

# Miljøprojekt nr. 136

1990

## Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning

Miljøministeriet  
**Miljøstyrelsen**

## Miljøprojekt

- Nr. 80 : Svømmebade og sygdomsrisici
- Nr. 81 : Lokale forureninger og helbredseffekter
- Nr. 82 : QSAR og toksikologi - en ny strategi i kemikalievurdering
- Nr. 83 : Forurening fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald
- Nr. 84 : Alternativ lossepladsteknologi - en litteraturgennemgang
- Nr. 85 : Tilførsel af næringsstoffer til vandløb
- Nr. 86 : Genanvendelse af tekstilaffald
- Nr. 87 : Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer
- Nr. 88 : Emballage til mælk og juice
- Nr. 89 : Vandressourcerne og klimasvingninger
- Nr. 90 : Nikkelafgivelse fra metallegeringer
- Nr. 91 : Algetoksicitetstest
- Nr. 92 : CFC-forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 93 : Mikrobiel nedbrydning af miljøfremmede stoffer i grundvand
- Nr. 94 : Genanvendelse af madaffald fra storkøkkener i København
- Nr. 95 : Bundfaunaundersøgelser som redskab til overvågning
- Nr. 96 : Svovlbrintedannelse og -kontrol i trykledninger
- Nr. 97 : Renere teknologi i fiskeindustrien
- Nr. 98 : Renere teknologi i træ- og møbelbranchen
- Nr. 99 : Kompostering af haveaffald i Frederiksborg amt
- Nr. 100 : Hazard Assessment of 1,1,1-Trichloroethane
- Nr. 101 : Organiske opløsningsmidler i husholdningsprodukter
- Nr. 102 : Fuglefaunaen på konventionelle og økologiske landbrug
- Nr. 103 : Sprøjtefri randzoner i kornmarker
- Nr. 104 : Miljøforbedring ved hovedseparation i rejepilleindustrien
- Nr. 105 : Forbrug af og forurening med bly i Danmark
- Nr. 106 : Haloner - forbrugsmønster i Danmark
- Nr. 107 : Galvanisk overfladebelægning uden affald og spildevand
- Nr. 108 : Madaffald fra storkøkkener - organisation af indsamling og oparbejdning
- Nr. 109 : Erstatningsstoffer for fosfat - spredning og effekter i miljøet
- Nr. 110 : Olie/kemikalieaffald - en spørgeskemaundersøgelse
- Nr. 111 : Undersøgelser af vejledende pyritgrænseværdier
- Nr. 112 : Kvantitative og kvalitative kriterier for risikoaccept
- Nr. 113 : Storskrald og haveaffald
- Nr. 114 : Papirindsamling via specialcontainere og genbrugsstation
- Nr. 115 : Vandmiljøplanens overvågningsprogram
- Nr. 116 : Renere teknologi i svine- og kreaturslagteribranchen
- Nr. 117 : Dioxinemission ved affaldsforbrænding
- Nr. 118 : Klorkilders betydning for dioxindannelse ved forbrænding
- Nr. 119 : Okkerrensning i forbindelse med landbrugsmæssig dræning
- Nr. 120 : Kontrol af køretøjer med katalysator
- Nr. 121 : Forurenede industrigrunde
- Nr. 122 : Indsamling af papir og pap fra erhvervsvirksomheder
- Nr. 123 : Risikovurdering af forurenede grunde
- Nr. 124 : Vedligeholdelse af køle-smøremidler
- Nr. 125 : Fugleføde i kornmarker - insekter og vilde planter
- Nr. 126 : Miljøvenlige malematerialer i jernindustrien
- Nr. 127 : Miljøfremmede, organiske stoffer i kommunalt spildevand
- Nr. 128 : Nedsivning fra byggeaffald
- Nr. 129 : Genanvendelse af bygge- og anlægsaffald - del 1
- Nr. 130 : Forureningsfri galvanomaskiner til værkstedsbrug
- Nr. 131 : Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer
- Nr. 132 : PVC i kontorartikler, sundhedssektor, m.v.
- Nr. 133 : PVC i byggeri og anlæg
- Nr. 134 : PVC i emballage
- Nr. 135 : Hjemmekompostering
- Nr. 136 : Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning

# Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning

---

I perioden 1974-81 blev der foretaget sammenhængende målinger af regn, regnafstrømning og forureningstransport på forskellige lokaliteter i Danmark. En del af måleresultaterne er blevet bearbejdet detaljeret. Der er ikke konstateret signifikant sammenhæng mellem målte koncentrationer og de anvendte statistiske og dynamiske parametre. Rapporten anbefaler metodik og stofkoncentrationer til anvendelse ved beregning af forureningsmængder udledt fra regnvandsbetingede afløb.

---

Miljøministeriet  
**Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

---

**Pris kr. 90,- inkl. 22% moms**

ISSN nr. 0105-3094  
ISBN nr. 87-503-8396-5

# **Miljøprojekt nr. 136**

**1990**

## **Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning**

**PH-Consult ApS**

**Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen**

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

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

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

## Indholdsfortegnelse

|           |                                           |    |
|-----------|-------------------------------------------|----|
|           | Sammenfatning                             | 5  |
| <u>0.</u> | <u>Forord</u>                             | 7  |
| <u>1.</u> | <u>Projektets baggrund</u>                | 9  |
| 1.1       | Projekt 1                                 | 10 |
| 1.2       | Projekt 2                                 | 10 |
| <u>2.</u> | <u>Oversigt over danske undersøgelser</u> | 13 |
| 2.1       | Målestedet                                | 13 |
| 2.2       | Måleprincipper                            | 14 |
| 2.3       | Måleoplandenes geografi                   | 17 |
|           | 2.3.1 Placering                           | 17 |
|           | 2.3.2 Oplandsplaner                       | 18 |
|           | 2.3.3 Arealudnyttelse                     | 18 |
|           | 2.3.4 Fladekarakterisering                | 19 |
| 2.4       | Ledningskarakteristika                    | 20 |
| 2.5       | Måling af vandføring                      | 23 |
| 2.6       | Stofdata                                  | 24 |
| <u>3.</u> | <u>Bearbejdningsprincipper</u>            | 27 |
| 3.1       | Mulige bearbejdningsformer                | 27 |
|           | 3.1.1 Middelkoncentration                 | 27 |
|           | 3.1.2 Middelkoncentr. og stokastisk var.  | 28 |
|           | 3.1.3 Empirisk-statistisk beskrivelse     | 31 |
| 3.2       | Valgt bearbejdning                        | 32 |
|           | 3.2.1 Tørvejrsvandføring                  | 33 |
|           | 3.2.2 Empirisk-statistisk beskrivelse     | 33 |
|           | 3.2.3 Parameterbeskrivelse                | 35 |
|           | 3.2.4 Anlysemetoder                       | 36 |
| <u>4.</u> | <u>Resultater</u>                         | 39 |
| 4.1       | Nitrogen                                  | 39 |
| 4.2       | Total fosfor                              | 42 |
| 4.3       | COD                                       | 43 |
| 4.4       | Suspenderet stof                          | 45 |
| 4.5       | Sammenfatning                             | 46 |
| 4.6       | Sammenligning med tidligere bearbejdning  | 48 |
| <u>5.</u> | <u>Videregående bearbejdning</u>          | 51 |
| 5.1       | Resultater af regressionsanalyserne       | 51 |

|                   |                                   |    |
|-------------------|-----------------------------------|----|
| 5.2               | Multiple regressionanalyser       | 63 |
| <u>6.</u>         | <u>Anbefalede koncentrationer</u> | 65 |
| <u>7.</u>         | <u>Litteraturliste</u>            | 69 |
| <u>Appendix 1</u> |                                   | 71 |
| <u>Appendix 2</u> |                                   | 77 |

## SAMMENFATNING

### Danske målinger

I perioden 1974 til 1981 er der i Danmark foretaget målinger på forskellige lokaliteter af sammenhørende værdier af regn, afstrømning og forureningstransport. Disse målinger er blevet foretaget med forskelligt formål og dermed også blevet bearbejdet på forskellig måde og efter den daværende viden om forureningstransportmekanismer.

I nærværende rapport gives en kort beskrivelse af de målinger, der er blevet foretaget i Danmark, og et antal af disse er blevet udvalgt til en mere detaljeret bearbejdning.

### Ny bearbejdning

Der er foretaget en fornyet bearbejdning af måledata fra de tre Mølleåoplande, Cedervænget, Vestre Paradisvej og Munkerisparken samt fra to måleoplande i Birkerød kommune, Odinsvej og Hestkøbgård.

### Formålet med bearbejdningen

Formålet med denne nye bearbejdning var at undersøge, om det er muligt, ved statistiske analyser at finde sammenhænge mellem målte hændelsesmiddelkoncentrationer og forskellige statiske parametre for oplandet og dynamiske parametre for hændelsen.

### Resultater af bearbejdningen

Baseret på statistiske analyser af måledata konstateres det, at der ikke kan findes signifikante sammenhænge mellem målte hændelsesmiddelkoncentrationer og de statiske og dynamiske parametre, der er indgået i bearbejdningen.

### Anbefaling af metodik og koncentrationer

Med udgangspunkt i de danske målinger og ved gennemgang af resultater af målinger rapporteret i den internationale litteratur gives der en anbefaling af metodik og stofkoncentrationer, der kan anvendes ved beregning af udledte forureningsmængder fra overløb og fra separatsystemer.





## FORORD

### Oplæg

Denne rapport er blevet til på opfordring af Miljøstyrelsen, som anmodede PH-Consult ApS om at foretage en gennemgang af danske data for forurening fra regnafledning, samt bearbejde disse med henblik på praktisk anvendelse og bidrage med disse danske data til en opgørelse af datamateriale i Norden.

For arbejdets gennemførelse har virket en styringsgruppe bestående af:

### Styringsgruppe

Kontorchef, civiling. Poul Erik Sørensen  
Ing., M.I., J. Bielecki  
Professor Poul Harremoës

### Følgegruppe

Som følgegruppe har fungeret Regnudvalget under Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité.

Medlemmer af Regnudvalget har ved møder i maj 1989 gennem livlige diskussioner bidraget til udformning af de endelige konklusioner og forslag. Det må dog understreges, at den endelige formulering ikke tegnes af hverken Regnudvalget eller Miljøstyrelsen, men udelukkende står for PH-Consult's egen regning. Der er grund til at takke følgegruppen og styringsgruppen for de positive bidrag til arbejdets gennemførelse og for et godt samarbejde.

Poul Harremoës  
PH-Consult ApS



## 1. PROJEKTETS BAGGRUND

Forurening forårsaget af udledning af regnvand fra byområder har altid været en væsentlig problemstilling i forbindelse med kloakering; men betydningen er stigende, fordi det relativebidrag fra regnafledning i forhold til den daglige afledning fra rensningsanlæg vil være stigende. Med indførelse af næringssaltsfjernelse fra det kontinuert udledte spildevand må det forventes, at der vil ske en forbedring af vandkvaliteten i vore recipienter generelt. Det er da forventeligt, at de diffuse kilder vil blive mere dominerende og iøjnefaldende. Det er forventeligt, at med den øgede indsats på rensningsområdet vil det almene krav til vandkvaliteten i omgivelserne øges. Der er grundlag for at forvente, at med denne øgede opmærksomhed vil flere diffuse kilder give anledning til forurening, som ikke fremover vil blive tolereret. Regnafledning hører til blandt disse diffuse kilder. Regnafledning har desuden den egenskab, at den foregår over meget kort tid og derved bliver yderligere synlig og let identificerbar. Dette markeres yderligere af, at den udledte forurening også omfatter umiddelbart synlige forureninger, f.eks. sedimenter og flydestoffer - for ikke at tale om genstande, som umiddelbart lader sig identificere med spildevand.

Dimensionering af overløbsbygværker i fællessystemer har stort set været baseret på tommelfingerregler, som kun i ringe grad har været relateret til den faktiske forureningspåvirkning af omgivelserne. Denne praksis bør laves om. Regnafledning fra separatsystemer blev udbredt i 1950'erne i den forventning, at det afledte vand stort set var rent. Senere undersøgelser viste, at dette er forkert. Der mangler en formuleret politik, som tager udgangspunkt i denne nye viden.

Der foreligger i dag omfattende undersøgelser af disse problemstillinger. Sådanne undersøgelser har i Danmark i det væsentlige været udført i perioden siden 1974, koordineret af Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomite. I 1988 fik PH-Consult ApS til opgave af Miljøstyrelsen at undersøge og sammenfatte disse problemstillinger ved to individuelle, indbyrdes koordinerede projekter, som sigter på en fortsættelse af dette arbejde med specifikt sigte på to forhold:

## 1.1 Projekt 1

I en gruppe under Nordisk Ministerråd arbejdes på en fælles nordisk koordination af bearbejdning af data vedr. forurenende stoffer i regnafledning. Professor Poul Harremoës, DTH, er medlem, og civiling. Steen O. Petersen, PH-Consult ApS, er faglig sekretær. Indsatsen for at skabe det fælles grundlag for en bearbejdning finansieres af Nordisk Ministerråd.

I Danmark foreligger et omfattende, offentligt tilgængeligt, materiale af målinger af koncentrationer af forurenende stoffer i regnafledning. Ved flere lejligheder har der i Danmark været foranstaltet omfattende undersøgelser af forureningsbidraget fra regnafledning. Især kan nævnes Hovedstadsrådets undersøgelser i Mølleåens opland, de af Miljøstyrelsen støttede undersøgelser i Vallensbæksøerne og i to år i Jylland samt andre undersøgelser udført af VKI og af AUC. Disse undersøgelser repræsenterer meget væsentlige investeringer og resultaterne repræsenterer en tilsvarende værdi. De foreliggende data har ikke været genstand for en fornyet samlet undersøgelse, siden de hver for sig blev rapporteret.

På grund af de store omkostninger forbundet med fremskaffelse af sådanne data er der anledning til fornyet bearbejdelse af de nationale data, men der er også anledning til at foranledige andre landes data bearbejdet på en måde, som kan gøre disse mere generelt anvendelige.

Som bidrag til den fælles nordiske bearbejdning er der gennemført en fornyet bearbejdelse af det foreliggende danske materiale. Denne rapport redegør for denne bearbejdelse og anbefaler de koncentrationer, som kan anvendes i tilfælde, hvor der ikke er foretaget lokale undersøgelser.

## 1.2 Projekt 2

Dette projekt sigter mod at gennemføre en bearbejdning og vurdering af den forhåndenværende viden om regnafledning, som er tilgængelig i den internationale litteratur; samt den viden, som er etableret ved DIF's Spildevandskomite's indsats. Formålet er at hjælpe Miljøstyrelsen til formulering af en politik i forholdet til forurening fra regnafledning.

Miljøstyrelsen har opfordret PH-Consult ApS til at medvirke med data og erfaring til formulering af en sådan politik.

Der henvises til rapport til Miljøstyrelsen: "Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn", PH-Consult ApS, Juli 1989.



## 2. OVERSIGT OVER DANSKE UNDERSØGELSER

Der er i Danmark foretaget forskellige undersøgelser af sammenhængen mellem nedbør og vand- og stofafstrømning. Nogle af disse undersøgelser har haft som formål at finde relationer mellem nedbør og forureningseffekt af recipienten. Andre har haft som formål at finde relationer mellem nedbør og vand- og stofafstrømning fra kloakerede arealer. Disse forskellige formål har naturligt resulteret i forskellige udformninger af måleprogrammet.

Da formålet med nærværende analyse af eksisterende måledata er at forsøge at finde generelle relationer mellem nedbør og stofafstrømning, må der stilles nogle krav til de data, der skal indgå i denne undersøgelse.

### 2.1 Målestedet

Der kan principielt måles vand- og stofafstrømning tre forskellige steder i et fælleskloakeret afløbsnet:

- Ved udløbet fra et opland, inden overløbsbygværket.
- Ved udledningen fra overløbsbygværket, på overløbsvandet.
- På den afskærende ledning, efter overløbsbygværket.

Er der målt på udløbet fra et opland inden overløbsbygværket, er hele hydrografen samt pollutografen målt. Herved kan der alene på baggrund af målingerne etableres de ovennævnte sammenhænge.

Er der målt på udledningen fra overløbsbygværket, altså direkte på overløbsvandet, er det den del af hydrografen og pollutografen, der ligger over det kritiske flow for overløbsbygværket, der er målt. For at kunne etablere de ovennævnte sammenhænge er det derfor nødvendigt at konstruere den resterende del af de to grafer. Herved introduceres der en yderligere usikkerhed ved generaliseringen af data, fordi overløbs hydro- og pollutograf afhænger af udformningen af det aktuelle bygværk.

Er der målt på den afskærende ledning efter byg-



værket, har man samme problem som ovenfor nævnt, her er det blot overløbs hydro- og pollutograf, der skal konstrueres. Af samme grund bør der heller ikke være aflastningsbygværker eller bassiner opstrøms målestedet.

Bedst ville det naturligvis være, om der målttes alle tre steder samtidigt, således at en total massebalance over bygværket kan opstilles. Specielt hvad angår stofafstrømningen og det tidslige forløb af denne, ville det være en fordel.

For separatatsystemer må det ligeledes gælde, at der er målt på udløbet fra et system uden opstrøms bygværker.

For begge systemer må det naturligvis gælde, at oplandet er velafgrænset.

Ud over vand- og stofafstrømning er det naturligvis nødvendigt at måle nedbør. Mindst en regnmåler, helst flere, afhængig af oplandets størrelse, bør være placeret i oplandet. Måleren skal have en tilstrækkelig stor tids- og volumenopløsning. F.eks. som Spildevandskomiteéns regnmålersystem, der har en tidsopløsning på 1 minut og en volumenopløsning på 0,2 mm.

## 2.2 Måleprincipper

I forbindelse med en sammenligning af måleresultater fra forskellige oplande er det vigtigt med en detaljeret beskrivelse af det anvendte måleudstyr og dets nøjagtighed. Det skal beskrives, hvorledes prøvetagningen er foretaget. Da denne bearbejdning bygger på en hændelses middeldkoncentration, må det anses for nødvendigt, at prøvetagning er foretaget flowproportionalt, således at der er udtaget en prøve, hver gang et fastsat volumen har passeret målebygværket. Disse prøver kan så enten være sammenblandet eller holdt adskilt, således at stofkoncentrationernes tidslige forløb kan beskrives. Sådanne adskilte prøver er naturligvis nødvendige, hvis data skal bruges til at kalibrere en empirisk-statistisk stoftransportmodel.

For separatsystemer skal måleoplandet være velafgrænset, og prøvetagningen skal være foretaget flowproportionalt.

I den store amerikanske undersøgelse "Nationwide Urban Runoff Programme", USEPA (1983) er der stillet samme krav til de måledata, der indgår i den statistiske bearbejdning.

I det følgende gives en kort beskrivelse af de måleprogrammer, der er gennemført i Danmark:

Cedervænget  
Vestre Paradisvej

Målingerne på de tre oplande, **Cedervænget**, **Vestre Paradisvej** og **Munkerisparken**, blev foretaget i forbindelse med Hovedstadsrådets såkaldte Mølleåprojekt. Disse målinger er beskrevet i Hovedstadsrådet (1978), Hovedstadsrådet (1981), Hovedstadsrådet (1981b), Hovedstadsrådet (1981c), Hovedstadsrådet (1981d), Hovedstadsrådet (1981e), Hovedstadsrådet (1984). Målingerne blev gennemført af Laboratoriet for Teknisk Hygiejne i perioden 1979-1980. Målingerne af flow blev for alle tre oplande foretaget ved udløbet af et meget velafgrænset opland, og prøvetagning blev foretaget flowproportionalt. To oplande er fælleskloakeret, og et er separatkloakeret. Stofdata foreligger som middelkoncentrationer pr. hændelse. Disse målinger anses for velegnede til at indgå i den statistiske bearbejdning, der beskrives senere i denne rapport.

Odinsvej

Målingerne ved **Odinsvej** i Birkerød er foretaget af Birkerød kommune i samarbejde med DIAB. Disse målinger er beskrevet i Birkerød Kommune (1982). Der er blevet målt i perioden 1979-1981. Målingerne er foretaget ved indløbet til et overløbsbygværk i et fællessystem med et velafgrænset opland opstrøms. Prøvetagning er foretaget 50 meter opstrøms bygværket og er foretaget flowproportionalt. Stofdata foreligger som middelkoncentrationer pr. hændelse. Målingerne anses for velegnede til at indgå i den statistiske bearbejdning, der beskrives senere i denne rapport.

Dambakken

Målingerne ved **Dambakken** i Birkerød er foretaget af Birkerød Kommune i samarbejde med DIAB og beskrevet i Birkerød Kommune (1982). Der er blevet målt i perioden 1979-1981. Målingerne af flow er foretaget ved indløbet til et overløbsbygværk i et fællessystem; dog således at vandføringer under ca. 50 l/s (tørvejrsvandføringen) ikke måles, idet de løber forbi måleoverfaldet. Der eksisterer således kun målinger af aflastningshændelser. Prøvetagningen er foretaget flowproportionalt i selve overløbskammeret. På grund af udformningen af måleoverfaldet med hul til tørvejrsvandføring er der nogen usikkerhed på vandføringsmålingen, ligesom prøvetagningen sker i selve bygværket, efter at en del vand er ledt udenom. Af ovennævnte årsager vil disse data ikke blive medtaget i den statistiske bearbejdning.

Søvej

Målingerne ved **Søvej** i Birkerød er foretaget af Birkerød Kommune og beskrevet i Birkerød Kommune (1982). Der er målt i perioden 1975-1978. Der er dog ikke målt stofkoncentrationer for alle hændelser. Målingerne er foretaget på udløbet fra et overløbsbygværk i et fællessystem. Data

er kun umiddelbart tilgængelige som årsmiddel-værdier. Disse data anses ikke for at være tilstrækkeligt generelle til at indgå i den statistiske bearbejdning.

- Bistrup renseanlæg Målingerne ved Bistrup renseanlæg i Birkerød er foretaget af Birkerød Kommune og beskrevet i Birkerød Kommune (1982). Der er målt i perioden 1979-1981. Målingerne er foretaget på overløbet ved renseanlægget. Dette overløb modtager vand fra hele renseanlæggets opland. Der forefindes flere aflastningsbygværker og bassiner opstrøms målestedet. Prøvetagning er foretaget flowproportionalt. Stofdata er ikke umiddelbart tilgængelige som hændelsesmiddelkoncentrationer. Disse data anses ikke for egnede til at indgå i den statistiske bearbejdning.
- Hestkøbgård Målingerne ved Hestkøbgård i Birkerød er foretaget af Birkerød Kommune og beskrevet i Birkerød Kommune (1982). Målingerne er foretaget i perioden 1979-1981. Der er målt på udløbet fra et separatkloakeret opland. Prøvetagningen er foretaget flowproportionalt, men kun prøver fra hændelser over en vis størrelse er analyseret. Disse data anses for egnede til at indgå i den statistiske bearbejdning.
- Aalborg Øst Målingerne i Aalborg Øst er foretaget af Instituttet for Vand og Miljøteknik ved Aalborg Universitetscenter. Der er målt på et separatsystem i perioden oktober-november 1981, og disse er beskrevet i Pedersen (1982). Prøvetagningen er foretaget tidsproportionalt. Der er udelukkende analyseret for tungmetaller og suspenderet stof. Der foreligger ikke umiddelbart detaljerede oplysninger om oplandet. Stofdata foreligger som hændelsesmiddelkoncentrationer. Dette er den eneste kendte danske undersøgelse af afstrømningen af tungmetaller fra et separat-system. Datagrundlaget er relativt spinkelt og ikke særlig repræsentativt, da der kun er målt i to måneder, og der er nogen usikkerhed, hvad angår bestemmelsen af hændelsesmiddelkoncentration på grund af den tidsproportionale prøvetagning. Data vil derfor ikke blive genstand for en detaljeret statistisk bearbejdning, men vil indgå i overvejelserne omkring beskrivelsen af udledningen af tungmetaller.
- Nørremarken Målingerne ved Nørremarken i Viborg er foretaget af Vandkvalitetsinstituttet i 1975 og beskrevet i Vandkvalitetsinstituttet (1977). Der er målt på et separatsystem. Der foreligger udelukkende hændelsesmiddelkoncentrationer uden oplysninger om hændelsestidspunkt og karakteristika. Prøvetagning er foretaget tidsproportionalt. Der eksisterer heller ikke umiddelbart tilgængelige oplysninger om oplandskarakteristika. Disse data

kan derfor ikke underkastes en statistisk bearbejdning.

Sønder Ege

Målingerne ved Sønder Ege i Ry er foretaget af Vandkvalitetsinstituttet i 1974 - 1975 og beskrevet i Vandkvalitetsinstituttet (1977). Der er målt på et stort og ikke særlig veldefineret fællessystem med opstrøms bygværker. Målingerne er foretaget på overløbsvandet. Der foreligger ikke umiddelbart tilgængelige data om oplandet ligesom oplysninger om handelseskarakteristika mangler. Disse data vil derfor ikke indgå i den statistiske bearbejdning.

Skvætmølle  
Ladegårdsbakken

Målingerne ved Skvætmølle og ved Ladegårdsbakken, begge i Skanderborg, er foretaget af Vandkvalitetsinstituttet i 1974-1975 og beskrevet i Vandkvalitetsinstituttet (1977). Begge er separatsystemer. Det ene er et beboelsesområde, medens det andet kun er veje og fortove. For begge gælder at prøvetagning er foretaget tidsproportionalt. Det gælder endvidere, at der ikke foreligger nogen umiddelbart tilgængelig information om oplands- og handelseskarakteristika. Disse data kan derfor ikke indgå i den statistiske bearbejdning.

Som beskrevet ovenfor vil følgende oplande indgå i den statistiske bearbejdning:

Fællessystemer

- Cedervænget
- Vestre Paradisvej
- Odinsvej

Separatsystemer

- Munkerisparken
- Hestkøbgård

Hvad angår de øvrige måledata, vil de kun indgå i det omfang, den allerede eksisterende bearbejdning kan bidrage med information.

I det følgende beskrives karakteristika for de måleoplande, der indgår i den statistiske bearbejdning.

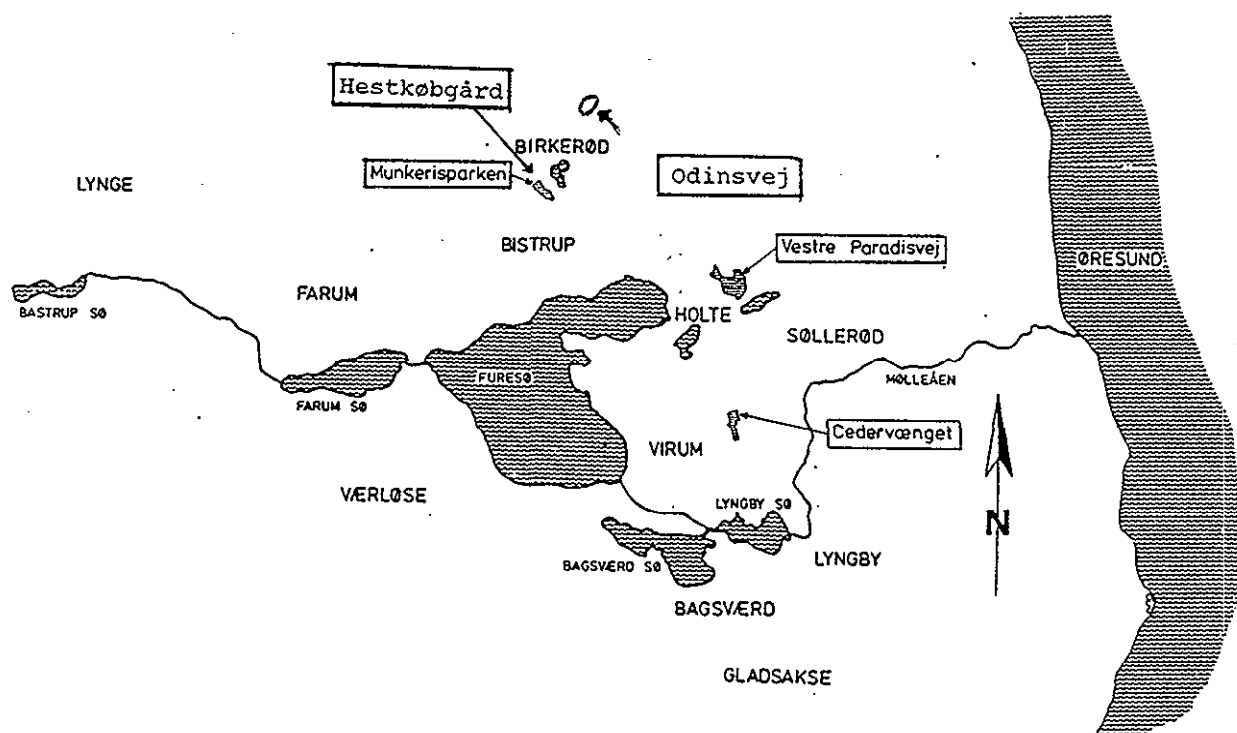
## 2.3 Måleoplandenes geografi

### 2.3.1

#### Placering

I det følgende beskrives de geografiske karakteristika for måleoplandene. Dette omfatter:

- Beliggenhed
- Arealudnyttelse
- Indbyggerforhold



**Figur 2.1**  
Skitse af måleoplandenes placering.

På kortet, figur 2.1, er vist en overordnet plan over oplandenes beliggenhed.

### 2.3.2

#### Oplandsplaner

På figurerne 1 til 5 i appendix 1 er vist planer af oplandene med angivelse af de enkelte rør, deres diametre, længder og fald. På planerne er påført en nummerering af rørene.

### 2.3.3

#### Arealudnyttelse

Oplandene har en homogen arealudnyttelse med undtagelse af Cedervænget.

Munkerisparken, Vestre Paradisvej og Odinsvej er villabebygget som vist i tabel 2.1. Cedervænget er etagebebygget, og der er en skole i området.

Villabebyggelsen på Munkerisparken består af større 1-plans typehuse med relativt små grunde. Bebyggelsen er foretaget i starten af 70'erne.

Vestre Paradisvej og Odinsvej er bebygget med villaer med mindre fladeareal end Munkerisparken, men som oftest i to etager. Disse bebyggelser er af ældre dato.

Cedervænget er bebygget med 5-etagers boligblokke. I den sydlige ende er der en skole. I forbindelse med skolen findes der en svømmehal.

Oplandet Hestkøbgård omfatter en parcelhusudstykn  
ning, en del af kildeskattehuset med tilhørende  
parkeringsplads, selve Hestkøbgård, en børnein-  
stitution og nogle vejstrækninger.

| Opland               | Kloak   | Areal<br>ha | Oplandsudnyttelse         | Indbyg-<br>gerantal |
|----------------------|---------|-------------|---------------------------|---------------------|
| Cedervænget          | Fælles  | 5.3         | Etagebebyggelse/<br>skole | 500                 |
| Vestre<br>Paradisvej | Fælles  | 17.2        | Villabebyggelse           | 360                 |
| Odinsvej             | Fælles  | 28          | Villabebyggelse           | 660                 |
| Munkeris-<br>parken  | Separat | 6.4         | Villabebyggelse           | 170                 |
| Hestkøbgård          | Separat | 18.7        | Villabebyggelse           |                     |

Tabel 2.1

Karakterisering af de valgte måleoplande.

#### 2.3.4

#### Fladekarakterisering

I det følgende opgøres fordelingen af de for-  
skellige overfladetyper, der forefindes i de  
enkelte oplande. For yderligere detaljer hen-  
vises til Hovedstadsrådet (1981), Birkerød  
Kommune (1982).

##### Cedervænget

|                       | ha          | %           |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Tage                  | 0.95        | 18.0        |
| Vej + fortov          | 0.39        | 7.4         |
| p-plads/skolegård     | 1.04        | 19.7        |
| <u>Grønne områder</u> | <u>2.90</u> | <u>54.9</u> |
|                       | 5.28        | 100.0       |

Befæstelsesgrad:  $(0.95+0.39+1.04)/5.28 = 0.45$

##### Vestre Paradisvej

|                                | ha           | %           |
|--------------------------------|--------------|-------------|
| Tage                           | 1.77         | 10.3        |
| Vej                            | 0.93         | 5.4         |
| Fortov fliser                  | 0.26         | 1.5         |
| Fortov og stik<br>veje af grus | 0.96         | 5.6         |
| <u>Grønne områder</u>          | <u>13.23</u> | <u>77.1</u> |
|                                | 17.15        | 100.0       |

Befæstelsesgrad:  
 $(1.77+0.93+0.26+0.96)/17.15 = 0.23$

Odinsvej

Der findes ikke detaljerede data for overfladetypefordelingen for dette opland. Hovedtallene er følgende:

Totalt areal           128.01 ha  
Befæstet areal         6.34 ha

Befæstelsesgrad:  $6.34/28.01 = 0.23$

Munkerisparken

|                | ha   | %     |
|----------------|------|-------|
| Tage           | 1.57 | 24.4  |
| Vej + fortov   | 0.83 | 12.9  |
| *Terrasser     | 0.23 | 3.6   |
| *Indkørsler    | 0.21 | 3.3   |
| *Grusstier     | 0.10 | 1.6   |
| Grønne områder | 3.50 | 54.3  |
|                | 6.44 | 100.0 |

\* Afvander til grønne områder

Befæstelsesgrad:  $(1.57+0.83)/6.44 = 0.37$

Hestkøbgård

Der findes ikke detaljerede data for overfladetypefordelingen for dette opland. Hovedtallene er følgende:

Totalt areal           18.7 ha  
Befæstet areal         4.0 ha

Befæstelsesgrad:  $4.0/18.7 = 0.21$

## 2.4 Ledningskarakteristika

Som fladekarakteriseringen er væsentlig for den hydrologiske tolkning af måledata, er rørkarakteristika væsentlig for tolkningen af måledata for hydraulik og forureningstransport.

Kloaknetkarakteriseringen er udført på grundlag af planer, som er udleveret af kommunernes tekniske forvaltninger.

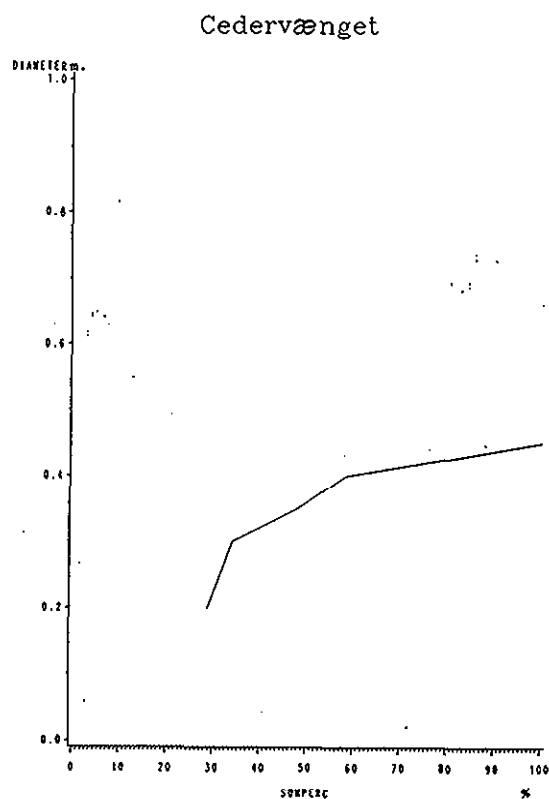
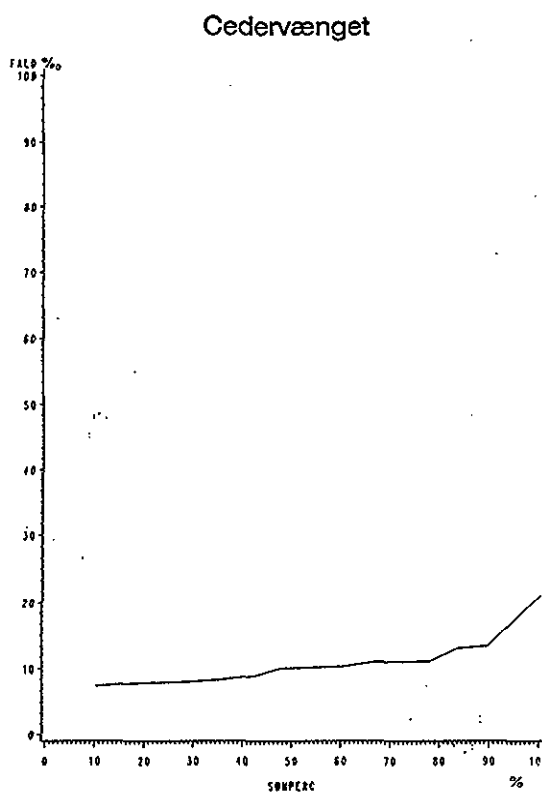
I karakteriseringen indgår kun de rør, der hører under det offentlige kloaknet. Stikledninger og øvrige ledninger, der tilhører de enkelte grundejere, er ikke medtaget.

Cedervænget

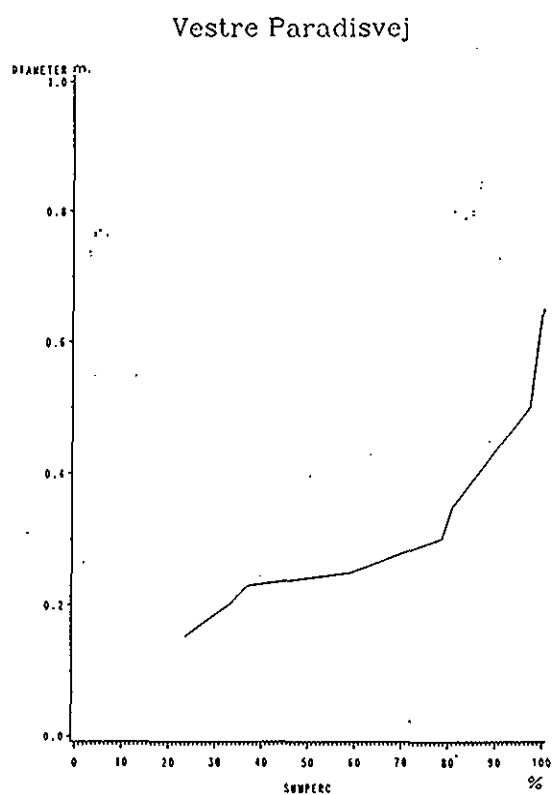
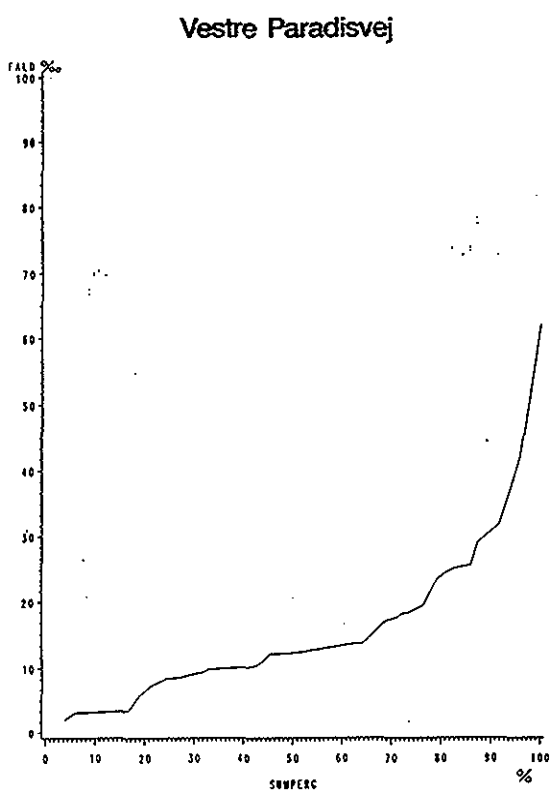
På figur 2.2 og 2.3 er vist fordelingsfunktionen, som en sumkurve, for henholdsvis fald og diameter for ledningerne i oplandet. De viste kurver er vægtet efter den enkelte lednings længde.

Vestre Paradisvej

På figur 2.4 og 2.5 er vist fordelingsfunktionen, som en sumkurve, for henholdsvis fald og diameter for ledningerne i oplandet. De viste kurver er vægtet efter den enkelte lednings længde.

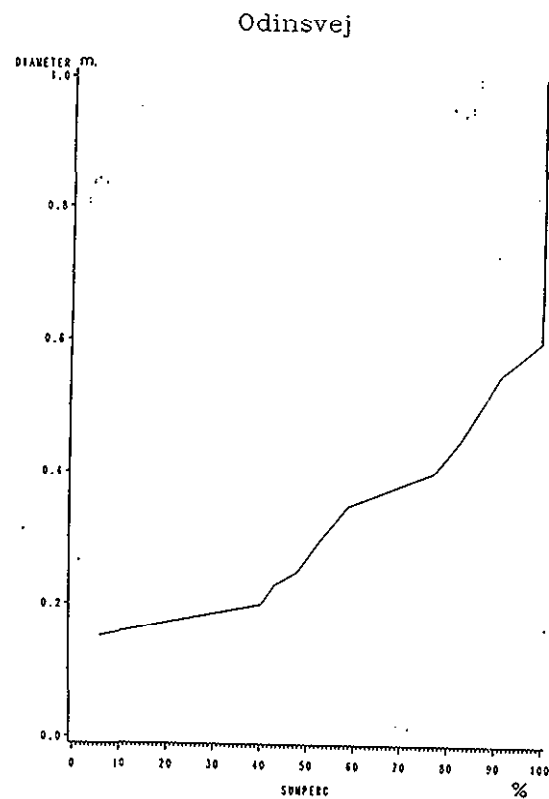
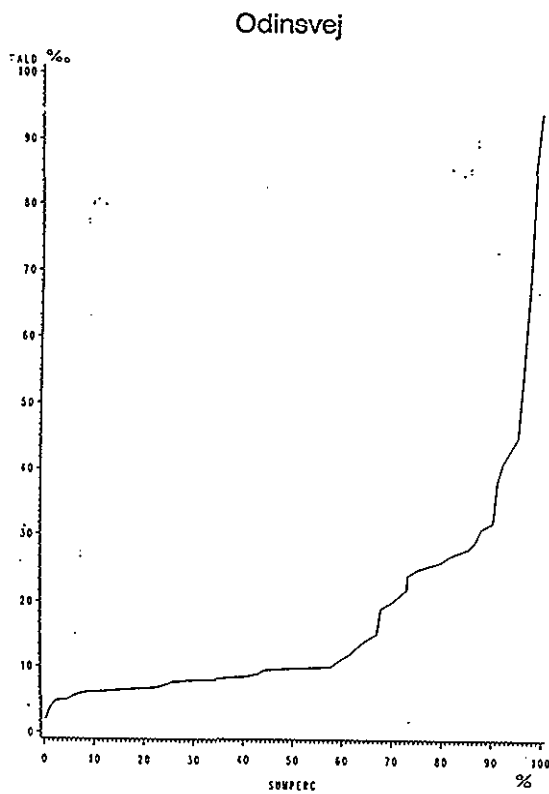


**Figur 2.2 - 2.3**  
**Fordelingskurve for ledningsfald og diameter.**

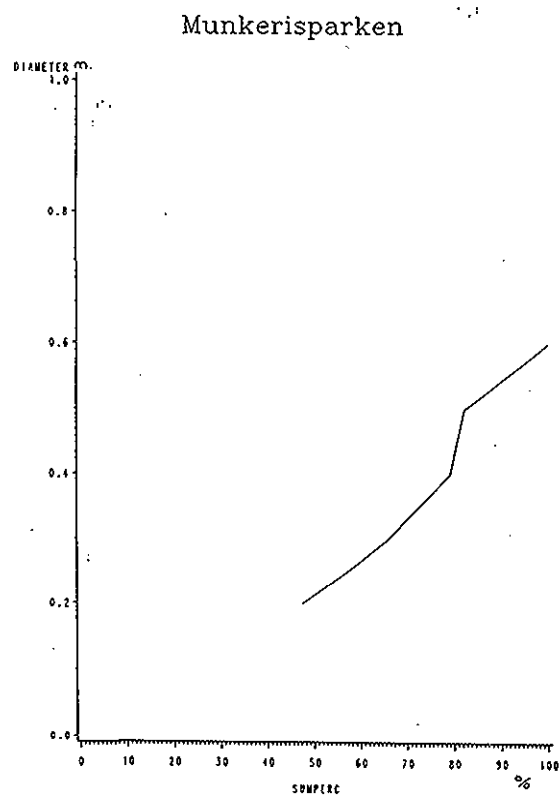
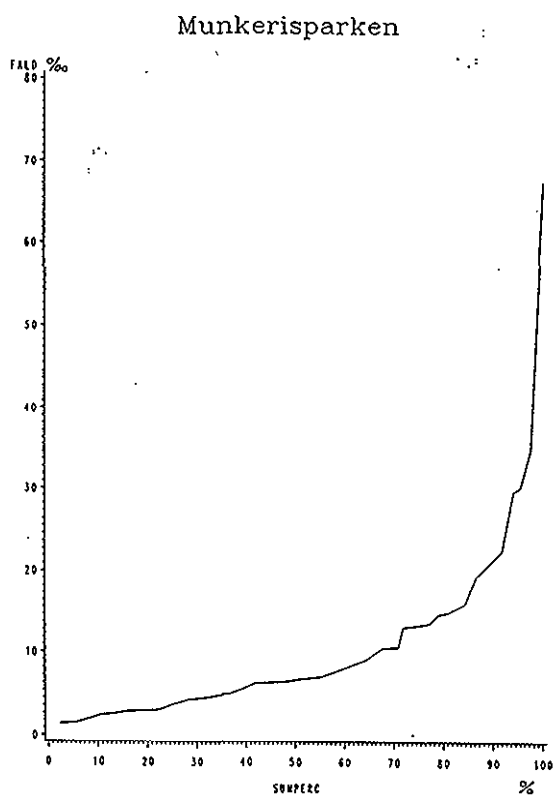


**Figur 2.4 - 2.5**  
**Fordelingskurve for ledningsfald og diameter.**





**Figur 2.6 - 2.7**  
**Fordelingskurve for ledningsfald og diameter.**



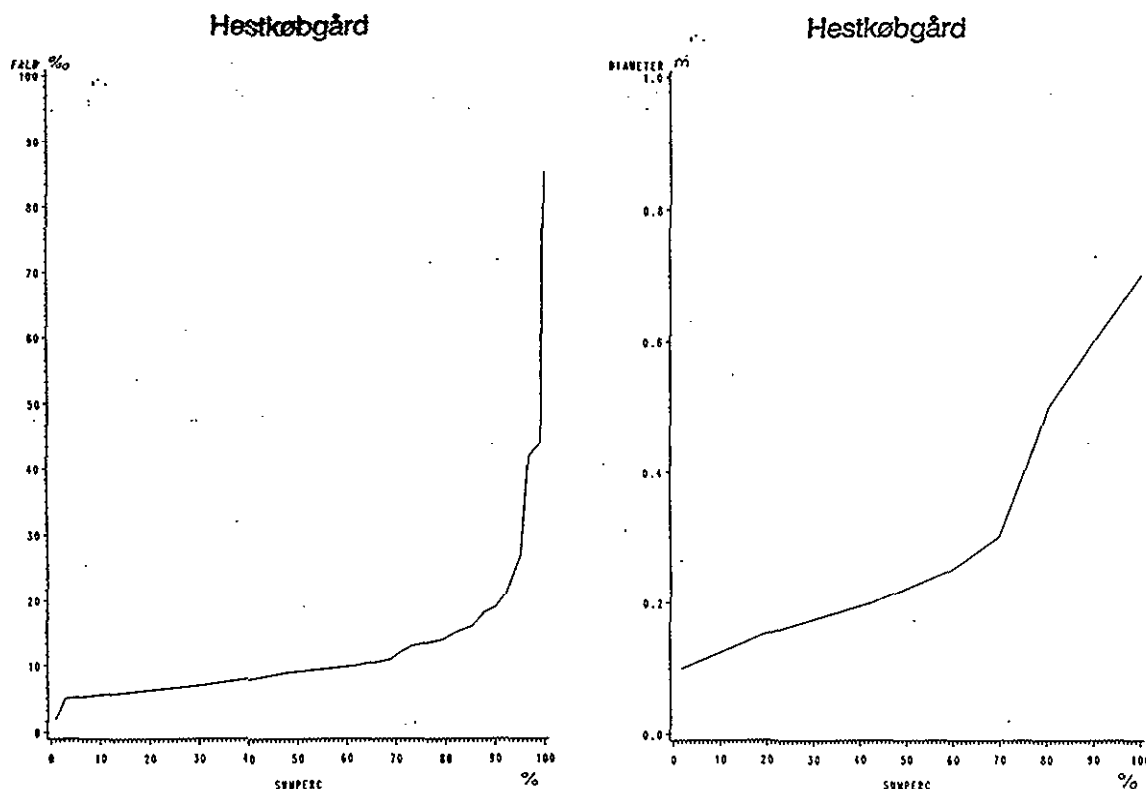
**Figur 2.8 - 2.9**  
**Fordelingskurve for ledningsfald og diameter.**

Odinsvej

På figur 2.6 og 2.7 er vist fordelingsfunktionen, som en sumkurve, for henholdsvis fald og diameter for ledningerne i oplandet. De viste kurver er vægtet efter den enkelte lednings længde.

Munkerisparken

På figur 2.8 og 2.9 er vist fordelingsfunktionen, som en sumkurve, for henholdsvis fald og diameter for ledningerne i oplandet. De viste kurver er vægtet efter den enkelte lednings længde.



Figur 2.10 - 2.11

Forordelingskurve for ledningsfald og diameter.

Hestkøbgård

På figur 2.10 og 2.11 er vist fordelingsfunktionen, som en sumkurve, for henholdsvis fald og diameter for ledningerne i oplandet. De viste kurver er vægtet efter den enkelte lednings længde.

## 2.5 Måling af vandføring

For måleoplandene Cedervænget, Vestre Paradisvej og Munkerisparken gælder, at måling af vandføring er foretaget ved at indsætte en målerende (Palmer Bowlus) på målestedet og måle den kritiske dybde v.h.a. en ultralydshøjdemåler. Registreringsudstyret omregner den målte dybde til et flow, integrerer dette, og for hver gang et forudindstillet volumen har passeret målerenden, registreres tidspunktet samt vanddybden til det tidspunkt.

Registreringsudstyret styrer ligeledes prøvetagningen, således at prøvetageren startes, hver gang et vist volumen har passeret målerenden, og vandføringen er over en indstillet minimumsværdi. Tidspunktet for prøvetagning registreres ligeledes. Data lagres lokalt i en mikrocomputer og overføres automatisk via det offentlige telefonnet til Meteorologisk Instituts Computer to gange dagligt.

Nedbørsmålingen foretages med en vippekarsmåler af mærket Rimco.

Prøvetagning er foretaget med en prøvetager af mærket ISCO model 1580 til udtagning af blandingsprøver. I perioder er der anvendt model 1680 til udtagning af separate prøver. For yderligere detaljer se Hovedstadsrådet (1981).

For måleoplandet Odinsvej gælder, at vandføringen er målt ved hjælp af et 90° overløb, hvor der foretages to uafhængige målinger og registreringer af dybden. Hertil anvendes:

1. En tryktransducer tilkoblet en skriver, hvorpå også nedbør registreres. Nedbørsmåleren er en vippekarsmåler.
2. En kapacitiv målesonde tilkoblet en "Aquaproper", hvor den passerede vandmængde opsummeres, og som styrer en prøvetager, hvormed der udtages prøver proportionalt med vandføringen.

Prøvetagning er foretaget med en prøvetager af mærket Endres og Hauser model ASP 9160. For yderligere detaljer se Birkerød Kommune (1982).

For måleoplandet Hestkøbgård gælder, at vandføringen er målt ved hjælp af et 90° overløb og en ultralydshøjdemåler til registrering af vanddybden. Den afstrømmede vandmængde summeres og registreres på en skriverstrimmel. Data fra en nedbørsmåler (vippekarsmåler) registreres ligeledes på en skriverstrimmel.

Prøvetagning er foretaget flowproportionalt med en prøvetager af mærket Endres og Hauser model ASP 9160. For yderligere detaljer se Birkerød Kommune (1982).

## 2.6 Stofdata

De handlinger, der er medtaget i denne undersøgelse

se, er en delmængde af de hændelser, der faktisk er målt. Hændelser er valgt fra, fordi der f.eks. er indgået flere regn i nogle af de udtagne prøver. Det antal hændelser, der angives i det følgende, er de hændelser, der medtages her og altså ikke nødvendigvis det antal hændelser, der faktisk er målt.

Der er indsamlet og analyseret følgende prøver fra de fem måleoplande.

Cedervænget  
Vestre Paradisvej  
Munkerisparken

#### Hændelsesmiddelkoncentrationer (HMK):

Disse prøver er udtaget flowproportionalt og sammenblandet for hver hændelse.

Målte stoffer: SS, SSG, TotP, O-TotP, Kj<sub>d</sub>N, O-Kj<sub>d</sub>N, COD, O-COD

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| Vestre Paradisvej | 18 hændelser |
| Cedervænget       | 17 hændelser |
| Munkerisparken    | 11 hændelser |

#### Fraktionsprøver:

Disse prøver er udtaget flowproportionalt, og hver prøve er placeret i hver sin prøvetagningsflaske, således at koncentrationsforløbet under hændelsen kan følges.

Målte stoffer: SS, SSG, TotP, Kj<sub>d</sub>N, COD

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| Vestre Paradisvej | 4 hændelser |
| Cedervænget       | 4 hændelser |
| Munkerisparken    | 4 hændelser |

#### Månedrepræsentative prøver:

For hver måned er en del af alle udtagne prøver blevet sammenblandet proportionalt med det totale volumen for de enkelte hændelser, således at en månedsprøve repræsenterer en volumenvægtet middelkoncentration for den pågældende måned.

Målte stoffer: som HMK + O-IR, CL<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, BOD, O-BOD

9 månedsprøver for hver af de tre stationer.

#### Kvartalsrepræsentative prøver:

Som månedsprøver blot på kvartalsbasis.

Målte stoffer: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn, Fenol

4 prøver for hver station.

**Årsrepræsentative prøver:**

Som månedsprøver blot på årsbasis.

Målte stoffer: som månedsprøver.

1 prøve for hver station.

**Pesticider:**

Målt på en kvartalsrepræsentativ prøve for hver station.

**Mikrobiologisk indhold:**

Målt i en stikprøve fra Munkerisparken.

Hvad angår analysemetodik og prøvehåndtering henvises til Hovedstadsrådet (1981b).

Odinsvej Birkerød

**Middelhændelseskoncentrationer:**

Disse prøver er udtaget flowproportionalt og sammenblandet for hver hændelse.

Målte stoffer: COD, TotN, TotP, SS

19 hændelser målt.

Hestkøbgård  
Birkerød

**Middelhændelseskoncentrationer:**

Disse prøver er udtaget flowproportionalt og sammenblandet for hver hændelse.

Målte stoffer: Cod, TotN, TotP, SS

82 hændelser målt.

Hvad angår analysemetodik og prøvehåndtering henvises til Birkerød Kommune (1982).

### 3. BEARBEJDNINGSPRINCIPPER

Formålet med at indsamle måledata er naturligvis at opbygge en viden om den proces, der måles på; i dette tilfælde altså viden om sammenhængen mellem nedbør, afstrømning og forureningstransport.

For at generalisere den information, der ligger i måledata, er det nødvendigt at foretage en grundig analyse og bearbejdning af disse data.

Den bearbejdningsform, der anvendes ved analyse af måledata, hænger normalt sammen med den teoretiske viden, der eksisterer om den proces, der er målt på. For forureningstransport er der gjort mange forsøg på at opstille fysisk deterministiske modeller, uden at det er lykkedes at finde en model, der kan kalibreres og verificeres. Da der således ikke eksisterer en entydig teoretisk basis for beskrivelse af forureningstransport, er det nødvendigt at gennemføre analysen af måledata med statistiske modeller.

#### 3.1 Mulige bearbejdningsformer

I det følgende beskrives de forskellige modelopfattelser, der kan tænkes anvendt.

##### 3.1.1

##### Middelkoncentration

Den simpleste beskrivelse af de registrerede måledata er en middelkoncentration. Ud fra de målte hændelsesmiddelkoncentrationer findes den aritmetriske middelværdi for samtlige målte hændelser. Hændelsesmiddelkoncentrationen defineres som den samlede transportererede masse under hændelsen minus spildevandsbidraget, divideret med det totalt afstrømmede regnvandsvolumen.

Som det vil blive vist senere, er der stor variation af hændelsesmiddelkoncentration fra hændelse til hændelse i de målte data. Den eventuelle information, der findes i denne variation, bliver med denne beskrivelse udelukkende statistisk.

I forbindelse med modellering af forureningsbelastning af recipienter fra overløb anses det for rimeligt at benytte en sådan middelkoncentration for akkumulerende forureningskomponenter som f.eks. næringssalte. For akkumulerende

forureningskomponenter er det belastningen over en given periode, f.eks. et år, der er betyden-  
de. Den variation, der er af hændelsesmiddelkon-  
centrationer i de tilgængelige måledata, vil re-  
duceres væsentligt ved integration over perio-  
dens hændelser og vil være lille sammenlignet  
med variationen af nedbør fra år til år. Der-  
for anses det ikke umiddelbart for væsentligt  
for denne problemstilling at forbedre beskrivel-  
sen af stoftransporten.

Hvad angår forureningskomponenter med akut virk-  
ning, er problemstillingen en anden. Her er det  
den udledte stofmængde fra den enkelte hændelse,  
der er af betydning. Det er derfor af betydning,  
at der udnyttes så meget information som muligt  
fra de tilgængelige måledata, således at den va-  
riation, der er i måledata, indgår i beskrivel-  
sen, Harremoës (1986) og (1988).

### 3.1.2

#### Middelkoncentration og stokastisk variation

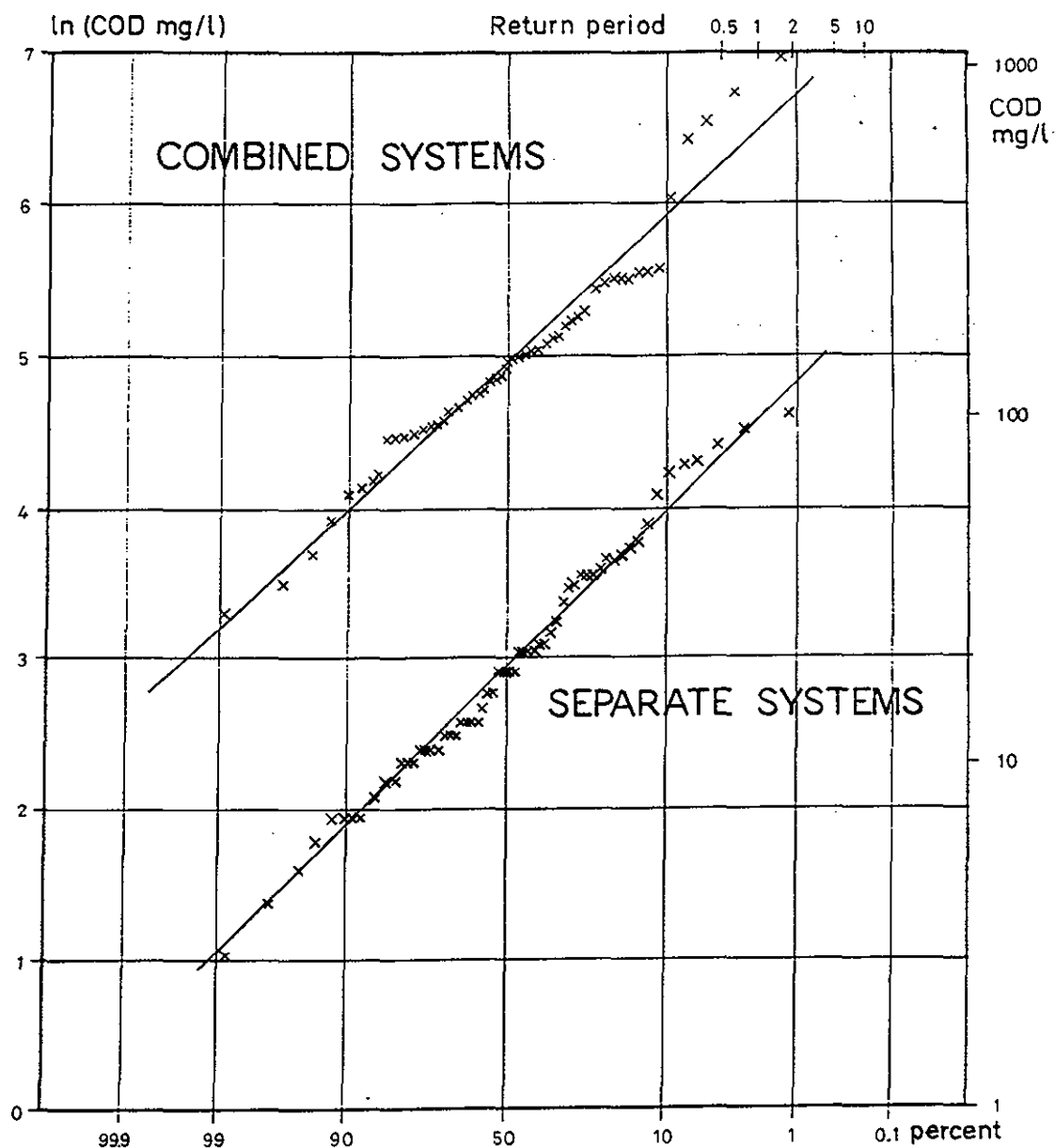
For at inddrage den information, der ligger i  
den variation, der er fundet i måledata, kan  
man vælge at anse den for stokastisk og dermed  
beskrive den forholdsvis simpelt.

Ved at finde den statistiske fordelingsfunktion  
for måledata og de tilhørende parametre kan man  
finde en simpel sammenhæng mellem gentagelses-  
periode og koncentration, eller udtrykt i sta-  
tistiske termer: sandsynligheden for at finde  
en given koncentration eller en, der er lavere.  
Denne sandsynlighed kan så, baseret på målepe-  
riodens længde, omregnes til en gentagelsespe-  
riode. Herved inddrages den observerede varia-  
tion som et rent stokastisk fænomen EWPCA (1987).

Det er vist af USEPA (1983), Harremoës (1986)  
og (1988), at målte hændelsesmiddelkoncentra-  
tioner med god tilnærmelse kan antages at være  
logaritmisk normalfordelt. Denne fordelingstype  
beskrives med kun to parametre: middelværdi og  
standardafvigelse.

Et eksempel på sådanne fordelingsfunktioner er  
vist på figur 3.1. Her ses den fundne logarit-  
miske normalfordeling for COD optegnet og sam-  
menholdt med målingerne for henholdsvis sepa-  
ratsystemer og fællessystemer, Harremoës (1986)  
og (1988).

Et eksempel på, hvorledes denne beskrivelse kan  
anvendes, er ligeledes givet i Harremoës (1986)  
og (1988).



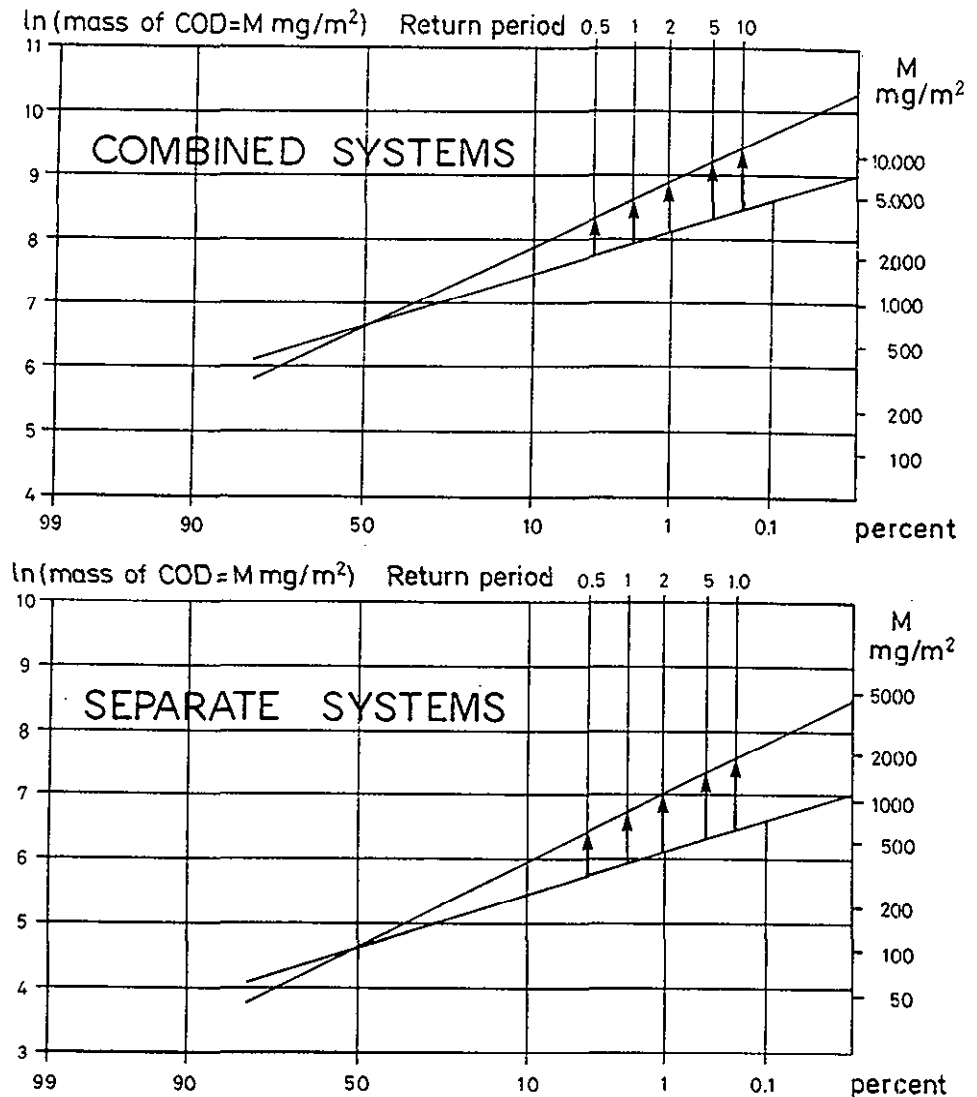
**Figur 3.1**

Statistisk fordelingskurve for den naturlige logaritme til COD hændelsesmiddelkoncentrationer fra fælles- og separatsystemer.

Ved at finde fordelingsfunktionen for volumen pr. overløbshændelse, beregnet ud fra en lang regnserie, som også viser sig at være logaritmisk normalfordelt, kan man simpelt finde den i middel aflastede mængde stof pr. hændelse ved at addere de to logaritmerede middelværdier for henholdsvis stof og vand. Standardafvigelsen for den dermed beregnede middelaflastningsmængde findes ved at bruge fejlophobningsloven. Dermed kan der optegnes en relation mellem gentagel-



sesperiode og aflastningsmængde. En sådan relation er vist for COD på figur 3.2, hvor den stejleste kurve medtager variationen af både overløbsmængde og stofkoncentration, medens den anden kun medtager variationen i overløbsmængde. Som det ses af figur 3.2 og den tilhørende tabel 3.1, er der en faktor 1.8-3.0 i forskel på de to kurver, stigende mellem gentagelsesperioderne 0.5 og 10 år.



**Figur 3.2**

Statistisk fordeling af aflastet mængde COD pr. hændelse for fælles- og separatsystemer. Den stejleste kurve medtager variationen af COD hændelsesmiddelkoncentrationer, mens den anden kurve er baseret på multiplikation af overløbsvolumen og mediankoncentrationen af COD.

Som det fremgår, er det altså af stor betydning at medtage variationen af stofkoncentrationerne ved beregning af ekstrem statistik for forureningskomponenter med akut virkning.

| OPLANDS-<br>TYPE | FAKTOR             |      |      |      |      |
|------------------|--------------------|------|------|------|------|
|                  | GENTAGELSESPERIODE |      |      |      |      |
|                  | 0.5                | 1    | 2    | 5    | 10   |
| FÆLLES           | 1.80               | 2.01 | 2.20 | 2.46 | 2.64 |
| SEPARAT          | 1.95               | 2.20 | 2.46 | 2.77 | 3.00 |

Tabel 3.1

Variationsfaktor af mediankoncentrationer som funktion af gentagelsesperiode for fælles og separatsystemer. Harremoës (1986).

Ovenstående beskrivelse kan kun anvendes, såfremt det kan antages, at de to parametre er uafhængige. Såfremt der kan findes korrelationer mellem stofkoncentrationer og karakteristiske parametre for nedbørhændelsen, må denne information trækkes ud ved hjælp af empirisk-statistiske modeller.

### 3.1.3

#### Empirisk-statistisk beskrivelse

Der vil i det følgende blive gjort rede for, hvorledes den variation, der er fundet ved beregning af middelkoncentration pr. hændelse ud fra målte stofkoncentrationer, vil blive for søgt forklaret ved korrelationer til karakteristiske parametre. Disse parametre opdeles i hhv. statiske og dynamiske parametre.

#### Statiske parametre

Statiske parametre er karakteristiske parametre for oplandet, som er uafhængige af den målte hændelse, og som kan formodes at have indflydelse på den resulterende koncentration af de forskellige forureningskomponenter.

Formålet med at inddrage disse parametre i en empirisk-statistisk beskrivelse er at undersøge, om det er muligt at relatere niveauet af mediankoncentrationen (50% værdien af fordelingsfunktionen af stofkoncentrationen) til karakteristiske parametre for oplandet. Her undersøges altså, om forskelle i middelkoncentration fra opland til opland kan forklares ved forskelle af karakteristiske parametre for oplandene.

Som beskrevet i EWPCA (1987) og Nordisk Ministerråd (1989) kan følgende parametre tænkes at være relevante i denne forbindelse:

- Oplandsanvendelse
- Areal
- Befolkningstæthed
- Procent impermeabelt areal

- Overfladetype og -tilstand
- Afstrømningslængden på overfladen
- Overflade- og rørhældning
- Antal nedløbsbrønde pr. arealenhed
- Partikelstørrelsesfordeling på overfladen og i rør
- Stoffordeling (suspenderet og opløst)
- Stoffjernelseskoefficienter (nedbrydning/dispersion)
- Slæbekraft (ved fuldtløbende rør)
- Flowhastighed i rør

Det skal bemærkes, at ovennævnte liste er parametre, som kan formodes at influere på niveauet af stofkoncentrationer fra det enkelte opland. Der findes ikke undersøgelser, der kan påvise nogen signifikant sammenhæng mellem koncentrationniveau og en eller flere af disse parametre.

**Dynamiske parametre** Dynamiske parametre er karakteristiske parametre for den enkelte hændelse. Med disse parametre vil det blive forsøgt at forklare den variation (eller en del af den) af middelkoncentrationen, der er fundet fra hændelse til hændelse.

Som det er foreslået i EWPCA (1987) og Nordisk Ministerråd (1989), kan følgende parametre være relevante i denne forbindelse.

- Vedligeholdelse (tidsafstand til sidste gadefejning og spulning af rør)
- Forudgående tørvejrperiode
- Afstrømmet volumen pr. hændelse
- Regnvarighed
- Regnvolumen pr. hændelse
- Middelintensitet for hændelsen
- Største 10 minutters intensitet
- Middelflow under hændelsen
- Største flow under hændelsen

Som det fremgår af ovennævnte liste, er der flere af parametrene, som vil være indbyrdes korrelerede, f.eks. middelintensitet og middelflow. At begge parametre er medtaget, skyldes derfor, at der kan være måleprogrammer, hvor kun den ene er målt.

### 3.2 Valgt bearbejdning

I det følgende beskrives den bearbejdning, som det er valgt at foretage for de data, der er udvalgt til at indgå i denne statistiske bearbejdning.

### 3.2.1

#### Tørvejrsvandføring

De målte data for vand- og stofafstrømning indeholder for fællessystemernes vedkommende også spildevandsbidrag. For at kunne generalisere disse måledata er det derfor nødvendigt at trække dette bidrag ud af de målte data. Dette gøres ved at opstille en model for tørvejr safstrømningen for derved at kunne beregne spildevandsandelen af vand og stof for hver hændelse.

For Mølleåundersøgelsen gælder, at der er foretaget målinger af spildevandsstrømmen og stofkoncentrationer i spildevandet, og baseret på disse er der opstillet en model for spildevandsflowet bestående af middelvandføringer pr. time for hele døgnet, dog således at der er en model for hverdage og en model for weekend, se i øvrigt Johansen (1981c). For Odinsvej og Hestkøbgård gælder, at der ligeledes er målt tørvejr safstrømning og at der eksisterer tal for middelspildevandsflow under hver hændelse. For begge undersøgelser gælder, at stofkoncentrationerne i spildevandsafstrømningen er målt. For Mølleåundersøgelsen gælder, at der anvendes en middelværdi for 3-timers perioder, og for Birkerødundersøgelserne anvendes en middelværdi for hele døgnet, se i øvrigt Johansen (1981c) og Birkerød (1982).

Samtlige data, der indgår i denne statistiske bearbejdning, er korrigeret v.h.a. disse tørvejrsmodeller, således at det kun er regnafstrømningsandelen, der indgår.

### 3.2.2

#### Empirisk-statistisk beskrivelse

I de følgende afsnit beskrives de parametre, det er valgt at lade indgå i den statistiske analyse, samt fremgangsmåden ved den statistiske analyse.

Når ikke alle de parametre, der er listet i afsnit 3.1.3, indgår i analysen, skyldes det fortrinsvis, at data for mange af disse parametre ikke er simple at fremskaffe.

Formålet med denne analyse er at undersøge, om der kan findes simple sammenhænge, der i praksis kan anvendes ved beregning af forureningstransport. Der må dermed stilles det krav til de indgående parametre, at data for disse skal være relativt simple at fremskaffe.

Det er valgt at lade følgende parametre indgå i analysen:

Statiske parametre: For de statiske parametres vedkommende gælder det, at der ikke er data fra tilstrækkelig man-

ge oplande til at lave en egentlig statistisk analyse. Der vil derfor kun blive foretaget en kvalitativ sammenligning fra opland til opland vurderet ud fra følgende parametre:

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ledningshældning           | Den kumulerede hældning optegnes for hvert opland vægtet efter ledningslængden, og eventuelle forskelle i middelkoncentrationer mellem oplandene vurderes i forhold til hhv. 5%, 10%, 15% og 50% værdien samt den aritmetiske middelværdi. Baggrunden er, at der må forventes at ske en større sedimentation i flade ledninger end i stejle, og at dette sedimenterede materiale resuspenderes i en regnvejrssituation. |
| Diameter                   | Metode som ovenfor beskrevet. Baggrunden er, at hastigheden i en tørvejrssituation er mindre i store ledninger end i små, med større sedimentation til følge.                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Personækv./ha              | Oplande med en stor populationsdensitet vil naturligvis have en stor spildevandsbelastning og dermed meget potentielt sedimenterbart materiale.                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Oplandsanvendelse          | Art og mængde af forureningskomponenter afhænger af oplandsanvendelsen. I denne undersøgelse inddrages ikke deciderede industriområder, da det så vil være umuligt at kvantificere denne størrelse. Her skelnes mellem forskellige former for beboelsestyper samt institutionsbebyggelse.                                                                                                                               |
| Længde af røret            | I et langt rørsystem vil der kunne sedimenteres en større mængde stof end i et kort, ligesom der må forventes et større antal fejl i et langt system, med mulighed for mindre hastighed, og dermed større sedimentation i sektioner af systemet.                                                                                                                                                                        |
| Dynamiske parametre        | <p>Som for de statiske parametre må det gælde, at data for de indgående parametre skal være let tilgængelige.</p> <p>For disse parametre haves tilstrækkeligt mange måledata til at udføre en egentlig statistisk analyse, hvor følgende parametre vil indgå:</p>                                                                                                                                                       |
| Forudgående tørvejrperiode | Længden af den forudgående tørvejrperiode må forventes at influere på koncentrationen af forureningskomponenter, idet der deponeres mere stof på overfladen, og der sedimenteres mere stof i rørene jo længere den forudgående tørvejrperiode er.                                                                                                                                                                       |
| Totalt afstrømmet volumen  | Efter at alt tilgængeligt materiale er vasket ud fra overflader og rør, må det forventes, at middelkoncentrationen må falde med stigende total afstrømmet volumen.                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                            |                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Middelregn-<br>intensitet  | Jo større middelregnintensiteten er, des mere stof vil der kunne udvaskes fra overfladen, ligesom en stor middelregnintensitet vil betyde stort flow i ledningerne med større resuspension til følge. |
| Max. 10 min.<br>intensitet | Denne parameter medtages, fordi det må forventes, at en høj intensitet i 10 minutter kan meddrive en større del af det deponerede materiale både på overfladen og i rørene.                           |
| Middelflow                 | Argumentet for at medtage denne parameter er som ovenfor, dog er denne parameter et mere direkte udtryk for flowet i ledningerne, og dermed et sikrere udtryk for resuspensionen i ledningerne.       |
| Max. flow                  | Der vil være en sammenhæng mellem det største flow og den mængde stof, der kan resuspenderes i ledningerne.                                                                                           |

Det undersøges for alle ovenstående parametre enkeltvis, om de kan forklare den variation af middelkoncentrationen, der er fundet: De statiske parametre for variationen fra opland til opland og de dynamiske parametre for variationen fra hændelse til hændelse.

Dernæst undersøges det for henholdsvis de statiske og de dynamiske parametre, hvilke der kan antages at være indbyrdes uafhængige, og disse vil så indgå i en multipel regressionsanalyse, med hvilken det undersøges, om det er muligt at få en bedre korrelation med flere indgående parametre.

### 3.2.3

#### Parameterbeskrivelse

I det følgende gives en definition på de parametre, der indgår i vurderingen, og den statistiske analyse.

#### Statiske parametre:

|                   |                                                                                                                                                                                |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ledningshældning  | Den kumulerede hældning i rent tal af alle ledninger optegnes for hvert opland, vægtet efter ledningslængden, i meter. De forskellige fraktiler kan så aflæses af denne kurve. |
| Diameter          | Metode som ovenfor beskrevet. Diameter angives i mm.                                                                                                                           |
| Personækv./ha.    | Personækvivalenter pr. hektar.                                                                                                                                                 |
| Oplandsanvendelse | Her skelnes mellem forskellige former for beboelsestyper samt institutionsbebyggelse.                                                                                          |
| Længde af rørrnet | Den samlede længde af rørrnettet i meter.                                                                                                                                      |

### Dynamiske parametre:

|                            |                                                                                                            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Forudgående tørvejrperiode | Længden af den forudgående tørvejrperiode i timer.                                                         |
| Total afstrømmet volumen   | Det samlede afstrømmede regnvandsvolumen i $m^3$ . Dvs. at spildevandsbidraget er trukket ud af dette tal. |
| Middelregnintensitet       | Regnvolumen i $\mu m$ divideret med regnvarighed i sekunder.                                               |
| Max. 10 min. intensitet    | Den 10 minutters periode, der har den højeste gennemsnitsintensitet, $\mu m/s$ .                           |
| Middelflow                 | Det samlede afstrømmede volumen i $m^3$ divideret med varigheden af afstrømningshændelsen i sekunder.      |
| Max. flow                  | Det størst målte flow i $m^3/s$ .                                                                          |

### 3.2.4

### Analysemetoder

Den statistiske analyse af sammenhørende regn og afstrømningsdata udføres v.h.a. PC versionen af SAS (Statistical Analysis System) version 6.0 SAS (1987). Til beregning af middelværdi og standardafvigelse samt til normalfordelingstest anvendes proceduren PROC UNIVARIATE.

Til regressionsanalyserne anvendes proceduren PROC GLM.

Der udføres følgende statistiske analyser af de i kapitel 2 nævnte data:

1. Normalfordelingstest samt beregning af middelværdi og spredning for de dynamiske parametre og for de beregnede hændelsesmiddelkoncentrationer, både på de rå data og på de logaritmerede.

Alle andre undersøgelser tyder på, at måledata enten vil være normalfordelt eller logaritmisk normalfordelt, hvorfor begge hypoteser testes.

2. Regressionsanalyse med alle stofdata som afhængig variabel og enkeltvis alle dynamiske parametre som uafhængig variabel. Derudover laves regressionsanalyse med de kombinationer af dynamiske parametre, der kan anses for at være indbyrdes uafhængige.

Ad 1)

Resultatet af denne analyse præsenteres i følgende skema:

| var | N | mean | s. dev | median | W | pr < W |
|-----|---|------|--------|--------|---|--------|
|     |   |      |        |        |   |        |
|     |   |      |        |        |   |        |
|     |   |      |        |        |   |        |
|     |   |      |        |        |   |        |
|     |   |      |        |        |   |        |

var: Variabel  
N: Antal observationer  
mean: Den aritmetriske middelværdi (mg/l)  
S. dev: Standardafvigelsen (mg/l)  
median: 50% medianen (mg/l)  
W: Normalfordelingsteststørrelse efter Shapiro Wilks.  
Ligger i intervallet 0 til 1.  
Værdier tæt på 1 sandsynliggør, at der er tale om en normalfordeling.  
pr < W: Sandsynlighed for mindre W. Angiver sandsynligheden for, at den undersøgte population stammer fra en normalfordeling.  
En værdi tæt på 1 betyder, at der er stor sandsynlighed for, at der er tale om en normalfordeling.

Ad 2)

Resultatet af denne analyse præsenteres i følgende skema:

| F | uafhængig | R <sup>2</sup> | F | pr > F |
|---|-----------|----------------|---|--------|
|   |           |                |   |        |
|   |           |                |   |        |
|   |           |                |   |        |
|   |           |                |   |        |
|   |           |                |   |        |

For de modeller, der viser en signifikant sammenhæng, angives endvidere følgende:



| afh | uafhængig | hældning | afskæring |
|-----|-----------|----------|-----------|
|     |           |          |           |
|     |           |          |           |
|     |           |          |           |
|     |           |          |           |

afh: Afhængig variabel

uafhængig: Uafhængig(e) variabel/variabler

De testede modeller vil have følgende udseende:

$$\text{afh} = a_i * \text{uafhængig}^i + b$$

hvor  $a_i$  er koefficienten for den i'te uafhængige parameter, og b er afskæringen på y-aksen.

$R^2$ : Rsquare. Angiver den del af variationen, der kan forklares af modellen. Ligger mellem 0 og 1. Værdien 1 fås, hvis hele variationen kan forklares af modellen.

F: F teststørrelse. Bruges til at teste, hvorvidt det kan antages, at hældningen er lig 0.

$pr > F$ : Sandsynlighed for større F-værdi under antagelse af, at der ikke er nogen korrelation. Angiver signifikansniveau for antagelsen, at der er korrelation. Hvis  $pr > F$  er mindre end eller lig med 0.05, kan hypotesen om korrelation antages på et 95%  $(1-0.05)*100$  niveau. En værdi  $< 0.05$  betyder, at der er korrelation.

Hældning: Hældning af regressionslinien.

Afskæring: Regressionsliniens skæringspunkt på x-aksen.

#### 4. RESULTATER

I det følgende beskrives resultatet af den almindelige deskriptive statistiske analyse. Formålet med denne analyse er dels at undersøge, om antagelsen om, at måledata er logaritmisk normalfordelt, er rimelig, dels, i bekræftende fald, at finde parametrene i fordelingen for at kunne sammenligne data fra de forskellige oplande.

Der indgår målte stofkoncentrationer for følgende stoffer:

Kjeldahl nitrogen (for Birkerød data,  
Total nitrogen)  
Total Phosphor  
COD  
Suspenderet stof

Disse fire stoffer er målt på alle stationer og er de stoffer, der er af størst interesse i forbindelse med recipientbetragtninger.

For hvert stof og hvert opland er beregnet middelværdi, median og standardafvigelse samt teststørrelse og signifikansniveau for normalfordelingstesten. Dette gælder både for de rå og de logaritmerede data (naturlig logaritme).

Resultaterne vil blive gennemgået og kommenteret for hvert af de fire stoffer.

##### 4.1 Nitrogen

Resultatet af den statistiske analyse for nitrogen er vist i tabel 4.1.

Som det fremgår heraf, er der stor forskel på den aritmetriske middelværdi for de to fælleskloakerede oplande, Cedervænget og Vestre Paradisvej. Middelværdien for Vestre Paradisvej er ca. dobbelt så stor (21.7 mg/l) som middelværdien for Cedervænget (10.0 mg/l). Det ses også, at standardafvigelsen er betydeligt større for Vestre Paradisvej (31.2 mg/l) end for Cedervænget (12.8 mg/l).

Sammenlignes de beregnede værdier for de ikke logaritmerede data og de logaritmerede data for Cedervænget, ses følgende:

For de ikke logaritmerede data ses, at middel-

værdien er 10.0 mg/l +/- spredningen på 12.8 mg/l. For de logaritmerede data fås en middelværdi på 5.5 mg/l (antilogaritmen til 1.7) med et variationsområde fra 1,8 mg/l (antilogaritmen til  $1.7 - 1.1$ ) til 16,4 mg/l (antilogaritmen til  $1.7 + 1.1$ ). Dette variationsområde kan også udtrykkes ved en variationsfaktor, der i dette tilfælde er 3.0, idet  $5.5/3 = 1.8$  og  $5.5 \cdot 3 = 16.4$ .

De to separatsystemer, Munkerisparken og Hestkøbgård, er ikke umiddelbart sammenlignelige, da der er målt total N på Hestkøbgård og Kjeldahl N (d.v.s. minus nitrat og nitrit) på Munkerisparken.

|                   | var    | N  | mean | s. dev | median | W    | pr < W |
|-------------------|--------|----|------|--------|--------|------|--------|
| Cedervænget       | kjdN   | 10 | 10.0 | 12.8   | 5.2    | 0.69 | 0.00   |
|                   | lnkjdN | 10 | 1.7  | 1.1    | 1.6    | 0.94 | 0.56   |
| Vestre Paradisvej | kjdN   | 13 | 21.7 | 31.2   | 7.8    | 0.65 | 0.00   |
|                   | lnkjdN | 13 | 2.3  | 1.2    | 2.1    | 0.90 | 0.13   |
| Odinsvej          | TotN   | 19 | 3.0  | 1.7    | 3.0    | 0.93 | 0.20   |
|                   | lnTotN | 19 | 0.9  | 0.7    | 1.1    | 0.88 | 0.02   |
| Munkerisparken    | kjdN   | 9  | 1.9  | 1.3    | 1.7    | 0.91 | 0.36   |
|                   | lnkjdN | 9  | 0.5  | 0.7    | 0.5    | 0.96 | 0.75   |
| Hestkøbgård       | TotN   | 82 | 9.6  | 11.4   | 4.8    | 0.62 | 0.00   |
|                   | lnTotN | 82 | 1.7  | 0.9    | 1.6    | 0.90 | 0.00   |

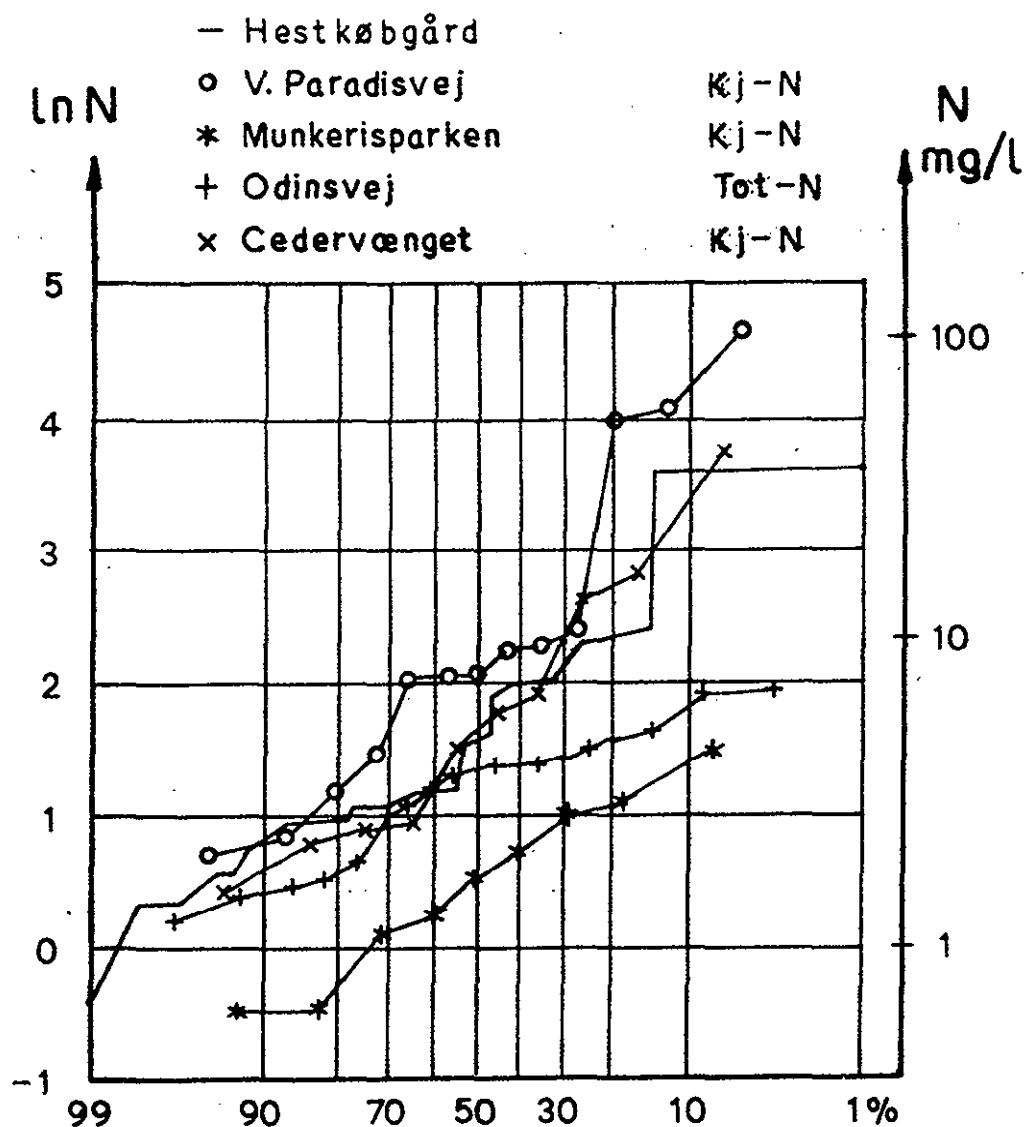
Tabel 4.1

Kjeldahl Nitrogen og total Nitrogen.

Enheden er mg/l for variablerne uden prefixet ln. Prefixet ln betyder, at mean, s.dev og median er beregnet på den naturlige logaritme af måledata. For at få enheden mg/l for disse data skal antilogaritmen beregnes.

Generelt er antagelsen om logaritmisk normalfordeling bedre end antagelsen om normalfordeling, dog uden at den klart accepteres af testen. De data, der kommer tættest på at kunne accepteres af testen, er data fra Munkerisparken med en W værdi på 0.96 og pr < W, der er 0.75.

På figur 4.1 ses de logaritmerede data for de enkelte målestationer optegnet på normalfordelingspapir. En ret linie betyder, at data kan anses for logaritmisk normalfordelt.



Figur 4.1

Statistisk fordeling af den naturlige logaritme til Nitrogen, for alle målestationer.

Det ses, at for de logaritmerede data er der betydelig bedre overensstemmelse mellem middelværdi og medianværdi, hvilket også antyder en bedre tilpasning til en logaritmisk normalfordeling. Dog ses det, at Odinsvej falder udenfor, hvilket kan skyldes prøvetagningsstrategien.

## 4.2 Total fosfor

Resultaterne for total fosfor er vist i tabel 4.2.

|                   | var    | N  | mean | s. dev | median | W    | pr < W |
|-------------------|--------|----|------|--------|--------|------|--------|
| Cedervænget       | TotP   | 16 | 1.7  | 1.7    | 1.20   | 0.79 | 0.00   |
|                   | lnTotP | 16 | 0.1  | 1.0    | 0.2    | 0.96 | 0.72   |
| Vestre Paradisvej | TotP   | 16 | 3.7  | 4.0    | 2.7    | 0.80 | 0.00   |
|                   | lnTotP | 16 | 0.8  | 1.1    | 1.0    | 0.94 | 0.37   |
| Odinsvej          | TotP   | 19 | 1.6  | 1.1    | 1.2    | 0.88 | 0.02   |
|                   | lnTotP | 19 | 0.3  | 0.7    | 0.2    | 0.97 | 0.68   |
| Munkersiparken    | TotP   | 11 | 0.2  | 0.1    | 0.1    | 0.78 | 0.06   |
|                   | lnTotP | 11 | -1.9 | 0.6    | -2.0   | 0.88 | 0.12   |
| Hestkøbgård       | TotP   | 82 | 0.5  | 0.7    | 0.3    | 0.39 | 0.00   |
|                   | lnTotP | 82 | -1.1 | 0.7    | -1.2   | 0.91 | 0.00   |

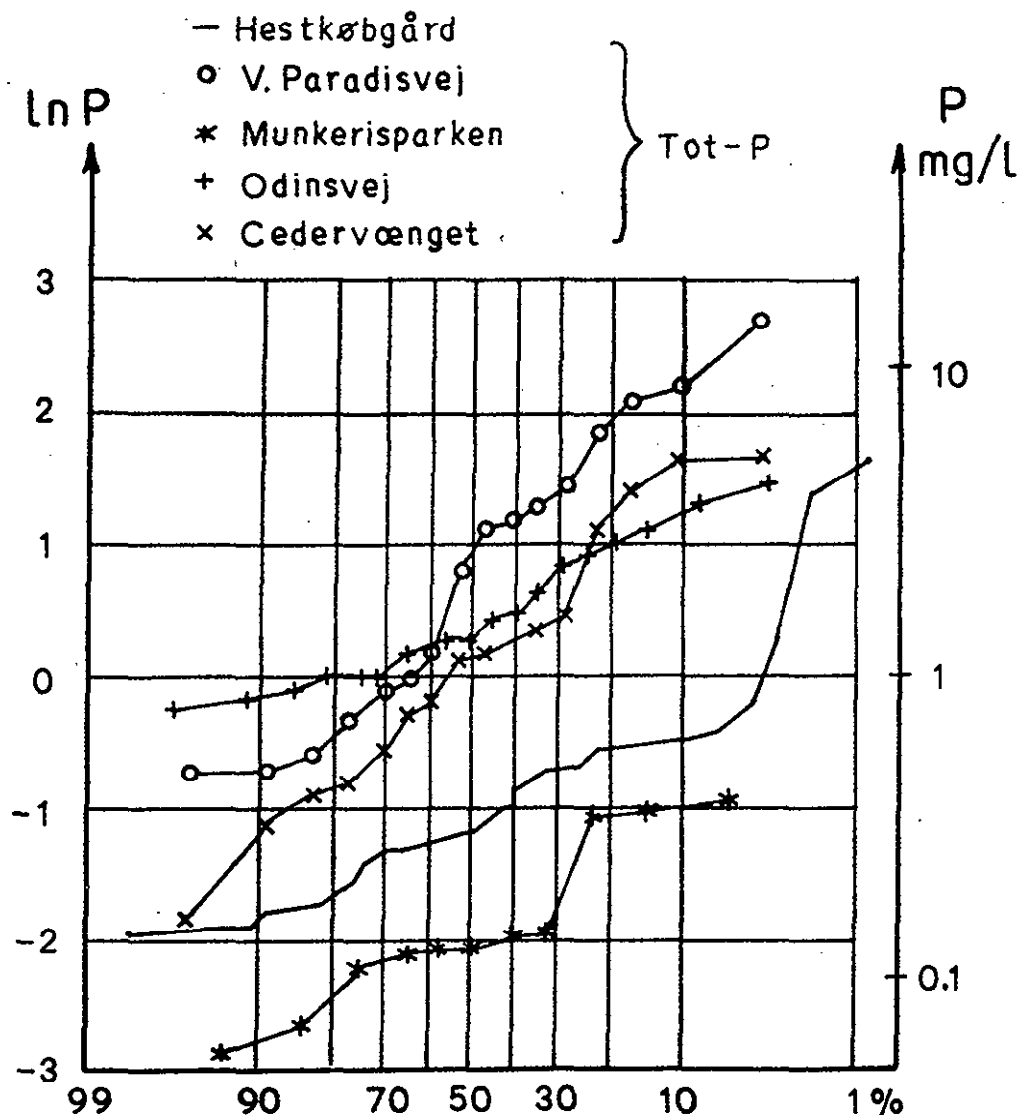
Tabel 4.2

Total Fosfor.

Enheden er mg/l for variablerne uden prefixet ln. Prefixet ln betyder, at mean, s.dev og median er beregnet på den naturlige logaritme af måledata. For at få enheden mg/l for disse data skal antilogaritmen beregnes.

Som det fremgår af denne, er tendensen helt den samme som for nitrogen. Middelværdien og standardafvigelsen er større for Vestre Paradisvej (mean 3.7 mg/l og s.dev. 4.0 mg/l) end for Cedervænget (mean 1.7 mg/l og s.dev. 1.7 mg/l) og Odinsvej (mean 1.6 mg/l og s.dev. 1.2 mg/l). Generelt er antagelsen om logaritmisk normalfordeling bedre end antagelsen om normalfordeling. Her kommer Cedervænget tættest på en accept med W lig 0.96 og pr < W lig 0.72.

På figur 4.2 ses de logaritmerede data for de enkelte målestationer optegnet på normalfordelingspapir. En ret linie betyder, at data kan anses for logaritmisk normalfordelt.



**Figur 4.2**

Statistisk fordeling af den naturlige logaritme til total fosfor for alle målestationer.

#### 4.3 COD

Resultaterne for COD fremgår af tabel 4.3.

Igen ses det, at der er den samme tendens som for nitrogen og fosfor. Dog bemærkes det, at der er en stor forskel mellem middelværdierne for Cedervænget (159 mg/l) og Odinsvej (126 mg/l), hvorimod medianværdien er den samme for de to oplande (108 mg/l).

Som det fremgår af tabellen, er der en god overensstemmelse mellem middelværdierne for de to separatkloakerede oplande, Munkerisparken og Hestkøbgård, begge er 3.9 mg/l. Det bemærkes, at Munkerisparken falder uden for den almindelige tendens, hvad angår fordelingstesten, idet antagelsen om normalfordeling her er bedre end antagelsen om logaritmisk normalfordeling. Dog er ingen af teststørrelserne signifikante, hvorfor de senere regressionsanalyser også i dette tilfælde vil blive foretaget på de logaritmerede data.

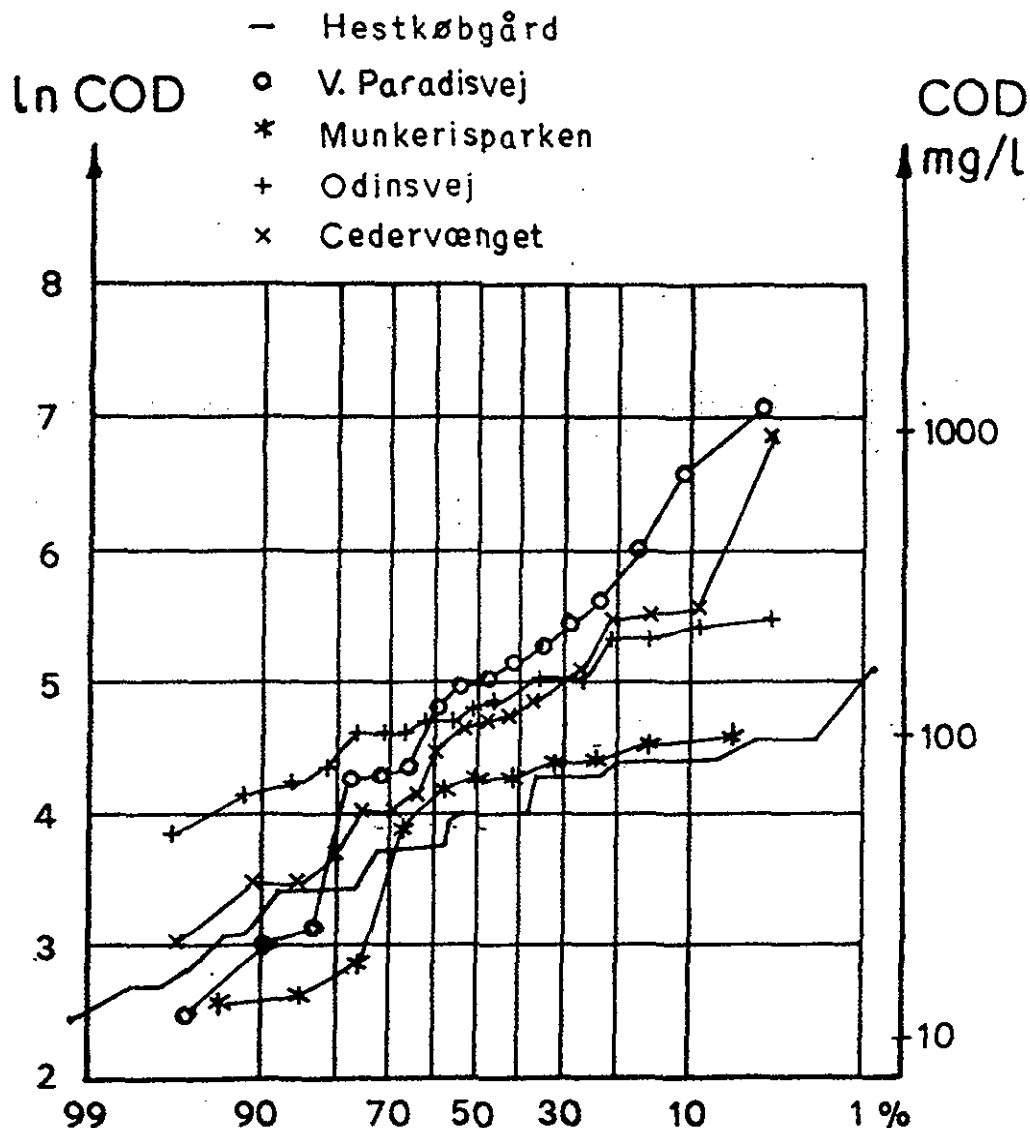
|                   | var   | N  | mean | s. dev | median | W    | pr < W |
|-------------------|-------|----|------|--------|--------|------|--------|
| Cedervænget       | COD   | 18 | 159  | 212    | 108    | 0.57 | 0.00   |
|                   | lnCOD | 18 | 4.6  | 0.9    | 4.7    | 0.97 | 0.76   |
| Vestre Paradisvej | COD   | 16 | 242  | 300    | 151    | 0.71 | 0.00   |
|                   | lnCOD | 16 | 4.9  | 1.2    | 5.0    | 0.97 | 0.81   |
| Odinsvej          | COD   | 19 | 126  | 59     | 108    | 0.93 | 0.18   |
|                   | lnCOD | 19 | 4.7  | 0.5    | 4.7    | 0.97 | 0.71   |
| Munkerisparken    | COD   | 11 | 60   | 31     | 72     | 0.87 | 0.08   |
|                   | lnCOD | 11 | 3.9  | 0.8    | 4.3    | 0.77 | 0.01   |
| Hestkøbgård       | COD   | 82 | 57   | 27     | 57     | 0.93 | 0.00   |
|                   | lnCOD | 82 | 3.9  | 0.5    | 4.0    | 0.95 | 0.01   |

Tabel 4.3

COD.

Enheden er mg/l for variablerne uden prefixet ln. Prefixet ln betyder, at mean, s.dev og median er beregnet på den naturlige logaritme af måledata. For at få enheden mg/l for disse data skal antilogaritmen beregnes.

På figur 4.3 ses de logaritmerede data for de enkelte målestationer optegnet på normalfordelingspapir. En ret linie betyder, at data kan anses for logaritmisk normalfordelt.



Figur 4.3  
Statistisk fordeling af den naturlige logaritme

#### 4.4 Suspenderet stof

Resultaterne for suspenderet stof (SS) er vist i tabel 4.4.

Som det fremgår af denne, ses helt den samme tendens som for de øvrige stoffer. Dog ses det, at der ikke er helt samme store forskel på standardafvigelsen mellem de to fælleskloakeredeoplande, Cedervænget (135 mg/l) og Vestre Paradisvej (199 mg/l). Det ses, at der er en god overensstemmelse mellem resultaterne for Cedervænget (mean 155



og s.dev. 115) og Odinsvej (mean 146 og s.dev 134).

|                   | var  | N  | mean | s. dev | median | W    | pr < W |
|-------------------|------|----|------|--------|--------|------|--------|
| Cedervænget       | SS   | 18 | 155  | 135    | 115    | 0.82 | 0.00   |
|                   | lnSS | 18 | 4.7  | 1.0    | 4.7    | 0.93 | 0.17   |
| Vestre Paradisvej | SS   | 17 | 293  | 199    | 225    | 0.91 | 0.12   |
|                   | lnSS | 17 | 5.4  | 0.8    | 5.4    | 0.97 | 0.71   |
| Odinsvej          | SS   | 19 | 146  | 66     | 134    | 0.95 | 0.34   |
|                   | lnSS | 19 | 4.9  | 0.5    | 4.9    | 0.97 | 0.76   |
| Munkerisparken    | SS   | 11 | 59   | 49     | 44     | 0.87 | 0.07   |
|                   | lnSS | 11 | 3.8  | 0.9    | 3.8    | 0.99 | 0.99   |
| Hestkøbgård       | SS   | 82 | 48   | 18     | 49     | 0.96 | 0.02   |
|                   | lnSS | 82 | 3.8  | 0.5    | 3.9    | 0.81 | 0.00   |

Tabel 4.4

Suspenderet stof.

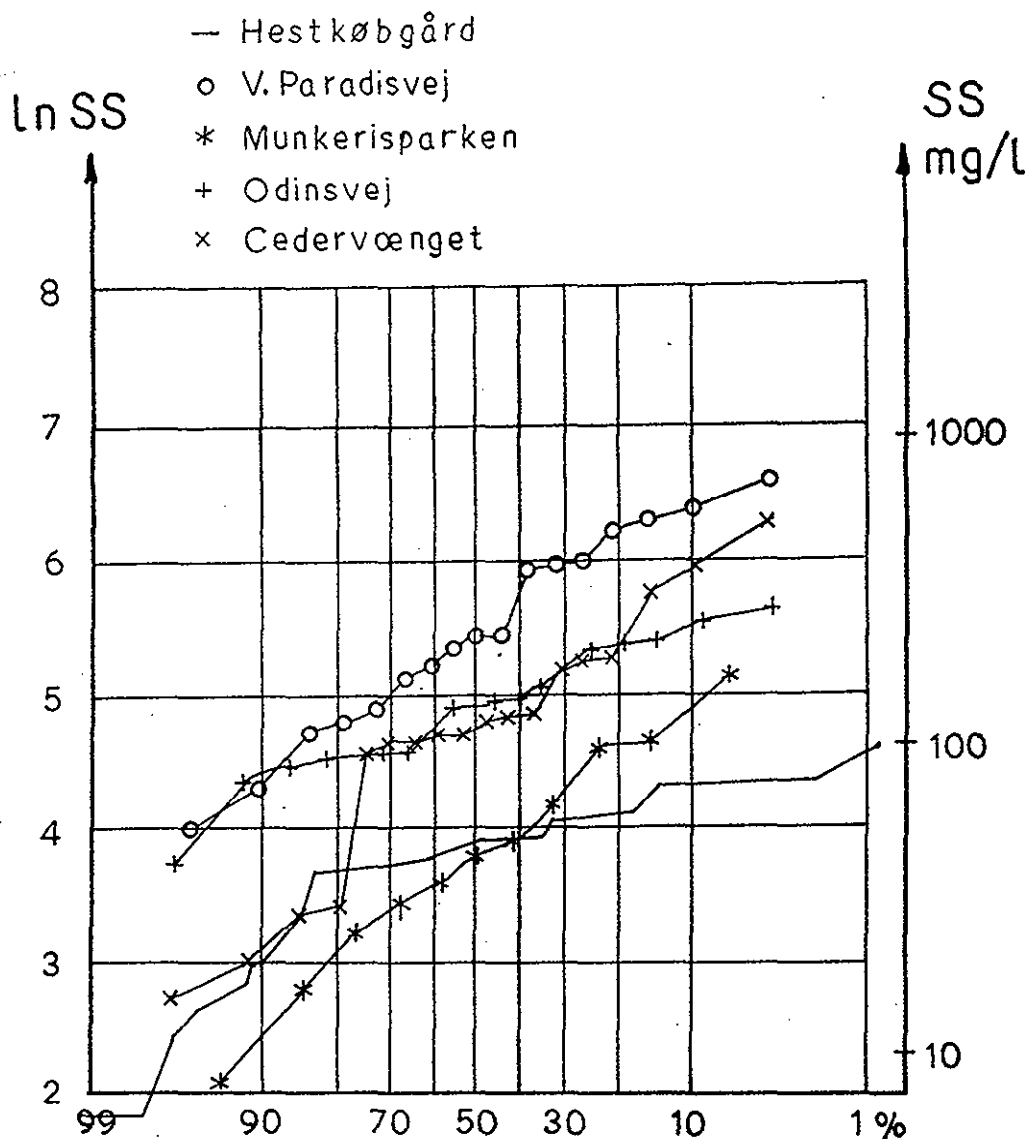
Enheden er mg/l for variablerne uden prefixet ln. Prefixet ln betyder, at mean, s.dev og median er beregnet på den naturlige logaritme af måledata. For at få enheden mg/l for disse data skal antilogaritmen beregnes.

Det fremgår, at antagelsen om logaritmisk normalfordeling for Hestkøbgård ikke er så god som antagelsen om normalfordeling, uden der dog er en signifikant forskel på teststørrelserne. Derimod ses det, at antagelsen om logaritmisk normalfordeling kan accepteres på et 99% niveau for Munkerisparken (W 0.99 og  $pr < W$  0.99). Igen ses en god overensstemmelse mellem middelværdierne og medianværdierne for de to separatkloakerede oplande, Munkerisparken (59 mg/l) og Hestkøbgård (48 mg/l).

På figur 4.4 ses de logaritmerede data for de enkelte målestationer optegnet på normalfordelingspapir. En ret linie betyder, at data kan anses for logaritmisk normalfordelt.

#### 4.5 Sammenfatning

Generelt ses det, at for de fælleskloakerede oplande er den aritmetriske middelværdi for alle



**Figur 4.4**

Statistisk fordeling af den naturlige logaritme til suspenderet stof for alle målestationer.

stoffer betydeligt større for Vestre Paradisvej end for Cedervænget og Odinsvej. Dette forhold kan skyldes, at ledningerne i Vestre Paradisvej ikke er selvrensende i samme grad som dem i Cedervænget og Odinsvej, hvorved sedimentation/resuspension har større betydning for de målte koncentrationer for Vestre Paradisvej.

Som det fremgår af figur 2.2 og 2.4, er medianværdien for ledningsfald for Cedervænget og Vestre Paradisvej ca. den samme, hvorimod 15% fraktilen viser en betydelig mindre værdi af hældning for Vestre Paradisvej, henholdsvis ca. 8 promille for Cedervænget og ca. 3 promille for Vestre Paradisvej. Der er altså flere meter ledning med lille fald i Vestre Paradisvej end i Cedervænget.

Derudover kan det bemærkes, at det i måleperioden blev konstateret, at der skete større sedimentation umiddelbart opstrøms målebygværket på Vestre Paradisvej end på Cedervænget.

Det ses, at middelværdien for Odinsvej ligger betydeligt under de to andre fælleskloakerede oplande. Dette kan ligeledes skyldes, at der er flere meter ledning med relativt stort fald, som det fremgår af figur 2.6. Ligeledes skal det bemærkes, at prøvetagningen først startes ved en relativ høj vandføring, hvilket betyder, at en del stof vil være transporteret bort, før prøvetagningen starter. Det betyder også, at regnhændelsen skal være kraftigere før prøvetagningen starter, således at der ikke bliver udtaget prøver for alle de små hændelser, som er medtaget for de andre oplande.

Det ses dog, at der ikke er helt den samme store forskel mellem medianværdierne, hvilket kan antyde, at måleværdierne kan tilhøre samme fordeling. På grund af de forholdsvis få observationer kan der være flere ekstreme observationer i en måleserie i forhold til de andre.

Det relativt lille antal observationer for de tre Mølleåoplande og for Odinsvej betyder også, at fordelingstesten bliver temmelig usikker.

#### 4.6 Sammenligning med tidligere bearbejdning

De hændelser, der er medtaget i denne undersøgelse, er en delmængde af de hændelser, der er indgået i den oprindelige bearbejdning under Mølleåprojektet, Hovedstadsrådet (1984). Hændelser er valgt fra, fordi der f.eks. er indgået flere regn i nogle af de udtagne prøver. Derfor er de ikke medtaget hér, men er medtaget i den oprindelige beregning af de statistiske momenter.

Sammenligner man de hér beregnede middel- og medianværdier med de i Hovedstadsrådet (1984) beregnede værdier, se tabel 4.5 og 4.6, ses det, at for alle stoffer, undtagen total P, er de hér beregnede middelværdier generelt større end de tilsvarende værdier fra Mølleåprojektet. Dette på trods af, at værdierne i denne undersøgelse er overvandskoncentrationer, medens de i Mølleåprojektet beregnede værdier er de rene målte værdier.

|      | Cedervænget |      | Vestre Paradisvej |      | Munkerisparken |     |
|------|-------------|------|-------------------|------|----------------|-----|
|      | MP          | DU   | MP                | DU   | MP             | DU  |
| kjdn | 9.8         | 10.0 | 21.7              | 23.3 | 1.7            | 1.9 |
| TotP | 2.3         | 1.7  | 3.5               | 3.7  | 0.2            | 0.2 |
| COD  | 146         | 159  | 212               | 242  | 39             | 60  |
| SS   | 157         | 155  | 279               | 293  | 46             | 59  |

Tabel 4.5

Middelværdier beregnet i Mølleåprojektet (MP) og i denne undersøgelse (DU).

|      | Cedervænget |     | Vestre Paradisvej |     | Munkerisparken |     |
|------|-------------|-----|-------------------|-----|----------------|-----|
|      | MP          | DU  | MP                | DU  | MP             | DU  |
| kjdn | 8.8         | 5.2 | 8.8               | 7.8 | 1.5            | 1.7 |
| TotP | 2.3         | 1.2 | 2.6               | 2.7 | 0.1            | 0.1 |
| COD  | 127         | 108 | 130               | 151 | 33             | 72  |
| SS   | 120         | 115 | 213               | 225 | 31             | 44  |

Tabel 4.6

Medianværdier beregnet i Mølleåprojektet (MP) og i denne undersøgelse (DU).

Det gælder imidlertid ikke generelt for medianværdierne, at de her beregnede medianværdier er større end i MP. Her ses det, at der er en god overensstemmelse mellem de to sæt data. Det antyder at der ikke er nogen større forskel i den statistiske fordeling mellem de to sæt data.

Dette illustrerer dog betydningen af, at måleperioden ikke bør stoppes, før middelværdi og medianværdi forbliver nogenlunde konstant.

Baseret på kun tre fælleskloakerede og to separatkloakerede oplande er det ikke muligt at påvise signifikante sammenhænge mellem handelsmiddelkoncentrationer og statiske oplandsparametre.

Som det ses af ovennævnte beregninger, er spredningen af måledata så stor, at der ikke kan påvises signifikante forskelle på måleserierne for de enkelte oplande. Derfor er det ikke muligt

at påvise sammenhænge mellem statiske parametre  
og hændelsesmiddelkoncentrationer.

## 5. VIDEREGÅENDE BEARBEJDNING

### 5.1 Resultater af regressionsanalyserne

Dette kapitel beskriver resultaterne af den regressionsanalyse, der er foretaget på måledata fra de fem oplande.

Den model, der er anvendt, er følgende:

Uafhængig param. =  $a \cdot \text{afhængig param.} + b$

hvor  $a$  angiver hældningen af regressionslinien, og  $b$  angiver afskæringen på  $x$  akse.

Det er valgt at gennemføre analysen for følgende uafhængige parametre:

Nitrogen: Kjeldahl N for Mølleåstationerne  
og total N for Odinsvej og Hest-  
købgård

Fosfor: Total fosfor for alle stationer  
COD  
SS

For alle ovennævnte parametre gælder, at analyserne er udført på de logaritmerede data.

De er i det følgende benævnt:

$\ln kjdN$  ( $\ln totN$ ),  $\ln totP$ ,  $\ln COD$ ,  $\ln SS$ .

For hver af de ovennævnte uafhængige parametre er der gennemført en regressionsanalyse for følgende afhængige parametre:

Middelintensitet  
Max. 10 min. intensitet  
Total regnvolumen  
Max. flow  
Middelflow  
Forudgående tørvejrperiode

Det skal bemærkes, at det ikke har været muligt at fremskaffe data for max. flow og for forudgående tørvejrperiode for målestationen ved Hestkøbgård, hvorfor der ikke er gennemført regressionsanalyse for disse parametre for denne station.

Resultaterne af regressionsanalyserne er vist i tabel 5.1-5.20. For hver analyse er angivet den resulterende R-Square ( $R_2$ ), samt  $pr > F$ , som beskrevet i kapitel 3.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnkjdn | middelintensitet       | 0.16           | 1.58 | 0.24   |
| lnkjdn | max 10 min. intensitet | 0.06           | 0.52 | 0.49   |
| lnkjdn | total regnvolumen      | 0.18           | 1.70 | 0.23   |
| lnkjdn | max flow               | 0.03           | 0.24 | 0.64   |
| lnkjdn | middel flow            | 0.03           | 0.28 | 0.61   |
| lnkjdn | forudg. tørvejsper.    | 0.08           | 0.73 | 0.42   |

Tabel 5.1

Resultater af regressionsanalyse for Nitrogen for målestation Cedervænget.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnkjdn | midelintensitet        | 0.24           | 3.56 | 0.09   |
| lnkjdn | max 10 min. intensitet | 0.02           | 0.21 | 0.66   |
| lnkjdn | total regnvolumen      | 0.08           | 0.93 | 0.36   |
| lnkjdn | max flow               | 0.01           | 0.15 | 0.71   |
| lnkjdn | middel flow            | 0.08           | 0.89 | 0.36   |
| lnkjdn | forudg. tørvejsper.    | 0.05           | 0.06 | 0.81   |

Tabel 5.2

Resultater af regressionsanalyse for Nitrogen for målestation Vestre Paradisvej.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnTotN | middelintensitet       | 0.05           | 0.88 | 0.36   |
| lnTotN | max 10 min. intensitet | 0.00           | 0.07 | 0.80   |
| lnTotN | total regnvolumen      | 0.00           | 0.01 | 0.93   |
| lnTotN | max flow               | 0.00           | 0.02 | 0.89   |
| lnTotN | middel flow            | 0.07           | 1.23 | 0.28   |
| lnTotN | forudg. tørvejsper.    | 0.07           | 1.26 | 0.28   |

Tabel 5.3

Resultater af regressionsanalyse for Nitrogen for målestation Odinsvej.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnkjdn | middelintensitet       | 0.24           | 2.22 | 0.18   |
| lnkjdn | max 10 min. intensitet | 0.26           | 2.53 | 0.16   |
| lnkjdn | total regnvolumen      | 0.17           | 1.39 | 0.28   |
| lnkjdn | max flow               | 0.01           | 0.05 | 0.83   |
| lnkjdn | middel flow            | 0.02           | 0.17 | 0.69   |
| lnkjdn | forudg. tørvejsper.    | 0.46           | 6.03 | 0.04   |

Tabel 5.4

Resultater af regressionsanalyse for nitrogen for målestation Munkerisparken.



| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F     | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|-------|--------|
| lnTotN | middelintensitet       | 0.00           | 0.19  | 0.66   |
| lnTotN | max 10 min. intensitet | 0.04           | 3.52  | 0.06   |
| lnTotN | total regnvolumen      | 0.17           | 16.67 | 0.00   |
| lnTotN | max flow               |                |       |        |
| lnTotN | middel flow            | 0.06           | 5.17  | 0.03   |

Tabel 5.5

Resultater af regressionsanalyse for Nitrogen for målestation Hestkøbgård.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnTotP | middelintensitet       | 0.11           | 1.69 | 0.21   |
| lnTotP | max 10 min. intensitet | 0.05           | 0.69 | 0.42   |
| lnTotP | total regnvolumen      | 0.00           | 0.03 | 0.85   |
| lnTotP | max flow               | 0.01           | 0.15 | 0.70   |
| lnTotP | middel flow            | 0.04           | 0.62 | 0.44   |
| lnTotP | forudg. tørvejsper.    | 0.18           | 3.12 | 0.10   |

Tabel 5.6

Resultater af regressionsanalyse for fosfor for målestation Cedervænget.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnTotP | middelintensitet       | 0.20           | 3.47 | 0.08   |
| lnTotP | max 10 min. intensitet | 0.00           | 0.06 | 0.81   |
| lnTotP | total regnvolumen      | 0.08           | 1.16 | 0.30   |
| lnTotP | max flow               | 0.04           | 0.58 | 0.46   |
| lnTotP | middel flow            | 0.10           | 1.54 | 0.23   |
| lnTotP | forudg. tørvejsper.    | 0.09           | 1.42 | 0.25   |

Tabel 5.7

Resultater af regressionsanalyse for fosfor for målestation Vestre Paradisvej.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnTotP | middelintensitet       | 0.02           | 0.37 | 0.55   |
| lnTotP | max 10 min. intensitet | 0.33           | 8.36 | 0.01   |
| lnTotP | total regnvolumen      | 0.01           | 0.10 | 0.76   |
| lnTotP | max flow               | 0.25           | 5.54 | 0.03   |
| lnTotP | middel flow            | 0.20           | 4.26 | 0.05   |
| lnTotP | forudg. tørvejsper.    | 0.01           | 0.09 | 0.77   |

Tabel 5.8

Resultater af regressionsanalyse for fosfor for målestation Odinsvej.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnTotP | middelintensitet       | 0.00           | 0.00 | 0.99   |
| lnTotP | max 10 min. intensitet | 0.02           | 0.18 | 0.68   |
| lnTotP | total regnvolumen      | 0.02           | 0.21 | 0.66   |
| lnTotP | max flow               | 0.00           | 0.02 | 0.89   |
| lnTotP | middel flow            | 0.01           | 0.06 | 0.81   |
| lnTotP | forudg. tørvejrspær.   | 0.16           | 1.65 | 0.23   |

Tabel 5.9

Resultater af regressionsanalyse for fosfor for målestation Munkerisparken.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh.   | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|--------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnTotP | middelintensitet       | 0.01           | 0.44 | 0.51   |
| lnTotP | max 10 min. intensitet | 0.03           | 2.21 | 0.14   |
| lnTotP | total regnvolumen      | 0.00           | 0.24 | 0.63   |
| lnTotP | max flow               |                |      |        |
| lnTotP | middel flow            | 0.00           | 0.08 | 0.78   |

Tabel 5.10

Resultater af regressionsanalyse for fosfor for målestation Hestkøbgård.

| afh.  | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F     | pr > F |
|-------|------------------------|----------------|-------|--------|
| lnCOD | middelintensitet       | 0.20           | 3.94  | 0.06   |
| lnCOD | max 10 min. intensitet | 0.02           | 0.32  | 0.58   |
| lnCOD | total regnvolumen      | 0.09           | 1.66  | 0.22   |
| lnCOD | max flow               | 0.00           | 0.00  | 0.97   |
| lnCOD | middel flow            | 0.02           | 0.33  | 0.57   |
| nCOD  | forudg. tørvejrspær.   | 0.45           | 13.03 | 0.00   |

Tabel 5.11

Resultater af regressionsanalyse for COD for målestation Cedervænget.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh.  | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|-------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnCOD | middelintensitet       | 0.02           | 0.27 | 0.61   |
| lnCOD | max 10 min. intensitet | 0.16           | 2.73 | 0.12   |
| lnCOD | total regnvolumen      | 0.11           | 1.71 | 0.21   |
| lnCOD | max flow               | 0.25           | 4.76 | 0.05   |
| lnCOD | middel flow            | 0.03           | 0.51 | 0.49   |
| lnCOD | forudg. tørvejrspær.   | 0.03           | 0.46 | 0.51   |

Tabel 5.12

Resultater af regressionsanalyse for COD for målestation Vestre Paradisvej.

| afh.  | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|-------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnCOD | middelintensitet       | 0.01           | 0.25 | 0.62   |
| lnCOD | max 10 min. intensitet | 0.16           | 3.27 | 0.09   |
| lnCOD | total regnvolumen      | 0.00           | 0.01 | 0.94   |
| lnCOD | max flow               | 0.19           | 4.05 | 0.06   |
| lnCOD | middel flow            | 0.29           | 7.03 | 0.02   |
| lnCOD | forudg. tørvejsper.    | 0.01           | 0.15 | 0.71   |

Tabel 5.13

Resultater af regressionsanalyse for COD for målestation Odinsvej.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh.  | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|-------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnCOD | middelintensitet       | 0.03           | 0.28 | 0.61   |
| lnCOD | max 10 min. intensitet | 0.30           | 3.91 | 0.08   |
| lnCOD | total regnvolumen      | 0.01           | 0.09 | 0.77   |
| lnCOD | max flow               | 0.34           | 4.69 | 0.06   |
| lnCOD | middel flow            | 0.15           | 1.64 | 0.23   |
| lnCOD | forudg. tørvejsper.    | 0.16           | 1.77 | 0.22   |

Tabel 5.14

Resultater af regressionsanalyse for COD for målestation Munkerisparken.

| afh.  | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F     | pr > F |
|-------|------------------------|----------------|-------|--------|
| lnCOD | middelintensitet       | 0.01           | 1.12  | 0.29   |
| lnCOD | max 10 min. intensitet | 0.07           | 6.02  | 0.02   |
| lnCOD | total regnvolumen      | 0.17           | 16.29 | 0.00   |
| lnCOD | max flow               |                |       |        |
| lnCOD | middel flow            | 0.01           | 0.59  | 0.44   |

Tabel 5.15

Resultater af regressionsanalyse for COD for målestation Hestkøbgård.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh. | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnSS | middelintensitet       | 0.24           | 4.94 | 0.04   |
| lnSS | max 10 min. intensitet | 0.12           | 2.27 | 0.15   |
| lnSS | total regnvolumen      | 0.27           | 6.02 | 0.03   |
| lnSS | max flow               | 0.10           | 1.78 | 0.20   |
| lnSS | middel flow            | 0.06           | 1.06 | 0.32   |
| lnSS | forudg. tørvejrspers.  | 0.26           | 5.72 | 0.02   |

Tabel 5.16

Resultater af regressionsanalyse for SS for målestation Cedervænget.

| afh. | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnSS | middelintensitet       | 0.16           | 2.93 | 0.11   |
| lnSS | max 10 min. intensitet | 0.04           | 0.62 | 0.44   |
| lnSS | total regnvolumen      | 0.09           | 1.49 | 0.24   |
| lnSS | max flow               | 0.00           | 0.05 | 0.83   |
| lnSS | middel flow            | 0.08           | 1.23 | 0.28   |
| lnSS | forudg. tørvejrspær.   | 0.05           | 0.86 | 0.37   |

Tabel 5.17

Resultater af regressionsanalyse for SS for målestation Vestre Paradisvej.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs. at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh. | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F     | pr > F |
|------|------------------------|----------------|-------|--------|
| lnSS | middelintensitet       | 0.03           | 0.54  | 0.47   |
| lnSS | max 10 min. intensitet | 0.18           | 3.65  | 0.07   |
| lnSS | total regnvolumen      | 0.10           | 2.02  | 0.17   |
| lnSS | max flow               | 0.19           | 4.02  | 0.06   |
| lnSS | middel flow            | 0.40           | 11.21 | 0.00   |
| lnSS | forudg. tørvejrspær.   | 0.03           | 0.45  | 0.51   |

Tabel 5.18

Resultater af regressionsanalyse for SS for målestation Odinsvej.

| afh. | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnSS | middelintensitet       | 0.01           | 0.06 | 0.82   |
| lnSS | max 10 min. intensitet | 0.08           | 0.78 | 0.40   |
| lnSS | total regnvolumen      | 0.13           | 1.33 | 0.28   |
| lnSS | max flow               | 0.26           | 3.20 | 0.11   |
| lnSS | middel flow            | 0.21           | 2.46 | 0.15   |
| lnSS | forudg. tørvejsper.    | 0.02           | 0.16 | 0.69   |

Tabel 5.19

Resultater af regressionsanalyse for SS for målestation Munkerisparken.

R<sup>2</sup> angiver den del af variationen i måledata, der kan forklares ved hjælp af modellen  $afh = a \cdot uafhængig + b$ , dvs., at en værdi tæt på 1 betyder, at hele variationen kan forklares med modellen.

pr > F angiver sandsynligheden for, at  $a = 0$ , dvs. at der ingen sammenhæng er mellem afhængig og uafhængig parameter. Jo mindre pr > F, desto større er sandsynligheden for, at der er en sammenhæng.

| afh. | uafhængig              | R <sup>2</sup> | F    | pr > F |
|------|------------------------|----------------|------|--------|
| lnSS | middelintensitet       | 0.00           | 0.11 | 0.74   |
| lnSS | max 10 min. intensitet | 0.01           | 0.63 | 0.43   |
| lnSS | total regnvolumen      | 0.34           | 41.0 | 0.00   |
| lnSS | max flow               |                |      |        |
| lnSS | middel flow            | 0.00           | 0.09 | 0.76   |

Tabel 5.20

Resultater af regressionsanalyse for SS for målestation Hestkøbgård.

Som det fremgår af ovenstående tabeller, er det ikke muligt at forklare mere end op til ca. 50% af variationen i måledata med de her benyttede uafhængige parametre.

For at få et overblik over de fundne resultater er der i tabel 5.21 angivet de afhængige parametre, for hvilke de uafhængige parametre har givet en R<sup>2</sup> større end 25% (øverste linie i hver



række), samt de afhængige parametre for hvilke, de uafhængige parametre har givet en ( $pr > F$ )  $< 0.01$  (nederste linie i hver række).

Tabellen angiver de analyser, der kan forklare mere end 25% af variationen i måledata og/eller de analyser, der giver en sandsynlighed, der er mindre end 1% for, at hældningen er lig 0.

|                         | Cederv.        | Vestre P | Odinsvej      | Munkerisp | Hestkøbg         |
|-------------------------|----------------|----------|---------------|-----------|------------------|
| Middel int.             |                |          | P<br>P        |           |                  |
| Max. 10 min. intensitet |                |          |               | COD, N    |                  |
| Total regn-volumen      | SS             |          |               |           | N, COD, SS<br>SS |
| Max. flow               |                | COD      |               | COD, SS   |                  |
| Middel flow             |                |          | SS<br>COD, SS |           |                  |
| Forudgående tørvejsper. | COD, SS<br>COD |          |               | N         |                  |

Tabel 5.21

Sammenfatning af resultaterne af regressions-analyserne.

Det ses af tabel 5.21, at for Odinsvej kan den uafhængige parameter middelintensitet, forklare mere end 25% af variationen af de målte fosforkoncentrationer. Tilsvarende giver samme uafhængige parameter en sandsynlighed, der er mindre end 1% for, at der ikke er nogen sammenhæng mellem den og fosforkoncentrationen.

Som det fremgår af tabel 5.21, er der ikke nogen generaliserbar information fra de udførte analyser. Der er ikke nogen uafhængig parameter der for et stof konsekvent, for fælles eller separatsystemer, kommer ud som den bedste. Det er derfor ikke muligt på denne baggrund at opstille nogen sammenhæng mellem hændelsesmiddelkoncentration og de her benyttede dynamiske parametre.

I Appendix 2 kan ses to plot for hver målestation af afhængig\*uafhængig parameter for de to sæt data, der er bedst korrelerede.

## 5.2 Multiple regressionsanalyser

Ud over de her viste analyser er der foretaget et antal multiple regressionsanalyser, hvori der som afhængige parametre er valgt alle kombinationer af de dynamiske parametre, der ved test har vist sig at være hinanden uafhængige.

Resultatet af disse multiple regressionsanalyser har i alle tilfælde været, at ingen kombination af afhængige parametre viser nogen signifikant forbedring i forhold til de her viste analyser med kun en afhængig parameter.



## 6. ANBEFALEDE KONCENTRATIONER

Som omtalt i de foregående afsnit foreligger der et omfattende dansk materiale af måleresultater for forureningstransporten i afløbssystemer under regn. I rapporten fra Nordisk Ministerråd: "Pollution from Combined Sewer Overflows", Aug. 1989, er der redegjort for tilsvarende nordiske data. I tvillingerapporten til denne rapport: "Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn", PH-Consult ApS, Juli 1989, er der i kapitel 6 redegjort for hovedtrækkene for viden om forureningstransport i afløbssystemer under regn.

Dette materiale er blevet brugt som udgangspunkt for en anbefaling af koncentrationer til praktisk brug af en undergruppe under Spildevandskomitéens regnudvalg bestående af: Professor Poul Harremoës, lektor T. Hvitved-Jacobsen og civilingeniør, lic. tech. N.B. Johansen.

På dette grundlag er der draget den konklusion, at forurening fra regnafstrømning kan karakteriseres på følgende måde:

Alle koncentrationer i afledningen fra fællessystemer er angivet for overvand. Dette defineres som vandstrømmen fra den blandede strøm af spildevand og regn minus bidraget fra spildevand. Ved praktisk anvendelse betyder dette, at den beregnede regnafstrømning (overvand) skal tildeles en koncentration som angivet. Ved overløb skal dette blandes med spildevand med en koncentration for dette, se f.eks. Henze, M. (1982).

### Akut forurening

Akut forurening er karakteriseret ved at påføre recipienten skadelig effekt ved kortvarige ekstreme hændelser. Der er tale om tilfælde af store regnhændelser kombineret med store koncentrationer.

Stoftransporten kan karakteriseres ved vandstrømmen under regnhændelsen ganget med en middelsoncentration. Denne koncentration er logaritmisk normalfordelt med en medianværdi og en spredning på logaritmen til koncentrationen. Ved at tage antilogaritmen fås en logaritmisk mediankoncentration. Spredningen på logaritmen svarer til en variationsfaktor. Det er disse to parametre, som karakteriserer den transporterede forurening ved en regnhændelse.

I tabel 6.1 er vist den logaritmiske mediankoncentration og variationsfaktoren for de stof-

fer, som indgår i tilfælde af akut forurening: Suspenderet stof, organisk stof COD og bakteriel forurening. Problemet anses kun at være relevant for forureningen ved overløb fra fælles-systemer.

|           | Fællessystem                     |          |                                       | Separatsyst.                          |          |
|-----------|----------------------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------|
|           | ekstrem belastning               |          | vandfø-<br>ringsvægtet<br>middelværdi | vandfø-<br>ringsvægtet<br>middelværdi | enhed    |
| Komponent | median                           | var.fakt |                                       |                                       |          |
| SS        | 120-240                          | 1.6-2.7  | 100-200                               | 30-100                                | mg/l     |
| COD       | 100-150                          | 1.3-3.3  | 120                                   | 40-60                                 |          |
| BI5       | ingen                            | data     | 25                                    | irrelevant                            |          |
| tot. N    | irrelev.                         |          | 10                                    | 2                                     |          |
| tot. P    | irrelev.                         |          | 2.5                                   | 0.5                                   |          |
| Pb        | irrelev.                         |          | 100-150                               | 50-150                                | µg/l     |
| Zn        | irrelev.                         |          | 300-500                               | 300-500                               |          |
| Cd        | irrelev.                         |          | 1-1.5                                 | 0.5-3                                 |          |
| Cu        | irrelev.                         |          | 30-40                                 | 5-40                                  |          |
| E. Coli   | 10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup> | ca. 3    | irrelevant                            | 10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>      | EC/100ml |

Tabel 6.1

Anbefalede koncentrationer til beregning af  
forureningsudledning fra fælles- og separatsy-  
stemer.

Til praktisk brug skal mediankoncentrationen ganges med en faktor, som afhænger af gentagelsesperioden for det dimensionsgivende forureningsstillefælde, jvf. f.eks. tabel 3.1.

Akkumulerende  
forurening

Akkumulerende forurening forekommer, når det er ophobningen af forureningskomponenten i recipienten, som er afgørende.

Stoftransporten kan karakteriseres ved vand-  
transporten ganget med den aritmetriske, vand-  
føringsvægtede middelmiddelt koncentration. Grunden  
er, at det er den samlede stoftransport, som  
er afgørende - ikke den enkelte hændelse.

I tabel 6.1 er vist den vandføringsvægtede, aritmetriske middelmiddelform for de stoffer, som indgår i tilfælde af akkumulerende

forurening: Suspenderet stof, organisk stof  
COD, kvælstof, fosfor, metallerne: bly, zink,  
cadmium og kobber, samt bakteriel forurening.  
Problemet er relevant for belastningen fra  
både fælles- og separatsystemer.

Det anbefales at benytte disse koncentrationer  
til beregninger i sådanne tilfælde, hvor der  
ikke findes et lokalt datamateriale, som kan  
motivere andre størrelser. Som det fremgår af  
tabellen, er størrelserne behæftet med en ret  
væsentlig usikkerhed. Valget inden for de an-  
givne intervaller bør motiveres af en eventuel  
viden om arealudnyttelsen af oplandet.

Det understreges, at der i tilfælde, hvor der  
er tale om undersøgelse af væsentlige forure-  
ningsbelastninger, samt i tilfælde, hvor der  
er tale om store investeringer, bør foretages  
lokale undersøgelser, som kan motivere brug af  
lokalt målte koncentrationer - i stedet for de  
standardiserede koncentrationer, som er angivet  
i tabellen.

Vedr. lokale målinger og deres udførelse hen-  
vises til rapport fra Spildevandskomitéen  
(1976): "Vandføringsmåling og prøvetagning" og  
rapport til Miljøstyrelsen (1989): "Vejledning  
til overvågningsprogrammet for regnvands-  
betingede udløb".



## 7. LITTERATURLISTE

Birkerød Kommune (1982): Udledninger fra kloaknettet under regn i Birkerød Kommune, Birkerød Kommune, Teknisk forvaltning, Oktober 1982.

EWPCA (1987): Status Report 1987, The Technical Subcommittee on Urban Runoff Quality Data, The European Water Pollution Control Association (limited circulation).

Harremoës P. (1986): Interaction between quantity and quality models for urban storm drainage. Urban drainage modelling, Supplement to proc. intl. symp. on comparison of urban drainage models with real catchment data, UDM '86 Dubrovnik, Yugoslavia, Ed. Maksimovic og Radojkovic.

Harremoës P. (1988): Stochastic models for estimation of extreme pollution from urban runoff, Water Research, 22, 1017-1026.

Henze M. (1982): Husspildevands sammensætning, Stads og Havneingeniøren, 73 nr. a, 1982.

Hovedstadsrådet (1978): Regnafstrømning i Mølleåsystemet: 1. Udvalgelse af måleoplande, Hovedstadsrådet, arbejdsdokument, Maj.

Hovedstadsrådet (1981a): Regnafstrømning i Mølleåsystemet: 2. Måleoplande og -udstyr Hovedstadsrådet, arbejdsdokument.

Hovedstadsrådet (1981b): Regnafstrømning i Mølleåsystemet: 3. Laboratoriemetodik, Hovedstadsrådet, arbejdsdokument, Juli 1981.

Hovedstadsrådet (1981c): Regnafstrømning i Mølleåsystemet: 4. Måleresultater, Hovedstadsrådet, arbejdsdokument, Dec. 1981.

Hovedstadsrådet (1981d): Regnafstrømning i Mølleåsystemet: 5. Modeller, Hovedstadsrådet, arbejdsdokument, Dec. 1981.

Hovedstadsrådet (1981e): Regnafstrømning i Mølleåsystemet: 6. Belastningsdata, Hovedstadsrådet, arbejdsdokument, Marts 1981.

Hovedstadsrådet (1984): Regnafstrømningsprojekt i Mølleåsystemet 1977-1981, Samlerapport, Arbejdsdokument, Marts 1984.

Nordisk Ministerråd (1989): Pollution from Combined Sewer Overflows, Nordisk Ministerråd, 1989.



Pedersen, P. D. (1982): Tungmetaller i regnafstrømningen fra separatkloakerede oplande, Aalborg Universitet, 1982.

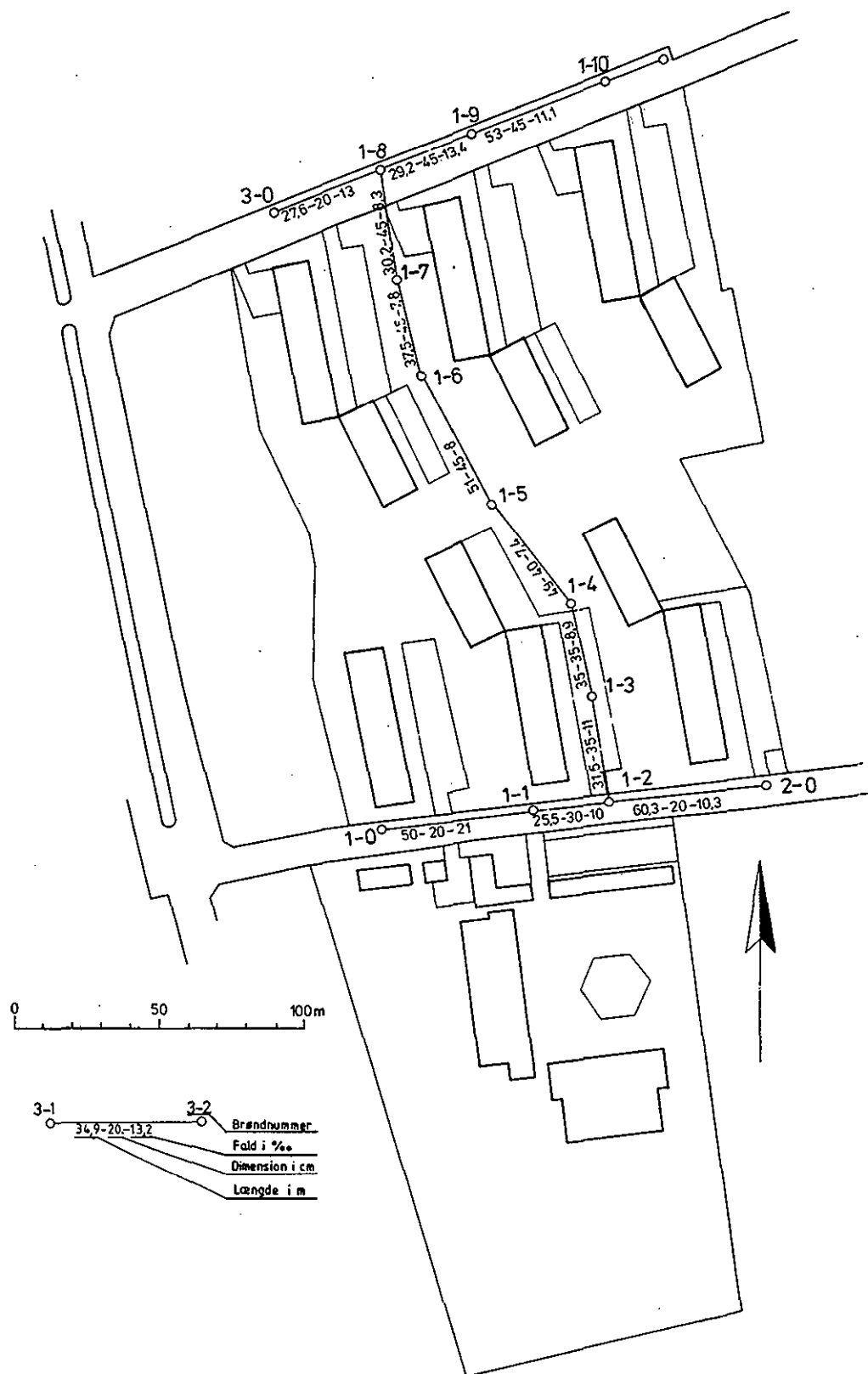
SAS Institute Inc., 1987: SAS/STAT Guide for Personal Computers, Version 6 Edition. Cary, NC: SAS institute inc., 1987.

Spildevandskomiteén (1976): Vandføringsmåling og prøvetagning, Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité, Nov. 1976.

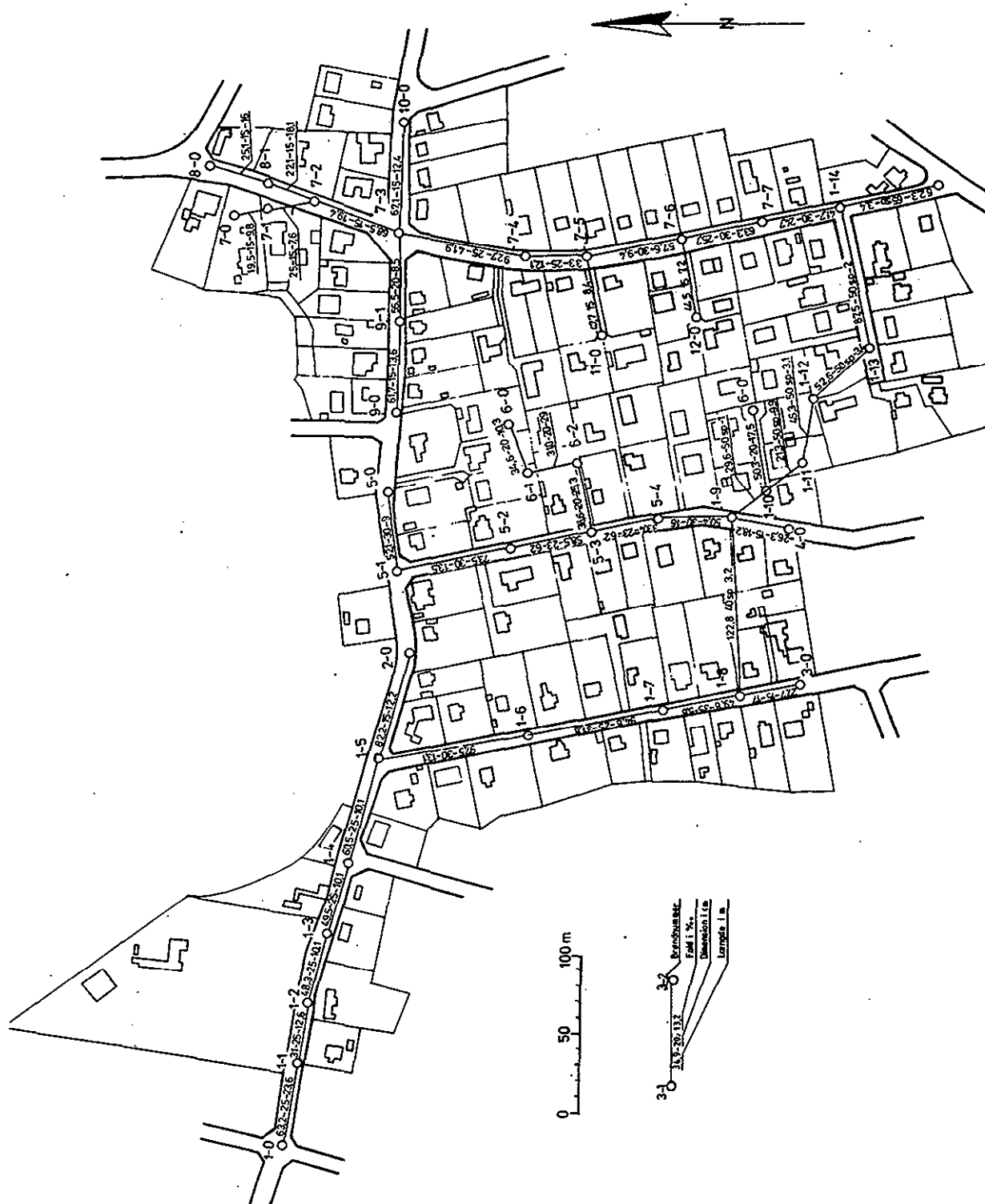
U.S. Environmental Protection Agency (1983): Final Results of the Nationwide Urban Runoff Program, Vol. I, Water Planning Division, U.S. Environmental Protection Agency, NTIS PB84-185552.

Vandkvalitetsinstituttet (1977): Gudenåundersøgelsen 1973-1975, regnvandsundersøgelser, Rapport nr. 17, 1977.

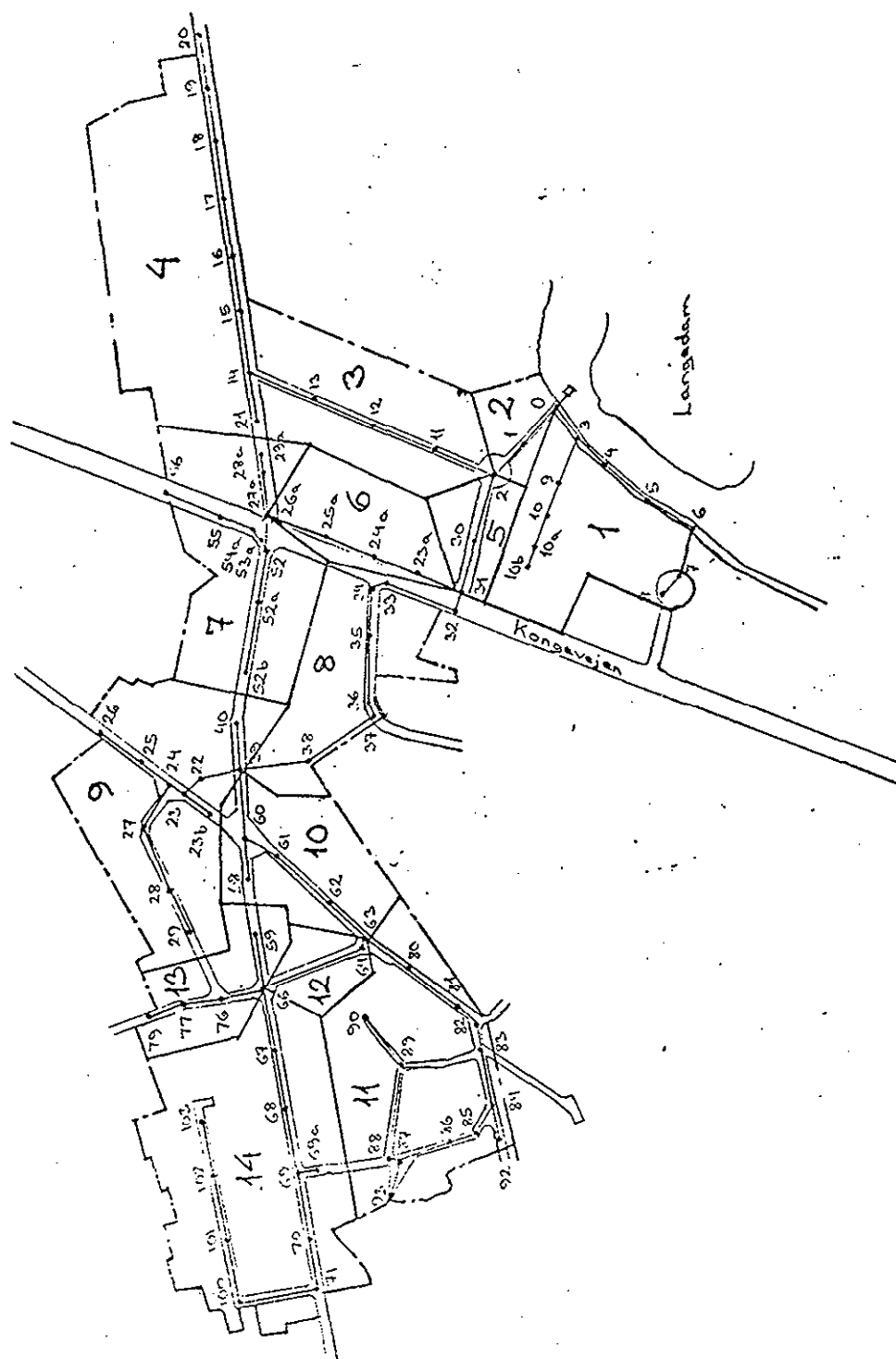
## APPENDIX 1



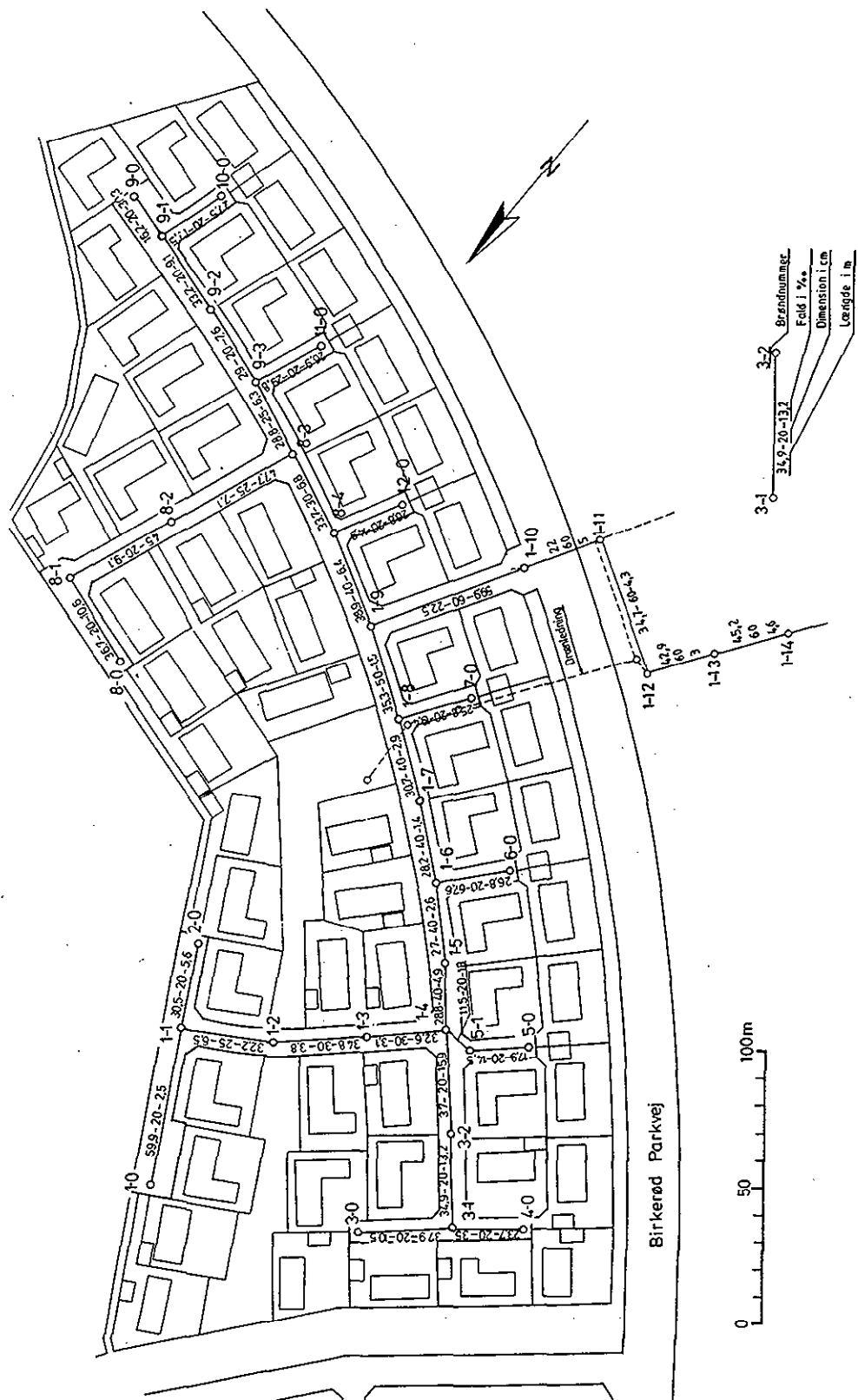
**Figur 1**  
Ledningsnet for måleopland Cedervænget.



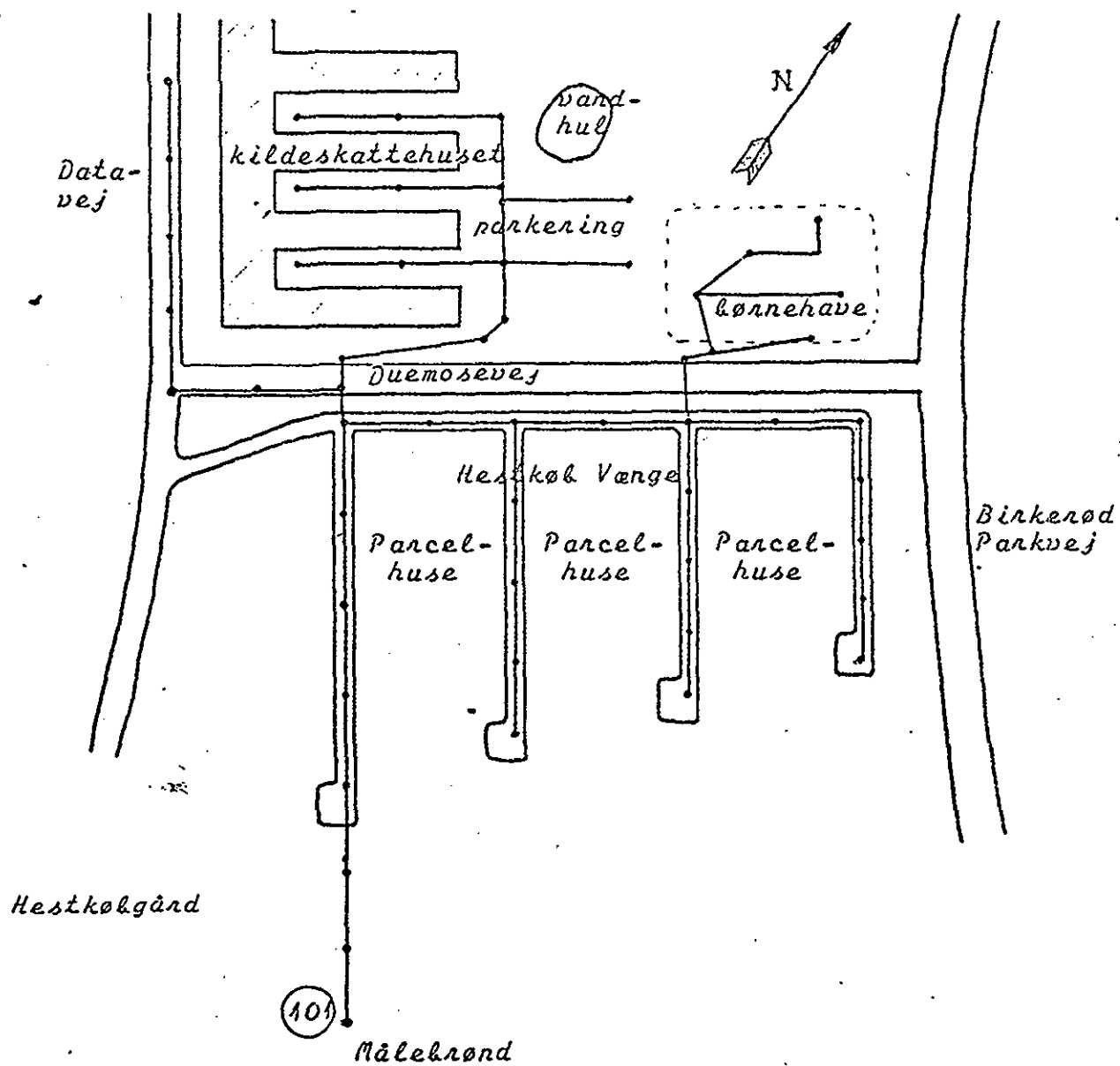
**Figur 2**  
Ledningsnet for måleopland Vester Paradisvej.



**Figur 3**  
Ledningsnet for måleopland Odinsvej.



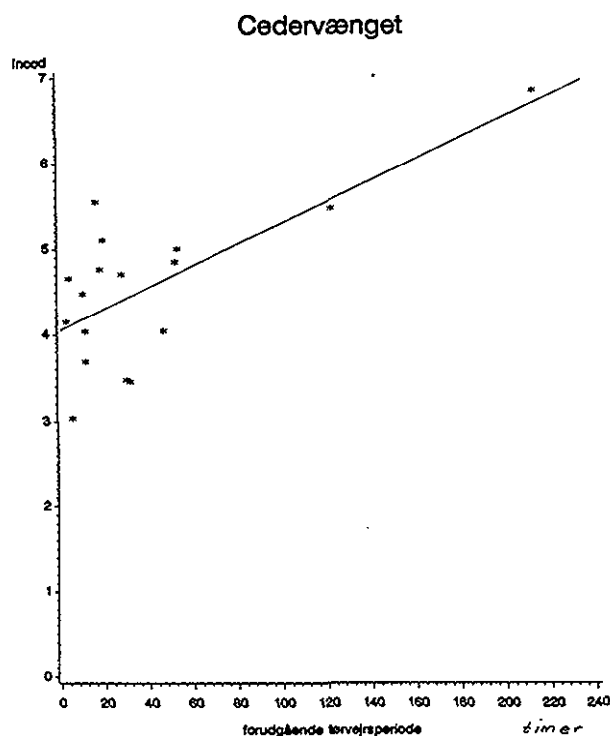
**Figur 4**  
Ledningsnet for måleopland Munkerisparken.



**Figur 5**  
Ledningsnet for måleopland Hestkøbgård.

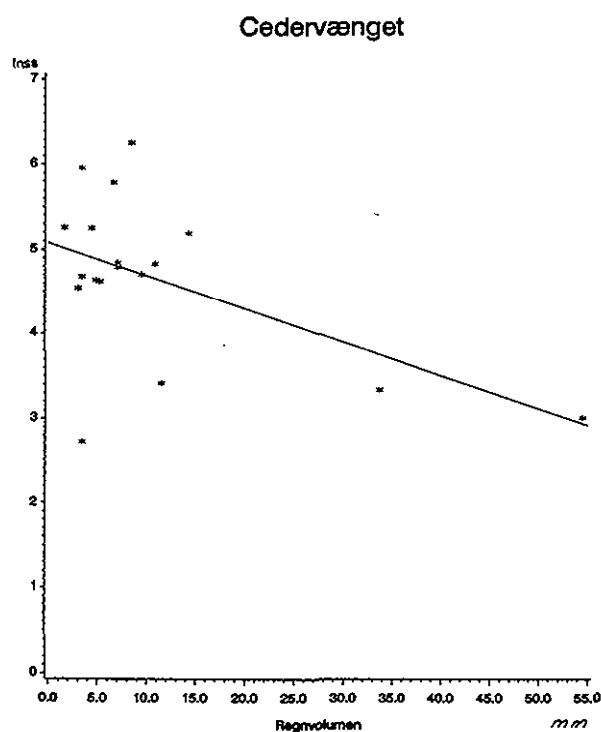
## APPENDIX 2





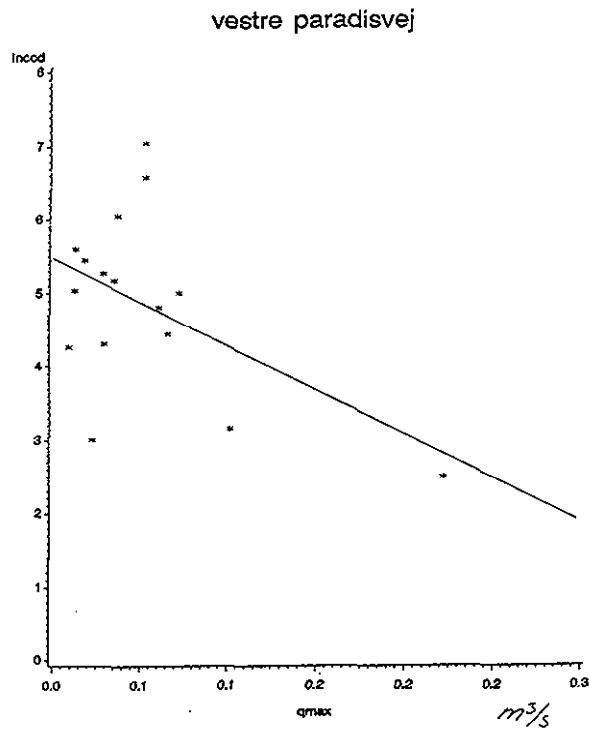
**Figur 1**

Bedst korrelerede uafhængig\*afhængig for Cedervænget. Hældningen af den indtegnede regressionslinie er ikke signifikant.

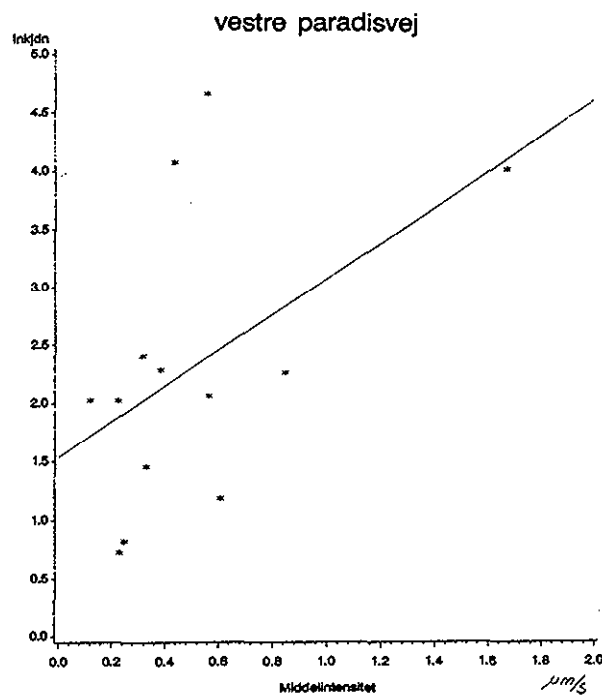


**Figur 2**

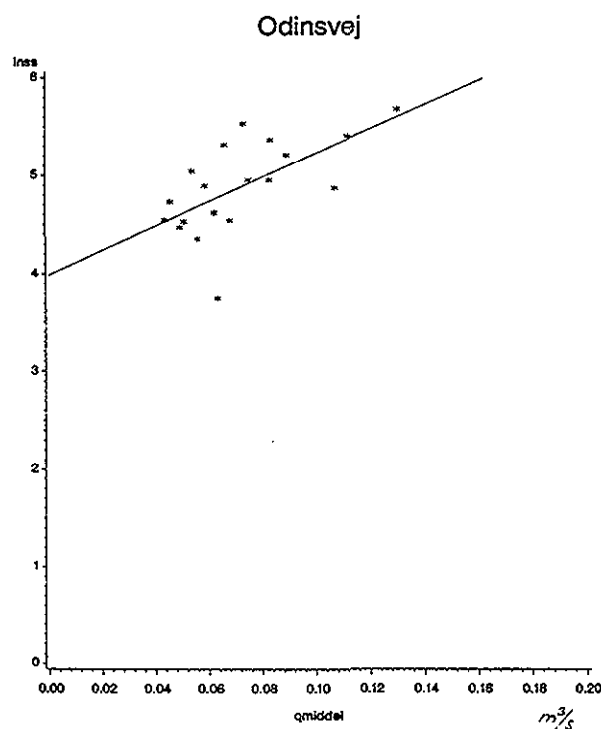
Næstbedst korrelerede uafhængig\*afhængig for Cedervænget. Hældningen af den indtegnede regressionslinie er ikke signifikant.



**Figur 3**  
Bedst korrelerede uafhængig\*afhængig for  
Vester Paradisvej. Hældningen af den  
indtegnede regressionslinie er ikke  
signifikant.

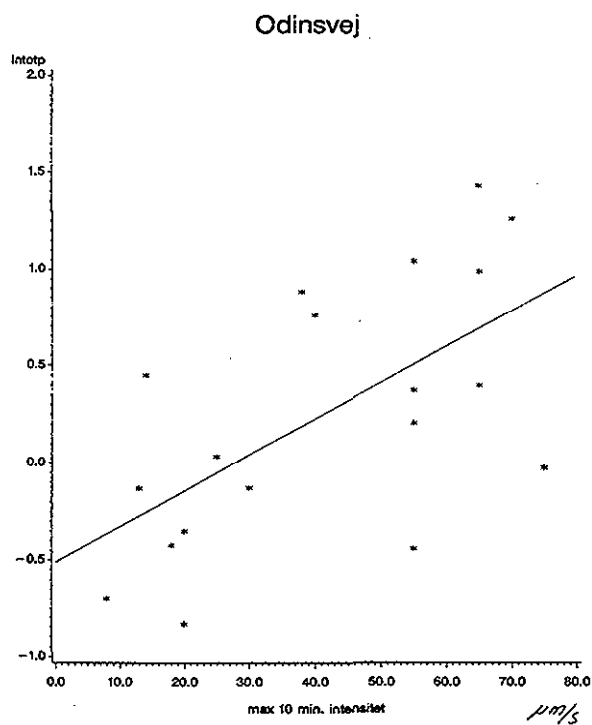


**Figur 4**  
Næstbedst korrelerede uafhængig\*afhængig for  
Vester Paradisvej. Hældningen af den indtegnede  
regressionslinie er ikke signifikant.



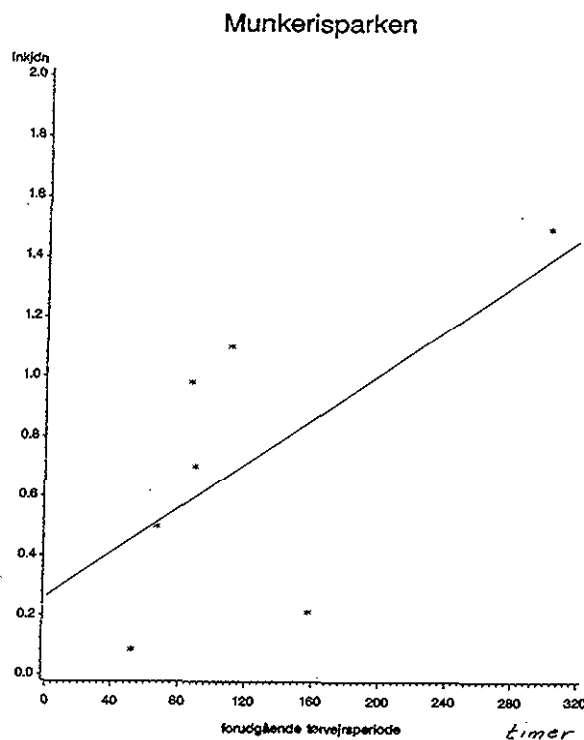
**Figur 5**

Bedst korrelerede uafhængig\*afhængig for Odinsvej. Hældningen af den indtegnede regressionslinie er ikke signifikant.



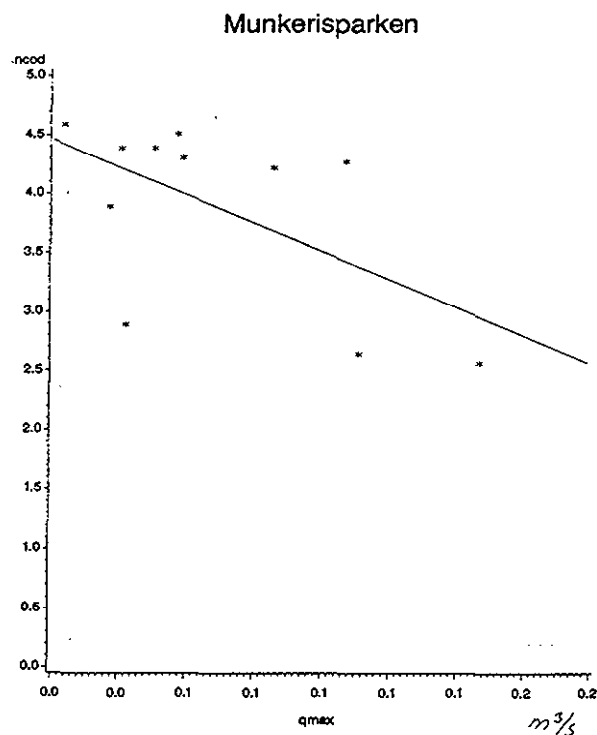
**Figur 6**

Næstbedst korrelerede uafhængig\*afhængig for Odinsvej. Hældningen af den indtegnede regressionslinie er ikke signifikant.



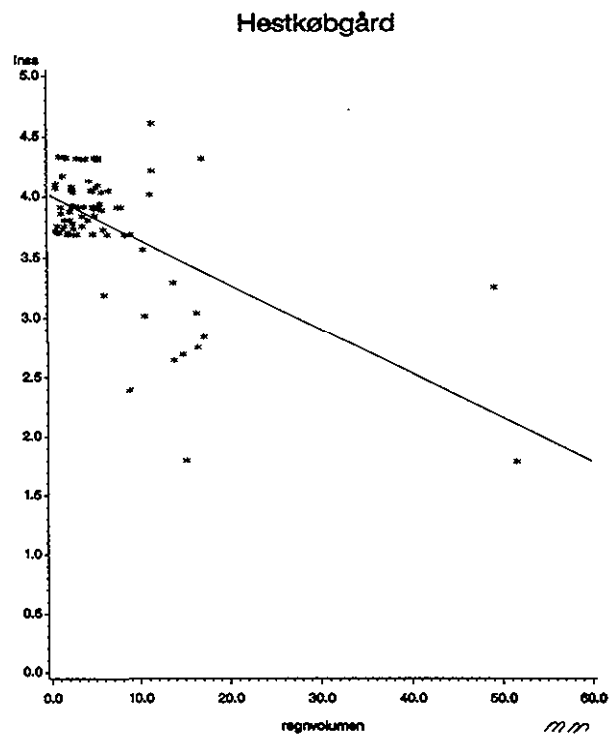
**Figur 7**

Bedst korrelerede uafhængig\*afhængig for Munkerisparken. Hældningen af den indtegnede regressionslinje er ikke signifikant.



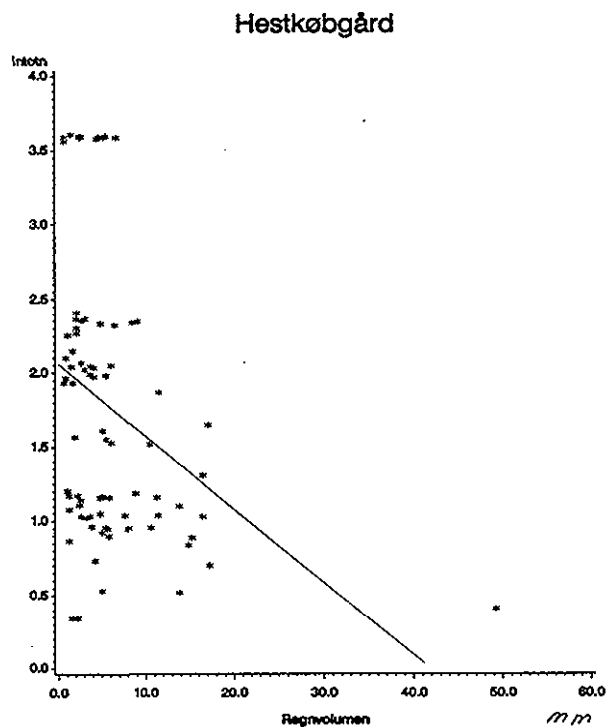
**Figur 8**

Næstbedst korrelerede uafhængig\*afhængig for Munkerisparken. Hældningen af den indtegnede regressionslinje er ikke signifikant.



**Figur 9**

Bedst korrelerede uafhængig\*afhængig for Hestkøbgård. Hældningen af den indtegnede regressionslinje er ikke signifikant.



**Figur 10**

Næstbedst korrelerede uafhængig\*afhængig for Hestkøbgård. Hældningen af den indtegnede regressionslinje er ikke signifikant.



## Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 136

Udgivelsesår: 1990

Titel: Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning

Undertitel:

Forfatter(e):

Udførende institution(er):

PH-Consult ApS

### Resumé:

I perioden 1974-81 blev der foretaget sammenhængende målinger af regn, regnafstrømning og forureningstransport på forskellige lokaliteter i Danmark. En del af måleresultaterne er blevet bearbejdet detaljeret. Der er ikke konstateret signifikant sammenhæng mellem målte koncentrationer og de anvendte statistiske og dynamiske parametre.

Rapporten anbefaler metodik og stofkoncentrationer til anvendelse ved beregning af forureningsmængder udledt fra regnvandsbetingede afløb.

### Emneord:

nedbør; afstrømning; statistik; afløb; overløb; analysemetoder; vandføring; kloaksystemer; stoftransport

ISBN: 87-503-8396-5

ISSN: 0105-3094

Pris: 90,- kr. (inkl. 22% moms)

Format: A4

Sideantal: 84

Md./år for redaktionens afslutning: februar 1990

Oplag: 700

Andre oplysninger:

Tryk: Notex · Grafisk Service Center · as



Trykt på miljøpapir