder i værdi og $Z_{0.975} = 1,96$ og $Z_{0.80} = 0,84$ er fraktiler i Normalfordelingen.

Ovenstående formler kan ligeledes anvendes, hvis nogle af DVFI-værdierne slæes sammen eller for andre responsvariable som er angivet på en ordinal skala, det vil sige ordnede kategoriske værdier.

3.6.4 Binomialfordelte data

Lad $Z_1 \in B(m, p_1)$ og $Z_2 \in B(m, p_2)$, hvor $p_2 = p_1 + D$ ($D = 0,05; 0,10; 0,15$ og $0,20$). Vi vil da forkaste vores nulhypotese ($p_1 = p_2$), såfremt

$$z_2 \leq H_{0.025}(z_1 + z_2, m, 2m) \quad \text{eller} \quad z_2 > H_{0.975}(z_1 + z_2, m, 2m)$$

hvor $H()$ er den Hypergeometriske fordeling (Hoel, Port og Stone, 1971). Den Hypergeometriske fordeling $H(x+n-x, r, r)$ angiver sandsynligheden for at få x objekter af type 1 i et tilfældigt sample af størrelse n ud et samlet antal på r hvoraf de r_1 er af type 1 og der er ialt to typer. De kritiske grænser for testet af nulhypotesen udregnes for $z_2 = p_1 \cdot m$, idet $p_1 = p_2$. Dernæst udregnes sandsynlighedsmassen for den alternative hypotese ($p_2 = p_1 + D$) udenfor de kritiske grænser. Denne sandsynlighedsmasse er styrken i testet for den alternative hypotese. Styrken beregnes for stigende m indtil der opnås en styrke på mindst 80 %.

3.7 Trend

En af de mest anvendte statistiske metoder til at beskrive en udviklingstendens over en årrække er den lineære regression. Metoden er velegnet til at undersøge en jævn udvikling over en given tidsperiode. Metoden er derimod ikke velegnet til at påvise pludselige ændringer eller niveauskift (step trends). Metoder vedrørende step trends, også omtalt som change points, beskrives i afsnit 3.8. I dette afsnit betegner n antallet af målear.

En anden testmetode som kan anvendes ved test for udviklingstendenser i miljødata (fx vandkvalitet) er Kendall's τ (Hirsch, Slack og Smith, 1982; Hirsch og Slack, 1984; Helsel og Hirsch, 1992) og det er en robust fordelingsfri metode for monotone udviklingstendenser. Vi vil kun anvende den mere simple lineære regression til optimeringsberegninger, idet typiske antagelser ved anvendelse af Kendall's τ til optimering er at data er normalfordelt og har lineære trends og derved giver de to metoder samme resultater. For en beskrivelse af Kendall's τ på dansk henviser vi til Larsen (1996).

3.7.1 Grundlæggende statistisk model

Lad y_j betegne en målt observation i år j . Observationen kan være en målt observation af en parameter, som måles en gang årligt eller det kan være et udregnet niveau (gennemsnit, tidsvægtet gennemsnit). Vi antager, at tidspunkterne j i tidsserien er ækvidistante. Nulhypotesen om ingen udviklingstendens giver anledning til følgende model for tidsserien

$$y_j = \mu + \varepsilon_j, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

hvor det antages, at ε_j er normalfordelte med middelværdi 0 og varians $\sigma_{\text{år}}^2$ ($N(0, \sigma_{\text{år}}^2)$), og at de er indbyrdes stokastisk uafhængige. Dermed bliver $y_j \sim N(\mu, \sigma_{\text{år}}^2)$. Parameteren $\sigma_{\text{år}}^2$ angiver størrelsen af den naturlige år-til-år variation.

I den alternative hypotese indgår der et lineært regressionsled i modellen, dvs.

$$y_j = \mu + \gamma \cdot j + \varepsilon_j, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

I denne model er $y_j \sim N(\mu + \gamma \cdot j, \sigma_{\text{år}}^2)$.

Et estimat for trenden γ beregnes ved

$$h = \frac{\sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2 \cdot \left(y_j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j \right)^2}{\sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2}$$

og et estimat for usikkerheden på h er bestemt ved

$$V\hat{ar}(h) = \left(\sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2 \right)^{-1} \cdot \hat{\sigma}_{ar}^2,$$

hvor

$$\hat{\sigma}_{ar}^2 = s^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{j=1}^n (y_j - \hat{y}_j)^2, \text{ med}$$

$$\hat{y}_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j + \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right) \cdot h.$$

Et 95 % konfidensinterval omkring trenden er givet ved

$$(11) \quad h \pm t_{n-2, 0.975} \cdot \frac{s}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2}},$$

hvor $t_{n-2, 0.975}$ er 97,5 % fraktilen i den pågældende t -fordeling med $n-2$ frihedsgrader og s er residualspredningen, dvs. spredningen omkring regressionslinien (se ovenfor). Ved tidsækvidistante målinger, da er summen

$$\sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2 = k(n) = n \cdot \frac{(n-1) \cdot (n+1)}{12}.$$

Ved en simpel lineær regressionsmodel overestimeres usikkerheden. Usikkerheden kan evt. gøres mindre ved at inddrage forklarende variable i modellen som f.eks. klima- og sæsonvariable. Man får derved en multipel regressionsanalyse. Se i afsnit 4.9 for eksempler på dette. Ud over dette er der ikke taget der højde for en eventuel autokorrelation.

Hvis observationerne y_j ikke er normalfordelte, men derimod kan antages at stamme fra en Lognormalfordeling, anvendes i stedet de log-transformerede observationer. Den væsentligste forskel i trendanalysen for de normalfordelte og lognormalfordelte data er, at der undersøges for en lineær udvikling i de normalfordelte data og for en eksponentiel udvikling i de lognormalfordelte data. Dvs., at modellen er

$$y_j = \exp(\mu + \gamma \cdot j + \varepsilon_j)$$

3.7.2 Antallet af år for at bestemme udviklingstendensen med en ønsket præcision

Hvis antallet af år, n , ønskes bestemt så den fundne udviklingstendens kan siges at være en statistisk sikker ændring, da bestemmes n iterativt så konfidensintervallet i (11) ikke indeholder 0, dvs. iterationen stopper første gang 0 ikke er indeholdt i konfidensintervallet for h .

3.7.3 Antallet af år for at detektere en udviklingstendens

Der skal måles i n år, hvor n findes iterativt ud fra

$$(12) \quad k(n) \geq \left\{ (t_{n-2,0.975} + t_{n-2,0.80}) \cdot \frac{s}{D} \right\}^2,$$

for at detektere en udviklingstendens på D pr. år med en styrke på 80 %, hvor $t_{n-2,0.975}$ og $t_{n-2,0.80}$ er fraktilerne i den pågældende t -fordeling. D kan fx sættes til at være den hældning der giver en ændring på $100 \cdot d$ % af 1989-niveauet pr. år, dvs. $D = d \cdot (\text{niveauet i 1989})$.

For logaritme-transformerede data svarer en stigning eller et fald på $100 \cdot d$ % af 1989-niveauet til en udviklingstendens på $D = \log_e(1+d)$, hvor d skal angives som decimaltal, fx $d=0,05$.

3.7.4 Statistisk sikker ændring i en given tidsperiode

Lad os antage, at man ønsker at måle i en given tidsperiode på n år. Hvilken udviklingstendens pr. år er det muligt at detektere med en styrke på 80 %? Dette kan løses ved

$$(13) \quad D \geq (t_{n-2,0.975} + t_{n-2,0.80}) \cdot \frac{s}{\sqrt{k(n)}}.$$

3.7.5 Model udvidelse

Lad os først antage, at vi har observationerne y_{ji} , hvor j igen angiver måleår og i angiver observationer i et givet år j . Modellen for nulhypotesen er

$$y_{ji} = \mu + \varepsilon_j + \delta_{ji}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

hvor

$$\varepsilon_j \sim N(0, \sigma_{\text{år}}^2),$$

$$\delta_{ji} \sim N(0, \sigma^2),$$

og hvor alle er indbyrdes uafhængige. Dermed bliver

$$y_{ji} \sim N(\mu, \sigma_{\text{år}}^2 + \sigma^2).$$

Den alternative hypotese er

$$y_{ji} = \mu + \gamma \cdot j + \varepsilon_j + \delta_{ji}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Trenden estimeres ved

$$h = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2 \cdot \left(y_{ji} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ji} \right)^2}{m \sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2},$$

og

$$\widehat{Var}(h) = \left(\sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2 \right)^{-1} \cdot (\hat{\sigma}_{\hat{a}r}^2 + \hat{\sigma}^2),$$

hvor

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n \cdot (m-1)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(y_{ji} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{ji} \right)^2, \text{ og}$$

$$\hat{\sigma}_{\hat{a}r}^2 = \frac{m}{m \cdot n - 2} \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{ji} - \hat{y}_j \right)^2, \text{ samt}$$

\hat{y}_j er et estimat for variabelen y til tid j .

Formlerne angivet i (11), (12) og (13) kan nu anvendes med

$s^2 = \hat{\sigma}_{\hat{a}r}^2 + \hat{\sigma}^2$, og med

$$k(m, n) = m \sum_{j=1}^n \left(j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n j \right)^2 = m \cdot n \cdot \frac{(n-1) \cdot (n+1)}{12}$$

i stedet for $k(n)$.

Antallet af frihedsgrader i t -fordelingen bliver $m \cdot n - 2$.

3.8 Change-point-detektion

Almindelige metoder til statistisk analyse for tidlig udvikling i en variabel forudsætter ofte, at trenden er monoton over tiden. Dette gælder også for de metoder, som benyttes ved analyse af data fra NOVA-programmet. Flere af de tidsserier, som er blevet oparbejdet gennem tiden, dækker nu mange år, og det kan vise sig, at tidsserien på et tidspunkt skifter karakter, således at der faktisk er tale om to (eller flere) sammensatte trends. Hvis dette tidspunkt er kendt, vil man kunne anvende traditionelle statistiske metoder til at undersøge, om skiftet i tidsserien er signifikant (fx t -test ved niveauskift og F -test ved ændring i hældningen for lineær udvikling). Disse test vil vi ikke beskæftige os med, da metodikken i store træk følger ovenstående teori.

Hvis tidspunktet, hvor skiftet i tidsserien optræder er ukendt, bliver den statistiske problemstilling mere kompliceret. Der findes mange forskellige modeller og metoder opbygget omkring change-point detektion, men vi vil kun fokusere på én anvendelse: et skift i den lineære trend. Lad y_j betegne en målt observation i år j , og lad os antage at vi under nulhypotesen har en udvikling i tid, som kan beskrives ved en lineær trend

$$y_j = \mu + \gamma \cdot j + \varepsilon_j, j=1, 2, \dots, n$$

hvor det antages, at ε_j er normalfordelte med middelværdi 0 og varians $\sigma_{\text{år}}^2$. Den alternative hypotese er, at der eksisterer et k i intervallet $[1;n-1]$, således at

$$y_j = \mu + \gamma \cdot j + \varepsilon_j, j=1,2,\dots,k$$

$$y_j = \mu + \gamma \cdot j + \eta \cdot (j - k) + \varepsilon_j, j=k+1,\dots,n$$

Under nulhypotesen vil $Z_n^{1/2}$ angive en teststørrelse, hvor nulhypotesen afvises, såfremt $Z_n^{1/2}$ overstiger de kritiske værdier listet i bilag 2.6.1. Teststørrelsen beregnes ud fra

$$Z_n = \max_{1 \leq k < n} (-2 \cdot \log_e \Lambda_k)$$

hvor

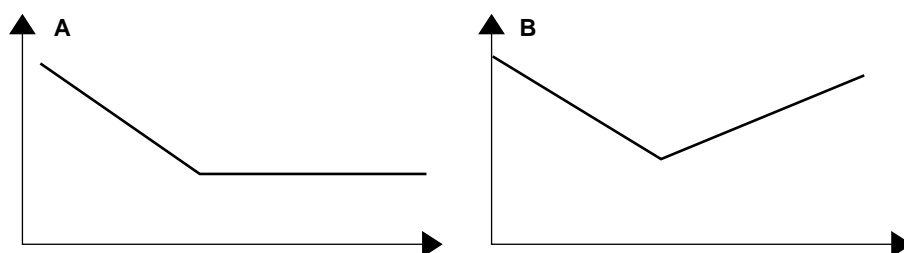
$$-2 \cdot \log_e \Lambda_k = 2 \cdot (L(\hat{\Theta}_1)_k - L(\hat{\Theta}_0))$$

idet $L(\hat{\Theta}_1)_k$ og $L(\hat{\Theta}_0)$ angiver log-likelihood funktionen for henholdsvis den alternative (for en bestemt værdi af k) og nulhypotesen. Ovenstående formler er et eksempel på den generelle statistiske metode når man udfører statistiske test som gør brug af maximum likelihood metoden (Helsel og Hirsch, 1992). Fx er Log-likelihood funktionen $L(\hat{\Theta}_0)$ defineret som

$$L(\hat{\Theta}_0) = \sum_{j=1}^n \left\{ -\frac{1}{2} \log_e (2\pi\sigma_{\text{år}}^2) - (y_j - \mu - \gamma \cdot j)^2 / 2\sigma_{\text{år}}^2 \right\}.$$

I denne fremstilling vil vi gerne sammenligne change-point detektionsmetoden med den lineære regression og Kendall's τ (Hirsch, Slack og Smith, 1982; Hirsch og Slack, 1984; Helsel og Hirsch, 1992) for simulerede tidsserier, som indeholder et skift. Endvidere vil vi undersøge styrken af metoden for forskellige længder af tidsserien og forskellige placeringer af skiftet. Til at sammenligne de 3 trendanalyser vil vi benytte følgende to underliggende trendmodeller (se figur 3.2): A) et lineært fald sammensat med et konstant niveau og B) et lineært fald sammensat med en lineær stigning.

Figur 3.2 Modeller til styrke beregninger for change-point detektion. Modellerne består af sammensatte trends.



Styrken i change-point detektionsmetoden, lineær regression og Kendall's τ er beregnet for antal år $n=10, 20, 30, 40, 50$ og for varierende tidlig placering af skiftet i tidsserien – skiftet indtræder $p=50\%, 60\%, 70\%, 80\%$ og 90% i tidsserien. For $n=10$ og $p=80\%$ vil skiftet i tidsserien derfor indtræffe ved observation $j=8$. Styrkeberegningen afhænger af forholdet mellem hældningen i trendmodellen og spredningen på målingerne - $\gamma/\sigma_{\text{år}}$. Styrken er beregnet ved simulering, idet de to underliggende trendmodeller er simuleret 500 gange

for varierende forhold mellem hældning og spredning ($\gamma/\sigma_{ar} = 0,1; 0,25; 0,5$ og 1) og derpå er antallet af signifikante test med henholdsvis changepoint detektion, lineær regression og Kendall's τ beregnet. Andelen af signifikante test ud af de 500 simuleringer er et estimat af styrken.

[Tom side]

4 Resultater og diskussion

4.1 Vandløb

Delprogrammet for vandløb under det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet (NOVA) indeholder et stort antal stationer i vandløb (i alt 231 stationer, dog 1054 stationer ved bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet), hvor der måles vandkemi og biologiske parametre flere gange årligt (fra 12 til 26 gange årligt). Stationernes placering dækker geografisk set hele Danmark med hensyn til ubelastede (naturvandløb) og til belastede vandløb. Belastningen stammer enten fra punktkilder eller landbrugsdrift. Et af formålene (se også afsnit 2.1) med overvågningen er at kunne undersøge effekten af forskellige tiltag mod punktkilder og landbrugsdrift. Et andet formål er at kunne estimere næringsstofflørelsen via vandløb til de danske marine områder.

For vandløb er der formuleret 5 faglige spørgsmål angående dimensionen af overvågningsprogrammet (afsnit 2.1). Til at svare på disse spørgsmål har vi anvendt empiriske data fra overvågningsprogrammet i perioden 1989-99. Dog er der kun anvendt data fra 1999 og 2000 til belysning af spørgsmål 5. De fire første spørgsmål er beregnet for variablene total kvælstof (TOTN) og for total fosfor (TOTP). Det femte spørgsmål omhandler det biologiske indeks DVFI. For hvert spørgsmål for sig vil vi beskrive præcist, hvilke empiriske data vi har anvendt samt give resultaterne af beregningerne.

4.1.1 Antal stationer for estimation af koncentrationsniveau for et enkelt år

Koncentrationsniveauet for variablene TOTN og TOTP i et bestemt år estimeres ved at beregne et gennemsnit over et antal stationer. Udgangsdata for hver station er det beregnede tidsvægtede gennemsnit (se afsnit 3.4) eller det beregnede aritmetriske gennemsnit af årets målinger for den enkelte station. I analysen opfattes alle stationer som værende statistisk uafhængige af hinanden, også stationer i samme vandløbssystem.

Der er ikke i overvågningsprogrammet defineret nogen specifik målsætning for koncentrationsniveauet i vandløb. Men niveauet skal bestemmes med en vis præcision. Niveauet skal estimeres for hver klasse af stationer efter en opdeling med hensyn til belastningstyper. Vandløbsstationerne i overvågningsprogrammet er opdelt i følgende belastningstyper

- Naturoplande (Type 1)
- Dyrkede oplande (Type 2 og 3)
- Oplande med punktkilder (Type 4)
- Oplande med dambrug (Type 5)
- Vandløb i byer (Type 6)

Kriterierne for dyrkede oplande er lidt forskellige for kvælstof og fosfor. Antallet af stationer i denne kategori er derfor ikke det samme i kvælstof- og fosforanalyserne. Vi vil på grund af få stationer i type 5 og 6 kun gennemføre beregninger for typerne 1 til 4. Endvidere udfører vi beregninger for koncentrationsniveauet for hele Danmark. Det er ligeledes relevant at udføre analysen på regioner, fx Nordjylland, Vestjylland, Østjylland, Sønderjylland, Fyn og Sjælland. Analysen på landsplan giver en god pejling på resultater for de enkelte regioner, idet det forventes at spredning på data i regioner er omtrent den samme som på landsplan.

Table 4.1.1 Stationstyper i vandløb. I kriterier for opdeling af type-oplande er der i punktkildebidraget ikke medregnet spildevand fra spredt bebyggelse. Antal af stationer medtaget i analysen samt det totale antal fordelt på oplandstyper efter den aktuelle situation i 1999. Naturoplande er vandløbsoplande som i meget ringe grad er påvirket af menneskelig aktivitet. Vandløb med punktkilder er vandløb hvor punktkildebidraget er større end angivet under typerne 2 og 3.

Oplandstype		Antal medtaget i analyse	Totale antal i 1999
Naturoplande	Type 1	7	9
Vandløb i dyrkede oplande (P): dyrkningsgrad > 15 % befæstede arealer < 50 % punktkildebidrag < 25 g P ha ⁻¹ ; 0,5 kg N ha ⁻¹	Type 2	54	62
Vandløb i dyrkede oplande (N): dyrkningsgrad > 15 % befæstede arealer < 50 % punktkildebidrag < 0,5 kg N ha ⁻¹	Type 3	84	92
Vandløb med punktkilder	Type 4	72	76

I det aktuelle overvågningsprogram for vandløb er der 2 stationer med type 5 (vandløb med dambrugsudledninger) og 6 stationer med type 6 (vandløb i bebyggede områder).

Vi har kun medtaget stationer, som har en komplet tidsserie i perioden 1989-99, dvs. i alt 11 års data, og har ligeledes valgt at gennemføre beregningerne kun på de tidsvægtede årsgennemsnit for hver station, idet indledende beregninger har vist at forskellen mellem resultater opnået for tidsvægtede og aritmetriske gennemsnit generelt er små. Det vil sige at samples i denne analyse er tidsvægtede årsgennemsnit for de givne stationer.

Indledende tests har vist, at de beregnede tidsvægtede gennemsnit for NTOT er normalfordelte og for PTOT er de lognormalfordelte. Det nødvendige antal stationer for at estimere gennemsnit for NTOT samt det geometriske gennemsnit for PTOT med præcision d % beregnes ved brug af formlerne i (1) og (3). Ved estimation af variansen af data mellem stationer har vi anvendt et gennemsnit af varianser beregnet for de enkelte år i perioden 1989-99. Dog er varianserne for PTOT de første år betydeligt større end de sidste år i perioden for type 4 og hele landet pga. store forskelle i spildevandsbelastningen, så derfor har vi kun anvendt data fra perioden 1993-99 for denne parameter for type 4 samt hele landet. Det antages hermed at data i perioden 1993-99 giver et bedre bud på fremtidige data.

De relevante statistiske størrelser der anvendes i beregningerne er givet i bilag 1.1 og resultaterne er givet i tabel 4.1.2.

Tabel 4.1.2 Antallet af stationer som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det aritmetriske gennemsnit for total kvælstof og af det geometriske gennemsnit for total fosfor. Formel (1) og (3) er anvendt. Den nuværende antal stationer fremgår af tabel 4.1.1.

	d %	Total kvælstof	Total fosfor
Hele landet	5	382	734
	10	98	194
	15	45	92
	20	27	55
	30	14	28
Type 1	5	449	808
	10	114	214
	15	53	101
	20	31	61
	30	15	31
Type 2	5	326	572
	10	84	152
	15	39	72
	20	23	44
	30	12	23
Type 3	5	305	582
	10	78	155
	15	37	73
	20	22	44
	30	11	23
Type 4	5	271	588
	10	70	156
	15	33	74
	20	20	45
	30	10	23

Generelt viser beregningerne at det nødvendige antal vandløbsstationer er større for total fosfor end for total kvælstof. Ønsker man at bestemme koncentrationsniveauet med en mindre relativ præcision, dvs med en større værdi af d , så ender man op med et begrænset antal stationer og antallet vil være mindre end i det nuværende program. En undtagelse fra dette er kravet til antallet af type 1 stationer, som er bestydeligt større end det nuværende også ved en lav præcision på 30 %. Årsagen til kravet om det forholdsvis store antal naturoplande, er at de såkaldte naturoplande som indgår i det nuværende overvågningsprogram er meget forskellig. Nogle oplande har betydelige dyrket områder, helt op til 20 %, medens andre består udelukkende af natur. Idet naturoplande har lave koncentrationer så vil præcisionen ligeledes blive et lavt tal. Man kan argumentere for at en ringere præcision er acceptabel for denne type af vandløb og derfor kan man nøjes med et lavere antal stationer.

Beregningerne viser at det nuværende program for hele Danmark giver en relativ præcision på omtrent de 10 % og for typerne 2 til 4 et sted mellem 15 og 20 %. For type 1 er den relative præcision større end 30 %.

4.1.2 Antallet af år for detektion af udviklingstendens i koncentration

Udviklingstendens i koncentrationsniveauet analyseres ved at estimere trenden samt at teste nulhypotesen at trenden er nul. Normalt vil dette gøres ved at anvende Kendall's τ , som er en fordelingsfri test (se kapitel 3). En anden analysemetode er den parametriske regressionsanalyse, som er mere simpel og man kender formeludtrykket til beregning af det nødvendige antal observationer (se afsnit 3.7). For dette spørgsmål har vi foretaget beregninger for en lineær trend ved brug af lineær regression. Som udgangspunkt haves årgennemsnit eller tidsvægtede gennemsnit for en bestemt station. I alt er beregningerne udført for 20 stationer. De 20 stationer er udvalgt med hensyn til geografi, belastningstyper samt størrelsen af oplandet. Endvidere udvælges stationer med data fra hele perioden 1989-99. De udvalgte stationer er gengivet i tabel 4.1.3.

Tabel 4.1.3 Beregninger udføres for følgende 20 vandløbsstationer.

Station	Stationsnavn	Type i 1999, dyrket areal (%), jordtype, oplandsareal (km ²), middelfaststrømning (l s ⁻¹)
20005	Elling Å, Elling Kirke	Dyrket; 70; sand; 123,4; 1284
110010	Harring Å, Harring Hedegård	Dyrket; 81; ler; 8,6; 83
140016	Lindborg Å, ved Møllebro	Punktkilder; 61; sand; 317,8; 3343
210090	Guden Å, Møllerup	Dyrket; 66; sand; 11,9; 190
210110	Skærbæk, Favrholt	Natur; 22; sand; 3,0; 24
220047	Hestbæk, Hestbæk Bro	Natur; 5; sand; 5,4; 35
220050	Råsted Lille Å, Hvodal	Dambrug; 48; ler; 83,0; 1681
320022	Højen Å, Nederbro	Dyrket; 71; sand; 29,3; 410
360009	Konge Å, ved Vilslev Spang	Punktkilder; 77; sand; 426,7; 7083
400001	Brede Å, Bredebro	Dyrket; 75; sand; 290; 3790
450005	Stavis Å, St. 8.25	Dyrket; 71; sand/ler; 78,0; 565
460001	Brende Å, St. 5.3	Punktkilder; 64; ler; 102,5; 871
470033	Lillebæk, Fredskovvej	Dyrket; 85; ler; 4,4; 33
520039	Værebrog Å, ved Veksø Bro	Punktkilder; 51; sand/ler; 110,5; 501
530010	Ll. Vejle Å, Pilemøllen	Dyrket; 64; ler; 25,5; 89
560002	Seerdrup Å, Johannesdal	Punktkilder; 68; ler; 68,3; 410
560003	Tude Å, Skrætholm	Dyrket; 66; sand/ler; 59,5; 378
600027	Hulebæk, nedenfor Broskov	Dyrket; 83; ler; 7,8; 79
620017	Ryde Å, pumpestation indiv.	Dyrket; 75; ler; 79,0; 485
670019	Øle Å, ved Vibebakke	Natur; 19; ler; 9,3; 94

Som samples har vi har anvendt tidsvægtede årgennemsnit for hvert vandløb. For variabelen PTOT er de beregnede tidsvægtede gennemsnit logaritmetransformerede for at opnå en opfyldelse af normalfordelingsantagelsen.

Antallet af år der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens på d % pr. år med en styrke på 80 % kan derfor beregnes efter formel (11). Resultater for alle vandløbsstationer er gengivet i tabel 4.1.4. Tabellen viser det nødvendige antal år for at man i henholdsvis 50 %, 75 % og alle vandløb kan detektere en trend på d % pr. år.

Resultater for hvert enkelt vandløb er i bilag 2.1. De statistiske størrelser der anvendes i beregningerne er givet i bilag 1.1.

Tabel 4.1.4 Antallet af år der er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens på d % pr. år af niveauet i 1989, for henholdsvis 50 %, 75 % og alle undersøgte vandløb. For total fosfor foretages analysen på logaritmetransformerede data. Der er pt. gået 11 år.

Andel af vandløb	d % pr. år	Total kvælstof	Total fosfor
50 %	1	18	18
	2	12	12
	3	10	10
	4	9	9
	5	8	8
75 %	1	21	21
	2	14	14
	3	11	11
	4	10	9
	5	9	8
Alle	1	24	37
	2	16	24
	3	13	19
	4	11	16
	5	10	14

Beregningerne for de 20 vandløbsstationer viser generelt et behov for højst 15 års data for at være i stand til at detektere udviklingstendenser på mere end 20 % over hele perioden. De viser også at der for fosfor er nogle enkelte vandløb hvor man er nødt til at måle langt flere år før man kan detektere en signifikant udviklingstendens.

4.1.3 Antallet af måleår samt antallet af stationer for detektion af udviklingstendens

Dette spørgsmål er en udvidelse af spørgsmål 2, hvor man i stedet for at koncentrere sig om trenden stationsvis nu ser på en fælles udviklingstendens i grupper af stationer. Grupperne er igen de beskrevne belastningstyper givet under spørgsmål 1. Ved beregninger for dette spørgsmål vil vi ligeledes anvende lineær regression nu med flere uafhængige observationer for hvert år – en observation for hver station. Som under spørgsmål 2 antages total kvælstof data at være normalfordelt og total fosfor data at være log-normalfordelt. Modellen for data er den udvidede trendmodel beskrevet i afsnit 3.7.5 og formel 11 anvendes ved beregningerne. Beregningerne er gennemført for fastholdte værdier af antallet af år (n), som er sat til 5, 7, 10 og 15. Resultater for hele landet er vist i tabel 4.1.5. Resultater for de fire typer er henlagt til bilag 2.1. De statistiske størrelser der anvendes i beregningerne er givet i bilag 1.1.

Tabel 4.1.5 Det nødvendige antal år og antal stationer for hele landet for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens på d % pr. år af niveauet i 1989. Analyserne for total fosfor er udført på logaritmetransformerede data. Der er pt. gået 11 år.

Analyser for hele landet	d %	Antal år	Antal stationer	
			Total kvælstof	Total fosfor
	1	5	308	763
	2	5	77	193
	3	5	35	87
	4	5	20	50
	5	5	13	32
	1	7	110	273
	2	7	28	69
	3	7	13	31
	4	7	7	18
	5	7	5	12
	1	10	38	93
	2	10	10	24
	3	10	5	11
	4	10	3	6
	5	10	2	4
	1	15	11	28
	2	15	3	7
	3	15	2	4
	4	15	1	2
	5	15	1	2

Resultaterne viser, at styrken forbedres betydeligt ved at analysere flere stationer samlet og det er muligt med det nuværende program (se tabel 4.1.1) hurtigt at detektere betydelige udviklingstendenser i koncentrationsniveauet. Igen er det nødvendige antal stationer større for total fosfor.

4.1.4 Antallet af stationer for estimation af stoftilførsel

I dette spørgsmål skal vi beskæftige os med stoftilførslen via vandløb til danske marine områder. Vi har dels analyseret tilførslerne fra hele Danmark, dels til alle 1. ordens kystområder (på nær Sydlige Bælthav hvor der kun er en vandløbsstation samt Skagerak med kun 2 stationer) og dels til udvalgte 2. ordens kystområder. De udvalgte 2. ordens kystafsnit er udelukkende valgt efter antallet af stationer i det nuværende program, dvs. udvalgt så der var tilstrækkeligt med stationer til at udføre de statistiske beregninger. Analysen er udført på årstransporter som er angivet ved kg ha^{-1} , det vil sige "samples" er netop disse transporter for de forskellige vandløbsstationer og det er antallet af stationer som skal beregnes. Den samlede stofbelastning for et område fås ved at gange med områdets oplandsareal.

Det har vist sig at efter logaritmetransformation er disse arealspecifikke stoftransporter tilnærmelsesvis normalfordelte og med konstant varians over årene i perioden 1989-1999. Den deskriptive statistik er givet i bilag 1.1. I tabel 4.1.6 og 4.1.7 har vi angivet det nødvendige antal stationer for at opnå en relativ præcision på d % for det geometriske gennemsnit af den arealspecifikke stoftransport.

Tabel 4.1.6 Antallet af stationer som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit. Formel (3) er anvendt. Den nuværende antal stationer fremgår af tallet i parentes. Resultater for hele landet og 1. ordens kystafsnit.

	d %	Total kvælstof	Total fosfor
Hele landet (114)	5	774	773
	10	208	204
	15	100	96
	20	62	58
	30	34	29
Nordsøen (16)	5	177	167
	10	149	47
	15	25	24
	20	16	16
	30	10	9
Kattegat (33)	5	575	593
	10	153	157
	15	73	75
	20	45	45
	30	24	23
Nordlige Bælthav (7)	5	313	594
	10	85	159
	15	41	76
	20	26	47
	30	15	25
Lillebælt (19)	5	100	298
	10	29	81
	15	15	39
	20	11	25
	30	5	14
Storebælt (18)	5	366	450
	10	101	120
	15	51	58
	20	32	35
	30	20	19
Øresund (13)	5	2363	2745
	10	625	721
	15	295	337
	20	177	199
	30	90	97
Østersøen (5)	5	817	1378
	10	218	365
	15	105	173
	20	64	104
	30	35	54

Resultaterne viser klart at det nuværende program er underdimensioneret med hensyn til at bestemme det geometriske gennemsnit af den arealspecifikke stofbelastning. Kun for hele landet opnås en relativ præcision på 15 %. For 1. og 2. ordens kystafsnit er præcisionen som regel 30 % eller dårligere. Kun få kystafnit har en præcision på 20 %.

Tabel 4.1.7 Antallet af stationer som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit. Formel (3) er anvendt. Den nuværende antal stationer fremgår af tallet i parentes. Resultater for udvalgte 2. ordens kystafsnit.

	d %	Total kvælstof	Total fosfor
Vadehavet (12)	5	229	179
	10	63	49
	15	31	24
	20	20	16
	30	12	9
Isefjord-Roskilde Fjord (10)	5	587	822
	10	156	217
	15	74	103
	20	44	62
	30	23	31
Limfjorden (13)	5	449	531
	10	120	141
	15	57	67
	20	35	41
	30	18	22
Nordlige Lillebælt (6)	5	81	341
	10	23	92
	15	13	45
	20	9	28
	30	4	16
Smålandsfarvandet, vest (5)	5	268	525
	10	74	140
	15	37	67
	20	24	41
	30	15	22

Ovenstående beregninger medregner variationen mellem stationer i estimationen af det nødvendige antal stationer. Så det høje antal stationer afspejler også i høj grad forskelligheden mellem stationerne i oplandet til de enkelte kystafsnit. Stoftransportmodeller til estimation af stoftilførsel fra umålte oplande bør løse problemet med det store antal af nødvendige stationer.

4.1.5 Antallet af DVFI-stationer ved analyse af fordelinger mellem to år

Dette spørgsmål drejer sig om muligheden for at påvise en ændring i fordelingen af DVFI-værdier mellem to år. Det kan være to år som ligger lige efter hinanden eller der kan være flere år i mellem de to. Til at beregne dette antal har vi anvendt de faktiske fordelinger af DVFI-værdier på 1039 stationer i årene 1999 og 2000. Det nuværende program har i alt 1054 stationer med registrering af en årlig DVFI-værdi. Det er først i de seneste år at der indgår så mange stationer i dette måleprogram. Det forudsættes ved disse beregninger at det er de samme stationer som indgår i de to år. Der er således tale om parrede data. Samples er således en række DVFI-værdier for et antal stationer og det er det nødvendige antal stationer som skal estimeres. I bilag 1.1 har vi vist krydstabuleringen mellem de to år. Den statistiske metode er beskrevet i afsnit 3.6.3. Vi har beregnet antallet af

stationer for forskellige grader af stigende DVFI værdier og beregningerne gav følgende resultater (tabel 4.1.8).

Tabel 4.1.8 Det nødvendige antal DVFI-stationer for at påvise en ændring i fordelinger med en styrke på 80 % og et signifikansniveau på 5 %. θ står for ratioen mellem antallet af stationer der stiger i værdi og antallet af stationer der falder i værdi. Det vil sige hvis $\theta=2$ så stiger dobbelt så mange stationer i DVFI-værdier sammenlignet med antallet af faldende stationer. pp_i står for procenten af stationer som stiger med i DVFI-værdier. Det er antaget, at stigningen i DVFI-værdi kan maksimalt blive på 3 værdier.

θ	pp_1	pp_2	pp_3	pp_4	pp_5	pp_6	Antal
2	80	15	5	0	0	0	159
2	85	12	3	0	0	0	161
2	87,5	10	2,5	0	0	0	167
2	90	8	2	0	0	0	169
3/2	80	15	5	0	0	0	451
3/2	85	12	3	0	0	0	467
3/2	87,5	10	2,5	0	0	0	472
3/2	90	8	2	0	0	0	480
5/4	80	15	5	0	0	0	1466
5/4	85	12	3	0	0	0	1517
5/4	87,5	10	2,5	0	0	0	1544
5/4	90	8	2	0	0	0	1571
10/9	80	15	5	0	0	0	6513
10/9	85	12	3	0	0	0	6754
10/9	87,5	10	2,5	0	0	0	6880
10/9	90	8	2	0	0	0	7011

Det fremgår tydeligt af disse beregninger at den vigtigste parameter er θ for bestemmelsen af det nødvendige antal stationer. Hvis man i stedet for at udføre analysen på alle 7 mulige DVFI-værdier valgte at slå nogle af kategorierne sammen hvis nogle af ydre klasserne har få observationer, fx

1-2,3,4,5,6-7

så vil man miste lidt i styrke og der er derfor behov for et større antal stationer end de angivne.

Vi har i ovenstående beregninger udelukkende valgt at betragte at den overvejende del af stationerne har stigende værdier over tid. Tilsvarende beregninger med en overvejende andel af stationer med faldende værdier kan udføres og de vil give de samme resultater. Årsagen til at vi har valgt at anvende data fra 1999 og 2000 er med baggrund i det store antal stationer. Som nævnt har det landsdækkende net været betydeligt mindre i tidligere år. Det er klart at især klimatiske forhold kan resultere i en anderledes krydsklassifikation af de 1039 stationer. Men i det de empiriske data udelukkende anvendes til et overslag over antallet af stationer som vil skifte værdi mellem de to år og hvis vi betragter forskellen mellem 1999 og 2000 som en gennemsnitssituation kan man godt anvende resultaterne.

4.2 Søer

4.2.1 Datagrundlag

I delprogrammet for søer under det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø (NOVA) indgår 31 søer. Søerne er udvalgt, så de er repræsentative for danske søer med hensyn til søtyper, belastningsforhold mv. De 31 søer består af 27 ferskvandssøer og 4 brakvandssøer. Hvert år vurderes miljøtilstanden i overvågnings søerne ud fra kemiske, fysiske og biologiske målinger i søvandet.

For søer er der formuleret 3 faglige spørgsmål angående dimensioneringen af overvågningsprogrammet. Til beregningerne er anvendt 11 års empiriske data fra overvågningsprogrammet indsamlet i årene fra 1989 til 1999. I den statistiske analyse er data delt op i to perioder. Periode 1 (sommerperioden) består af målinger foretaget fra 1/5 til 30/9 mens periode 2 består af målinger foretaget fra 1/10 til 30/4. I sommerperioden måles alle ovenstående variable 10-11 gange jævnt fordelt over perioden, dvs. med 14 dages mellemrum. I periode 2 måles de kemiske variable 8-9 gange jævnt fordelt over perioden, dvs. med 3 ugers mellemrum. Efter 1997 måles de biologiske variable ikke i december, januar og februar, således at der for disse kun er 5-6 målinger i periode 2. Ingen af de 3 faglige spørgsmål har omhandlet problemstillingen omkring antallet af søer i det nationale overvågningsprogram.

Beregningerne omfatter overvågningsprogrammets 27 ferskvandssøer (sønummer):

Søby Sø (1)	Holm Sø (2)
Maglesø (3)	Nors Sø (5)
Ravn Sø (6)	Søholm Sø (7)
Kvie Sø (8)	Bastrup Sø (9)
Hornum Sø (10)	Ørn Sø (13)
Furesø (14)	Fårup Sø (15)
Damhussøen (16)	Bryrup Langsø (17)
Hinge Sø (19)	Tissø (20)
Engelsholm Sø (21)	Bagsværd Sø (22)
Borup Sø (23)	Arreskov Sø (24)
Tystrup Sø (25)	Arresø (30)
Vesterborg Sø (31)	St. Søgård Sø (33)
Utterslev Mose (35)	Søgård Sø (36)
Gundsømagle Sø (37)	

Følgende variable er analyseret:

- total fosfor, (mg P l^{-1})
- total kvælstof, (mg N l^{-1})
- klorofyl α ($\mu\text{g l}^{-1}$)
- total planteplankton biomasse ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$)
- blågrønalge biomasse ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$)
- dafnier biomasse ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$).

De relevante statistiske størrelser der bruges i de efterfølgende beregninger er angivet i bilag 1.2.

4.2.2 Antal prøver for at bestemme niveauet med en ønsket præcision

Indledende tests har vist at efter logaritmetransformation af målingerne for total fosfor, total kvælstof og klorofyl α er disse tilnærmelsesvist normalfordelte, og variansen på målingerne i hver af de to perioder kan med rimelighed antages at være konstant i årene fra 1989 til 1999. Antallet af gentagne målinger i hver periode som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit kan derfor beregnes for hver af søerne ved hjælp af formel (3) og (4). Samples er således målinger i en bestemt periode af et givet år en en given sø.

Målingerne for total planteplankton biomasse, blågrønalg biomasse og dafnie biomasse kan ikke med rimelighed antages at være normalfordelte med konstant varians over perioden. Heller ikke efter logaritmetransformation er normalfordelingsantagelserne rimelige. For disse variable beregnes antallet af gentagne målinger der er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit ved hjælp af bootstrapping (afsnit 3.5.2). For de biologiske variable er prøvetagningsprogrammet blevet reduceret efter 1997, således at der i periode 2 kun er 6 målinger tidsmæssigt ujævnt fordelt. Der er derfor ikke foretaget statistiske beregninger vedrørende periode 2 for disse variable, markeret ved blanke felter i resultattabellerne.

Resultaterne for de enkelte søer ses i bilag 2.2.1. For de kemiske variable angiver beregninger før '/' prøvetagningsfrekvensen beregnet ved standardmetoden under antagelse af uafhængige observationer, mens beregningerne efter '/' angiver prøvetagningsfrekvensen beregnet under antagelse af autokorrelerede observationer. Det skal bemærkes at beregningerne under antagelse af autokorrelation skal tages med forbehold da de er baseret på den gennemsnitlige estimerede korrelationen på baggrund af ca. 10 målinger pr. år for periode 1 og for ca. 8 målinger pr. år for periode 2. Hvis prøvetagningsfrekvensen øges anbefales det at estimere autokorrelationen påny.

Resultaterne er opsummeret for begge perioder i tabel 4.2.1 og for periode 1 i figur 4.2.1. Tabellen og figuren viser den nødvendige prøvetagningsfrekvens pr. år for at henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer opnår en relativ præcision på d % af det geometriske gennemsnit.

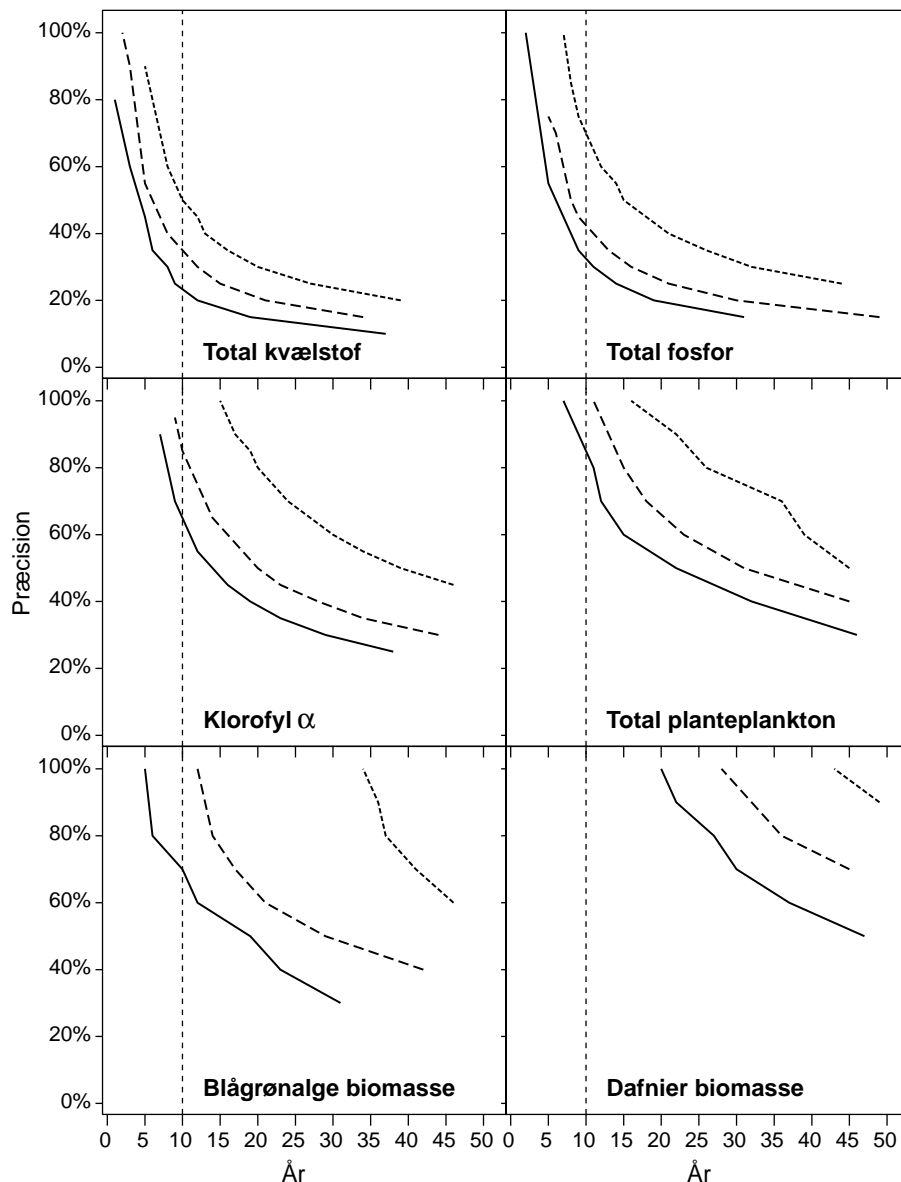
Tabel 4.2.1 Antallet af gentagne målinger (frekvensen) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit i **perioden fra 1/5 til 30/9** for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. For total kvælstof, total fosfor og klorofyl α angiver tallet før '/' frekvensen beregnet under antagelse af uafhængige observationer, og tallet efter '/' angiver frekvensen beregnet under antagelse af autokorrelation. I det nuværende overvågningsprogram er frekvensen ca. 10.

Andel af søer	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
50 %	10	37 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	12 / 22	19 / 26	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	8 / 11	11 / 14	29 / 45	46	31	>50
	40	6 / 8	8 / 10	19 / 28	32	23	>50
	50	5 / 6	6 / 8	14 / 20	22	19	47
75 %	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	21 / >50	30 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	12 / 42	16 / 41	44 / >50	>50	>50	>50
	40	8 / 26	11 / 26	28 / >50	45	42	>50
	50	7 / 18	8 / 18	20 / 48	31	29	>50
Alle	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	39 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	20 / >50	32 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	13 / >50	21 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	50	10 / >50	15 / >50	39 / >50	45	>50	>50

Tabel 4.2.1 (fortsat) Antallet af gentagne målinger (frekvensen) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit i **perioden fra 1/10 til 30/4** for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. For total kvælstof, total fosfor og klorofyl α angiver tallet før '/' frekvensen beregnet under antagelse af uafhængige observationer, og tallet efter '/' angiver frekvensen beregnet under antagelse af autokorrelation. Blanke felter markerer at beregninger ikke er foretaget (se ovenstående tekst). I det nuværende overvågningsprogram er frekvensen ca. 8 for de kemiske parametre.

Andel af søer	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
50 %	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	17 / 40	19 / 27	>50 / >50			
	30	10 / 20	11 / 14	>50 / >50			
	40	7 / 13	8 / 10	33 / >50			
	50	6 / 10	6 / 8	24 / 37			
75 %	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	27 / >50	26 / 45	>50 / >50			
	30	15 / 36	14 / 23	>50 / >50			
	40	10 / 22	10 / 15	40 / >50			
	50	8 / 16	8 / 11	28 / >50			
Alle	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	30 / >50	29 / >50	>50 / >50			
	40	20 / 47	19 / 37	>50 / >50			
	50	14 / 33	14 / 26	43 / >50			

Figur 4.2.1 Antallet af gentagne målinger (frekvensen) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit i perioden fra 1/5 til 30/9 for henholdsvis 50 % (nederste fuldt optrukne linie), 75 % (midterste stiplede linie) og alle de undersøgte søer (øverste prikkede linie).



For total kvælstof kan en relativ præcision på 20 % i perioden fra 1/5 til 30/9 opnås for ca. 50 % af de undersøgte søer med det nuværende måleprogram under forudsætning af uafhængige observationer. Hvis en relativ præcision på 20 % skal opnås for en større andel af søerne skal måleprogrammet intensiveres. Øges prøvetagningsfrekvensen stiger betydningen af den serielle korrelation og det bliver i højere grad beregningerne på højre side af '/' i tabellen der er gældende.

I perioden fra 1/10 til 30/4 kan en relativ præcision på 30 % opnås for ca. 50 % af de undersøgte søer med det nuværende program.

For total fosfor kan en relativ præcision på 30 % opnås for ca. 50 % af de undersøgte søer med det nuværende program. For de fleste søer er der ikke stor forskel på den opnåelige præcision i fosfor i de to perioder.

For klorofyl α kan en relativ præcision på 50 % i perioden fra 1/5 til 30/9 opnås for ca. 50 % af de undersøgte søer med det nuværende måleprogram under forudsætning af uafhængige observationer. I perioden fra 1/10 til 30/4 er det urealistisk at forvente en relativ præcision på under 50 % med det nuværende måleprogram.

Af tabellen og af figuren fremgår, at det for total planteplankton, blågrønalg biomasse og dafnier biomasse er urealistisk at forvente en relativ præcision bedre end 50 % med det nuværende måleprogram. For de fleste søer skal prøvetagningsfrekvensen øges voldsomt eller optimere måletidspunktet så man koncentrerer sig om tidspunkter med den maximale biomasse.

Det bør undersøges om de statistiske modeller primært for de biologiske variable kan gøres bedre evt. ved inddragelse af forklarende variable, således at residualvariationen kunne begrænses og præcisionen dermed øges. En sæsonkorrektion udover den nuværende periodeinddeling kunne ligeledes undersøges.

4.2.3 Antal prøver for at detektere en ændring i forhold til foregående sæson

Efter logaritmetransformation af målingerne for total fosfor, total kvælstof og klorofyl α er disse tilnærmelsesvist normalfordelte og variansen på målingerne i hver af de to perioder kan med rimelighed antages at være konstant i årene fra 1989 til 1999. Antallet af gentagne målinger i hver periode som er nødvendige for at detektere en relativ ændring i forhold til det foregående år på d % af det geometriske gennemsnit med en styrke på 80 % kan derfor beregnes for hver af søerne ved hjælp af formel (8) og (9). Samples er således målinger i to perioder (en given sæson i to på hinanden følgende år) for en given sø.

Målingerne for total planteplankton biomasse, blågrønalg biomasse og dafnie biomasse kan ikke med rimelighed antages at være normalfordelte med konstant varians over årene. Heller ikke efter logaritmetransformation er normalfordelingsantagelserne rimelige. For disse variable beregnes antallet af gentagne målinger i hver periode som er nødvendige for at detektere en relativ ændring på d % af det geometriske gennemsnit med en styrke på 80 % for hver af søerne ved hjælp af formel (10). Jævnfør tidligere bemærkninger er der ikke foretaget statistiske beregninger vedrørende periode 2 for disse variable, markeret ved blanke felter i resultattabellerne.

Resultaterne for de enkelte søer ses i bilag 2.2.2. For de kemiske variable angiver beregninger før '/' prøvetagningsfrekvensen beregnet ved standardmetoden under antagelse af uafhængige observationer, mens beregningerne efter '/' angiver prøvetagningsfrekvensen beregnet under antagelse af autokorrelerede observationer. Det skal bemærkes at beregningerne under antagelse af autokorrelation skal tages med forbehold da de er baseret på den gennemsnitlige estimerede korrelationen på baggrund af ca. 10 målinger pr. år for periode 1 og for ca. 8 målinger pr. år for periode 2. Hvis prøvetagningsfrekvensen øges anbefales det at estimere autokorrelationen påny.

Resultaterne er opsummeret i tabel 4.2.2. Tabellen viser den nødvendige prøvetagningsfrekvens pr. år for, at der for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer kan detekteres en relativ ændring i forhold til det foregående år på d % af det geometriske gennemsnit med en styrke på 80 %.

For ingen af de målte variable er det muligt at detektere en relativ ændring på 20 % fra det foregående år for de undersøgte søer. Dette skyldes den store variation i data. For total kvælstof kan en relativ ændring på 50 % detekteres i perioden fra 1/5 til 30/9 for 50 % af de undersøgte søer med en styrke på 80 %. Det vil være væsentligt her at undersøge om en anden prøvetagningsstrategi med prøvetagninger på mere optimale tidspunkter eller inddragelse af forklarende variable så som klima kan reducere den store varians. For nuværende kan de 8-10 prøver pr. periode ikke anvendes til denne test.

Tabel 4.2.2 Antallet af gentagne målinger (frekvensen) i **perioden fra 1/5 til 30/9** som er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en forskel fra det foregående år på *d* % af det geometriske gennemsnit for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. For total kvælstof, total fosfor og klorofyl α angiver tallet før '/' frekvensen beregnet under antagelse af uafhængige observationer, og tallet efter '/' angiver frekvensen beregnet under antagelse af autokorrelation. I det nuværende overvågningsprogram er frekvensen ca. 10.

Andel af søer	<i>d</i> %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total plan-teplankton biomasse	Blågrøn-alge bio-masse	Dafnier biomasse
50 %	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	40 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	20 / 39	34 / 47	>50 / >50	>50	49	>50
	40	13 / 24	21 / 29	>50 / >50	41	44	>50
	50	9 / 15	15 / 21	45 / >50	31	37	>50
75 %	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	37 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	23 / >50	34 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	50	16 / >50	24 / >50	>50 / >50	42	44	>50
Alle	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	44 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	50	31 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50

Tabel 4.2.2 (fortsat) Antallet af gentagne målinger (frekvensen) i **perioden fra 1/10 til 30/4** som er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en forskel fra det foregående år på d % af det geometriske gennemsnit for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. For total kvælstof, total fosfor og klorofyl α angiver tallet før '/' frekvensen beregnet under antagelse af uafhængige observationer, og tallet efter '/' angiver frekvensen beregnet under antagelse af autokorrelation. Blankt felt markerer at beregninger ikke er foretaget (se ovenstående tekst). I det nuværende overvågningsprogram er frekvensen ca. 8.

Andel af søer	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total plan-teplankton biomasse	Blågrøn-alge bio-masse	Dafnier biomasse
50 %	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	29 / >50	34 / 49	>50 / >50			
	40	18 / 46	21 / 30	>50 / >50			
	50	13 / 32	15 / 21	>50 / >50			
75 %	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	49 / >50	47 / >50	>50 / >50			
	40	30 / >50	29 / >50	>50 / >50			
	50	21 / >50	21 / 36	>50 / >50			
Alle	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	40	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	50	48 / >50	45 / >50	>50 / >50			

4.2.4 Antal af år for at detektere en udviklingstendens i niveauet

For hvert år beregnes det geometriske gennemsnit i hver periode for hver sø, og disse anvendes til lineær regression for at beskrive en udviklingstendens over en årrække. I de her anvendte beregninger er det geometriske gennemsnit anvendt, men det kunne lige så godt have været det aritmetriske eller det tidsvægtede gennemsnit der efter logaritmetransformation var blevet anvendt. Samples er således beregnede gennemsnit for hvert år for en given sø.

Et 95 % konfidensinterval beregnes for hver sø ved hjælp af formel (11), og antallet af år der er nødvendige for at den fundne udviklingstendens er statistisk signifikant beregnes.

Resultaterne for de enkelte søer ses i bilag 2.2.3. Resultaterne er opsummeret i tabel 4.2.3. Tabellen viser det nødvendige antal år for at den fundne udviklingstendens er statistisk signifikant for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. Den fundne udviklingstendens er angivet for hver sø og hver variable i bilag 1.2.

Tabel 4.2.3 Antallet af år der er nødvendige for at den **fundne udviklingstendens** (se bilag 1.2) er statistisk signifikant for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. Blankt felt markerer at beregninger ikke er foretaget. Der er pt. gået 11 år.

periode	Andel af søer	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
1/5 – 30/9	50 %	14	11	14	15	16	17
	75 %	24	17	22	20	27	31
	Alle	>50	>50	>50	>50	>50	>50
1/10 – 30/4	50 %	23	12	13			
	75 %	34	16	18			
	Alle	>50	>50	>50			

For total kvælstof, total fosfor og klorofyl α er det nu efter 11 år eller i løbet af få ekstra år muligt at konkludere at den fundne udviklingstendens i perioden fra 1/5 til 30/9 er statistisk signifikant for halvdelen af de undersøgte søer. For de biologiske variable kræves yderligere ca. 5 år for at den fundne udviklingstendens i perioden fra 1/5 til 30/9 er statistisk signifikant for halvdelen af de undersøgte søer.

Hvis overvågningsprogrammet fortsætter i yderligere 20 år er det muligt for de fleste variable at konkludere at den fundne udviklingstendens i begge perioder er statistisk signifikant for 75 % af de undersøgte søer. Enkelte søer kræver mange flere års registreringer for at den fundne udviklingstendens er statistisk signifikant. Det skal her tages med i overvejelserne at hvis niveauet generelt er lavt, da er det svært at finde nogen statistisk signifikant faldende udviklingstendens.

Antallet af år der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens svarende til en ændring på d % pr. år af det geometriske gennemsnit i 1989 med en styrke på 80 % kan beregnes for hver af søerne ved hjælp af formel (12).

Resultaterne for de enkelte søer ses i bilag 2.2.4. Resultaterne er opsummeret for begge perioder i tabel 4.2.4 og for periode 1 i figur 4.2.2. Tabellen og figuren viser det nødvendige antal år for at detektere en udviklingstendens svarende til en ændring på d % pr. år af det geometriske gennemsnit i 1989 med en styrke på 80 % for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer.

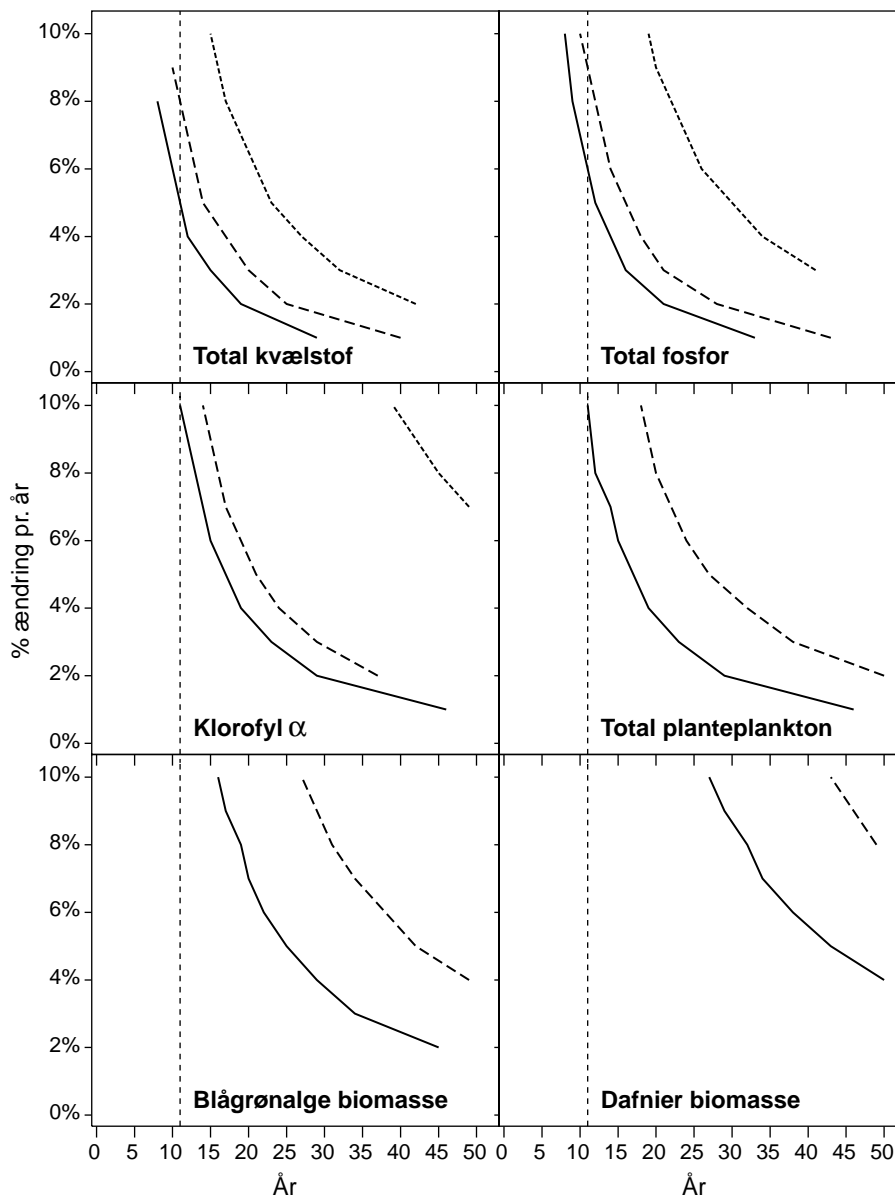
Tabel 4.2.4 Antallet af år der er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens i **perioden fra 1/5 til 30/9** på *d* % pr. år af niveauet i 1989 for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. Der er pt. gået 11 år.

Andel af søer	<i>d</i> %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
50 %	1	29	33	46	46	>50	>50
	2	19	21	29	29	45	>50
	3	15	16	23	23	34	>50
	4	12	14	19	19	29	50
	5	11	12	17	17	25	43
75 %	1	40	43	>50	>50	>50	>50
	2	25	28	37	50	>50	>50
	3	20	21	29	38	>50	>50
	4	17	18	24	32	49	>50
	5	14	16	21	27	42	>50
Alle	1	>50	>50	>50	>50	>50	>50
	2	42	>50	>50	>50	>50	>50
	3	32	41	>50	>50	>50	>50
	4	27	34	>50	>50	>50	>50
	5	23	30	>50	>50	>50	>50

Tabel 4.2.4 (fortsat) Antallet af år der er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens i **perioden fra 1/10 til 30/4** på *d* % pr. år af niveauet i 1989 for henholdsvis 50 %, 75 % og alle de undersøgte søer. Blankt felt markerer at beregninger ikke er foretaget. Der er pt. gået 11 år.

Andel af søer	<i>d</i> %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
50 %	1	36	29	39			
	2	23	19	25			
	3	18	15	19			
	4	15	12	16			
	5	13	11	14			
75 %	1	44	34	50			
	2	28	22	32			
	3	22	17	25			
	4	18	14	21			
	5	16	13	18			
Alle	1	>50	>50	>50			
	2	>50	42	>50			
	3	42	33	39			
	4	35	27	32			
	5	30	24	28			

Figur 4.2.2 Antallet af år som er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens i perioden fra 1/5 til 30/9 på d % pr. år af niveauet i 1989 for henholdsvis 50 % (nederste fuldt optrukne linie), 75 % (midterste stiplede linie) og alle de undersøgte søer (øverste prikkede linie).



For total kvælstof og total fosfor kan der for de fleste af de undersøgte søer nu efter 11 år konkluderes om der er sket en ændring i niveauet fra 1989 på 5 % pr. år, svarende til en 50 % ændring over en 10-årig periode. Ønskes det at detektere en udviklingstendens på 2 % pr. år af 1989-niveauet svarende til en ændring på 20 % over en 10-årig periode for mindst 75 % af søerne, da skal måleprogrammet løbe i næsten 30 år.

For klorofyl α skal måleprogrammet generelt løbe i lidt flere år end for kvælstof og fosfor.

For total planteplankton biomasse går der op til næsten 30 år før der for 75 % af de undersøgte søer kan konkluderes om der er sket en ændring i niveauet fra 1989 på 5 % pr. år. For blågrønalg biomasse skal der bruges endnu flere år, mens det på det nuværende grundlag for dafnier ikke er muligt at afgøre hvor mange år der skal bruges for at detektere en udviklingstendens på 5 % pr. år af 1989-niveauet.

Det bør undersøges om der kan anvendes andre metoder til at detektere en udviklingstendens, fx metoder der indrager forklarende

variable for at minimere residualvariationen, men også metoder der inddrager samvariationen mellem de enkelte variable.

4.3 Det marine miljø

I delprogrammet for marine områder under det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø (NOVA) indgår et stort antal undersøgelsesområder og stationer. Det drejer sig om typefjorde og kystnære områder samt stationer i de åbne havområder. Områderne er udvalgt med hensyn til at få repræsenteret forskellige typer af kyst- og havområder. I den marine overvågning har man både intensive og ekstensive målestationer. De ekstensive stationer er indført for at bidrage til en landsdækkende beskrivelse af tilstand og udvikling, og stationerne er geografisk spredt placeret. De ekstensive stationer har en lavere målefrekvens. Det nøjagtige antal af typefjorde, kyst- og havområder, intensive og ekstensive stationer er angivet i Miljøstyrelsen (2000).

4.3.1 Datagrundlag

I dette afsnit vil vi redegøre for det datamateriale, som ligger til grund for analysen, hvorefter de enkelte indikatorer behandles individuelt. Følgende indikatorer vil blive behandlet:

- DIN, (vinter- og årskoncentration)
- DIP, (vinter- og årskoncentration)
- TN, total kvælstof (årskoncentration)
- TP, total kvælstof (årskoncentration)
- klorofyl (sommer- og årskoncentration)
- sigtddybde (sommer- og årscyber)
- ilt (sommer/efterårskoncentration og hyppighed af iltvind)
- makrovegetation (årsdækningsgrad).

Modellerne for ovenstående indikatorer varierer selvsagt fra station til station, hvorfor der er valgt et passende udpluk af stationer til at beskrive den naturlige rumlige variation, som findes i det eksisterende datamateriale. Vi har valgt at dele stationerne op i 3 klasser og fokusere på de stationer, som har den mest intensive sampling, da modellerne for data derved bliver bedre bestemt. Følgende udpluk af stationer vil derfor blive anvendt i de efterfølgende analyser (med undtagelse af makrovegetation):

Typefjorde:

Roskilde Fjord (station 60)
Odense Fjord (station 6900017)
Horsens Fjord (station 5790)
Ringkøbing Fjord (station 1)
Skive Fjord (station 3727-1)
Limfjorden/Nissum Bredning (station 3702-1)

Kystnære områder:

Køge Bugt (station 1727)
Sjællands nordkyst (station 1939)

Karrebæksminde Bugt (station 0101047)
 Sydfynske øhav (station 6500051)
 Århus Bugt (station 170006)
 Grådyb (station 1610002)

Havområder:

Øresund (station 431)
 Storebælt (station 6700053)
 Lillebælt (station 6870)
 Kattegat (station 409)
 Skagerrak (station 7725)
 Vesterhavet/Årgab (station 44).

Makrovegetationens samlede dækningsgrad er et tal mellem 0 og 100 %. Styrkeberegningerne er udført for 4 stenrev i Kattegat: Herthas Flak, Læsø Trindel, Kims Top og St. Middelgrund. På flere af disse lokaliteter bestemmes dækningsgraden i forskellige dybder, og dybden er en meget afgørende faktor til at forklare variationerne i dækningsgrad.

Opstilling af modeller og statistiske hypoteser

Analyse af data fra de 18 stationer har vist, at det er rimeligt at beskrive ovennævnte observationerne af de valgte målevariable ved følgende fordelinger.

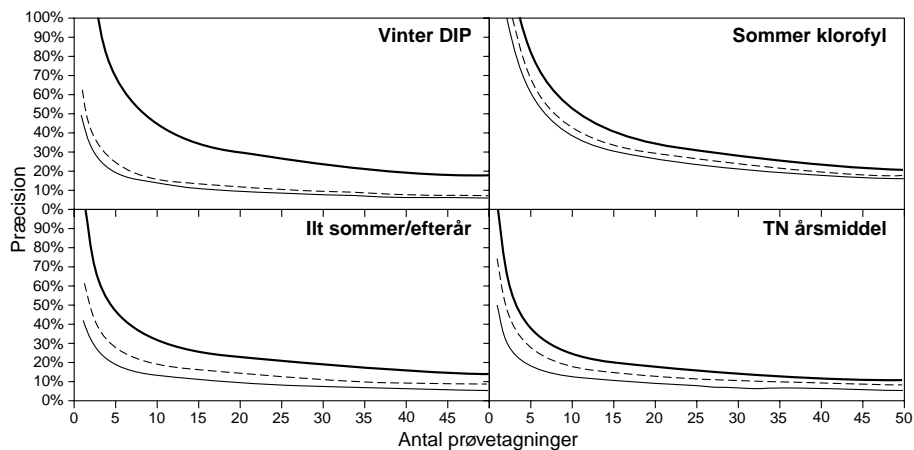
Indikator	Fordeling	Parametre i fordeling
DIN	Lognormal	$LN(v; \delta^2)$
DIP	Lognormal	$LN(v; \delta^2)$
TN	Lognormal	$LN(v; \delta^2)$
TP	Lognormal	$LN(v; \delta^2)$
Klorofyl	Lognormal	$LN(v; \delta^2)$
Sigtdybde	Normal	$N(\mu; \sigma^2)$
Ilt	Normal	$N(\mu; \sigma^2)$
Iltsvindshyppighed	Binomial	$B(n; p)$
Makrovegetation dækningsgrad	Normal efter logistisk transformation	$N(\mu; \sigma^2)$

Disse fordelinger beskriver variationen i enkeltmålinger, hvor det antages at middelværdien kan beskrives ved en år-til-år variation og evt. en sæsonvariation.

4.3.2 Antal prøver for at bestemme niveauet med en ønsket præcision

Ud fra ovenstående fordelingsantagelser og de bestemte modeller i bilag 1.3 er antallet af observationer pr. år beregnet for at opnå præcisionen d (bilag 2.3.1). Til disse beregninger er formlerne (1), (3) og (5) anvendt. Samples er således målinger i et givet år for en givet målestation. Sammenhængen mellem antallet af observationer, der indgår i beregningen af de valgte variable, og den beregnede præcision på variablene er vist i figur 4.3.1.

Figur 4.3.1 Antallet af observationer nødvendige for at opnå en given præcision for 4 udvalgte indikatorer. Linier angiver at 50 % af de undersøgte stationer opnår den afbildede præcision (nederste fuldt optrukne linie), 75 % af de undersøgte stationer opnår den afbildede præcision (stiplede linie) og alle de undersøgte stationer opnår den afbildede præcision (øverste fuldt optrukne linie).



Af tabellerne i bilag 2.3.1 fremgår, at det for alle de behandlede indikatorer er urealistisk at forvente en præcision på $d=5\%$, da dette stort set for alle stationer og variable vil kræve mindst 50 prøvetagninger om året. En præcision på 20 % vil derimod typisk kræve 5-30 målinger i hver periode for vinter DIN og DIP, årlig TN og TP, sigtddybde og iltkoncentrationer. Årlig DIN og DIP, klorofyl og iltsvindshyppighed har derimod større variationer, og en præcision på 20 % opnås kun ved >30 prøvetagninger i perioden.

Intensive stationer vil typisk have ca. 4 observationer i vinterperioden, ca. 12 observationer i sommerperioden og sommer/efterår for iltindikatorer og ca. 26 observationer på årsbasis. Dette medfører, at præcisionen for halvdelen af stationerne på vinterindikatorer er ca. 20-30 %, på sommer sigtddybde ca. 13 %, på sommer klorofyl ca. 36 %, på sommer/efterår iltkoncentration ca. 12 %, DIN, DIP og klorofyl årsmidler ca. 30 % og 8-12 % for sigtddybde, TN og TP årsmidler. Indikatorer for DIN, DIP og klorofyl har dermed den ringeste præcision, hvilket skyldes den generelt store variation i disse tilstandsvariable, som kun delvist kan forklares ved en sæsonkorrektion. Det vil derfor være urealistisk at forvente en præcision under 30 % for indikatorer baseret på DIN, DIP og klorofyl.

Makrovegetationen har derimod kun behov for 3-4 observationer om året for at bestemme en dækningsgrad med en spredning på under 20 %, fx $50 \pm 20\%$. Da dybden indgår som forklarende variabel i analysen, kan observationerne udgøres af bestemmelser på flere dybder. Dækningsgraden på et stenrev kan derfor bestemmes med en spredning på $\pm 20\%$ ved et enkelt togt, såfremt der udføres mindst 4 bestemmelser. En spredning i dækningsgraden på $\pm 10\%$ opnås ved 6-15 observationer pr. år.

4.3.3 Antal prøver for at detektere en ændring i forhold til foregående sæson

De beregnede stikprøvestørrelser for at detektere et niveauskift mellem to år af størrelsen d er tabelleret i bilag 2.3.2. Samples er i denne situation målinger i to på hinanden følgende år for en given station. Til beregningerne er anvendt formlerne (6) og (8) samt afsnit 3.6.4. Den statistiske test (to stikprøver) stiller større krav til antallet af observationer i forhold til det forrige test (en stikprøve). For størstedelen af stationer og indikatorer skal der foretages mindst 30 prøvetag-

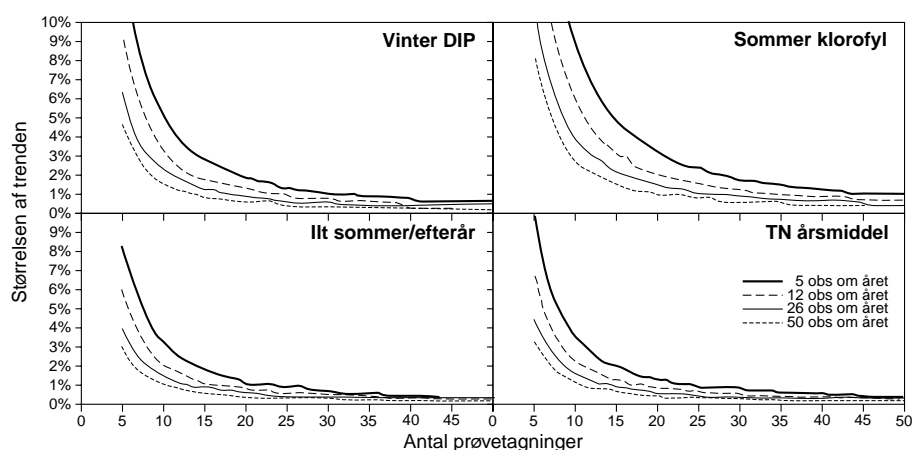
ninger hvert år for at kunne detektere en niveauforskel på 20 %. For årsmiddel af DIN og DIP og klorofyl er 50 prøvetagninger om året endda ikke tilstrækkeligt til at kunne detektere en forskel på 20 %.

For næsten alle indikatorer på alle stationer gælder, at en niveauforskel på 20 % ikke vil kunne detekteres med det nuværende program. Dette skyldes den store variation i data. Måleprogrammet bør ikke optimeres ud fra ønsket om at kunne detektere en ændring på 20 % mellem to på hinanden følgende år.

4.3.4 Antal år for at detektere en udviklingstendens i niveau

Ud fra ovenstående fordelingsantagelser og de bestemte modeller i bilag 1.3 er antallet af år beregnet for at detektere en trend af størrelsen d % pr. år bilag 2.3.3. Udregningerne er foretaget med 5 forskellige prøvetagningsfrekvenser ($m=2, 5, 12, 26, 50$ prøver om året) og med formlerne fra afsnit 3.7.5. Disse prøvetagningsfrekvenser svarer til de hyppigst anvendte i NOVA-programmet for det marine miljø. Sammenhængen mellem antallet af år og den udvikling, som vil kunne detekteres på halvdelen af de undersøgte stationer med en styrke på 80 %, er desuden vist i figur 4.3.2 for forskellige prøvetagningsfrekvenser.

Figur 4.3.2 Antallet af år til at bestemme en trend med en styrke på 80 % på halvdelen af de undersøgte 18 stationer. Ved at øge antallet af prøvetagninger om året er det muligt at detektere en mindre trend, men for lange tidsserier bliver effekten af mange årlige prøvetagninger marginal.



For størstedelen af de undersøgte indikatorer vil vi kunne se trends på 1-2 % for halvdelen af stationerne ved udgangen af NOVA-programmet (15 år). Indikatorer baseret på DIN, DIP og klorofyl indeholder dog langt større variationer og udviklinger i størrelsesordenen 3-5 % vil kunne detekteres indenfor 15 år på halvdelen af stationerne. For ekstensive stationer med op til 12 prøvetagninger om året og en udvikling på 1 % pr. år vil det typisk kræve mindst 30 år før vi har detekteret en trend. Intensive stationer kræver lidt færre år. Derimod vil en udvikling på 5 % og 50 prøvetagninger om året typisk kræve ca. 10 år. Imellem disse to yderpunkter er der mange kombinationer af antallet af prøvetagninger og antal år, som tilfredsstiller et styrkekrav på 80 %.

Der er meget store variationer i det nødvendige antal år for at detektere en trend af størrelsen d %. For de fleste stationer og indikatorer vil tidsserier omkring 30 år med nuværende målefrekvens være til-

strækkeligt til at detektere en udvikling på 1-2 %. Med udgangen af NOVA-programmet vil der fra VMP-programmets start være 15 år på en stor del af stationerne. Lægger vi dertil det nye NOVANA program, vil vi kunne opnå tidsserier på omkring 20 år.

For stenrev vil der typisk være behov for overvågning i ca. 20 år ved en trend på 5 %, hvorimod en ændring på 1 % vil kræve mere end 50 år på alle stenrev. Disse beregninger er kun foretaget for op til 5 bestemmelser af dækningsgraden pr. stenrev pr. år. Det vil være muligt at reducere antallet af år ved forøgelse af antallet af observationer pr. år.

4.4 Luftkvalitet

I NOVA programmet indgår der 8 stationer, hvor der måles forskellige kvælstof parametre. På 6 af stationerne er der målinger af atmosfærens indhold af ammonium og ammoniak, og på 8 af stationerne opsamles nedbøren til analyse for kemiske variable.

Våddepositionen af ammonium behandles i nedenstående analyser som en middelværdi og ikke en integreret værdi som beskrevet i målsætningen ovenfor. Denne forskel har imidlertid ingen effekt på resultaterne, idet der kun er en skaleringsfaktor til forskel mellem middelværdi og integreret værdi.

Det har ikke været muligt i de udførte analyser at tage højde for geografiske forskelle og forskelle i landskabstyper, da der ikke har været en vægtning mellem de enkelte stationer, som tog højde for disse variationer. Såfremt en sådan vægtning mellem stationer tilvejebringes, som angiver hvor repræsentative de enkelte stationer er for landsgennemsnittet, vil styrkeberegningerne kunne udføres til at tage højde for disse faktorer. Nedenstående beregninger for landsgennemsnit er foretaget med lige vægt på alle stationer. Der har ikke været klimatiske data til rådighed for projektet, som kunne forklare variationerne i de undersøgte variable, og der har ligeledes ikke været muligt at skelne mellem depositionsbidrag fra Danmark og udlandet.

4.4.1 Deskriptiv analyse af eksisterende data

For at kunne foretage styrkeberegninger for luftovervågningsprogrammet er det vigtigt at bestemme de aktuelle variationer i måledata, dvs. vi ønsker at bestemme en fordeling for data som karakteriserer vores målinger under nulhypotesen.

Data fra perioden 1997-99 er blevet analyseret. Det drejer sig om følgende variable:

1. Ammoniumkoncentrationen ($\mu\text{g N/m}^3$) i luften målt ved analyse af filtre, hvorigennem 58 m^3 luft har passeret. Der er målinger fra følgende 6 stationer: Anholt, Frederiksborg, Keldsnor, Lindet, Tange og Ulborg (Ll. Valby er udeladt). Der er foretaget daglige observationer med ganske få manglende observationer i de 6 tidsserier.
2. Ammoniakkoncentrationen ($\mu\text{g N/m}^3$) i luften målt ved analyse af

filtre, hvorigennem 58 m³ luft har passeret. Der er målinger fra følgende 6 stationer: Anholt, Frederiksborg, Keldsnor, Lindet, Tange og Ulborg (L. Valby er udeladt). Der er foretaget daglige observationer med ganske få manglende observationer i de 6 tidsserier. En del af målingerne var under detektionsgrænsen og disse værdier er erstattet med den halve detektionsgrænse for den videre analyse.

3. Våddepositionen af ammonium (kg N/km²) er beregnet ved at måle nedbørmængden og koncentrationen i bulkopsamlere, som tømmes ca. hver 14 dag. Periodelængden mellem tømninger kunne dog variere fra 10-21 dage og en lineær regression viste en signifikant sammenhæng mellem den beregnede våddeposition og længden af opsamlingsperioden. Derfor blev data for våddeposition omregnet til daglige depositioner ved at dividere med periodelængden. Der er ganske få manglende observationer i datasættet.

Fordelingerne af ammonium- og ammoniakkoncentrationen samt våddepositionen af ammonium var alle udpræget højreskæve. Det er derfor fundet rimeligt at beskrive alle 3 variable med en lognormal fordeling. Data er log-transformeret inden den videre analyse, og de data, som der refereres til i det følgende, er de log-transformerede variable. For de udførte styrkeberegninger på trendanalysen har dette den konsekvens, at der undersøges for en eksponentiel trend. Middelværdi, spredning og autokorrelation i de anvendte tidsserier er givet i bilag 2.4.

Korrelationen mellem samtidige målinger af ammonium- og ammoniakkoncentrationen er bestemt, og for Lindet blev der fundet en signifikant positiv korrelation og for Tange blev der fundet en signifikant negativ korrelation. Disse korrelationer kan være udslag af lokale forhold, og det antages generelt, at disse to målinger er uafhængige. Derimod er der signifikant korrelation mellem samtidige målinger på de undersøgte stationer ($\rho=0,38-0,80$) og signifikant seriel korrelation mellem daglige observationer af ammonium og ammoniak koncentrationer ($\rho=0,51-0,77$). Den serielle korrelation mellem våddepositioner var derimod ikke signifikant.

Målingerne i overvågningsprogrammet for luft er karakteriseret ved en fast frekvens. Derfor beregnes præcisionen i de anvendte test for forskellige indsamlingsfrekvenser.

4.4.2 Præcision af månedsmiddel

Til dette formål er gennemsnittet af ammonium- og ammoniakkoncentration samt våddeposition for hver måned og den serielle korrelation af residualerne beregnet. Korrektionen for sæsonvariationen reducerede den serielle korrelation i de daglige observationer af ammonium ($\rho=0,42-0,52$) og ammoniak ($\rho=0,35-0,51$). Præcisionen på månedsmidlen er derefter beregnet for forskellige frekvenser i prøvetagningen. Resultaterne beregnes for de log-transformerede data og transformeres derefter tilbage til den geometriske middelværdi (medianen) og spredningen på denne. Forholdet mellem disse to

størrelser angiver den relative spredning eller præcisionen.

Det er ikke muligt med daglige observationer for ammonium og ammoniak eller ugentlige observationer af våddepositionen at opnå en præcision på under 20 %. Præcisionen for månedsmidler med det nuværende program er ca. 25 % for filterprøver og lidt højere for våddeposition.

4.4.3 Præcision af årsmiddel

Til dette formål er gennemsnittet af ammonium- og ammoniakkoncentration samt våddeposition og den serielle korrelation af residuaerne beregnet, idet der for hele tidsserien er taget højde for sæsonvariation. Dette resulterer i lidt højere spredninger og seriel korrelation i forhold til beregningerne under månedsmiddel. Korrektionen for sæsonvariationen reducerede den serielle korrelation i de daglige observationer af ammonium ($\rho=0,51-0,74$) og ammoniak ($\rho=0,35-0,51$). Præcisionen på månedsmidlen er derefter beregnet for forskellige frekvenser i prøvetagningen. Resultaterne beregnes for de logtransformerede data og transformeres derefter tilbage til den geometriske middelværdi (medianen) og spredningen på denne. Forholdet mellem disse to størrelser angiver den relative spredning eller præcisionen.

Ved beregning af årsmiddel for filterprøverne opnås typisk en præcision på omkring 10 %. Præcisionen bliver ikke væsentligt forringet ved nedsættelse af frekvensen, hvilket skyldes den store korrelation mellem målinger i tid. Derimod ses præcisionen at blive væsentligt forringet ved nedsættelse af frekvensen for våddeposition. Præcisionen for årsmidler med det nuværende program er ca. 5-10 % for filterprøver og lidt højere for våddeposition.

4.4.4 Præcision af månedsmiddel på landsplan

Månedsmidler for luftkvalitet udregnes på landsplan ved at beregne middelværdien over et antal stationer. Det er dog vigtigt at pointere, at en sådan middelværdi kan have en stor bias, hvis stationerne ikke er repræsentative for landet som helhed. Vi fandt tidligere en stor korrelation mellem samtidige målinger på de udvalgte stationer. Lad os nu antage, at der er gennemsnitlig korrelation mellem stationer på $\rho_{station}=0,5$. Vi vil nu udregne præcisionen i månedsmidlen på landsplan for 2, 4, 6, 8 og 10 stationer. Parametrene til beregningen er fundet ved midling over stationerne.

Præcisionen forbedres mærkbart ved at øge antallet af stationer, men efterhånden som antallet af stationer stiger, bliver forbedringen mindre og mindre. For filterprøver skal man have ca. 4-8 stationer, afhængig af samplingsfrekvensen, for at opnå en præcision på 10 %. Det nuværende overvågningsprogram giver en præcision på 7,5 % for ammonium, 7,7 % for ammoniak og 25,3 % for våddeposition.

4.4.5 Præcision af årsmiddel på landsplan

Årsmidler for luftkvalitet udregnes på landsplan ved at beregne middelværdien over et antal stationer. Det er dog vigtigt at pointere,

at en sådan middelværdi kan have en stor bias, hvis stationerne ikke er repræsentative for landet som helhed. Vi antager som ovenfor, at der er gennemsnitlig korrelation mellem stationer på $\rho_{station}=0,5$, og udregner præcisionen i årsmidlen på landsplan for 2, 4, 6, 8 og 10 stationer. Parametrene til beregningen er fundet ved midling over stationerne.

Præcisionen for filterprøver ligger i størrelsesordenen 2-7 % og 5-40 % for våddeposition. Det er muligt med ganske få stationer at opnå en præcision på 5 % for filterprøver og 10 % for våddeposition. Det nuværende overvågningsprogram giver en præcision på 2,2 % for ammonium, 2,7 % for ammoniak og 9,3 % for våddeposition.

4.4.6 Antal prøver til at detektere en ændring i forhold til foregående måned og år

På basis af de beregnede månedsmidler og spredninger er det undersøgt, om det er muligt at detektere en forskel mellem to månedsmidler på 5 %, 10 %, 15 % og 20 %. Da spredningen på månedsmidlerne er stor, er det ikke muligt at bestemme en niveauforskel på selv 20 % mellem måneder for nogen af stationerne med en styrke på mindst 80 %.

For årsmidler var det muligt at detektere en niveauforskel på 20 % for ammonium på Keldsnor og en niveauforskel på 20 % for ammoniak på Tange med en styrke på mindst 80 %. For våddeposition kan man ikke detektere en niveauforskel mellem år på 20 % med en styrke på mindst 80 %.

4.4.7 Antal år for at detektere en udviklingstendens

For at kunne bestemme antallet af år for at kunne detektere en betemt udviklingstendens, er det nødvendigt at bestemme variationen mellem år. Datamaterialet er imidlertid ikke tilstrækkeligt til at bestemme denne variation med stor præcision, og vi antager derfor, at $\sigma_{\text{år}}^2$ har samme størrelse som variansen på årsmidlen.

For filterprøverne skal der monitoreres i ca. 10 år før en trend på 5 % pr. år kan detekteres og ca. 30 år før en trend på 1 % pr. år kan detekteres. Derimod skal der monitoreres våddeposition i over 30 år for at detektere tilsvarende trends. Reduktion af samplingsfrekvensen har ikke den store effekt på antallet af år for at detektere en trend.

4.5 Grundvand

4.5.1 Datagrundlag

I delprogrammet for grundvandsovervågning under det NOVA indgår 67 grundvandsområder (GRUMO) med godt 1000 filtre, der er egnede til analyse for grundvandets hovedbestanddele. Endvidere omfatter grundvandsovervågningen et antal filtre i grundvandet i de fem landovervågningsoplande (LOOP).

For grundvand er der formuleret 2 faglige spørgsmål angående dimensioneringen af overvågningsprogrammet. Til beregningerne er anvendt 11 års empiriske data fra overvågningsprogrammet indsamlet i årene fra 1989 til 1999. Beregningerne for nitrat i grundvand omfatter 4 områder:

Lillebæk på Fyn (lerområde)
Bolbro Bæk i Sønderjylland (sandområde)
Rabis Bæk i Viborg Amt (sandområde)
Homå i Århus Amt (moræneler som dæklag)

Lillebæk og Bolbro Bæk er LOOP områder, mens Rabis Bæk og Homå er GRUMO områder. For Lillebæk og Bolbro Bæk er der data fra henholdsvis 71 og 58 filtre, mens der fra Rabis Bæk og Homå er data fra henholdsvis 120 og 28 filtre. I alle de 4 områder er det ung grundvand der måles på. Ældre grundvand vil have lavere koncentrationer og mere stabile koncentrationer. Dette forhold har man allerede taget højde for i måleprogrammet i den nuværende overvågning med lavere målefrekvens i områder med ældre grundvand.

Desuden er der anvendt følgende 3 filtre fra GRUMO områder til beregningerne vedrørende pesticider (GRUMO område er nævnt i parentes):

13.11.14.02 (Frederiksberg)
76.14.02.02 (Thisted)
76.14.03.03 (Thisted)

Følgende variable er analyseret:

- nitrat (mg l^{-1})
- dichlorprop ($\mu\text{g l}^{-1}$)
- mechlorprop ($\mu\text{g l}^{-1}$)
- atrazin ($\mu\text{g l}^{-1}$).

Målinger hvor indholdet af nitrat eller pesticider er under detektionsgrænsen er sat til $\frac{1}{2}$ gange detektionsgrænsen. De relevante statistiske størrelser der bruges i beregningerne er angivet i bilag 1.4.

4.5.2 Antal prøver for at bestemme niveauet af nitrat med en ønsket præcision

Efter logaritmetransformation af målingerne for nitrat er disse tilnærmelsesvist normalfordelte og variansen på målingerne kan med rimelighed antages at være konstant i årene fra 1989 til 1999. Antallet af gentagne målinger hvert år som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit kan derfor beregnes for hvert af områderne ved hjælp af formel (3).

Tabel 4.5.1 Antallet af gentagne målinger pr. år (frekvensen) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit. Frekvensen i det nuværende overvågningsprogram er angivet i () efter hvert område.

Område	d %	Nitrat
Bolbro (195)	10	>500
	20	489
	30	238
	40	146
	50	101
Homå (49)	10	>500
	20	>500
	30	417
	40	255
	50	176
Lillebæk (180)	10	>500
	20	>500
	30	287
	40	176
	50	122
Rabis (125)	10	>500
	20	>500
	30	384
	40	235
	50	163

Af tabellen fremgår det at den relative præcision i det nuværende overvågningsprogram er på 30-40 % i LOOP områderne Bolbro Bæk og Lillebæk, mens det i GRUMO områderne Homå og Rabis Bæk er dårligere end 50 %. For alle områderne gælder at frekvensen skal øges til ca. 500 målinger pr. år for at opnå en relativ præcision på 20 %.

Det bør undersøges om statistiske modeller der udnytter den rumlige korrelation kunne anvendes til at minimere residualvariationen og dermed forbedre præcisionen.

4.5.3 Antal af år for at detektere en udviklingstendens i niveauet af nitrat

For hvert år beregnes det geometriske gennemsnit for hvert område, og disse anvendes til lineær regression for at beskrive en udviklingstendens over en årrække. I de her anvendte beregninger er det geometriske gennemsnit anvendt, men det kunne lige så godt have været medianen, det aritmetriske eller det tidsvægtede gennemsnit der efter logaritmetransformation var blevet anvendt.

Antallet af år der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens svarende til en ændring på d % pr. år af det geometriske gennemsnit i 1989 med en styrke på 80 % kan beregnes for hver af områderne ved hjælp af formel (12).

Tabel 4.5.2 Antallet af år der er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens på d % pr. år af niveauet i 1989. Der er pt. gået 11 år.

Område	d %	Nitrat
Bolbro	1	>50
	2	>50
	3	>50
	4	43
	5	37
Homå	1	>50
	2	>50
	3	42
	4	35
	5	30
Lillebæk	1	50
	2	32
	3	25
	4	21
	5	18
Rabis	1	>50
	2	33
	3	25
	4	21
	5	18

For Lillebæk og Rabis Bæk er det efter ca. 20 år sandsynligt (>80 %) at man kan detektere en udvikling på 4 % pr. år. Efter 30 år kan der detekteres en ændring på 2 % pr. år.

For Bolbro og Homå kræves der mindst 30 års målinger før der kan detekteres en ændring på 5 % pr. år med en styrke på 80 %.

Det er dermed kun store ændringer der kan bestemmes statistisk sikkert efter en kortere årrække. Et fund af mindre årlige ændringer er urealistisk. For filtre beliggende i de øvre lag bør man undersøge om klimakorrektion kan reducere residualvariansen.

4.5.4 Antal prøver for at bestemme niveauet af pesticider i grundvand med en ønsket præcision

For pesticider er der meget få filtre med et tilstrækkeligt datagrundlag til en statistisk beregning. Efter logaritmetransformation af målingerne for dichlorprop., mechlorprop. og atrazin i grundvand er disse tilnærmelsesvist Normalfordelte og variansen på målingerne kan med rimelighed antages at være konstant over den målte periode. Antallet af gentagne målinger i hver periode som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit kan derfor beregnes for hvert af filtrene ved hjælp af formel (3).

Resultatet fra de tre filtre ses i tabel 4.5.3.

Tabel 4.5.3 Antallet af gentagne målinger pr. år (frekvensen) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit. I det nuværende overvågningsprogram er frekvensen 4. Blankt felt markerer at der ikke er datagrundlag til beregninger.

Filter	d %	Dichlorprop	Mechlorprop	Atrazin
13.11.14.02	10	>50	>50	
	20	>50	44	
	30	42	23	
	40	26	15	
	50	19	11	
76.14.02.02	10			>50
	20			21
	30			12
	40			8
	50			7
76.14.03.03	10			>50
	20			37
	30			19
	40			13
	50			10

For ingen af de undersøgte filtre er det muligt at opnå en relativ præcision på de analyserede pesticider bedre end 50 %. Dette kan skyldes at datagrundlaget er for lille, dog bør det nok også overvejes, selv med et større datamateriale, at anvende en binomialmodel til at beskrive om pesticidkoncentrationen er over eller under en given grænse.

4.6 Landovervågningen

For at kunne besvare de to statistiske spørgsmål er det nødvendigt at have empiriske data, som beskriver usikkerheden og variationen ved måling af kvælstofudvaskningen. Det empiriske datamateriale stammer fra Landovervågningen under Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Her beregnes der bl.a. kvælstofudvaskninger fra rodzonen for en række stationsmarker, som er udstyret med sugeceller. Der indgår i programmet i alt 40 stationsmarker fordelt over 6 oplande (tre på ler og tre på sand). Udvasningen beregnes på ugebasis ved multiplikation af den ugentlige kvælstofkoncentration og den tilhørende perkolation (nettoudsivning af vand). Herefter summeres de ugentlige udvaskninger til en årlig udvaskning, baseret på et hydrologisk år fra 1. juni til 31 maj.

I nærværende statistiske analyse har samhoørende værdier af landbrugspraksis og udvaskning for høstårene 1991-97, svarende til de hydrologiske år 1991/92-1997/98, været til rådighed. I alt er 34 stationer med udvaskningsdata fra de 7 hydrologiske år medtaget i analysen. Seks stationer er ikke medtaget, idet en af disse ligger i skov, og de øvrige 5 stationer har været ude af drift i kortere eller længere perioder.

Kvælstofudvaskningen i et hydrologisk år, er for den enkelte stationsmark opskaleret til ha, og angives i kg N ha⁻¹. Denne transformeres før de statistiske beregninger med den naturlige logaritme, dvs.

$$x = \log_e(y+1).$$

(Der er lagt 1 til udvaskningen, idet denne i enkelte tilfælde har været 0, på grund af nul perkulation). Den deskriptive statistik er henlagt til bilag 1.6.

4.6.1 Antal stationsmarker for estimation af udvaskningsniveau for et enkelt år

Kvælstofudvaskningen er efter logaritmetransformationen tilnærmelsesvis normalfordelt med en ligeledes tilnærmelsesvis konstant varians for de hydrologiske år fra 1991/92 til 1997/98. Antallet af stationsmarker som er nødvendige for at opnå en relativ præcision på d % af det geometriske gennemsnit for udvaskningen af kvælstof på landsplan er vist i tabel 4.5.1.

Tabel 4.6.1 Antallet af stationsmarker som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit for kvælstofudvaskningen. Formel (3) er anvendt.

Hele landet	d %	Antal stationer
	5	1745
	10	459
	15	215
	20	128
	30	63

Af resultaterne i tabellen fremgår det at med det nuværende antal stationsmarker er præcisionen dårligere end 30 %. For at opnå en relativ præcision på 20 % skal programmet have tre gange så mange stationsmarker.

4.6.2 Antallet af målear samt antallet af stationsmarker for detektion af udviklingstendens

Logaritmen til kvælstofudvaskningen pr. hydrologisk år anvendes i en lineær regression for at beskrive en eventuel udviklingstendens over en årrække. Antallet af år og stationsmarker der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens på d % pr. år af niveauet i 1991/92 med en styrke på 80 % er vist i tabel 4.6.2.

Resultaterne viser at man med det nuværende program kan påvise en udviklingstendens på samlet 20-30 % over 10 år set i forhold til niveauet i 1991/92. Med en tredobling af programmet kan man påvise en udviklingstendens på samlet 10-20 % over 10 år igen set i forhold til 1991/92-niveauet.

Table 4.6.2 Det nødvendige antal år og antal stationsmarker for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens på d % pr. år. Analyserne er udført på logaritmetransformerede data. Metoden i afsnit 3.7.5 er anvendt.

Hele landet	d %	Antal år	Antal stationer
	1	5	1808
	2	5	456
	3	5	205
	4	5	117
	5	5	76
	1	7	645
	2	7	164
	3	7	74
	4	7	42
	5	7	28
	1	10	219
	2	10	56
	3	10	26
	4	10	15
	5	10	10
	1	15	65
	2	15	17
	3	15	8
	4	15	5
	5	15	3

4.7 Punktkilder

Det nuværende overvågningsprogram for punktkilder indeholder prøvetagninger for rensningsanlæg, særskilte industriudledninger, regnvandsudledninger, spredt begyggelse samt dambrug. Programmet indeholder omtrent 2000 kommunale rensningsanlæg med et måleprogram med en frekvens på 2-24 prøver årligt. Antallet af virksomheder med særskilt udledning som indgår i programmet er ligeledes stort. Årsagen til at man har data fra så mange udledere er at disse er pålagt at indsamle data til afløbskontrol af udledningerne. For punktkilde programmet har vi besvaret spørgsmålet vedrørende præcisionen for koncentrationsniveauet for et enkelt år for et given rensningsanlæg. Vi har anvendt empiriske data (1986-2001) fra syv rensningsanlæg i Ringkøbing Amt. Beregningerne er gennemført for total kvælstof (TOTN) og total fosfor (TOTP).

4.7.1 Antal prøver for estimation af koncentrationsniveau for et enkelt år og for et enkelt rensningsanlæg

Koncentrationsniveauet for variablene TOTN og TOTP bestemmes ved at beregne et gennemsnit af årets målinger. Indledende test har vist at disse to variable er log-normalfordelte og variansen på målingerne kan antages at være konstant i årene fra 1986 til 2001. Antallet af prøvetagninger hvert år som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit kan derfor beregnes for hvert rensningsanlæg ved hjælp af formel (3). Resultaterne for to

rensningsanlæg er gengivet i tabel 4.71. Resultater for alle de syv rensningsanlæg er i bilag 2.5 og den deskriptive statistik i bilag 1.6.

Tabel 4.7.1 Antallet af årlige prøvetagninger (frekvens) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit for total kvælstof og total fosfor. Formel (3) er anvendt. Frekvensen af det nuværende program for hvert rensningsanlæg er angivet i (). PE er en forkortelse for personækvivalent (se Miljøstyrelsen, 2000)

	d %	Total kvælstof	Total fosfor
Holstebro (25)	5	168	264
Belastning: 115.000 PE	10	46	71
Type: Mekanisk, biologisk,	15	23	35
med kvælstoffjernelse og	20	15	22
kemisk fosforfjernelse	30	9	12
Brande (12)	5	512	726
Belastning: 11.000 PE	10	136	192
Type: Mekanisk, biologisk,	15	65	91
med kvælstoffjernelse og	20	39	55
kemisk fosforfjernelse	30	21	28

Det fremgår af tabellen og bilag 2.5 så svarer den relative præcision i det nuværende program til 20-40 %. Med den dårligste præcision for koncentrationer af total fosfor. For at opnå en generel præcision på 20% bør frekvensen altså forøges for nogle rensningsanlæg. En væsentlig årsag til den dårlige præcision er stor variabilitet i data på grund af nogle enkelt store pulser, dvs. enkelte meget store koncentrationer.

4.8 Change-point detektion

Resultaterne af powerberegningerne for change-point detektion, lineær regression og Kendall's τ for model A og B er vist i bilag 2.6.2. Forholdet γ/σ angiver signal-støj forholdet, som er afgørende for hvor stor styrke, der kan opnås i et test.

Generelt er lineær trend og Kendall's τ bedre end change-point detektion til at detektere en udvikling for model A – specielt når skiftet i tidsserien sker sent. Lineær regression er en anelse bedre end Kendall's τ for model A, hvilket skyldes at modellen er simuleret ud fra en lineær model med normalfordelt støj. For model B er change-point detektion bedre end lineær regression og Kendall's τ , når skiftet i tidsserien ikke ligger for sent. Hvis skiftet ligger efter 70 % af observationerne, vil både lineær regression og Kendall's τ opnå en power over 80 %. De bedste resultater med change-point detektion opnås, hvis skiftet ligger midt i tidsserien.

Hvis tidsserien indeholder et skift, er det sandsynligt at vi vil detektere en udvikling med lineær regression og Kendall's τ , såfremt der er tilstrækkeligt datamateriale. Disse to metoder har dog den uheldige konsekvens, at de ikke beskriver udviklingen korrekt. Change-point detektion er derfor et godt supplement til lineær regression og Kendall's τ , hvis tidsserien forventes at indeholde et skift.

4.9 Effekt af forklarende variable på styrkeberegninger

I de foregående afsnit er benyttet simple fordelinger evt. kombineret med sæsonvariation i middelværdien til at modellere variationerne i de undersøgte variable. Disse fordelinger er benyttet til at beregne det nødvendige antal observationer til at opnå en styrke på mindst 80 %. Styrkeberegningerne afhænger af to vigtige faktorer: 1) den ændring, som der skal testes for (d) og 2) den stokastiske variation i data (residualvariationen) (s , σ). De to faktorer har en modsat rettet effekt, idet en større ændring er lettere at detektere og kræver mindre data, hvorimod en større residualvariation kræver flere data, før man kan udtale sig med statistisk sikkerhed.

Den ændring, som vi vil detektere, kan vi ikke umiddelbart påvirke med den statistiske model, men det er muligt at reducere residualvariationen ved at inddrage andre forklarende variable i modellen. Dette betyder, at middelværdien for en variabel ikke kun beskrives ved en konstant parameter, men at middelværdien er en funktion af en eller flere forklarende variable. Disse forklarende variable er typisk klimadata, som giver anledning til store variationer i data. Dette illustreres ved nogle eksempler i det følgende.

4.9.1 Eksempel fra vandløbsovervågningen

Det første eksempel vi vil vise er fra vandløbsovervågningen. I afsnit 4.1.2 beregnede vi i hvor mange år man skulle måle i 20 udvalgte vandløb for at opnå en styrke på 80 % i en trendanalyse (se tabel 4.1.4). Disse beregninger var uden korrektion for afstrømning. Både kvælstof- og fosforkoncentrationer afhænger af afstrømningen, så variationer i afstrømningen bidrager til variationer i koncentrationsniveauet. Lad os genberegne det nødvendige antal år for de 20 vandløbsstationer. Korrektion for afstrømning foregår ved først at gennemføre en lineær regressionsanalyse på koncentration mod afstrømning. Dernæst benyttes formlerne (11), (12) eller (13) på residualer mod år. Residualerne omtales som afstrømningskorrigerede koncentrationer (klimakorrigerede). Resultaterne af beregninger på de korrigerede data er givet i tabel 4.9.1. Man kan detektere en signifikant udviklingstendens 1 til 2 år før ved udnytte afstrømningen i trendanalysen.

Det er især fosfor som i vandløbsovervågningen har vist faldende koncentrationer. Hovedsageligt fordi bidrag fra punktkilder er faldet. Kvælstof viser også faldende tendenser men ikke i samme grad som fosfor og primært for vandløb med punktkildebelastninger. Korrektion for afstrømning kan forøge styrken af trendtesten og ligeledes forkorte antallet af år før man ser signifikante udviklingstendenser.

Endelig skal vi nævne, at der ikke må være signifikante udviklingstendenser i klimavariablen (fx afstrømning). Er der dette, kan man ikke udelukke at en eventuel trend i de korrigerede data også skyldes klima og ikke kun på grund af en menneskelig påvirkning.

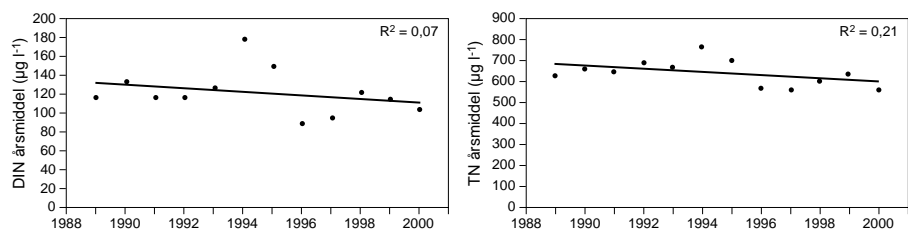
Tabel 4.9.1 Antallet af år der er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens på d % pr. år af niveauet i 1989, for henholdsvis 50 %, 75 % og alle undersøgte vandløb. For total fosfor foretages analysen på logaritmetransformerede data. Der er pt. gået 11 år. Beregninger er foretaget på afstrømningskorrigerede data.

Andel af vandløb	d % pr. år	Total kvælstof	Total fosfor
50 %	1	17	17
	2	12	11
	3	9	9
	4	8	8
	5	7	7
75 %	1	19	18
	2	12	12
	3	10	10
	4	9	9
	5	8	8
Alle	1	22	37
	2	14	24
	3	12	19
	4	10	16
	5	19	14

4.9.2 Eksempel fra det marine overvågningsprogram

Dette eksempel er taget fra den marine overvågningsrapport for tilstanden i 2000 (Henriksen et al. 2001), hvor der er beregnet årlige middelværdier for næringssalte for alle stationer i fjorde og andre kystnære områder. Der er et signifikant fald for fosforkoncentrationer som følge af reduktioner i punktkilde belastningen. Derimod er der store år-til-år variationer i kvælstofkoncentrationer, som hovedsageligt skyldes de store år-til-år variationer i ferskvandsafstrømningen. Der er derfor ikke observeret nogen udvikling i kvælstofkoncentrationer, når der ikke tages højde for de klimatiske variationer. For DIN finder vi, at der har været et fald på $1,8 \mu\text{g l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ med en residualvariation på $24,4 \mu\text{g l}^{-1}$, og for TN finder vi, at der har været et fald på $7,9 \mu\text{g l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ med en residualvariation på $58,5 \mu\text{g l}^{-1}$. For begge variable er der tale om et relativt fald i størrelsen 1-2 % af udgangsniveauet i 1989. Uden klimakorrektion er der behov for henholdsvis 34 og 22 års data, før der opnås en styrke på over 80 %.

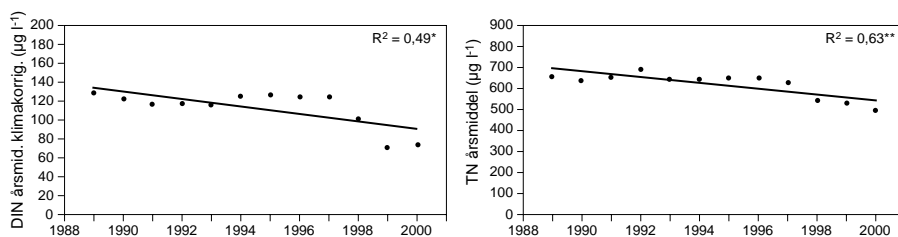
Figur 4.9.1 Årsmiddelt koncentrationer for DIN og TN i fjorde og andre kystnære områder (alle NOVA stationer). Ingen af de to indikatorer har en signifikant udvikling over tiden.



Benytter vi imidlertid afstrømningen fra land som forklarende faktor til at beskrive variationerne fra år til år, kan vi beregne klimakorrigerede kvælstofkoncentrationer (Figur 4.9.1) og foretage trendanalyser på disse nye indikatorer (for beskrivelse af klimakorrektionen se Henriksen et al. 2001). For DIN finder vi, at der har været et fald på $3,9 \mu\text{g l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ med en residualvariation på $14,9 \mu\text{g l}^{-1}$, og for TN finder

vi, at der har været et fald på $12,9 \mu\text{g l}^{-1} \text{år}^{-1}$ med en residualvariation på $37,6 \mu\text{g l}^{-1}$. For begge variable er der tale om et relativt fald i størrelsen 2-3 % af udgangsniveauet i 1989 for den klimakorrigerede kvælstofkoncentration. Med klimakorrektion er der behov for henholdsvis 15 og 12 års data, før der opnås en styrke på over 80 %. Ændringen i trenden med klimakorrektion skyldes, at der i perioden 1989-2000 har været en svag stigning i afstrømningen, hvilket efter klimakorrektionen har medført et kraftigere fald i de klimakorrigerede kvælstofkoncentrationer. Resultatet af den udførte klimakorrektion er en reduktion på henholdsvis 19 og 10 år før der opnås tilstrækkelig styrke. Hvis vi antager, at trenden i data ikke ændres af klimakorrektionen, dvs. vi antager at trenden for de klimakorrigerede koncentrationer er $-1,8 \mu\text{g l}^{-1} \text{år}^{-1}$ for DIN og $-7,9 \mu\text{g l}^{-1} \text{år}^{-1}$ for TN, så er der med klimakorrektion behov for henholdsvis 24 og 17 år for at opnå en styrke på mindst 80 %. Dette svarer til en reduktion på henholdsvis 10 og 5 år i overvågningsprogrammet.

Figur 4.9.2 Klimakorrigerede årsmiddelkoncentrationer for DIN og TN i fjorde og andre kystnære områder (alle NOVA stationer). Begge indikatorer har en signifikant udvikling over tiden.



Dette eksempel viser, hvor stor en effekt forklarende variable kan have på antallet af observationer, som er nødvendige for at opnå tilstrækkelig styrke. Det afgørende er, at de forklarende variable kan reducere residualvariation væsentligt. Ulempen ved at anvende forklarende variable i de statistiske analyser er mangelen på generalitet, idet der skal udvikles forskellige klimakorrektioner for forskellige variable, og klimakorrektionerne vil være sted-specifikke. Det anbefales dog at udvikle standard-klimakorrektioner for udvalgte variable.

4.9.3 Eksempel fra landovervågningen

Det sidste eksempel på effekten af forklarende variable på styrkeberegning kommer fra landovervågningen. Udvaskningen af kvælstof fra landbrugsjorden afhænger i høj grad af perkulationen i planternes rodzone. Derfor vil en korrektion for perkulation reducere residualspredningen. En genberegning af det nødvendige antal år og stationsmarker for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens på d % pr. år viser, at korrektionen nedsætter antallet af stationsmarker med 35 til 40 %. Man kan også vælge at beholde antallet af stationsmarker så opnår man at kunne detektere en trend hurtigere.

Tabel 4.9.2 Det nødvendige antal år og antal stationsmarker for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens på d % pr. år. Analyserne er udført på logaritmetransformerede data med korrektion for perkulation. Metoden i afsnit 3.7.5 er anvendt. Sammenlign med tabel 4.6.2.

Hele landet	d %	Antal år	Antal stationsmarker
	1	5	1125
	2	5	285
	3	5	129
	4	5	74
	5	5	48
	1	7	403
	2	7	102
	3	7	47
	4	7	27
	5	7	18
	1	10	137
	2	10	35
	3	10	16
	4	10	10
	5	10	7
	1	15	41
	2	15	11
	3	15	5
	4	15	3
	5	15	2

5 anbefalinger

På Aftaleudvalgets møde den 30. marts 2001 blev det besluttet at igangsætte et projekt for at kunne statistisk optimere det nuværende overvågningsprogram. Projektet skulle bidrage til vidensopbygningen med hensyn til udarbejdelsen af den næste revision af vand- og naturovervågningen, som skal gennemføres i årene 2001-2003.

Formålet med projektet har været at kortlægge og beskrive statistiske metoder, som kan anvendes ved udarbejdelse og optimering af overvågningsprogrammer samt at anvende de statistiske metoder på konkrete problemstillinger i de igangværende overvågningsprogrammer på miljøområdet. I statistiske beregninger af design af overvågningsprogrammer skal man optimere efter antallet af målestationer, antallet af måleår samt målefrekvensen så man opnår størst mulig præcision. Desuden er det vigtigt at optimere prøvetagningen så man undgår redundant information.

De statistiske analyser er foretaget på baggrund af fagligt relevante spørgsmål. Da der har været begrænsede ressourcer til projektet, har det ikke været muligt at dække alle variable og alle matricer i hvert medie. De behandlede variable er valgt, således at der ud fra disse kan foretages rimelige vurderinger for andre variable. Der er udført statistiske analyser med klimakorrektion for delområderne vandløb, landovervågning samt det marine miljø. Generelt er de statiske analyser udført univariat, dvs. kun med en variabel af gangen og ikke med kombinationer af variable.

Projektet har fagligt omhandlet områderne vandløb, søer, det marine miljø, luftkvalitet (atmosfærisk deposition), grundvand, punktkilder og landbrugets tab af næringsstoffer til rodzonen (landovervågning).

For alle områder forudsættes det at de valgte stationer og sammensætningen af prøvetagningsprogrammet i tid og rum er repræsentativ for overvågningen. Der er således ikke i dette projekt undersøgt for en eventuel bias i det empiriske datamateriale.

5.1 Vandløb

Der er gennemført en række beregninger for vandløbsprogrammet. De har fokuseret på variablene total kvælstof, total fosfor samt den biologiske parameter Dansk VandløbsFauna Indeks (DVFI).

Med hensyn til DVFI har analyserne drejet sig om muligheden for at påvise en forskel i fordelingen af DVFI mellem to år og med en fokus på en tendens mod større DVFI-værdier. I øjeblikket findes der 1039 stationer som har DVFI-værdier både i 1999 og 2000. Med udgangspunkt i disse data giver analyserne mulighed for en reduktion i stationsantallet. Med færre stationer er det stadigvæk muligt at påvise en realistisk ændring i DVFI mellem to år. Dog skal man være opmærksom på om andre formål med DVFI-stationsnettet stadigvæk kan opfyldes ved et reduceret stationsnet.

Der kan være god fornuft i at ekstensivere DVFI-nettet og kun måle hvert 3. år på de enkelte stationer. Dette kan suppleres med nogle intensive stationer hvor man måler flere variable for at opnå en bedre forståelse af sammenhængen mellem vandkvalitet og fysisk/kemiske påvirkninger. Det nødvendige antal intensive stationer er ikke belyst i denne rapport.

Med hensyn til næringsstofferne kvælstof og fosfor, så viser beregningerne på baggrund af data fra 1989-99, at det nuværende program stort set er fornuftigt når det drejer sig om koncentrationer til at opnå en relativ præcision på 20 % ved estimation af det gennemsnitlige niveau. Med undtagelse af antallet af reference/natur vandløb som er for lille.

Påvisning og kvantificering af udviklingstendenser kan opnås indenfor en overskuelig tidsperiode, op til 15 år når man betragter stationerne enkeltvis og endnu hurtigere når grupper af vandløb analyseres samlet. Ved detektion af udviklingstendenser i koncentrationen af næringsstoffer i vandløb bør man minimere residualvariansen ved at korrigere for klimaets indvirken på koncentrationsniveauet. Ved at minimere residualvariansen opnår man en højere styrke i testen for udviklingstendenser, og at man kan måske spare på antallet af stationer for at påvise en given trend med en given styrke.

Antallet af reference stationer skal forøges for at opnå en relativ præcision på mindre end 30 %, men man kan nøjes med at måle på disse enten hvert 2. eller 3. år idet man ikke forventer de store udviklingstendenser i denne type af vandløb. Gruppen af dyrkningspåvirkede vandløb skal stadigvæk måles hvert år da udviklingstendenser er vigtige for disse vandløb.

Vi har ikke analyseret det nødvendige antal målinger indenfor et år. Dette tal ligger dog rimeligt fast pga. stoftransportberegninger hvor tidligere analyser (Bruhn og Kronvang, 1989) har peget på 26 tidssækvistante prøvetagninger som det optimale hvis ikke man har mulighed for at udføre automatisk prøvetagning. Med 26 prøver pr. år kan man påvise en forskel i kvælstof- og fosfortransporten mellem to år på henholdsvis 20 og 40 % (Bruhn og Kronvang, 1989). Behovet for et intensivt program (oplandsanalyseprogram) er heller ikke belyst i denne rapport, og det er nettet af hydrometristationer heller ikke.

Med hensyn til stofbelastning så viser resultaterne i denne rapport, at belastningen via vandløb fra hele Danmark kan estimeres med en relativ præcision på 15 %. For 1. og 2. ordens kystafsnit er den relative præcision dårligere, som regel 30 % eller værre. Kun for enkelte kystafsnit ligger præcisionen på 20 %. Dette afspejler højst sandsynlig forskelle i geologi og dyrkningspraksis i de målte oplande.

For vandløb kan vi konkludere:

- Beregningerne for vandløbsdelen har vist, at antallet af stationer i naturlige vandløb er for lille, og bør derfor klart forøges, hvis det er muligt. Man kan ekstensivere prøvetagningen for naturlige vandløb til hvert andet eller hvert 3. år.

- Antallet af stationer i de andre belastningstyper er passende, evt. kan man formindske antallet lidt for hver type, så man kan monitorere et større antal naturlige vandløb.
- Relevante udviklingstendenser kan detekteres på mindre end 15 år for alle vandløbsstationer samt belastningstyper.
- Flere havstationer for 1. og 2. ordens kystafsnit er påkrævet. Eller bedre flytte indsatsen til estimation af belastningsmodeller til anvendelse ved estimation af stofbelastning fra umålte oplande.
- Antallet af DVFI-stationer kan formindskes på landsplan, hvis det harmonerer med alle formål for programmet og ekstensiveres til fx hvert 3. år.

Som nævnt ovenfor er en god ide at anvende modeller både med hensyn til klimatisk korrektion ved trendanalyser og ved estimation af stoftilførsel fra umålte oplande. Dog vil der altid være behov for et landsdækkende stationsnet dels til estimation af havbelastning, dels til sammenligning af belastede og reference vandløb, men især til kalibrering af modeller. Der er således behov for en integration af data og modeller.

5.2 Søer

Der er gennemført en række beregninger for søprogrammet. De har fokuseret på variablene total kvælstof, total fosfor, klorofyl α , total planteplankton biomasse, blågrønalg biomasse og dafnier biomasse.

Det nuværende antal prøver indenfor et år er generelt for lavt til at opnå en relativ præcision på 20 % for de undersøgte parametre. Total kvælstof er en undtagelse, idet en relativ præcision på 20 % er til stede for halvdelen af de undersøgte søer. For total fosfor kan en relativ præcision på 30 % opnås for 50 % af de undersøgte søer med det nuværende overvågningsprogram. For de biologiske parametre er det pga. den store variation urealistisk at forvente en relativ præcision bedre end 50 % med det nuværende program.

Det bør undersøges om de statistiske modeller primært for de biologiske variable kan gøres bedre evt. ved inddragelse af forklarende variable, fx klima, således at residualvariationen kunne begrænses og præcisionen dermed øges. En sæsonkorrektion udover den nuværende periodeinddeling kunne ligeledes undersøges.

Derudover kunne en differentiering mellem søerne være en mulighed, således at frekvensen kunne øges i et antal af søerne, for at undersøge gevinsten.

For ingen af de målte variable er det muligt at detektere en ændring på op til 20 % fra det foregående år med det nuværende måleprogram. Variationen på målingerne er for stor. Skal måleprogrammet optimeres ud fra ønsket om at kunne detektere en ændring mellem to på hinanden følgende år, skal frekvensen mere end fordobles.

For total kvælstof og total fosfor kan det for de fleste af de undersøgte søer nu vurderes om der er sket en ændring i niveauet fra 1989 på 5 % pr. år med en styrke på 80 %. Ønskes det at detektere en udvik-

lingstendens på 2 % pr. år af 1989-niveauet svarende til en ændring på 20 % over en 10-årig periode for mindst 75 % af søerne, da skal måleprogrammet løbe i næsten 30 år.

For klorofyl α skal måleprogrammet generelt løbe i lidt flere år end for kvælstof og fosfor.

For total planteplankton biomasse går der op til næsten 30 år før der for 75 % af de undersøgte søer kan konkluderes om der er sket en ændring i niveauet fra 1989 på 5 % pr. år med en styrke på 80 %. For blågrønalg biomasse skal der bruges endnu flere år, mens det på det nuværende grundlag for dafnier ikke er muligt at afgøre hvor mange år der skal bruges for at detektere en udviklingstendens på 5 % pr. år af 1989-niveauet.

Det bør undersøges om der kan anvendes andre metoder til at detektere en udviklingstendens, fx metoder der indrager forklarende variable for at minimere residualvariationen, fx klima eller kun anvendelse af data fra en bestemt sæson på året. Også metoder der indrager samvariationen mellem de enkelte parametre bør undersøges.

For søer anbefales det derfor:

- at vurdere mulighederne for en differentiering af måleprogrammet. En differentieret prøvetagningsstrategi for perioden 1/5 til 30/9 kunne være tre typer af frekvenser:
 1. en forøgelse til 20, dvs. ugentlig prøvetagning, i de søer hvor dette giver en relativ præcision på mindst 20 % og hvor autokorrelationen ikke er for stor
 2. ingen ændring, dvs. 14 dages prøvetagning, i de søer hvor der for nuværende næsten er opnået en præcision på 20 %
 3. en reduktion, fx til månedlig prøvetagning, i de søer hvor variationen og/eller autokorrelationen er meget stor og dermed præcisionen meget lille.
Effekten af en intensivering af frekvensen i udvalgte søer skal så vurderes efter nogle år og strategien herefter evalueres.
- at fortsætte måleprogrammet i årene fremover
- at iværksætte en metodeudvikling der bl.a involverer inddragelse af forklarende variable

5.3 Det marine miljø

Der er gennemført en række beregninger for det marine program. De har fokuseret på variablene DIN (opløst uorganisk kvælstof), DIP (opløst uorganisk fosfor), total kvælstof, total fosfor, klorofyl α , ilt, iltsvindshyppighed og dækningsgrad af makrovegetation.

Det er vigtigt i et overvågningsprogram at undgå redundant information og at optimere samplingen, så der kommer mest mulig information ud af overvågningsprogrammet. Redundant information er udtrykt ved stor autokorrelation (samplingsfrekvensen kan reduceres) eller ved stor spatiel korrelation (antallet af stationer kan reduceres). De marine data indeholder store tidslige og spatielle variationer, og mængden af redundant information i det nuværende program vurderes at være lav.

De marine indikatorer for TN, TP, ilt og sigtddybde har mindre variation end DIN, DIP og klorofyl. Derfor opnås der bedre præcision for disse indikatorer (TN, TP, ilt og sigtddybde) og databehovet til at teste for niveauændring og trend er mindre. Man bør overveje den økonomiske gevinst ved at nedsætte målefrekvensen for TN, TP, ilt og sigtddybde. Beregningerne viser at realistiske udviklinger i størrelsen 1-2 % pr. år kan påvises sikkert indenfor de næste 5-10 år på en del stationer. Tidsserier på ca. 30 år skulle for størstedelen af stationerne udvise signifikante udviklinger, såfremt der har været en udvikling i størrelsen 1-2 % pr. år. Det er derfor vigtigt at fortsætte med de nuværende stationer. Udviklinger i makrovegetationen på stenrev vil først kunne detekteres indenfor 20-30 år.

NOVA-programmets niveauopdelte overvågning med få højfrekvente og flere lavfrekvente stationer er en fornuftig strategi, idet man derved opnår en både høj tidslig og spatiel opløsning. Det er vigtigt at have intensive stationer, hvor udviklinger vil vise sig først på grund af den større datamængde og flere ekstensive stationer til at påvise, hvor disse tendenser gør sig gældende.

Hvis der skal reduceres i det marine overvågningsprogram, kan det ikke anbefales at reducere bredt over hele programmet, idet vi derved opnår en dårligere præcision i miljøindikatorerne og et behov for længere tidsserier til at detektere en udvikling. Det er vigtigt for den årlige tilstandsvurdering, at præcisionen i miljøindikatorerne ikke bliver dårligere end med det nuværende program.

For det marine miljø anbefales derfor:

- at videreføre den valgte niveauopdelte overvågning med få højfrekvente stationer og flere lavfrekvente stationer.
- at videreføre stationerne i det eksisterende program for at få tilstrækkelig lange tidsserier til at kunne detektere en udvikling. Der vil overordnet være behov for ca. 30 års tidsserier for at kunne påvise en udvikling i størrelsen 1-2 % om året.
- at videreudvikle klimakorrektioner til de valgte indikatorer for at reducere residualspreddingen i data. Dette vil resultere i en lavere behov for data til de statistiske analyser.
- at udvikle metoder til trenddetektion, som baserer sig på data fra flere stationer og en større modelmæssig viden om data.
- at en eventuel reduktion i programmet ikke baseres på en bred nedskæring over alle områder, men at delområder indenfor programmet fjernes.

5.4 Luftkvalitet

Der er gennemført en række beregninger for overvågningsprogrammet for luftkvalitet. De har fokuseret på variablene ammonium- og ammoniakkoncentrationer i luften samt våddeposition af ammonium.

Præcisionen for månedsmidler lå typisk omkring 25 % for filterprøver ved daglig prøvetagning og omkring 40 % for våddeposition ved 14-dages prøvetagning. Præcisionen for årsmidler lå typisk omkring 7-8 % for filterprøver og omkring 15 % for våddeposition ved 14-dages prøvetagning. Reduktioner i prøvetagningsfrekvensen

for filterprøver havde begrænset effekt på præcisionen, hvilket skyldes den store serielle korrelation i data.

Præcisionen på landsmidler blev forbedret med antallet af stationer, der indgik i beregningen. Præcisionen for månedsmidler på landsplan for filterprøver var i størrelsesordenen 5-15 % for antal stationer mellem 2-10 og daglig prøvetagning. For våddeposition var den tilsvarende præcision mellem 20-41 % for prøvetagning hver 14. dag. Præcisionen for årsmidler på landsplan for filterprøver var i størrelsesordenen 2-5 % for antal stationer mellem 2-10 og daglig prøvetagning. For våddeposition var den tilsvarende præcision mellem 8-14 % ved prøvetagning hver 14. dag. Effekten af at øge antallet af stationer ud over det nuværende var marginal.

For filterprøver er det sandsynligt (>80 %) at vi kan detektere en eksponentiel udvikling på 5 % om året indenfor en årrække på ca. 10 år. Hvis udviklingen derimod kun er omkring 1 % om året vil det tage omkring 30 år, før vi er i stand til at detektere en sådan udvikling med en styrke på mindst 80 %. En udvikling i våddepositionen på 5 % pr. år vil kunne detekteres indenfor ca. 15 år, hvorimod en udvikling på 1 % vil kræve ca. 40 år, før vi med stor sikkerhed kan detektere udviklingen.

Generelt har filterprøverne en stor seriel korrelation, hvilket medfører, at styrkeberegningerne ikke ændrer sig væsentligt ved at reducere på frekvensen. Det bør overvejes, om det er praktisk muligt .

For overvågningsprogrammet for luftkvalitet anbefales:

- at vurdere om det er praktisk muligt at reducere prøvetagningsfrekvensen for filterprøver.
- at beholde den nuværende frekvens med 14-dages målinger for våddeposition.
- at fortsætte måleprogrammet med de nuværende stationer. En udvidelse af stationsnettet vil kun forbedre styrken marginalt i de udførte test.

Det har dog ikke været muligt at undersøge, hvorvidt stationerne er repræsentative for landgennemsnit. Ved beregning af landgennemsnit bør det vurderes, om de enkelte stationer i måleprogrammet bør vægtes uens.

5.5 Grundvand

Der er gennemført beregninger primært for nitrat i grundvand sekundært for pesticider.

For nitrat i grundvand er den relative præcision i det nuværende overvågningsprogram på 30-40 % i LOOP områderne, mens det i GRUMO områderne er dårligere end 50 %. For alle områderne gælder at frekvensen skal øges til ca. 500 målinger pr. år for at opnå en relativ præcision på 20 %.

Det bør undersøges om statistiske modeller der udnytter den rumlige korrelation kunne anvendes til at minimere residualvariationen og dermed forbedre præcisionen.

Med hensyn til detektion af en udviklingstendens kan der efter 30 år detekteres en ændring på mellem 2 % og 4 % pr. år med en styrke på 80 %. For trendanalyser af overfladenært grundvand bør man forsøge at indarbejde klimakorrektioner for at formindske residualvariansen.

For pesticider er datagrundlaget for nuværende for lille til at der kan siges noget statistisk holdbart om præcisionen.

For grundvand anbefales:

- at intensivere måleprogrammet specielt i GRUMO områderne
- udvikle og anvende metoder der udnytter den rumlige korrelation mellem målinger i samme område. Udvikle klimakorrektioner ved trendanalyser af data fra overfladenært grundvand.

5.6 Landovervågning

Der er gennemført beregninger for kvælstofudvaskning fra stationsmarker i landovervågningen.

Den relative præcision for det nuværende antal stationsmarker (40) er dårligere end 30 %. Antallet af stationsmarker skal tre-dobles for at opnå en præcision på 20 %.

For test af udviklingstendenser så kan man detektere en udviklingstendens på 2-3 % pr. år af 1991/91-niveauet med det nuværende program over en periode på 10 år. Med en tredobling af programmet kan man detektere en udviklingstendens på 1-2 % pr. år over en 10 årig periode.

For Landovervågningen anbefales:

- at enten fordoble eller tredoble antallet af stationsmarker
- at udnytte modeller med klima og landbrugspraksis for at reducere residualvariansen.

5.7 Punktkilder

Der er gennemført beregninger for punktkilde programmet med fokus på variablene TOTN og TOTP. Fokus har været på den årlige målefrekvens. De statistiske beregninger viste at den relative præcision ligger på 20-40% for de undersøgte rensningsanlæg. Målefrekvensen bør derfor forøges, hvis man ønsker en bedre præcision på estimationen af det gennemsnitlige koncentrationsniveau. Årsagen til den dårlige præcision er at der forefindes enkelte meget høje koncentrationer som forøger variansen betydeligt.

Den obligatoriske afløbskontrol vil også forbedres (færre forkerte afvisninger/godkendelser af udledninger). Et antal på omkring 26 årlige målinger (svarer til en relativ præcision på 20-30 % for de fleste rensningsanlæg) kunne være et fornuftigt kompromis, idet flere årlige prøvetagninger forøger kun informationsværdien lidt på grund af

at autokorrelationen i målingerne bliver større jo tættere målingerne kommer i tid (se kapitel 3).

Der er ikke gennemført beregninger vedrørende antallet af rensningsanlæg, industrier, dambrug osv. Dette anses ikke at være interessant, idet man ikke i dette program ønsker at bestemme et landsdækkende niveau, men er mere interesseret i niveauet af udledningen fra de enkelte punktkilder.

For punktkilder anbefales det derfor

- at forøge den årlige målefrekvens op til minimum 26 prøver.

5.8 Change-point detektion

Change-point detektion er en metode til undersøge for markante skift i en tidsserie. Metoden er derfor ikke et alternativ til de traditionelle metoder til trenddetektion, men et supplement som benyttes hvis der er mistanke om markante skift i tidsserien. Metoden er anvendelig til at påvise sammensatte trends, dvs. hvor niveauet for den undersøgte variabel først stiger og derpå falder (eller omvendt). De traditionelle metoder til trenddetektion er ikke velegnede til denne type af sammensatte trends. Metoden har størst styrke, hvis det markante skift forekommer midt i tidsserien. Ulempen ved metoden er, at der ikke i dag findes standardværktøjer til denne type af analyse.

For change-point detektion anbefales:

- at denne metode anvendes som supplement til lineær regression og Kendall's τ , hvis der forekommer et skift i tidsserien og bør være en objektiv statistisk metode.

5.9 Klimakorrektion

Anvendelsen af klimatiske variable som forklarende variable i trendanalysen er illustreret med eksempler fra vandløbsprogrammet, det marine område samt fra landovervågningen. Eksemplerne viser, at residualspredningen kan reduceres med op til 50 % ved at korrigere for variationer i kvælstofkoncentrationer, som kan forklares ud fra afstrømningen/perkulationen. Konsekvensen for trendanalyser er, at man kan påvise en given trend hurtigere eller gøre programmet mere ekstensivt ved fx at måle hvert andet år. Effekten af at medtage forklarende variable i trendanalysen afhænger af, hvor stor en del af variationen i tilstandsvariablen, der kan forklares. Endvidere bør de modeller, som benyttes til klimakorrektion, være tilpas generelle og forståelige, således at de kan anvendes på alle stationer i et overvågningsprogram. Fra program til program vil man højst sandsynlig anvende forskellige statistiske metoder ved korrektionen.

Det anbefales derfor:

- at udvikle standard-klimakorrektioner for udvalgte variable til at reducere residualvariationen og dermed databehovet for trendanalyser. Klimakorrektionerne skal opfylde to krav: 1) de skal

være generelle og forståelige og 2) de skal være statistisk signifikante, dvs. reducere residualvariationen væsentlig.

Generelt kan det anbefales at foruden dataindsamling også at gøre brug af modeller i et monitoringsprogram. Især modeller for vandløb, søer og det marine miljø kan nedsætte behovet for dataindsamling. Som det er nævnt ovenfor kan klimakorrektion formindske residualspredningen og dermed formindske behovet for data. Med hensyn til stofbelastning af marine områder via vandløb vil stofafstrømningsmodeller anvendt på umålte oplande være et stort plus. Selvom modeller kan begrænse databehovet så er det nødvendigt at have gode inddata til opstilling samt validering af modellerne.

5.10 Konsekvenser ved ændring af prøvetagningsstrategi

Nogle af de ovenstående anbefalinger går på at ændre prøvetagningsstrategien til mere ekstensive strategier. Overvejelser har vist at hvis man øger antallet af år mellem prøvetagningsrunder, fx fra hvert år til hvert 2. eller 3. år så forøges tidsrummet inden en udviklingstendens kan påvises med en faktor \sqrt{k} , hvor k er 2,3,... . Dvs. hvis man i stedet for hvert år måler hvert 2. år så forøges antallet af år med 1,4. Fx. hvis antallet af år beregnes til 25 med en et-årig strategi så svarer det til 36 år med en to-årig strategi, dvs i alt 18 prøvetagningsår. Faktoren er generel og kan anvendes ved beregninger efter formlerne (11)-(13).

5.11 Vandrammedirektiv

Den Europæiske Union vedtog i oktober 2000 Vandrammedirektivet (2000/60/EC), som er et vidtgående lovgivende instrument på vandområdet og er et væsentligt skridt hen i mod akvatisk forvaltning på vandområdet.

Direktivet definerer en række overvågningsaktiviteter med hensyn til overfladevand, grundvand samt beskyttede områder. Der er defineret tre typer af overvågningsprogrammer:

1. Kontrolovervågning som skal belyse:
 - den generelle tilstand og udvikling
 - langtidsændringer i de naturlige forhold, og
 - langtidsændringer som følge af menneskelig aktivitet.
2. Operationel overvågning som skal:
 - fastslå tilstanden og udvikling for de vandområder, der anses for ikke at kunne opfylde deres miljømål
 - vurdere tilstandsændringer for disse vandområder som følge af indsatsprogrammerne
3. Undersøgelsovervågning som skal anvendes:
 - når årsagen til eventuelle overskridelser af målsætninger er ukendte
 - for at fastslå et forureningsuhelds omfang og konsekvenser.

Disse monitoringsprogrammer skal være sat i værk senest 6 år efter direktivets ikrafttrædelse.

Overvågning kan i følge direktivet foregå med en frekvens fra 12 målinger pr. år til én måling hvert 6. år. Men færre målinger kan tages, hvis der findes faglige eller tekniske begrundelser for dette. Fx foreslår direktivet for kemiske parametre en frekvens på hver 3. måned og for fytoplankton en frekvens på hver 6. måned. Men det er vigtigt at fastslå, at Vandrammedirektivet åbner mulighed for at ekstensivere nogle af programdelene, ligesom det er anbefalet ovenfor. Det er endvidere vigtigt at understrege, at det reviderede overvågningsprogram på vandmiljøområdet ikke alene skal opfylde Vandrammedirektivet.

Direktivet kræver dog at målefrekvenser skal vælges sådan at et acceptabelt niveau af konfidens samt præcision kan opnås. Estimer for konfidens og præcision for det valgte overvågningsprogram skal beregnes og rapporteres. De i denne rapport beskrevne statistiske metoder kan anvendes til dette. Endelig skal målefrekvenser vælges under hensyntagen til variabiliteten i målevariablene, og måletidspunkter skal vælges så indflydelse af sæson minimeres. Beregninger i denne rapport viser, at man for nogle variable ikke kan nøjes med 6-12 målinger pr. år. Vandrammedirektivet er et minimums-direktiv, således at de angivne frekvenser i direktivet som udgangspunkt er minimums frekvenser så der er taget højde for, at det i visse situationer kan være bedre med en øget frekvens.

Referencer

Bruhn, A. og Kronvang, B. (1989) Stoftransport i vandløb. Beregningsmetodik og prøvetagningsfrekvens. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Cressie, N. A. C. (1991) *Statistics for Spatial Data*. New York: John Wiley and Sons.

Gilbert, R. O. (1987) *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Helsel, D. R. og Hirsch, R. M. (1992) *Statistical Methods in Water Resources Research*. New York: Elsevier.

Henriksen, P., Andersen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Conley, D., Dahl, K., Dahllöf, I., Hansen, J. L. S., Josefson, A., Larsen, M. M., Lundsgaard, C., Markager, S., Nielsen, T.G., Pedersen, B., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Fossing, H., Krause-Jensen, D., Middelboe, A.-L., Risgaard-Petersen, N., Ellermann, T., Hertel, O., Skjøth, C.A., Ovesen, N.B., Glasius, M., Pritzl, G. og Gustafsson B.G. (2001) Marine Områder 2000 - Miljøtilstand og udvikling. Faglig rapport fra DMU nr. 375.

Hirsch, R. M. og Slack, J. R. (1984) A Nonparametric Trend Test for Seasonal Data with Serial Dependence. *Water Resources Research*, **23**, 715-727.

Hirsch, R. M., Slack, J. R. og Smith, R. A. (1982) Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data. *Water Resources Research*, **18**, 107-121.

Hoel, P. G., Port, S. C. og Stone, C. J. (1979) *Introduction to Probability Theory*. Boston: Houghton Mifflin Company.

Julious, S. A. og Campbell, M. J. (1998) Sample size calculations for paired or matched ordinal data. *Statistics in Medicine*, **17**, 1635-1642.

Larsen, S. E. (1996) En statistisk testprocedure til analyse af udviklingstendenser i tidsserier af vandkvalitetsdata. Ikke publiceret notat. Danmarks Miljøundersøgelser.

Miljøstyrelsen (2000) NOVA-2003. Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet i Danmark, 1998-2003. Redegørelse nr. 1.

Snedecor, G. W. og Cochran, W. G. (1989) *Statistical Methods*. Ames, Iowa: Iowa State College Press.

Sokal, R. F. og Rolfe, F. J. (1981) *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.

Zar, J. H. (1996) *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.

[Tom side]

Bilag 1.1 Deskriptiv statistik: vandløb

I dette bilag gives de beregnede parameterestimer, som er nødvendige for besvarelse af de 5 faglige spørgsmål for vandløbsdelen.

Spørgsmål 1:

Værdier for gennemsnit (\bar{x}) samt for estimeret varians (s^2) for total kvælstof (mg N l^{-1}).

	Antal observationer pr. år	\bar{x}	s^2
Hele Danmark	214	5,60	7,73
Type 1	7	1,22	0,43
Type 2	54	6,37	8,53
Type 3	84	6,37	7,99
Type 4	72	5,86	6,00

Estimerer for geometrisk gennemsnit ($\exp(\bar{x})$) samt for estimeret varians (s^2) på de log-transformerede data for total fosfor (mg P l^{-1}).

	Antal observationer pr. år	$\exp(\bar{x})$	s^2
Hele Danmark	214	0,14	0,45
Type 1	7	0,044	0,49
Type 2	54	0,12	0,35
Type 3	84	0,14	0,36
Type 4	72	0,18	0,36

Antallet af observationer svarer til antallet af stationer. Og for hver station har vi anvendt det tidsvægtede gennemsnit af alle årets målinger.

Spørgsmål 2:

Estimater for hældning (h) samt for residualvariansen (s^2) omkring den rette linie for total kvælstof (mg N l^{-1}).

Station	Stationsnavn	s^2	h
20005	Elling Å, Elling Kirke	0,098	-0,016
110010	Harring Å, Harring Hedegård	1,731	-0,037
140016	Lindborg Å, ved Møllebro	0,179	0,058
210090	Guden Å, Møllerup	0,032	-0,047
210110	Skærbæk, Favrholt	0,004	-0,027
220047	Hestbæk, Hestbæk Bro	0,017	-0,026
220050	Råsted Lille Å, Hvodal	0,045	-0,026
320022	Højen Å, Nederbro	0,760	-0,061
360009	Konge Å, ved Vilslev Spang	0,335	-0,118
400001	Brede Å, Bredebro	0,135	-0,031
450005	Stavis Å, St 8.25	1,599	-0,101
460001	Brende Å, St 5.3	0,617	-0,131
470033	Lillebæk, Fredskovvej	2,269	-0,116
520039	Værebø Å, ved Veksø Bro	4,325	-0,845
530010	Ll. Vejle Å, Pilemøllen	2,260	-0,116
560002	Seerdrup Å, Johannesdal	2,811	-0,148
560003	Tude Å, Skrætholm	1,225	-0,170
600027	Hulebæk, nedenfor Broskov	0,827	-0,175
620017	Ryde Å, pumpestation indiv.	1,908	-0,174
670019	Øle Å, ved Vibebakke	0,015	-0,021

Estimater for hældning (h) samt for residualvariansen (s^2) omkring den rette linie for log-transformerede data af total fosfor (mg P l^{-1}).

Station	Stationsnavn	s^2	h
20005	Elling Å, Elling Kirke	0,027	0,033
110010	Harring Å, Harring Hedegård	0,023	0,006
140016	Lindborg Å, ved Møllebro	0,041	0,027
210090	Guden Å, Møllerup	0,025	-0,065
210110	Skærbæk, Favrholt	0,081	-0,011
220047	Hestbæk, Hestbæk Bro	0,012	0,010
220050	Råsted Lille Å, Hvodal	0,029	-0,022
320022	Højen Å, Nederbro	0,025	-0,041
360009	Konge Å, ved Vilslev Spang	0,020	-0,048
400001	Brede Å, Bredebro	0,035	-0,067
450005	Stavis Å, St 8.25	0,013	0,003
460001	Brende Å, St 5.3	0,071	-0,162
470033	Lillebæk, Fredskovvej	0,057	0,002
520039	Værebø Å, ved Veksø Bro	0,281	-0,253
530010	Ll. Vejle Å, Pilemøllen	0,025	-0,092
560002	Seerdrup Å, Johannesdal	0,063	-0,027
560003	Tude Å, Skrætholm	0,037	-0,049
600027	Hulebæk, nedenfor Broskov	0,028	0,007
620017	Ryde Å, pumpestation indiv.	0,034	-0,038
670019	Øle Å, ved Vibebakke	0,021	0,002

Spørgsmål 3:

Estimater for hældning (h) samt for residualvariansen (s^2) omkring den rette linie for total kvælstof (mg N l^{-1}).

	s^2	h
Hele Danmark	7,993	-0,141
Type 1	0,387	-0,0023
Type 2	8,777	-0,120
Type 3	8,297	-0,110
Type 4	6,254	-0,213

Estimater for hældning (h) samt for residualvariansen (s^2) omkring den rette linie for log-transformerede data af total fosfor (mg P l^{-1}).

	s^2	h
Hele Danmark	0,604	-0,049
Type 1	0,447	-0,054
Type 2	0,353	-0,016
Type 3	0,362	-0,023
Type 4	0,586	-0,082

Spørgsmål 4:

Estimator for geometrisk gennemsnit ($\exp(\bar{x})$) samt for estimeret varians (s^2) på de log-transformerede data for total kvælstof (kg N ha⁻¹).

	Antal stationer pr. år	$\exp(\bar{x})$	s^2
Hele Danmark	114	19,6	0,476
Nordsøen	16	21,3	0,108
Kattegat	33	17,9	0,354
Nordlige Bælthav	7	20,8	0,192
Lillebælt	19	23,2	0,060
Storebælt	18	22,6	0,223
Øresund	13	10,8	1,46
Østersøen	5	20,5	0,503
Vadehavet	12	22,0	0,140
Isefjord-Roskilde Fjord	10	13,0	0,362
Limfjorden	13	20,4	0,277
Nordlige Lillebælt	6	25,0	0,048
Smålandsfarvandet, vest	5	21,9	0,163

Estimator for geometrisk gennemsnit ($\exp(\bar{x})$) samt for estimeret varians (s^2) på de log-transformerede data for total fosfor (kg P ha⁻¹).

	Antal stationer pr. år	$\exp(\bar{x})$	s^2
Hele Danmark	114	0,544	0,478
Nordsøen	16	0,545	0,101
Kattegat	33	0,528	0,366
Nordlige Bælthav	7	0,486	0,366
Lillebælt	19	0,639	0,183
Storebælt	18	0,440	0,277
Øresund	13	0,679	1,70
Østersøen	5	0,376	0,851
Vadehavet	12	0,558	0,109
Isefjord-Roskilde Fjord	10	0,592	0,508
Limfjorden	13	0,499	0,327
Nordlige Lillebælt	6	0,715	0,209
Smålandsfarvandet, vest	5	0,398	0,323

Spørgsmål 5:

Til belysning af spørgsmålet har vi anvendt DVFI værdier fra 1999 og 2000 for 1039 stationer.

Fordelingen af værdierne er givet i følgende krydstabel:

1999/2000	1	2	3	4	5	6	7	Række total
1	8	4	11	3	0	0	0	26
2	2	12	15	3	1	0	0	33
3	1	9	78	56	3	1	0	148
4	1	6	51	316	95	3	1	473
5	0	1	1	47	163	23	14	249
6	0	0	1	3	10	33	11	58
7	0	0	0	0	2	8	42	52
Søjle total	12	32	157	428	274	68	68	1039

Generelt er der sket en flytning af værdier mod højere DVFI-værdier. I alt er der 244 stationer som stiger i værdi og 143 som falder i værdi. 652 stationer har ikke forandret værdi, det vil sige

$$K = \frac{652}{1039} = 0,3725 .$$

Bilag 1.2 Deskriptiv statistik: søer

De følgende tabeller viser de beregnede parameterestimater, der anvendes ved besvarelsen af de faglige spørgsmål for søer. Tabellerne viser: værdier for geometrisk gennemsnit ($\exp(\bar{x})$), estimeret varians (s^2) og estimeret autokorrelation (r) for log-transformerede målinger, samt estimeret hældning (h) og residualvariens (s^2) omkring den rette linie.

Total kvælstof (mg N l^{-1}) målt i perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	10	0,39	0,05	0,20	0,007	0,002
Holm Sø	10	0,65	0,31	0,48	-0,017	0,132
Maglesø	10	1,06	0,12	0,16	-0,016	0,067
Nors Sø	10	0,78	0,08	0,00	-0,003	0,014
Ravn Sø	10	3,82	0,02	0,84	-0,079	0,510
Søholm Sø	11	1,61	0,16	0,88	0,026	0,235
Kvie Sø	10	0,99	0,06	0,30	-0,012	0,019
Bastrup Sø	9	0,90	0,02	0,18	-0,044	0,010
Hornum Sø	11	0,85	0,07	0,15	0,016	0,063
Ørn Sø	11	1,32	0,02	0,13	-0,008	0,008
Furesø	10	0,80	0,05	0,10	-0,017	0,008
Fårup Sø	11	1,00	0,09	0,50	-0,032	0,014
Damhussøen	9	0,85	0,04	0,36	-0,033	0,010
Bryrup Langsø	10	2,99	0,16	0,86	-0,003	0,292
Hinge Sø	10	1,91	0,08	0,27	-0,042	0,081
Tissø	9	2,11	0,17	0,62	-0,046	0,538
Engelsholm Sø	11	1,21	0,08	0,28	-0,145	0,175
Bagsværd Sø	10	1,75	0,08	0,40	-0,040	0,057
Borup Sø	10	2,62	0,07	0,35	-0,078	0,137
Arreskov Sø	11	1,82	0,05	0,24	-0,117	0,357
Tystrup Sø	10	4,43	0,11	0,64	-0,347	1,750
Arresø	10	2,43	0,07	0,03	-0,083	0,235
Vesterborg Sø	11	1,75	0,21	0,48	-0,068	0,137
St. Søgård Sø	10	2,69	0,24	0,75	-0,151	0,262
Utterslev Mose	9	1,85	0,23	0,60	-0,024	0,150
Søgård Sø	11	2,99	0,26	0,75	-0,064	0,185
Gundsømagle Sø	10	3,59	0,11	0,28	-0,075	0,277

Total kvælstof (mg N l⁻¹) målt i perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		exp(\bar{x})	s ²	r	h	s ²
Søby Sø	8	0,46	0,12	0,51	-0,005	0,009
Holm Sø	9	0,80	0,22	0,43	-0,017	0,162
Maglesø	9	1,27	0,15	0,24	-0,001	0,092
Nors Sø	7	0,80	0,09	0,04	0,004	0,029
Ravn Sø	9	4,02	0,03	0,63	-0,055	0,730
Søholm Sø	9	2,01	0,16	0,50	-0,009	0,204
Kvie Sø	9	1,25	0,05	0,43	-0,029	0,034
Bastrup Sø	7	0,96	0,03	0,28	-0,023	0,018
Hornum Sø	8	0,95	0,07	0,17	0,003	0,065
Ørn Sø	9	1,38	0,03	0,00	-0,013	0,011
Furesø	8	0,89	0,06	0,21	-0,021	0,006
Fårup Sø	8	1,63	0,09	0,47	-0,012	0,059
Damhussøen	7	1,18	0,12	0,47	-0,030	0,050
Bryrup Langsø	9	4,55	0,20	0,57	0,017	0,494
Hinge Sø	8	4,30	0,32	0,46	-0,123	0,659
Tissø	9	2,62	0,31	0,44	-0,077	0,814
Engelsholm Sø	8	2,14	0,19	0,54	-0,111	0,222
Bagsværd Sø	8	1,58	0,06	0,19	-0,023	0,087
Borup Sø	8	5,04	0,20	0,39	-0,045	1,218
Arreskov Sø	9	2,27	0,08	0,52	-0,200	0,385
Tystrup Sø	9	5,35	0,21	0,57	-0,450	3,370
Arresø	8	3,33	0,09	0,31	-0,112	0,594
Vesterborg Sø	8	5,26	0,49	0,46	-0,077	3,414
St. Søgård Sø	8	4,88	0,33	0,36	-0,069	3,620
Utterslev Mose	7	1,25	0,08	0,13	-0,058	0,061
Søgård Sø	8	7,30	0,25	0,32	-0,035	4,325
Gundsømagle Sø	8	5,52	0,17	0,44	-0,105	2,236

Total fosfor (mg P l⁻¹) målt i perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		exp(\bar{x})	s ²	r	h	s ²
Søby Sø	10	0,02	0,15	0,14	0,001	0,000
Holm Sø	10	0,02	0,27	0,23	-0,000	0,000
Maglesø	9	0,02	0,12	0,00	-0,001	0,000
Nors Sø	10	0,02	0,08	0,00	0,000	0,000
Ravn Sø	10	0,03	0,08	0,08	-0,001	0,000
Søholm Sø	11	0,04	0,07	0,16	-0,003	0,000
Kvie Sø	10	0,08	0,07	0,30	-0,002	0,000
Bastrup Sø	9	0,06	0,12	0,22	-0,004	0,000
Hornum Sø	11	0,05	0,11	0,00	0,002	0,000
Ørn Sø	11	0,09	0,09	0,00	-0,003	0,000
Furesø	10	0,13	0,06	0,34	-0,011	0,005
Fårup Sø	11	0,08	0,27	0,71	-0,003	0,000
Damhussøen	9	0,06	0,09	0,40	-0,008	0,000
Bryrup Langsø	10	0,06	0,30	0,62	-0,005	0,000
Hinge Sø	10	0,16	0,10	0,13	-0,000	0,000
Tissø	9	0,07	0,45	0,74	-0,002	0,001
Engelsholm Sø	11	0,09	0,23	0,52	-0,010	0,001
Bagsværd Sø	10	0,18	0,08	0,28	-0,015	0,002
Borup Sø	10	0,19	0,10	0,30	-0,008	0,001
Arreskov Sø	11	0,13	0,19	0,33	-0,013	0,003
Tystrup Sø	10	0,17	0,23	0,56	-0,017	0,004
Arresø	10	0,26	0,14	0,27	-0,020	0,005
Vesterborg Sø	11	0,25	0,15	0,49	-0,023	0,002
St. Søgård Sø	10	0,38	0,53	0,91	-0,024	0,019
Utterslev Mose	10	0,51	0,26	0,51	0,012	0,011
Søgård Sø	11	0,30	0,23	0,41	-0,021	0,003
Gundsømagle Sø	10	0,77	0,22	0,46	-0,071	0,019

Total fosfor (mg P l⁻¹) målt i perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		exp(\bar{x})	s ²	r	h	s ²
Søby Sø	8	0,02	0,20	0,02	0,000	0,000
Holm Sø	9	0,02	0,33	0,04	-0,000	0,000
Maglesø	9	0,02	0,08	0,00	-0,001	0,000
Nors Sø	8	0,02	0,10	0,00	-0,000	0,000
Ravn Sø	9	0,04	0,11	0,35	-0,001	0,000
Søholm Sø	9	0,08	0,16	0,44	-0,002	0,000
Kvie Sø	9	0,08	0,07	0,33	-0,003	0,000
Bastrup Sø	7	0,05	0,09	0,15	-0,001	0,000
Hornum Sø	8	0,04	0,07	0,07	-0,001	0,000
Ørn Sø	8	0,08	0,07	0,00	-0,005	0,000
Furesø	8	0,18	0,04	0,51	-0,014	0,006
Fårup Sø	8	0,07	0,25	0,30	-0,003	0,000
Damhussøen	7	0,07	0,08	0,04	-0,004	0,000
Bryrup Langsø	9	0,07	0,16	0,31	-0,007	0,000
Hinge Sø	8	0,09	0,12	0,09	-0,000	0,000
Tissø	9	0,08	0,26	0,36	0,003	0,000
Engelsholm Sø	8	0,05	0,13	0,15	-0,003	0,000
Bagsværd Sø	8	0,12	0,13	0,34	-0,011	0,001
Borup Sø	8	0,09	0,17	0,30	-0,001	0,000
Arreskov Sø	9	0,09	0,16	0,07	-0,013	0,002
Tystrup Sø	9	0,24	0,13	0,46	-0,020	0,011
Arresø	8	0,35	0,14	0,05	-0,040	0,007
Vesterborg Sø	8	0,12	0,24	0,31	-0,007	0,002
St. Søgård Sø	8	0,29	0,46	0,39	-0,019	0,003
Utterslev Mose	7	0,17	0,15	0,22	-0,009	0,004
Søgård Sø	8	0,11	0,17	0,08	-0,007	0,001
Gundsømagle Sø	8	0,40	0,22	0,33	-0,126	0,039

Klorofyl α ($\mu\text{g l}^{-1}$) målt i perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	10	6,94	0,24	0,22	0,410	6,542
Holm Sø	10	2,45	0,54	0,05	-0,003	5,732
Maglesø	10	7,39	0,28	0,20	-0,239	1,930
Nors Sø	10	6,19	0,32	0,42	0,107	2,091
Ravn Sø	10	8,24	0,50	0,23	-0,177	2,077
Søholm Sø	11	19,12	0,35	0,36	-1,124	28,033
Kvie Sø	10	15,05	0,36	0,10	-1,105	31,646
Bastrup Sø	9	21,70	0,42	0,37	-2,761	31,591
Hornum Sø	11	9,19	0,46	0,44	-1,333	139,97
Ørn Sø	11	39,55	0,55	0,09	-0,569	94,269
Furesø	10	21,09	1,49	0,40	-0,413	60,342
Fårup Sø	11	34,80	0,47	0,31	-1,506	128,50
Damhussøen	9	7,70	0,74	0,52	-0,662	18,459
Bryrup Langsø	10	24,88	0,89	0,54	-0,925	96,907
Hinge Sø	10	107,32	0,30	0,12	0,329	562,32
Tissø	9	27,15	0,52	0,27	-3,132	116,83
Engelsholm Sø	10	42,72	0,79	0,44	-7,112	451,02
Bagsværd Sø	10	79,05	0,35	0,30	-3,172	1067,5
Borup Sø	10	87,75	0,30	0,25	-5,160	917,40
Arreskov Sø	11	34,59	0,90	0,33	-10,94	1116,7
Tystrup Sø	9	35,70	1,54	0,45	4,588	116,74
Arresø	10	206,10	0,34	0,18	-7,067	10011
Vesterborg Sø	11	84,15	0,19	0,19	-10,00	325,82
St. Søgård Sø	10	41,36	0,89	0,38	-3,817	164,29
Utterslev Mose	10	101,90	0,70	0,66	0,878	3202,2
Søgård Sø	11	162,15	0,21	0,09	-11,20	2481,4
Gundsømagle Sø	10	211,71	0,29	0,33	-12,30	5892,0

Klorofyl α ($\mu\text{g l}^{-1}$) målt i perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	8	9,81	0,49	0,27	-0,488	17,862
Holm Sø	8	2,57	0,62	0,00	0,024	1,413
Maglesø	9	7,82	0,30	0,06	-0,297	3,189
Nors Sø	8	6,59	0,20	0,03	0,281	3,028
Ravn Sø	9	5,55	0,89	0,43	-0,020	4,904
Søholm Sø	9	10,60	0,92	0,36	-0,683	17,395
Kvie Sø	9	23,55	1,00	0,39	-2,705	82,526
Bastrup Sø	7	13,70	0,39	0,00	-0,722	15,066
Hornum Sø	8	9,55	0,39	0,08	0,109	17,040
Ørn Sø	8	9,01	1,71	0,47	-0,457	9,910
Furesø	8	5,02	1,58	0,41	0,311	2,142
Fårup Sø	8	18,82	0,77	0,35	-1,865	24,019
Damhussøen	7	15,57	1,27	0,37	-0,140	32,536
Bryrup Langsø	9	11,98	0,99	0,25	-0,516	26,253
Hinge Sø	8	35,05	1,00	0,55	-4,462	771,09
Tissø	8	18,84	0,73	0,24	-0,367	22,461
Engelsholm Sø	8	20,21	0,82	0,05	-3,800	166,15
Bagsværd Sø	7	54,32	0,60	0,09	-2,560	134,81
Borup Sø	8	25,23	1,09	0,15	-2,871	99,750
Arreskov Sø	9	19,81	0,97	0,28	-10,22	788,82
Tystrup Sø	9	5,60	1,28	0,36	0,287	1,985
Arresø	8	304,30	0,22	0,14	-19,57	16172
Vesterborg Sø	8	34,44	0,72	0,15	-5,756	493,35
St. Søgård Sø	8	11,90	1,29	0,43	-0,765	38,403
Utterslev Mose	7	69,41	0,30	0,00	-1,332	395,47
Søgård Sø	7	40,31	1,04	0,15	-7,359	1013,4
Gundsømagle Sø	8	83,69	1,14	0,46	-24,03	2611,4

Total planteplankton biomasse ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$) målt i perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	10	0,61	0,71	0,25	0,077	0,100
Holm Sø	10	0,21	0,80	0,14	0,005	0,044
Maglesø	11	1,44	1,08	0,04	0,099	0,226
Nors Sø	10	1,00	0,76	0,27	-0,061	0,402
Ravn Sø	10	1,91	0,98	0,30	-0,071	0,372
Søholm Sø	11	3,39	0,58	0,30	-0,466	2,719
Kvie Sø	10	1,23	0,79	0,21	-0,128	0,232
Bastrup Sø	9	4,80	1,03	0,33	-0,096	51,092
Hornum Sø	11	3,63	1,57	0,33	-0,936	38,857
Ørn Sø	11	3,92	0,81	0,14	-0,299	5,220
Furesø	10	3,52	2,55	0,55	-0,135	6,290
Fårup Sø	11	5,22	1,14	0,29	-0,531	21,482
Damhussøen	10	0,96	1,24	0,49	-0,156	1,038
Bryrup Langsø	10	4,41	1,28	0,32	0,399	4,458
Hinge Sø	11	16,03	0,99	0,16	-0,917	73,338
Tissø	9	4,05	0,74	0,31	-0,659	8,172
Engelsholm Sø	11	11,49	1,73	0,36	-4,095	82,804
Bagsværd Sø	10	17,36	0,39	0,46	-0,910	88,516
Borup Sø	10	15,05	0,57	0,33	-0,230	41,686
Arreskov Sø	11	5,63	1,53	0,32	-2,933	67,623
Tystrup Sø	9	6,29	2,11	0,57	1,313	8,429
Arresø	10	18,50	0,23	0,31	-0,372	18,911
Vesterborg Sø	11	14,25	0,61	0,29	-3,076	46,589
St. Søgård Sø	10	5,11	1,61	0,45	-0,210	11,919
Utterslev Mose	10	11,54	1,31	0,64	-0,071	79,465
Søgård Sø	11	9,43	0,53	0,06	-0,991	9,544
Gundsømagle Sø	10	28,77	0,55	0,33	-1,702	162,97

Total planteplankton biomasse ($\text{mm}^3 \text{ l}^{-1}$) målt i perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	8	0,84	1,12	0,25	-0,007	0,177
Holm Sø	7	0,17	0,95	0,00	-0,001	0,006
Maglesø	9	0,70	1,08	0,16	0,046	0,098
Nors Sø	7	0,57	0,77	0,15	0,080	0,098
Ravn Sø	7	0,94	1,46	0,28	0,014	0,081
Søholm Sø	8	1,46	1,66	0,40	-0,268	1,617
Kvie Sø	8	1,37	1,62	0,46	-0,068	0,770
Bastrup Sø	7	2,08	1,03	0,00	0,007	3,864
Hornum Sø	7	1,26	0,95	0,15	-0,020	0,363
Ørn Sø	7	0,95	2,79	0,34	-0,166	1,102
Furesø	8	0,38	2,53	0,39	0,006	0,074
Fårup Sø	7	2,46	1,75	0,28	-0,391	1,083
Damhussøen	7	1,38	2,46	0,34	0,028	1,362
Bryrup Langsø	8	1,80	2,04	0,30	-0,185	2,172
Hinge Sø	8	3,10	2,86	0,42	-1,246	44,347
Tissø	8	2,96	0,87	0,32	0,059	2,440
Engelsholm Sø	7	3,44	2,09	0,10	-1,388	10,114
Bagsværd Sø	7	8,07	0,78	0,10	-0,102	11,946
Borup Sø	7	4,22	0,89	0,09	-0,348	7,625
Arreskov Sø	8	2,11	1,46	0,40	-1,463	17,153
Tystrup Sø	8	0,56	2,67	0,49	0,051	0,049
Arresø	7	20,27	0,16	0,14	-0,577	44,131
Vesterborg Sø	8	3,21	1,47	0,22	-0,823	7,310
St. Søgård Sø	7	1,20	2,13	0,58	0,027	1,578
Utterslev Mose	7	6,62	0,48	0,08	-0,324	3,931
Søgård Sø	7	3,44	1,98	0,31	-0,445	8,442
Gundsømagle Sø	7	8,55	1,31	0,18	-1,411	43,960

Blågrønalg biomasse ($\text{mm}^3 \text{ l}^{-1}$) målt i perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	10	0,01	0,00	0,00	0,001	0,000
Holm Sø	10	0,02	0,00	0,34	-0,001	0,001
Maglesø	11	0,04	0,01	0,17	-0,001	0,008
Nors Sø	10	0,45	0,25	0,62	-0,085	0,183
Ravn Sø	10	0,17	0,05	0,45	0,006	0,026
Søholm Sø	11	1,06	0,19	0,47	-0,393	1,195
Kvie Sø	10	0,03	0,00	0,34	0,005	0,001
Bastrup Sø	9	1,02	0,39	0,37	-0,171	1,314
Hornum Sø	11	0,81	0,92	0,25	-0,082	3,612
Ørn Sø	11	0,17	0,12	0,45	0,011	0,041
Furesø	10	1,23	0,94	0,56	-0,322	1,159
Fårup Sø	11	1,81	1,03	0,38	-0,193	3,399
Damhussøen	10	0,24	0,17	0,40	0,015	0,079
Bryrup Langsø	10	1,64	1,16	0,70	0,171	0,702
Hinge Sø	11	1,90	1,45	0,63	-0,140	5,877
Tissø	9	1,84	0,65	0,66	-0,596	10,892
Engelsholm Sø	11	6,95	1,85	0,49	-3,490	90,402
Bagsværd Sø	10	9,77	1,06	0,60	-1,534	78,005
Borup Sø	10	1,67	1,39	0,49	-0,110	2,828
Arreskov Sø	11	3,82	1,21	0,43	-1,516	48,456
Tystrup Sø	9	0,57	0,41	0,44	-0,171	0,148
Arresø	10	4,91	0,56	0,73	0,072	8,608
Vesterborg Sø	11	3,47	1,18	0,48	-1,892	47,708
St. Søgård Sø	10	2,57	1,07	0,49	-0,076	5,480
Utterslev Mose	10	3,14	2,46	0,60	0,220	13,441
Søgård Sø	11	0,38	0,50	0,41	0,091	0,047
Gundsømagle Sø	10	4,43	1,87	0,66	1,036	85,345

Blågrønalg biomasse ($\text{mm}^3 \text{ l}^{-1}$) målt i perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	8	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Holm Sø	7	0,02	0,01	0,09	0,004	0,002
Maglesø	9	0,00	0,00	0,05	0,000	0,000
Nors Sø	7	0,11	0,07	0,04	-0,015	0,015
Ravn Sø	7	0,08	0,03	0,00	-0,002	0,008
Søholm Sø	8	0,30	0,20	0,00	-0,152	0,564
Kvie Sø	8	0,07	0,03	0,05	0,017	0,027
Bastrup Sø	7	0,24	0,21	0,08	0,001	0,069
Hornum Sø	7	0,25	0,16	0,16	0,050	0,280
Ørn Sø	7	0,05	0,04	0,00	-0,028	0,054
Furesø	8	0,06	0,07	0,00	-0,018	0,005
Fårup Sø	7	0,21	0,18	0,05	-0,010	0,076
Damhussøen	7	0,01	0,00	0,38	0,003	0,000
Bryrup Langsø	8	0,16	0,13	0,01	-0,000	0,014
Hinge Sø	8	0,06	0,05	0,00	0,003	0,022
Tissø	8	0,99	0,26	0,33	-0,242	1,466
Engelsholm Sø	7	0,98	0,92	0,06	-0,383	0,762
Bagsværd Sø	7	2,74	1,07	0,24	-0,295	5,396
Borup Sø	7	0,07	0,12	0,10	0,034	0,082
Arreskov Sø	8	0,84	0,48	0,05	-0,456	2,196
Tystrup Sø	8	0,04	0,03	0,25	-0,013	0,004
Arresø	7	3,17	0,57	0,53	0,373	8,880
Vesterborg Sø	8	0,31	0,37	0,00	-0,171	0,369
St. Søgård Sø	7	0,16	0,08	0,00	0,013	0,040
Utterslev Mose	7	0,21	0,34	0,11	0,072	0,087
Søgård Sø	7	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Gundsømagle Sø	7	0,36	0,54	0,00	-0,004	0,187

Dafnier biomasse ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$) målt i perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	10	2,00	3,70	0,52	0,039	2,638
Holm Sø	10	0,03	0,02	0,00	0,008	0,003
Maglesø	10	9,18	2,50	0,53	-0,304	50,219
Nors Sø	10	18,39	4,55	0,60	8,179	1160,8
Ravn Sø	10	58,03	2,76	0,43	3,282	850,84
Søholm Sø	11	66,68	1,27	0,13	-6,638	914,52
Kvie Sø	10	1,12	2,79	0,65	0,497	7,045
Bastrup Sø	9	80,12	1,73	0,25	-0,222	2211,0
Hornum Sø	11	0,24	0,45	0,32	-0,030	0,196
Ørn Sø	11	422,98	2,12	0,46	1,707	58220
Furesø	10	37,93	2,35	0,21	-4,792	1729,1
Fårup Sø	11	68,15	3,60	0,49	0,661	989,47
Damhussøen	10	5,26	4,64	0,43	-8,620	3782,7
Bryrup Langsø	10	185,00	2,14	0,42	28,030	10946
Hinge Sø	10	40,67	4,14	0,38	1,358	6504,5
Tissø	9	24,47	3,38	0,25	2,349	557,22
Engelsholm Sø	11	175,86	3,77	0,40	-8,877	26310
Bagsværd Sø	10	252,90	1,49	0,16	25,580	39249
Borup Sø	10	41,39	3,22	0,53	-3,920	679,42
Arreskov Sø	11	181,02	3,36	0,30	22,345	71985
Tystrup Sø	10	61,69	2,59	0,33	-17,48	7317,8
Arresø	10	95,43	2,65	0,38	-3,018	13496
Vesterborg Sø	11	10,46	2,87	0,48	1,515	100,16
St. Søgård Sø	10	321,21	1,98	0,18	-32,98	65316
Utterslev Mose	10	9,08	3,89	0,44	7,112	2043,0
Søgård Sø	11	136,47	3,43	0,38	22,459	51793
Gundsømagle Sø	10	12,47	3,73	0,43	1,375	510,89

Dafnier biomasse ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$) målt i perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	Frekvens pr. år	Niveau			Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	r	h	s^2
Søby Sø	7	1,42	2,19	0,45	1,517	86,960
Holm Sø	7	0,06	0,06	0,13	0,004	0,016
Maglesø	9	2,55	0,88	0,06	-0,020	25,450
Nors Sø	8	14,00	2,74	0,23	-2,833	241,14
Ravn Sø	7	11,12	3,27	0,40	0,461	89,438
Søholm Sø	8	18,58	1,44	0,43	0,092	181,27
Kvie Sø	7	1,91	2,83	0,39	1,932	77,859
Bastrup Sø	6	22,11	1,57	0,39	-0,676	1193,6
Hornum Sø	7	0,02	0,03	0,00	-0,003	0,003
Ørn Sø	7	23,51	5,58	0,55	4,958	887,13
Furesø	8	4,53	2,11	0,21	-1,140	40,089
Fårup Sø	7	29,60	3,51	0,29	-2,614	1706,8
Damhussøen	7	3,90	4,35	0,44	-0,827	31,994
Bryrup Langsø	7	26,57	2,82	0,46	4,615	494,15
Hinge Sø	8	2,73	3,24	0,37	-0,085	6,859
Tissø	8	5,04	2,43	0,40	-0,605	121,35
Engelsholm Sø	7	162,49	2,52	0,38	2,859	20491
Bagsværd Sø	7	62,45	3,74	0,52	-6,318	2259,7
Borup Sø	6	1,35	2,21	0,00	-0,236	6,790
Arreskov Sø	8	146,94	3,85	0,11	18,811	55511
Tystrup Sø	8	8,27	2,16	0,27	-0,258	85,177
Arresø	7	25,79	4,07	0,46	2,057	2440,3
Vesterborg Sø	7	0,58	0,92	0,03	0,060	0,883
St. Søgård Sø	7	60,60	2,19	0,23	3,558	4907,4
Utterslev Mose	7	2,41	2,24	0,15	0,040	7,435
Søgård Sø	7	7,73	5,10	0,45	-0,396	64,952
Gundsømagle Sø	7	2,54	3,38	0,38	-0,776	15,536

Bilag 1.3 Deskriptiv statistik: det marine miljø

DIN vinterkoncentration

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af log-transformerede DIN koncentrationer i januar og februar måned uden sæsonkorrektion. De bestemte parametre for de log-transformerede observationer er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	6	3	5,40	0,10	0,26
1	45	12	7,47	0,15	0,15
1610002	31	7	7,06	0,19	0,35
170006	81	12	5,08	0,32	0,21
1727	22	9	4,56	0,17	0,14
1939	17	7	4,48	0,65	0,35
3702-1	56	12	6,19	0,24	0,24
3727-1	50	12	6,69	0,26	0,15
409	32	12	4,70	0,24	0,14
431	78	13	4,65	0,20	0,19
44	11	6	5,87	0,30	0,18
5790	52	13	6,62	0,28	0,31
60	44	12	6,95	0,41	0,20
6500051	43	12	5,21	0,35	0,25
6700053	129	12	4,90	0,23	0,21
6870	33	4	5,17	0,21	0,13
6900017	134	12	6,92	0,51	0,39
7725	14	5	5,18	0,26	0,28

DIN årskoncentration

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af log-transformerede DIN koncentrationer over hele året med sæsonkorrektion. De bestemte parametre for de log-transformerede observationer er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	52	3	3,74	0,31	0,69
1	352	12	5,45	0,79	0,88
1610002	193	10	5,91	0,41	0,75
170006	524	12	3,28	0,21	0,56
1727	152	11	3,24	0,37	0,57
1939	114	8	3,32	0,14	0,46
3702-1	428	12	5,07	0,34	0,56
3727-1	357	12	5,71	0,30	0,53
409	191	13	2,42	0,68	1,07
431	378	13	2,98	0,50	0,91
44	94	6	4,80	0,39	0,76
5790	304	13	5,02	0,30	0,70
60	325	12	5,16	0,33	0,83
6500051	249	12	3,77	0,21	0,51
6700053	724	12	3,64	0,21	0,40
6870	153	4	3,69	0,47	0,61
6900017	756	12	5,28	0,33	0,69
7725	118	6	4,08	0,64	0,99

DIP vinterkoncentration

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af log-transformerede DIP koncentrationer i januar og februar måned uden sæsonkorrektion. De bestemte parametre for de log-transformerede observationer er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	5	3	2,83	0,32	0,15
1	45	12	1,95	0,55	0,43
1610002	31	7	3,23	0,43	0,31
170006	82	12	3,10	0,20	0,19
1727	26	10	2,76	0,23	0,21
1939	17	8	2,74	0,48	0,22
3702-1	56	12	3,13	0,42	0,60
3727-1	50	12	3,27	0,52	0,56
409	34	13	3,04	0,17	0,16
431	78	13	2,96	0,21	0,16
44	13	7	3,18	0,27	0,15
5790	52	13	3,24	0,26	0,25
60	45	12	5,42	0,63	0,17
6500051	43	12	3,08	0,37	0,20
6700053	138	13	3,12	0,26	0,24
6870	33	4	3,15	0,12	0,18
6900017	135	12	3,59	0,42	0,21
7725	14	6	3,02	0,17	0,17

DIP årskoncentration

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af log-transformerede DIP koncentrationer over hele året med sæsonkorrektion. De bestemte parametre for de log-transformerede observationer er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	51	3	1,29	0,88	1,02
1	350	12	1,54	0,14	0,70
1610002	193	10	2,88	0,33	0,62
170006	524	12	1,74	0,30	0,54
1727	172	12	2,16	0,48	0,46
1939	116	8	2,10	0,19	0,28
3702-1	428	12	2,48	0,35	0,67
3727-1	357	12	3,14	0,33	0,69
409	204	13	1,45	0,62	0,86
431	394	13	2,06	0,36	0,53
44	109	7	2,26	0,31	0,50
5790	304	13	2,64	0,34	0,69
60	331	12	5,37	0,80	0,56
6500051	258	12	2,38	0,50	0,46
6700053	773	13	2,33	0,38	0,44
6870	153	4	1,77	0,31	0,61
6900017	774	12	3,48	0,56	0,47
7725	126	6	1,54	0,86	0,81

TN årskoncentration

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af log-transformerede TN koncentrationer over hele året med sæsonkorrektion. De bestemte parametre for de log-transformerede observationer er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	54	3	5,78	0,08	0,21
1	346	12	7,28	0,18	0,26
1610002	193	10	6,83	0,13	0,38
170006	525	12	5,58	0,09	0,15
1727	172	12	5,79	0,12	0,20
1939	116	8	5,52	0,10	0,15
3702-1	428	12	6,49	0,22	0,26
3727-1	357	12	6,97	0,19	0,20
409	130	12	5,58	0,08	0,17
431	306	13	5,67	0,08	0,11
44	107	7	6,06	0,26	0,29
5790	304	13	6,47	0,19	0,31
60	329	12	7,03	0,14	0,19
6500051	258	12	5,82	0,09	0,19
6700053	727	12	5,71	0,12	0,19
6870	153	4	5,71	0,14	0,24
6900017	774	12	6,68	0,20	0,36
7725	130	6	5,59	0,18	0,31

TP årskoncentration

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af log-transformerede TP koncentrationer over hele året med sæsonkorrektion. De bestemte parametre for de log-transformerede observationer er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	54	3	3,15	0,25	0,24
1	346	12	4,36	0,53	0,50
1610002	192	10	4,25	0,11	0,42
170006	525	12	3,14	0,16	0,25
1727	172	12	3,05	0,19	0,26
1939	116	8	3,02	0,14	0,28
3702-1	427	12	3,74	0,18	0,39
3727-1	357	12	4,17	0,19	0,35
409	202	13	3,08	0,26	0,28
431	379	13	3,13	0,21	0,21
44	108	7	3,40	0,09	0,29
5790	304	13	3,83	0,21	0,33
60	331	12	5,65	0,61	0,23
6500051	258	12	3,30	0,33	0,28
6700053	772	13	3,23	0,24	0,34
6870	153	4	3,23	0,12	0,29
6900017	774	12	4,25	0,37	0,32
7725	130	6	2,91	0,26	0,32

Klorofyl sommerkoncentration

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af log-transformerede klorofyl koncentrationer i maj-august måneder uden sæsonkorrektion. De bestemte parametre for de log-transformerede observationer er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	26	3	0,27	0,15	0,45
1	163	12	3,16	0,98	0,54
1610002	81	10	2,06	0,51	0,59
170006	228	12	0,65	0,18	0,53
1727	72	11	0,59	0,37	0,57
1939	51	8	0,29	0,23	0,32
3702-1	163	12	1,49	0,17	0,52
3727-1	165	12	2,45	0,34	0,68
409	94	13	0,62	0,37	0,62
431	167	13	0,48	0,30	0,57
44	47	7	1,32	0,54	0,61
5790	127	12	2,01	0,32	0,49
60	152	12	1,48	0,38	0,62
6500051	108	12	1,08	0,31	0,51
6700053	288	11	0,87	0,13	0,40
6870	64	3	0,96	0,15	0,42
6900017	311	12	1,60	0,21	0,50
7725	59	6	0,29	0,47	0,59

Klorofyl årskoncentration

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af log-transformerede klorofyl koncentrationer over hele året med sæsonkorrektion. De bestemte parametre for de log-transformerede observationer er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	54	3	0,41	0,20	0,46
1	344	12	3,10	0,97	0,56
1610002	191	10	1,75	0,27	0,61
170006	522	12	0,77	0,26	0,64
1727	154	11	0,46	0,15	0,50
1939	116	8	0,49	0,19	0,61
3702-1	358	12	1,31	0,19	0,64
3727-1	360	12	1,83	0,32	0,72
409	188	13	0,71	0,26	0,61
431	365	13	0,24	0,25	0,68
44	109	7	1,14	0,21	0,69
5790	301	13	1,46	0,26	0,58
60	328	12	1,23	0,37	0,76
6500051	254	12	0,83	0,26	0,51
6700053	708	11	0,79	0,15	0,49
6870	153	4	1,05	0,24	0,43
6900017	764	12	1,28	0,21	0,56
7725	130	6	0,31	0,25	0,63

Sommer sigtddybde

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af sigtddybderne i maj-august måneder uden sæsonkorrektion. De bestemte parametre for observationerne er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	23	3	6,65	0,36	1,27
1	151	12	1,18	0,78	0,52
1610002	78	10	1,96	0,47	0,84
170006	221	12	8,04	1,13	1,90
1727	77	11	7,43	0,70	1,62
1939	48	8	8,11	1,04	1,74
3702-1	170	12	3,93	0,40	1,38
3727-1	143	12	2,71	0,55	0,91
409	83	13	7,40	1,30	1,44
431	122	13	7,51	0,89	1,50
44	44	7	6,46	1,48	1,97
5790	122	12	2,85	0,43	0,67
60	144	12	3,83	0,67	0,71
6500051	85	12	6,01	1,01	1,22
6700053	266	11	6,77	0,81	1,13
6870	59	3	6,93	0,82	1,57
6900017	262	12	3,05	0,48	0,63
7725	51	6	9,25	1,07	3,66

Årlig sigtddybde

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af sigtddybder over hele året med sæsonkorrektion. De bestemte parametre for observationerne er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	51	3	6,22	0,28	1,62
1	331	12	0,95	0,47	0,58
1610002	175	10	1,52	0,32	0,67
170006	515	12	7,70	0,79	2,03
1727	166	12	7,84	0,45	1,75
1939	113	8	7,61	0,69	1,71
3702-1	336	12	3,20	0,35	1,34
3727-1	309	12	3,44	0,58	0,94
409	150	13	7,04	1,11	1,52
431	244	13	8,35	0,47	1,93
44	106	7	4,82	0,93	1,95
5790	273	13	3,06	0,38	0,80
60	315	12	3,83	0,54	0,84
6500051	197	10	6,87	1,20	1,58
6700053	662	12	6,74	0,88	1,42
6870	144	4	6,78	0,84	1,64
6900017	646	11	3,09	0,52	1,01
7725	122	6	7,08	1,18	2,82

Iltkoncentration sommer og efterår

Denne indikator beregnes som gennemsnittet af iltkoncentrationen ved bunden i perioden maj-november uden sæsonkorrektion. De bestemte parametre for observationerne er:

Station	Antal obs.	Antal år	$\exp(\bar{x})$	s_j	s
0101047	28	3	8,08	0,68	2,22
1	257	15	9,51	0,79	1,72
1610002	93	9	8,22	0,69	0,98
170006	414	19	6,02	1,03	2,24
1727	86	11	8,90	0,54	1,65
1939	71	8	8,41	0,74	1,55
3702-1	292	12	8,44	0,28	0,91
3727-1	396	12	5,96	0,80	3,15
409	139	13	7,77	0,67	1,80
431	245	13	4,52	0,89	1,44
44	70	8	7,79	0,78	1,34
5790	252	25	7,52	0,83	1,75
60	268	19	8,71	0,42	1,73
6500051	187	12	5,14	0,81	2,70
6700053	408	11	5,70	0,80	1,54
6870	101	3	5,12	0,63	2,18
6900017	445	12	7,99	0,65	1,44
7725	84	7	8,41	0,45	0,91

Iltsvindshyppighed

Denne indikator beregnes som andelen (p) af målte iltkoncentrationer ved bunden under 4 mg/l i perioden maj-november uden sæsonkorrektion. Den bestemte hyppighedsparameter med 95 % konfidensinterval er:

Der kan ikke udregnes en nedre konfidensgrænse for stationer uden observeret iltsvind.

Station	Antal obs.	Iltsvind	p	$p_{2,5\%}$	$p_{97,5\%}$
0101047	28	1	3,6 %	0,1 %	18,3 %
1	257	6	2,3 %	0,9 %	5,0 %
1610002	93	0	0,0 %		3,9 %
170006	414	94	22,7 %	18,8 %	27,0 %
1727	87	1	1,1 %	0,0 %	6,2 %
1939	71	2	2,8 %	0,3 %	9,8 %
3702-1	292	0	0,0 %		1,3 %
3727-1	396	121	30,6 %	26,1 %	35,4 %
409	139	4	2,9 %	0,8 %	7,2 %
431	245	102	41,6 %	35,4 %	48,1 %
44	70	3	4,3 %	0,9 %	12,0 %
5790	252	11	4,4 %	2,2 %	7,7 %
60	268	4	1,5 %	0,4 %	3,8 %
6500051	187	66	35,3 %	28,5 %	42,6 %
6700053	408	77	18,9 %	15,2 %	23,0 %
6870	101	28	27,7 %	19,3 %	37,5 %
6900017	445	7	1,6 %	0,6 %	3,2 %
7725	84	0	0,0 %		4,3 %

Dækningsgrad for makrovegetation på hårdbund

Denne indikator er et tal mellem 0 og 1, som efter logistisk transformation behandles som normalfordelt. Det vigtigste forklarende parameter til dækningsgrad er dybde for observationen. Nedenstående model tager højde for en lineær sammenhæng mellem den transformerede dækningsgrad og dybden. Derudover bestemmes varianskomponenterne for enkeltmålinger og år. Parametrene er bestemt ved PROC MIXED i SAS, og det ligger udenfor denne rapport at beskrive de bagvedliggende teorier.

Stenrev	Antal obs.	Antal år	$\gamma(\text{dybde})$	$S_{\text{år}}$	s
Herthas Flak	53	7	-0,63	0,80	1,11
Kims Top	50	7	-0,51	1,03	0,68
Læsø Trindel	11	6	-	0,47	0,73
St. Middelgrund	12	7	-	0,82	0,80

Bilag 1.4 Deskriptiv statistik: grundvand

De følgende tabeller viser de beregnede parameterestimer, der anvendes ved besvarelsen af de faglige spørgsmål for grundvand. Tabellerne viser: værdier for geometrisk gennemsnit ($\exp(\bar{x})$) og estimeret varians (s^2) for log-transformerede målinger, samt estimeret hældning (h) og residualvariens (s^2) omkring den rette linie.

Nitrat i grundvand (mg l^{-1}).

Område	Frekvens pr. år	Niveau		Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	h	s^2
Bolbro	195	19,50	4,21	-0,075	144,284
Homå	49	6,64	7,42	0,751	7,800
Lillebæk	180	6,12	5,10	-1,050	10,162
Rabis	125	7,27	6,83	-0,336	6,967

Dichlorprop i grundvand ($\mu\text{g l}^{-1}$).

Filter	Frekvens pr. år	Niveau		Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	h	s^2
13.11.14.02	4	25,842	0,693	-3,768	300,864

Mechlorprop i grundvand ($\mu\text{g l}^{-1}$).

Filter	Frekvens pr. år	Niveau		Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	h	s^2
13.11.14.02	4	0,275	0,358	-0,019	0,018

Atrazin i grundvand ($\mu\text{g l}^{-1}$).

Filter	Frekvens pr. år	Niveau		Trend	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	h	s^2
76.14.02.02	3	0,010	0,155	-0,000	0,000
76.14.03.03	3	0,041	0,293	-0,005	0,003

Bilag 1.5 Deskriptiv statistik: landovervågningen

Den følgende tabel viser de beregnede parameterestimer, der anvendes ved besvarelsen af de faglige spørgsmål for landovervågningen. Tabellen viser: værdier for geometrisk gennemsnit ($\exp(\bar{x}-1)$) og estimeret varians (s^2) for log-transformerede målinger, samt estimeret hældning (h) og residualvariens (s^2) omkring den rette linie.

Kvælstofudvaskning (kg N ha⁻¹).

		Niveau		Trend	
		$\exp(\bar{x}-1)$	s^2	h	s^2
Hele Danmark	35	62,9	1,079	-0,115	1,43

Bilag 1.6 Deskriptiv statistik: punktkilder

Den følgende tabel viser de beregnede parameterestimer, der anvendes ved besvarelsen af det faglige spørgsmål for punktkilder. Tabellen viser: værdier for geometrisk gennemsnit ($\exp(\bar{x})$), estimeret varians (s^2) for logtransformerede målinger.

Total kvælstof (mg N l^{-1}) og total fosfor (mg P l^{-1}).

Rensningsanlæg	Frekvens pr. år	Total kvælstof (mg N l^{-1})		Total fosfor (mg P l^{-1})	
		$\exp(\bar{x})$	s^2	$\exp(\bar{x})$	s^2
Harboøre	24	6,17	0,4555	0,952	0,8157
Herning	40	8,33	0,1667	0,373	0,2981
Holstebro	25	6,49	0,1023	0,422	0,1617
Ikast	24	5,81	0,1217	0,617	0,2491
Lemvig	24	7,03	0,1731	0,589	0,3828
Brande	12	2,64	0,3154	0,732	0,4481
Struer	25	5,21	0,0904	0,340	0,1709

Bilag 2.1 Resultater: vandløb

Spørgsmål 1: Alle resultater for dette spørgsmål forefindes i afsnit 4.1.

Spørgsmål 2:

Station	d% pr. år	Total kvælstof	Total fosfor
20005	1	12	18
	2	8	12
	3	7	10
	4	6	8
	5	6	8
110010	1	21	17
	2	14	12
	3	11	9
	4	10	8
	5	9	7
140016	1	11	20
	2	8	14
	3	7	11
	4	6	9
	5	6	8
210090	1	8	17
	2	6	12
	3	5	10
	4	5	8
	5	5	8
210110	1	8	25
	2	6	16
	3	5	13
	4	5	11
	5	5	10
220047	1	17	14
	2	12	10
	3	9	8
	4	8	7
	5	7	6
220050	1	14	18
	2	9	12
	3	8	10
	4	7	9
	5	6	8
320022	1	19	17
	2	13	12
	3	10	10
	4	9	8
	5	8	8
360009	1	14	16
	2	9	11
	3	8	9
	4	7	8
	5	6	7
400001	1	15	19
	2	10	13
	3	8	10
	4	7	9
	5	7	8

Station	d % pr. år	Total kvælstof	Total fosfor
450005	1	24	14
	2	16	10
	3	13	8
	4	11	7
	5	10	7
460001	1	17	24
	2	11	16
	3	9	13
	4	8	11
	5	7	10
470033	1	20	22
	2	14	15
	3	11	12
	4	9	10
	5	8	9
520039	1	18	37
	2	12	24
	3	10	19
	4	9	16
	5	8	14
530010	1	22	17
	2	14	12
	3	12	10
	4	10	8
	5	9	8
560002	1	22	23
	2	15	15
	3	12	12
	4	10	10
	5	9	9
560003	1	22	20
	2	15	13
	3	12	11
	4	10	9
	5	9	8
600027	1	18	18
	2	12	12
	3	10	10
	4	9	9
	5	8	8
620017	1	23	19
	2	15	13
	3	12	10
	4	10	9
	5	9	8
670019	1	13	17
	2	9	11
	3	8	9
	4	7	8
	5	6	6

Antallet af år der er nødvendige for at detektere en udviklingstendens på d % pr. år. For total fosfor er data log-transformerede. Styrken er 80 %.

Spørgsmål 3:

Antallet af år samt antallet af stationer, der er nødvendige for at de-
tekttere en udviklingstendens på d % pr. år. For total fosfor er data
log-transformerede. Styrken er 80 %.

	d %	Antal år	Antal stationer	
			Total kvælstof	Total fosfor
Hele landet	1	5	308	763
	2	5	77	193
	3	5	35	87
	4	5	20	50
	5	5	13	32
	1	7	110	273
	2	7	28	69
	3	7	13	31
	4	7	7	18
	5	7	5	12
	1	10	38	93
	2	10	10	24
	3	10	5	11
	4	10	3	6
	5	10	2	4
	1	15	11	28
	2	15	3	7
	3	15	2	4
	4	15	1	2
	5	15	1	2
Type 1	1	5	329	565
	2	5	83	143
	3	5	37	65
	4	5	21	37
	5	5	14	24
	1	7	118	202
	2	7	30	51
	3	7	14	23
	4	7	8	13
	5	7	5	9
	1	10	40	69
	2	10	10	18
	3	10	5	8
	4	10	3	5
	5	10	2	3
	1	15	12	21
	2	15	3	6
	3	15	2	3
	4	15	1	2
	5	15	1	1
Type 2	1	5	268	446
	2	5	67	113
	3	5	30	51
	4	5	17	29
	5	5	11	19
	1	7	96	160
	2	7	24	41
	3	7	11	19
	4	7	6	11
	5	7	4	7
	1	10	33	54
	2	10	9	14
	3	10	4	7
	4	10	3	4
	5	10	2	3
	1	15	10	16

	d %	Antal år	Antal stationer	
			Total kvælstof	Total fosfor
	2	15	3	5
	3	15	2	2
	4	15	1	2
	5	15	1	1
Type 3	1	5	267	458
	2	5	67	116
	3	5	30	52
	4	5	17	30
	5	5	11	20
	1	7	96	164
	2	7	24	42
	3	7	11	19
	4	7	6	11
	5	7	4	7
	1	10	33	56
	2	10	9	14
	3	10	4	7
	4	10	3	4
	5	10	2	3
	1	15	10	17
	2	15	3	5
	3	15	2	2
	4	15	1	2
	5	15	1	1
Type 4	1	5	197	744
	2	5	50	187
	3	5	22	84
	4	5	13	48
	5	5	8	31
	1	7	71	265
	2	7	18	67
	3	7	8	30
	4	7	5	18
	5	7	3	11
	1	10	24	90
	2	10	6	23
	3	10	3	11
	4	10	2	6
	5	10	1	4
	1	15	8	27
	2	15	2	7
	3	15	1	3
	4	15	1	2
	5	15	1	2

Spørgsmål 4: Alle resultater er gengivet i afsnit 4.1.4.

Spørgsmål 5: Alle resultater er gengivet i afsnit 4.1.5.

Bilag 2.2.1 Resultater: søer

De følgende tabeller viser antallet af gentagne målinger (frekvensen) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit i hver af de to perioder: fra 1/5 til 30/9 og fra 1/10 til 30/4. For total kvælstof, total fosfor og klorofyl α angiver tallet før '/' frekvensen beregnet under antagelse af uafhængige observationer, og tallet efter '/' angiver frekvensen beregnet under antagelse af autokorrelation. Blanke felter markerer at beregninger ikke er foretaget.

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total plante-plankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Søby Sø	10	22 / 32	>50 / >50	>50 / >50	>50	3	>50
	20	8 / 11	21 / 26	31 / 46	>50	3	>50
	30	6 / 7	12 / 14	16 / 23	30	3	>50
	40	5 / 5	8 / 10	11 / 15	21	3	>50
	50	2 / 3	7 / 8	9 / 11	19	3	>50
Holm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	3	4
	20	39 / >50	34 / >50	>50 / >50	>50	3	4
	30	20 / 50	18 / 27	33 / 36	47	3	4
	40	13 / 31	12 / 17	21 / 23	32	3	4
	50	10 / 22	9 / 13	16 / 17	26	3	4
Maglesø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	3	>50
	20	17 / 22	17 / 17	35 / >50	>50	3	>50
	30	10 / 12	10 / 10	19 / 26	43	3	>50
	40	6 / 8	7 / 7	12 / 17	24	3	>50
	50	6 / 7	6 / 6	10 / 12	18	3	>50
Nors Sø	10	38 / 38	38 / 38	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	13 / 13	12 / 12	39 / >50	>50	37	>50
	30	8 / 8	8 / 8	21 / 45	>50	4	>50
	40	6 / 6	6 / 6	14 / 28	25	4	>50
	50	5 / 5	5 / 5	10 / 20	18	4	>50
Ravn Sø	10	11 / >50	35 / 40	>50 / >50	>50	24	>50
	20	5 / 22	12 / 13	>50 / >50	>50	9	>50
	30	2 / 9	7 / 8	31 / 47	>50	4	>50
	40	1 / 6	6 / 6	20 / 29	40	3	>50
	50	1 / 4	5 / 5	15 / 21	28	3	44
Søholm Sø	10	>50 / >50	32 / 43	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	21 / >50	11 / 14	43 / >50	>50	18	>50
	30	12 / >50	7 / 8	22 / 43	36	9	>50
	40	8 / >50	5 / 5	15 / 27	12	6	39
	50	7 / >50	5 / 5	11 / 19	8	3	30
Kvie Sø	10	27 / 47	34 / >50	>50 / >50	>50	3	>50
	20	10 / 15	12 / 18	44 / >50	>50	3	>50
	30	5 / 8	7 / 10	23 / 27	49	3	>50
	40	5 / 6	5 / 7	15 / 17	39	3	>50
	50	3 / 5	5 / 6	11 / 13	25	3	41

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Bastrup Sø	10	11 / 14	>50 / >50	>50 / >50	>50	46	>50
	20	5 / 6	17 / 25	>50 / >50	>50	13	>50
	30	2 / 3	10 / 13	27 / >50	46	10	>50
	40	1 / 1	7 / 9	17 / 33	37	8	49
	50	1 / 1	6 / 7	13 / 24	26	6	32
Hornum Sø	10	35 / 45	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	12 / 14	16 / 16	>50 / >50	>50	>50	49
	30	7 / 8	9 / 9	29 / >50	44	31	20
	40	5 / 6	7 / 7	19 / 42	35	27	16
	50	5 / 5	5 / 5	14 / 29	25	23	13
Ørn Sø	10	12 / 15	42 / 42	>50 / >50	>50	45	>50
	20	6 / 5	14 / 14	>50 / >50	>50	9	>50
	30	3 / 4	8 / 8	33 / 39	30	5	>50
	40	1 / 2	5 / 5	22 / 25	23	3	>50
	50	1 / 1	5 / 5	16 / 18	20	3	45
Furesø	10	25 / 30	29 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	9 / 10	10 / 17	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	6 / 7	6 / 9	>50 / >50	>50	41	>50
	40	5 / 5	5 / 7	>50 / >50	>50	32	>50
	50	3 / 3	3 / 5	38 / >50	44	23	47
Fårup Sø	10	41 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	13 / 33	35 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	8 / 17	18 / >50	29 / >50	>50	>50	>50
	40	5 / 11	12 / >50	19 / 32	37	42	>50
	50	5 / 8	9 / 38	14 / 23	22	25	>50
Damhussøen	10	19 / 37	39 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	7 / 12	13 / 25	>50 / >50	>50	36	>50
	30	5 / 7	8 / 13	44 / >50	>50	19	>50
	40	3 / 5	6 / 9	28 / >50	>50	14	>50
	50	1 / 5	5 / 7	20 / >50	34	6	>50
Bryrup Langsø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	21 / >50	37 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	12 / >50	20 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	8 / >50	13 / 44	33 / >50	44	28	>50
	50	7 / 45	10 / 31	24 / >50	20	19	37

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α		Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Hinge Sø	10	37 / >50	46 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50	
	20	12 / 19	15 / 18	37 / 47	>50	>50	>50	
	30	8 / 10	9 / 10	20 / 24	39	>50	>50	
	40	6 / 7	6 / 7	13 / 16	28	45	>50	
	50	5 / 6	5 / 6	10 / 12	22	39	>50	
Tissø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50	
	20	23 / >50	>50 / >50	>50 / >50	27	26	>50	
	30	13 / 42	28 / >50	32 / >50	16	16	>50	
	40	9 / 26	18 / >50	20 / 33	10	13	46	
	50	7 / 18	13 / >50	15 / 23	6	9	35	
Engelsholm Sø	10	36 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50	
	20	12 / 18	29 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50	
	30	7 / 10	16 / 41	47 / >50	>50	>50	>50	
	40	6 / 7	11 / 26	30 / >50	45	46	>50	
	50	5 / 6	8 / 18	21 / 49	31	34	>50	
Bagsværd Sø	10	37 / >50	35 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50	
	20	12 / 24	12 / 18	44 / >50	44	>50	>50	
	30	7 / 13	7 / 10	23 / 39	23	>50	>50	
	40	6 / 9	6 / 7	15 / 25	16	46	40	
	50	5 / 7	5 / 6	11 / 18	11	37	26	
Borup Sø	10	34 / >50	44 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50	
	20	12 / 20	14 / 23	38 / >50	40	>50	>50	
	30	6 / 11	8 / 12	20 / 31	29	42	>50	
	40	5 / 8	6 / 9	13 / 20	18	38	>50	
	50	5 / 5	5 / 7	10 / 14	13	27	46	
Arreskov Sø	10	25 / 39	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50	
	20	9 / 12	25 / 45	>50 / >50	>50	>50	>50	
	30	6 / 7	13 / 23	>50 / >50	>50	>50	>50	
	40	5 / 6	9 / 15	33 / >50	>50	45	>50	
	50	3 / 5	7 / 11	24 / 44	45	33	>50	
Tystrup Sø	10	48 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50	
	20	15 / >50	30 / >50	>50 / >50	>50	24	>50	
	30	9 / 27	16 / 47	>50 / >50	>50	18	>50	
	40	7 / 17	11 / 29	>50 / >50	45	11	>50	
	50	5 / 12	8 / 21	39 / >50	35	7	>50	

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α		Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Arresø	10	34 / 35	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	11 / 12	19 / 31	42 /	>50	25	>50	>50
	30	7 / 7	11 / 16	22 /	30	10	23	>50
	40	5 / 6	8 / 11	15 /	19	4	12	>50
	50	5 / 5	6 / 8	11 /	14	4	6	>50
Vesterborg Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	28 / >50	20 / >50	25 /	36	>50	>50	>50
	30	15 / 36	11 / 26	14 /	19	37	48	>50
	40	10 / 22	8 / 17	10 /	12	28	36	>50
	50	8 / 16	7 / 12	8 /	9	20	29	>50
St. Søgård Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	31 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	16 / >50	32 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	11 / >50	21 / >50	33 /	>50	50	40	26
	50	9 / 38	15 / >50	24 /	48	41	27	16
Utterslev Mose	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	30 / >50	33 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	16 / >50	18 / 47	42 /	>50	>50	>50	>50
	40	11 / 32	12 / 29	27 /	>50	>50	>50	>50
	50	8 / 23	9 / 21	19 /	>50	38	>50	34
Søgård Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	33 / >50	29 / >50	27 /	31	>50	>50	>50
	30	18 / >50	16 / 32	14 /	17	28	35	>50
	40	12 / >50	11 / 21	10 /	11	12	23	>50
	50	9 / 42	8 / 15	8 /	9	9	19	>50
Gundsømagle Sø	10	48 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	15 / 24	28 / >50	36 /	>50	>50	>50	>50
	30	9 / 13	15 / 35	19 /	34	33	>50	>50
	40	7 / 9	10 / 22	13 /	22	21	>50	>50
	50	6 / 7	8 / 16	10 /	16	15	42	>50

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Søby Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	17 / 43	26 / 27	>50 / >50			
	30	10 / 22	14 / 14	31 / 50			
	40	7 / 14	10 / 10	20 / 32			
	50	6 / 10	8 / 8	15 / 22			
Holm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	28 / >50	41 / 45	>50 / >50			
	30	15 / 33	22 / 23	38 / 38			
	40	10 / 21	14 / 15	24 / 24			
	50	8 / 15	11 / 11	17 / 17			
Maglesø	10	>50 / >50	37 / 37	>50 / >50			
	20	20 / 31	12 / 12	37 / 41			
	30	11 / 16	7 / 7	19 / 21			
	40	8 / 11	6 / 6	13 / 14			
	50	6 / 8	5 / 5	10 / 11			
Nors sø	10	42 / 45	45 / 45	>50 / >50			
	20	14 / 14	14 / 14	26 / 27			
	30	8 / 9	8 / 8	14 / 15			
	40	5 / 6	6 / 6	10 / 10			
	50	5 / 5	5 / 5	8 / 8			
Ravn Sø	10	17 / >50	48 / >50	>50 / >50			
	20	7 / 18	15 / 28	>50 / >50			
	30	5 / 9	9 / 15	>50 / >50			
	40	2 / 6	7 / 10	33 / >50			
	50	1 / 5	6 / 8	24 / >50			
Søholm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	22 / >50	21 / 49	>50 / >50			
	30	12 / 29	12 / 25	>50 / >50			
	40	9 / 18	8 / 16	34 / >50			
	50	7 / 13	7 / 12	25 / 48			
Kvie Sø	10	25 / >50	34 / >50	>50 / >50			
	20	9 / 17	11 / 19	>50 / >50			
	30	6 / 9	7 / 10	>50 / >50			
	40	5 / 7	5 / 7	37 / >50			
	50	3 / 5	5 / 6	26 / >50			

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Bastrup Sø	10	15 / 24	42 / >50	>50 / >50			
	20	6 / 8	14 / 17	48 / 48			
	30	5 / 6	8 / 10	24 / 24			
	40	2 / 4	5 / 7	16 / 16			
	50	1 / 3	5 / 6	12 / 12			
Hornum Sø	10	34 / 46	33 / 37	>50 / >50			
	20	11 / 15	11 / 12	48 / >50			
	30	7 / 9	7 / 7	25 / 28			
	40	5 / 6	5 / 6	16 / 18			
	50	5 / 5	5 / 5	12 / 13			
Ørn Sø	10	14 / 14	32 / 32	>50 / >50			
	20	6 / 6	11 / 11	>50 / >50			
	30	3 / 3	7 / 7	>50 / >50			
	40	1 / 1	5 / 5	>50 / >50			
	50	1 / 1	5 / 5	43 / >50			
Furesø	10	27 / 39	21 / >50	>50 / >50			
	20	10 / 13	8 / 17	>50 / >50			
	30	5 / 8	5 / 9	>50 / >50			
	40	5 / 6	3 / 7	>50 / >50			
	50	3 / 5	3 / 5	40 / >50			
Fårup Sø	10	39 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	13 / 29	32 / >50	>50 / >50			
	30	8 / 15	17 / 29	46 / >50			
	40	6 / 10	12 / 18	29 / >50			
	50	5 / 8	9 / 13	21 / 40			
Damhussøen	10	>50 / >50	39 / 41	>50 / >50			
	20	17 / 40	13 / 13	>50 / >50			
	30	10 / 20	8 / 8	>50 / >50			
	40	7 / 13	6 / 5	46 / >50			
	50	6 / 10	5 / 5	33 / >50			
Bryrup Langsø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	26 / >50	21 / 37	>50 / >50			
	30	14 / 42	12 / 19	>50 / >50			
	40	10 / 26	8 / 12	36 / >50			
	50	8 / 19	7 / 9	26 / 41			

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Hinge Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	39 / >50	17 / 19	>50 / >50			
	30	21 / 49	10 / 11	>50 / >50			
	40	14 / 31	7 / 8	37 / >50			
	50	10 / 22	6 / 5	26 / >50			
Tissø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	39 / >50	33 / >50	>50 / >50			
	30	20 / 46	18 / 33	43 / >50			
	40	13 / 29	12 / 21	28 / 43			
	50	10 / 20	9 / 15	20 / 30			
Engelsholm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	24 / >50	18 / 23	>50 / >50			
	30	13 / 36	10 / 12	49 / >50			
	40	9 / 22	7 / 9	31 / 34			
	50	7 / 16	6 / 7	22 / 24			
Bagsværd Sø	10	28 / 39	>50 / >50	>50 / >50			
	20	10 / 13	18 / 33	>50 / >50			
	30	6 / 8	10 / 17	37 / 43			
	40	5 / 6	8 / 12	23 / 27			
	50	3 / 5	5 / 9	17 / 20			
Borup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	26 / >50	23 / 40	>50 / >50			
	30	14 / 28	13 / 20	>50 / >50			
	40	10 / 18	9 / 13	40 / >50			
	50	8 / 13	7 / 10	28 / 37			
Arreskov Sø	10	38 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	13 / 32	22 / 24	>50 / >50			
	30	8 / 16	12 / 13	>50 / >50			
	40	6 / 11	9 / 9	36 / >50			
	50	5 / 8	7 / 7	26 / 42			
Tystrup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	27 / >50	18 / 44	>50 / >50			
	30	15 / 44	10 / 22	>50 / >50			
	40	10 / 27	8 / 14	46 / >50			
	50	8 / 19	5 / 10	33 / >50			

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Arresø	10	40 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	13 / 22	19 / 21	29 / 37			
	30	8 / 12	11 / 12	15 / 19			
	40	6 / 8	8 / 8	11 / 13			
	50	5 / 6	6 / 7	8 / 10			
Vesterborg Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	30 / >50	>50 / >50			
	30	30 / >50	16 / 27	43 / >50			
	40	20 / 47	11 / 18	27 / 36			
	50	14 / 33	9 / 13	20 / 26			
St. Søgård Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	41 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	21 / 41	29 / >50	>50 / >50			
	40	14 / 26	19 / 37	47 / >50			
	50	11 / 19	14 / 26	33 / >50			
Utterslev Mose	10	37 / 47	>50 / >50	>50 / >50			
	20	12 / 15	21 / 30	38 / 38			
	30	7 / 9	12 / 16	20 / 20			
	40	6 / 6	8 / 11	13 / 13			
	50	5 / 5	7 / 8	10 / 10			
Søgård Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	32 / >50	23 / 26	>50 / >50			
	30	17 / 30	12 / 14	>50 / >50			
	40	12 / 19	9 / 10	38 / >50			
	50	9 / 14	7 / 8	27 / 36			
Gundsømagle Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	23 / >50	29 / >50	>50 / >50			
	30	13 / 27	15 / 27	>50 / >50			
	40	9 / 17	11 / 17	42 / >50			
	50	7 / 12	8 / 13	30 / >50			

Bilag 2.2.2 Resultater: søer

De følgende tabeller viser antallet af gentagne målinger (frekvensen) i hver af de to perioder fra 1/5 til 30/9 og fra 1/10 til 30/4, som er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en forskel fra det foregående år på d % af det geometriske gennemsnit. For total kvælstof, total fosfor og klorofyl α angiver tallet før '/' frekvensen beregnet under antagelse af uafhængige observationer, og tallet efter '/' angiver frekvensen beregnet under antagelse af autokorrelation. Blanke felter markerer at beregninger ikke er foretaget.

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Søby Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	31	19
	20	23 / 34	>50 / >50	>50 / >50	>50	31	19
	30	12 / 17	36 / 47	>50 / >50	>50	29	18
	40	8 / 11	23 / 29	35 / >50	37	27	18
	50	6 / 8	16 / 21	24 / 37	29	26	18
Holm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	28	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	24	>50
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	19	>50
	40	44 / >50	39 / >50	>50 / >50	41	18	>50
	50	31 / >50	28 / 43	>50 / >50	30	16	>50
Maglesø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	32	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	28	>50
	30	29 / 39	29 / 29	>50 / >50	>50	26	>50
	40	18 / 24	19 / 19	40 / >50	46	24	45
	50	13 / 17	13 / 13	28 / 41	37	21	36
Nors Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	41 / 41	40 / 40	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	21 / 21	20 / 20	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	13 / 13	13 / 13	45 / >50	35	>50	45
	50	10 / 10	9 / 9	32 / >50	25	42	44
Ravn Sø	10	35 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	11 / >50	37 / 43	>50 / >50	>50	48	>50
	30	6 / 45	19 / 22	>50 / >50	>50	36	>50
	40	4 / 25	12 / 14	>50 / >50	>50	29	>50
	50	3 / 15	9 / 10	49 / >50	49	25	>50
Søholm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	34 / 46	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	37 / >50	17 / 23	>50 / >50	48	>50	>50
	40	23 / >50	11 / 14	50 / >50	32	45	45
	50	16 / >50	8 / 10	35 / >50	25	35	35
Kvie Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	48	>50
	20	28 / >50	37 / >50	>50 / >50	>50	47	>50
	30	15 / 25	18 / 32	>50 / >50	>50	47	>50
	40	9 / 16	12 / 20	>50 / >50	44	44	>50
	50	7 / 11	9 / 14	35 / 42	34	40	>50

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Bastrup Sø	10	34 / 48	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	11 / 14	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	6 / 7	29 / 45	>50 / >50	48	>50	>50
	40	4 / 5	18 / 27	>50 / >50	32	>50	>50
	50	3 / 4	13 / 19	42 / >50	24	40	>50
Hornum Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	39	>50
	20	37 / 49	>50 / >50	>50 / >50	>50	32	>50
	30	19 / 24	27 / 27	>50 / >50	>50	29	>50
	40	12 / 15	17 / 17	>50 / >50	46	25	>50
	50	9 / 11	12 / 12	45 / >50	36	23	>50
Ørn Sø	10	40 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	12 / 15	45 / 45	>50 / >50	>50	41	>50
	30	7 / 8	22 / 22	>50 / >50	>50	35	>50
	40	5 / 5	14 / 14	>50 / >50	41	32	>50
	50	3 / 4	10 / 10	>50 / >50	31	30	>50
Furesø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	27 / 32	30 / >50	>50 / >50	>50	44	>50
	30	14 / 16	15 / 29	>50 / >50	>50	40	>50
	40	9 / 10	10 / 18	>50 / >50	>50	36	>50
	50	7 / 8	7 / 13	>50 / >50	>50	34	>50
Fårup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	44 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	22 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	14 / 38	40 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	50	10 / 26	28 / >50	46 / >50	42	44	>50
Damhussøen	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	39	>50
	20	20 / 40	42 / >50	>50 / >50	>50	34	43
	30	10 / 20	21 / 46	>50 / >50	>50	29	40
	40	7 / 12	13 / 28	>50 / >50	>50	28	34
	50	5 / 9	10 / 20	>50 / >50	42	25	31
Bryrup Langsø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	37 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	23 / >50	43 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	50	16 / >50	30 / >50	>50 / >50	>50	44	>50

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d%	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total plante-plankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Hinge Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	40 / >50	49 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	20 / 33	24 / 31	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	13 / 20	16 / 19	43 / >50	39	>50	>50
	50	9 / 14	11 / 14	30 / 38	30	43	>50
Tissø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	41 / >50	>50 / >50	>50 / >50	49	47	>50
	40	26 / >50	>50 / >50	>50 / >50	33	38	>50
	50	18 / >50	44 / >50	>50 / >50	28	33	>50
Engelsholm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	39 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	19 / 33	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	12 / 20	33 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	50	9 / 14	23 / >50	>50 / >50	45	>50	>50
Bagsværd Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	39 / >50	37 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	20 / 43	19 / 31	>50 / >50	39	49	>50
	40	13 / 26	12 / 19	50 / >50	25	37	>50
	50	9 / 18	9 / 14	35 / >50	19	31	49
Borup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	36 / >50	48 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	18 / 36	24 / 42	>50 / >50	43	45	>50
	40	12 / 22	15 / 26	44 / >50	28	41	>50
	50	9 / 15	11 / 18	31 / 49	21	37	>50
Arreskov Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	27 / 41	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	14 / 21	44 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	9 / 13	27 / >50	>50 / >50	50	>50	>50
	50	7 / 9	19 / 36	>50 / >50	34	43	>50
Tystrup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	26 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	43	>50
	40	16 / >50	34 / >50	>50 / >50	>50	33	>50
	50	12 / 45	24 / >50	>50 / >50	>50	31	>50

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Arresø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	36 / 38	>50 / >50	>50 / >50	50	>50	>50
	30	18 / 19	34 / >50	>50 / >50	28	>50	>50
	40	12 / 12	21 / 35	49 / >50	19	41	>50
	50	9 / 9	15 / 24	34 / 48	15	32	>50
Vesterborg Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	50 / >50	36 / >50	46 / >50	49	>50	>50
	40	31 / >50	22 / >50	28 / 41	33	>50	>50
	50	22 / >50	16 / 42	20 / 28	25	46	>50
St. Søgård Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	40	35 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	50	24 / >50	>50 / >50	>50 / >50	50	>50	46
Utterslev Mose	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	49	>50
	40	34 / >50	38 / >50	>50 / >50	45	45	>50
	50	24 / >50	26 / >50	>50 / >50	35	41	49
Søgård Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	>50 / >50	>50 / >50	48 / >50	44	>50	>50
	40	38 / >50	33 / >50	30 / 35	28	>50	>50
	50	27 / >50	23 / >50	21 / 25	22	>50	>50
Gundsømagle Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50	>50	>50	>50
	30	26 / 44	>50 / >50	>50 / >50	32	>50	>50
	40	16 / 27	32 / >50	41 / >50	22	>50	>50
	50	12 / 19	22 / >50	29 / >50	17	46	>50

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Søby Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	28 / >50	47 / 49	>50 / >50			
	40	18 / 50	29 / 30	>50 / >50			
	50	13 / 35	21 / 21	49 / >50			
Holm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	40	32 / >50	48 / >50	>50 / >50			
	50	23 / >50	33 / 36	>50 / >50			
Maglesø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	39 / 39	>50 / >50			
	30	35 / >50	20 / 20	>50 / >50			
	40	22 / 35	13 / 13	43 / 48			
	50	16 / 24	9 / 9	30 / 33			
Nors Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	45 / 49	48 / 48	>50 / >50			
	30	22 / 24	24 / 24	47 / 50			
	40	14 / 15	15 / 15	29 / 31			
	50	10 / 11	11 / 11	21 / 22			
Ravn Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	18 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	9 / 33	26 / >50	>50 / >50			
	40	6 / 20	16 / 32	>50 / >50			
	50	5 / 13	12 / 22	>50 / >50			
Søholm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	39 / >50	38 / >50	>50 / >50			
	40	24 / >50	24 / >50	>50 / >50			
	50	17 / 47	17 / 39	>50 / >50			
Kvie Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	26 / >50	36 / >50	>50 / >50			
	30	14 / 30	18 / 34	>50 / >50			
	40	9 / 19	12 / 21	>50 / >50			
	50	7 / 13	8 / 15	>50 / >50			

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total plante-plankton biomasse	Blågrøn-alge bio-masse	Dafnier biomasse
Bastrup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	15 / 25	45 / >50	>50 / >50			
	30	8 / 13	22 / 29	>50 / >50			
	40	6 / 8	14 / 18	>50 / >50			
	50	4 / 6	10 / 13	38 / 38			
Hornum Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	36 / 50	35 / 40	>50 / >50			
	30	18 / 25	18 / 20	>50 / >50			
	40	12 / 16	11 / 13	>50 / >50			
	50	9 / 11	8 / 9	38 / 44			
Ørn Sø	10	46 / 46	>50 / >50	>50 / >50			
	20	14 / 14	34 / 34	>50 / >50			
	30	7 / 7	17 / 17	>50 / >50			
	40	5 / 5	11 / 11	>50 / >50			
	50	4 / 4	8 / 8	>50 / >50			
Furesø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	28 / 42	22 / >50	>50 / >50			
	30	14 / 21	11 / 31	>50 / >50			
	40	9 / 13	8 / 19	>50 / >50			
	50	7 / 9	6 / 13	>50 / >50			
Fårup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	42 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	21 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	40	14 / 33	36 / >50	>50 / >50			
	50	10 / 23	26 / 46	>50 / >50			
Damhussøen	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	41 / 44	>50 / >50			
	30	29 / >50	21 / 22	>50 / >50			
	40	18 / 46	13 / 14	>50 / >50			
	50	13 / 32	10 / 10	>50 / >50			
Bryrup Langsø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	48 / >50	37 / >50	>50 / >50			
	40	30 / >50	23 / 42	>50 / >50			
	50	21 / >50	17 / 29	>50 / >50			

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Hinge Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	>50 / >50	28 / 33	>50 / >50			
	40	45 / >50	18 / 21	>50 / >50			
	50	32 / >50	13 / 15	>50 / >50			
Tissø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	40	44 / >50	38 / >50	>50 / >50			
	50	31 / >50	27 / >50	>50 / >50			
Engelsholm Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	44 / >50	31 / 41	>50 / >50			
	40	27 / >50	19 / 25	>50 / >50			
	50	19 / >50	14 / 18	>50 / >50			
Bagsværd Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	29 / 42	>50 / >50	>50 / >50			
	30	15 / 21	32 / >50	>50 / >50			
	40	10 / 13	20 / 38	>50 / >50			
	50	7 / 9	14 / 27	>50 / >50			
Borup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	48 / >50	41 / >50	>50 / >50			
	40	30 / >50	26 / 46	>50 / >50			
	50	21 / 45	18 / 32	>50 / >50			
Arreskov Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	41 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	21 / >50	39 / 44	>50 / >50			
	40	13 / 36	24 / 27	>50 / >50			
	50	10 / 25	17 / 19	>50 / >50			
Tystrup Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	49 / >50	32 / >50	>50 / >50			
	40	30 / >50	20 / >50	>50 / >50			
	50	21 / >50	14 / 35	>50 / >50			

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Arresø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	43 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	21 / 39	34 / 37	>50 / >50			
	40	14 / 24	21 / 23	32 / 42			
	50	10 / 17	15 / 16	23 / 29			
Vesterborg Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	40	>50 / >50	34 / >50	>50 / >50			
	50	48 / >50	24 / 44	>50 / >50			
St. Søgård Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	40	47 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	50	33 / >50	45 / >50	>50 / >50			
Utterslev Mose	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	39 / 50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	20 / 25	36 / >50	>50 / >50			
	40	13 / 16	23 / 34	43 / 43			
	50	9 / 11	16 / 24	30 / 30			
Søgård Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	>50 / >50	40 / 46	>50 / >50			
	40	37 / >50	25 / 29	>50 / >50			
	50	26 / 47	18 / 20	>50 / >50			
Gundsømagle Sø	10	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	20	>50 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	30	41 / >50	>50 / >50	>50 / >50			
	40	25 / >50	32 / >50	>50 / >50			
	50	18 / 43	23 / 43	>50 / >50			

Bilag 2.2.3 Resultater: søer

De følgende tabeller viser antallet af år der er nødvendige for at den fundne udviklingstendens i hver af de to perioder fra 1/5 til 30/9 og fra 1/10 til 30/4 er statistisk signifikant. Blanke felter markerer at beregninger ikke er foretaget.

Perioden 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Søby Sø	14	11	14	11	16	45
Holm Sø	29	>50	>50	45	39	15
Maglesø	24	13	13	12	>50	31
Nors Sø	47	17	22	19	12	11
Ravn Sø	17	11	16	16	32	17
Søholm Sø	27	11	12	11	11	11
Kvie Sø	19	18	12	11	12	12
Bastrup Sø	11	11	11	>50	14	>50
Hornum Sø	24	19	17	14	31	23
Ørn Sø	19	11	25	15	27	>50
Furesøen (dybeste sted)	13	14	27	27	11	17
Fårup Sø	11	13	15	17	18	48
Damhussøen	11	11	14	14	27	15
Bryrup Langsø	>50	11	19	12	12	11
Hinge Sø	14	>50	>50	17	25	>50
Tissø	24	19	11	11	13	18
Engelsholm Sø	11	11	11	11	11	26
Bagsværd Sø	13	11	18	18	13	15
Borup Sø	12	11	13	34	23	14
Arreskov Sø	12	11	11	11	11	20
Tystrup Sø	11	11	11	11	11	12
Arresø	13	11	22	20	44	42
Vesterborg Sø	13	11	11	11	11	14
St. Søgård Sø	11	13	11	25	37	16
Utterslev Mose	24	17	>50	>50	25	14
Søgård Sø	14	11	11	11	11	18
Gundsømagle Sø	15	11	14	15	17	25

Perioden 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total plante-plankton biomasse	Blågrøn-alge bio-masse	Dafnier biomasse
Søby Sø	28	32	17			
Holm Sø	31	29	49			
Maglesø	>50	11	13			
Nors Sø	45	20	14			
Ravn Sø	24	16	>50			
Søholm Sø	49	13	13			
Kvie Sø	14	11	11			
Bastrup Sø	13	12	13			
Hornum Sø	>50	22	42			
Ørn Sø	16	11	14			
Furesøen (dybeste sted)	11	13	12			
Fårup Sø	29	11	11			
Damhussøen	15	11	44			
Bryrup Langsø	45	11	18			
Hinge Sø	14	>50	14			
Tissø	20	15	21			
Engelsholm Sø	11	11	11			
Bagsværd Sø	21	11	11			
Borup Sø	31	32	11			
Arreskov Sø	11	11	11			
Tystrup Sø	11	12	12			
Arresø	14	11	14			
Vesterborg Sø	31	13	11			
St. Søgård Sø	34	11	16			
Utterslev Mose	11	15	23			
Søgård Sø	>50	11	11			
Gundsømagle Sø	23	11	11			

Bilag 2.2.4 Resultater: søer

De følgende tabeller viser antallet af år der er nødvendige for med en styrke på 80 % at detektere en udviklingstendens i hver af de to perioder fra 1/5 til 30/9 og fra 1/10 til 30/4 på d % pr. år af niveauet i 1989. Blanke fleter markerer at beregninger ikke er foretaget.

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Søby Sø	1	25	35	50	>50	3	>50
	2	16	23	32	>50	3	>50
	3	13	18	25	45	3	>50
	4	11	15	21	37	3	>50
	5	9	13	18	32	3	>50
Holm Sø	1	>50	>50	>50	>50	>50	3
	2	42	39	>50	>50	>50	3
	3	32	30	>50	>50	>50	3
	4	27	25	>50	>50	>50	3
	5	23	22	47	>50	>50	3
Maglesø	1	43	27	31	>50	>50	>50
	2	28	18	20	43	>50	>50
	3	21	14	16	33	>50	>50
	4	18	12	13	27	>50	>50
	5	16	10	11	24	>50	>50
Nors Sø	1	27	25	36	39	42	>50
	2	17	17	23	25	27	>50
	3	14	13	18	19	21	>50
	4	12	11	15	16	18	>50
	5	10	10	13	14	15	>50
Ravn Sø	1	34	20	32	40	>50	>50
	2	22	13	21	25	>50	38
	3	17	10	16	20	>50	29
	4	14	9	13	16	>50	25
	5	13	8	12	14	>50	21
Søholm Sø	1	>50	24	33	36	35	34
	2	34	16	21	23	22	22
	3	26	12	17	18	17	17
	4	22	11	14	15	15	14
	5	19	9	12	13	13	13
Kvie Sø	1	26	33	40	32	>50	3
	2	17	21	26	21	>50	3
	3	13	16	20	16	43	3
	4	11	14	17	14	36	3
	5	10	12	15	12	31	3

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Bastrup Sø	1	20	22	30	>50	>50	48
	2	13	14	19	>50	>50	31
	3	10	11	15	42	43	24
	4	9	10	13	35	35	20
	5	8	9	11	30	31	17
Hornum Sø	1	42	41	>50	>50	>50	>50
	2	27	27	>50	>50	>50	33
	3	21	21	39	>50	>50	26
	4	17	17	32	44	43	21
	5	15	15	28	38	37	19
Ørn Sø	1	17	23	>50	39	3	>50
	2	11	15	33	25	3	47
	3	9	12	25	19	3	37
	4	8	10	21	16	3	30
	5	7	9	18	14	3	26
Furesø	1	22	>50	>50	>50	>50	>50
	2	14	>50	34	46	42	40
	3	11	41	26	35	32	31
	4	10	34	22	29	27	26
	5	9	30	19	26	23	22
Fårup Sø	1	21	43	>50	>50	>50	>50
	2	14	28	34	50	>50	50
	3	11	21	26	38	46	39
	4	9	18	22	32	38	32
	5	8	16	19	27	33	28
Damhussøen	1	21	25	>50	44	>50	>50
	2	14	16	43	28	>50	>50
	3	11	13	33	22	44	>50
	4	9	11	28	18	37	>50
	5	8	10	24	16	32	>50
Bryrup Langsø	1	31	37	>50	>50	>50	>50
	2	20	24	38	45	>50	>50
	3	16	18	29	35	>50	>50
	4	13	15	24	29	45	>50
	5	12	13	21	25	39	>50

Perioden fra 1/5 til 30/9.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Hinge Sø	1	28	26	39	46	>50	>50
	2	18	17	25	29	45	>50
	3	14	13	19	23	34	>50
	4	12	11	16	19	29	>50
	5	11	10	14	17	25	>50
Tissø	1	>50	47	32	40	47	>50
	2	38	30	20	26	30	>50
	3	29	23	16	20	23	>50
	4	24	19	13	17	20	>50
	5	21	17	12	15	17	>50
Engelsholm Sø	1	39	45	50	39	49	>50
	2	25	29	32	25	32	>50
	3	19	23	24	19	24	>50
	4	16	19	20	16	20	>50
	5	14	16	18	14	18	45
Bagsværd Sø	1	28	36	>50	>50	>50	>50
	2	18	23	37	34	40	>50
	3	14	18	28	26	31	45
	4	12	15	24	22	26	37
	5	11	13	21	19	22	32
Borup Sø	1	26	32	44	>50	>50	>50
	2	17	21	28	46	>50	>50
	3	13	16	22	35	>50	>50
	4	11	14	18	29	49	48
	5	10	12	16	26	42	42
Arreskov Sø	1	40	40	42	38	44	>50
	2	25	26	27	24	28	>50
	3	20	20	21	19	22	>50
	4	17	17	17	16	18	>50
	5	14	15	15	14	16	50
Tystrup Sø	1	42	33	>50	>50	31	>50
	2	27	21	37	>50	20	>50
	3	21	16	29	47	15	>50
	4	17	14	24	39	13	50
	5	15	12	21	34	11	43

Perioden fra 1/5 til 30/9.

	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Arresø	1	37	43	>50	38	>50	>50
	2	24	28	>50	24	39	>50
	3	18	21	42	19	30	>50
	4	15	18	35	16	25	>50
	5	14	16	30	14	22	>50
Vesterborg Sø	1	31	22	24	29	36	>50
	2	20	14	16	19	23	>50
	3	16	11	12	15	18	>50
	4	13	10	10	13	15	>50
	5	12	9	9	11	13	>50
St. Søgård Sø	1	29	44	32	>50	>50	>50
	2	19	28	21	41	40	>50
	3	15	22	16	32	30	>50
	4	12	18	14	27	25	>50
	5	11	16	12	23	22	46
Utterslev Mose	1	39	40	>50	>50	>50	>50
	2	25	26	>50	>50	>50	>50
	3	20	20	>50	>50	>50	>50
	4	16	17	>50	>50	>50	>50
	5	14	15	>50	>50	>50	>50
Søgård Sø	1	26	28	40	35	>50	>50
	2	17	18	26	23	>50	>50
	3	13	14	20	18	>50	>50
	4	11	12	17	15	>50	45
	5	10	10	15	13	>50	39
Gundsømagle Sø	1	26	25	46	43	>50	>50
	2	17	16	29	28	>50	47
	3	13	13	23	22	>50	36
	4	11	11	19	18	>50	30
	5	10	9	17	16	>50	26

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d%	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge bio-masse	Dafnier biomasse
Søby Sø	1	36	33	>50	>50	3	>50
	2	23	21	39	48	3	>50
	3	18	16	30	37	3	>50
	4	15	14	25	31	3	>50
	5	13	12	22	27	3	>50
Holm Sø	1	44	34	50	>50	3	3
	2	28	22	32	>50	3	3
	3	22	17	25	45	3	3
	4	18	14	21	37	3	3
	5	16	13	18	32	3	3
Maglesø	1	39	30	37	>50	3	>50
	2	25	19	24	47	3	>50
	3	20	15	18	36	3	>50
	4	16	13	15	30	3	>50
	5	14	11	14	26	3	>50
Nors Sø	1	30	24	34	>50	>50	>50
	2	19	15	22	>50	>50	>50
	3	15	12	17	41	41	>50
	4	13	10	14	34	34	44
	5	11	9	13	29	29	38
Ravn Sø	1	38	23	>50	45	>50	>50
	2	24	15	>50	29	>50	32
	3	19	12	39	22	>50	25
	4	16	10	32	19	>50	21
	5	14	9	28	16	>50	18
Søholm Sø	1	44	23	34	38	40	>50
	2	28	15	22	24	26	>50
	3	22	12	17	19	20	>50
	4	18	10	14	16	17	44
	5	16	9	13	14	15	38
Kvie Sø	1	25	22	43	>50	>50	3
	2	16	14	28	>50	>50	3
	3	13	11	21	>50	40	3
	4	11	9	18	48	33	3
	5	9	8	16	41	29	3

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Bastrup Sø	1	29	29	38	>50	3	>50
	2	19	19	24	>50	3	49
	3	14	15	19	43	3	38
	4	12	12	16	36	3	32
	5	11	11	14	31	3	27
Hornum Sø	1	38	34	48	>50	3	3
	2	24	22	31	38	3	3
	3	19	17	24	29	3	3
	4	16	14	20	24	3	3
	5	14	13	17	21	3	3
Ørn Sø	1	17	24	49	43	3	>50
	2	11	16	32	28	3	>50
	3	9	12	24	21	3	>50
	4	8	11	20	18	3	>50
	5	7	9	18	16	3	47
Furesø	1	20	>50	>50	>50	47	41
	2	13	42	37	>50	30	26
	3	10	33	29	48	23	20
	4	9	27	24	40	19	17
	5	8	24	21	35	17	15
Fårup Sø	1	27	27	30	38	>50	>50
	2	18	18	19	24	47	47
	3	14	14	15	19	36	36
	4	12	12	13	16	30	30
	5	10	10	11	14	26	26
Damhussøen	1	32	24	47	>50	3	>50
	2	21	15	30	37	3	>50
	3	16	12	23	29	3	48
	4	13	10	19	24	3	40
	5	12	9	17	21	3	35
Bryrup Langsø	1	33	32	>50	41	>50	>50
	2	21	20	45	26	>50	>50
	3	16	16	34	20	42	50
	4	14	13	29	17	35	42
	5	12	12	25	15	31	36

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Hinge Sø	1	36	28	37	39	3	>50
	2	23	18	24	25	3	34
	3	18	14	18	20	3	26
	4	15	12	15	16	3	22
	5	13	11	14	14	3	19
Tissø	1	>50	40	36	>50	>50	>50
	2	35	26	23	46	48	>50
	3	27	20	18	36	37	>50
	4	23	17	15	30	31	>50
	5	20	15	13	26	27	>50
Engelsholm Sø	1	35	25	49	42	36	>50
	2	22	17	31	27	23	>50
	3	17	13	24	21	18	43
	4	15	11	20	17	15	35
	5	13	10	18	15	13	31
Bagsværd Sø	1	31	29	28	40	>50	42
	2	20	19	18	26	44	27
	3	16	15	14	20	34	21
	4	13	12	12	17	28	17
	5	12	11	11	15	24	15
Borup Sø	1	42	37	35	>50	>50	>50
	2	27	24	23	>50	>50	>50
	3	21	18	18	43	>50	>50
	4	17	15	15	36	>50	>50
	5	15	13	13	31	>50	>50
Arreskov Sø	1	33	34	39	40	44	>50
	2	21	22	25	25	28	>50
	3	16	17	19	20	22	>50
	4	14	14	16	17	18	>50
	5	12	13	14	14	16	>50
Tystrup Sø	1	49	38	38	46	40	>50
	2	31	25	24	29	26	>50
	3	24	19	19	23	20	46
	4	20	16	16	19	17	38
	5	18	14	14	16	15	33

Perioden fra 1/10 til 30/4.

Stationsnavn	d %	Total kvælstof	Total fosfor	Klorofyl α	Total planteplankton biomasse	Blågrøn-alge biomasse	Dafnier biomasse
Arresø	1	37	29	>50	44	>50	>50
	2	23	19	35	28	>50	>50
	3	18	15	27	22	47	>50
	4	15	13	22	18	39	>50
	5	13	11	19	16	34	>50
Vesterborg Sø	1	>50	32	37	38	37	>50
	2	35	21	24	25	24	>50
	3	27	16	19	19	19	>50
	4	23	14	16	16	16	47
	5	20	12	14	14	14	41
St. Søgård Sø	1	>50	25	>50	>50	>50	>50
	2	>50	16	38	>50	>50	>50
	3	42	13	29	>50	>50	>50
	4	35	11	24	43	44	>50
	5	30	10	21	38	38	>50
Utterslev Mose	1	27	37	46	44	3	48
	2	18	24	29	28	3	31
	3	14	18	23	22	3	24
	4	12	15	19	18	3	20
	5	10	14	16	16	3	17
Søgård Sø	1	50	27	36	42	3	>50
	2	32	17	23	27	3	35
	3	25	14	18	21	3	27
	4	21	12	15	17	3	22
	5	18	10	13	15	3	19
Gundsømagle Sø	1	49	28	36	>50	>50	>50
	2	31	18	23	43	>50	>50
	3	24	14	18	33	>50	>50
	4	20	12	15	27	>50	>50
	5	18	10	13	24	>50	>50

Bilag 2.3.1 Resultater: det marine miljø

Antallet af prøver for at bestemme niveauet med en ønsket præcision

I nedenstående tabeller er angivet antallet af prøvetagninger, som er nødvendige for at kunne bestemme de valgte indikatorer med en præcision på henholdsvis 5, 10, 15 og 20 %. Beregningerne er udført stationsvist. Der er angivet en tabel for hver af de valgte indikatorer. Eksempelvis er det nødvendigt med mindst 40 observationer i vinterperioden (jan-feb) for at bestemme DIN vintermiddel på station 5790 i Horsens Fjord med en præcision på 10 %. Dette medfører, spredningen på middelniveauet vil udgøre 10 % af middelniveauet ved 40 observationer.

DIN vintermiddel: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme den geometriske middelværdi med en præcision på d .

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	18	9	5
	6900017	>50	>50	30	18
	5790	>50	40	19	11
	1	37	10	5	3
	3727-1	39	11	5	3
	3702-1	>50	25	12	7
Kystnære områder	1727	31	9	4	3
	1939	>50	>50	24	14
	0101047	>50	28	13	8
	6500051	>50	27	13	8
	170006	>50	20	9	6
	1610002	>50	>50	24	14
Havområder	431	>50	16	8	5
	6700053	>50	19	9	6
	6870	29	8	4	3
	409	32	9	4	3
	7725	>50	34	16	10
	44	>50	14	7	4

DIN årsmiddel: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme den geometriske middelværdi med en præcision på d .

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	>50	>50
	6900017	>50	>50	>50	>50
	5790	>50	>50	>50	>50
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	34
	3702-1	>50	>50	>50	36
Kystnære områder	1727	>50	>50	>50	38
	1939	>50	>50	41	25
	0101047	>50	>50	>50	>50
	6500051	>50	>50	>50	30
	170006	>50	>50	>50	36
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	>50	>50
	6700053	>50	>50	32	19
	6870	>50	>50	>50	44
	409	>50	>50	>50	>50
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	>50	>50	>50

DIP vintermiddel: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme den geometriske middelværdi med en præcision på d .

Område	Station	d=5 %	d=10 %	d=15 %	d=20 %
Typefjorde	60	45	12	6	4
	6900017	>50	20	9	6
	5790	>50	27	13	8
	1	>50	>50	37	22
	3727-1	>50	>50	>50	37
	3702-1	>50	>50	>50	42
Kystnære områder	1727	>50	20	10	6
	1939	>50	21	10	6
	0101047	38	10	5	3
	6500051	>50	17	8	5
	170006	>50	16	8	5
	1610002	>50	41	19	11
Havområder	431	42	11	6	3
	6700053	>50	26	12	7
	6870	>50	15	7	4
	409	43	12	6	4
	7725	48	13	6	4
	44	39	11	5	3

DIP årsmiddel: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme den geometriske middelværdi med en præcision på d .

Område	Station	d=5 %	d=10 %	d=15 %	d=20 %
Typefjorde	60	>50	>50	>50	37
	6900017	>50	>50	43	26
	5790	>50	>50	>50	>50
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	>50
	3702-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	1727	>50	>50	43	25
	1939	>50	34	16	10
	0101047	>50	>50	>50	>50
	6500051	>50	>50	42	25
	170006	>50	>50	>50	34
	1610002	>50	>50	>50	46
Havområder	431	>50	>50	>50	33
	6700053	>50	>50	39	23
	6870	>50	>50	>50	43
	409	>50	>50	>50	>50
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	>50	>50	30

TN årsmiddel: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme den geometriske middelværdi med en præcision på d .

Område	Station	d=5 %	d=10 %	d=15 %	d=20 %
Typefjorde	60	>50	16	8	5
	6900017	>50	>50	25	15
	5790	>50	40	19	11
	1	>50	28	13	8
	3727-1	>50	18	9	5
	3702-1	>50	29	14	8
Kystnære områder	1727	>50	17	8	5
	1939	36	10	5	3
	0101047	>50	19	9	6
	6500051	>50	16	8	5
	170006	38	10	5	3
	1610002	>50	>50	28	17
Havområder	431	20	6	3	2
	6700053	>50	16	8	5
	6870	>50	25	12	7
	409	49	13	6	4
	7725	>50	42	20	12
	44	>50	35	17	10

TP årsmiddel: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme den geometriske middelværdi med en præcision på d .

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	23	11	7
	6900017	>50	45	21	13
	5790	>50	46	22	13
	1	>50	>50	50	30
	3727-1	>50	>50	25	15
	3702-1	>50	>50	30	18
Kystnære områder	1727	>50	29	14	8
	1939	>50	33	16	9
	0101047	>50	24	11	7
	6500051	>50	35	16	10
	170006	>50	28	13	8
	1610002	>50	>50	35	21
Havområder	431	>50	19	9	6
	6700053	>50	49	23	14
	6870	>50	37	17	10
	409	>50	34	16	10
	7725	>50	43	20	12
	44	>50	36	17	10

Klorofyl sommermiddel: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme den geometriske middelværdi med en præcision på d .

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	>50	45
	6900017	>50	>50	49	29
	5790	>50	>50	47	28
	1	>50	>50	>50	35
	3727-1	>50	>50	>50	>50
	3702-1	>50	>50	>50	31
Kystnære områder	1727	>50	>50	>50	38
	1939	>50	44	21	13
	0101047	>50	>50	41	24
	6500051	>50	>50	>50	30
	170006	>50	>50	>50	33
	1610002	>50	>50	>50	41
Havområder	431	>50	>50	>50	38
	6700053	>50	>50	32	19
	6870	>50	>50	34	20
	409	>50	>50	>50	45
	7725	>50	>50	>50	41
	44	>50	>50	>50	43

Klorofyl årsmiddel: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme den geometriske middelværdi med en præcision på d .

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	>50	>50
	6900017	>50	>50	>50	36
	5790	>50	>50	>50	39
	1	>50	>50	>50	36
	3727-1	>50	>50	>50	>50
	3702-1	>50	>50	>50	48
Kystnære områder	1727	>50	>50	50	30
	1939	>50	>50	>50	44
	0101047	>50	>50	42	25
	6500051	>50	>50	>50	31
	170006	>50	>50	>50	48
	1610002	>50	>50	>50	44
Havområder	431	>50	>50	>50	>50
	6700053	>50	>50	47	28
	6870	>50	>50	37	22
	409	>50	>50	>50	44
	7725	>50	>50	>50	46
	44	>50	>50	>50	>50

Sommer sigtddybde: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme middelværdien med en præcision på d .

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	14	6	4
	6900017	>50	17	8	5
	5790	>50	22	10	6
	1	>50	>50	33	19
	3727-1	>50	44	20	11
	3702-1	>50	48	22	12
Kystnære områder	1727	>50	19	9	5
	1939	>50	18	8	5
	0101047	>50	15	7	4
	6500051	>50	16	8	4
	170006	>50	22	10	6
	1610002	>50	>50	32	18
Havområder	431	>50	16	7	4
	6700053	43	11	5	3
	6870	>50	20	9	5
	409	>50	15	7	4
	7725	>50	>50	27	16
	44	>50	36	16	9

Årlig sigtddybde: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme middelværdien med en præcision på d .

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	19	9	5
	6900017	>50	41	19	11
	5790	>50	27	12	7
	1	>50	>50	>50	36
	3727-1	>50	29	13	8
	3702-1	>50	>50	30	17
Kystnære områder	1727	>50	20	9	5
	1939	>50	20	9	5
	0101047	>50	26	12	7
	6500051	>50	21	9	6
	170006	>50	27	12	7
	1610002	>50	>50	34	19
Havområder	431	>50	21	10	6
	6700053	>50	18	8	5
	6870	>50	23	10	6
	409	>50	18	8	5
	7725	>50	>50	28	16
	44	>50	>50	29	16

Iltkoncentration sommer og efterår: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme middelværdien med en præcision på d .

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	16	7	4
	6900017	50	13	6	4
	5790	>50	21	10	6
	1	>50	13	6	4
	3727-1	>50	>50	48	27
	3702-1	18	5	2	2
Kystnære områder	1727	>50	14	6	4
	1939	>50	14	6	4
	0101047	>50	30	13	8
	6500051	>50	>50	48	27
	170006	>50	>50	24	14
	1610002	22	6	3	2
Havområder	431	>50	40	18	10
	6700053	>50	28	13	7
	6870	>50	>50	32	18
	409	>50	21	10	6
	7725	18	5	2	2
	44	46	12	6	3

Iltsvindshyppighed: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme hyppighedsparameteren med en præcision på $\pm d$.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	47	32	24
	6900017	>50	46	32	24
	5790	>50	48	27	21
	1	>50	43	30	23
	3727-1	>50	>50	44	27
	3702-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	1727	>50	48	33	24
	1939	>50	42	29	23
	0101047	>50	39	28	22
	6500051	>50	>50	46	29
	170006	>50	>50	41	24
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	49	27
	6700053	>50	>50	39	23
	6870	>50	>50	45	27
	409	>50	41	29	22
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	48	27	21

Dækningsgrad af makrovegetation på hårdbund: den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme dækningsgraden på dybden med 50 % dækning med en præcision på $\pm d$.

Stenrev	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Herthas Flak	16	6	4	3
Kims Top	43	11	5	3
Læsø Trindel	>50	13	6	4
St Middelgrund	>50	15	7	4

Bilag 2.3.2 Resultater: det marine miljø

Antallet af prøver for at teste ændring i niveau

I nedenstående tabeller er angivet antallet af prøvetagninger i hvert år, som er nødvendige for at kunne detektere en relativ ændring mellem år på henholdsvis 5, 10, 15 og 20 %. Beregningerne er udført stationsvist. Der er angivet en tabel for hver af de valgte indikatorer. Eksempelvis er det nødvendigt med mindst 30 observationer i vinterperioden (jan-feb) hvert år for at bestemme en 20 % ændring i DIN vintermiddel på station 6599951 i det Sydfynske Øhav. Dette test kræver større datamængder end til bestemmelse af præcisionen (Bilag 2.3.1).

DIN vintermiddel: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	34	20
	6900017	>50	>50	>50	>50
	5790	>50	>50	>50	45
	1	>50	40	19	11
	3727-1	>50	42	20	12
	3702-1	>50	>50	47	28
Kystnære områder	1727	>50	34	16	10
	1939	>50	>50	>50	>50
	0101047	>50	>50	>50	31
	6500051	>50	>50	>50	30
	170006	>50	>50	37	22
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	30	18
	6700053	>50	>50	36	22
	6870	>50	31	15	9
	409	>50	34	16	10
	7725	>50	>50	>50	37
	44	>50	>50	26	16

DIN årsmiddel: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	>50	>50
	6900017	>50	>50	>50	>50
	5790	>50	>50	>50	>50
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	>50
	3702-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	1727	>50	>50	>50	>50
	1939	>50	>50	>50	>50
	0101047	>50	>50	>50	>50
	6500051	>50	>50	>50	>50
	170006	>50	>50	>50	>50
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	>50	>50
	6700053	>50	>50	>50	>50
	6870	>50	>50	>50	>50
	409	>50	>50	>50	>50
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	>50	>50	>50

DIP vintermiddel: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	48	22	13
	6900017	>50	>50	37	22
	5790	>50	>50	50	30
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	3702-1	>50	>50	>50	>50
	1727	>50	>50	37	22
	1939	>50	>50	39	23
	0101047	>50	41	19	11
	6500051	>50	>50	32	19
	170006	>50	>50	31	18
Havområder	1610002	>50	>50	>50	45
	431	>50	45	21	13
	6700053	>50	>50	48	29
	6870	>50	>50	28	16
	409	>50	46	22	13
	7725	>50	>50	24	14
	44	>50	42	20	12

DIP årsmiddel: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	>50	>50
	6900017	>50	>50	>50	>50
	5790	>50	>50	>50	>50
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	3702-1	>50	>50	>50	>50
	1727	>50	>50	>50	>50
	1939	>50	>50	>50	38
	0101047	>50	>50	>50	>50
	6500051	>50	>50	>50	>50
	170006	>50	>50	>50	>50
Havområder	1610002	>50	>50	>50	>50
	431	>50	>50	>50	>50
	6700053	>50	>50	>50	>50
	6870	>50	>50	>50	>50
	409	>50	>50	>50	>50
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	>50	>50	>50

TN årsmiddel: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	31	18
	6900017	>50	>50	>50	>50
	5790	>50	>50	>50	45
	1	>50	>50	>50	31
	3727-1	>50	>50	34	20
Kystnære områder	3702-1	>50	>50	>50	33
	1727	>50	>50	31	18
	1939	>50	39	18	11
	0101047	>50	>50	36	22
	6500051	>50	>50	30	18
	170006	>50	41	19	11
Havområder	1610002	>50	>50	>50	>50
	431	>50	21	10	6
	6700053	>50	>50	30	18
	6870	>50	>50	47	28
	409	>50	>50	25	15
	7725	>50	>50	>50	47
	44	>50	>50	>50	39

TP årsmiddel: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	44	26
	6900017	>50	>50	>50	50
	5790	>50	>50	>50	>50
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	3702-1	>50	>50	>50	>50
	1727	>50	>50	>50	32
	1939	>50	>50	>50	37
	0101047	>50	>50	45	27
	6500051	>50	>50	>50	38
	170006	>50	>50	>50	31
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	36	21
	6700053	>50	>50	>50	>50
	6870	>50	>50	>50	41
	409	>50	>50	>50	38
	7725	>50	>50	>50	48
	44	>50	>50	>50	40

Klorofyl sommermiddel: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	>50	>50
	6900017	>50	>50	>50	>50
	5790	>50	>50	>50	>50
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	3702-1	>50	>50	>50	>50
	1727	>50	>50	>50	>50
	1939	>50	>50	>50	50
	0101047	>50	>50	>50	>50
	6500051	>50	>50	>50	>50
	170006	>50	>50	>50	>50
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	>50	>50
	6700053	>50	>50	>50	>50
	6870	>50	>50	>50	>50
	409	>50	>50	>50	>50
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	>50	>50	>50

Klorofyl årsmiddel: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	>50	>50
	6900017	>50	>50	>50	>50
	5790	>50	>50	>50	>50
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	3702-1	>50	>50	>50	>50
	1727	>50	>50	>50	>50
	1939	>50	>50	>50	>50
	0101047	>50	>50	>50	>50
	6500051	>50	>50	>50	>50
	170006	>50	>50	>50	>50
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	>50	>50
	6700053	>50	>50	>50	>50
	6870	>50	>50	>50	>50
	409	>50	>50	>50	>50
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	>50	>50	>50

Sommer sigtddybde: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	24	14
	6900017	>50	>50	31	17
	5790	>50	>50	39	22
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	44
Kystnære områder	3702-1	>50	>50	>50	49
	1727	>50	>50	34	19
	1939	>50	>50	33	19
	0101047	>50	>50	26	15
	6500051	>50	>50	29	17
	170006	>50	>50	39	22
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	28	16
	6700053	>50	44	20	11
	6870	>50	>50	36	21
	409	>50	>50	27	15
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	>50	>50	37

Årlig sigtddybde: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	34	20
	6900017	>50	>50	>50	42
	5790	>50	>50	48	27
	1	>50	>50	>50	>50
	3727-1	>50	>50	>50	30
Kystnære områder	3702-1	>50	>50	>50	>50
	1727	>50	>50	35	20
	1939	>50	>50	36	20
	0101047	>50	>50	48	27
	6500051	>50	>50	37	21
	170006	>50	>50	49	28
	1610002	>50	>50	>50	>50
Havområder	431	>50	>50	38	22
	6700053	>50	>50	32	18
	6870	>50	>50	41	23
	409	>50	>50	33	19
	7725	>50	>50	>50	>50
	44	>50	>50	>50	>50

Iltkoncentration sommer og efterår: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en relativ forskel på d mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	>50	28	16
	6900017	>50	>50	23	13
	5790	>50	>50	38	22
	1	>50	>50	23	13
	3727-1	>50	>50	>50	>50
Kystnære områder	3702-1	>50	19	9	5
	1727	>50	>50	25	14
	1939	>50	>50	24	14
	0101047	>50	>50	>50	30
	6500051	>50	>50	>50	>50
	170006	>50	>50	>50	>50
	1610002	>50	23	10	6
Havområder	431	>50	>50	>50	40
	6700053	>50	>50	>50	29
	6870	>50	>50	>50	>50
	409	>50	>50	38	21
	7725	>50	19	9	5
	44	>50	47	21	12

Iltsvindshyppighed: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en forskel på $\pm d$ i hyppighedsparameteren mellem to år.

Område	Station	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Typefjorde	60	>50	33	23	16
	6900017	>50	33	23	16
	5790	>50	47	17	14
	1	>50	31	22	15
	3727-1	>50	>50	>50	38
	3702-1	>50	38	25	17
Kystnære områder	1727	>50	34	24	16
	1939	>50	38	22	15
	0101047	>50	43	26	14
	6500051	>50	>50	>50	>50
	170006	>50	>50	46	34
	1610002	>50	38	25	17
Havområder	431	>50	>50	>50	>50
	6700053	>50	>50	46	29
	6870	>50	>50	>50	32
	409	>50	37	21	15
	7725	>50	38	25	17
	44	>50	48	17	14

Dækningsgrad af makrovegetation på hård bund: Den nødvendige stikprøvestørrelse for at bestemme en forskel på $\pm d$ i forhold til en dækningsgrad på 50 % mellem to år.

Stenrev	$d=5\%$	$d=10\%$	$d=15\%$	$d=20\%$
Herthas Flak	>50	>50	>50	>50
Kims Top	>50	>50	>50	27
Læsø Trindel	>50	>50	>50	31
St Middelgrund	>50	>50	>50	38

Bilag 2.3.3 Resultater: det marine miljø

Antal år for at detektere en trend

Tabellerne angiver antallet af år for de valgte stationer, som er nødvendige for at opnå en styrke på 80 % for hældninger angivet ved Δ og antal prøvetagninger pr. år angivet ved n . Tabellerne er organiseret stationsvist, hvor antallet af år er listet for hver indikator. Antallet af år til at detektere en trend i iltsvindshyppigheden er kun udført for stationer med en relativ iltsvindshyppighed over 15 %. Eksempelvis skal der for at detektere en trend på 3 % for TN på station 60 i Roskilde Fjord indsamles data i 15 år ved to prøvetagninger om året, 11 år ved 5 prøvetagninger om året, 8 år ved 12 prøvetagninger om året, osv.

Typefjorde

Antal år for detektion af trend i Roskilde Fjord.

60		Vinter		Sommer		Årlig						llet	lletsv.
d	n	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	47	>50	>50	32	>50	>50	30	>50	>50		32	28
	5	34	43	47	23	>50	>50	22	44	>50	24	20	
	12	26	33	35	18	40	43	17	33	39	18	15	
	26	20	25	27	14	31	33	13	25	30	14	12	
	50	16	20	22	11	25	27	11	21	24	11	10	
2 %	2	29	37	40	20	46	49	19	37	44	21	18	
	5	22	28	30	15	34	36	14	28	33	15	13	
	12	16	21	22	11	25	27	11	21	25	12	10	
	26	13	16	17	9	20	21	9	16	19	9	8	
	50	10	13	14	7	16	17	7	13	16	7	6	
3 %	2	23	29	31	15	35	37	15	29	34	16	14	
	5	17	21	23	12	26	28	11	21	25	12	10	
	12	13	16	17	9	20	21	8	16	19	9	8	
	26	10	12	13	7	15	16	7	12	15	7	6	
	50	8	10	11	6	12	13	5	10	12	6	5	
4 %	2	19	24	25	13	29	31	12	24	28	13	11	
	5	14	18	19	10	22	23	9	18	21	10	8	
	12	11	13	14	7	16	17	7	13	16	7	6	
	26	8	10	11	6	13	13	6	10	12	6	5	
	50	7	8	9	5	10	11	5	8	10	5	5	
5 %	2	16	20	22	11	25	27	11	21	24	11	10	
	5	12	15	16	8	19	20	8	15	18	9	7	
	12	9	11	12	6	14	15	6	12	14	7	6	
	26	7	9	10	5	11	12	5	9	11	5	5	
	50	6	7	8	5	9	9	5	7	9	5	5	

Antal år for detektion af trend i Odense Fjord.

6900017		Vinter		Sommer		Årlig				llt	lltsv.		
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	>50	48	>50	32	>50	>50	43	49	>50	40	27	
	5	43	35	39	24	49	47	32	36	41	30	20	
	12	32	27	29	18	36	35	24	27	31	22	15	
	26	25	21	22	14	28	27	19	21	24	17	12	
	50	20	17	18	11	23	22	15	17	19	14	10	
2 %	2	37	30	33	20	42	40	28	31	35	26	17	
	5	27	22	24	15	31	30	20	23	26	19	13	
	12	21	17	18	12	23	22	15	17	20	14	10	
	26	16	13	14	9	18	17	12	14	15	11	8	
	50	13	11	12	7	15	14	10	11	12	9	6	
3 %	2	28	23	25	16	32	31	21	24	27	20	13	
	5	21	17	19	12	24	23	16	18	20	15	10	
	12	16	13	14	9	18	17	12	13	15	11	8	
	26	12	10	11	7	14	13	9	10	12	9	6	
	50	10	8	9	6	11	11	8	9	10	7	5	
4 %	2	23	19	21	13	26	26	18	20	22	16	11	
	5	17	14	16	10	20	19	13	15	17	12	8	
	12	13	11	12	7	15	14	10	11	13	9	6	
	26	10	9	9	6	12	11	8	9	10	7	5	
	50	8	7	8	5	9	9	6	7	8	6	5	
5 %	2	20	17	18	11	23	22	15	17	19	14	10	
	5	15	12	14	9	17	16	11	13	14	11	7	
	12	11	9	10	7	13	12	9	10	11	8	6	
	26	9	7	8	5	10	10	7	8	9	6	5	
	50	7	6	7	5	8	8	6	6	7	5	5	

Antal år for detektion af trend i Horsens Fjord.

5790		Vinter		Sommer		Årlig				llt	lltsv.		
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	44	40	>50	34	>50	>50	40	42	>50	34	32	
	5	33	30	41	25	48	49	30	31	43	26	24	
	12	24	22	30	19	36	37	22	23	32	19	18	
	26	19	17	24	15	28	28	17	18	25	15	14	
	50	15	14	19	12	23	23	14	15	20	12	11	
2 %	2	28	25	35	21	41	42	25	27	37	22	20	
	5	21	19	26	16	31	31	19	20	27	16	15	
	12	16	14	19	12	23	23	14	15	20	12	11	
	26	12	11	15	9	18	18	11	12	16	10	9	
	50	10	9	12	8	14	15	9	9	13	8	7	
3 %	2	21	19	27	16	32	32	19	21	28	17	16	
	5	16	14	20	12	23	24	14	15	21	13	12	
	12	12	11	15	9	18	18	11	12	16	10	9	
	26	9	9	12	7	14	14	9	9	12	7	7	
	50	8	7	9	6	11	11	7	7	10	6	6	
4 %	2	18	16	22	14	26	27	16	17	23	14	13	
	5	13	12	16	10	19	20	12	13	17	10	10	
	12	10	9	12	8	15	15	9	10	13	8	7	
	26	8	7	10	6	11	12	7	8	10	6	6	
	50	6	6	8	5	9	9	6	6	8	5	5	
5 %	2	15	14	19	12	23	23	14	15	20	12	11	
	5	11	10	14	9	17	17	10	11	15	9	8	
	12	9	8	11	7	13	13	8	8	11	7	6	
	26	7	6	8	5	10	10	6	7	9	6	5	
	50	6	5	7	5	8	8	5	5	7	5	5	

Antal år for detektion af trend i Ringkøbing Fjord.

1	d	n	Vinter		Sommer		Årlig				Ilt konc.	Iltsv. hyp.	
			DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP			Chla
1 %	2	28	>50	>50	>50	>50	>50	>50	36	>50	>50	>50	27
	5	21	46	>50	50	>50	46	27	47	>50	49	20	
	12	16	34	47	37	48	35	20	35	47	37	15	
	26	12	27	36	29	38	27	16	27	36	29	12	
	50	10	21	29	23	30	22	13	22	29	23	10	
2 %	2	18	39	>50	43	>50	40	23	40	>50	42	17	
	5	13	29	39	32	41	29	17	30	39	31	13	
	12	10	22	30	24	31	22	13	22	30	23	10	
	26	8	17	23	18	24	17	10	17	23	18	8	
	50	7	14	19	15	19	14	8	14	19	15	6	
3 %	2	14	30	41	33	42	30	18	31	41	32	13	
	5	10	22	30	24	31	23	13	23	30	24	10	
	12	8	17	23	18	24	17	10	17	23	18	8	
	26	6	13	18	14	18	13	8	13	18	14	6	
	50	5	11	14	12	15	11	6	11	14	11	5	
4 %	2	12	25	34	27	35	25	15	26	34	27	11	
	5	9	18	25	20	26	19	11	19	25	20	8	
	12	7	14	19	15	20	14	8	14	19	15	6	
	26	5	11	15	12	15	11	7	11	15	12	5	
	50	5	9	12	10	12	9	5	9	12	10	5	
5 %	2	10	21	29	23	30	22	13	22	29	23	10	
	5	8	16	22	17	22	16	10	16	22	17	7	
	12	6	12	16	13	17	12	7	12	16	13	6	
	26	5	9	13	10	13	10	6	10	13	10	5	
	50	5	8	10	8	11	8	5	8	10	8	5	

Antal år for detektion af trend i Skive Fjord.

3727-1	d	n	Vinter		Sommer		Årlig				Ilt konc.	Iltsv. hyp.	
			DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP			Chla
1 %	2	36	>50	>50	42	>50	>50	33	43	>50	37	>50	>50
	5	26	48	48	31	42	48	25	32	49	27	39	>50
	12	20	36	36	23	31	36	19	24	37	21	29	>50
	26	15	28	28	18	24	28	15	18	29	16	23	42
	50	13	23	23	15	20	23	12	15	23	13	18	36
2 %	2	23	42	41	27	36	42	21	27	42	23	33	>50
	5	17	31	31	20	27	31	16	20	31	17	25	44
	12	13	23	23	15	20	23	12	15	24	13	19	33
	26	10	18	18	12	16	18	9	12	18	10	14	26
	50	8	15	15	10	13	15	8	10	15	8	12	22
3 %	2	17	32	32	21	27	32	16	21	32	18	25	42
	5	13	24	24	15	20	24	12	15	24	13	19	33
	12	10	18	18	12	15	18	9	12	18	10	14	24
	26	8	14	14	9	12	14	7	9	14	8	11	21
	50	6	11	11	7	10	11	6	7	11	7	9	17
4 %	2	14	26	26	17	23	26	14	17	27	15	21	35
	5	11	20	20	13	17	20	10	13	20	11	16	25
	12	8	15	15	10	13	15	8	10	15	8	12	20
	26	6	12	11	8	10	12	6	8	12	7	9	16
	50	5	9	9	6	8	9	5	6	10	6	8	13
5 %	2	13	23	23	15	20	23	12	15	23	13	18	34
	5	9	17	17	11	15	17	9	11	17	10	14	22
	12	7	13	13	8	11	13	7	8	13	7	10	17
	26	6	10	10	7	9	10	5	7	10	6	8	14
	50	5	8	8	5	7	8	5	5	8	5	7	12

Antal år for detektion af trend i Limfjorden.

3702-1		Vinter		Sommer		Årlig				Illt	Illtsv.		
d	n	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	38	>50	>50	40	>50	>50	39	45	>50	45	19	
	5	28	47	39	30	44	48	29	33	44	33	14	
	12	21	35	29	22	33	36	21	25	33	25	10	
	26	17	27	23	17	25	28	17	19	26	19	8	
	50	13	22	18	14	21	23	14	16	21	16	7	
2 %	2	24	40	33	26	37	41	24	28	38	29	12	
	5	18	30	25	19	28	30	18	21	28	21	9	
	12	14	22	18	14	21	23	14	16	21	16	7	
	26	11	17	14	11	16	18	11	12	16	12	5	
	50	9	14	12	9	13	14	9	10	13	10	5	
3 %	2	19	31	25	20	29	31	19	22	29	22	9	
	5	14	23	19	15	21	23	14	16	22	16	7	
	12	10	17	14	11	16	18	11	12	16	12	5	
	26	8	13	11	9	12	14	8	10	13	10	5	
	50	7	11	9	7	10	11	7	8	10	8	5	
4 %	2	15	26	21	16	24	26	16	18	24	18	8	
	5	12	19	16	12	18	19	12	13	18	14	6	
	12	9	14	12	9	13	15	9	10	14	10	5	
	26	7	11	9	7	10	11	7	8	11	8	5	
	50	6	9	8	6	8	9	6	7	9	7	5	
5 %	2	13	22	18	14	21	23	14	16	21	16	7	
	5	10	16	14	11	15	17	10	12	16	12	5	
	12	8	12	10	8	12	13	8	9	12	9	5	
	26	6	10	8	6	9	10	6	7	9	7	5	
	50	5	8	7	5	7	8	5	6	8	6	5	

Kystnære områder

Antal år for detektion af trend i Køge Bugt.

1727		Vinter		Sommer		Årlig				Illt	Illtsv.		
d	n	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	29	37	>50	30	>50	>50	30	37	>50	30	27	
	5	21	27	45	22	45	44	22	27	38	22	20	
	12	16	20	34	17	34	33	17	21	28	17	15	
	26	13	16	26	13	26	26	13	16	22	13	12	
	50	10	13	21	11	21	21	11	13	18	11	9	
2 %	2	18	23	38	19	38	38	19	24	32	19	17	
	5	14	17	28	14	28	28	14	18	24	14	13	
	12	10	13	21	11	21	21	11	13	18	11	10	
	26	8	10	17	9	17	16	8	10	14	8	8	
	50	7	8	13	7	14	13	7	8	11	7	6	
3 %	2	14	18	29	15	29	29	15	18	25	15	13	
	5	11	13	22	11	22	22	11	13	18	11	10	
	12	8	10	16	8	16	16	8	10	14	8	7	
	26	6	8	13	7	13	13	7	8	11	7	6	
	50	5	7	10	5	10	10	5	7	9	5	5	
4 %	2	12	15	24	12	24	24	12	15	21	12	11	
	5	9	11	18	9	18	18	9	11	15	9	8	
	12	7	8	14	7	14	14	7	9	12	7	6	
	26	5	7	11	6	11	11	5	7	9	5	5	
	50	5	5	9	5	9	9	5	6	7	5	5	
5 %	2	10	13	21	11	21	21	11	13	18	11	9	
	5	8	10	16	8	16	15	8	10	13	8	7	
	12	6	7	12	6	12	12	6	7	10	6	5	
	26	5	6	9	5	9	9	5	6	8	5	5	
	50	5	5	8	5	8	7	5	5	6	5	5	

Antal år for detektion af trend på Sjællands Nordkyst.

1939		Vinter		Sommer		Årlig				lit	ltsv.		
d	n	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	>50	>50	42	31	48	38	25	36	>50	31	27	
	5	47	38	31	23	36	28	19	27	43	23	20	
	12	35	28	24	18	27	21	14	20	32	17	15	
	26	27	22	18	14	21	17	11	16	25	13	12	
	50	22	18	15	11	17	13	9	13	20	11	10	
2 %	2	40	33	27	20	30	24	16	23	37	20	18	
	5	30	24	20	15	23	18	12	17	27	15	13	
	12	22	18	15	11	17	14	9	13	21	11	10	
	26	17	14	12	9	13	11	7	10	16	9	8	
	50	14	11	10	7	11	9	6	8	13	7	6	
3 %	2	31	25	21	15	23	19	12	18	28	15	13	
	5	23	19	15	11	17	14	9	13	21	11	10	
	12	17	14	12	9	13	11	7	10	16	9	8	
	26	13	11	9	7	10	8	6	8	12	7	6	
	50	11	9	7	6	8	7	5	6	10	6	5	
4 %	2	26	21	17	13	19	16	10	15	24	13	11	
	5	19	15	13	10	14	12	8	11	17	9	8	
	12	14	12	10	7	11	9	6	8	13	7	6	
	26	11	9	8	6	9	7	5	7	10	6	5	
	50	9	7	6	5	7	6	5	5	8	5	5	
5 %	2	22	18	15	11	17	13	9	13	20	11	10	
	5	16	13	11	8	13	10	7	10	15	8	7	
	12	12	10	8	6	9	8	5	7	11	6	6	
	26	10	8	7	5	7	6	5	6	9	5	5	
	50	8	6	5	5	6	5	5	5	7	5	5	

Antal år for detektion af trend i Karrebæksminde Bugt.

0101047		Vinter		Sommer		Årlig				lit	ltsv.		
d	n	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	33	39	48	27	>50	>50	29	39	50	33	34	
	5	25	29	36	20	48	>50	22	29	37	24	26	
	12	19	22	27	15	36	>50	16	22	28	18	19	
	26	15	17	21	12	28	41	13	17	21	14	15	
	50	12	14	17	10	23	33	10	14	17	11	12	
2 %	2	21	25	30	17	41	>50	19	25	31	21	22	
	5	16	19	23	13	30	45	14	18	23	15	16	
	12	12	14	17	10	23	33	10	14	18	12	12	
	26	9	11	13	8	18	26	8	11	14	9	10	
	50	8	9	11	6	14	21	7	9	11	7	8	
3 %	2	16	19	23	13	31	46	14	19	24	16	17	
	5	12	14	17	10	23	34	11	14	18	12	13	
	12	9	11	13	8	18	26	8	11	14	9	10	
	26	7	8	10	6	14	20	6	8	11	7	7	
	50	6	7	8	5	11	16	5	7	9	6	6	
4 %	2	14	16	19	11	26	38	12	16	20	13	14	
	5	10	12	14	8	19	28	9	12	15	10	10	
	12	8	9	11	6	15	21	7	9	11	8	8	
	26	6	7	9	5	11	17	5	7	9	6	6	
	50	5	6	7	5	9	13	5	6	7	5	5	
5 %	2	12	14	17	10	23	33	10	14	17	11	12	
	5	9	10	13	7	17	24	8	10	13	9	9	
	12	7	8	9	6	13	18	6	8	10	7	7	
	26	5	6	7	5	10	14	5	6	8	5	6	
	50	5	5	6	5	8	12	5	5	6	5	5	

Antal år for detektion af trend i det Sydfynske Øhav.

6500051		Vinter		Sommer		Årlig				Itt	Ittsv.		
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	45	44	>50	33	>50	>50	28	45	>50	34	>50	>50
	5	33	33	41	24	39	45	21	33	40	26	39	>50
	12	25	24	31	18	29	34	16	25	30	19	29	>50
	26	19	19	24	14	23	26	12	19	23	15	23	38
	50	16	15	19	11	18	21	10	16	19	12	18	32
2 %	2	28	28	35	21	33	38	18	29	34	22	33	>50
	5	21	21	26	15	25	28	13	21	25	16	25	39
	12	16	16	20	12	19	21	10	16	19	12	19	32
	26	12	12	15	9	14	17	8	12	15	10	14	24
	50	10	10	12	7	12	13	6	10	12	8	12	20
3 %	2	22	21	27	16	26	29	14	22	26	17	26	38
	5	16	16	20	12	19	22	10	16	20	13	19	30
	12	12	12	15	9	14	16	8	12	15	10	14	23
	26	10	9	12	7	11	13	6	10	12	7	11	19
	50	8	8	10	6	9	10	5	8	9	6	9	15
4 %	2	18	18	22	13	21	24	11	18	22	14	21	33
	5	13	13	17	10	16	18	9	14	16	10	16	23
	12	10	10	13	8	12	14	7	10	12	8	12	20
	26	8	8	10	6	9	11	5	8	10	6	9	16
	50	7	6	8	5	8	9	5	7	8	5	8	13
5 %	2	16	15	19	11	18	21	10	16	19	12	18	28
	5	12	11	14	9	14	16	7	12	14	9	14	21
	12	9	9	11	7	10	12	6	9	11	7	10	16
	26	7	7	9	5	8	9	5	7	8	6	8	14
	50	6	6	7	5	7	8	5	6	7	5	7	11

Antal år for detektion af trend i Århus Bugt.

170006		Vinter		Sommer		Årlig				Itt	Ittsv.		
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	42	34	>50	33	>50	>50	25	35	>50	34	43	>50
	5	31	25	39	25	41	42	18	26	45	25	32	>50
	12	23	19	29	19	31	31	14	20	34	19	24	>50
	26	18	15	23	15	24	24	11	15	26	15	19	48
	50	15	12	19	12	19	20	9	12	21	12	15	38
2 %	2	26	21	34	21	35	36	16	22	39	22	28	>50
	5	20	16	25	16	26	27	12	17	29	16	20	46
	12	15	12	19	12	20	20	9	13	22	12	15	37
	26	12	9	15	9	15	16	7	10	17	10	12	29
	50	9	8	12	8	12	13	6	8	14	8	10	25
3 %	2	20	16	26	16	27	28	12	17	30	17	21	46
	5	15	12	19	12	20	20	9	13	22	12	16	32
	12	11	9	14	9	15	15	7	10	17	9	12	26
	26	9	7	11	7	12	12	6	8	13	7	9	22
	50	7	6	9	6	10	10	5	6	11	6	8	18
4 %	2	17	14	21	14	22	23	10	14	25	14	18	44
	5	13	10	16	10	17	17	8	11	18	10	13	28
	12	10	8	12	8	13	13	6	8	14	8	10	23
	26	8	6	9	6	10	10	5	6	11	6	8	18
	50	6	5	8	5	8	8	5	5	9	5	6	14
5 %	2	15	12	19	12	19	20	9	12	21	12	15	>50
	5	11	9	14	9	14	15	7	9	16	9	11	24
	12	8	7	10	7	11	11	5	7	12	7	9	19
	26	7	5	8	5	9	9	5	6	9	5	7	16
	50	5	5	7	5	7	7	5	5	8	5	6	13

Antal år for detektion af trend i Grådyb.

1610002		Vinter		Sommer		Årlig				Itt	Ittsv.		
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	42	>50	>50	49	>50	>50	43	45	>50	49	22	
	5	31	38	49	36	>50	46	32	33	44	36	16	
	12	24	28	37	27	39	34	24	25	33	27	12	
	26	18	22	28	21	30	27	18	19	26	21	10	
	50	15	18	23	17	25	22	15	16	21	17	8	
2 %	2	27	32	42	31	45	39	27	28	38	31	14	
	5	20	24	31	23	33	29	20	21	28	23	11	
	12	15	18	23	17	25	22	15	16	21	17	8	
	26	12	14	18	13	19	17	12	12	16	13	6	
	50	10	11	15	11	16	14	10	10	13	11	5	
3 %	2	21	25	32	24	34	30	21	22	29	24	11	
	5	15	18	24	18	25	22	15	16	22	18	8	
	12	12	14	18	13	19	17	12	12	16	13	6	
	26	9	11	14	10	15	13	9	10	13	10	5	
	50	7	9	11	8	12	11	7	8	10	8	5	
4 %	2	17	21	27	20	28	25	17	18	24	20	9	
	5	13	15	20	15	21	19	13	14	18	15	7	
	12	10	12	15	11	16	14	10	10	14	11	5	
	26	8	9	12	9	12	11	8	8	11	9	5	
	50	6	7	9	7	10	9	6	7	9	7	5	
5 %	2	15	18	23	17	25	22	15	16	21	17	8	
	5	11	13	17	13	18	16	11	12	16	13	6	
	12	8	10	13	10	14	12	8	9	12	10	5	
	26	7	8	10	8	11	10	7	7	9	8	5	
	50	5	6	8	6	9	8	6	6	8	6	5	

Havområder

Antal år for detektion af trend i Øresund.

431		Vinter		Sommer		Årlig				Itt	Ittsv.		
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	33	33	>50	30	>50	>50	21	35	>50	30	41	>50
	5	25	24	43	22	>50	43	16	26	47	23	30	>50
	12	19	18	32	17	44	32	12	20	35	17	23	47
	26	15	14	25	13	35	25	9	15	27	13	18	38
	50	12	12	20	11	28	20	8	12	22	11	14	28
2 %	2	21	21	37	19	>50	37	13	22	40	19	26	46
	5	16	15	27	14	38	27	10	17	30	14	19	39
	12	12	12	21	11	28	21	8	13	22	11	15	28
	26	9	9	16	8	22	16	6	10	17	9	11	22
	50	8	7	13	7	18	13	5	8	14	7	9	20
3 %	2	16	16	28	15	39	28	10	17	31	15	20	37
	5	12	12	21	11	29	21	8	13	23	11	15	28
	12	9	9	16	8	22	16	6	10	17	8	11	21
	26	7	7	12	7	17	12	5	8	13	7	9	19
	50	6	6	10	5	14	10	5	6	11	5	7	14
4 %	2	14	13	24	12	32	24	9	14	25	12	17	31
	5	10	10	17	9	24	17	7	11	19	9	12	24
	12	8	8	13	7	18	13	5	8	14	7	9	18
	26	6	6	10	6	14	10	5	6	11	6	7	15
	50	5	5	8	5	11	8	5	5	9	5	6	12
5 %	2	12	12	20	11	28	20	8	12	22	11	14	27
	5	9	9	15	8	21	15	6	9	16	8	11	18
	12	7	7	11	6	16	11	5	7	12	6	8	16
	26	5	5	9	5	12	9	5	6	10	5	6	12
	50	5	5	7	5	10	7	5	5	8	5	5	10

Antal år for detektion af trend i Storebælt.

6700053		Vinter		Sommer		Årlig						Itt	Ittsv.
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	36	40	44	28	46	>50	30	44	50	31	36	>50
	5	27	29	33	20	34	40	22	32	37	23	26	>50
	12	20	22	25	15	26	30	17	24	28	17	20	>50
	26	16	17	19	12	20	24	13	19	22	14	15	49
	50	13	14	15	10	16	19	10	15	17	11	13	40
2 %	2	23	25	28	18	29	35	19	28	32	20	23	>50
	5	17	19	21	13	22	26	14	21	23	15	17	50
	12	13	14	16	10	16	19	11	15	18	11	13	40
	26	10	11	12	8	13	15	8	12	14	9	10	31
	50	8	9	10	6	10	12	7	10	11	7	8	28
3 %	2	18	19	22	14	23	27	15	21	24	15	17	>50
	5	13	14	16	10	17	20	11	16	18	11	13	37
	12	10	11	12	8	13	15	8	12	14	9	10	29
	26	8	9	9	6	10	12	7	9	11	7	8	25
	50	6	7	8	5	8	9	5	8	9	6	6	20
4 %	2	15	16	18	11	19	22	12	18	20	13	14	>50
	5	11	12	13	8	14	16	9	13	15	10	11	30
	12	8	9	10	6	11	12	7	10	11	7	8	24
	26	7	7	8	5	8	10	5	8	9	6	6	20
	50	5	6	6	5	7	8	5	6	7	5	5	17
5 %	2	13	14	15	10	16	19	10	15	17	11	13	>50
	5	10	10	12	7	12	14	8	11	13	8	9	28
	12	7	8	9	6	9	11	6	9	10	6	7	21
	26	6	6	7	5	7	8	5	7	8	5	6	16
	50	5	5	6	5	6	7	5	6	6	5	5	14

Antal år for detektion af trend i Lillebælt.

6870		Vinter		Sommer		Årlig						Itt	Ittsv.
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	31	29	46	32	>50	>50	33	37	49	33	46	>50
	5	23	21	34	24	49	45	25	27	36	25	34	>50
	12	17	16	25	18	36	34	19	20	27	18	25	>50
	26	14	12	20	14	28	26	15	16	21	14	20	43
	50	11	10	16	11	23	21	12	13	17	12	16	36
2 %	2	20	18	29	20	42	38	21	23	31	21	29	>50
	5	15	14	21	15	31	29	16	17	23	16	22	43
	12	11	10	16	11	23	21	12	13	17	12	16	34
	26	9	8	13	9	18	17	9	10	14	9	13	28
	50	7	7	10	7	15	14	8	8	11	8	10	21
3 %	2	15	14	22	16	32	30	16	18	24	16	22	48
	5	11	10	16	12	24	22	12	13	18	12	17	32
	12	9	8	12	9	18	16	9	10	13	9	13	26
	26	7	6	10	7	14	13	7	8	10	7	10	21
	50	6	5	8	6	11	10	6	6	9	6	8	16
4 %	2	13	12	18	13	26	24	14	15	20	13	18	40
	5	9	9	14	10	20	18	10	11	15	10	14	26
	12	7	7	10	7	15	14	8	8	11	8	10	21
	26	6	5	8	6	12	11	6	7	9	6	8	17
	50	5	5	7	5	9	9	5	5	7	5	7	15
5 %	2	11	10	16	11	23	21	12	13	17	12	16	39
	5	8	8	12	8	17	16	9	10	13	9	12	23
	12	6	6	9	6	13	12	7	7	10	7	9	18
	26	5	5	7	5	10	9	5	6	8	5	7	14
	50	5	5	6	5	8	8	5	5	6	5	6	12

Antal år for detektion af trend i Kattegat.

409		Vinter		Sommer		Årlig						Itt	Ittsv.
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	33	30	>50	32	>50	>50	27	41	>50	33	31	
	5	25	22	47	24	>50	>50	20	31	44	24	23	
	12	19	17	35	18	>50	45	15	23	33	18	17	
	26	14	13	27	14	39	35	12	18	26	14	14	
	50	12	11	22	11	32	28	9	15	21	12	11	
2 %	2	21	19	40	21	>50	>50	17	26	38	21	20	
	5	16	14	30	15	43	38	13	20	28	15	15	
	12	12	11	22	12	32	28	10	15	21	12	11	
	26	9	8	17	9	25	22	8	12	16	9	9	
	50	8	7	14	7	20	18	6	9	13	7	7	
3 %	2	16	15	31	16	44	39	13	20	29	16	15	
	5	12	11	23	12	33	29	10	15	22	12	11	
	12	9	8	17	9	25	22	7	11	16	9	9	
	26	7	7	13	7	19	17	6	9	13	7	7	
	50	6	5	11	6	15	14	5	7	10	6	6	
4 %	2	14	12	25	13	37	32	11	17	24	13	13	
	5	10	9	19	10	27	24	8	13	18	10	9	
	12	8	7	14	8	20	18	6	9	13	8	7	
	26	6	6	11	6	16	14	5	7	11	6	6	
	50	5	5	9	5	13	11	5	6	9	5	5	
5 %	2	12	11	22	11	32	28	9	15	21	12	11	
	5	9	8	16	9	23	21	7	11	15	9	8	
	12	7	6	12	7	18	16	5	8	12	7	6	
	26	5	5	10	5	14	12	5	7	9	5	5	
	50	5	5	8	5	11	10	5	5	7	5	5	

Antal år for detektion af trend i Skagerrak.

7725		Vinter		Sommer		Årlig						Itt	Ittsv.
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	42	31	>50	44	>50	>50	40	43	>50	45	19	
	5	31	23	48	32	>50	>50	30	32	45	33	14	
	12	23	17	36	24	48	48	22	24	33	25	11	
	26	18	13	28	19	37	37	17	19	26	19	9	
	50	15	11	23	15	30	30	14	15	21	16	7	
2 %	2	26	20	41	28	>50	>50	25	28	38	29	12	
	5	20	15	31	21	41	41	19	20	28	21	9	
	12	15	11	23	15	31	31	14	15	21	16	7	
	26	12	9	18	12	24	24	11	12	17	12	6	
	50	9	7	14	10	19	19	9	10	13	10	5	
3 %	2	20	15	32	21	42	42	19	21	29	22	10	
	5	15	11	23	16	31	31	14	16	22	16	7	
	12	11	9	18	12	23	24	11	12	16	12	6	
	26	9	7	14	9	18	18	9	9	13	10	5	
	50	7	6	11	8	15	15	7	8	10	8	5	
4 %	2	17	13	26	18	35	35	16	18	24	18	8	
	5	13	9	19	13	26	26	12	13	18	14	6	
	12	9	7	15	10	19	20	9	10	14	10	5	
	26	7	6	11	8	15	15	7	8	11	8	5	
	50	6	5	9	6	12	12	6	6	9	7	5	
5 %	2	15	11	23	15	30	30	14	15	21	16	7	
	5	11	8	17	11	22	22	10	11	16	12	5	
	12	8	6	13	9	17	17	8	9	12	9	5	
	26	7	5	10	7	13	13	6	7	9	7	5	
	50	5	5	8	6	11	11	5	6	8	6	5	

Antal år for detektion af trend i Vesterhavet.

44		Vinter		Sommer		Årlig					Itt	Ittsv.	
<i>d</i>	<i>n</i>	DIN	DIP	Chla	Sigt	DIN	DIP	TN	TP	Chla	Sigt	konc.	hyp.
1 %	2	39	36	>50	41	>50	>50	42	36	>50	46	27	
	5	29	27	50	31	>50	41	31	26	47	34	20	
	12	22	20	38	23	39	31	23	20	35	26	15	
	26	17	16	29	18	30	24	18	16	27	20	12	
	50	14	13	24	15	25	19	15	13	22	16	10	
2 %	2	25	23	43	26	45	35	27	23	40	29	17	
	5	18	17	32	19	33	26	20	17	30	22	13	
	12	14	13	24	15	25	20	15	13	22	16	10	
	26	11	10	19	11	19	15	12	10	17	13	8	
	50	9	8	15	9	16	12	9	8	14	10	6	
3 %	2	19	18	33	20	34	27	20	17	31	22	13	
	5	14	13	24	15	25	20	15	13	23	17	10	
	12	11	10	18	11	19	15	11	10	17	13	8	
	26	8	8	14	9	15	12	9	8	13	10	6	
	50	7	6	12	7	12	10	7	6	11	8	5	
4 %	2	16	15	27	17	28	22	17	15	25	19	11	
	5	12	11	20	12	21	17	13	11	19	14	8	
	12	9	8	15	9	16	13	10	8	14	10	6	
	26	7	7	12	7	12	10	8	7	11	8	5	
	50	6	5	10	6	10	8	6	5	9	7	5	
5 %	2	14	13	24	15	25	19	15	13	22	16	10	
	5	10	10	18	11	18	14	11	9	16	12	7	
	12	8	7	13	8	14	11	8	7	12	9	6	
	26	6	6	10	7	11	9	7	6	10	7	5	
	50	5	5	8	5	9	7	5	5	8	6	5	

Antal år for detektion af trend i dækningsgraden for makrovegetation på stenrev. *n* angiver antallet af observationer pr. år, hvilket kan udgøres af bestemmelser på flere dybder.

<i>d</i>	<i>n</i>	Herthas Flak	Kims Top	Læsø Trindel	St. Middelgrund
1 %	1	>50	>50	>50	>50
	2	>50	>50	>50	>50
	3	>50	>50	>50	>50
	4	>50	>50	>50	>50
	5	>50	>50	>50	>50
2 %	1	37	37	32	36
	2	36	41	30	36
	3	37	39	31	35
	4	38	39	33	36
	5	36	39	33	35
3 %	1	28	29	24	27
	2	28	29	24	27
	3	27	29	25	27
	4	28	28	23	27
	5	27	28	23	26
4 %	1	22	22	19	22
	2	22	23	19	22
	3	23	23	19	22
	4	22	24	19	21
	5	22	23	19	21
5 %	1	19	20	17	19
	2	19	20	17	18
	3	19	19	16	18
	4	19	19	16	18
	5	19	20	16	18

Bilag 2.4.1 Resultater: luftkvalitet

Tabellerne angiver for hver station de bestemte parametre i lognormal-fordelingen til beskrivelse af data samt den geometriske middelværdi og dennes spredning for månedsmidler, som er fundet ved at transformere tilbage ved brug af ligningerne i afsnit 3.2. Den relative spredning er lig præcisionen, som er beregnet som forholdet mellem spredningen og den geometriske middelværdi. For filterprøver er beregninger udført for prøvetagning hver dag ($n=30$), hver anden dag ($n=15$), hver tredje dag ($n=10$),, en gang om ugen ($n=4$). For våddeposition er beregningerne udført for prøvetagning hver 14 dag ($n=2$) og hver måned ($n=1$). Frekvensen angiver antal målinger pr. dag (enhed dag⁻¹).

Præcision af månedsmiddel for ammonium i filterprøver

Ammonium Station	Frek.	n	Log-transformeret			Koncentrationer		
			\bar{x}	s	r	Median	Spredning	Rel. spred
Anholt	1,00	30	-0,263	0,974	0,52	0,769	0,180	23,4 %
Anholt	0,50	15	-0,263	0,974	0,52	0,769	0,190	24,7 %
Anholt	0,33	10	-0,263	0,974	0,52	0,769	0,205	26,7 %
Anholt	0,27	8	-0,263	0,974	0,52	0,769	0,216	28,1 %
Anholt	0,20	6	-0,263	0,974	0,52	0,769	0,245	31,9 %
Anholt	0,17	5	-0,263	0,974	0,52	0,769	0,267	34,7 %
Anholt	0,13	4	-0,263	0,974	0,52	0,769	0,301	39,2 %
Frederiksborg	1,00	30	-0,026	0,911	0,44	0,975	0,237	24,3 %
Frederiksborg	0,50	15	-0,026	0,911	0,44	0,975	0,250	25,7 %
Frederiksborg	0,33	10	-0,026	0,911	0,44	0,975	0,270	27,7 %
Frederiksborg	0,27	8	-0,026	0,911	0,44	0,975	0,285	29,2 %
Frederiksborg	0,20	6	-0,026	0,911	0,44	0,975	0,323	33,1 %
Frederiksborg	0,17	5	-0,026	0,911	0,44	0,975	0,352	36,1 %
Frederiksborg	0,13	4	-0,026	0,911	0,44	0,975	0,398	40,8 %
Keldsnor	1,00	30	0,045	0,833	0,44	1,046	0,232	22,1 %
Keldsnor	0,50	15	0,045	0,833	0,44	1,046	0,244	23,4 %
Keldsnor	0,33	10	0,045	0,833	0,44	1,046	0,264	25,2 %
Keldsnor	0,27	8	0,045	0,833	0,44	1,046	0,278	26,6 %
Keldsnor	0,20	6	0,045	0,833	0,44	1,046	0,314	30,0 %
Keldsnor	0,17	5	0,045	0,833	0,44	1,046	0,342	32,7 %
Keldsnor	0,13	4	0,045	0,833	0,44	1,046	0,385	36,8 %
Lindet	1,00	30	0,114	1,015	0,42	1,121	0,315	28,1 %
Lindet	0,50	15	0,114	1,015	0,42	1,121	0,333	29,7 %
Lindet	0,33	10	0,114	1,015	0,42	1,121	0,361	32,2 %
Lindet	0,27	8	0,114	1,015	0,42	1,121	0,381	34,0 %
Lindet	0,20	6	0,114	1,015	0,42	1,121	0,434	38,7 %
Lindet	0,17	5	0,114	1,015	0,42	1,121	0,475	42,3 %
Lindet	0,13	4	0,114	1,015	0,42	1,121	0,539	48,1 %
Tange	1,00	30	0,072	0,955	0,42	1,075	0,282	26,2 %
Tange	0,50	15	0,072	0,955	0,42	1,075	0,298	27,7 %
Tange	0,33	10	0,072	0,955	0,42	1,075	0,323	30,0 %
Tange	0,27	8	0,072	0,955	0,42	1,075	0,340	31,6 %
Tange	0,20	6	0,072	0,955	0,42	1,075	0,386	35,9 %
Tange	0,17	5	0,072	0,955	0,42	1,075	0,422	39,2 %
Tange	0,13	4	0,072	0,955	0,42	1,075	0,478	44,5 %
Ulborg	1,00	30	-0,202	1,094	0,51	0,817	0,223	27,3 %
Ulborg	0,50	15	-0,202	1,241	0,51	0,817	0,272	33,3 %
Ulborg	0,33	10	-0,202	1,241	0,51	0,817	0,295	36,1 %
Ulborg	0,27	8	-0,202	1,241	0,51	0,817	0,312	38,2 %
Ulborg	0,20	6	-0,202	1,241	0,51	0,817	0,356	43,6 %
Ulborg	0,17	5	-0,202	1,241	0,51	0,817	0,391	47,9 %
Ulborg	0,13	4	-0,202	1,241	0,51	0,817	0,447	54,8 %

Præcision af månedsmiddel for ammoniak i filterprøver

Ammoniak Station	Frek.	n	Log-transformeret			Koncentrationer		
			\bar{x}	s	r	Median	Spredning	Rel. spred
Anholt	1,00	30	-2,642	1,026	0,35	0,071	0,017	24,3 %
Anholt	0,50	15	-2,642	1,026	0,35	0,071	0,020	27,4 %
Anholt	0,33	10	-2,642	1,026	0,35	0,071	0,022	31,6 %
Anholt	0,27	8	-2,642	1,026	0,35	0,071	0,025	34,9 %
Anholt	0,20	6	-2,642	1,026	0,35	0,071	0,029	40,9 %
Anholt	0,17	5	-2,642	1,026	0,35	0,071	0,032	45,6 %
Anholt	0,13	4	-2,642	1,026	0,35	0,071	0,037	52,5 %
Frederiksborg	1,00	30	-2,137	1,029	0,39	0,118	0,028	23,6 %
Frederiksborg	0,50	15	-2,137	1,029	0,39	0,118	0,031	26,6 %
Frederiksborg	0,33	10	-2,137	1,029	0,39	0,118	0,036	30,6 %
Frederiksborg	0,27	8	-2,137	1,029	0,39	0,118	0,040	33,8 %
Frederiksborg	0,20	6	-2,137	1,029	0,39	0,118	0,047	39,6 %
Frederiksborg	0,17	5	-2,137	1,029	0,39	0,118	0,052	44,0 %
Frederiksborg	0,13	4	-2,137	1,029	0,39	0,118	0,060	50,6 %
Keldsnor	1,00	30	-0,728	1,176	0,49	0,483	0,116	24,0 %
Keldsnor	0,50	15	-0,728	1,176	0,49	0,483	0,131	27,1 %
Keldsnor	0,33	10	-0,728	1,176	0,49	0,483	0,151	31,2 %
Keldsnor	0,27	8	-0,728	1,176	0,49	0,483	0,166	34,4 %
Keldsnor	0,20	6	-0,728	1,176	0,49	0,483	0,195	40,3 %
Keldsnor	0,17	5	-0,728	1,176	0,49	0,483	0,217	44,9 %
Keldsnor	0,13	4	-0,728	1,176	0,49	0,483	0,250	51,7 %
Lindet	1,00	30	-0,686	1,114	0,40	0,504	0,128	25,4 %
Lindet	0,50	15	-0,686	1,114	0,40	0,504	0,144	28,6 %
Lindet	0,33	10	-0,686	1,114	0,40	0,504	0,166	33,0 %
Lindet	0,27	8	-0,686	1,114	0,40	0,504	0,184	36,5 %
Lindet	0,20	6	-0,686	1,114	0,40	0,504	0,216	42,9 %
Lindet	0,17	5	-0,686	1,114	0,40	0,504	0,241	47,8 %
Lindet	0,13	4	-0,686	1,114	0,40	0,504	0,278	55,2 %
Tange	1,00	30	-0,141	0,860	0,49	0,868	0,151	17,4 %
Tange	0,50	15	-0,141	0,860	0,49	0,868	0,169	19,5 %
Tange	0,33	10	-0,141	0,860	0,49	0,868	0,194	22,3 %
Tange	0,27	8	-0,141	0,860	0,49	0,868	0,213	24,5 %
Tange	0,20	6	-0,141	0,860	0,49	0,868	0,246	28,4 %
Tange	0,17	5	-0,141	0,860	0,49	0,868	0,272	31,3 %
Tange	0,13	4	-0,141	0,860	0,49	0,868	0,309	35,6 %
Ulborg	1,00	30	-1,591	1,242	0,51	0,204	0,051	24,9 %
Ulborg	0,50	15	-1,591	1,242	0,51	0,204	0,057	28,1 %
Ulborg	0,33	10	-1,591	1,242	0,51	0,204	0,066	32,4 %
Ulborg	0,27	8	-1,591	1,242	0,51	0,204	0,073	35,7 %
Ulborg	0,20	6	-1,591	1,242	0,51	0,204	0,086	42,0 %
Ulborg	0,17	5	-1,591	1,242	0,51	0,204	0,095	46,8 %
Ulborg	0,13	4	-1,591	1,242	0,51	0,204	0,110	54,0 %

Præcision af månedsmiddel for våddeposition af ammonium

Våddeposition af ammonium Station	Frek.	n	Log-transformeret			Koncentrationer		
			\bar{x}	s	Median	Spredning	Rel. spred	
Anholt	0,067	2	-0,151	0,601	0,860	0,419	48,7 %	
Anholt	0,033	1	-0,151	0,601	0,860	0,679	78,9 %	
Frederiksborg	0,067	2	-0,151	0,546	0,860	0,372	43,2 %	
Frederiksborg	0,033	1	-0,151	0,546	0,860	0,589	68,5 %	
Keldsnor	0,067	2	0,023	0,524	1,023	0,420	41,0 %	
Keldsnor	0,033	1	0,023	0,524	1,023	0,659	64,4 %	
Lindet	0,067	2	0,258	0,560	1,294	0,577	44,6 %	
Lindet	0,033	1	0,258	0,560	1,294	0,919	71,0 %	
Tange	0,067	2	-0,181	0,630	0,834	0,431	51,7 %	
Tange	0,033	1	-0,181	0,630	0,834	0,710	85,1 %	
Ulborg	0,067	2	0,155	0,431	1,168	0,382	32,7 %	
Ulborg	0,033	1	0,155	0,431	1,168	0,579	49,6 %	

Tabellerne angiver for hver station de bestemte parametre i lognormalfordelingen til beskrivelse af data samt den geometriske middelværdi og dennes spredning for årsmidler, som er fundet ved at transformere tilbage ved brug af ligningerne i afsnit 3.2. Den relative spredning er lig præcisionen, som er beregnet som forholdet mellem spredningen og den geometriske middelværdi. For filterprøver er beregninger udført for prøvetagning hver dag (n=360), hver anden dag (n=180), hver tredje dag (n=120),, en gang om ugen (n=52).

For våddeposition er beregningerne udført for prøvetagning hver 14 dag (n=25) og hver måned (n=12). Frekvensen angiver antal målinger pr. dag (enhed dag⁻¹).

Præcision af årsmiddel for ammonium i filterprøver

Ammonium Station	Frek.	n	Log-transformeret			Koncentrationer		
			\bar{x}	s	r	Median	Spredning	Rel. spred
Anholt	1,00	360	-0,263	1,063	0,60	0,769	0,055	7,2 %
Anholt	0,50	180	-0,263	1,063	0,60	0,769	0,057	7,4 %
Anholt	0,33	120	-0,263	1,063	0,60	0,769	0,059	7,7 %
Anholt	0,27	90	-0,263	1,063	0,60	0,769	0,063	8,2 %
Anholt	0,20	72	-0,263	1,063	0,60	0,769	0,067	8,7 %
Anholt	0,17	60	-0,263	1,063	0,60	0,769	0,071	9,2 %
Anholt	0,13	52	-0,263	1,063	0,60	0,769	0,075	9,7 %
Frederiksborg	1,00	360	-0,026	1,000	0,54	0,975	0,074	7,6 %
Frederiksborg	0,50	180	-0,026	1,000	0,54	0,975	0,076	7,8 %
Frederiksborg	0,33	120	-0,026	1,000	0,54	0,975	0,080	8,2 %
Frederiksborg	0,27	90	-0,026	1,000	0,54	0,975	0,084	8,6 %
Frederiksborg	0,20	72	-0,026	1,000	0,54	0,975	0,089	9,1 %
Frederiksborg	0,17	60	-0,026	1,000	0,54	0,975	0,095	9,7 %
Frederiksborg	0,13	52	-0,026	1,000	0,54	0,975	0,100	10,2 %
Keldsnor	1,00	360	0,045	1,247	0,74	1,046	0,062	5,9 %
Keldsnor	0,50	180	0,045	1,247	0,74	1,046	0,063	6,1 %
Keldsnor	0,33	120	0,045	1,247	0,74	1,046	0,066	6,3 %
Keldsnor	0,27	90	0,045	1,247	0,74	1,046	0,070	6,7 %
Keldsnor	0,20	72	0,045	1,247	0,74	1,046	0,074	7,1 %
Keldsnor	0,17	60	0,045	1,247	0,74	1,046	0,079	7,5 %
Keldsnor	0,13	52	0,045	1,247	0,74	1,046	0,083	8,0 %
Lindet	1,00	360	0,114	1,116	0,52	1,121	0,097	8,6 %
Lindet	0,50	180	0,114	1,116	0,52	1,121	0,100	8,9 %
Lindet	0,33	120	0,114	1,116	0,52	1,121	0,104	9,3 %
Lindet	0,27	90	0,114	1,116	0,52	1,121	0,110	9,8 %
Lindet	0,20	72	0,114	1,116	0,52	1,121	0,117	10,4 %
Lindet	0,17	60	0,114	1,116	0,52	1,121	0,124	11,1 %
Lindet	0,13	52	0,114	1,116	0,52	1,121	0,131	11,7 %
Tange	1,00	360	0,072	1,031	0,51	1,075	0,087	8,1 %
Tange	0,50	180	0,072	1,031	0,51	1,075	0,090	8,3 %
Tange	0,33	120	0,072	1,031	0,51	1,075	0,094	8,7 %
Tange	0,27	90	0,072	1,031	0,51	1,075	0,099	9,2 %
Tange	0,20	72	0,072	1,031	0,51	1,075	0,105	9,8 %
Tange	0,17	60	0,072	1,031	0,51	1,075	0,112	10,4 %
Tange	0,13	52	0,072	1,031	0,51	1,075	0,118	11,0 %
Ulborg	1,00	360	-0,202	1,239	0,62	0,817	0,067	8,2 %
Ulborg	0,50	180	-0,202	1,239	0,62	0,817	0,069	8,4 %
Ulborg	0,33	120	-0,202	1,239	0,62	0,817	0,072	8,8 %
Ulborg	0,27	90	-0,202	1,239	0,62	0,817	0,076	9,3 %
Ulborg	0,20	72	-0,202	1,239	0,62	0,817	0,081	9,9 %
Ulborg	0,17	60	-0,202	1,239	0,62	0,817	0,086	10,5 %
Ulborg	0,13	52	-0,202	1,239	0,62	0,817	0,090	11,1 %

Præcision af årsmiddel for ammoniak i filterprøver

Ammoniak Station	Frek.	n	Log-transformeret			Koncentrationer		
			\bar{x}	s	r	Median	Spredning	Rel. spred
Anholt	1,00	360	-2,642	1,336	0,62	0,071	0,006	9,0 %
Anholt	0,50	180	-2,642	1,336	0,62	0,071	0,007	9,3 %
Anholt	0,33	120	-2,642	1,336	0,62	0,071	0,007	9,7 %
Anholt	0,27	90	-2,642	1,336	0,62	0,071	0,007	10,2 %
Anholt	0,20	72	-2,642	1,336	0,62	0,071	0,008	10,8 %
Anholt	0,17	60	-2,642	1,336	0,62	0,071	0,008	11,4 %
Anholt	0,13	52	-2,642	1,336	0,62	0,071	0,009	12,0 %
Frederiksborg	1,00	360	-2,137	1,326	0,63	0,118	0,010	8,7 %
Frederiksborg	0,50	180	-2,137	1,326	0,63	0,118	0,011	9,0 %
Frederiksborg	0,33	120	-2,137	1,326	0,63	0,118	0,011	9,4 %
Frederiksborg	0,27	90	-2,137	1,326	0,63	0,118	0,012	9,9 %
Frederiksborg	0,20	72	-2,137	1,326	0,63	0,118	0,012	10,4 %
Frederiksborg	0,17	60	-2,137	1,326	0,63	0,118	0,013	11,1 %
Frederiksborg	0,13	52	-2,137	1,326	0,63	0,118	0,014	11,6 %
Keldsnor	1,00	360	-0,728	1,544	0,71	0,483	0,041	8,4 %
Keldsnor	0,50	180	-0,728	1,544	0,71	0,483	0,042	8,6 %
Keldsnor	0,33	120	-0,728	1,544	0,71	0,483	0,044	9,0 %
Keldsnor	0,27	90	-0,728	1,544	0,71	0,483	0,046	9,5 %
Keldsnor	0,20	72	-0,728	1,544	0,71	0,483	0,049	10,1 %
Keldsnor	0,17	60	-0,728	1,544	0,71	0,483	0,052	10,7 %
Keldsnor	0,13	52	-0,728	1,544	0,71	0,483	0,054	11,2 %
Lindet	1,00	360	-0,686	1,311	0,57	0,504	0,048	9,6 %
Lindet	0,50	180	-0,686	1,311	0,57	0,504	0,050	9,9 %
Lindet	0,33	120	-0,686	1,311	0,57	0,504	0,052	10,3 %
Lindet	0,27	90	-0,686	1,311	0,57	0,504	0,055	10,9 %
Lindet	0,20	72	-0,686	1,311	0,57	0,504	0,058	11,5 %
Lindet	0,17	60	-0,686	1,311	0,57	0,504	0,061	12,2 %
Lindet	0,13	52	-0,686	1,311	0,57	0,504	0,065	12,8 %
Tange	1,00	360	-0,141	1,063	0,67	0,868	0,056	6,4 %
Tange	0,50	180	-0,141	1,063	0,67	0,868	0,057	6,6 %
Tange	0,33	120	-0,141	1,063	0,67	0,868	0,060	6,9 %
Tange	0,27	90	-0,141	1,063	0,67	0,868	0,063	7,2 %
Tange	0,20	72	-0,141	1,063	0,67	0,868	0,066	7,6 %
Tange	0,17	60	-0,141	1,063	0,67	0,868	0,070	8,1 %
Tange	0,13	52	-0,141	1,063	0,67	0,868	0,074	8,5 %
Ulborg	1,00	360	-1,591	1,464	0,64	0,204	0,019	9,4 %
Ulborg	0,50	180	-1,591	1,464	0,64	0,204	0,020	9,6 %
Ulborg	0,33	120	-1,591	1,464	0,64	0,204	0,020	10,0 %
Ulborg	0,27	90	-1,591	1,464	0,64	0,204	0,022	10,6 %
Ulborg	0,20	72	-1,591	1,464	0,64	0,204	0,023	11,2 %
Ulborg	0,17	60	-1,591	1,464	0,64	0,204	0,024	11,9 %
Ulborg	0,13	52	-1,591	1,464	0,64	0,204	0,025	12,5 %

Præcision af årsmiddel for våddeposition af ammonium

Våddeposition af ammonium Station	Frek.	n	Log-transformeret			Koncentrationer		
			\bar{x}	s	Median	Spredning	Rel. spred	
Anholt	0,069	25	-0,190	0,786	0,827	0,132	16,0 %	
Anholt	0,033	12	-0,190	0,786	0,827	0,195	23,6 %	
Anholt	0,017	6	-0,190	0,786	0,827	0,287	34,7 %	
Anholt	0,011	4	-0,190	0,786	0,827	0,365	44,1 %	
Frederiksborg	0,069	25	-0,150	0,671	0,860	0,117	13,6 %	
Frederiksborg	0,033	12	-0,150	0,671	0,860	0,171	19,9 %	
Frederiksborg	0,017	6	-0,150	0,671	0,860	0,249	29,0 %	
Frederiksborg	0,011	4	-0,150	0,671	0,860	0,314	36,5 %	
Keldsnor	0,069	25	-0,012	0,765	0,988	0,154	15,6 %	
Keldsnor	0,033	12	-0,012	0,765	0,988	0,226	22,9 %	
Keldsnor	0,017	6	-0,012	0,765	0,988	0,332	33,6 %	
Keldsnor	0,011	4	-0,012	0,765	0,988	0,422	42,7 %	
Lindet	0,069	25	0,248	0,730	1,281	0,190	14,8 %	
Lindet	0,033	12	0,248	0,730	1,281	0,279	21,8 %	
Lindet	0,017	6	0,248	0,730	1,281	0,408	31,8 %	
Lindet	0,011	4	0,248	0,730	1,281	0,517	40,3 %	
Tange	0,069	25	-0,178	0,996	0,837	0,172	20,5 %	
Tange	0,033	12	-0,178	0,996	0,837	0,256	30,6 %	
Tange	0,017	6	-0,178	0,996	0,837	0,386	46,1 %	
Tange	0,011	4	-0,178	0,996	0,837	0,503	60,1 %	
Ulborg	0,069	25	0,155	0,608	1,168	0,144	12,3 %	
Ulborg	0,033	12	0,155	0,608	1,168	0,210	18,0 %	
Ulborg	0,017	6	0,155	0,608	1,168	0,304	26,0 %	
Ulborg	0,011	4	0,155	0,608	1,168	0,381	32,6 %	

Tabellerne angiver præcisionen for et landsgennemsnit som funktion af antallet af stationer, som indgår i dette gennemsnit. For filterprøver er beregninger udført for prøvetagning hver dag ($n=30$), hver anden dag ($n=15$), hver tredje dag ($n=10$),, en gang om ugen ($n=4$). For våddeposition er beregningerne udført for prøvetagning hver 14 dag ($n=2$) og hver måned ($n=1$).

Præcision af månedsmiddel for ammonium i filterprøver på landsplan

Ammonium		Antal stationer				
Frekvens	n (pr. måned)	2	4	6	8	10
1,00	30	14,6 %	10,0 %	7,5 %	6,0 %	5,0 %
0,50	15	15,4 %	10,5 %	7,9 %	6,3 %	5,3 %
0,33	10	16,6 %	11,3 %	8,5 %	6,8 %	5,7 %
0,27	8	17,4 %	11,9 %	8,9 %	7,1 %	5,9 %
0,20	6	19,6 %	13,3 %	10,0 %	8,0 %	6,6 %
0,17	5	21,2 %	14,3 %	10,8 %	8,6 %	7,2 %
0,13	4	23,7 %	15,9 %	12,0 %	9,6 %	7,9 %

Præcision af månedsmiddel for ammoniak i filterprøver på landsplan

Ammoniak		Antal stationer				
Frekvens	n (pr. måned)	2	4	6	8	10
1,00	30	14,9 %	10,2 %	7,7 %	6,1 %	5,1 %
0,50	15	16,7 %	11,4 %	8,6 %	6,9 %	5,7 %
0,33	10	19,1 %	12,9 %	9,8 %	7,8 %	6,5 %
0,27	8	20,9 %	14,1 %	10,6 %	8,5 %	7,1 %
0,20	6	24,2 %	16,3 %	12,2 %	9,7 %	8,1 %
0,17	5	26,6 %	17,8 %	13,4 %	10,7 %	8,8 %
0,13	4	30,1 %	20,0 %	15,0 %	11,9 %	9,9 %

Præcision af månedsmiddel for våddeposition af ammonium på landsplan

Våddeposition af ammonium		Antal stationer				
Frekvens	n (pr. måned)	2	4	6	8	10
0,07	2	41,3 %	29,5 %	25,3 %	22,5 %	20,4 %
0,03	1	71,1 %	44,3 %	37,5 %	32,9 %	29,7 %

Tabellerne angiver præcisionen for et landsgennemsnit som funktion af antallet af stationer, som indgår i dette gennemsnit. For filterprøver er beregninger udført for prøvetagning hver dag ($n=360$), hver anden dag ($n=180$), hver tredje dag ($n=120$),, en gang om ugen ($n=52$). For våddeposition er beregningerne udført for prøvetagning hver 14 dag ($n=25$) og hver måned ($n=12$).

Præcision af årsmiddel for ammonium i filterprøver på landsplan

Ammonium		Antal stationer				
Frekvens	n (pr. år)	2	4	6	8	10
1,00	360	4,2 %	2,9 %	2,2 %	1,8 %	1,5 %
0,50	180	4,3 %	3,0 %	2,3 %	1,8 %	1,5 %
0,33	120	4,5 %	3,1 %	2,4 %	1,9 %	1,6 %
0,25	90	4,8 %	3,3 %	2,5 %	2,0 %	1,7 %
0,20	72	5,1 %	3,5 %	2,6 %	2,1 %	1,8 %
0,17	60	5,4 %	3,7 %	2,8 %	2,2 %	1,9 %
0,14	52	5,7 %	3,9 %	3,0 %	2,4 %	2,0 %

Præcision af årsmiddel for ammoniak i filterprøver på landsplan

Ammoniak		Antal stationer				
Frekvens	<i>n</i> (pr. år)	2	4	6	8	10
1,00	360	5,1 %	3,5 %	2,7 %	2,1 %	1,8 %
0,50	180	5,3 %	3,6 %	2,7 %	2,2 %	1,8 %
0,33	120	5,5 %	3,8 %	2,9 %	2,3 %	1,9 %
0,25	90	5,8 %	4,0 %	3,0 %	2,4 %	2,0 %
0,20	72	6,1 %	4,2 %	3,2 %	2,5 %	2,1 %
0,17	60	6,5 %	4,5 %	3,4 %	2,7 %	2,2 %
0,14	52	6,8 %	4,7 %	3,5 %	2,8 %	2,4 %

Præcision af årsmiddel for våddeposition af ammonium på landsplan

Våddeposition af ammonium		Antal stationer				
Frekvens	<i>n</i> (pr. år)	2	4	6	8	10
0,069	25	13,9 %	10,7 %	9,3 %	8,3 %	7,6 %
0,033	12	20,7 %	15,6 %	13,5 %	12,1 %	11,0 %
0,017	6	31,1 %	22,4 %	19,4 %	17,2 %	15,7 %
0,011	4	40,5 %	28,0 %	24,0 %	21,3 %	19,3 %

Tabellerne angiver for stationer antallet af år for et eksponentielt fald på $d=1-5$ % pr. år. For filterprøver er beregninger udført for prøvetagning hver dag ($n=360$), hver anden dag ($n=180$), hver tredje dag ($n=120$),, en gang om ugen ($n=52$). For våddeposition er beregningerne udført for prøvetagning hver 14 dag ($n=25$) og hver måned ($n=12$). Frekvensen angiver antallet af prøver pr. dag (enhed dag⁻¹).

Antal år for at detektere en udviklingstendens for ammonium i filterprøver

Station	Ammonium		Ændring i niveau pr. år				
	Frek.	<i>n</i>	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
Anholt	1,00	360	27	17	13	11	10
Anholt	0,50	180	28	18	14	11	10
Anholt	0,33	120	29	18	14	12	10
Anholt	0,25	90	30	19	15	12	11
Anholt	0,20	72	31	20	15	13	11
Anholt	0,17	60	32	20	16	13	11
Anholt	0,14	52	33	21	16	13	12
Frederiksborg	1,00	360	28	18	14	12	10
Frederiksborg	0,50	180	29	18	14	12	10
Frederiksborg	0,33	120	30	19	15	12	11
Frederiksborg	0,25	90	31	20	15	13	11
Frederiksborg	0,20	72	32	20	16	13	11
Frederiksborg	0,17	60	33	21	16	14	12
Frederiksborg	0,14	52	34	22	17	14	12
Keldsnor	1,00	360	24	15	12	10	9
Keldsnor	0,50	180	24	16	12	10	9
Keldsnor	0,33	120	25	16	12	10	9
Keldsnor	0,25	90	26	17	13	11	9
Keldsnor	0,20	72	27	17	13	11	10
Keldsnor	0,17	60	28	18	14	12	10
Keldsnor	0,14	52	29	19	14	12	10
Lindet	1,00	360	31	20	15	13	11
Lindet	0,50	180	31	20	15	13	11
Lindet	0,33	120	32	21	16	13	11
Lindet	0,25	90	34	21	16	14	12
Lindet	0,20	72	35	22	17	14	12
Lindet	0,17	60	36	23	18	15	13
Lindet	0,14	52	37	24	18	15	13
Tange	1,00	360	30	19	14	12	10
Tange	0,50	180	30	19	15	12	11
Tange	0,33	120	31	20	15	13	11
Tange	0,25	90	32	20	16	13	11
Tange	0,20	72	33	21	16	14	12
Tange	0,17	60	35	22	17	14	12
Tange	0,14	52	36	23	18	15	13
Ulborg	1,00	360	30	19	15	12	11
Ulborg	0,50	180	30	19	15	12	11
Ulborg	0,33	120	31	20	15	13	11
Ulborg	0,25	90	32	21	16	13	11
Ulborg	0,20	72	34	21	16	14	12
Ulborg	0,17	60	35	22	17	14	12
Ulborg	0,14	52	36	23	18	15	13

Antal år for at detektere en udviklingstendens for ammoniak i filterprøver

Station	Ammoniak		Ændring i niveau pr. år					
	Frek.	<i>n</i>	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	
Anholt	1,00	360	32	20	15	13	11	
Anholt	0,50	180	32	20	16	13	11	
Anholt	0,33	120	33	21	16	13	12	
Anholt	0,25	90	34	22	17	14	12	
Anholt	0,20	72	36	23	17	14	12	
Anholt	0,17	60	37	23	18	15	13	
Anholt	0,14	52	38	24	19	15	13	
Frederiksborg	1,00	360	31	20	15	13	11	
Frederiksborg	0,50	180	32	20	15	13	11	
Frederiksborg	0,33	120	32	21	16	13	11	
Frederiksborg	0,25	90	34	21	16	14	12	
Frederiksborg	0,20	72	35	22	17	14	12	
Frederiksborg	0,17	60	36	23	18	15	13	
Frederiksborg	0,14	52	37	24	18	15	13	
Keldsnor	1,00	360	30	19	15	12	11	
Keldsnor	0,50	180	31	20	15	13	11	
Keldsnor	0,33	120	32	20	16	13	11	
Keldsnor	0,25	90	33	21	16	13	12	
Keldsnor	0,20	72	34	22	17	14	12	
Keldsnor	0,17	60	35	22	17	14	12	
Keldsnor	0,14	52	36	23	18	15	13	
Lindet	1,00	360	33	21	16	13	12	
Lindet	0,50	180	34	21	16	14	12	
Lindet	0,33	120	35	22	17	14	12	
Lindet	0,25	90	36	23	17	14	13	
Lindet	0,20	72	37	24	18	15	13	
Lindet	0,17	60	38	24	19	16	14	
Lindet	0,14	52	40	25	19	16	14	
Tange	1,00	360	25	16	12	10	9	
Tange	0,50	180	26	16	13	11	9	
Tange	0,33	120	27	17	13	11	9	
Tange	0,25	90	27	17	13	11	10	
Tange	0,20	72	28	18	14	12	10	
Tange	0,17	60	30	19	14	12	10	
Tange	0,14	52	31	19	15	12	11	
Ulborg	1,00	360	32	21	16	13	11	
Ulborg	0,50	180	33	21	16	13	12	
Ulborg	0,33	120	34	22	17	14	12	
Ulborg	0,25	90	35	22	17	14	12	
Ulborg	0,20	72	36	23	18	15	13	
Ulborg	0,17	60	38	24	18	15	13	
Ulborg	0,14	52	39	25	19	16	14	

Antal år for at detektere en udviklingstendens for våddeposition af ammonium

Våddeposition af ammonium			Ændring i niveau pr. år				
Station	Frek.	<i>n</i>	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
Anholt	0,069	25	46	29	22	18	16
Anholt	0,033	12	51	37	28	23	20
Anholt	0,017	6	51	46	36	29	25
Anholt	0,011	4	51	51	41	31	29
Frederiksborg	0,069	25	41	26	20	17	14
Frederiksborg	0,033	12	51	33	26	21	18
Frederiksborg	0,017	6	51	42	32	27	23
Frederiksborg	0,011	4	51	48	37	30	26
Keldsnor	0,069	25	45	29	22	18	16
Keldsnor	0,033	12	51	36	28	23	20
Keldsnor	0,017	6	51	46	35	29	25
Keldsnor	0,011	4	51	51	40	31	29
Lindet	0,069	25	44	28	21	18	15
Lindet	0,033	12	51	35	27	22	19
Lindet	0,017	6	51	44	34	28	24
Lindet	0,011	4	51	51	39	31	28
Tange	0,069	25	51	34	26	22	19
Tange	0,033	12	51	43	33	27	24
Tange	0,017	6	51	51	41	31	30
Tange	0,011	4	51	51	41	31	31
Ulborg	0,069	25	39	25	19	16	14
Ulborg	0,033	12	49	31	24	20	17
Ulborg	0,017	6	51	39	30	25	22
Ulborg	0,011	4	51	45	34	28	25

Bilag 2.5 Resultater: punktkilder

Antallet af årlige prøvetagninger (frekvens) som er nødvendige for at opnå den relative præcision d % af det geometriske gennemsnit for total kvælstof og total fosfor. Formel (3) er anvendt. Frekvensen af det nuværende program for hvert rensningsanlæg er angivet i (). PE er en forkortelse for personækvivalent (se Miljøstyrelsen, 2000).

Anlæg	d %	Total kvælstof	Total fosfor
Harboøre (24)	5	738	1319
Belastning: 26.000 PE	10	196	348
Type: Mekanisk, biologisk,	15	93	163
med kvælstoffjernelse og	20	56	97
kemisk fosforfjernelse	30	28	48
Herning (40)	5	272	484
Belastning: 96.000 PE	10	73	129
Type: Mekanisk, biologisk,	15	36	62
med kvælstoffjernelse,	20	22	37
kemisk fosforfjernelse og	30	12	20
filtrering			
Holstebro (25)	5	168	264
Belastning: 115.000 PE	10	46	71
Type: Mekanisk, biologisk,	15	23	35
med kvælstoffjernelse og	20	15	22
kemisk fosforfjernelse	30	9	12
Ikast (24)	5	199	264
Belastning: 29.000 PE	10	54	71
Type: Mekanisk, biologisk,	15	27	35
med kvælstoffjernelse og	20	17	22
kemisk fosforfjernelse	30	10	12
Lemvig (24)	5	282	621
Belastning: 34.000 PE	10	76	165
Type: Mekanisk, biologisk,	15	37	78
med kvælstoffjernelse og	20	23	47
kemisk fosforfjernelse	30	13	24
Brande (12)	5	512	726
Belastning: 11.000 PE	10	136	192
Type: Mekanisk, biologisk,	15	65	91
med kvælstoffjernelse og	20	39	55
kemisk fosforfjernelse	30	21	28
Struer (25)	5	149	279
Belastning: 53.000 PE	10	41	75
Type: Mekanisk, biologisk,	15	21	37
med kvælstoffjernelse og	20	13	23
kemisk fosforfjernelse	30	8	13

Bilag 2.6.1 Kritiske værdier for change-point detektion

De kritiske niveauer i nedenstående tabel angiver værdier for teststørrelsen $Z_n^{1/2}$ under nulhypotesen, dvs. intet skift i tidsserien. For teststørrelser over de kritiske niveauer afvises nulhypotesen. Tabellen er udregnet for antal år ($n=5, \dots, 30$) og autokorrelation i residualerne ($\rho=0,0;0,1; \dots, 0,9$). De tabellerede værdier er udregnet som 95 % fraktilen i fordelingen af $Z_n^{1/2}$ ved 10000 simuleringer af nulhypotesen.

Antal år	Autokorrelation i residualer									
	$\rho=0,0$	$\rho=0,1$	$\rho=0,2$	$\rho=0,3$	$\rho=0,4$	$\rho=0,5$	$\rho=0,6$	$\rho=0,7$	$\rho=0,8$	$\rho=0,9$
5	3,46	3,52	3,56	3,59	3,64	3,74	3,75	3,81	3,81	3,88
6	3,33	3,40	3,47	3,56	3,64	3,70	3,76	3,82	3,88	3,92
7	3,24	3,37	3,44	3,54	3,66	3,77	3,82	3,89	3,96	4,04
8	3,21	3,30	3,43	3,56	3,70	3,78	3,89	4,01	4,08	4,17
9	3,17	3,29	3,42	3,55	3,70	3,87	4,00	4,11	4,24	4,33
10	3,12	3,27	3,41	3,59	3,75	3,93	4,05	4,25	4,39	4,51
11	3,12	3,25	3,44	3,60	3,78	3,98	4,13	4,35	4,53	4,65
12	3,10	3,27	3,43	3,61	3,83	4,02	4,25	4,45	4,63	4,83
13	3,09	3,24	3,44	3,62	3,82	4,03	4,34	4,54	4,76	4,98
14	3,03	3,26	3,42	3,64	3,85	4,13	4,37	4,64	4,88	5,08
15	3,06	3,20	3,42	3,65	3,84	4,13	4,41	4,71	4,99	5,28
16	3,10	3,23	3,46	3,66	3,88	4,16	4,53	4,81	5,08	5,36
17	3,08	3,21	3,43	3,65	3,90	4,17	4,52	4,83	5,24	5,54
18	3,05	3,23	3,43	3,66	3,94	4,21	4,60	4,94	5,33	5,66
19	3,03	3,23	3,42	3,67	3,90	4,25	4,61	4,99	5,43	5,79
20	3,04	3,23	3,40	3,69	3,99	4,29	4,66	5,04	5,50	5,93
21	3,05	3,25	3,46	3,71	4,00	4,31	4,67	5,11	5,59	6,04
22	3,05	3,21	3,47	3,73	4,00	4,33	4,73	5,16	5,64	6,17
23	3,07	3,25	3,50	3,73	4,00	4,37	4,70	5,23	5,74	6,26
24	3,06	3,24	3,46	3,68	4,02	4,35	4,81	5,26	5,78	6,34
25	3,05	3,27	3,48	3,75	4,02	4,39	4,81	5,34	5,85	6,43
26	3,09	3,27	3,48	3,76	4,08	4,40	4,85	5,36	5,92	6,51
27	3,03	3,28	3,44	3,78	4,03	4,46	4,87	5,35	6,06	6,66
28	3,04	3,21	3,47	3,76	4,07	4,45	4,84	5,43	6,03	6,76
29	3,07	3,26	3,51	3,73	4,12	4,46	4,91	5,46	6,12	6,83
30	3,05	3,25	3,47	3,78	4,09	4,46	4,92	5,48	6,15	6,94

Bilag 2.6.2: Powerberegninger for change-point detektion, lineær regression og Kendall's τ

Powerberegning for model A ved 3 trenddetektionsmetoder: change-point detektion, lineær regression og Kendall's τ . Forholdet β/σ angiver hældningen i forhold til residualvariationen. Beregningerne er foretaget for antal år og et skift i tidsserien, som sker efter 50-90 % af observationerne.

Antal år	Skift	$\beta/\sigma=1$			$\beta/\sigma=0,5$			$\beta/\sigma=0,25$			$\beta/\sigma=0,1$		
		Change-point	Lineær reg.	Kendall τ	Change-point	Lineær reg.	Kendall τ	Change-point	Lineær reg.	Kendall τ	Change-point	Lineær reg.	Kendall τ
10	50 %	38 %	76 %	60 %	16 %	35 %	33 %	6 %	12 %	9 %	5 %	6 %	5 %
10	60 %	37 %	97 %	90 %	12 %	59 %	52 %	8 %	17 %	15 %	5 %	7 %	7 %
10	70 %	29 %	100 %	99 %	12 %	78 %	69 %	7 %	32 %	27 %	6 %	9 %	9 %
10	80 %	17 %	100 %	100 %	7 %	89 %	84 %	6 %	38 %	33 %	5 %	12 %	11 %
10	90 %	8 %	100 %	100 %	6 %	95 %	90 %	6 %	44 %	38 %	5 %	11 %	10 %
20	50 %	100 %	100 %	100 %	67 %	100 %	98 %	18 %	79 %	73 %	6 %	19 %	18 %
20	60 %	100 %	100 %	100 %	64 %	100 %	100 %	16 %	96 %	92 %	6 %	31 %	30 %
20	70 %	98 %	100 %	100 %	49 %	100 %	100 %	13 %	99 %	98 %	4 %	45 %	41 %
20	80 %	82 %	100 %	100 %	24 %	100 %	100 %	9 %	100 %	100 %	4 %	57 %	53 %
20	90 %	20 %	100 %	100 %	7 %	100 %	100 %	4 %	100 %	100 %	3 %	68 %	63 %
30	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	59 %	100 %	100 %	10 %	59 %	54 %
30	60 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	49 %	100 %	100 %	11 %	81 %	75 %
30	70 %	100 %	100 %	100 %	97 %	100 %	100 %	37 %	100 %	100 %	7 %	92 %	89 %
30	80 %	100 %	100 %	100 %	65 %	100 %	100 %	17 %	100 %	100 %	5 %	98 %	97 %
30	90 %	58 %	100 %	100 %	14 %	100 %	100 %	5 %	100 %	100 %	4 %	99 %	98 %
40	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	91 %	88 %
40	60 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	98 %	98 %
40	70 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
40	80 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
40	90 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	99 %
50	60 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	70 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	80 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	90 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Powerberegning for model B ved 3 trenddetektionsmetoder: change-point detektion, lineær regression og Kendall's τ . Forholdet β/σ angiver hældningen i forhold til residualvariationen. Beregningerne er foretaget for antal år og et skift i tidsserien, som sker efter 50-90 % af observationerne.

Antal år	Skift	$\beta/\sigma=1$			$\beta/\sigma=0,5$			$\beta/\sigma=0,25$			$\beta/\sigma=0,1$		
		Change-point	Lineær reg.	Kendall τ	Change-point	Lineær reg.	Kendall τ	Change-point	Lineær reg.	Kendall τ	Change-point	Lineær reg.	Kendall τ
10	50 %	87 %	1 %	0 %	35 %	4 %	3 %	13 %	5 %	4 %	5 %	5 %	6 %
10	60 %	88 %	1 %	0 %	38 %	3 %	3 %	12 %	3 %	3 %	7 %	3 %	3 %
10	70 %	80 %	52 %	41 %	30 %	28 %	23 %	12 %	13 %	11 %	6 %	8 %	7 %
10	80 %	51 %	100 %	96 %	19 %	68 %	64 %	8 %	26 %	22 %	6 %	8 %	8 %
10	90 %	19 %	100 %	100 %	8 %	92 %	86 %	4 %	45 %	39 %	5 %	11 %	10 %
20	50 %	100 %	0 %	0 %	100 %	1 %	0 %	66 %	2 %	2 %	14 %	4 %	5 %
20	60 %	100 %	25 %	12 %	100 %	22 %	16 %	62 %	15 %	12 %	10 %	7 %	7 %
20	70 %	100 %	100 %	100 %	98 %	100 %	99 %	50 %	79 %	74 %	10 %	20 %	18 %
20	80 %	100 %	100 %	100 %	80 %	100 %	100 %	24 %	100 %	99 %	8 %	39 %	36 %
20	90 %	79 %	100 %	100 %	21 %	100 %	100 %	7 %	100 %	100 %	3 %	62 %	56 %
30	50 %	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	100 %	1 %	1 %	35 %	2 %	3 %
30	60 %	100 %	99 %	96 %	100 %	85 %	76 %	100 %	47 %	42 %	33 %	18 %	16 %
30	70 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	97 %	100 %	100 %	24 %	60 %	56 %
30	80 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	68 %	100 %	100 %	12 %	95 %	93 %
30	90 %	100 %	100 %	100 %	61 %	100 %	100 %	14 %	100 %	100 %	3 %	99 %	99 %
40	50 %	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	100 %	1 %	1 %	100 %	3 %	3 %
40	60 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	90 %	80 %	100 %	33 %	30 %
40	70 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	95 %	93 %
40	80 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
40	90 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	50 %	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	100 %	3 %	2 %
50	60 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	99 %	100 %	61 %	57 %
50	70 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	80 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
50	90 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Bilag 3 Symbolforklaring

Liste over de væsentligste matematiske symboler anvendt i rapporten:

α	signifikansniveauet (sandsynligheden for at forkaste nulhypotesen, når den er sand)
$1-\beta$	styrken (sandsynligheden for at forkaste nulhypotesen, når den er falsk)
D, d	den absolutte eller relative præcision – den absolutte eller relative udviklingstendens
y	observationer
x	transformerede observationer
μ	parameter for middelværdi
σ^2	parameter for varians
ν	parameter for middelværdi for log-transformerede variable
δ^2	parameter for varians for log-transformerede variable
p	sandsynlighedsparameter i binomialfordeling
$s=\hat{\sigma}$	estimat for standardafvigelsen samt for residualvariansen ved regressionsanalyse
t	t-fordelingen
γ	trenden eller hældningen i lineær regression
h	estimat for trenden
ρ	korrelationen til lag 1
r	estimat for korrelationen til lag 1
\log_e	den naturlige logaritme
$e^x, \exp(x)$	exponentialfunktionen
$N()$	Normalfordelingen
$H()$	Hypergeometriske fordeling
$B()$	Binomialfordeling
$F()$	F-fordeling
\sum	summations tegn
\arcsin	arcus sinus funktionen som er den omvendte funktion til sinus

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø
Projektchef for kvalitets- og analyseområdet

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsovej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

Overvågningssektionen
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi
Afd. for Marin Økologi
Projektchef for det akvatiske område

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2001

- Nr. 383: Pesticider 2 i overfladevand. Metodaoprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B. 45 s. + Annex 1, 75,00 kr.
- Nr. 384: Natural Resources in the Nanortalik Area. An Interview Study on Fishing, Hunting and Tourism in the Area around the Nalunaq Gold Project. By Glahder, C.M. 81 pp., 125,00 kr.
- Nr. 385: Natur og Miljø 2001. Påvirkninger og tilstand. Af Bach, H., Christensen, N. & Kristensen, P. 368 s., 200,00 kr.
- Nr. 386: Pesticider 3 i overfladevand. Metodeoprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B. 94 s., 75,00 kr.
- Nr. 387: Improving Fuel Statistics for Danish Aviation. By Winther, M. 56 pp., 75,00 DKK.

2002

- Nr. 388: Microorganisms as Indicators of Soil Health. By Nielsen, M.N. & Winding, A. 82 pp., 90,00 DKK.
- Nr. 389: Naturnær skovrejsning – et bæredygtigt alternativ? Af Aude, E. et al. 47 s. (elektronisk)
- Nr. 390: Metoder til at vurdere referencetilstanden i kystvande – eksempel fra Randers Fjord. Vandrammedirektiv-projekt. Fase II. Af Nielsen, K. et al. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 391: Biologiske effekter af råstofindvinding på epifauna. Af Lisbjerg, D. et al. 54 s. (elektronisk)
- Nr. 392: Næringssaltbegrænsning af makroalger i danske kystområder. Et samarbejdsprojekt mellem Ringkøbing Amt, Nordjyllands Amt, Viborg Amt, Århus Amt, Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Fyns Amt, Roskilde Universitetscenter og Danmarks Miljøundersøgelser. Af Krause-Jensen, D. et al. 112 s. (elektronisk)
- Nr. 393: Vildtudbyttet i Danmark i jagtsæsonen 2000/2001. Af Asferg, T. 34 s., 40,00 kr.
- Nr. 394: Søerne i De Østlige Vejler. Af Jeppesen, E. et al. 90 s., 100,00 kr.
- Nr. 395: Menneskelig færdsels effekt på rastende vandfugle i saltvandssøen. Af Laursen, K. & Rasmussen, L.M. 36 s., 50,00 kr.
- Nr. 396: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1999-2000. Af Møller, P. et al. 53 s. (elektronisk).
- Nr. 397: Effekt af lystfiskeri på overvintrende troldeænder i Store Kattinge Sø. Af Madsen, J. 23 s. (elektronisk)
- Nr. 398: Danske duehøges populationsøkologi og forvandling. Af Drachmann, J. & Nielsen, J.T. 51 s., 75,00 kr.
- Nr. 399: NEXT 1998-2003, Pesticider 1 i drikkevand. Samlet rapport over 3 præstationsprøvningsrunder. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 400: Population Structure of West Greenland Narwhals. A Multidisciplinary Approach. By Riget, F. et al. 53 pp. (electronic)
- Nr. 401: Dansk tilpasning til et ændret klima. Af Fenger, J. & Frich, P. 36 s. (elektronisk)
- Nr. 402: Persistent Organic Pollutants in Soil, Sludge and Sediment. A Multianalytical Field Study of Selected Organic Chlorinated and Brominated Compounds. By Vikelsøe et al. 96 pp. (electronic)
- Nr. 403: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 2001/02 i Danmark. Wing Survey from the 2001/02 hunting season in Denmark. Af Clausager, I. 62 s., 50,00 kr.
- Nr. 404: Analytical Chemical Control of Phthalates in Toys. Analytical Chemical Control of Chemical Substances and Products. By Rastogi, S.C., Jensen, G.H. & Worsøe, I.M. 25 pp. (electronic)
- Nr. 405: Indikatorer for Bæredygtig Transport – oplæg til indhold og strategi. Af Gudmundsen, H. 112 s., 100,00 kr.
- Nr. 408: Blykontaminering af havfugle i Grønland fra jagt med blyhagl. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F. 31 s. (elektronisk)
- Nr. 409: The State of the Environment in Denmark 2001. Bach, H., Christensen, N. & Kristensen, P. (eds). 368 pp., 200,00 DKK.
- Nr. 411: Satellite Tracking of Humpback Whales in West Greenland. Dietz, R. et al. 38 pp. (electronic)
- Nr. 412: Control of Pesticides 2001. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T. Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 28 pp. (electronic)
- Nr. 413: Vegetation i farvandet omkring Fyn 2001. Af Rasmussen, M.B. 138 s. (elektronisk)
- Nr. 418: Atmosfærisk deposition 2001. NOVA 2003. Af Ellermann, T. (elektronisk)
- Nr. 419: Marine områder 2001 - Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Af Ærtebjerg, G. (red.) (elektronisk)
- Nr. 420: Landovervågningsoplande 2001. NOVA 2003. Af Grant, R. (elektronisk)
- Nr. 421: Søer 2001. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. (elektronisk)
- Nr. 422: Vandløb og kilder 2001. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (elektronisk)
- Nr. 423: Vandmiljø 2002. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 56 s., 100,00 kr.

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-709-6
ISSN 1600-0048