

Miljøministeriet



Danmarks  
Miljøundersøgelser

Vandmiljøplanens  
Overvågningsprogram 1990

# Land- overvågnings- oplande

Faglig rapport nr. 39



## Forord

Denne rapport tilhører rækken af faglige rapporter, der udarbejdes af Danmarks Miljøundersøgelser som led i den landsdækkende rapportering af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Overvågningsprogrammet blev iværksat efteråret 1988, og dette udgør den anden rapportering.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, der er konsekvensen af beretningen om Vandmiljøplanen afgivet af Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg den 30. april 1987. Systematisk indsamling af data gør det muligt at opgøre udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af den ændrede belastning af vandmiljøet med næringssalte.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljøministeriet til opgave at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. En væsentlig del af denne opgave er overvågning af miljø og natur. Det er derfor et naturligt led i Danmarks Miljøundersøgelses opgave at forestå den landsdækkende rapportering af Overvågningsprogrammet inden for områderne: Ferske vande, Marine områder, Landovervågning og Atmosfæren.

I Overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem kommunale og statslige myndigheder.

Rapporterne "Ferske vandområder - vandløb og kilder" og "Ferske vandområder - søer" er således baseret på amtskommunernes data og regionale rapporteringer af den amtskommunale overvågning af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder - fjorde, kyster og åbent hav" er baseret på amtskommunernes regionale rapportering af den amtskommunale overvågning af fjorde og kystvande samt Danmarks Miljøundersøgelses overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 6 landovervågningsoplande, og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks Geologiske Undersøgelser.

Endelig er rapporten "Atmosfæren - nedfald af kvælstofforbindelser" baseret på Danmarks Miljøundersøgelses overvågningsindsats.



Vandmiljøplanens  
Overvågningsprogram 1990

# Land- overvågnings- oplande

Faglig rapport nr. 39

Ruth Grant

Jesper Bak

Peter Berg

Eli Skop

*Afdeling for Terrestrisk Økologi*

Åge Rebsdorf

Niels Thyssen

Karina Kjeldsen

*Afdeling for Ferskvandsøkologi*

Per Rasmussen

*Danmarks Geologiske Undersøgelse*

Miljøministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser  
December 1991

## Datablad

- Titel:** Landovervågningsoplände
- Undertitel:** Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990
- Forfattere:** Grant, R., Bak, J., Berg, P. & Skop, E., Afdeling for Terrestrisk Økologi  
Rebsdorf, Å., Thyssen, N. & Kjeldsen, K., Afdeling for Ferskvandsøkologi  
Rasmussen, P., Danmarks Geologiske Undersøgelse
- Serietitel og nummer:** Faglig rapport nr. 39
- Udgiver:** Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser  
**Udgivelsesår:** 1991
- Layout:** Kathe Møgelvang  
**Tegninger:** Kathe Møgelvang  
**Teknisk assistance:** Kathe Møgelvang  
**ETB:** Bodil Thestrup & Hanne Stephensen
- Bedes citeret:** Grant, R., Bak, J., Berg, P. & Skop, E. Landovervågningsoplände.  
Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990. Danmarks Miljøundersøgelser,  
1991. Faglig rapport fra DMU nr. 39.
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- ISBN:** 87-7772-046-6  
**ISSN:** 0905-815X  
**Papirkvalitet:** Dansk Miljøpapir  
**Tryk:** Silkeborg Bogtrykkeri  
**Oplag:** 400 eks.  
**Sideantal:** 163  
**Pris:** kr. 125,00 (incl. 22% moms, excl. forsendelse)

### Købes hos:

Danmarks Miljøundersøgelser  
Afdeling for Terrestrisk Økologi  
Vejsøvej 25  
8600 Silkeborg  
Tlf.nr. 89 20 14 00

# Indhold

|               |   |
|---------------|---|
| <b>Forord</b> | <b>5</b>  |
| <b>1</b>      | <b>Resumé 7</b>   |
| <b>2</b>      | <b>Indledning 13</b>  |
| <b>3</b>      | <b>Beskrivelse af oplandene 15</b>                              |
| <b>4</b>      | <b>Beskrivelse af undersøgelsesprogram 17</b>                   |
| 4.1           | Jordbundsundersøgelser 17                                       |
| 4.2           | Interviewundersøgelser 18                                       |
| 4.2.1         | Beskrivelse af interviewundersøgelsen 18                        |
| 4.2.2         | Beregning af næringsstofindhold i husdyrgødning 19              |
| 4.3           | Nedbørsstationer og klimadata 19                                |
| 4.4           | Jordvandsundersøgelser 20                                       |
| 4.4.1         | Beskrivelse af prøvetagningsteknik 20                           |
| 4.4.2         | Kemiske analyser og målesikkerhed 20                            |
| 4.4.3         | Reparation af jordvandstationer 22                              |
| 4.4.4         | Beregning af afstrømning og udvaskning 23                       |
| 4.5           | Drænvandsundersøgelser 24                                       |
| 4.5.1         | Beskrivelse af drænvandsstationer 25                            |
| 4.5.2         | Kemiske analyser 25   |
| 4.5.3         | Beregning af afstrømning og stoftransport 25                    |
| 4.5.4         | Arealspecifik afstrømning og stoftransport 26                   |
| 4.6           | Grundvandsundersøgelser 26                                      |
| 4.6.1         | Beskrivelse af grundvandsprøvetagning 26                        |
| 4.6.2         | Kemiske analyseparametre og analysefrekvens 27                  |
| 4.6.3         | Grundvandsredernes funktion 28                                  |
| 4.7           | Vandløbsundersøgelser 29  |
| 4.7.1         | Vandløbskemi- og stoftransport 29                               |
| 4.7.2         | Biologiske strukturundersøgelser 30                             |
| 4.7.2.1       | Bundlevende alger 30  |
| 4.7.2.2       | Bunddyr og fisk 31  |
| 4.7.3         | Biologiske procesundersøgelser 33                               |
| 4.7.3.1       | Måleprogrammets omfang 33                                       |
| 4.7.3.2       | Målestationer og metoder 34                                     |
| 4.7.3.3       | Registrering, transmission, lagring og behandling af måldata 36 |
| 4.7.3.4       | Registrering af iltinfluerede procesrater 36                    |

|          |  |
|----------|--|
| <b>5</b> | <b>Jordtypefordeling, landbrugsstatistik og landbrugspraksis i oplandene 39</b>                  |
| 5.1      | Jordtypefordeling 39   |
| 5.2      | Landbrugsstatistik 40  |
| 5.2.1    | Bedrifternes størrelsesfordeling 41  |
| 5.2.2    | Brugstyper 41  |
| 5.2.3    | Dyretætheder 43  |
| 5.2.4    | Afgrødefordeling 44  |
| 5.2.5    | Anvendelse af kvælstof- og forsorgøgning 45  |
| 5.3      | Beskrivelse af landbrugspraksis 46   |
| 5.3.1    | Opgørelsesmetoder 47   |
| 5.3.2    | Det samlede areal 48   |
| 5.3.3    | Arealet fordelt på afgrødegrupper 51   |
| 5.3.4    | Ejendomme fordelt på brugstyper 55   |
| 5.3.5    | Ejendomme fordelt på arealgrupper 56   |
| 5.3.6    | Ejendomme fordelt på husdyrtæthedsgrupper 59   |
| 5.3.7    | Det overgødede areal 63  |
| 5.3.8    | Ejendomme fordelt efter opbevaringskapacitet 65  |
| 5.3.9    | Gødningsplaner 67  |
| 5.4      | Sammenfatning 69   |
| <b>6</b> | <b>Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene 73</b>  |
| <b>7</b> | <b>Arealkarakterisering, næringsstofbalance, afstrømning og udvaskning fra stationsmarker 75</b> |
| 7.1      | Jordbundsforhold og landbrugsmæssig drift på stationsmarker 75                                   |
| 7.1.1    | Jordbundsforhold 75  |
| 7.1.2    | Grundvandsniveau 76  |
| 7.1.3    | Landbrugsmæssig drift 76   |
| 7.2      | Kvælstof- og fosforkoncentrationer i jordvand og drænvand 78                                     |
| 7.2.1    | Jordvandsanalyser 78   |
| 7.2.1.1  | Nitratkoncentrationer 80   |
| 7.2.1.2  | Ammoniumkoncentrationer 80   |
| 7.2.1.3  | Fosforkoncentrationer 81   |
| 7.2.2    | Drænvandsanalyser 81   |
| 7.2.2.1  | Nitratkoncentrationer  |
| 7.2.2.2  | Ammoniumkoncentrationer  |
| 7.2.2.3  | Fosforkoncentrationer  |
| 7.3      | Afstrømning fra rodzonen 84  |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 7.4      | Kvælstofudvaskning fra rodzonen   | 85         |
| 7.4.1    | Kvælstofudvaskningens størrelse   | 85         |
| 7.4.2    | Kvælstofudvaskning i relation til arealanvendelse                       | 86         |
| 7.5      | Fosforudvaskning fra rodzonen   | 88         |
| 7.6      | Arealspecifik afstrømning og næringsstofudvaskning fra drænsystemer     | 89         |
| 7.6.1    | Målinger på lerjord   | 90         |
| 7.6.2    | Målinger på sandjord  | 91         |
| 7.6.3    | Dræning i oplandene   | 91         |
| 7.7      | Sammenfatning   | 92         |
| <b>8</b> | <b>Modelberegning af afstrømning og kvælstofudvaskning fra rodzonen</b> | <b>93</b>  |
| 8.1      | Datagrundlag og forudsætninger for beregninger med DAISY og EVACROP     | 93         |
| 8.2      | Afstrømning og kvælstofudvaskning fra stationsmarkerne                  | 94         |
| 8.3      | Sammenligning mellem målte og beregnede nitratkoncentrationer           | 97         |
| 8.4      | DAISY's følsomhed overfor variationer i den hydrauliske ledningsevne    | 99         |
| 8.5      | Sammenfatning   | 102        |
| <b>9</b> | <b>Grundvand</b>  | <b>103</b> |
| 9.1      | Indledning  | 103        |
| 9.2      | Grundvandsanalyser  | 103        |
| 9.3      | Pejlinger   | 104        |
| 9.4      | Grundvandskemi  | 105        |
| 9.4.1    | Nitrat  | 106        |
| 9.4.1.1  | Lerjordsoplande   | 107        |
| 9.4.1.2  | Sandjordsoplande  | 109        |
| 9.4.2    | Ammonium  | 111        |
| 9.4.3    | Orthofosfat   | 112        |
| 9.4.4    | Øvrige parametre  | 112        |
| 9.5      | Sammenfatning   | 113        |



|              |   |
|--------------|---|
| <b>10</b>    | <b>Vandløb 115</b>  |
| 10.1         | Vandkemi og stoftransport i vandløb 115   |
| 10.2         | Biologiske strukturer 117   |
| 10.2.1       | Bundlevende alger på finkornet sediment 117   |
| 10.2.2       | Bundlevende alger på sten 123   |
| 10.2.3       | Bunddyr 125   |
| 10.3         | Biologiske processer 126  |
| 10.3.1       | Iltforhold i de undersøgte vandløb 126  |
| 10.3.2       | Iltindholdets døgnvariation 127   |
| 10.3.3       | Iltindholdets årstidsvariation 128  |
| 10.3.4       | Hvilke faktorer styrer iltindholdet 131   |
| 10.4         | Sammenfatning 135   |
| <b>11</b>    | <b>Sammenstilling af vandkemidata fra rodzone, drænvand, grundvand og vandløb 139</b>         |
| 11.1         | Nitratkoncentrationsniveau 139  |
| 11.2         | Vand- og stoftransporter 140  |
| 11.2.1       | Vandbalancen 140  |
| 11.2.2       | Kvælstofafstrømning 141   |
| 11.2.3       | Fosforafstrømning 142   |
| 11.3         | Sammenfatning 142   |
| <b>12</b>    | <b>Referencer 145</b>   |
| <b>Bilag</b> | <b>153</b>  |
| Bilag I      | Ejendoms- og markoplysninger for stationsmarker 153   |
| Bilag II     | Nedbør, afstrømning samt N og P udvaskning fra rodzonen for 1989 og 1990 156                  |
| Bilag III    | Grundvandspejlinger, m u.t. for 1991 159  |
| Bilag IV     | Kemiske analyseparametre for jordvand (udvidet analyseserie), angivet som median for 1990 160 |
| Bilag V      | Næringsstofkoncentration i drænvand, angivet som årsmedian for 1990 161                       |
| Bilag VI     | Beregning af arealkoefficient for dyrkede arealer i landovervågningsoplandene. 162            |
|              | <b>Danmarks Miljøundersøgelser 164</b>  |

# 1 Resumé

## 1.1 Landovervågningsprogrammet

### *Landovervågning*

I Vandmiljøplanens Landovervågningsprogram undersøges næringsstofudvaskningen fra landbrugsarealer til vandmiljøet. Overvågningsprogrammet blev startet i 1988/89 i 6 små landbrugsdominerede vandløbsoplande, hvert på 5-15 km<sup>2</sup>:

Sandjordsoplande      Nordjylland, Odder Bæk  
                                 Ringkøbing/Viborg, Barslund Bæk  
                                 Sønderjylland, Bolbro Bæk

Lerjordsoplande      Storstrøm, Højvads Rende  
                                 Fyn, Lillebæk  
                                 Vejle/Århus, Horndrup Bæk

1989 udgjorde en startperiode, mens 1990 var første år med en fuldstændig dataserie.

### *Undersøgelsesprogram*

Undersøgelsesprogrammet består af:

- Jordprofilundersøgelse, herunder en jordbundsklassificering af oplandene; samt en hydrogeologisk og kvartærgeologisk kortlægning af oplandene.
- Årlig interviewundersøgelse om landbrugsdriften blandt samtlige lodsejere i oplandene vedrørende arealanvendelse, gødningsforbrug, husdyrhold m.v.
- Måleprogrammer: klimastationer, jordvandsstationer, drænvandsstationer, grundvandsstationer, vandløbsstationer.
- Modellering af N-udvaskning fra rodzonen ved hjælp af rodzonemodellen DAISY.

Jordprofilundersøgelsen er udført af Statens Planteavlsvforsøg, Afd. for Arealdata og Kortlægning. Geologisk kortlægning er udført af Danmarks Geologiske Undersøgelse. Amtskommunerne er ansvarlige for interviewundersøgelsen samt for drift af målestationer, og Danmarks Miljøundersøgelser samt Danmarks Geologiske Undersøgelse har ansvar for den faglige koordinering og centrale databehandling i Landovervågningsprogrammet.

### *Modelberegninger på oplandsniveau*

Undersøgelsesprogrammet giver mulighed for, at der på længere sigt kan foretages modelberegning af kvælstofudvaskning fra rodzonen på oplandsniveau samt beregning af total næringsstoftransport i oplandene.

### *Rapportering*

Nærværende rapport giver en analyse af landbrugets gødningsanvendelse, en vurdering af DAISY-modellen samt en beskrivelse af måleresultater for 1989 og 1990.

## 1.2 Landbrugets arealanvendelse

### *Oplandenes repræsentativitet*

Landovervågningsoplandene kan inddeles i tre sandjordsoplande og tre lerjordsoplande. For oplandene som helhed gælder, at de grovsandede jorder er repræsenteret med en større andel i oplandene end for landet som helhed, mens de finsandede og lerblandede sandjorder har en tilsvarende mindre andel.

Landbrugsejendommene i oplandene har en størrelse og brugstypesammensætning, der svarer til landet som helhed. Der er en blanding af planteavlsbrug og husdyrbrug i lerjordsoplandene, mens der overvejende er husdyrbrug i sandjordsoplandene. Husdyrtætheden i oplandene er 1.1 DE/ha, hvor landsgennemsnittet er 0.82 DE/ha.

### *Landbrugspraksis i oplandene*

Opgørelsen af landbrugspraksis baseret på interviewundersøgelsen har totalt omfattet 166 ejendomme med 1103 marker, et samlet areal på 4119 ha og et husdyrhold på 5556 dyreenheder. Undersøgelsen er dermed på størrelse med en tilsvarende i forbindelse med NPo-handlingsplanen. Da husdyrtætheden i oplandet er større end landsgennemsnittet, kan undersøgelsen kun med forbehold bruges til at vurdere gødskningsniveauet på landsplan. Undersøgelsens størrelse og oplandenes repræsentativitet gør det imidlertid muligt at give et aktuelt billede af landbrugspraksis.

Opgørelsen viser, at det største aktuelle problem i landbrugspraksis er udnyttelsen af husdyrgødningen. Der er sket en omlægning af udbringningstider, så 60% af husdyrgødningen udbringes om foråret eller sommeren. Husdyrgødningen bliver imidlertid fordelt meget ujævnt på arealet. Den største del af husdyrgødningen (71% af kvælstofmængden) udbringes på marker, der i total kvælstof tildeles mere end 200% af den anbefalede effektive kvælstofmængde. Der kan endvidere ikke ses nogen tendens til mindre udbringning af handelsgødning på marker, der tildeles store mængder husdyrgødning. Beregnes nyttevirkningen af den udbragte husdyrgødning alene på baggrund af udbringningstidspunkt, afgrøde og jordbund, findes en samlet udnyttelse på 33%. På grund af den ujævne fordeling vil den reelle udnyttelse være under halvdelen heraf.

Der er en klar sammenhæng mellem stigning i husdyrtæthed (DE/ha) og stigning af tilført kvælstof (N) i forhold til anbefalet mængde. For grupper af ejendomme med stigende husdyrtæthed er den totale N-tildeling/anbefalet effektiv mængde 106% (<1 DE/ha), 153% (1-2 DE/ha), 179% (2-3 DE/ha), 207% (>3 DE/ha).

En sammenligning af ejendomme, hvor gødningsplanen er udarbejdet af ejeren, med ejendomme, hvor gødningsplanen er udarbejdet af en konsulent, viser en klart højere tildeling i forhold til anbefalet mængde, hvor gødningsplanen udarbejdes af en konsulent.

### 1.3 Modellering af kvælstofudvaskning

Status for  
DAISY-modellen

Med rodzonemodellen DAISY er der gennemført en række beregninger af kvælstofudvaskningen fra udvalgte stationsmarker. En vurdering af udvaskningens størrelse indikerer, at DAISY-modellen generelt underestimerer kvælstofudvaskningen. Med mere fyldestgørende oplysninger om stationsmarkerne og deres anvendelse forventes et bedre resultat at kunne opnås.

Ved anvendelse af DAISY-modellen på nuværende tidspunkt til større opgaver som beregning af kvælstofudvaskning fra oplande eller hele landet, kan det formodes, at der vil beregnes en for lav udvaskning.

### 1.4 Målt kvælstof- og forforudvaskning samt betydning for grundvands- og vandløbskvalitet

Nedbør og afstrømning fra rodzonen på stationsmarker

I de 6 oplande blev der målt en gennemsnitlig nedbør på 646 mm i 1989 og 939 mm i 1990. Dette svarer til henholdsvis 76% og 114% af normalnedbøren. Beregnet afstrømning fra rodzonen var tilsvarende forøget fra gennemsnitlig 220 mm i 1989 til 468 mm i 1990.

Målt N- og P-udvaskning fra rodzonen

Udvaskning af nitratkvælstof (N) fra rodzonen blev ved stationsmarkerne målt til gennemsnitlig 93 kg N/ha i 1989 for ét sandjordsopland og 118 kg N/ha i 1990 for tre sandjordsoplande. Tilsvarende blev udvaskningen fra stationsmarkerne i de tre lerjordsoplande målt til gennemsnitlig 38 kg N/ha i 1989 og 99 kg N/ha i 1990.

Udvaskning af fosfor (P) fra rodzonen har været lav; denne blev ved stationsmarkerne målt til gennemsnitlig 0.02 kg P/ha i 1989 for ét sandjordsoplande og 0.05 kg P/ha i 1990 for tre sandjordsoplande. Tilsvarende blev udvaskningen fra stationsmarkerne på de tre lerjordsoplande målt til gennemsnitlig 0.06 kg P/ha i 1989 og 0.19 kg P/ha i 1990. Den højere udvaskning på lerjorder må tilskrives, at enkelte stationer bidrager med særlig store mængder.

Målt N- og P-udvaskning fra drænsystemer på 2 lerjordsoplande

Drænvandsundersøgelser på to lerjordsoplande med intensiv detaildræning (Storstrøm og Fyn) har vist, at der i 1990 blev udvasket gennemsnitlig 26 kg nitrat-N/ha og 0.05 kg fosfat-P/ha via dræn. Disse mængder svarer i gennemsnit til ca. 53% af nitratudvaskningen fra rodzonen og 20% af fosfatudvaskningen fra rodzonen.

Udvaskning af organisk kvælstof fra dræn udgjorde ca. 7% af total kvælstof, mens udvaskningen af partikulært fosfor fra dræn udgjorde ca. 25% af total fosfor.

Arealkoefficienten for dyrkede arealer

Stoftransporten i vandløbene er angivet ved arealkoefficienten for det dyrkede areal; dvs. der er korrigeret for naturarealer og spredt bebyggelse ved hjælp af standardværdier.

Udvaskningen af total N fra dyrkede arealer til vandløbene blev målt til gennemsnitlig 11 kg N/ha i 1989 for ét sandjordsopland og 15 kg N/ha i 1990 for tre sandjordsoplande. Tilsvarende var udvaskningen til vandløbene i lerjordsoplandene gennemsnitlig 15 kg N/ha i 1989 og 31 kg N/ha i 1990.

Bestemmelse af udvaskning af fosfor fra dyrkede arealer til vandløbene er usikker på grund af manglende kendskab til det faktiske spildevandsbidrag.

#### *Grundvandskvalitet i oplandene*

Grundvandsspejlet i de 6 overvågningsoplande ligger gennemsnitlig 2-3 meter under terræn.

Det øvre grundvand i såvel lerjords- som sandjordsoplandene er tydeligt påvirket af landbrugsdriften. I 1.5 meters dybde blev der i undersøgelsesperioden målt høje nitratindhold på gennemsnitlig 46-120 mg nitrat/l, svarende til 10.4-27.1 mg nitrat-N/l.

Der er registreret store årstidsvariationer i nitratkoncentrationerne i grundvandet; variationerne aftager med dybden. Endvidere er der fundet stor stedslig variation i nitratkoncentrationerne i grundvand af samme dybde.

Ammoniumindholdet i grundvandet stiger med dybden fra en gennemsnitlig koncentration på 0.02-0.18 mg N/l 1.5 meter under terræn til gennemsnitlig 0.25-1.80 mg N/l i 5 meters dybde.

Fosfatindholdet i det øvre grundvand er lavt og generelt konstant fra 1.5-5 meter under terræn i lerjords- og sandjordsoplandene. Den gennemsnitlige koncentration var omkring 0.02 mg P/l.

#### *Vandløbskvalitet i oplandene*

For at opnå større viden om sammenhænge mellem vandkemiske forhold og i små vandløb i landbrugsområder blev der i 1989-90 gennemført en række kvalitative og kvantitative undersøgelser i de 6 vandløb, der afvander LOOP-oplandene.

De bundlevende algers maksimale biomasse var korreleret med den gennemsnitlige fosfatkoncentration. Således øgedes den maksimale biomasse fra 25 til ca. 700 mg klorofyl pr. m<sup>2</sup>, når P-koncentrationen steg fra 0.05 til 0.1 mg fosfat-P pr. l. Kvælstofkoncentrationen var for høj til at have regulerende betydning for algerne. Forureningsgraden bedømt efter bunddyrenes forekomst varierede igennem hele skalaen fra praktisk taget uforurenat til stærkt forurenat i de 6 vandløb. Årsagen til de højeste grader af forurening er snarere hårdhændet vedligeholdelse og forurening med sprøjtegifte end forurening med iltforbrugende organisk stof. Kontinuerlige målinger af iltkoncentration og temperatur viste, at iltforholdene var gode i hele undersøgelsesperioden. De konstaterede døgn- og årstidsvariationer var små, og kunne som regel tilskrives ændringer i vandtemperaturen. Beregninger af de iltinfluerende processer viste, at den atmosfæriske udveksling af ilt (genluftningen) var helt dominerende, mens fotosyntese og respiration kun spillede en rolle i enkelte vandløb.

*Sammenstilling  
af data*

Der er i rapporten givet en foreløbig sammenstilling af målte vandkvalitetsdata og stoftransportdata for øvre jordlag, grundvand og vandløb.



## 2 Indledning

### *Landbrugets næringsstofudledning.*

I de senere år har der været en stigende opmærksomhed omkring landbrugets næringsstofudvaskning. Inden for landbrugserhvervet er der de sidste 20-30 år sket en strukturændring, der har medført en større koncentration af husdyr på færre brug. Dette betyder, at større mængder af husdyrgødning spredes på mindre arealer. For handelsgødning er forbruget steget fra 40 til 144 kg N/ha i perioden 1960-1990. Disse ændringer i landbrugets gødningsanvendelse medfører en øget opmærksomhed på tabet af næringsalte fra landbrugsjorder, og dermed også på landbrugets bidrag til vandmiljøets næringsstofbelastning.

I Danmark er de fleste undersøgelser af næringsstofudvaskning foregået inden for statens og landbrugets forsøgsvirksomhed, hvor næringsstofudvaskningen oftes måles ved lysimeter eller sugecelleforsøg.

### *Overvågning af oplande, vandløb og grundvand*

Med iværksættelse af Vandmiljøplanens landovervågning undersøges næringsstofudvaskning på almindelige landbrugsarealer. Formålet med undersøgelsesprogrammet er at bestemme næringsstofudvaskningen fra rodzonen, samt at bestemme næringsstofftransporten til vandløbene og betydningen for grundvandsskvaliteten. Udvasningsdataene kan efterfølgende anvendes til at vurdere udviklingen i landbrugets markbidrag.

Landovervågningsprogrammet er etableret i 6 små veldefinerede afstrømningsoplande (5-15 km<sup>2</sup>). Udvælgelsen af disse oplande er foretaget med den hensigt at få dækket et bredt spektrum af faktorer som jordbundstype, husdyrhold, ejendomsstørrelse, afgrødefordeling og gødningsforbrug. Sammen med klimaforhold er disse faktorer bestemmende for størrelsen af næringsstofudvaskningen.

### *Udvikling af rodzonemodel*

Der er på internationalt plan stor opmærksomhed omkring modeller til beregning af afstrømning og kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. En ny rodzonemodel, DAISY, er under udvikling på Landbohøjskolen og ved DMU. Som led i vurderingen af rodzonemodellen bliver målte data fra Landovervågningsprogrammet sammenlignet med de modelberegnedede værdier. Det har vist sig nødvendigt at foretage en omkodning af DAISY, som vil blive udført i 1992-93.

### *Afreportering*

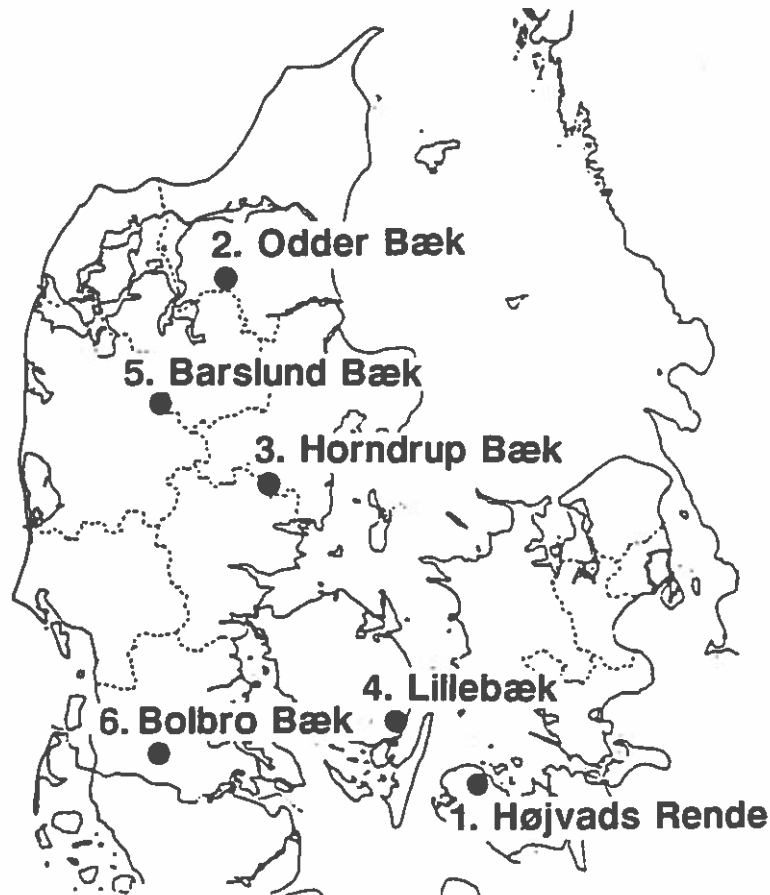
Amtskommunerne har udarbejdet rapporter over egne måleresultater fra landovervågningen; herunder er der foretaget en mere eller mindre udførlig vurdering af arealanvendelsen samt af de enkelte målestationer. I denne rapport er der foretaget en overordnet sammenstilling af resultater fra de 6 oplande. Der rapporteres om landbrugsstatistik, landbrugets adfærd, kvælstofudvaskning fra rodzonen på stationsmarkerne, kvaliteten af det øvre grundvand i oplandene samt næringsstoffafstrømning til vandløbene og biologiske forhold i vandløbene. Endvidere gives en status og vurdering af rodzonemodellen DAISY, herunder en følsomhedsanalyse af vigtige inputparametre.



Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Terrestrisk Økologi er ansvarlig for rodzoneprogrammet, mens Afdeling for Ferskvandsøkologi står for vandløbsprogrammet og Danmarks Geologiske Undersøgelse har ansvar for grundvandsprogrammet. Rapporten er koordineret af Afdeling for Terrestrisk Økologi.

### 3 Beskrivelse af oplandene

Beliggenheden af de 6 overvågningsoplande (LOOP 1-6) er vist i Figur 3.1. Nedenfor er givet en kortfattet beskrivelse af oplandene, mens der i afsnit 5 findes en mere detaljeret beskrivelse af jordtypefordeling og landbrugsstatistik i oplandene.



Figur 3.1. Oversigt overlandovervågningsoplandenes placering.

#### Storstrøm

#### LOOP 1, Højvads Rende (Storstrøms Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 980 ha. Den nordøstlige del er præget af et bakket terræn med mange lavninger og mosearealer, den vestlige del er svagt bakket, mens den sydlige del er karakteriseret ved et fladt landskab. De øvre jordlag består af moræneler og sandlag, og herunder i 35-45 m's dybde findes skrivekridt. De dominerende jordtyper i oplandet er klassificeret som sandblandet ler (80%) og lerjorder (14%). Skov udgør 27% af oplandsarealet, resten er i landbrugsmæssig drift.

## Nordjylland

### LOOP 2, Odder Bæk (Nordjyllands Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 1140 ha. Den nordlige og vestlige del er karakteriseret ved et småbakket terræn, mod øst er landskabet svagt kuperet, og i den sydlige del er terrænet markant fladt. Jordlagene består af vekslende ler og sandlag til stor dybde; i den øverste meter findes overvejende sand. De dominerende jordtyper i oplandet er klassificeret som grovsandet jord (72%) og finsandet jord (17%). Skov udgør ca. 2% af oplandsarealet, omtrent resten er i landbrugsmæssig drift.

## Vejle/Århus

### LOOP 3, Horndrup Bæk (Vejle/Århus Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 530 ha. Det er karakteriseret ved et stærkt kuperet terræn med Ejer Baunehøj beliggende i den sydlige del. Jordlagene består overvejende af moræneler med morænesand og -grus i små isolerede områder. Smeltevandssand findes i vandløbsdalene. De dominerende jordtyper i oplandet er klassificeret som sandblandet ler (70%) og lerblandet sand (24%). Skov udgør 18% af oplandsarealet, resten anvendes til landbrugsmæssig drift.

## Fyn

### LOOP 4, Lillebæk (Fyns Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 470 ha. Det fremtræder som et svagt skrånede terræn ned mod Storebælt. Jordlagene består overvejende af moræneler med indslag af smeltevandssand og ler. I de dybere jordlag findes et sammenhængende sandlag. De dominerende jordtyper i oplandet er klassificeret som sandblandet ler (86%) og lerblandet sand (4%). Skov udgør 2% af oplandsarealet, 89% anvendes til intensiv landbrugsdrift, og 9% af arealet er veje, byer m.v.

## Ringkøbing/Viborg

### LOOP 5, Barslund Bæk (Ringkøbing/Viborg Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 1470 ha. Området er en typisk hedeslette med okkerpåvirkninger. Jordtyperne i oplandet er klassificeret som grovsandet jord (90%) og humusjord (10%). Flyvestation Karup udgør en del af oplandsarealet (ca. 13%); skov findes i ca. 22% af arealet, mens omtrent resten anvendes til landbrugsmæssig drift.

## Sønderjylland

### LOOP 6, Bolbro Bæk (Sønderjyllands Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 1330 ha og er karakteriseret ved et fladt terræn, der skråner svagt fra nordøst mod sydvest. Jordtyperne i oplandet er klassificeret som grovsandet jord (67%), lerblandet sandjord (18%) og humusjord (14%). Mere end 99% af arealet er i landbrugsdrift; 0,4% er skov.

## 4 Beskrivelse af undersøgelsesprogram

### Undersøgelsesprogram og institutioner

I dette afsnit gives en kort beskrivelse af de undersøgelsesprogrammer, som indgår i landovervågningsprogrammet og de udførende institutioner.

- Jordprofilundersøgelser (Afd. for Arealdata og Kortlægning, ADK)
- Interviewundersøgelser (Amtskommunerne)
- Måleprogrammer
  - Klimastationer (Danmarks Meteorologiske Institut (DMI));
  - Statens Planteavlsvforsøg (Foulum)
  - Jordvandsstationer (Amtskommunerne)
  - Drænvandsstationer (Amtskommunerne)
  - Grundvandsstationer (Amtskommunerne)
  - Vandløbsstationer (Amtskommunerne)

Ansvar for den faglige koordinering og rapportering ligger hos Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Afd. for Terrestrisk Økologi mht. interviewundersøgelser og rodzoneprogrammet, hos Afd. for Ferskvandsøkologi mht. vandløbsprogrammet, og hos Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) mht. grundvandsprogrammet.

### 4.1 Jordbundsundersøgelser

#### Jordprofilundersøgelsen

ADK, Statens Planteavlsvforsøg har i foråret 1989 udført jordprofilundersøgelser i de 6 overvågningsoplande (*Jensen & Madsen, 1990*). Formålet med undersøgelsen har været at bestemme jordbundsfysiske og -kemiske parametre, som er nødvendige til beregning af kvælstofomsætning og vandbalance i rodzonen (bl.a. til brug ved kørsel med rodzonemodellen DAISY).

Der er udgravet 10-11 profiler (til ca. 1,4 m's dybde) i hvert landovervågningsopland, således at alle marker med jordvandsstationer er repræsenteret med en profil, mens de resterende profiler er fordelt i oplandet. Ved hvert profil er foretaget en detaljeret beskrivelse af horisonterne samt udtaget prøver til vandretentionsanalyse og til bestemmelse af tekstur, humus, CaCO<sub>3</sub> indhold, pH, total N indhold og C:N forhold.

#### Jordklassificeringskort og geologiske jordartskort

ADK (*Jensen & Madsen, 1990*) har foretaget en sammenstilling af jordtyper fra jordklassificeringskort (tekstur i pløjelaget) og geologiske jordartskort (geologisk lagfølge til 1 m's dybde, DGU). De fremkomne arealklasser er herefter henført til en eller flere af jordprofilerne, således at samtlige marker inden for et opland kan beskrives ud fra jordprofilundersøgelsen.

## 4.2 Interviewundersøgelse

### 4.2.1 Beskrivelse af interviewundersøgelsen

#### Formål

Der foretages interviewundersøgelse om landbrugsdriften blandt alle lodsejere og forpagtere i landovervågningsoplandene. Formålet med dette undersøgelsesprogram er, at indhente oplysninger, som er nødvendige for beregning og vurdering af næringsstofudvaskningen, samt at fremskaffe et statistisk grundlag for beregning af næringsstofudvaskning i oplandet, på regionalt og nationalt niveau.

#### Interviewprogrammet

Oplysningerne i interviewprogrammet omfatter:

Ejendommen: Størrelse, arealudnyttelse og dræning.

Arealer: Markstørrelser og beliggenhed.

Arealanvendelse: Afgrøder, efterafgrøder, anvendelse af afgrøderester, bruttoudbytte, tidspunkter for pløjning, såning, høst og nedbringning af afgrøderester samt eventuel vanding.

Gødningsforbrug: For husdyrgødningens vedkommende: Oprindelse, type, tildelt mængde, udbringningstidspunkt samt udbringnings- og nedbringningsmåde. For handelsgødningens vedkommende: Gødningstype, mængde og udbringningstidspunkt.

Husdyrholdet: Type, antal, staldtype, udbinding, produktion af husdyrgødning.

Punktkilder: Opbevaringskapacitet for husdyrgødning, opbevaring af ensilage samt afløbsforhold for spildevand.

For LOOP 1 og 6 omfatter interviewundersøgelsen også pesticider.

Interviewundersøgelsen er udført for årene 1988, -89 og -90. For 1987 og tidligere år er indhentet historiske oplysninger i det omfang, det har været muligt.

Dataene er indberettet på EDB for 1989 og -90; Fyns Amtskommune desuden for 1988. Som indberetningsformat er anvendt ADK's databaseprogram "IMARK"; en undtagelse er dog Ringkøbing/Viborg Amtskommune, som har anvendt Hedeselskabets program.

#### Interviewer

Amtskommunerne har i de fleste tilfælde lagt interviewundersøgelsen ud til andre organisationer. Undersøgelserne er således foretaget af:

LOOP 1 (Storstrøms Amtskommune): Hedeselskabet og planteavlsskontoret, Ø. Toreby

- LOOP 2 (Nordjyllands Amtskommune): Planteavlkontoret, Års
- LOOP 3 (Vejle/Århus Amtskommune): Amtskommunen
- LOOP 4 (Fyns Amtskommune): Amtskommunen og Sydfyns Landbocenter
- LOOP 5 (Ringkøbing/Viborg Amtskommune): Hedeselskabet
- LOOP 6 (Sønderjyllands Amtskommune): Planteavlskonsulenter fra forskellige planteavlkontorer.

#### 4.2.2 Beregning af næringsstofindhold i husdyrgødning

##### Næringsstofindhold i husdyrgødning

Nyere opgørelser har vist, at der er stor usikkerhed omkring normalt for produktion af husdyrgødning og næringsstofindhold i husdyrgødning (Hansen et al. 1989; Nielsen 1990; Sibbesen 1990). Der er overvejelser igang over, hvorvidt de normalt der sædvanligvis anvendes (Laursen, 1987; Håndbog for plantedyrkning, 1990), bør revideres.

Til den statistiske opgørelse af landbrugsdriften i oplandene er anvendt modificerede tal af Laursen (1987), (Laursen 1990, personlig komm.).

#### 4.3 Nedbørsstationer og klimadata

##### Datagrundlag

Klimadata for oplandene er indhentet af Statens Planteavlsvforsøg, Afd. for Jordbrugsmeteorologi. De indhentede klimadata omfatter nedbør, temperatur, potentiel fordampning og global indstråling. Dataene er beskrevet i Olesen og Heidmann (1990).

De indhentede oplysninger er baseret på Statens Planteavlsvforsøgs ordinære net af klimastationer i forbindelse med kvadratnetundersøgelsen. I hvert opland er der desuden opstillet 1-2 nedbørsstationer til måling af døgnværdier for nedbør. Der er taget udgangspunkt i oplandenes geografiske center. Herudfra er trukket stedse større radier indtil den fundne radius omfatter fem målestationer. De anvendte klimadata er fundet som en afstands-vægtet midling af måleværdier for disse fem stationer.

##### Nedbørsværdier

Nedbørsværdierne angivet i denne rapport er korrigeret til jordoverfladen, dvs. korrigeret for opfugtningstab og aerodynamiske fejl (Allerup & Madsen, 1979). Det er disse værdier, der indgår i afstrømningsmodellen EVACROP og rodzonemodellen DAISY. De korrigerede værdier er ca. 15% større end ukorrigerede værdier.

## 4.4 Jordvandsundersøgelser

### 4.4.1 Beskrivelse af prøvetagningsteknik

#### Jordvandsstationernes etablering

I overvågningsprogrammets 6 oplande foretages kemisk analyse af jordvandsprøver med det formål at kunne beregne kvælstofudvaskning fra rodzonen (*Miljøstyrelsen, 1989*). Der er i hvert opland etableret 6-8 jordvandsstationer, ialt 40, i forbindelse med grundvandsstationer. Hver station består af 10 tensiometerceller (sugeceller), placeret under rodzonen i ca. 100-120 cm dybde. Som sugeceller er anvendt teflonceller. Med hensyn til jordvandsstationernes etablering i øvrigt henvises til Etableringsrapporter fra DGU (1989 a-f) samt rapporter fra Amtskommunerne og fra DMU (*Grant & Blicher-Mathiesen, 1990*). På baggrund af stationernes drift i 1989 og 1990 blev det besluttet at retablere defekte sugeceller på stationerne. Ved reetablering af jordvandsstationerne i LOOP 5, Ringkøbing/Viborg, blev samtlige celler udskiftet med keramikceller (afsnit 4.4.3).

#### Prøveudtagning

Der udtages jordvandsprøver ca. én gang om ugen i afstrømningsperioder. Til prøveudtagningen anvendes en kontinuert vakuumteknik (*Beier et al., 1989*), dvs. vakuum påsættes umiddelbart efter forrige prøvetagning, og sugecellen står med vakuum indtil næste prøvetagning. Der anvendes et begyndelsesundertryk på ca. -0.7 bar. Ved hver prøvetagning måles opsamlede vandmængder og restvakuum for de enkelte sugeceller.

Tre amtskommuner (LOOP 1, 2 og 4) har foretaget målinger, som viser, at der med ovennævnte teknik generelt sker en jævn, men aftagende prøveopsamling igennem en vakuumperiode på 7 dage. I løbet af de 2 første dage opsamles 45-70% af, hvad der kunne opsamles i en periode på 7 dage. Amternes undersøgelser er beskrevet i "Notat vedrørende drift af jordvandsstationer i Landovervågningsoplandene. DMU, TØ 29.05.91".

Vandprøverne fra de 10 sugeceller inden for en station samles til en fællesprøve. I 1989 og 1990 blev der fra celler, som opsamlede mere end 100 ml, kun medtaget 100 ml; og fra celler, der opsamlede mindre end 100 ml blev hele prøvevolumenet medtaget. Fra slutningen af 1990 blev proceduren ændret, således at der udtages lige store mængder fra hver celle, minimum 30-40 ml; vandprøver fra celler, der opsamler mindre mængder, medtages ikke i fællesprøven.

### 4.4.2 Kemiske analyser og målesikkerhed

#### Kemiske analyser

Jordvandsprøverne analyseres for pH, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og PO<sub>4</sub>-P. Ifølge analyseprogrammet skal der endvidere 4 gange om året analyseres for de samme parametre som ved grundvandsprogrammet (dvs. alkalinitet, ledningsevne, Cl, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg, Na, K, Fe og aciditet). Det anbefales, at total N og P tages med i den

udvidede analyseserie. I nogle tilfælde har det været nødvendigt at reducere analyseprogrammet på grund af for små prøvevolumener.

Analyserne udføres efter "Dansk Standard" med enkelte modifikationer foretaget af amtskommunerne. I notat vedr. drift af jordvandsstationer i Landovervågningsoplandene, DMU, TØ, 29.05.91, er beskrevet fælles retningslinier for analysemetoder.

#### Variation på nitratmålinger

I 1989-91 er der på 35 jordvandsstationer foretaget 2-3 analyse-serier af nitratindholdet i jordvandet på enkeltcelleniveau til vurdering af variationen på en fællesprøve. Det har vist sig, at den relative spredning ved målingerne på de enkelte stationer lå på omtrent samme niveau.

Størrelsen af de gennemsnitlige relative spredninger på nitratmålingerne er vist nedenfor i Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Fordeling af gennemsnitlige relative spredninger på nitratmålinger, foretaget ved 2-3 analyse-serier på hver jordvandsstation i 1989-91.

| Oplande  | Antal St. | Gns. rel. spredning % |       |       |       |        |         |
|----------|-----------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|---------|
|          |           | 0-20                  | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80-100 | 100-120 |
| Lerjord  | 18        | 1                     | 4     | 7     | 0     | 2      | 4       |
| Sandjord | 17        | 0                     | 7     | 3     | 3     | 3      | 1       |
| Total    | 35        | 1                     | 11    | 10    | 3     | 5      | 5       |

Det ses, at spredningen er ret betydelig. Ved 60% af stationerne har den gennemsnitlige relative spredning ligget på 20-60%, mens ved hovedparten af de øvrige stationer har spredningen ligget på 60-120%. Til sammenligning kan nævnes, at Djurhuus (1990) på et sandjordsareal fandt relative spredninger på målinger af nitratindhold i jordvand på ca. 20-32%.

Det skal her understreges, at en del af jordvandsstationerne ikke har fungeret tilfredsstillende i 1989 og 1990, hvilket har medført øget usikkerhed på målinger fra disse stationer (se afsnit 4.4.3).

#### Tidligere undersøgelser

Tidligere undersøgelser har vist, at der er ret god overensstemmelse mellem NO<sub>3</sub>-N-indhold i jordvand udtaget med sugeceller og ekstrakteret med KCl-opløsning, ved centrifugering eller opsamling i lysimetre (Hansen et al., 1991; Alberts et al., 1977). Med hensyn til PO<sub>4</sub>-P kan der imidlertid være meget store forskelle på målte koncentrationer i jordvand udtaget med sugeceller (teflon) og ved lysimetre (Hansen et al., 1991). De i denne rapport beskrevne fosforkoncentrationer og -udvaskninger fra rodzonen bør derfor tages med forbehold.



### 4.4.3 Reparation af jordvandsstationer

#### Krav til jordvandsstationerne

Grant og Blicher-Mathiesen (1990) har gjort status over jordvandsstationernes funktion efter 1-1½ års drift. 22 af de 40 stationer fungerede tilfredsstillende. 18 stationer opfyldte ikke de opstillede funktionskrav:

- En jordvandsstation etableret med 10 sugeceller skal bestå af mindst 7-8 funktionsdygtige celler.
- En sugecelle skal, for at kunne betegnes som funktionsdygtig:
  - 1) kunne opretholde vakuum fra den dag det påsættes og til prøven udtages, dog under forudsætning af, at jorden indeholder vand nok til, at cellen kan opsuge vand, og at vakuumbabet ikke er forårsaget af, at cellen har opsuget meget vand i løbet af kort tid;
  - 2) kunne yde det prøvevolumen, som er nødvendigt til en fællesprøve (40-50 ml). Fra hver celle skal kunne udtages samme volumen til fællesprøven.

#### Udskiftning af ikke-fungerende celler

I perioden fra februar til maj 1991 blev ikke-funktionsdygtige teflonceller udskiftet (Tabel 4.2). Årsagen til cellernes manglende funktionsdygtighed formodes at være dårlig kapillær kontakt mellem jorden og cellerne.

Tabel 4.2 Udskiftede sugeceller

| LOOP | Station nr.         | Celle nr.                     |
|------|---------------------|-------------------------------|
| 1    | 1                   | 8 9 10                        |
|      | 2                   | 1 2 3 4 5 7 9 10              |
| 2    | 2                   | 2 4 7 8                       |
|      | 4                   | 1 2 3 4 6 7 8 10              |
|      | 5                   | 1 2 3 4 7 9                   |
|      | 6                   | 1 4 5 8 10                    |
| 3    | 3                   | 1 2 4                         |
|      | 4                   | 3                             |
| 4    | 3                   | 3 9 10                        |
|      | 5                   | 1 2 3 4 5 9 10                |
|      | 6                   | 3 5 8 9                       |
| 5    | 1-8                 | 1-10 (for samtlige stationer) |
| 6    | Ingen udskiftninger |                               |

I LOOP 1-4 er de reinstallererede celler af teflon med et bobletryk på mindst 0.7 bar svarende til en porestørrelse på højst 4.1 µm (PRENART/"lille porestørrelse").

I LOOP 5 er de reinstallerede celler af keramik med et bobletryk på 1 bar svarende til en porestørrelse på 2.9  $\mu\text{m}$  (Soil Moisture/655x01-B1M1).

For at forbedre den kapillære kontakt blev ikke-fungerende teflonceller i LOOP 1-4 udskiftet med teflonceller med mindre porestørrelse og installationsproceduren blev ændret. Ved den oprindelige installation (DGLU, 1989 a-f) blev der anvendt et installationsspyd med samme diameter som tefloncellerne (20 mm), og en opslæmning af jord eller kvartsmel blev fyldt i det for-borede hul før og efter installationen af cellerne. Ved reinstallationen blev der anvendt et installationsbor med en diameter på 30 mm, og en kvartsmelopslæmning (Morrison, 1982) blev anvendt som pakningsmiddel til forbedring af den kapillære kontakt.

Især i LOOP 5 (Ringkøbing/Viborg) synes valget af teflonceller med en stor porestørrelse at have været uheldig i forbindelse med grovsandedet jord.

Samtlige celler i LOOP 5 er blevet udskiftet med keramikceller, som blandt andet anvendes af Statens Planteavlsforsøg i St. Jyndervad til undersøgelser af nitrat i jordvand på grovsandet jord (Djurhuus, 1990).

Keramikcellerne blev installeret ved hjælp af et spyd med samme diameter som cellerne. Der blev ikke anvendt pakningsmidler.

#### 4.4.4 Beregning af afstrømning og udvaskning

##### Afstrømning

Fire amtskommuner har beregnet afstrømning fra rodzonen på stationsmarkerne ved hjælp af afstrømningsmodellen EVACROP (Olesen & Heidmann, 1990). For de to lerjordsoplunde med højtliggende grundvandsspejl (LOOP 1 og LOOP 4) er EVACROP imidlertid utilstrækkelig, da den ikke medtager kapillær opstigning. Denne proces indgår i rodzonemodellen DAISY. Med henblik på at kunne foretage en ensartet vurdering for alle oplandene er der i denne rapport så vidt muligt anvendt afstrømningsdata beregnet med DAISY. En sammenligning af de 2 metoder fremgår af afsnit 8. Afstrømningen er beregnet som døgnværdier i 1 m's dybde som antages at være planternes maksimale roddebyde.

##### Kvælstofudvaskning

Udvaskningen beregnes pr. dag ved at multiplicere afstrømningen med de målte nitratkoncentrationer i jordvandet. Hver nitratværdi antages at repræsentere den gennemsnitlige koncentration for den forudgående vakuumperiode. For at opnå dagsværdier er der foretaget lineær interpolation mellem midtpunkterne af vakuumperioderne.

## 4.5 Drænvandsundersøgelser

### Drænstationernes etablering

Drænvandsprogrammet er iværksat med det formål at bestemme den arealspecifikke næringsstofudledning via drænsystemer. Denne beregning kan foretages, hvor der er tale om veldefinerede drænvandsoplande. Ofte er drænvandsoplandet dårligt afgrænset; her kan imidlertid foretages en kvalitativ sammenstilling mellem næringsstofkoncentrationer i de forskellige medier.

### 4.5.1 Beskrivelse af drænvandsstationer

I landovervågningsprogrammet er der etableret drænvandsstationer i 4 oplande: LOOP 1 (Storstrøm), LOOP 2 (Nordjylland), LOOP 3 (Vejle/Århus), LOOP 4 (Fyn). Med hensyn til stationernes placering, etablering samt oplandsbeskrivelse henvises til afleveringsrapporter fra Hedeselskabet (1989 a-d) samt rapporter fra Amtskommunerne. Stationerne er anlagt dels som automatiske (Q/h stationer), dels som manuelle stationer (Q/Q stationer). Oversigt over drænstationerne er givet i Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Oversigt over drænstationer (drænrør)

#### LOOP1, Storstrøms Amt (Højvads Rende)

| Drænst. | Henf. til jordvandsst. | Type | Opland | Bemærkninger        |
|---------|------------------------|------|--------|---------------------|
| D101    | J101                   | Man. | 2.5 ha | Dræn etableret 1977 |
| D102    | J102                   | Man. | 2.2 ha | Dræn etableret 1967 |
| D103    | J103                   | Aut. | 5.5 ha | Dræn etableret 1941 |
| D104    | J104                   | Man. | 2.3 ha | Dræn etableret 1949 |
| D105    | J105                   | Aut. | 2.5 ha | Dræn etableret 1982 |
| D106    | J106                   | Aut. | 2.0 ha | Dræn etableret 1965 |

#### LOOP2, Nordjyllands Amt (Odder Bæk)

| Drænst. | Henf. til jordvandsst. | Type | Opland            | Bemærkninger                |
|---------|------------------------|------|-------------------|-----------------------------|
| D201    | J201                   | Man. | (20 ha)           | Oplandsbeskr. meget usikker |
| D251    | -                      | Aut. | (24 ha) moseareal | Indtrængende grundvand      |

#### LOOP3, Vejle/Århus Amt (Horndrup Bæk)

| Drænst. | Henf. til jordvandsst. | Type | Opland      | Bemærkninger   |
|---------|------------------------|------|-------------|--|
| D301    | J301                   | Man. | -           | Enkelt dræn etableret i forbindelse med jordvandsstationer |
| D302    | J302                   | Man. | -           |  |
| D303    | J303                   | Man. | -           |  |
| D304    | J304                   | Man. | -           |  |
| D305    | J305                   | Man. | -           |  |
| D351    | -                      | Man. | (1.6 ha)    | Stuver ved høj afstr. Drænplan kun delvis kendt            |
| D352    | -                      | Man. | -           | Stuver ved høj afstr. Oplandsbeskr. meget usikker          |
| D353    | -                      | Man. | (ca. 40 ha) |  |

**LOOP4, Fyns Amt (Lillebæk)**

| Drænst. | Henf. til jordvandsst. | Type | Opland | Bemærkninger                    |
|---------|------------------------|------|--------|---------------------------------|
| D401    | J401                   | Man. | 1.0 ha |                                 |
| D402    | J402                   | Aut. | 4.5 ha | Måleudstyr opstart juni 89      |
| D403    | J403                   | Man. | 1.4 ha |                                 |
| D404    | J404                   | Aut. | 1.1 ha | Konverteret til aut.st. nov. 90 |
| D405    | J405                   | Aut. | 2.8 ha |                                 |
| D406    | J406                   | Aut. | 2.2 ha | Måleudstyr opstart juni 89      |
| D452    |                        | Man. | 0.8 ha |                                 |

*Måleteknik*

De automatiske stationer er monteret med datalogger (MYLOG), målebønd og 30° Thomsen overfald. Stationerne er tilset én gang pr. uge i perioder, hvor der har været afstrømning fra dræne.

Ved de manuelle stationer er der målt vandføring og udtaget vandprøver én gang pr. uge i perioder, hvor der har været afstrømning fra dræne.

**4.5.2 Kemiske analyser***Kemiske analyser*

Drænvandsprøverne fra de automatiske stationer skal efter programmet analyseres for pH, total N, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, total P, PO<sub>4</sub>-P, K, COD og evt. ledningsevne og alkalinitet; mens prøver fra de manuelle stationer kun analyseres for pH, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og PO<sub>4</sub>-P.

Analyserne udføres efter "Dansk Standard" med enkelte modifikationer foretaget af amtskommuneerne. I notat vedr. prøve-tagning og kemiske analyser af drænvand i Landovervågningsoplandene, DMU, TØ, 29.05.91, er beskrevet fælles retningslinier for analysemetoder.

**4.5.3 Beregning af afstrømning og stoftransport***Afstrømning*

For de automatiske stationer beregnes en døgnmiddelvandføring ved aflæsning af en datalogger. For de manuelle stationer beregnes døgnmiddelvandføring ved korrelation til de nærmeste automatiske drænstationer eller vandløbsstationer. Denne beregning er naturligvis behæftet med stor usikkerhed. For LOOP 1 har der ikke kunnet opnås tilfredsstillende korrelation mellem automatiske og manuelle stationer. Der forligger derfor ikke kontinuert vandføring for disse stationer. For LOOP 3 (Vejle/Århus) har det ikke været muligt at foretage afstrømnings-beregning, da der kun er oprettet manuelle stationer (Tabel 4.3).

*Stoftransport*

Stoftransporten beregnes ud fra døgnmiddelvandføringer og målt stofkoncentration. På dage, hvor der ikke er foretaget måling af stofkoncentration, er der udført en lineær interpolation mellem nærmeste foregående og nærmeste efterfølgende måledag. For LOOP 1 er stoftransporten på manuelle stationer beregnet ud fra

enkeltmålinger af afstrømning og stofindhold (trapez-metoden). Stoftransportberegning fra de manuelle stationer er usikker jvf. omtalen af vandføringsbestemmelsen.

#### 4.5.4 Arealspecifik afstrømning og stoftransport

Afstrømning og stoftransport kan henføres til specifikke arealer ved de drænstationer, hvor oplandene er tilstrækkelig beskrevet. Følgende bemærkninger skal knyttes til de enkelte overvågningsoplande:

##### *Drænsystemer og oplande*

LOOP 1 (Storstrøm). Drænstationerne er anlagt på eksisterende drænsystemer. Oplandene er beskrevet ud fra drænkort og kan henføres til marker.

LOOP 2 (Nordjylland). Drænstationerne er anlagt på eksisterende drænsystemer. Oplandsbeskrivelsen er meget usikker eller manglende.

LOOP 3 (Vejle/Århus). Drænstation 1-5 består af enkeltdræn lagt i forbindelse med jordvandsstationer. Terrænet er kuperet, og der kan ikke knyttes egentlige oplande til disse stationer. Drænstation 6-8 er anlagt på eksisterende drænsystemer; oplandsbeskrivelsen er usikker eller manglende.

LOOP 4 (Fyn). Drænstationerne er anlagt på eksisterende drænsystemer. Oplandene er beskrevet ud fra drænkort og kan henføres til marker.

### 4.6 Grundvandsundersøgelser

#### 4.6.1 Beskrivelse af grundvandsprøvetagningen

##### *Formål med grundvandsprøvetagningen*

Formålet med at udtage og analysere grundvandsprøver fra de 6 landovervågningsoplande er at overvåge den eventuelle næringsstofudvaskning til de øvre, sekundære grundvandsforekomster og eventuelle ændringer i grundvandskvaliteten gennem tiden.

Til dette formål er der i hvert opland etableret 20-25 grundvandsreder med 2-3 filtre i hver. Filtrene er normalt placeret mellem 1.5 og 5 m under terræn. På marker med jordvandsstationer er der etableret 2 grundvandsreder (DGU, 1989 a-f og Rasmussen & Gosk, 1990).

Gennem kemiske analyser af grundvand fra grundvandsreder (LOOP 1-6), markvandingsboringer (LOOP 2, 5 og 6) og "dybere boringer" (LOOP 1, 2, 4 og 6) vil det være muligt at belyse eventuelle ændringer i grundvandskvaliteten såvel gennem tiden og som med dybden. Filterdybden for markvandingsboringer og "dybere boringer" varierer mellem 2 og 109 m under terræn.

|  |  |
|--|--|
| <i>Pejleboringer</i>                             | Ved hver jordvandsstation og enkeltliggende grundvandsreder i LOOP 1 og 3-6 er etableret en pejleboring i de sekundære grundvandsforekomster. Størstedelen af pejleboringerne er 5-7 m dybe.<br><br>I LOOP 2 er pejleboringerne etableret i 1991. I dette opland varierer pejleboringernes dybde mellem 4 og 20 m under terræn.                                  |
| <i>Grundvandsmonitoring</i>                      | Landovervågningsoplandene 1, 2 og 6 er geografisk sammenfaldende med Vandmiljøplanens grundvandsmonitoringsområder, Vesterborg, Gislum og Bedsted.   |
| <i>Metoder til udtagning af grundvandsprøver</i> | Grundvandsprøver udtages fra grundvandsrederne efter Montejusprincippet. I de sanddominerede oplande fortømmes filtrene samme dag som prøverne udtages til kemisk analyse. Filtre i lerdominerede oplande fortømmes 1-5 dage før prøvetagning.<br><br>Grundvandsprøver fra markvandingsboringer og "dybere boringer" udtages med dykpumper eller Montejuspumper. |

#### 4.6.2 Kemiske analyseparametre og analysefrekvens

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <i>Kemiske analyseparametre</i> | Grundvandsprøverne analyseres for NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, PO <sub>4</sub> -P, pH, K, Na, Cl, ledningsevne, alkalinitet/aciditet, SO <sub>4</sub> , Ca, Mg og Fe. Disse parametre udgør grundvandsprogrammet. Det er fra DGU's side anbefalet, at der fremover analyseres for total-N af hensyn til tolkningen af NH <sub>4</sub> -N-målinger.<br><br>Jordvandsanalyseprogrammet indeholder parametrene NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, PO <sub>4</sub> -P og pH.  |
| <i>Analysefrekvens</i>          | I 1989 og 1990 er der analyseret 6 gange årligt som anvist i grundvandsprogrammets plan. I nogle tilfælde har vandvoluminet været for lille til, at det fulde analyseprogram har kunnet gennemføres. Det er fra DGU's side anbefalet fremover at supplere 4 årlige analyser efter grundvandsprogrammets plan med 6 analyserunder med jordvandsprogrammet (nemlig de resterende måneder af året undtagen juni og juli måneder). Dette vil skabe en bedre sammenhæng mellem resultaterne fra de 4 årlige grundvandsanalyser.<br><br>Grundvand fra markvandingsboringer (LOOP 2, 5 og 6) analyseres 1 gang pr. måned i vandingssæsonen (når der pumpes fra boringerne). For 2 markvandingsboringer i hvert af disse oplande analyseres der efter grundvandsprogrammet, mens der for de resterende boringer analyseres efter jordvandsprogrammet. I LOOP 6 analyseres der dog efter grundvandsprogrammet for alle markvandingsboringer.<br><br>Grundvand fra de "dybere boringer" analyseres 4 gange årligt efter grundvandsprogrammet. |

Analyserne udføres efter "Dansk Standard", idet enkelte modifikationer er foretaget af amtskommunerne.

### Måling af grundvandsstanden

Der pejles i forbindelse med alle prøvetagninger fra grundvandsrederne.

## 4.6.3 Grundvandsredernes funktion

### Ydelser

Formålet med grundvandsrederne er, som nævnt ovenfor, at udtage prøver af og analysere de allerøverste grundvandsforekomster. Grundvandsrederne er tilstræbt etableret således, at det er muligt at udtage grundvandsprøver umiddelbart under grundvandspejlet uanset om grundvandsstanden er høj eller lav, det vil i denne sammenhæng sige i intervallet 1 - 5 m under terræn, og at en del af filtrene kun i perioder af året vil give vand (de er periodisk ydende).

Tabel 4.4 Grundvandsredernes ydelser

| LOOP | Måleperiode | Filterdybde (m u.t.) | Antal filtre | Ydelser <sup>1)</sup> |                   |               |
|------|-------------|----------------------|--------------|-----------------------|-------------------|---------------|
|      |             |                      |              | Altid <100 ml         | periodisk >100 ml | Altid >100 ml |
| 1    | 01.89-12.90 | 1.5                  | 21           | 0                     | 18                | 3             |
|      |             | 3                    | 21           | 0                     | 10                | 11            |
|      |             | 5                    | 21           | 0                     | 7                 | 14            |
| 2    | 10.88-12.90 | 1.5                  | 24           | 5                     | 18                | 1             |
|      |             | 3                    | 24           | 6                     | 9                 | 9             |
|      |             | 5                    | 24           | 5                     | 2                 | 17            |
| 3    | 10.88-12.90 | 1.5                  | 20           | 0                     | 20                | 0             |
|      |             | 3                    | 20           | 3                     | 16                | 1             |
|      |             | 5                    | 20           | 2                     | 13                | 5             |
| 4    | 11.88-12.90 | 1.5                  | 21           | 1                     | 20                | 0             |
|      |             | 3                    | 21           | 0                     | 19                | 2             |
|      |             | 5                    | 21           | 1                     | 9                 | 11            |
| 5    | 03.89-12.90 | 2 <sup>2)</sup>      | 25           | 0                     | 6                 | 19            |
|      |             | 3 <sup>2)</sup>      | 25           | 0                     | 0                 | 25            |
| 6    | 05.89-12.90 | 2 <sup>2)</sup>      | 25           | 0                     | 12                | 13            |
|      |             | 3 <sup>2)</sup>      | 25           | 0                     | 1                 | 24            |

- 1) LOOP 1-4: Fortømnings- og prøvevoluminer  
 LOOP 5: Prøvevoluminer  
 LOOP 6: Fortømnings- og prøvevoluminer (kun data fra 1. tømning, 2. tømning foretaget 5-10 min. efter 1. tømning)

- 2) gennemsnitsdybde

I Tabel 4.4 er vist fordelingen af "altid tørre filtre", "periodisk ydende filtre" og "konstant ydende filtre" (prøvevoluminer større end 100 ml anses for en tilstrækkelig ydelse til analyseformål). Det fremgår af tabellen, at i de lerede oplande (LOOP 1, 3 og 4) giver ca. halvdelen af de dybeste filtre altid vand, og størstedelen af de øvrige filtre er periodisk ydende. Dette tyder på, at der dannes "lokale grundvandslommer" i flere niveauer i tilknytning til relativt lavpermeable lag (Rasmussen & Gosk, 1990). I de

sandede oplande (LOOP 2, 5 og 6) er ca. halvdelen af de øvre filtre perio-disk ydende og størstedelen af de øvrige filtre giver altid vand. Hovedparten af grundvandsrederne opfylder således deres formål, at give vand fra det allerøverste grundvand og samtidig være i kontakt med mere permanente grundvandsforekomster.

I kapitel 9, Figur 9.1 er vist eksempler på grundvandsspejlets variation over året i LOOP 4 og LOOP 5.

I de 4 først etablerede oplande (LOOP 1-4) har der været problemer med luftopblanding i de oppumpede vandprøver p.g.a. utætheder i grundvandsredernes Montejustoppe. Disse forhold er udbedret løbende siden efteråret 1989 og indtil sommeren 1991, således at der nu kun er enkelte filtre, hvor der finder en beskedent luftopblanding sted. Det er besluttet at acceptere denne opblanding, idet alkalinitets/aciditetsbestemmelser dog udelades i disse tilfælde.

I foråret 1991 blev samtlige luftstudse i grundvandsrederne udskiftet med godkendte trykluftstudse.

## 4.7 Vandløbsundersøgelser

Ud fra vandkemi- og stoftransportmålingerne i LOOP-oplandene kan den totale stoftransport fra et opland bestemmes og sammenlignes med udvaskningen fra rodzonen og via drænsystemer. Næringsstoffernes økologiske virkninger på de biologiske strukturer og processer undersøges i to supplerende biologiske programmer (4.7.1 og 4.7.2)

### 4.7.1 Vandløbskemi- og stoftransport

Vandløbsundersøgelserne omfatter vandkemiske analyser og vandføringsbestemmelser med det formål at kvantificere koncentrationer og totale transporter fra oplandene af især kvælstof- og fosforforbindelserne.

Analysemetoderne til bestemmelse af de vandkemiske variable er beskrevet af Kronvang & Rebsdorf (1988), og beregningen af de udvaskede mængder fra det dyrkede areal er foretaget på følgende måde: Fra den målte totale transport trækkes bidrag fra spildevand og spredt bebyggelse samt naturbidrag fra den del af oplandsarealet, der ikke er dyrket (skov, hede etc.).

Naturbidragene er fastlagt til 1.6 mg/l og 1.8 mg/l total kvælstof for henholdsvis 1989 og 1990, og til 0.055 mg/l for total fosfor (Kristensen, P., DMU, 1991, *personlig komm.*).



## 4.7.2 Biologiske strukturundersøgelser

For at vurdere effekten af en ændret nærings saltudvaskning på den biologiske struktur i småvandløb, er der i de 6 vandløb i landovervågningsoplandene udført undersøgelser af bundlevende alger, bunddyr og fiskefauna.

### 4.7.2.1 Bundlevende alger

Finkornet sediment:

Sedimentprøver til bestemmelse af bundlevende algers biomasse blev indsamlet på 8 strækninger af 25-200 meters længde. Prøverne blev indsamlet i perioderne april-december 1989 og januar-december 1990 (Tabel 4.5). Prøvetagningsintervallet varierede fra 7 til 50 dage, med størst hyppighed i prøvetagning i forårsmånederne indtil maksimum i algebiomassen var opnået. Antallet af prøvetagninger varierer fra 7 til 14 pr. år for de 8 strækninger og der blev udtaget fra 15 til 38 prøver pr. indsamling (Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Oversigt over prøvetagning og omfang af undersøgelserne af bundlevende alger i vandløbene i LOOP-oplandene.

| LOOP vandløb/<br>lokalitet                    | Prøvetagningsperiode |                      | Substrat   | antal indsamlinger |      | antal prøver pr. indsam. |
|---|----------------------|----------------------|------------|--------------------|------|--------------------------|
|   | 1989                 | 1990                 |            | 1989               | 1990 |                          |
| 1. Højvads Rende<br>st.1<br>st.2              | med.maj-med.dec.     | ult.marts-med.nov.   | fin sedim. | 11                 | 13   | 15-30                    |
|   | med.maj-med.nov.     | ult.marts-med.nov.   | fin sedim. | 11                 | 13   | 14-16                    |
| 2. Odder Bæk<br>Sdr. Gislum<br>Farsøbroen     | med.maj-ult.okt.     | med.marts-ult.okt.   | fin sedim. | 7                  | 15   | 20                       |
|   | med.maj-ult.okt.     | med.marts-ult.okt.   | fin sedim. | 7                  | 15   | 20                       |
| 3. Hornstrup Bæk<br>Rødekærvej<br>Sortholmvej | med.april-prim.nov.  | ult.marts-med.dec.   | sten       | 8                  | 12   | 20-37                    |
|   | med.april-ult.nov.   | prim.jan.-prim.sept. | fin sedim. | 15                 | 11   | 34-38                    |
| 4. Lillebæk<br>1.A<br>2                       | prim.april-ult.nov.  | prim.marts-ult.sept. | sten       | 14                 | 16   | 24-48                    |
|   | prim.april-ult.nov.  | prim.april-ult.sept. | fin sedim. | 14                 | 16   | 24-31                    |
| 5. Barslund Bæk                               | -                    | prim.april-ult.okt.  | fin sedim. | -                  | 16   | 19-30                    |
| 6. Bolbro Bæk                                 | ult.juli-ult.okt.    | prim.marts-ult.okt.  | fir sedim. | 7                  | 14   | 25                       |

For vandløbet i LOOP 5 er der ingen prøvetagning i 1989 og i LOOP 6 er indsamlingerne først påbegyndt i juli 1989, så forårsopblomstringen er ikke undersøgt. Sæsonvariationen for disse to vandløbsstrækninger er derfor ikke medtaget i sammenstillingen for 1989.

For at sikre sig mod forskelle i algebiomasse i vandløbets længderetning og på tværs af strømretningen blev prøverne udtaget "random stratificeret", som beskrevet af Rebsdorf et al. (1988).

Sedimentprøverne udtages med et plexiglasrør, der har et tværsnitsareal på 5 cm<sup>2</sup>. Sedimentsøjlen skubbes op gennem røret med et stempel og den øverste halve centimeter skæres af og overføres til en glaskolbe. Prøven ekstraheres i 50 ml 96% ethanol i 10-20 timer i mørke. Ekstraktet hældes over i et måleglas, sedimentet skylles efter med ca. 5 ml ethanol og volumen aflæses. En delprøve på 10 ml centrifugeres i 10 min. ved 5000 omdrejninger pr. min. og måles herefter spektrofotometrisk ved hhv. 665 nm og 750 nm.

Algebiomassen udtrykt som mg total klorofyl pr. m<sup>2</sup> vandløbsbund udregnes da efter følgende udtryk:

$$klo = 10^5 \cdot e \cdot A(665K) / (83 \cdot l \cdot Ar),$$

hvor

klo = biomassen af bundlevende alger (mg klorofyl m<sup>-2</sup>)

e= volumen af ekstraktionsmidlet (ml)

l= kuvettens længde (mm)

A(665K)= A(665) - A(750)

Ar= prøvetagningsrørets tværsnitsareal (cm<sup>2</sup>)

Totalklorofyl er et godt skøn for biomassen af alger, men kan ikke direkte omsættes til tørvægt, idet forholdet mellem klorofylmængden og algetørvægten er afhængig af artssammensætning og algestadie (Marker 1976).

Sten:

For vandløbene i LOOP 3 og LOOP 4 er der udvalgt strækninger til undersøgelse af algebiomassen på sten.

På to strækninger på hhv. 60 og 70 meter er der indsamlet stenprøver (Tabel 4.5). Stenprøverne blev indsamlet med 7 til 50 dages interval. Der var 8-14 prøvetagninger pr. år med 22-38 stenprøver pr. indsamling.

En prøve består af en sten, der forsigtigt bliver fjernet fra vandløbsbunden og anbragt i en beholder med tætsluttende låg. Hele stenen bliver ekstraheret i 96 % ethanol og resten af behandlingen følger samme procedure som beskrevet for de finkornede sedimentprøver. Algebiomassen for stenene beregnes efter samme udtryk som for det finkornede sediment, dog er Ar lig med stensens projicerede areal, bestemt ud fra stenens omrids.

#### 4.7.2.2 Bunddyr og fisk

Bunddyr:

Til vurdering af forureningsgraden i vandløbene er der på i alt 14 stationer i de 6 vandløb indsamlet semikvantitative faunaprøver i form af sparkeprøver til beregning af Viborg index (Tabel 4.6).

Viborg indexet er beregnet ud fra bunddyrernes diversitet og densitet, idet bunddyrene påvirkes af spildevandsudledninger, møddingvand og ajle m.v. gennem ændringer i fødeudbudet, sedimentstruktur og iltkoncentrationen i vandløbet.

Tabel 4.6 Oversigt over antal stationer og sparkeprøver til bestemmelse af Viborg index i de 6 overvågningsvandløb.

| LOOP vandløb/<br>lokalitet | antal<br>stationer | antal prøve-<br>tagninger<br>pr. år |
|----------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 1. Højvads Rende           | 2                  | 12                                  |
| 2. Odder Bæk               | 2                  | 12                                  |
| 3. Horndrup Bæk            | 3                  | 3                                   |
| 4. Lillebæk                | 1                  | 12                                  |
| 5. Barslund Bæk            | 5                  | 2                                   |
| 6. Bolbro Bæk              | 1                  | 12                                  |

For LOOP 1,2,4 og 6 er der udtaget prøver én gang pr. måned i 1989 og 1990, dog for LOOP 2 og 6 først med opstart i hhv. april og juli 1989. I LOOP 3 er der udtaget prøver hhv. vinter, sen forår og sen efterår. I LOOP 5 er der taget sparkeprøver i marts og september 1990 på 5 stationer i vandløbssystemet.

Til vurdering af forureningstilstanden langs større dele af vandløbene er der i LOOP 1,2,3 og 6 også indsamlet kvalitative faunaprøver på 4-24 stationer pr. vandløb. Prøvetagningen består af 30 min. indsamling med stangketcher på alle substrattyper på lokaliteten. Ud fra faunasammensætningen i prøverne foretages en feltbedømmelse af forureningstilstanden på den enkelte station.

I LOOP 4 er der fire gange årligt udtaget kvantitative faunaprøver på sten på samme strækning som for de intensive undersøgelser af bundlevende alger på sten.

Fisk:

I vandløbene i LOOP 1,3,4 og 6 er der 1-2 gange årligt foretaget kvantitative el-befiskninger af én til tre delstrækninger af vandløbene (Tabel 4.7). Strækningernes længde varierede fra 50 til 300 meter. Befiskningerne er hovedsaglig blevet foretaget i vintermånederne.

Resultaterne fra el-befiskningerne har været meget sparsomme (Tabel 4.7) og kun i LOOP 3, har der været en bestand af betydning. Resultaterne vil derfor ikke blive behandlet i nærværende rapport og istedet henvises til amtskommunernes tekniske rapporter over LOOP-vandløbene.

Tabel 4.7 Prøvetagningstidspunkt og resultat af de kvantitative el-befiskninger i LOOP-vandløbene.

| LOOP Vandløb/lokalitet                       | Prøvetagningstidspunkt       | Fangst  |
|--|------------------------------|---|
| 1. Højvads Rende                             | dec.89                       | 0   |
| 2. Odder Bæk                                 | -                            | -   |
| 3. Horndrup Bæk<br>Sortholmvej<br>Rødekærvej | feb., dec.90<br>jan., dec.90 | 0,33-0,69 ørred/m <sup>2</sup><br>0,62-0,94 ørred/m <sup>2</sup>                        |
| 4. Lillebæk<br>1.<br>2.<br>3.                | nov.89, dec.90<br>-<br>-     | 0,01 ørred/m <sup>2</sup> , 0,005 ål/m <sup>2</sup><br>0-0,02 ørred/m <sup>2</sup><br>0 |
| 5. Barslund Bæk                              | -                            | -   |
| 6. Bolbro Bæk                                | nov.89, jul., okt.90         | 0-0,06 ørred/m <sup>2</sup> , 0,01 ål/m <sup>2</sup>                                    |

### 4.7.3 Biologiske procesundersøgelser

Med henblik på at kvantificere de processer, der styrer iltforholdene i småvandløb i landbrugsområder, er der igangsat et overvågningsprogram, der omfatter kontinuerlig måling af vandets indhold af opløst ilt, vandtemperaturen og den fotosynteseaktive lysindstråling til vandløbet.

#### 4.7.3.1 Måleprogrammets omfang

Måleprogrammet startede sent på året i 1989 og var i startfasen fulgt af en række indkøringsvanskeligheder og resultaterne fra 1989 var af såvel kvalitet som omfang af en sådan art, at de ikke vil blive behandlet i denne rapport. Måleprogrammet for 1990 omfattede opstilling af måleudstyr på ialt 10 vandløbsstationer i de 6 LOOP-vandløb jf. Tabel 4.8, som også indeholder en oversigt over måleprogrammets tidsmæssige omfang på de undersøgte lokaliteter.

*Tabel 4.8* Omfanget af det kontinuerlige vandløbsovervågningsprogram for ilt, vandtemperatur og fotosynteseaktiv lysindstråling i 1990. Det manglende sammenfald mellem måleperiodens længde og antallet af døgnkurver skyldes enten apparatursvigt eller dårlig datakvalitet.

| Vandløb/lokalitet     | Måleperiode i 1990     | Antal døgnkurver |
|-----------------------|------------------------|------------------|
| LOOP 1, Højvads Rende | ult. maj - pri. nov.   | 89               |
| station 1             |                        |                  |
| station 2             | pri. juni - ult. aug.  | 49               |
| LOOP 2, Odder Bæk     |                        |                  |
| Sdr. Gislum           | pri. maj - med. nov.   | 121              |
| Farsøbroen            | pri. juli - med. nov.  | 102              |
| LOOP 3, Horndrup Bæk  |                        |                  |
| Rødkærvej             | ult. apr. - ult. aug.  | 33               |
| Sortholmvej           | ult. apr. - med. nov.  | 68               |
| LOOP 4, Lillebæk      |                        |                  |
| Fredskovvej           | ult. maj - pri. juli   | 39               |
| Ærtebjerggård         | ult. apr. - med. nov.  | 130              |
| LOOP 5, Barslund Bæk  | med. maj - med. aug.   | 47               |
| LOOP 6, Bolbro Bæk    | ult. apr. - ult. sept. | 75               |
| Total:                |                        | 753              |

#### 4.7.3.2 Målestationer og -metoder.

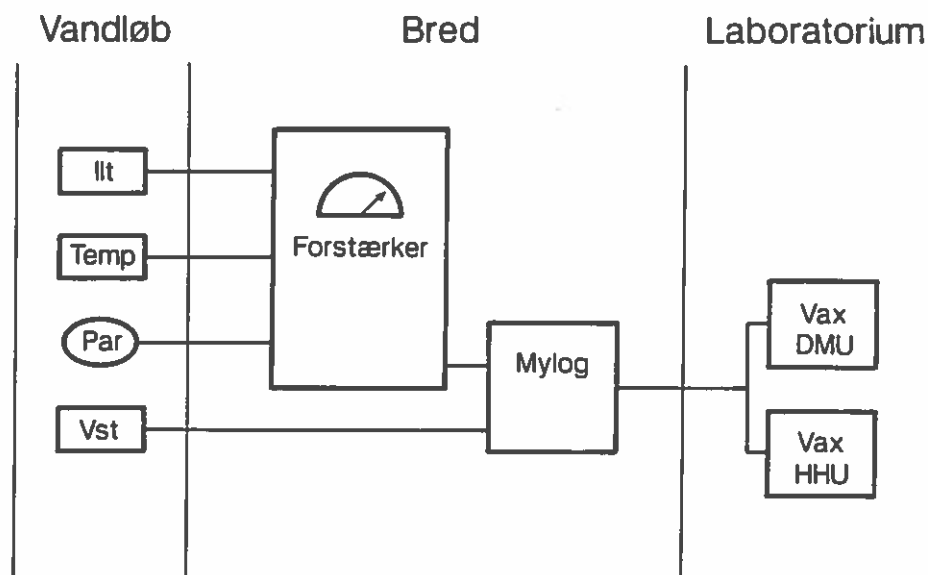
På hver af de 10 lokaliteter er der i tilknytning til eksisterende vandstandsskriver opstillet en målestation forsynet med sensorer til måling af de 3 variable: opløst ilt, vandtemperatur og fotosynteseaktiv lysindstråling. Sensorsignalerne omsættes i tilhørende forstærkere som tillader direkte aflæsning af den pågældende variabels værdi i felten (gælder ikke for lys) eller signalet opsamles på datalogger af typen MYLOG. Konfigurationen af en målestation er vist i Figur 4.1.

Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsøkologi (FEVØ) har haft ansvaret for indkøb og etablering af målestationer, mens den daglige drift har været varetaget af de respektive amtskommuner. Tapning af registrerede millivoltsignaler fra de enkelte sensorer, omsætning af signaler til relevante fysiske enheder, kvalitetskontrol af data og beregning af iltinfluerende processer er foretaget af FEVØ.

#### *Måling af ilt og kalibrering af elektrode*

Til måling af denne variabel er anvendt sensor af typen PHOX, A670, som bygger på det galvaniske princip, der er detaljeret beskrevet hos Thyssen (1981).

Sensorerne er meget følsomme overfor belægninger m.v. For at sikre gode måleresultater er der derfor foretaget mindst et ugentligt tilsyn med udstyret, hvor elektrodens overflade forsigtigt renses med blød børste, og elektroden kalibreres.



Figur 4.1 Automatisk målestation i LOOP-vandløb. For at reducere muligheden for hærværk er forstærker og MYLOG placeret i aflåst stålkasse, der er fastgjort til rør til vandstandsskriver.

I 1990 er anvendt to kalibreringsteknikker.

For at gøre kalibreringen så enkel som mulig under feltforhold, blev der udviklet et kalibreringsapparat, der bestod af en ca. 50 cm lang cylinder af PVC med en diameter, der tillod, at elektroden kunne sænkes ned i den. Cylinderen var lukket i bunden, og på bundpladen blev monteret en dyse, der findeler den atmosfæriske luft, der pumpes ind i den vandfyldte cylinder ved hjælp af en fodbetjent luftpumpe.

Laboratorieforsøg har vist, at vandet i cylinderen mættes med opløst ilt ved den pågældende temperatur efter ca. 100 tryk på fodpumpen. Forstærkeren justeres herefter til denne iltkoncentration, der er angivet hos Montgomery et al. (1964) og som betragtes som Dansk Standard (DS 277).

Erfaringerne viste dog relativt hurtigt, at der første metode ikke var særlig velegnet. Derfor blev kalibreringsproceduren ændret, og har siden beroet på, at forstærkerens visning er tilpasset laboratoriemåling af vandløbsvandets iltkoncentration i begyndelsen og ved slutningen af en ugelang måleperiode. Iltkoncentrationen bestemmes ved iodometrisk titrering jf. DS 277, og tilpasningen af forstærkerens visning til de aktuelle koncentrationer blev foretaget på Danmarks Miljøundersøgelses VAX-anlæg i forbindelse med den videre behandling af data. Denne kalibreringsteknik viste sig at være langt bedre end den først anvendte.

Eventuel elektrodedrift i måleperioden er betragtet som værende lineær.

Til måling af denne variabel er anvendt sensor af typen PHOX, A670, der var indbygget i iltelektroden, og kalibreringen er foretaget ved hjælp af kviksølvtermometer i begyndelsen og ved af-

slutningen af en ugelang måleperiode. Tilpasningen er, som for iltets vedkommende, foretaget på DMU's VAX-anlæg, og eventuel elektrodedrift er antaget at være lineær.

#### *Måling af fotosynteseaktivt lys*

Målingen af tilgangen af fotosynteseaktivt lys (400-700 nm) til vandløbet er foretaget ved hjælp af prækalibrerede kvantumsensorer af typen LICOR, 190SA-50. Denne sensor er langtidsstabil, og det har ikke været nødvendigt at foretage justering i undersøgelsesperioden.

### **4.7.3.3 Registrering, transmission, lagring og behandling af måledata**

Som det fremgår af Figur 4.1 er hver målestation forsynet med datalogger til opsamling af måleresultater. I Højvads Rende lå de to målestationer så tæt på hinanden, at resultaterne fra begge stationer kunne registreres på den samme datalogger.

Som udgangspunkt er måleinstrumenterne aflæst hvert 5. minut, og resultaterne er lagret i form af millivolt-værdier i dataloggeren, som via en telefonforbindelse mellem målestation og FEVØ tappes en gang i døgnet ved hjælp af et PC-baseret automatisk tapningsprogram (DATAPOST) udviklet af Hedeseiskabet, Afdeling for Hydrometriske Undersøgelser.

En gang om ugen overføres millivolt-værdierne fra PC'eren til FEVØ's VAX-anlæg. Som led i denne arbejdsgang fremstilles plot af den enkelte variabels tidsmæssige variation, og i tilfælde af fejl i data underrettes amtskommunen, således at fejlen hurtigst muligt kan blive rettet.

En gang om måneden foretages der omsætning af millivoltværdierne til relevante fysiske enheder, der foretages kalibrering, således at de registrerede værdier rammer de kalibreringsværdier, som er sendt til FEVØ fra amtskommunerne, og endelig udglattes døgkurverne ved at eventuelle elektroniske støjimpulser bliver fjernet. Som et resultat af denne fase fremstilles plot af data, som nu fremtræder med korrekte enheder, hvilket muliggør den endelige vurdering af datakvaliteten før udsendelse af færdige data på diskette til amtskommunerne og lagring på FEVØ's VAX-anlæg med henblik på beregning af iltinfluerende procesrater.

### **4.7.3.4 Beregning af iltinfluerende procesrater**

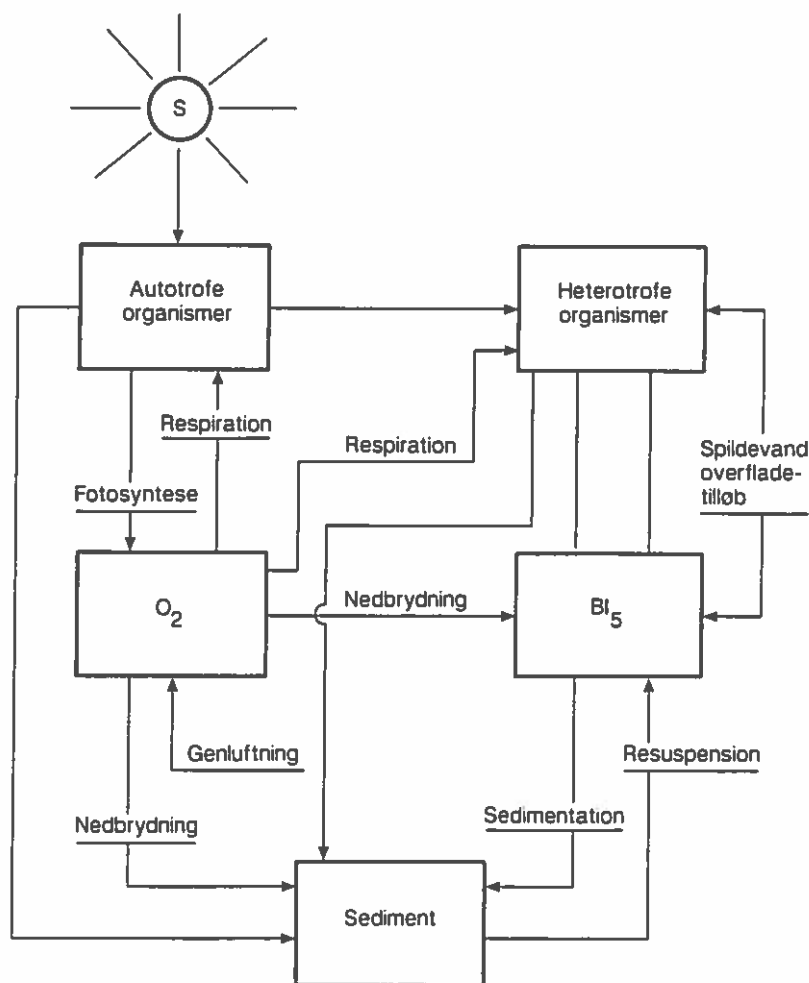
I mere end 50 år har vandløbs iltforhold været genstand for intensive studier. Fra i hovedsagen at have været koncentreret om spildevandsudledningers effekt på iltforholdene i store og mellemstore vandløb er interessen i de senere år drejet mod undersøgelser i små vandløb. Her bestemmes iltforholdene kun undertagelsesvis af tilledning af dårligt rensset spildevand men derimod af processer knyttet til vandløbets biologiske strukturer: Grøde,

bundlevende alger, bakterier og bunddyr og til den fysiske proces - genluftningen - der bestemmer iltfluxen mellem vandløb og atmosfære.

I stærkt forenklet form kan iltbalancen for et vandløb beskrives som en sum af ilttilførende og -forbrugende processer. Et mere detaljeret studium afslører derimod, at den er styret af et særdeles komplekst system af kemiske, fysiske og biologiske processer, der foregår såvel i vandfasen som på alle faste overflader i vandløbet. De væsentligste iltinfluerende processer er illustreret i Figur 4.2.

Iltforholdene i meget små vandløb i landbrugsområder, var så godt som ukendt ved denne undersøgelses start i 1990, men på basis af undersøgelser (*Thyssen, upub. data*) i et østjysk vandløb, Gelbæk, var der opstået frygt for, at små landbrugsbelastede vandløb på både døgn- og årsbasis kunne opleve ekstremt høje og ekstremt lave iltkoncentrationer med skader på dyrelivet til følge.

Døgnkurver for opløst ilt og deres variation over året giver et meget præcist billede af et vandløbs sundhedstilstand, og kurverne giver endvidere mulighed for at vurdere den indbyrdes betydning af de væsentligste iltinfluerende processer samt at beregne deres hastigheder.



Figur 4.2 Skematisk gengivelse af de mest betydende processer, der påvirker en vandløbsstrækningens iltbalance. Efter Thyssen (1981).



En vandløbsstræknings iltbalance kan i matematisk form udtrykkes i form af en differentiaalligning (Odum, 1956):

$$\frac{dC}{dt} = K_2(C_s - C) + P - R$$

hvor  $C$  er iltkoncentrationen (mg/l),  $C_s$  er iltmætningskoncentrationen (mg/l),  $K_2$  er genluftningskonstanten ( $\text{time}^{-1}$ ),  $P$  og  $R$  er henholdsvis bruttoprimærproduktion og totalrespiration (mg/l  $\text{time}^{-1}$ ) og  $t$  er tiden (time). Både  $K_2$  og  $R$  er temperaturafhængige, og de målte vandtemperaturer er anvendt ved justeringen, således at alle procesrater i det følgende er angivet ved en standardtemperatur på 20°C. De anvendte justeringsformler er givet hos Erlandsen & Thyssen (1983).

Ovenstående lignings egenskaber, dens anvendelsesmuligheder og begrænsninger samt løsningen af den har været genstand for talrige grundige studier, som af pladshensyn ikke skal refereres her.

Den læser, som måtte interessere sig specielt for den matematiske beskrivelse af vandløbs iltforhold, henvises til arbejder af f.eks. Odum (1956), Edwards & Owens (1965), Simonsen (1974), Kelly et al. (1974), Thyssen (1981) og Erlandsen & Thyssen (1983).

De ukendte parametre ( $K_2$ ,  $P$  og  $R$ ) estimeres ud fra de målte døgnsvingninger i vandløbets iltindhold, iltmætningskoncentration og vandtemperatur under hensyntagen til to former for usikkerhed (støj). Systemstøj, der repræsenterer usikkerheden på selve differentiaalligningens udseende, og målestøj, der repræsenterer usikkerheden på iltmålingerne. Ved anvendelse af Kalman filter metoden (Jazwinski 1970) er det muligt at estimere de ukendte parametre.

For samtlige 753 døgnkurver er der foretaget beregning af de ukendte parametre. På grund af den ringe døgnvariation i iltindholdet viste det sig, at den estimerede systemstøj var meget stor, men den kunne mindskes ved at estimere færre parametre. Vi valgte derfor også at anvende en fast  $K_2$ -værdi, bestemt ud fra den empiriske hydrauliske model (Thyssen & Erlandsen, 1987):

$$K_2(20^\circ\text{C}) = 15412 * S^{1.172}$$

hvor  $S$  angiver den undersøgte vandløbsstræknings fald i m/m.

## 5 Jordtypefordeling, landbrugsstatistik og landbrugspraksis i oplandene

|                        |  |
|------------------------|--|
| <i>Formål</i>          | I dette afsnit gives en karakteristik af de seks overvågningsoplande med hensyn til jordtype og statistiske nøgletal for landbrugsdriften i oplandene. Formålet er at karakterisere oplandene i forhold til landet som helhed med henblik på anvendelse af resultater fra oplandene som estimat for landsdækkende forhold.       |
| <i>Datagrundlag</i>    | Datagrundlaget for beskrivelse er dels jordbundsundersøgelsen udført i forbindelse med etableringen af oplandene, dels interviewundersøgelsen af landbrugene i oplandene. Som sammenligningsgrundlag er anvendt data fra Danmarks Statistik 1989 og Landbrugsstatistik 1990.   |
| <i>Landbrugsadfærd</i> | På baggrund af de indhentede oplysninger fra interviewundersøgelsen er der endvidere foretaget en analyse af den aktuelle landbrugspraksis i oplandene med henblik på at belyse den aktuelle landbrugspraksis i dansk landbrug. Undersøgelsen dækker driftsåret 1989/90, idet der endnu ikke foreligger data for flere driftsår. |

### 5.1 Jordtypefordeling

I Tabel 5.1 er vist en oversigt over jordtypefordelingen i de 6 oplande. Oversigten er baseret på ADK's opgørelse (*Jensen & Madsen, 1990*). Dog er oplandsarealerne for LOOP 1 og LOOP 4 korrigeret i henhold til rapporter fra Storstrøms Amtskommune (1990) og Fyns Amtskommune (1990). Jordtypefordelingen er korrigeret i samme forhold. I tabellen er endvidere vist jordtypefordelingen i hele landet. Oplandene kan inddeles i 2 hovedgrupper:

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Sandjordsarealerne:<br>(jb.nr. 1-4) | LOOP 2, Nordjylland<br>LOOP 5, Ringkøbing/Viborg<br>LOOP 6, Sønderjylland |
| Lerjordsarealerne:<br>(jb.nr. 5-7)  | LOOP 1, Storstrøm<br>LOOP 3, Vejle/Århus<br>LOOP 4, Fyn                   |

*Sandjorder* De grovsandede jorder (jb.nr. 1) udgør den største del, 51%, af oplandsarealerne. Dette er væsentlig højere end landsgennemsnittet på 24%. De finsandede jorder og lerblandede sandjorder (jb.nr. 2-4) udgør derimod en mindre andel af oplandsarealerne, nemlig 13%, mod 38% som gennemsnit for landet.

*Lerjorder* De sandblandede lerjorder (jb.nr. 5-6) udgør 29% af oplandsarealerne, hvilket svarer nogenlunde til landsgennemsnittet på 25%. Andelen af lerjorder (jb.nr. 7) i oplandene er mindre end for hele landet, mens andelen af svære lerjorder/siltjorder (jb.nr. 8-10) er

større end for hele landet. Tilsammen udgør disse to grupper 9% af oplandsarealet mod 7% på landsbasis.

#### Humusjorder

Andelen af humusjorder i oplandene er den samme som for hele landet, nemlig 7%.

#### Sammenfattende vedr. jordtyper

Det må konkluderes, at de grovsandede jorder er repræsenteret med en større andel i de 6 oplande end for hele landet, og at de finsandede jorder og lerblandede sandjorder er repræsenteret med en tilsvarende mindre andel; mens de øvrige jordtyper i oplandene er repræsentativt fordelt i forhold til hele landet.

Tabel 5.1 Jordtypefordeling i 6 landovervågningsoplande og i Danmark. Beregnet som arealer uden byzoner, skove og søer.

| LOOP           | jb.nr.<br>FK | 1<br>1 | 2<br>2 | 3-4<br>3 | 5-6<br>4 | 7<br>5 | 8-10<br>6 | 11<br>7 | ialt |
|----------------|--------------|--------|--------|----------|----------|--------|-----------|---------|------|
| 1. Storstrøm   | 1 ha         | 10     |        |          | 583      | 105    |           | 30      | 728  |
|                | 1 %          | 1      |        |          | 80       | 14     |           | 4       | 99   |
| 2. Nordjylland | 1 ha         | 804    | 187    | 73       |          |        |           | 55      | 1119 |
|                | 1 %          | 72     | 17     | 7        |          |        |           | 5       | 101  |
| 3. Vejle/Århus | 1 ha         |        |        | 104      | 300      | 8      | 7         | 8       | 427  |
|                | 1 %          |        |        | 24       | 70       | 2      | 2         | 2       | 100  |
| 4. Fyn         | 1 ha         |        |        | 17       | 404      |        |           |         | 421  |
|                | 1 %          |        |        | 4        | 96       |        |           |         | 100  |
| 5. Ringk./Vib. | 1 ha         | 853    |        |          |          |        |           | 96      | 949  |
|                | 1 %          | 90     |        |          |          |        |           | 10      | 100  |
| 6. Sønderjyll. | 1 ha         | 891    |        | 245      | 2        |        |           | 189     | 1327 |
|                | 1 %          | 67     |        | 18       |          |        |           | 14      | 99   |
| LOOP 1-6       | 1 ha         | 2558   | 187    | 439      | 1456     | 113    | 7         | 378     | 4971 |
|                | 1 %          | 51     | 4      | 9        | 29       | 2      |           | 7       |      |
| Danmark        | 1 %          | 24     | 10     | 28       | 25       | 6      | 1         | 7       |      |

## 5.2 Landbrugsstatistik

#### Opgørelsesperiode

Opgørelse af landbrugsstatistik i oplandene er præsenteret for 1990-data; til opgørelse af gødningstildeling er dog anvendt data fra driftåret 1989/90. Der har kun været mindre forskydninger fra foregående år, hvorfor der ikke skal gøres forsøg på at beskrive udviklingstendenser.

#### Opgørelsesmetode

I opgørelsen af bedrifternes størrelsesfordeling, samt fordeling af brugstyper og dyretæthedsgrupper indgår følgende bedrifter:

- alle bedrifter med hele det dyrkede areal indenfor oplandet
- bedrifter med arealer både indenfor og udenfor oplandet, såfremt mindst 10 ha ligger indenfor oplandet eller 25% af bedriftens areal ligger indenfor oplandet.

For LOOP 4, Fyn, betyder dette kriterium, at forholdsvis mange ejendomme udelukkes, hvilket kan give misforhold i forskellige opgørelser.

Ovennævnte opgørelser er baseret på bedrifternes dyrkede areal.

Til opgørelsen af afgrødefordeling og gødningstildeling er anvendt samtlige marker i oplandene.

## 5.2.1 Bedrifternes størrelsesfordeling

*Bedrifternes størrelsesfordeling i oplandene*

Bedrifternes størrelsesfordeling fremgår af Tabel 5.2. I lerjordsoplandene (LOOP 1, 3, 4) er bedrifterne generelt mindre end i sandjordsoplandene (LOOP 2, 5, 6). Det er således fundet, at 70% af bedrifterne på lerjorderne er mindre end 30 ha og 30% større end 30 ha, mens 44% af bedrifterne på sandjorderne er mindre end 30 ha og 56% større end 30 ha.

*Sammenligning med landet*

Ejendommenes størrelsesfordeling i gennemsnit af de 6 oplande svarer ret nøje til landbrugsgennemsnittet.

## 5.2.2 Brugstyper

*Definition*

Fordelingen af brugstyper i oplandene er vist i Tabel 5.3. Arealopgørelsen omfatter kun arealer indenfor oplandene. Følgende definition af brugstyper er anvendt

- kvægbrug - bedrifter med kvæg men ikke svin
- svinebrug - bedrifter med svin men ikke kvæg
- kvæg- + svinebrug - bedrifter med både kvæg og svin
- planteavlsbrug - bedrifter med hverken kvæg eller svin, men andre dyr kan forekomme

*Planteavl og dyrebrug på lerjord*

På lerjordsarealerne i LOOP 1, Storstrøm, udgør planteavlsbrugene 65% og dyrebrugene 35% af oplandsarealet. I de 2 øvrige lerjordsoplande LOOP 3, Vejle/Århus, og LOOP 4, Fyn, er dyrebrugene derimod i overvægt. Planteavlsbrugene udgør her 38% og dyrebrugene 62% af oplandsarealerne.

*Overvejende dyrebrug på sandjord*

I sandjordsoplandene er dyrebrugene i overvægt. I LOOP 2, Nordjylland, og LOOP 6, Sønderjylland, udgør planteavlsbrugene således ca. 8% og dyrebrugene 92% af oplandsarealet, mens ved LOOP 5, Ringkøbing/Viborg, udgør planteavlsbrugene 42% og dyrebrugene 58% af arealet.

Tabel 5.2 Bedrifternes størrelsesfordeling med hensyn til det dyrkede areal for de 6 oplande samt for Danmark, 1990. Opgørelsen er baseret på bedrifternes totale dyrkede areal.

| LOOP                  | Bedriftens dyrkede areal (ha) |         |         |         |         |       |
|-----------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
|                       | < 9.9                         | 10-19.9 | 20-29.9 | 30-49.9 | 50-99.9 | > 100 |
| <b>1. Storstrøm</b>   |                               |         |         |         |         |       |
| Antal bedrift         | 9                             | 7       | 9       | 6       | 0       | 3     |
| % af bedrift          | 26.5                          | 20.6    | 26.5    | 17.6    | 0       | 8.8   |
| % af areal            | 6.1                           | 10.5    | 27.3    | 36.6    | 0       | 19.4  |
| <b>2. Nordjylland</b> |                               |         |         |         |         |       |
| Antal bedrift         | 12                            | 7       | 1       | 10      | 8       | 1     |
| % af bedrift          | 30.8                          | 17.9    | 2.6     | 25.6    | 20.5    | 2.6   |
| % af areal            | 4.3                           | 7.9     | 2.3     | 31.2    | 44.5    | 9.8   |
| <b>3. Vejle/Århus</b> |                               |         |         |         |         |       |
| Antal bedrift         | 9                             | 5       | 5       | 1       | 4       | 0     |
| % af bedrift          | 37.5                          | 20.8    | 20.8    | 4.2     | 1.7     | 0     |
| % af areal            | 10.9                          | 14.5    | 23.3    | 1.8     | 49.4    | 0     |
| <b>4. Fyn</b>         |                               |         |         |         |         |       |
| Antal bedrift         | 7                             | 1       | 7       | 4       | 1       | 2     |
| % af bedrift          | 31.8                          | 4.5     | 31.8    | 18.2    | 4.5     | 9.1   |
| % af areal            | 5.0                           | 3.3     | 23.9    | 27.6    | 8.8     | 31.5  |
| <b>5. Ringk./Vib.</b> |                               |         |         |         |         |       |
| Antal bedrift         | 3                             | 0       | 2       | 5       | 1       | 1     |
| % af bedrift          | 25.0                          | 0       | 16.6    | 41.7    | 8.3     | 8.3   |
| % af areal            | 7.3                           | 0       | 11.6    | 45.8    | 11.7    | 25.6  |
| <b>6. Sønderjyll.</b> |                               |         |         |         |         |       |
| Antal bedrift         | 6                             | 4       | 1       | 12      | 5       | 2     |
| % af bedrift          | 20.0                          | 13.3    | 3.3     | 40.0    | 16.7    | 6.7   |
| % af areal            | 2.5                           | 3.8     | 0.9     | 44.2    | 31.2    | 17.3  |
| <b>LOOP 1-6</b>       |                               |         |         |         |         |       |
| Antal bedrift         | 45                            | 24      | 25      | 38      | 19      | 9     |
| % af bedrift          | 28.0                          | 14.9    | 15.5    | 23.6    | 11.8    | 5.6   |
| % af areal            | 5.1                           | 6.8     | 11.4    | 32.3    | 28.2    | 15.8  |
| <b>Danmark</b>        |                               |         |         |         |         |       |
| % af bedrift          | 18.2                          | 23.4    | 17.2    | 21.0    | 15.5    | 4.6   |
| % af areal            | 3.4                           | 10.3    | 12.6    | 23.8    | 29.5    | 20.5  |

Sammenfattende  
vedr. brugstyper

Sammenfattende kan anføres, at lerjordsoplandet, Storstrøm, er et udpræget planteavlsområde, at sandjordsoplandene, Nordjylland og Sønderjylland er udprægede dyrebrugsområder, mens de øvrige oplande er blandede planteavls-/dyrebrugsområder med overvægt af dyrebrugene. Brugstypfordelingen i oplandene svarer til gennemsnittet for landet.

Tabel 5.3 Bedrifternes fordeling på brugstyper i de 6 oplande og i Danmark, 1990. Opgørelsen er baseret på det dyrkede areal i oplandene.

| LOOP                      | Plantebrug | Kvægbrug | Svinebrug | Kvæg+svinebrug |
|---------------------------|------------|----------|-----------|----------------|
| <b>1. Storstrøm</b>       |            |          |           |                |
| antal bedrifter           | 26         | 5        | 3         | 0              |
| % af areal                | 64.7       | 17.2     | 18.1      | 0              |
| <b>2. Nordjylland</b>     |            |          |           |                |
| antal bedrifter           | 13         | 15       | 3         | 8              |
| % af areal                | 8.9        | 48.2     | 7.5       | 35.4           |
| <b>3. Vejle/Århus</b>     |            |          |           |                |
| antal bedrifter           | 9          | 9        | 4         | 2              |
| % af areal                | 34.7       | 33.6     | 28.2      | 3.6            |
| <b>4. Fyn</b>             |            |          |           |                |
| antal bedrifter           | 14         | 3        | 4         | 1              |
| % af areal                | 41.6       | 14.2     | 38.3      | 5.9            |
| <b>5. Ringkøb./Viborg</b> |            |          |           |                |
| antal bedrifter           | 6          | 4        | 0         | 2              |
| % af areal                | 41.9       | 26.8     | 0         | 31.3           |
| <b>6. Sønderjylland</b>   |            |          |           |                |
| antal bedrifter           | 7          | 13       | 7         | 3              |
| % af areal                | 6.4        | 53.3     | 24.9      | 15.4           |
| <b>LOOP 1-6</b>           |            |          |           |                |
| antal bedrifter           | 75         | 49       | 21        | 16             |
| % af areal                | 28.7       | 35.8     | 17.3      | 17.9           |
| <b>Danmark</b>            |            |          |           |                |
| % af areal                | 28.7       | 31.6     | 21.1      | 18.6           |

### 5.2.3 Dyretætheder

I Tabel 5.4 er givet en oversigt over dyretætheden i oplandene og for hele landet. Dyretætheden er angivet som dyreenheder (DE) pr. ha. dyrket areal. Dyreenhederne er beregnet efter modificerede normtal fra Håndbog for Driftplanlægning (Laursen 1990, *personlig komm.*)

#### *Dyreenheder i oplandene*

I lerjordsoplandene ligger de gennemsnitlige dyretætheder på ca. 0.5, 0.6 og 0.9 DE/ha for henholdsvis LOOP 1, Storstrøm, LOOP 4, Fyn og LOOP 3, Vejle/Århus. I sandjordsoplandene er de gennemsnitlige dyretætheder noget større; ca. 1.7 DE/ha for LOOP 2, Nordjylland og LOOP 6, Sønderjylland; mens dyretætheden for LOOP 5, Ringkøbing/Viborg ligger på ca. 0.5 DE/ha.

#### *Større dyretæthed i oplandene end i landet*

Summeret over de 6 oplande ligger den gennemsnitlige dyretæthed på 1.11 DE/ha; mens gennemsnittet for landet er 0.82 DE/ha. Fordelingen af bedrifternes dyretæthed viser endvidere, at der i oplandene, specielt i Nordjylland og Sønderjylland, er en større andel med meget stor dyretæthed. Således udgør bedrifter med mere end 2 DE/ha 15.7% af arealet i de 6 oplande, og 7.0% af det dyrkede areal i landet.

Tabel 5.4 Bedrifternes fordeling i dyretæthedsgrupper samt gennemsnitlig dyretæthed i de 6 oplande og i Danmark, 1990. Opgørelsen er baseret på det dyrkede areal i oplandene.

| LOOP                      | Bedrifternes husdyrhold (DE/ha) |      |      |      |      |     | Gns. dyre-<br>tæthed<br>DE/ha |
|---------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|-----|-------------------------------|
|                           | 0                               | 0-1  | 1-2  | 2-3  | 3-5  | >5  |                               |
| <b>1. Storstrøm</b>       |                                 |      |      |      |      |     |                               |
| antal bedrifter           | 25                              | 3    | 3    | 1    | 2    | 0   | 0.49                          |
| % af areal                | 62.8                            | 17.7 | 15.1 | 2.6  | 2.8  | 0   |                               |
| <b>2. Nordjylland</b>     |                                 |      |      |      |      |     |                               |
| antal bedrifter           | 6                               | 12   | 11   | 9    | 1    | 0   | 1.68                          |
| % af areal                | 4.2                             | 21.1 | 37.3 | 37.3 | 0.1  | 0   |                               |
| <b>3. Vejle/Århus</b>     |                                 |      |      |      |      |     |                               |
| antal bedrifter           | 9                               | 4    | 9    | 2    | 0    | 0   | 0.91                          |
| % af areal                | 34.7                            | 16.0 | 42.1 | 6.3  | 0    | 0   |                               |
| <b>4. Fyn</b>             |                                 |      |      |      |      |     |                               |
| antal bedrifter           | 13                              | 4    | 4    | 1    | 0    | 0   | 0.60                          |
| % af areal                | 40.6                            | 36.1 | 19.1 | 4.3  | 0    | 0   |                               |
| <b>5. Ringkøb./Viborg</b> |                                 |      |      |      |      |     |                               |
| antal bedrifter           | 6                               | 4    | 2    | 0    | 0    | 0   | 0.46                          |
| % af areal                | 41.9                            | 42.1 | 16.2 | 0    | 0    | 0   |                               |
| <b>6. Sønderjylland</b>   |                                 |      |      |      |      |     |                               |
| antal bedrifter           | 7                               | 6    | 8    | 3    | 3    | 3   | 1.70                          |
| % af areal                | 6.4                             | 29.3 | 44.0 | 2.5  | 12.7 | 5.1 |                               |
| <b>LOOP 1-6</b>           |                                 |      |      |      |      |     |                               |
| antal bedrifter           | 66                              | 33   | 37   | 16   | 6    | 3   | 1.11                          |
| % af areal                | 27.0                            | 26.3 | 31.1 | 12.4 | 2.2  | 1.1 |                               |
| <b>Danmark</b>            |                                 |      |      |      |      |     |                               |
| % af areal                | 21.0                            | 43   | 27.9 | 5.5  | 1.5  | 0.5 | 0.82                          |

*Sammenfattende vedr.  
dyretæthed*

Sammenfattende kan anføres, at antallet af dyreenheder pr. ha. dyrket areal som gennemsnit af oplandene er ca. 35% større end landsgennemsnittet, og at det især er på de sandede jorder, de store husdyrhold findes.

## 5.2.4 Afgrødefordeling

*Gennemsnitlig  
afgrødefordeling*

Afgrødefordelingen er vist i Tabel 5.5. Det fremgår, at fordelingen i gennemsnit af de 6 oplande svarer nogenlunde til fordelingen på landsbasis. Dog er der små forskydninger (nogle få procent) i form af lidt mindre vinterkorn og frø, og lidt mere bælgsgød, rodfrugter, græs + grøntfoder i oplandene end for landet.

Tabel 5.5 Afgrødefordeling for de 6 oplande og for Danmark, 1990.

|                           | LOOP 1 | LOOP 2 | LOOP 3 | LOOP 4 | LOOP 5 | LOOP 6 | LOOP 1-6 | Danmark |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| ha                        |        |        |        |        |        |        |          |         |
| Dyrket areal i opførelsen | 539    | 853    | 365    | 389    | 408    | 698    | 3252     | 2788000 |
| % af areal                |        |        |        |        |        |        |          |         |
| Vårkorn                   | 30.8   | 19.0   | 21.6   | 20.8   | 31.4   | 17.7   | 22.8     | 27.3    |
| Vårkorn m. udlæg          | 0      | 8.8    | 5.8    | 4.7    | 5.4    | 7.6    | 5.8      |         |
| Vinterkorn                | 26.1   | 14.6   | 40.4   | 35.6   | 9.4    | 20.9   | 22.6     | 27.6    |
| Bælgsæd                   | 1.7    | 7.3    | 1.6    | 7.9    | 13.2   | 11.6   | 7.4      | 4.1     |
| Rodfrugter                | 24.3   | 13.6   | 3.3    | 7.4    | 29.0   | 10.1   | 14.5     | 7.5     |
| Frø                       | 7.7    | 6.2    | 11.4   | 11.5   | 0      | 2.1    | 6.0      | 11.6    |
| Græs+ grøntfoder          | 6.7    | 23.3   | 6.7    | 10.4   | 4.0    | 22.0   | 14.9     | 11.7    |
| Vedvarende græs           | 2.8    | 7.2    | 8.6    | 0.9    | 8.5    | 8.1    | 6.2      | 7.2     |
| Andet                     | 0      | 0      | 0.7    | 0.7    | 0.6    | 0      | 0.02     | 0.01    |
| % af areal                |        |        |        |        |        |        |          |         |
| Efterårs afg.             | 62.9   | 71.1   | 70.9   | 66.6   | 56.3   | 68.0   | 66.6     | 66.5 "  |
| Halm nedm.                | 24.7   | 1.4    | 6.2    | 9.2    | 17.9   | 4.6    | 9.5      | 5.1 "   |
| % af areal                |        |        |        |        |        |        |          |         |
| "Grønne marker"           | 78.3   | 71.9   | 74.8   | 72.4   | 67.5   | 70.9   | 72.5     | 69.7 "  |

" 1989 (Landbrugsministeriet 1990).

#### Afgrøder i de enkelte oplande

På sandjordsarealerne LOOP 2, Nordjylland og LOOP 6, Sønderjylland udgør græs + grøntfoder i om drift store arealer, i overensstemmelse med de store husdyrhold. I LOOP 5, Ringkøbing/-Viborg dyrkes forholdsvis store arealer med kartofler. På lerjordsoplandene (LOOP 1,3,4) dyrkes generelt store arealer med vinterhvede. LOOP 1, Storstrøm, er desuden karakteriseret ved at have store arealer med sukkerroer.

#### Grønne marker

Grønne marker er opgjort ifølge Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 469 (1988). Arealer med afgrøder om efteråret indgår i opførelsen som 100% grønne marker, mens halmnedmuldning indgår med 62.5%. I de 6 oplande udgjorde grønne marker i 1990 ca. 73% af det dyrkede areal. Dette er et par procent mere end for landet som helhed. Det fremgår endvidere, at vinterkorn tegner sig for ca. 1/3 af det dyrkede areal.

### 5.2.5 Anvendelse af kvælstof- og fosforgødning

Anvendelse af kvælstof og fosfor i henholdsvis handelsgødning og husdyrgødning i de 6 oplande og i Danmark er angivet for driftsåret 1989/90 i Tabel 5.6. Beregning af næringsstofforskel med husdyrgødning fremgår af afsnit 4.2.2. Mængden af husdyrgødning er angivet som ab lager mængder bragt ud på marker samt fald af gødning på mark ved sommergræsning. Sidstnævnte størrelse vil være undervurderet, idet det ofte har været svært at få pålidelige oplysninger herom, hvorfor disse ikke er medtaget i flere tilfælde.



Tabel 5.6 Forbrug af kvælstof og fosfor i henholdsvis handelsgødning og husdyrgødning i de 6 oplande og i Danmark, 1989/90. Næringsstofindhold i husdyrgødningen er angivet som ab lager mængder.

| LOOP                  | kg N/ha |                  |       | kg P/ha |      |       |
|-----------------------|---------|------------------|-------|---------|------|-------|
|                       | Ha.     | Hu.              | Total | Ha.     | Hu.  | Total |
| 1. Storstrøm          | 153     | 39               | 192   | 17.0    | 6.4  | 23.4  |
| 2. Nordjylland        | 135     | 163              | 298   | 9.6     | 28.6 | 38.2  |
| 3. Vejle/Århus        | 116     | 86               | 202   | 9.6     | 16.8 | 26.4  |
| 4. Fyn                | 131     | 94 <sup>21</sup> | 225   | 14.9    | 13.6 | 28.5  |
| 5. Ringk./Viborg      | 133     | 27               | 160   | 29.0    | 5.0  | 34.0  |
| 6. Sønderjylland      | 126     | 124              | 250   | 9.8     | 20.1 | 29.9  |
| LOOP 1-6              | 133     | 100              | 233   | 14.0    | 17.0 | 31.0  |
| Danmark <sup>1)</sup> | 144     | 83               | 227   | 13.0    | 17.6 | 30.6  |

<sup>1)</sup> baseret på statistisk opgørelse over husdyrholdet i 1989.

<sup>2)</sup> opgørelsen stemmer ikke overens med opgørelsen foretaget af Fyns Amtskommune, hvilket kan skyldes forskellige opgørelsesmetoder.

#### Gennemsnitlig N-forbrug

I oplandene blev anvendt gennemsnitlig 133 kg N/ha med handelsgødning og 100 kg N/ha med husdyrgødning. Det totale N-forbrug i oplandene var af samme størrelsesorden som for landet. Forbruget af handelsgødning var lidt mindre, mens anvendelsen af husdyrgødning var lidt større end for landet.

#### N-anvendelsen

Indenfor oplandene varierede det gennemsnitlige forbrug af N fra 116-153 kg N/ha med handelsgødning og fra 27-163 kg N/ha med husdyrgødningen. Forbruget af handelsgødning synes uafhængig af tilførslen af husdyrgødning. En beskrivelse af kvælstofanvendelsen i landbruget findes i afsnit 5.3 "Landbrugspraksis".

#### Gennemsnitlig P-forbrug

I oplandene blev anvendt 14 kg P/ha med handelsgødning og 17 kg P/ha med husdyrgødning. Disse mængder svarer til forbruget på landsplan.

#### P-anvendelsen

Indenfor oplandene varierede de gennemsnitlige P-tilførsler med handelsgødning fra 9.6-28 kg P/ha, og med husdyrgødning fra 5.0 - 29 kg P/ha. På oplandsniveau var de mindste gennemsnitlige tilførsler med handelsgødning sammenfaldende med de største tilførsler med husdyrgødning.

### 5.3 Beskrivelse af landbrugspraksis

#### Baggrund

På basis af interviewundersøgelserne fra 1989 og 1990 er der foretaget en opgørelse over landbrugspraksis i oplandene i driftsåret 1989/1990. Opgørelsen omfatter 166 ejendomme, 1103 marker, med et samlet areal på 4119 ha og et samlet husdyrhold på 5556 dyreenheder. I opgørelsen er ejendommene fra LOOP 5, Ringkøbing/Viborg ikke medtaget, idet der her ikke findes oplysninger om husdyrudbinding og indberetningen er foretaget med et

sæt af kodelister, der afviger fra opgørelsen for de øvrige fem oplande.

Den behandlede del af interviewundersøgelsen svarer i omfang til en undersøgelse foretaget på syv oplande i forbindelse med et NPo-projekt (Hansen, 1990). Af nyere undersøgelser findes desuden en stikprøveundersøgelse foretaget af plantedirektoratet (Plantedirektoratet, 1990). Denne undersøgelse omfatter et større antal ejendomme (687) men med et mindre detaljeret sæt af oplysninger for de indgående ejendomme.

#### Formål

Formålet med opgørelsen af landbrugspraksis er at give et aktuelt billede af landbrugspraksis, der kan belyse forbedringer i praksis og aktuelle problemer i en miljømæssig sammenhæng. Materialet kan kun med forbehold og evt. korrektion bruges til at beskrive niveauet af gødskning for landet som helhed, idet husdyrtætheden for de 166 ejendomme i undersøgelsen er på 1.3 DE/ha. Gennemsnittet for landet er 0.82 DE/ha. Der kan derimod gives en forholdsvis sikker beskrivelse af forskelle i landbrugspraksis mellem forskellige grupper af ejendomme og forskelle i gødskningspraksis for forskellige afgrødegrupper. Oplandene må i denne henseende anses for at være repræsentative.

### 5.3.1 Opgørelsesmetoder

#### Produceret mængde husdyrgødning

Næringsindholdet i den udbragte husdyrgødning for de enkelte ejendomme er opgjort på baggrund af et gødningsregnskab for ejendommene. Der er ikke opgjort en massebalance for næringsstoffer for de enkelte ejendomme.

Den producerede mængde husdyrgødning og næringsstofindholdet i gødningen er beregnet ud fra normtal som ab lager mængder ud fra de indrapporterede oplysninger om husdyrhold, staldtype og sommergræsning (afsnit 4.2.2). Ved sommergræsning er gødningsproduktionen reduceret proportionalt med antallet af dage på græs. Gødningsregnskabet er afstemt, så de producerede mængder + import - eksport svarer nogenlunde til de opgivne udbragte mængder. Der kan dog være en vis usikkerhed på opgørelsen for de enkelte ejendomme, da der ikke har kunnet indhentes sikre oplysninger om lagerforskydninger.

#### Nyttevirkning af husdyrgødning

Nyttevirkningen af N i husdyrgødningen er opgjort på basis af normtal efter afgrøde, jordbund og udbringningstidspunkt (*Håndbog for Plantedyrkning*, 1990). Den herved fundne nyttevirkning må betragtes som en maksimal nyttevirkning efter udbringningstidspunktet, idet den udbragte mængde ikke har indgået i beregningen.

#### Anbefalet mængde

Den anbefalede mængde N til de enkelte marker er beregnet på baggrund af Miljøstyrelsens normtal (Hansen 1990, Hansen 1991, pers. komm.). Disse normtal tager udgangspunkt i en grundnorm for afgrøden, der korrigeres for geografisk placering, forrige afgrøde, evt. efterafgrøde og eftervirkning af husdyrgødning ud-

bragt året før. Den anbefalede mængde er en økonomisk optimal mængde handelsgødning N. Ved sammenligning med anbefalede mængder vil det i alle tilfælde være denne opgørelsesmåde, der anvendes til sammenligningen.

#### *Gødningsproduktion ved udbinding*

De anvendte normtal justerer den anbefalede N-mængde ved husdyrudbinding (sommergræsning). Denne kompensation er ikke anvendt, idet næringsstofindholdet i gødningstildelingen til marken ved udbinding i stedet er medtaget ved opgørelsen af den samlede gødningstildeling til marken. Ved beregning af nyttevirkning er værdien af gødning fra udbinding dog sat til 0, da der ikke findes sikre normtal. Den i opgørelsen fundne gødningstildeling ved udbinding må generelt antages at være undervurderet, da en del oplysninger om udbinding har været mangelfulde eller tvivlsomme og derfor ikke er indgået i opgørelsen.

#### *Statistisk grundlag*

Der er taget højde for usikkerheder i opgørelserne og individuelle forhold, der kan spille ind ved opgørelse for de enkelte marker eller ejendomme, ved at tilstræbe et minimum af 10 ejendomme eller 20 marker i de foretagne grupperinger. Ved sammenligning mellem grupper af ejendomme og marker er mulige alternative forklaringer til en funden forskel i praksis i alle tilfælde undersøgt.

### 5.3.2 Det samlede areal

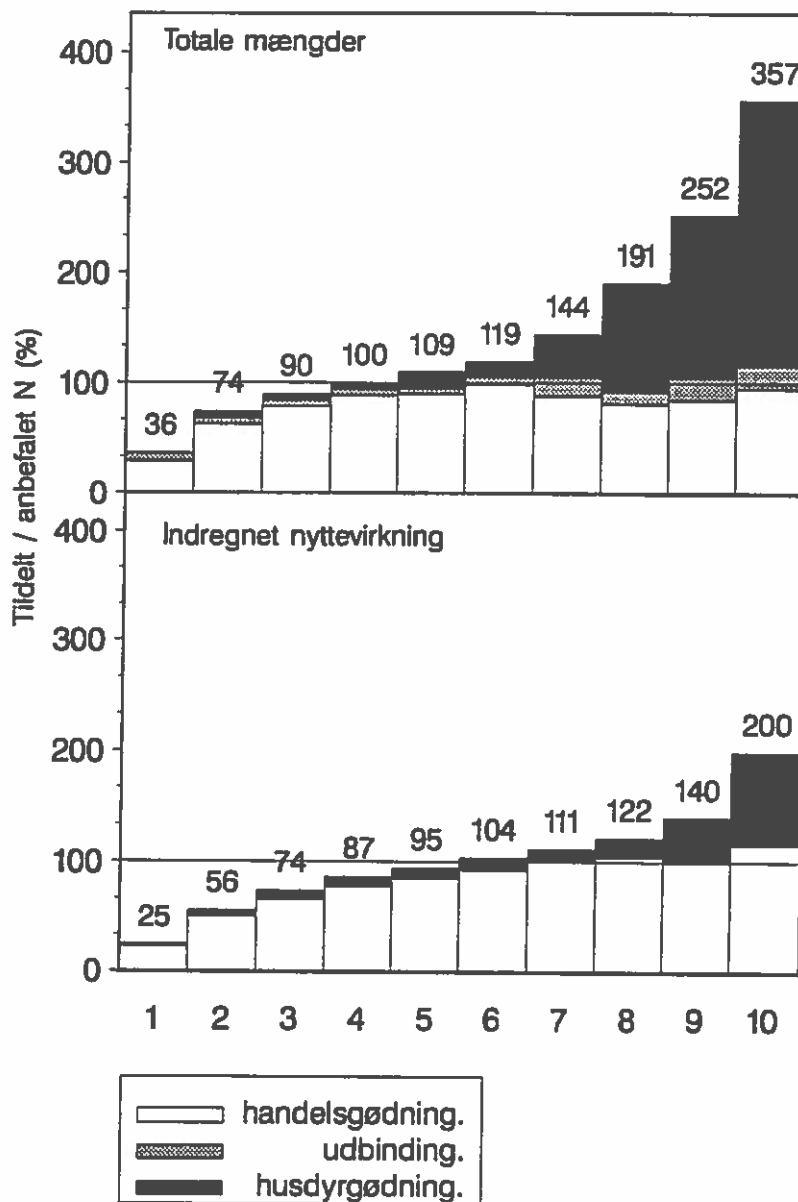
#### *N-tildeling*

For det samlede areal der indgår i undersøgelsen er der foretaget en opgørelse af gødskningsniveau og udbringningstider. Tildelingen af N i forhold til anbefalet mængde er illustreret i Figur 5.1. Opgørelsen er lavet for hver mark i undersøgelsen ved at beregne den anbefalede gødningsmængde og den aktuelle tildeling, dels som totale mængder, og dels med indregnet nyttevirkning af husdyrgødningen. Det samlede areal er derefter inddelt i grupper på hver 10% af det samlede areal efter stigende tildeling i forhold til anbefalet mængde.

Betragtes opgørelsen med indregnet nyttevirkning af husdyrgødningen ses at ca. halvdelen af det dyrkede areal tildeles mindre end den økonomisk optimale N-mængde. De 20% af arealet, der tildeles mest gødning tildeles både store mængder husdyrgødning og handelsgødning. Andelen af husdyrgødning er dog større i denne gruppe end for opgørelsen som helhed.

Betragtes opgørelsen for totale mængder ses, at ca. 30% af arealet tildeles meget store N-mængder i forhold til anbefalet mængde. Denne gruppe tildeles i gennemsnit lidt under den økonomisk optimale N-mængde i form af handelsgødning. Den største del af udbragt husdyrgødning er til gengæld koncentreret i denne gruppe. De tildelte mængder af husdyrgødning er meget store i forhold til den anbefalede mængde.

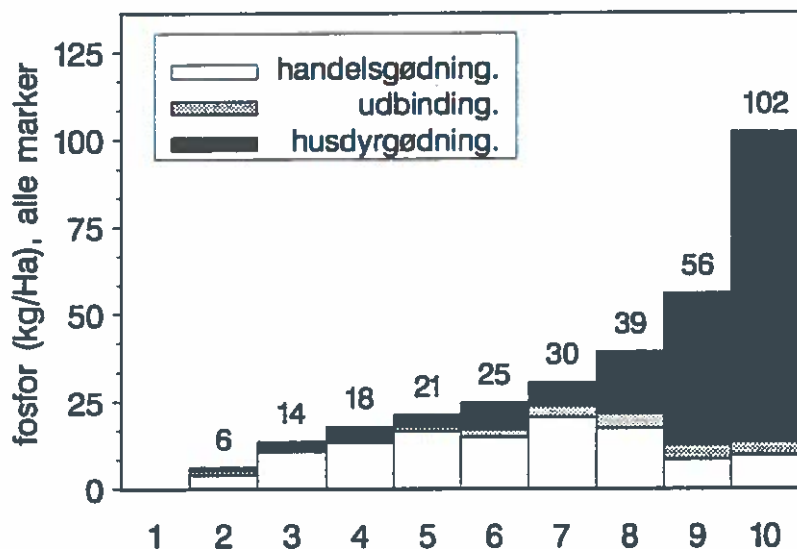
## Alle marker: Gødningstildeling



Figur 5.1 Tildelt/anbefalet mængde N opgjort for interviewundersøgelsens samlede areal fordelt på 10% arealfraktioner efter stigende tildeling i forhold til anbefalet mængde.

### P-tildeling

Fordelingen af P-tilførsel til markerne fremgår af Figur 5.2. Det ses, at der er meget stor spredning i tildelingen til markerne. Dette skyldes for det første, at husdyrgødningen normalt gives efter N-behov, således at P-mængden kan blive væsentlig større end P-behovet. Til trods for den store P-tilførsel i form af husdyrgødning tildeles de samme marker som regel også P i form af handelsgødning. En yderligere årsag til den store variation i P-tilførsel er, at P ofte gives efter jordens gødningstilstand, og fosfor kan gives for flere år af gangen.

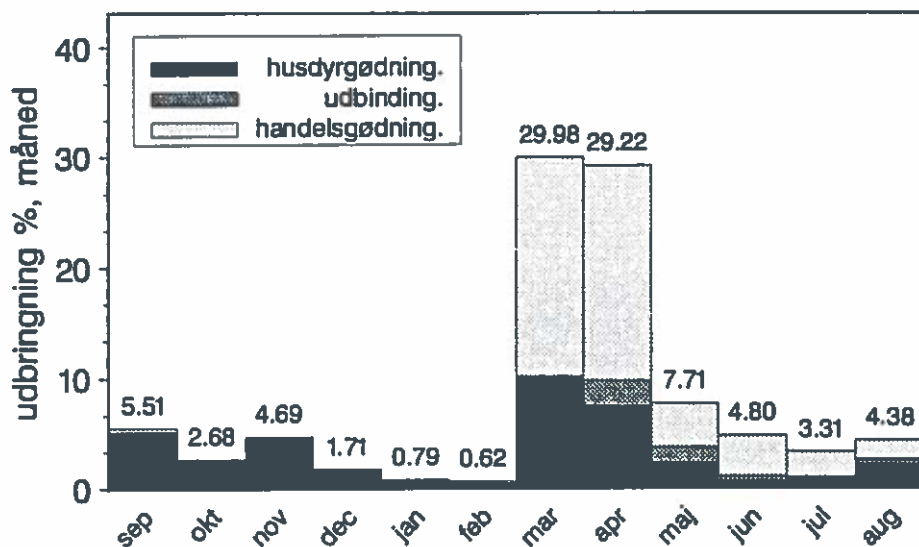


Figur 5.2 Tildeling af P opgjort for interviewundersens samlede areal fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende tildeling.

### Udbringningstider

Fordelingen af gødningstildeling over året er illustreret i Figur 5.3. Det ses, at stort set al handelsgødning udbringes om foråret og sommeren med de største mængder koncentreret i marts og april. Husdyrgødning udbringes over hele året. De største mængder udbringes dog i marts og april, og den samlede udbringning efterår og vinter er nede på ca. 40%. Dette er et fremskridt i forhold til f.eks. stikprøveundersøgelsen (*Plantedirektoratet 1990*), der viste efterårs- og vinterudbringninger på omkring 50% i driftsåret 1988/1989. Den samme tendens kan ses ved betragtning af interviewundersøgelsen fra Fyns Amtskommune, hvor der er fundet en reduktion af efterårs-/vinterudbringningen af husdyrgødning på ca. 10% fra 60% i 1988/1989 til 50% i 1989/1990.

Det største bidrag fra udbinding (sommergræsning) er for opgørelsen placeret i april. Dette skyldes usikre datooplysninger for en del af udbindingen.



Figur 5.3 Samlet opgørelse af udbringningstidspunkter.

### 5.3.3 Arealet fordelt på afgrødegrupper

Gødskningspraksis for forskellige afgrøder er opgjort ved at fordele markerne på otte afgrødegrupper. Antallet af marker omfattet af disse otte grupper er 1094 med et samlet areal på 4033 ha. For disse otte grupper af marker er der foretaget en opgørelse af tildelt i forhold til anbefalet N-mængde og udbringningstider.

De vigtigste resultater er præsenteret i tabelform. Tabellen er opbygget med en sumkolonne yderst til højre. I denne kolonne præsenteres arealet for samtlige marker, der er indgået i denne opgørelse. Hvor der for de enkelte grupper både er opgivet en størrelse og en procent, er procenten regnet i forhold til tallet i sum-kolonnen. Arealet med vårkorn udgør således 18.6% af det samlede areal i opgørelsen, men tildeles kun 12.8% af den samlede uddelte N-mængde til arealet.

#### *Fordeling på afgrødegrupper*

Fordelingen på de enkelte afgrødegrupper er illustreret på Figur 5.4. Betragtes gødningstildeling opgjort med indregnet nyttevirkning af husdyrgødningen, er størstedelen af arealerne med vedvarende græs, græs og foder i omdrift og korn med udlæg i undergødskning. Hovedparten af arealerne med rodfrugter og vinterkorn overgødskes. Generelt gælder, at gødningstildelingen til, vårkorn og frøafgrøder for størstedelen af arealet ligger tæt på den anbefalede mængde. Variationen i tildelingen til græs, rodfrugt og korn med udlæg er betydelig større. Arealer med vinterkorn tildeles generelt større mængder i forhold til anbefalet mængde end arealer med vårkorn. Vårkorn tildeles i gennemsnit 132% af anbefalet mængde mod 145% for vinterkorn. Dette kan have betydning ved vurdering af effekten af grønne marker.

#### *Totale mængder*

Betragtes opgørelsen for totale mængder, ses at navnlig arealer med rodfrugt målt i totale mængder tildeles meget store mængder N. Det samme gælder dele af det husdyrgødede areal med korn, græs og frøafgrøder. Det er i den forbindelse overraskende, at disse arealer også i gennemsnit tildeles store mængder N i form af handelsgødning.

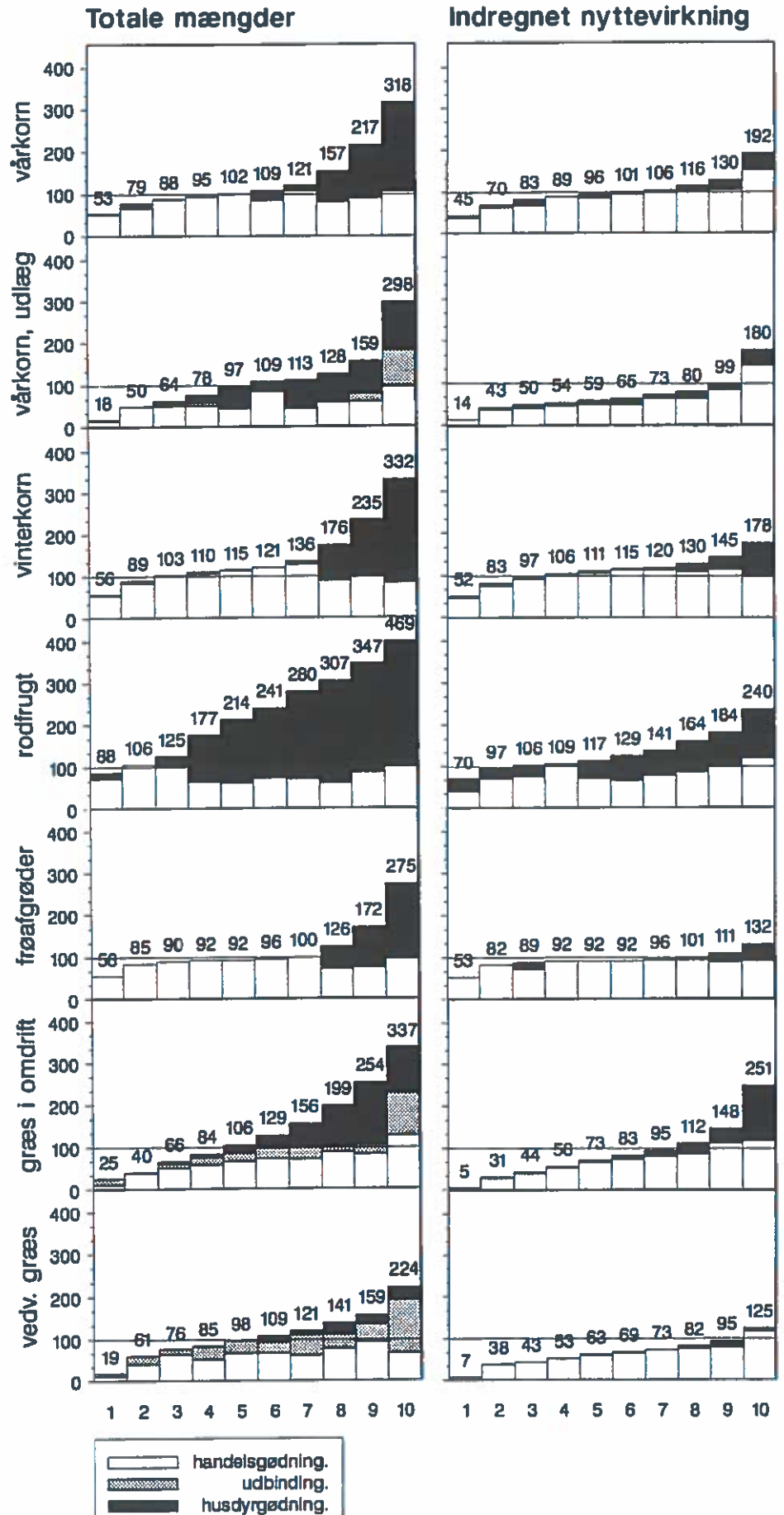
#### *Udbinding*

For græsafgrøder og korn med udlæg giver gødningstildelingen fra husdyrudbinding (sommergræsning) et væsentlig bidrag til den samlede gødningstildeling til arealerne. Denne mængde er på grund af manglende normtal ikke indgået i opgørelsen med indregnet nyttevirkning. Opgørelsen tyder på, at bidraget fra udbinding i højere grad medregnes ved tilrettelæggelse af gødskningen for marker med vekslende græs end for korn med udlæg.

#### *Udbringningstider*

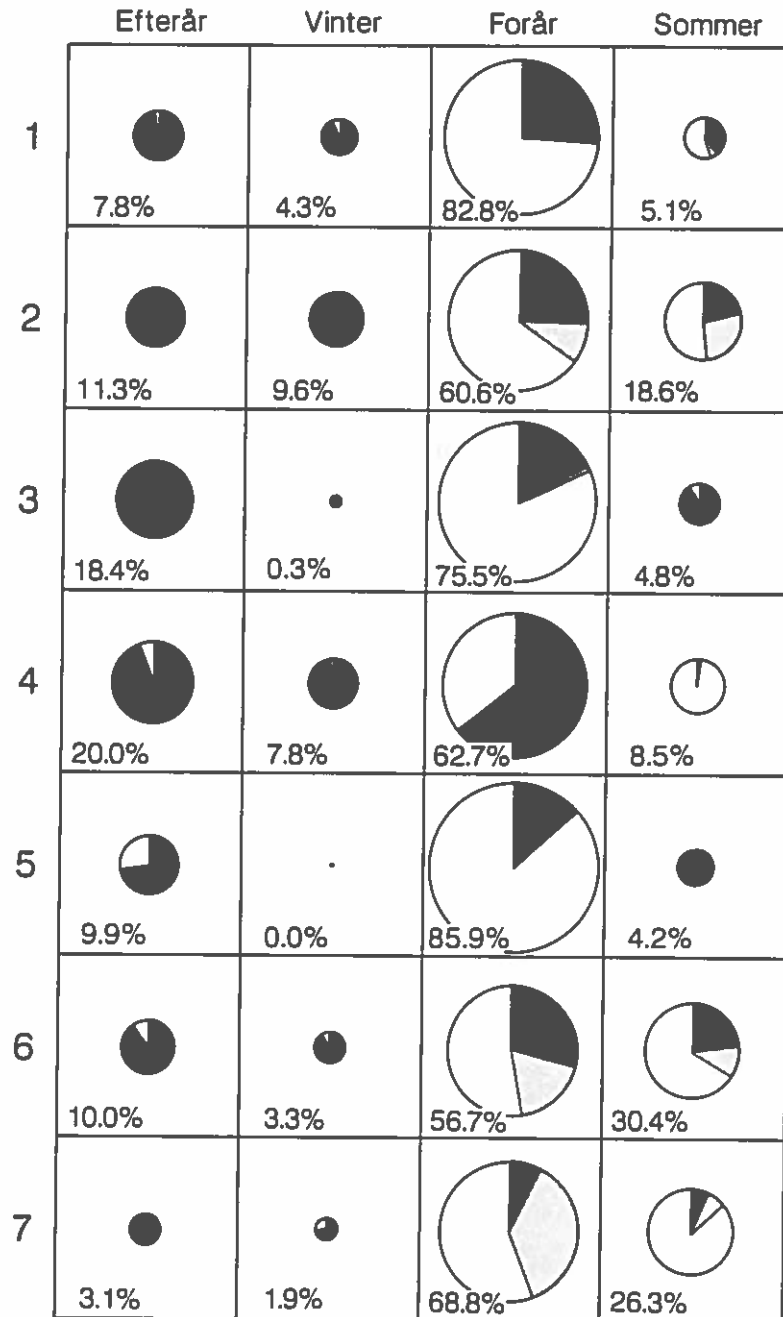
Fordelingen af gødningsudbringning på kvartaler er illustreret på Figur 5.5. Figuren viser desuden fordelingen af bidragene fra handelsgødning, husdyrgødning og husdyrudbinding. Det ses at navnlig rodfrugter og vinterkorn tildeles en del husdyrgødning om efteråret, medens vinterudbringningerne hovedsagelig sker til arealer med rodfrugter og korn med udlæg. Græs og korn med udlæg tildeles en del gødning om sommeren.

## Tildelt/anbefalet N (%)



Figur 5.4 Opgørelse af tildelt/anbefalet mængde N for arealet fordelt på afgrødegupper. De enkelte kurver viser tildelt/anbefalet mængde for arealet fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende tildeling i forhold til anbefalet mængde. (Undergødskning ved udlæg og græs skyldes delvis særlige forhold ved opgørelsen, se teksten).

## Afgrødegrupper: Udbringningstider



Figur 5.5 Gødningsudbringning fordelt på kvartaler for arealet fordelt på afgrødegrupper. Cirklerne arealer angiver den relative fordeling af gødskningsmængder på de 4 årstider.

1. Vårkorn
2. Vårkorn med udlæg
3. Vinterkorn
4. Rodfrugter
5. Frøafgrøder
6. Græs og foder i omdrift
7. Vedvarende græs





**Table 5.7** Arealet fordelt på grupper efter afgrødegrupper. De angivne procenter af arealet er andelen af det totale areal med de 8 afgrødegrupper. De angivne procenter husdyrgødning N, handelsgødning N og udvinding N er andelen af total udbragt husdyrgødning N, handelsgødning N og N tildelt ved udbinding (sommergræsning). Opgørelsen for tildelt/anbefalet mængde N er for totalt tildelt N.

|  | Vårkorn                | Vårkorn<br>m/udlæg     | Vinterkorn             | Bælgssæd          | Rodfrugt                | Frøafgrøder           | Græs & foder<br>i omdrift | Vedvarende<br>græs     | Sum                       |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| Marker<br>Areal (ha, %)                              | 228<br>768             | 79<br>262              | 6.4<br>25.3            | 61<br>267         | 6.5<br>23.3             | 133<br>483            | 11.7<br>311               | 7.6<br>233             | 1094<br>4033              |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
| Anbefalet N (T, %)                                   | 93.2                   | 49                     | 166.4                  | -                 | 72.1                    | 64.7                  | 184.8                     | 55.2                   | 685.4                     |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
| Husdg.<br>Handg.<br>Udbind. N (T, %)                 | 42.2<br>80.2<br>1.1    | 11.5<br>15.4<br>1.4    | 20.3<br>25.9<br>5.9    | 5.5<br>5.0<br>7.7 | 12.1<br>1.0<br>-        | 3.3<br>0.2<br>-       | 115.0<br>56.5<br>0.6      | 31.3<br>10.8<br>0.8    | 18.7<br>55.8<br>-         | 5.1<br>10.8<br>- | 73.5<br>110.0<br>48.2 | 20.0<br>21.1<br>63.0 | 6.0<br>32.6<br>20.6 | 1.6<br>6.2<br>27.0 | 367.8<br>521.9<br>76.4 |
| Total N (T, %)                                       | 123.4                  | 12.8                   | 52.2                   | 5.4               | 13.1                    | 1.4                   | 172.2                     | 17.8                   | 74                        | 7.7              | 231.7                 | 24.0                 | 59.3                | 6.1                | 966.5                  |
| Tildelt/anbefa.<br>Husdg.<br>Handg.<br>Udbind. N (%) | 45.2<br>86.1<br>1.2    | 41.4<br>52.9<br>12.0   | 48.0<br>96.4<br>0.0    | -                 | 159.5<br>78.4<br>0.8    | 28.9<br>85.5<br>0.0   | 39.8<br>59.5<br>26.1      | 10.9<br>59.1<br>37.3   | 53.7%<br>76.1%<br>11.1%   |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
| Total N (%)  | 132.4                  | 106.5                  | 144.5                  | -                 | 238.8                   | 114.4                 | 125.4                     | 107.4                  | 141.0%                    |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
| 3. kvartil<br>Median<br>1. kvartil                   | 164.5<br>104.6<br>83.7 | 142.8<br>101.5<br>63.6 | 182.8<br>114.8<br>96.0 | -                 | 332.8<br>250.3<br>164.9 | 143.5<br>97.3<br>88.3 | 193.2<br>113.7<br>62.6    | 146.5<br>102.5<br>69.0 | 195.4%<br>113.5%<br>84.0% |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
| Max. udnyttet<br>husdg. N (T)<br>(%)                 | 11.9                   | 28.2                   | 5.2                    | 25.6              | 40.9                    | 35.6                  | 30.5                      | 41.5                   | 121                       | 2.3              | 38.3                  | 32.9%                |                     |                    |                        |
| Efterår N (%)  | 7.6                    | 11.1                   | 18.1                   | 34.4              | 19.9                    | 9.9                   | 9.1                       | 2.7                    | 2.7                       |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
| Vinter N (%)   | 4.2                    | 9.4                    | 0.3                    | 7.3               | 7.8                     | 0                     | 2.7                       | 1.6                    | 1.6                       |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
| Forår N (%)  | 80.5                   | 59.4                   | 75.2                   | 50.1              | 62.3                    | 85.9                  | 51.4                      | 60.8                   | 60.8                      |                  |                       |                      |                     |                    |                        |
| Sommer N (%)   | 5.0                    | 18.2                   | 4.7                    | 4.8               | 8.5                     | 4.2                   | 27.5                      | 23.2                   | 23.2                      |                  |                       |                      |                     |                    |                        |

### 5.3.4 Ejendommene fordelt på brugstyper

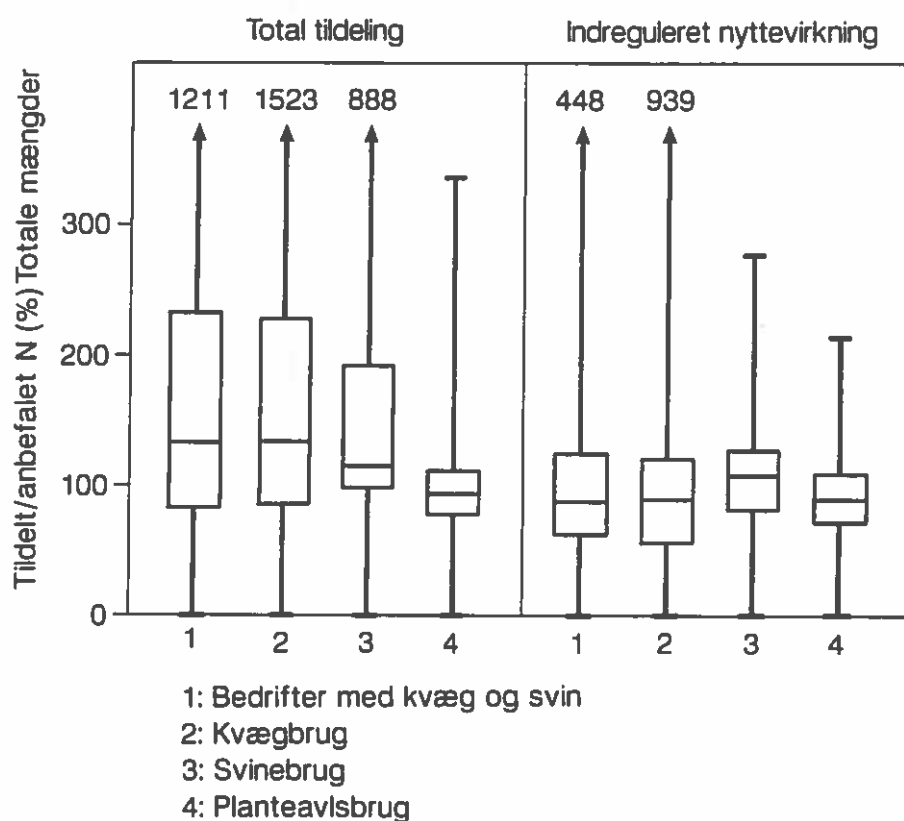
#### Husdyrtæthed

De 166 ejendomme i opgørelsen fordeler sig på 18 ejendomme med både kvæg og svin, 49 ejendomme med kvæg, men ingen svin, 24 ejendomme med svin, men ikke kvæg og 75 ejendomme med hverken kvæg eller svin. Husdyrtætheden er størst for gruppen med kvæg og svin (2.0 DE/ha), medens kvægbrugene har en husdyrtæthed på 1.8 DE/ha og svinebrugene 1.5 DE/ha.

#### Gødskningsniveau

Gødningstildelingen til arealet for de fire bedriftstyper er illustreret i Figur 5.6. Figuren viser median, 1. kvartil og 3. kvartil, samt max. og min. for tildelt/anbefalet mængde N. Det ses, at gødskningsniveauet og variationen af tildelingen i forhold til anbefalet mængde er lavest for planteavlsbrugene. Forskellen afspejles især i de totale mængder. Variationen i forhold til anbefalet mængde er mindre for de rene svinebrug end for de øvrige husdyrbrug.

#### Bedriftstyper: Gødningstildeling

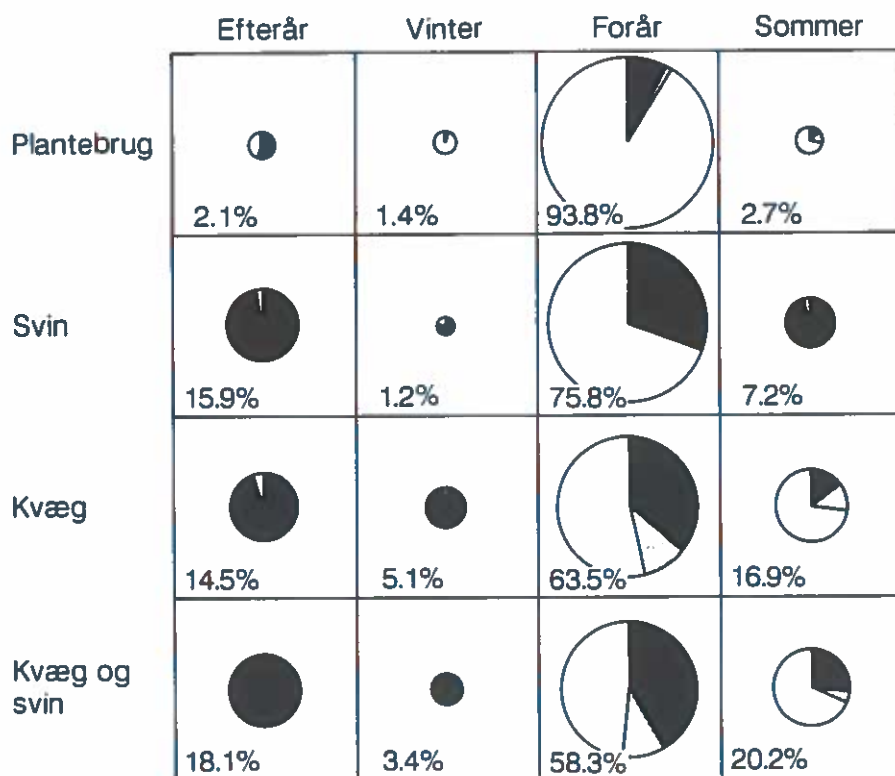


Figur 5.6 Tildelt/anbefalet mængde N for ejendommene fordelt på brugstyper. Signaturen angiver median, 1. og 3. kvartil og max. og min.

Gødskningsniveauet med indregnet nyttevirkning er dog under vurderet for bedrifter med kvæg, da gødningsvirkningen af bidraget fra udbinding ikke er indregnet.

Fordelingen af gødningsudbringningen på kvartaler er vist på Figur 5.7. Planteavlsbrugene bruger næsten udelukkende handelsgødning og udbringer 94% af den samlede gødningsmængde om foråret. Dyrebrugene udbringer en del husdyrgødning om efteråret. Bedrifter med kvæg udbringer en del handelsgødning om sommeren, hvilket hænger sammen med dyrkning af græs og andre foderafgrøder.

Bedriftstyper : Udbringningstider



Figur 5.7 Gødningsudbringning fordelt på kvartaler for ejendommene fordelt på brugstyper. Cirklerne arealer angiver den relative fordeling af gødskningsmængder på de 4 årstider.

5.3.5 Ejendommene fordelt på arealgrupper

En opgørelse er lavet for undersøgelsens ejendomme fordelt på seks grupper efter størrelsen af det dyrkede areal. De helt små ejendomme med et dyrket areal under 10 ha udgør over en fjerdedel af det samlede antal ejendomme, men bidrager kun med 5% af det dyrkede areal og 5.2% af det samlede antal dyreenheder. De store ejendomme med mere end 50 ha dyrket areal udgør 5.3% af det samlede antal ejendomme, men bidrager med 45% af det samlede areal og 47% af det samlede antal dyreenheder.

### Husdyrhold

Dyreholdet er koncentreret i gruppen med dyrket areal mellem 50 og 100 ha, der har en husdyrtæthed på 1.6 DE/ha og gruppen mellem 30 og 50 ha, der har en husdyrtæthed på 1.4 DE/ha.

### Gødskningsniveau

Gødningstildelingen til ejendommene i de enkelte arealgrupper er vist i Figur 5.8. Figuren viser tildelt/anbefalet N i totale mængder. Der kan ikke af opgørelsen udledes nogen simpel sammenhæng mellem ejendommenes størrelse og tildeling i forhold til anbefalet mængde. Der er dog en klar tendens til at gødskningsniveauet er mindst for de helt små brug. Spredningen i forhold til anbefalet mængde er ligeledes mindst for de helt små brug. I materialet for stikprøveundersøgelsen (*Plantedirektoratet 1990*) kan der ses en tendens til, at der også i gruppen af helt små brug er en større andel af meget store gødningstildelinger. Denne tendens kan ikke eftervises med sikkerhed på det foreliggende materiale.

### Udbringningstider

En opgørelse af udbringningstidspunkter for ejendommene fordelt på størrelsesgrupper viser ingen sikker sammenhæng mellem ejendommenes størrelse og andelen af efterårs- og vinterudbringninger. Figur 5.9 viser andelen af efterårs- og vinterudbringning for den samlede mængde af N udbragt i de seks arealgrupper. Tages det i betragtning, at den største husdyrtæthed findes i grupperne med fra 30 til 100 ha dyrket areal, kan der dog ses en tendens til mindre efterårs- og vinterudbringning for de større ejendomme.

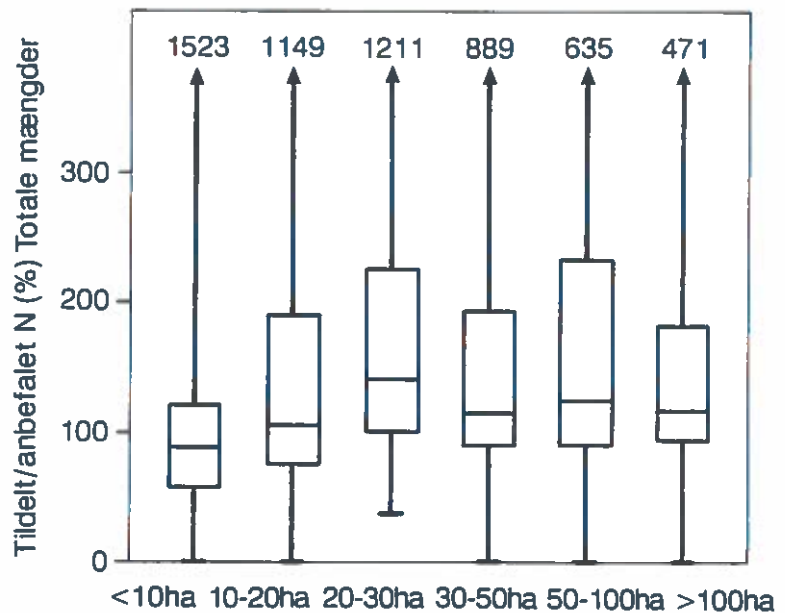
Tabel 5.8 Ejendommene fordelt på grupper efter størrelsen af det dyrkede areal. De angivne procenter for areal, DE, husdyrgødning N, handelsgødning N, udbinding N og total N er andelen af totalen, der indgår i opgørelsen, jvf. sum kolonnen. Opgørelsen for tildelt/anbefalet N er for total tildelt N.

|                          | Kvæg og svin | Kvæg       | Svin       | Plantebrug | Sum   |
|--------------------------|--------------|------------|------------|------------|-------|
| Ejendomme                | 18           | 49         | 24         | 75         | 166   |
| Marker                   | 233          | 465        | 189        | 216        | 1103  |
| Areal (Ha.%)             | 694 16.8     | 1441 35.0  | 1017 24.7  | 967 23.5   | 4120  |
| DE (n,%)                 | 1372 24.7    | 2655 47.8  | 1502 27.0  | 27 0.5     | 5556  |
| DE/Ha                    | 2.0          | 1.8        | 1.5        | 0.0        | 1.3   |
| Anbef. N (T)             | 134.2        | 270.6      | 131.7      | 148,8      | 685.4 |
| Husdg. N (T,%)           | 102.2 28.6   | 165.8 46.4 | 79.3 22.2  | 10.4 2.9   | 357.7 |
| Handg. N (T,%)           | 85.6 16.3    | 190.7 36.4 | 115.1 22.0 | 132.6 22.3 | 524.0 |
| Udbind.N (T,%)           | 19.7 27.8    | 47.6 67.2  | 0.2 0.3    | 3.3 4.7    | 70.8  |
| Total N (T,%)            | 207.5 22.8   | 404.1 42.4 | 194.6 20.4 | 146.3 15.4 | 952.5 |
| Tildelt/anbef.           |              |            |            |            |       |
| Husdg. N (%)             | 76.2         | 61.3       | 60.2       | 7.0        |       |
| Handg. N (%)             | 63.8         | 70.5       | 87.4       | 89.1       |       |
| Udbind.N (%)             | 14.7         | 17.6       | 0.2        | 2.2        |       |
| Total N (%)              | 154.6        | 149.3      | 147.8      | 98.3       |       |
| 3. kvartil (%)           | 233.0        | 227.1      | 192.8      | 113.5      | 84.0  |
| Median (%)               | 131.1        | 132.0      | 114.8      | 93.3       | 113.5 |
| 1. kvartil (%)           | 82.1         | 85.9       | 99.3       | 78.3       | 195,4 |
| Efterår/<br>vinter N (%) | 21.5         | 19.6       | 17.1       | 3.5        |       |

Tabel 5.9 Ejendommene fordelt på grupper efter størrelsen af det dyrkede areal. De angivne procenter for arealet DE, husdyrgødning N, handelsgødning N, udbinding N og total N er andelen af totalen, der indgår i opgørelsen jvf. sum kolonnen. Opgørelsen for tildelt/anbefalet N er for total tildelt N.

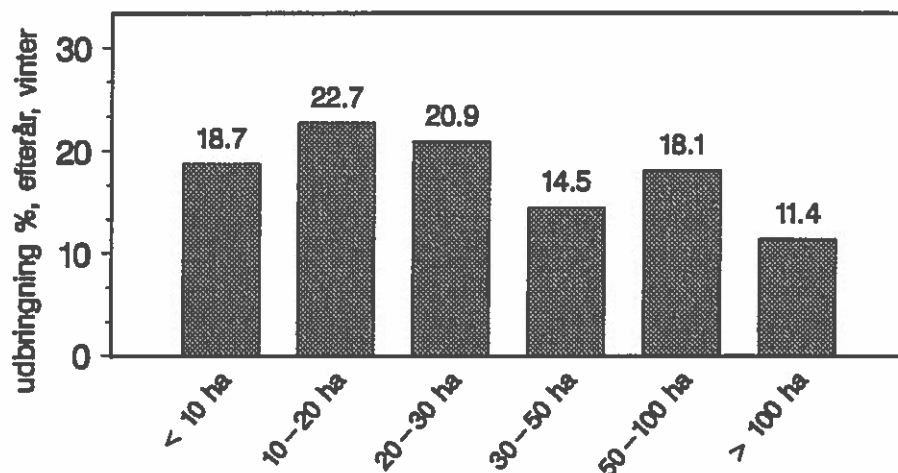
|                             | 0-10 Ha  | 10-20 Ha | 20-30 Ha  | 30-50 Ha   | 50-100 Ha  | > 100 Ha   | Sum   |
|-----------------------------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|
| Ejendomme                   | 45       | 27       | 24        | 39         | 21         | 10         | 166   |
| Marker                      | 128      | 140      | 111       | 360        | 280        | 84         | 1103  |
| Areal (Ha,%)                | 203 5.0  | 312 7.6  | 440 10.7  | 1308 31.8  | 1280 31.1  | 575 14.0   | 4120  |
| DE (n,%)                    | 287 5.2  | 293 5.3  | 512 9.2   | 1824 32.8  | 2023 36.4  | 617 11.1   | 5556  |
| DE/Ha.                      | 1.4      | 0.9      | 1.2       | 1.4        | 1.6        | 1.1        |       |
| Anbef. N (T)                | 40.2     | 53.9     | 67.9      | 206.6      | 215.1      | 102.1      | 685.4 |
| Husdg. N (T,%)              | 9.9 2.8  | 23.5 6.6 | 32.9 9.2  | 109.8 30.7 | 148.4 41.5 | 33.2 9.3   | 357.7 |
| Handg. N (T,%)              | 19.9 3.8 | 37.4 7.1 | 57.6 11.0 | 164.4 31.4 | 160.8 30.7 | 83.9 16.0  | 524.0 |
| Udbind.N (T,%)              | 8.7 12.3 | 6.1 11.4 | 5.2 7.3   | 18.9 26.7  | 24.2 34.2  | 5.7 8.1    | 70.8  |
| Total N (T,%)               | 38.6 4.1 | 68.9 7.2 | 95.6 10.0 | 293.2 30.8 | 333.5 35.0 | 122.8 12.9 | 952.5 |
| Tildelt/anbef. Husdg. N (%) | 24.6     | 43.6     | 48.5      | 53.1       | 69.0       | 32.5       | 84.0  |
| Handg. N (%)                | 49.5     | 69.4     | 84.8      | 79.6       | 74.8       | 82.2       | 113.5 |
| Udbind.N (%)                | 21.6     | 15.0     | 7.7       | 9.1        | 11.3       | 5.6        | 195.4 |
| Total N (%)                 | 96.0     | 127.8    | 140.8     | 141.9      | 155.0      | 120.3      |       |
| 3. kvartil (%)              | 120.0    | 191.3    | 224.3     | 192.8      | 232.3      | 180.8      | 84.0  |
| Median (%)                  | 86.9     | 105.0    | 141.8     | 116.1      | 123.3      | 117.0      | 113.5 |
| 1. kvartil (%)              | 57.1     | 76.1     | 100.6     | 89.6       | 90.0       | 93.3       | 195.4 |
| Efterår/vinter N (%)        | 18.7     | 22.7     | 20.9      | 14.5       | 18.1       | 11.4       |       |

### Arealgrupper: Gødningstildeling



Figur 5.8 Tildelt/anbefalet mængde N for ejendommene fordelt på grupper efter størrelsen af det dyrkede areal. Signaturen angiver median, 1. og 3. kvartil og max. og min.

## Arealgrupper: efterår og vinterudbringning



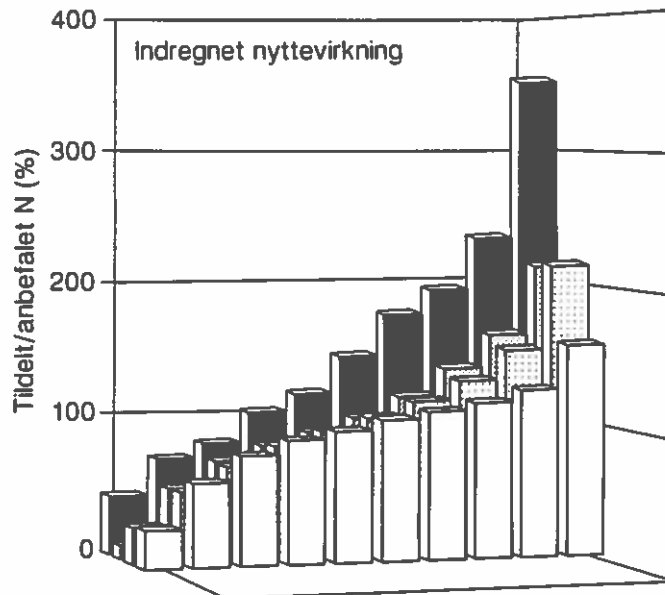
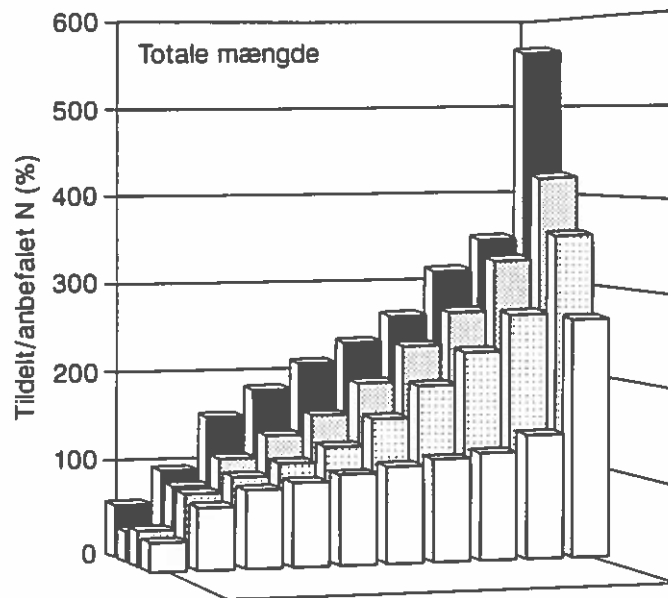
Figur 5.9 Andelen af efterårs- og vinterudbringning for den totalt udbragte N-mængde for ejendommene fordelt på grupper efter størrelsen af det dyrkede areal.

### 5.3.6 Ejendommene fordelt på husdyrtæthedsgrupper

Opdeles ejendommene i grupper efter stigende husdyrtæthed, findes 97 ejendomme med under 1 DE/ha, 41 ejendomme med 1-2 DE/ha, 18 ejendomme med 2-3 DE/ha og 10 ejendomme med mere end 3 DE/ha. Ejendommene med mere end 2 DE/ha udgør 6% af samtlige ejendomme, men besidder 18% af det dyrkede areal og 43% af det samlede antal dyreenheder.

Tabel 5.10 Ejendommene fordelt på grupper efter husdyrtæthed. De angivne procenter for areal, DE, husdyrgødning N, handsgødning N, udbinding N og total N er andelen af totalen, der indgår i opgørelsen jvf. sumkolonnen. Opgørelsen for tildelt/anbefalet N er for total tildelt mængde.

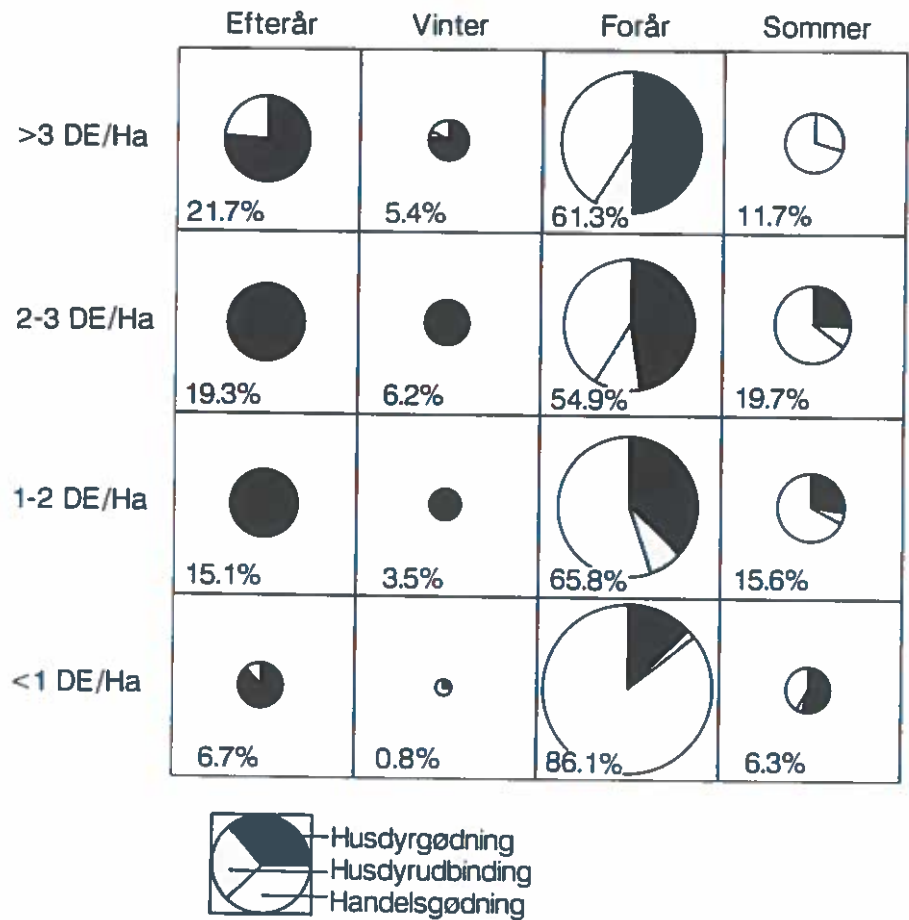
|                             | 0-1 DE/ha |      | 1-2 DE/ha |      | 2-3 DE/ha |      | >3 DE/ha |      | Sum   |
|-----------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|----------|------|-------|
| Ejendomme                   | 97        |      | 41        |      | 18        |      | 10       |      | 166   |
| Marker                      | 434       |      | 428       |      | 186       |      | 55       |      | 1103  |
| Areal (ha,%)                | 1894      | 46.0 | 1475      | 35.8 | 598       | 14.5 | 153      | 3.7  | 4120  |
| DE (n,%)                    | 684       | 12.3 | 2487      | 44.8 | 1578      | 28.4 | 807      | 14.5 | 5556  |
| DE/ha                       | 0.4       |      | 1.7       |      | 2.6       |      | 5.3      |      |       |
| Anbef. N (T)                | 292.0     |      | 249.9     |      | 120.1     |      | 23.1     |      | 685.1 |
| Husdg. N (T,%)              | 50.0      | 14.0 | 169.0     | 47.2 | 116.7     | 32.6 | 21.9     | 6.1  | 357.6 |
| Handg. N (T,%)              | 248.9     | 47.5 | 175.9     | 33.6 | 77.0      | 14.7 | 22.3     | 4.3  | 524.1 |
| Udbind. N (T,%)             | 9.3       | 13.1 | 36.9      | 52.0 | 21.0      | 29.6 | 3.7      | 5.2  | 70.9  |
| Total N (T,%)               | 308.2     | 32.4 | 381.7     | 40.1 | 214.7     | 22.5 | 47.9     | 5.0  | 952.5 |
| Tildelt/anbef. husdg. N (%) | 17.1      |      | 67.6      |      | 97.2      |      | 94.8     |      |       |
| handg. N (%)                | 82.2      |      | 70.4      |      | 64.1      |      | 96.5     |      |       |
| udbind. N (%)               | 3.2       |      | 14.8      |      | 17.5      |      | 16.0     |      |       |
| Total N (%)                 | 105.5     |      | 152.7     |      | 178.8     |      | 207.4    |      |       |
| 3. kvartil (%)              | 117.6     |      | 224.3     |      | 253.8     |      | 332.8    |      | 84.0  |
| Median (%)                  | 97.7      |      | 128.5     |      | 160.6     |      | 230.7    |      | 113.5 |
| 1. kvartil (%)              | 76.9      |      | 89.6      |      | 104.8     |      | 135.6    |      | 195.4 |
| Efterår N (%)               | 6.5       |      | 14.1      |      | 18.4      |      | 21.6     |      |       |
| Vinter N (%)                | 0.8       |      | 3.3       |      | 5.9       |      | 5.3      |      |       |
| Forår N (%)                 | 83.5      |      | 61.6      |      | 52.3      |      | 60.9     |      |       |
| Sommer N (%)                | 6.1       |      | 14.6      |      | 18.7      |      | 11.6     |      |       |
| Efterår/vinter N (%)        | 7.3       |      | 17.4      |      | 24.3      |      | 26.9     |      |       |



Figur 5.10 Tildelt/anbefalet mængde N for ejendommene fordelt på grupper efter husdyrtæthed. For hver gruppe er tildelt/anbefalet mængde opgjort for arealet fordelt på 10% arealfraktiles efter stigende tildeling i forhold til anbefalet mængde.



## Husdyrtæthedsgrupper : Udbringningstider



Figur 5.11 Gødningsudbringning fordelt på kvartaler for ejendommene fordelt på grupper efter husdyrtæthed. Cirklernes arealer angiver den relative fordeling af gødningsmængder på de 4 årstider.

### Gødningsniveau

For hver gruppe af ejendomme er der foretaget en opgørelse af tildelt/anbefalet mængde N for arealet fordelt på 10% fraktiler efter stigende tildeling i forhold til anbefalet mængde. Denne opgørelse er illustreret i Figur 5.10. Der ses en klar og entydig sammenhæng mellem stigende husdyrtæthed og stigende tildeling i forhold til anbefalet mængde. Gruppen med mindre end 1 DE/ha udviser en forholdsvis lille spredning af tildeling i forhold til anbefalet mængde. Grupperne med større husdyrtæthed viser dels langt højere niveau for opgørelsen over totale mængder, dels en langt større spredning.

Fordelingen af udbringningen på kvartaler er illustreret i Figur 5.11. Opgørelsen viser en større andel af efterårs- og vinterudbringning med stigende husdyrtæthed.

### 5.3.7 Tabspotentiale af kvælstof

#### Tabspotentiale

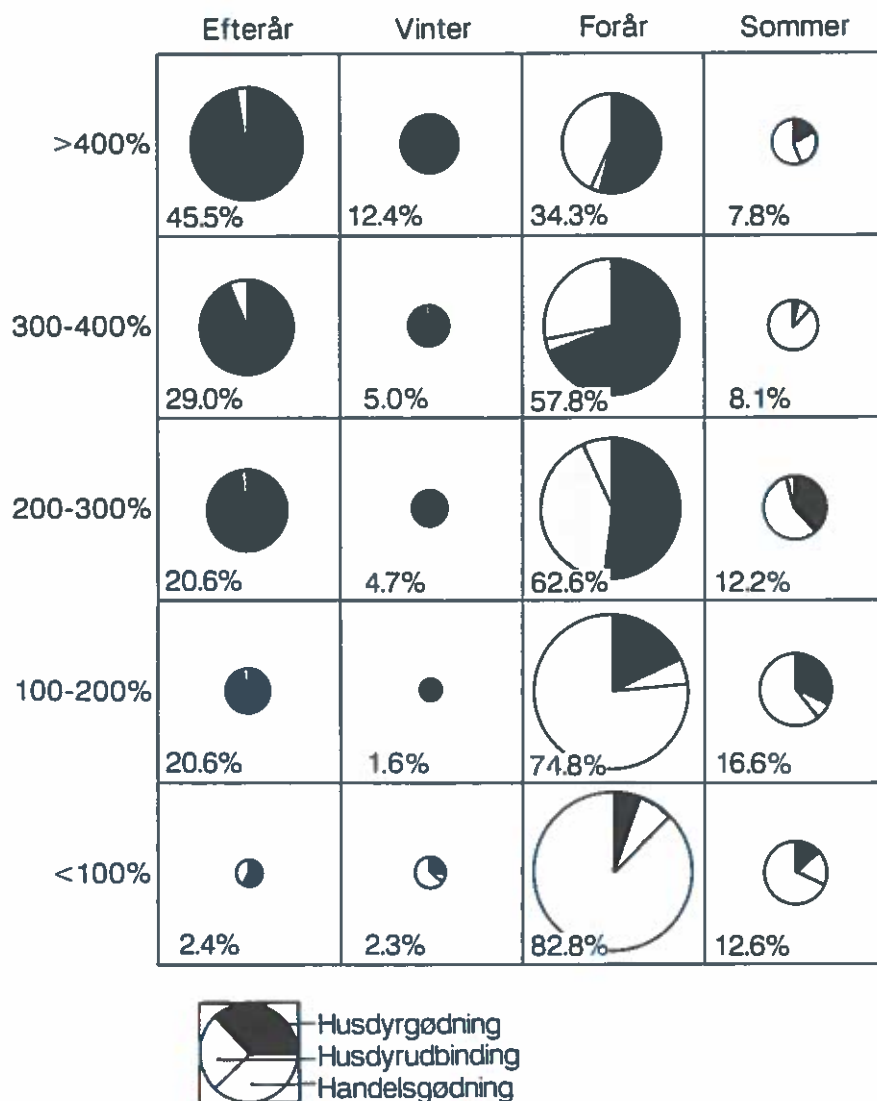
Med henblik på at undersøge udnyttelsen af den udbragte gødning, er der foretaget en opdeling af det samlede areal i grupper efter tildelt/anbefalet N-mængde. Opgørelsen er foretaget efter totale N-mængder. *Det er følgelig ikke hele arealet i grupperne med tildelt/anbefalet N-mængde større end 1, der gødes mere end økonomisk optimalt, da husdyrgødningen ikke 100% erstatter handelsgødning. Formålet med opgørelsen er imidlertid at give et udtryk for tabspotentialet af N med den aktuelle udbringningspraksis.*

Tabel 5.11 Arealet fordelt på grupper efter N-tildeling i forhold til anbefalet mængde. Inddelingen er foretaget efter den totalt tildelte N-mængde. I den øverste del af tabellen er de indgående marker fordelt på 5 grupper, i den nederste del er der foretaget en inddeling i to grupper. De opgivne procenter for areal, husdyrgødning N, handelsgødning N, udbinding N og total N er andelen af totalen, der indgår i opgørelsen jvf. sumkolonnen. Opgørelsen for tildelt/anbefalet N er for total tildelt N.

|                                | Tildelt/anbefalet N |                  |                 |               |              | Sum          |
|--------------------------------|---------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|
|                                | <1                  | >1, <2           | >2, <3          | >3, <4        | >4           |              |
| Marker<br>Areal (ha, %)        | 368<br>1268 34.1    | 395<br>1569 42.3 | 152<br>607 16.4 | 70<br>209 5.6 | 28<br>57 1.5 | 1013<br>3710 |
| Anbefa. N (T)                  | 258.9               | 274              | 103.6           | 30.2          | 8.1          | 674.8        |
| Husdg. N (T, %)                | 10.7 3.0            | 91.2 25.6        | 153.1 43.0      | 72.4 20.3     | 28.9 8.1     | 356.3        |
| Handg. N (T, %)                | 153.4 29.4          | 244.3 46.8       | 86.9 16.7       | 27.7 5.3      | 9.6 1.8      | 521.9        |
| Udbind. N (T, %)               | 17.7 25.0           | 27.1 38.3        | 17.4 24.6       | 2.7 3.8       | 5.9 8.3      | 70.8         |
| Total N (T, %)                 | 181.8 19.2          | 362.5 38.2       | 257.5 27.1      | 102.7 10.8    | 44.4 4.7     | 948.9        |
| Tildelt/anbef.<br>husdg. N (%) |                     | 4.1              | 33.3            | 147.8         | 239.7        | 356.8        |
| handg. N (%)                   |                     | 59.2             | 89.2            | 83.9          | 91.7         | 118.5        |
| udbind. N (%)                  |                     | 6.8              | 9.9             | 16.8          | 8.9          | 72.8         |
| Total N (%)                    |                     | 70.2             | 132.3           | 168.2         | 340.1        | 548.1        |
| Efterår N (%)                  |                     | 2.3              | 6.8             | 19.6          | 28.5         | 40.0         |
| Vinter N (%)                   |                     | 2.2              | 1.6             | 4.5           | 5.0          | 10.9         |
| Forår N (%)                    |                     | 78.6             | 72.3            | 59.8          | 56.8         | 30.1         |
| Sommer N (%)                   |                     | 12.0             | 16.0            | 11.7          | 7.9          | 6.9          |
| Efterår/<br>vinter N (%)       |                     | 4.4              | 8.4             | 24.1          | 33.4         | 50.9         |
| Antal marker<br>Areal (ha, %)  | 763<br>2837         |                  | 250<br>873      |               | 23.5         | 1013<br>3710 |
| Anbefa. N (T)                  | 532.9               |                  | 141.9           |               |              | 674.8        |
| Husdg. N (T, %)                | 101.9               | 28.5             | 254.4           | 71.4          |              | 356.3        |
| Handg. N (T, %)                | 397.7               | 76.2             | 124.2           | 23.7          |              | 521.9        |
| Udbind. N (T, %)               | 44.8                | 63.3             | 26.0            | 36.7          |              | 70.8         |
| Total N (T, %)                 | 544.3               | 57.4             | 404.6           | 42.6          |              | 948.9        |

Tabel 5.11 præsenterer de vigtigste resultater af denne opgørelse. I den øverste del af tabellen er vist en opdeling af arealet i fem grupper. I den nederste del af tabellen er en opdeling i to grupper med tildelt/anbefalet mængde over henholdsvis under 200%.

### Udbringningstider for arealer med højt gødningsniveau



Figur 5.12 Gødningsudbringning fordelt på kvartaler for arealet fordelt på grupper efter N-tildeling i forhold til anbefalet mængde. Inddelingen er foretaget efter den totale tildelte N-mængde. Cirklernes arealer angiver den relative fordeling af gødskningsmængder på de 4 årstider.

#### Gruppen >200%

Af opstillingen ses, at gruppen af marker, der modtager mere end 200% af den økonomisk optimale mængde, udgør 23.5% af det samlede areal. Denne gruppe tildes 71.4% af den samlede mængde N udbragt i form af husdyrgødning, 23.7% af den ud-

bragte handelsgødning N og 36.7% af den samlede uddelte N ved udbinding. Den økonomisk optimale N tildeling til denne gruppe er 141.9 T; den aktuelle tildeling er 404.6 T. Differencen 262,7 T udgør et tabspotentiale.

### Udbringningstider

Fordelingen af gødningsudbringning på kvartaler er illustreret i Figur 5.12. Opgørelsen viser en meget stærk sammenhæng mellem tildelt/anbefalet mængde og andelen af efterårs- og vinterudbringning. Den samme tendens kunne ses i opgørelsen over husdyrtæthedsgrupper, men er stærkere her. Det fundne mønster kan muligvis hænge sammen med, at nyttevirkningen ved udbringning af meget store mængder kun i mindre grad afhænger af udbringningstidspunktet.

### Konklusion

Opgørelsen indikerer, at over halvdelen af den udbragte husdyrgødning udbringes på en måde, der ikke er forenelig med en udnyttelse af den mulige gødningsvirkning.

## 5.3.8 Ejendommene fordelt efter opbevaringskapacitet

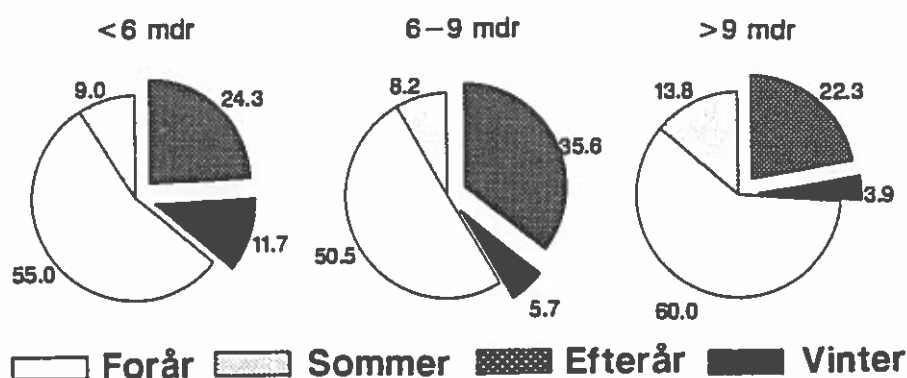
### Opbevaringskapacitet

Det aktuelle krav til opbevaringskapacitet af husdyrgødning er for ejendomme med mere end 31 dyreenheder på 9 måneder fra 31. december 1992. I undersøgelsen har 45 ejendomme mere end 31 dyreenheder og et husdyrhold med produktion af gylle. Af disse 45 ejendomme havde 15 i 1990 en opbevaringskapacitet for gylle på mindre end 6 måneder, 22 ejendomme havde en opbevaringskapacitet mellem 6 og 9 måneder og 8 ejendomme havde en opbevaringskapacitet på 9 måneder eller mere. For disse 45 ejendomme er der foretaget en sammenligning mellem gødskningspraksis.

### Udbringningstider

Gødningsudbringningen fordelt på kvartaler er illustreret i Figur 5.13. Der kan ikke af denne opstilling udledes noget entydigt om sammenhængen mellem opbevaringskapacitet og udbringningstider.

### Opbevaringskapacitet: gylle udbringning efterår og vinter



Figur 5.13 Andelen af efterårs-, vinter-, forårs- og sommerudbringning for den totalt udbragte N-mængde for ejendomme med mere end 31 DE fordelt efter opbevaringskapaciteten af gylle.

## Nyttevirkning

På grund af den uens afgrødefordeling i grupperne er nyttevirkningen af husdyrgødningen anvendt som mål for forbedringer i valg af udbringningstid. Opgørelsen må tages med forbehold for, at efter der dyrkes flere foderafgrøder, der udnytter gødningen en større del af året i grupperne med større opbevaringskapacitet. Opgørelsen viser en teoretisk nyttevirkning efter udbringningstidspunktet af den udbragte gylle på 33.6% for gruppen med mindre end 6 måneders opbevaringskapacitet, 34.6% for gruppen med 6-9 måneders kapacitet og 36.8% for gruppen med 9 måneder eller længere kapacitet. Den maksimale nyttevirkning er med den anvendte opgørelsesmåde 50%.

Der kan følgelig spores en forbedret udbringningspraksis hvad angår valget af udbringningstider for ejendomme med større opbevaringskapacitet. Forskellen er dog meget lille i forhold til det teoretisk mulige og kan bl.a. forklares med forskellene i afgrødefordeling mellem undersøgte grupper.

Tabel 5.12 Ejendomme med mere end 31 dyreenheder og produktion af gylle fordelt på grupper efter opbevaringskapaciteten af gylle. De angivne procenter for areal, DE, husdyrgødning N, handelsgødning N, udbinding N og total N er andelen af totalen, der indgår i opgørelsen jvf. sumkolonnen. Procentangivelserne for fordeling på afgrødegrupper er i forhold til det dyrkede areal i gruppen. Udbringningen fordelt på kvartaler er procent af den i gruppen udbragte gylle.

|                                    | Opbevaringskapacitet af gylle |      |          |      |         |      | Sum   |
|------------------------------------|-------------------------------|------|----------|------|---------|------|-------|
|                                    | <6 mdr.                       |      | 6-9 mdr. |      | >9 mdr. |      |       |
| Ejendomme                          | 15                            |      | 22       |      | 8       |      | 45    |
| Marker                             | 180                           |      | 289      |      | 82      |      | 551   |
| Areal (ha, %)                      | 785                           | 36.7 | 1053     | 49.3 | 299     | 14.0 | 2137  |
| DE (N, %)                          | 1369                          | 32.9 | 2158     | 51.9 | 684     | 15.2 | 4161  |
| DE/ha                              | 1.7                           |      | 2.0      |      | 2.1     |      | 1.9   |
| Vårkorn (ha, %)                    | 91                            | 11.6 | 117      | 11.1 | 35      | 11.7 |       |
| Vårkorn m/udl. (ha, %)             | 94                            | 12.0 | 103      | 9.8  | 21      | 7.2  |       |
| Vinterkorn (ha, %)                 | 189                           | 24.0 | 195      | 18.5 | 87      | 29.0 |       |
| Rodfrugt (ha, %)                   | 86                            | 11.0 | 137      | 13.0 | 44      | 14.6 |       |
| Græs omdrift (ha, %)               | 113                           | 14.4 | 328      | 31.2 | 63      | 21.1 |       |
| Vedv. græs (ha, %)                 | 47                            | 5.5  | 89       | 8.4  | 6       | 2.2  |       |
| Husdyrgød. N (T, %)                | 89.1                          | 34.5 | 134.1    | 52.1 | 34.5    | 13.4 | 257.9 |
| Handelsgød. N (T, %)               | 83.9                          | 30.8 | 145.3    | 53.3 | 43.6    | 16.0 | 272.8 |
| Udbinding N (T, %)                 | 15.5                          | 30.3 | 29.9     | 58.5 | 5.7     | 11.2 | 51.1  |
| Total N (T, %)                     | 188.5                         | 32.4 | 309.5    | 53.2 | 83.8    | 14.4 | 581.8 |
| Efterår, gylle (%)                 | 24.3                          |      | 35.6     |      | 22.3    |      |       |
| Vinter, gylle (%)                  | 11.7                          |      | 5.7      |      | 3.9     |      |       |
| Forår, gylle (%)                   | 55.0                          |      | 50.5     |      | 60.0    |      |       |
| Sommer, gylle (%)                  | 9.0                           |      | 8.2      |      | 13.8    |      |       |
| Efterår/vinter (%)                 | 36.0                          |      | 40.2     |      | 26.2    |      |       |
| Max. udnyttet husdyrgød. N (T) (%) | 30.0                          |      | 46.5     |      | 12.7    |      | 89.2  |
|                                    |                               | 33.6 |          | 34.6 |         | 36.8 | 34.5% |

### 5.3.9. Gødningsplaner

#### Grundlag

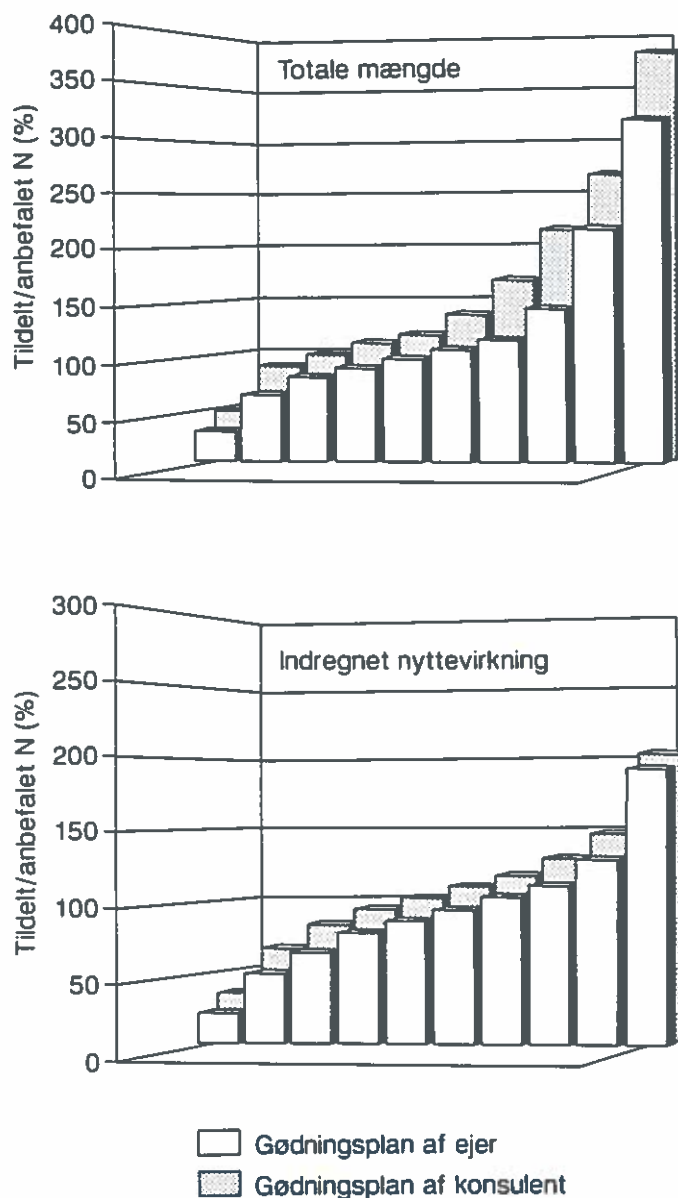
For ialt 125 ejendomme indeholder undersøgelsen oplysninger om gødningsplan. For 60 af disse ejendomme er gødningsplanen udarbejdet af bedriftens ejer eller bedriftslederen. For 65 ejendomme er gødningsplanen udarbejdet af en konsulent. I langt de fleste tilfælde er dette en konsulent fra landbrugets konsulenttjeneste. I en undersøgelse af landbrugspraksis, under NPo-programmet (Hansen, 1990) blev der påvist en tendens til et generelt højere gødskningsniveau for ejendomme, hvor gødningsplanen var udarbejdet af en konsulent. Forskellen blev forklaret med en mere ekstensiv dyrkningspraksis, hvor ejeren selv udarbejdede gødningsplanen.

#### Gødskningsniveau

En sammenligning mellem gødskningsniveauet i forhold til anbefalet mængde for de to grupper er vist i Figur 5.14. For begge grupper er der foretaget en opdeling af arealet på 10% areal fraktiler efter stigende tildeling i forhold til anbefalet mængde. Det ses, at forløbet af kurverne er stort set identiske, men niveauet for gruppen, hvor gødningsplanen er udarbejdet af en konsulent ligger klart over niveauet, hvor ejeren har udarbejdet gødningsplanen. Forskellen er 47% målt som forskellen mellem tildeling i forhold til anbefalet mængde for de to grupper.

Tabel 5.13 Ejendommene fordelt på to grupper: En hvor gødningsplanen er udarbejdet af ejeren eller bedriftslederen og en, hvor en konsulent har udarbejdet gødningsplanen. Opgørelsen for tildelt/anbefalet N er for total tildelt N.

|                          | Gødningsplan af ejer |      | Gødningsplan af konsulent |      | Sum   |
|--------------------------|----------------------|------|---------------------------|------|-------|
| Ejendomme                | 60                   |      | 65                        |      | 125   |
| Planteavlbrug            | 34                   |      | 21                        |      |       |
| Marker                   | 371                  |      | 539                       |      | 910   |
| Areal (Ha.%)             | 1371                 | 38.1 | 2231                      | 61.9 | 3602  |
| DE (N,%)                 | 1526                 | 31.2 | 3370                      | 68.8 | 4896  |
| DE/Ha                    | 1.2                  |      | 1.5                       |      | 1.4   |
| Anbef. N (T,%)           | 227.6                | 38.6 | 361.9                     | 61.4 | 589.5 |
| Total N (T,%)            | 269.8                | 32.4 | 562.8                     | 67.6 | 832.6 |
| Tildelt/<br>anbef. N (%) | 118.5                |      | 155.5                     |      |       |
| 3. Kvartil (%)           | 151.7                |      | 227.1                     |      |       |
| Median (%)               | 100.4                |      | 132.0                     |      |       |
| 1. Kvartil (%)           | 76.2                 |      | 98.4                      |      |       |



Figur 5.14 Tildelt/anbefalet mængde N for ejendommene delt i to grupper: En gruppe, hvor gødningsplaner er udarbejdet af ejeren eller bedriftslederen og en gruppe, hvor gødningsplanen er udarbejdet af en konsulent. For hver gruppe er tildelt/anbefalet mængde fordelt på 10% arealfraktioner efter stigende tildeling i forhold til anbefalet mængde.

### Opdeling på grupper

Andelen af planteavlsbrug er højest for gruppen, hvor gødningsplanen er udarbejdet af ejeren. Der er derfor foretaget en opdeling af ejendommene på husdyrbrug og planteavlsbrug. For gruppen af planteavlsbrug blev der fundet en større andel af marker gødet med importeret husdyrgødning. Der er derfor foretaget en undersøgelse, hvor dette areal er holdt udenfor opgørelsen. Resultatet af denne opgørelse er vist i Tabel 5.14. Den samme tendens til højere gødkningsniveau, hvor gødningsplanen er udarbejdet af en konsulent genfindes i alle undergrupper. Forskellen er ret betydelig og forklares ikke af de iverigt fundne forskelle mellem grupperne.

Tabel 5.14 Opgørelse for ejendomme med gødningsplan udarbejdet af henholdsvis ejeren og konsulent. Opgørelsen er foretaget for rene planteavlsbrug, for planteavlsbrug fraregnet det husdyrgødede areal og for brug med svin eller kvæg. Opgørelsen for tildelt/anbefalet N er for total tildelt N. Andelen af græs og rodfrugt er angivet i procent af det dyrkede areal i gruppen.

|                          | Planteavlsbrug                    |       | Planteavlsbrug<br>- husdyrgødet areal |       | Dyrebrug                          |       |
|--------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|                          | gødningsplan af<br>ejer konsulent |       | gødningsplan af<br>ejer konsulent     |       | gødningsplan af<br>ejer konsulent |       |
| Ejendomme                | 34                                | 21    | 34                                    | 21    | 26                                | 44    |
| Marker                   | 100                               | 65    | 96                                    | 59    | 275                               | 480   |
| Areal (Ha.)              | 404                               | 373   | 396                                   | 336   | 920                               | 1895  |
| DE (n)                   | 21                                | 0     | 21                                    | 0     | 1505                              | 3370  |
| DE/Ha.                   | 0.0                               | 0.0   | 0.0                                   | 0.0   | 1.6                               | 1.8   |
| Rodfrugt (%)             | 12.2                              | 14.6  | 12.4                                  | 16.2  | 10.2                              | 11.6  |
| Græs: omdr. (%)          | 9.8                               | 0.0   | 10.0                                  | 0.0   | 17.1                              | 19.2  |
| Anbef. N (T)             | 67.9                              | 55.0  | 66.9                                  | 52.8  | 160.6                             | 309.1 |
| Total N (T)              | 53.8                              | 65.6  | 53.0                                  | 61.5  | 216.7                             | 501.3 |
| Tildelt/<br>anbef. N (%) | 79.2                              | 119.3 | 79.2                                  | 116.5 | 134,9                             | 165.4 |
| 3. Kvartil (%)           | 100.9                             | 130.8 | 100.0                                 | 120.6 | 192.8                             | 233.2 |
| Median (%)               | 85.9                              | 112.1 | 85.9                                  | 112.1 | 109.3                             | 142.9 |
| 1. Kvartil (%)           | 72.4                              | 97.1  | 72.4                                  | 92.8  | 78.4                              | 99.9  |

## 5.4 Sammenfatning.

### Oplandenes repræsentativitet

Ved valget af de seks landovervågningsoplande er der forsøgt at opnå en fordeling, der repræsenterer landsgennemsnittet for jordbund, klima, størrelsesfordelingen af landbrugsejendomme, husdyrtæthed, brugstypfordeling, afgrødefordeling m.m. Oplandene vil dog nødvendigvis på nogle punkter adskille sig fra landsgennemsnittet.

### Jordbund

Oplandene kan inddeles i tre sandjordsoplande og tre lerjordsoplande. For oplandene som helhed gælder, at de grovsandede jorder er repræsenteret med en større andel i oplandene end for landet som helhed, medens de finsandede og lerblandede sandjorder har en tilsvarende større andel. Fordelingen af øvrige jordtyper er repræsentativ.

### Bedriftstyper og afgrødefordeling

Landbrugsejendommene i oplandene har en størrelse og brugstypesammensætning, der svarer til landet som helhed. Der er en blanding af planteavls- og husdyrbrug i lerjordsoplandene, medens der overvejende er husdyrbrug i sandjordsoplandene. Afgrødefordelingen i oplandene afviger kun lidt fra landsgennemsnittet. Der dyrkes dog nogle procent mindre vinterkorn og frøafgrøder og tilsvarende mere bælgssæd, rodfrugt, græs og foder.

### Husdyrtæthed

Husdyrtætheden i oplandene er 1.1 DE/ha, hvor landsgennemsnittet er 0.82 DE/ha. For de ejendomme, der indgår i opgørelsen



af landbrugspraksis, er husdyrtætheden 1.3 DE/ha. Denne forskel er forholdsvis stor (59%), og må tages i betragtning ved vurdering af gødskningsniveauet i oplandene.

#### *Gødningsforbrug*

Gødningsforbruget i oplandene er på samme niveau som for landet. Tilførsel af handelsgødning er lidt mindre og tilførsel af husdyrgødning lidt større end for landet som helhed.

#### *Interviewundersøgelsen*

Der er foretaget en analyse af interviewundersøgelserne for 1989 og 1990 med henblik på at belyse landbrugspraksis i oplandene for driftsåret 1989/1990.

På grund af den større husdyrtæthed i oplandene end i landet som helhed kan analysen kun med forbehold og evt. korrektion anvendes til at beskrive niveauet af gødskning for landet som helhed. Undersøgelsen giver derimod en god beskrivelse af den aktuelle landbrugspraksis, og kan med stor sikkerhed bruges til at beskrive forskelle i landbrugspraksis mellem grupper af ejendomme og gødningspraksis for afgrødegrupper.

Sigtet med behandlingen af dataene fra interviewundersøgelsen har således været at identificere problemerne ved den aktuelle landbrugspraksis. I undersøgelsen er fastlagt forskelle i gødskningspraksis mellem

- Arealet fordelt på afgrødegruppe
- Ejendommene fordelt på bedriftstyper
- Ejendommene fordelt på arealgrupper
- Ejendommene fordelt på husdyrtæthedsgrupper

og

- Arealet opdelt efter stigende gødningstildeling i forhold til anbefalet mængde
- Ejendommene fordelt på opbevaringskapaciteter af gylle
- Landbrugskonsulenternes rådgivning

#### *Bedriftstyper Arealgrupper*

En sammenligning mellem ejendommene opdelt på arealgrupper efter størrelsen af det dyrkede areal viser ingen klar sammenhæng mellem ejendommenes størrelse og niveauet af gødningstildeling i forhold til anbefalet mængde eller udbringningstider. Der er dog en tendens til, at de små brug har et lavere gødskningsniveau. Opgørelsen på bedriftstyper viser, at de rene planteavlsbrug har et klart lavere niveau af N-tildeling end dyrebrugene. Forskellen er meget stor, hvis der ses på totale mængder N. Indregnes nyttevirkningen af husdyrgødningen er forskellen væsentlig mindre.

#### *Afgrødetyper*

Der er stor forskel i gødskningspraksis for forskellige afgrødegrupper. For korn- og frøafgrøderne gælder, at størsteparten af arealet får tæt på den anbefalede mængde N, uanset om der ses på totale mængder, eller nyttevirkningen af husdyrgødningen indregnes. Gødningstildelingen til arealer med græs, rodfrugt og korn med udlæg udviser derimod en stor variation i forhold til anbefalet mængde. Arealer med rodfrugt tildeles generelt meget store gødningsmængder, medens græs og korn med udlæg typisk tildeles mindre end det økonomisk optimale, hvis nyttevirkningen af husdyrgødningen indregnes. Opgørelsen for græs og korn med

udlæg skal dog tages med forbehold på grund af særlige forhold ved opgørelsen angående husdyrudbinding (afsnit 5.3.3). Vinterhvede og rodfrugter får tildelt store mængder husdyrgødning om efteråret.

#### *Udnyttelsen af husdyrgødningen*

Udnyttelsen af husdyrgødningen beregnes traditionelt på baggrund af udbringningstidspunktet. Man finder derved en teoretisk nyttevirkning af husdyrgødningen, der for denne opgørelse er 33%. Den største del af husdyrgødningen (71% af N-mængden) uddeles imidlertid på marker, der i total N tildeles mere end 200% af den anbefalede N-mængde. Det er således ikke udbringningstidspunktet, men fordelingen på markerne, der er det største problem for udnyttelsen af husdyrgødningen. Det kan derfor ikke forventes, at den skete omlægning af udbringningstider, hvor den totale efterårs-/vinterudbringning nu er nede på 40%, har givet et nævneværdigt fald i udvaskningen.

#### *Husdyrtætheden*

Husdyrtætheden er i det hele taget klart den mest betydende faktor for graden af gødskning. Der eksisterer en klar og kraftig sammenhæng mellem stigning i husdyrtæthed og stigning i tildeling af N i forhold til anbefalet mængde. For grupper med stigende husdyrtæthed er den totale N tildeling/anbefalet mængde: 106% (<1 DE/ha), 153% (1-2 DE/ha), 179% (2-3 DE/ha), 207% (>3 DE/ha).

#### *Handelsgødning*

Tildelingen af handelsgødning ligger på alle marker ret tæt på 100% af den økonomisk optimale N-mængde, uanset hvilke kvanta husdyrgødning, der tildeles. En opdeling af arealet efter stigende tildeling af N/anbefalet mængde viser intet fald i handelsgødningsanvendelsen uanset den anvendte mængde husdyrgødning.

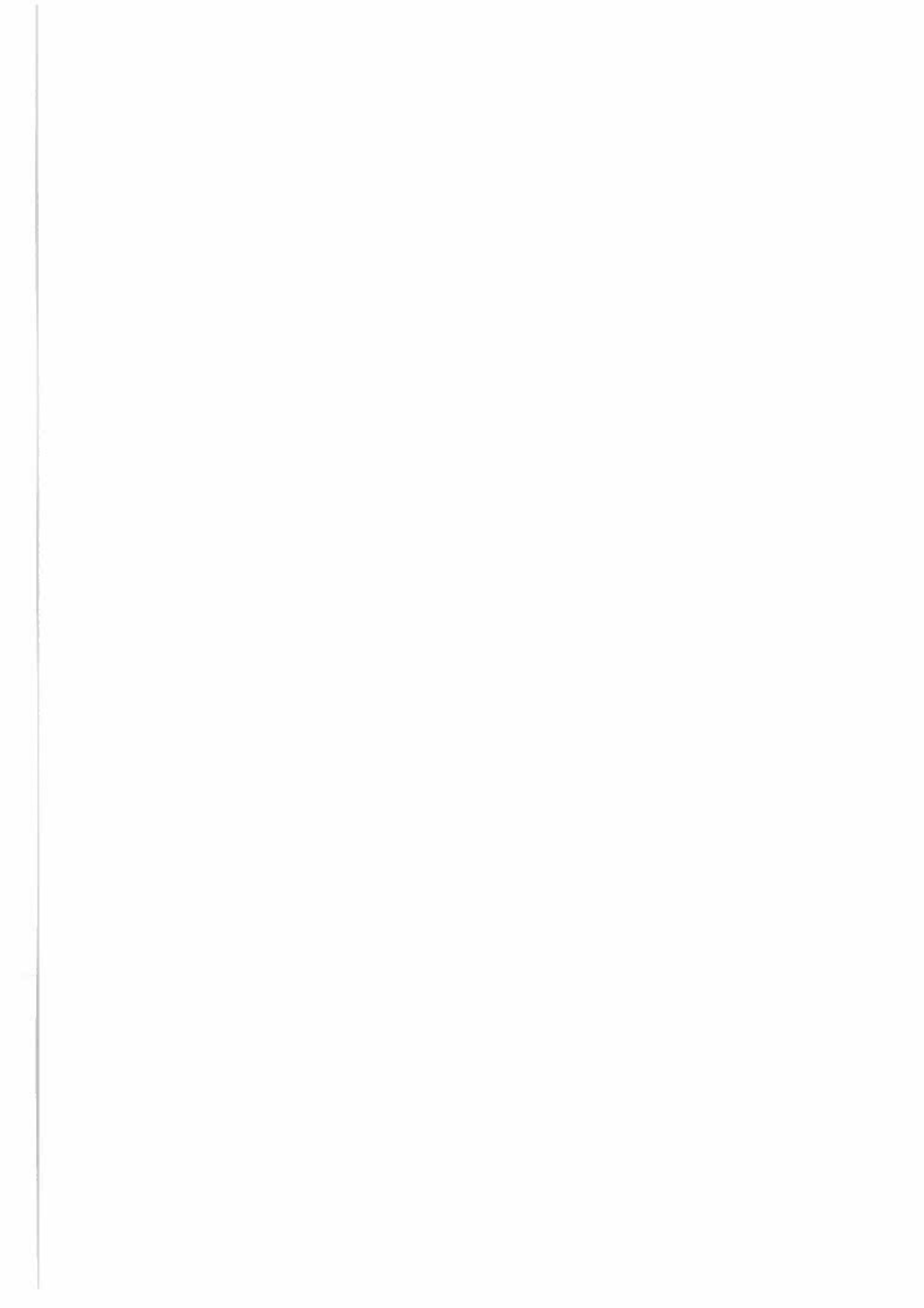
#### *Opbevaringskapacitet*

I opgørelsen indgår 45 ejendomme med mere end 31 DE og produktion af gylle. Af disse har 15 ejendomme under 6 mdr. kapacitet, 22 har mellem 6 og 9 mdr. og 8 ejendomme har over 9 mdr. opbevaringskapacitet for gylle.

En sammenligning af udbringningspraksis mellem grupperne med <6, 6-9 og >9 mdr. opbevaringskapacitet viser en stigning i nyttevirningen af husdyrgødning på 33.6% (<6 mdr.) 34.6% (6-8 mdr.) til 36.8 mdr. (>9 mdr.). Denne stigning er lille (3.2%) og dækker desuden over en større dyrkning af foderafgrøder, der udnytter gødningen en større del af året. Det er dermed vanskeligt at spore nogen væsentlig ændring i udbringningspraksis med større opbevaringskapacitet. Vinterudbringningerne udviser dog et fald.

#### *Landbrugets konsulent-tjeneste*

Gødningsplanerne er udarbejdet dels af landmændene selv, dels af konsulenter. En sammenligning af ejendomme, hvor ejeren selv har udarbejdet gødningsplanen med ejendomme, hvor planen er udarbejdet af en konsulent, viser en klart større gødningsanvendelse, hvor gødningsplanen er udarbejdet af en konsulent. Den samme tendens er tidligere vist i en NPo-rapport (Hansen, 1990), hvor tendensen blev forklaret med en mere ekstensiv dyrkning i gruppen, hvor gødningsplanen er udarbejdet af ejeren. Denne forklaring kan ikke eftervises i det foreliggende materiale.



## 6 Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene

En opgørelse over nedbørsforholdene på årsbasis er vist i Tabel 6.1.

### Nedbørsmængder og -fordeling 1988-90

I 1988 var årsnedbørsmængderne større end normalt for årene 1961-89. Nedbørsmængderne udgjorde i gennemsnit 109% af normalnedbøren. I sidste halvdel af 1988 blev der i de fleste oplande målt større nedbørsmængder i juli og ved enkelte stationer i august måned end normalt. Derimod var nedbørsmængderne i okt.-dec. 1988 oftest lig med eller lavere end normalnedbøren.

I 1989 faldt der væsentlig mindre nedbør end normalt; denne udgjorde 61-90% af normalnedbøren med et gennemsnit på 77%. Nedbøren i 1989 fordelte sig således, at der i feb.-marts og i okt. i de fleste oplande faldt større mængder end normalt; og endvidere faldt der i Storstrøms og Fyns Amtskommune meget store nedbørsmængder i løbet af få dage i august måned. I de øvrige måneder af året var nedbøren lig med eller lavere end normalt.

I 1990 var nedbørsmængderne store; disse udgjorde 96-127% af normalnedbøren, med et gennemsnit på 114%. De større nedbørsmængder end normalt faldt især i månederne jan.-feb., i juni og i aug.-sept./sept.-okt. LOOP 2, Nordjylland, fik dog ikke del i den store juni nedbør.

Tabel 6.1 Årsnedbør (korrigeret til jordoverfladen) for 1988-90, samt årsnormalnedbør for perioden 1961-89.

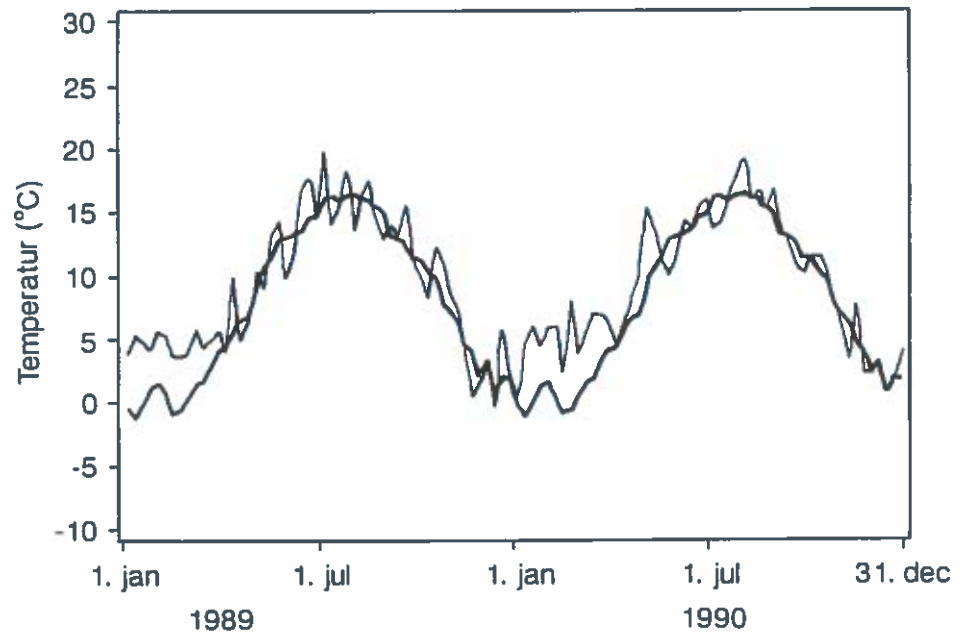
| LOOP                 | Normal<br>årsnedbør <sup>1)</sup><br>mm | Nedbør (mm) |      |      |
|----------------------|---|-------------|------|------|
|                      |   | 1988        | 1989 | 1990 |
| 1. Storstrøm         | 614                                     | 659         | 553  | 766  |
| 4. Fyn               | 704                                     | 829         | 634  | 897  |
| 3. Vejle/Århus       | 875                                     | 869         | 623  | 1050 |
| 2. Nordjylland       | 794                                     | 918         | 619  | 765  |
| 5. Ringkøbing/Viborg | 969                                     | 1004        | 841  | 1056 |
| 6. Sønderjylland     | 993                                     | 1110        | 608  | 1081 |

<sup>1)</sup> Olesen (1990).

### Temperatur

Til vurdering af temperaturforholdene i undersøgelsesperioden er der i Figur 6.1 vist en sammenstilling af døgnmiddeltemperaturen for landet i 1989 og 1990 og som 10-års gennemsnit med temperaturvariationer i oplandene taget som differencen mellem højeste og laveste døgnmiddeltemperaturer i oplandene. Det ses, at vin-

trene både i 1989 og 1990 har været usædvanligt milde med døgnmiddeltemperaturer i januar til marts på 3-5 grader over 10-års gennemsnittet. Differencen mellem højeste og laveste temperatur i oplandene er næppe så stor, at det vil have nævneværdig betydning.



Figur 6.1 Døgnmiddeltemperatur for landet (tynd kurve) og 10-års gennemsnitlig døgnmiddeltemperatur for landet (tyk kurve). Det skraverede felt angiver forskellen mellem største og mindste døgnmiddeltemperatur fundet i de seks landovervågningsoplande.

## 7 Arealkarakterisering, næringsstofbalance, afstrømning og udvaskning på marker med jordvandsstationer.

### 7.1 Jordbundsforhold og landbrugsmæssig drift på stationsmarker

#### 7.1.1 Jordbundsforhold

Jordbundskemiske og -fysiske data for stationsmarker er beskrevet af Jensen og Madsen (1990) og Blicher-Mathiesen et al. (1990). Enkelte parametre er trukket frem nedenfor.

Som nævnt i afsnit 5.1 kan oplandene inddeles i 2 hovedtyper:

- Sandjordsarealerne      LOOP 2 Nordjylland  
                                    LOOP 5 Ringkøbing/Viborg  
                                    LOOP 6 Sønderjylland
- Lerjordsarealerne      LOOP 1 Storstrøm  
                                    LOOP 3 Vejle/Århus  
                                    LOOP 4 Fyn

#### Sandjordsarealerne

##### *Jordklassificering*

For de sandede arealer er 19 stationsmarker klassificeret som grovsandet jord (jb.nr. 1), mens 3 stationsmarker er klassificeret med jb.nr. 3, 4 og 5.

Jorderne i LOOP 5 er karakteriseret ved at have højt indhold af grovsand og et dertil svarende lavere indhold af plantetilgængeligt vand end jorderne i LOOP 6 og LOOP 2, som vist nedenfor:

##### *Plantetilgængeligt vand og organisk materiale*

|                             | <u>LOOP 2</u> | <u>LOOP 5</u> | <u>LOOP 6</u> |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Pl.tilg.vand (%), 10 - 50cm | 20            | 12            | 19            |
| Pl.tilg.vand (%), 100-130cm | 17            | 4,6           | 7,3           |

Indholdet af organisk materiale i topjorden er ret højt på de sandede jorder og C/N-forholdet er højt:

|                        | <u>LOOP 2</u> | <u>LOOP 5</u> | <u>LOOP 6</u> |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Org.mat. (%), 10-20cm  | 4,6           | 2,8           | 5,0           |
| C/N forholdet, 10-20cm | 14,1          | 19,4          | 15,1          |

## Lerjordsarealerne

### Jordklassificering

For lerjordsarealerne er 14 stationsmarker klassificeret som sandblandet ler (jb.nr. 6), mens 4 marker er klassificeret som lerjorder (jb.nr. 7).

### Plantetilgængeligt vand og organisk materiale

Til sammenligning med sandjorderne kan anføres at indholdet af plantetilgængeligt vand udgør:

|                             | <u>LOOP 1</u> | <u>LOOP 3</u> | <u>LOOP 4</u> |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Pl.tilg.vand (%), 10- 50cm  | 19            | 20            | 20            |
| PL.tilg.vand (%), 100-120cm | 18            | 19            | 20            |

Det gennemsnitlige indhold af organisk materiale og C/N-forholdet i topjorden er ret ensartede indenfor de 3 oplande og noget lavere end på de sandede jorder:

|                        | <u>LOOP 1</u> | <u>LOOP 3</u> | <u>LOOP 4</u> |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Org.mat. (%), 10-20cm  | 1,9           | 2,4           | 2,2           |
| C/N forholdet, 10-20cm | 9,6           | 10,3          | 9,4           |

Endelig skal det fremhæves, at der ved LOOP 1 findes et ret højt kalkindhold i jordlagene under rodzonen; gennemsnitlig 16.3% i 100-130 cm dybde.

## 7.1.2 Grundvandsniveau

### Grundvandsniveau

En oversigt over grundvandsniveauet på stationsmarkerne er vist i bilag 3 for 1990. Markerne er karakteriseret ved at have et højtliggende grundvandsspejl; i gennemsnit over året ligger dette i ca. 1.0 - 5.0 m's dybde. I LOOP 1 (Storstrøm) og LOOP 6 (Sønderjylland) har grundvandet ved en del stationer dog ligget væsentlig højere i en længere periode af året; dvs. grundvandet i denne periode har stået over rodzonedybde og dermed også over sugecellerne. Prøver fra jordvandsstationerne har i denne periode således bestået af det øvre grundvand.

## 7.1.3 Landbrugsmæssig drift

Landbrugsmæssige forhold vedrørende ejendomme med stationsmarker er givet i bilag 1. Nedenfor er enkelte karakteristika trukket frem, og der er foretaget en sammenligning med oplandene som helhed.

### Husdyrhold

På de sandede oplandsarealer er der 3 stationsmarker, hvor ejendommene er planteavlsbrug og 19 marker, hvor ejendommene er husdyrbrug. Af husdyrbrugene er der 9 kvægbrug, 2 svinebrug og 8 kvæg- og svinebrug. Dette svarer til, at 14% af stationsmarkerne tilhører planteavlsbrug og 86% husdyrbrug. I oplandene

udgør planteavlsbrugene tilsvarende 15% og husdyrbrugene 85% af det dyrkede areal. Det gennemsnitlige antal dyreenheder pr. ha. for stationsmarkerne er meget lig dyretætheden i oplandene, som vist nedenfor.

| <u>Gennemsnit 1989, -90:</u> | <u>LOOP 2</u> | <u>LOOP 5</u> | <u>LOOP 6</u> |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Stationsmarker (DE/ha)       | 1,75          | 0,53          | 1,51          |
| Oplande (DE/ha)              | 1,68          | 0,46          | 1,70          |

På lerjordsoplandene er der 8 stationsmarker, hvor ejendommene er planteavlsbrug, 1 mark med skov og 9 marker, hvor ejendommene har husdyr. Af husdyrbrugene er der 4 kvægbrug, 4 svinebrug og 1 kvæg- og svinebrug. Dette svarer til, at 47% af de dyrkede stationsmarker tilhører planteavlsbrug og 53% husdyrbrug. I oplandene udgør planteavlsbrugene tilsvarende 49% og husdyrbrugene 51% af det dyrkede areal. Det gennemsnitlige antal dyreenheder pr. ha. på stationsmarkerne er lidt lavere end for oplandene som helhed.

| <u>Gennemsnit 1989, -90:</u> | <u>LOOP 1</u> | <u>LOOP 3</u> | <u>LOOP 4</u> |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Stationsmarker (DE/ha)       | 0,06          | 0,62          | 0,43          |
| Oplande (DE/ha)              | 0,49          | 0,91          | 0,60          |

#### Afgrøder på stationsmarkerne

Afgrødefordelingen på stationsmarkerne for 1989 og -90 er opgjort nedenfor for henholdsvis sandjords- og lerjordsoplandene:

#### Afgrødefordeling (%) på stationsmarker

|                                 | Sandjord<br>(22 marker) |             | Lerjord<br>(17 marker) |             | Gns.<br>(39 marker) |
|---------------------------------|-------------------------|-------------|------------------------|-------------|---------------------|
|                                 | <u>1989</u>             | <u>1990</u> | <u>1989</u>            | <u>1990</u> | <u>1989+90</u>      |
| Vårbyg                          | 18                      | 18          | 17                     | 12          | 16                  |
| Vårbyg m/udlæg                  | 23                      | 18          | 11                     | 6           | 14                  |
| Vinterkorn                      | 14                      | 19          | 28                     | 41          | 25                  |
| Frøafgrøder (raps)              | -                       | -           | 11                     | 12          | 3                   |
| Bælgsæd (ærter)                 | 13                      | 9           | 6                      | -           | 7                   |
| Rodfrugter                      | 27                      | 14          | 17                     | 23          | 20                  |
| Græs og grøntfoder<br>i omdrift | 5                       | 23          | 12                     | 6           | 11                  |
| Grønne marker                   | 74                      | 74          | 85                     | 68          | 75                  |

På grund af det begrænsede antal marker er der naturligvis en stor spredning i afgrødefordelingen fra år til år og mellem oplandene. Sammenfattende kan anføres (jvf. Tabel 5.4), at kornafgrøderne udgør omtrent samme andel på stationsmarkerne som i oplandene, dog er der en større andel af korn + udlæg på stationsmarkerne. Rodfrugter dyrkes i større omfang på stationsmarkerne end i oplandene; derimod indgår vedvarende græs ikke i



afgrødefordelingen på stationsmarkerne. Det må konkluderes, at forskydningerne i afgrødefordelingen især gælder foderafgrøderne.

Andelen af grønne marker på stationsmarkerne svarer til oplandene.

### *Konklusion*

Sammenfattende må det anføres, at stationsmarkerne er repræsentative for oplandene med hensyn til brugstyper. Den gennemsnitlige dyretæthed på stationsmarkerne i lerjordsoplandene er lidt mindre end for oplandene som helhed, mens dyretætheden på stationsmarkerne i sandjordsoplandene svarer udmærket til tætheden i oplandene. Med hensyn til afgrødefordelingen på stationsmarkerne er der en mindre forskydning mellem foderafgrøderne i forhold til oplandene.

## **7.2 Kvælstof- og fosforkoncentrationer i jordvand og drænvand**

### **7.2.1 Jordvandsanalyser**

#### *Præsentation af koncentrationsniveau*

Målte koncentrationer af  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  og pH er præsenteret i Tabel 7.1 for de enkelte stationer som årsmedianværdier for 1989 og 1990. Her er valgt medianværdier frem for gennemsnit for at enkelte høje værdier skal få mindre vægt. Det skal bemærkes, at usikkerheden på målingerne kan være ret betydelig som beskrevet i afsnit 4.4.2. Til videre vurdering af næringsstofkoncentrationer i rodzonevandet, er analyseparametre fra den udvidede serie anført i bilag 4.

Tabel 7.1 Næringsstoffkoncentration i jordvand, angivet som årsmedian for henholdsvis 1989 og 1990.

| Jvst.         | pH  |     | NO <sub>3</sub> -N<br>mg/l |      | NH <sub>4</sub> -N<br>mg/l |       | PO <sub>4</sub> -P<br>mg/l |       |
|---------------|-----|-----|----------------------------|------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
|               | 89  | 90  | 89                         | 90   | 89                         | 90    | 89                         | 90    |
| <b>LOOP 1</b> |     |     |                            |      |                            |       |                            |       |
| 101           | 7.6 | 7.5 | 36.3                       | 31.0 | 0.019                      | 0.022 | 0.230                      | 0.330 |
| 102           | 7.8 | 7.7 | 5.4                        | 6.9  | 0.014                      | 0.023 | 0.007                      | 0.007 |
| 103           | 7.6 | 7.5 | 5.0                        | 14.2 | 0.009                      | 0.010 | 0.007                      | 0.007 |
| 104           | 7.7 | 7.5 | 7.0                        | 11.7 | 0.010                      | 0.017 | 0.010                      | 0.007 |
| 105           | 7.6 | 7.6 | 25.0                       | 25.0 | 0.007                      | 0.008 | 0.007                      | 0.007 |
| 106           | 7.8 | 7.6 | 33.5                       | 36.0 | 0.014                      | 0.016 | 0.340                      | 0.450 |
| <b>LOOP 2</b> |     |     |                            |      |                            |       |                            |       |
| 201           | 6.2 | 6.0 | 39.6                       | 27.9 | 0.017                      | 0.017 | 0.002                      | 0.002 |
| 202           | 6.7 | 6.9 | 42.1                       | 23.5 | 0.017                      | 0.017 | 0.002                      | 0.003 |
| 203           | 7.2 | 7.1 | 53.8                       | 57.8 | 0.017                      | 0.017 | 0.001                      | 0.002 |
| 204           | 6.6 | 6.8 | 44.2                       | 25.0 | 0.017                      | 0.021 | 0.002                      | 0.002 |
| 205           | 6.6 | 6.9 | 11.1                       | 6.3  | 0.025                      | 0.017 | 0.001                      | 0.009 |
| 206           | 5.9 | 6.0 | 32.8                       | 18.1 | 0.017                      | 0.025 | 0.001                      | 0.001 |
| <b>LOOP 3</b> |     |     |                            |      |                            |       |                            |       |
| 301           | 7.3 | 7.4 | 66.5                       | 84.0 | 0.008                      | 0.044 | 0.015                      | 0.010 |
| 302           | 7.2 | 7.0 | 68.5                       | 61.0 | 0.029                      | 0.150 | 0.033                      | 0.015 |
| 303           | 6.9 | 7.2 | 28.0                       | 21.5 | 0.022                      | 0.047 | 0.008                      | 0.005 |
| 304           | 7.2 | 7.3 | 31.5                       | 29.0 | 0.049                      | 0.079 | 0.009                      | 0.007 |
| 305           | 7.5 | 7.5 | 12.0                       | 7.2  | 0.016                      | 0.041 | 0.010                      | 0.007 |
| 306           | 6.2 | 5.6 | 3.4                        | 9.2  | 0.026                      | 0.025 | 0.010                      | 0.002 |
| <b>LOOP 4</b> |     |     |                            |      |                            |       |                            |       |
| 401           | 7.5 | 7.2 | 8.7                        | 15.6 | 0.010                      | 0.028 | 0.020                      | 0.032 |
| 402           | 7.8 | 7.7 | 18.2                       | 2.4  | 0.019                      | 0.090 | 0.010                      | 0.015 |
| 403           | 7.9 | 7.8 | 31.8                       | 6.4  | 0.016                      | 0.027 | 0.010                      | 0.009 |
| 404           | 7.9 | 7.7 | 18.0                       | 17.8 | 0.010                      | 0.018 | 0.009                      | 0.005 |
| 405           | 7.9 | 7.8 | 15.4                       | 14.4 | 0.012                      | 0.019 | 0.009                      | 0.006 |
| 406           | 7.8 | 7.5 | 18.4                       | 28.4 | 0.020                      | 0.022 | 0.010                      | 0.012 |
| <b>LOOP 5</b> | *   |     | *                          |      | *                          |       | *                          |       |
| 501           | 5.7 | 5.7 | 31.0                       | 6.4  | 0.049                      | 0.070 | 0.015                      | 0.004 |
| 502           | 5.1 | 5.6 | 24.5                       | 16.5 | 0.045                      | 0.098 | 0.008                      | 0.005 |
| 503           | 5.8 | 5.2 | 32.0                       | 30.5 | 0.035                      | 0.057 | 0.006                      | 0.004 |
| 504           | 5.0 | 4.9 | 36.0                       | 19.0 | 0.038                      | 0.039 | 0.130                      | 0.073 |
| 505           | 5.9 | 6.0 | 30.0                       | 14.0 | 0.055                      | 0.048 | 0.009                      | 0.006 |
| 506           | 5.0 | 5.5 | 17.0                       | 9.7  | 0.016                      | 0.031 | 0.015                      | 0.005 |
| 507           | 5.4 | 5.8 | 19.0                       | 7.8  | 0.021                      | 0.056 | 0.009                      | 0.017 |
| 508           | 4.8 | 5.6 | 51.0                       | 9.9  | 0.039                      | 0.056 | 0.011                      | 0.005 |
| <b>LOOP 6</b> | *   |     | *                          |      | *                          |       | *                          |       |
| 601           | 6.3 | 6.0 | 57.4                       | 17.7 | 0.020                      | 0.010 | 0.010                      | 0.010 |
| 602           | 4.6 | 5.4 | 17.2                       | 1.9  | 0.010                      | 0.020 | 0.010                      | 0.010 |
| 603           | 6.7 | 6.7 | 46.5                       | 4.3  | 0.020                      | 0.020 | 0.010                      | 0.010 |
| 604           | 6.2 | 6.3 | 60.1                       | 25.5 | 0.020                      | 0.020 | 0.010                      | 0.010 |
| 605           | 5.5 | 6.7 | 22.8                       | 21.7 | 0.020                      | 0.020 | 0.010                      | 0.010 |
| 606           | 6.2 | 6.0 | 15.0                       | 14.5 | 0.020                      | 0.010 | 0.010                      | 0.010 |
| 607           | 6.6 | 6.9 | 61.0                       | 9.3  | 0.020                      | 0.015 | 0.010                      | 0.010 |
| 608           | 5.4 | -   | 29.9                       | -    | 0.015                      | -     | 0.010                      | -     |

\* måleperiode for loop 5 august-december 89  
og for loop 6 juni-december 89.

### 7.2.1.1 Nitratkoncentrationer

#### Niveau af nitratkoncentrationer i oplandene

Med hensyn til årstidsvariation i nitratkoncentrationer ved de enkelte stationer henvises til amtskommunernes rapporter; det må konkluderes, at der ofte ses stigende koncentrationer i efterårsmånederne; dette er dog ikke et generelt mønster ved alle stationer. Det gennemsnitlige koncentrationsniveau for stationerne i oplandene er følgende:

|          |        | mg NO <sub>3</sub> -N/l (årsmedian) |      |
|----------|--------|-------------------------------------|------|
|          |        | 1989                                | 1990 |
| Sandjord | LOOP 2 | 37.3                                | 26.4 |
|          | LOOP 5 | -                                   | 14.2 |
|          | LOOP 6 | -                                   | 13.6 |
| Lerjord  | LOOP 1 | 18.7                                | 20.8 |
|          | LOOP 4 | 18.4                                | 14.2 |
|          | LOOP 3 | 35.0                                | 35.3 |

Årsmediankoncentrationerne har i 1990 ligget på 17.9 mg N/l på sandjordsarealerne og på 23.4 mg N/l på lerjordsarealerne. De højere nitratkoncentrationer på lerjordsarealerne forekommer først og fremmest i LOOP 3 (Vejle/Århus). (For 1989 findes ikke et helt års målinger for 2 oplande, hvorfor '89-målingerne ikke skal omtales nærmere).

#### Nitratkoncentrationer ved enkelte stationer

Det fremgår af Tabel 7.1, at meget høje nitratkoncentrationer blev målt på sandjordsoplandet LOOP 2, st. 203 (årsmedian 53.8-57.8 mg NO<sub>3</sub>-N/l i 1989-90). Dette kan skyldes, at marken blev drænet i 87-88, og at jorden har et højt indhold af organisk materiale, således at omsætning af organisk stof spiller en betydelig rolle. Endvidere er meget høje nitratkoncentrationer målt i LOOP 3, st. 301 og 302 (årsmedian 61.0-84.0 mg NO<sub>3</sub>-N/l i 1989-90). Begge ejendomme har husdyr, men der er ingen umiddelbar årsag til disse høje koncentrationer; dog oplyses det, at ejendom 301 tidligere har haft mindre jordtilliggende, således at husdyrtrykket tidligere kan have været betydelig større. Desuden har der på mark 301 været dyrket kløvergræs i 1989 og på mark 302 ærter i 1988.

På skovjorden LOOP 3, st. 306 er målt lave koncentrationer af NO<sub>3</sub>-N (årsmedian 9.2 mg/l i 1990). Lignende lave koncentrationer er dog også målt på en del landbrugsmarker på såvel sandjord som lerjord.

### 7.2.1.2 Ammoniumkoncentrationer

#### Ammonium

Indholdet af ammoniumkvælstof (NH<sub>4</sub>-N) har været lav ved alle målinger, årsmedianen har overvejende ligget mellem 0.01-0.1 mg/l. Enkelte meget høje værdier er dog set ved LOOP 5, Ringkøbing/Viborg.

### 7.2.1.3 Fosforkoncentrationer

Bestemmelse af ortho-fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) i jordvand ekstrakteret med sugeceller kan ikke betragtes som en absolut værdi, men som en værdi defineret af metoden (jvf. afsnit 4.4.2).

De målte indhold af ortho-fosfat har været lave; en undtagelse er dog LOOP 1, Storstrøm, st. 101 og 106, hvor der er fundet forholdsvis høje fosforkoncentrationer. Denne observation er sandsynligvis reel, idet de høje koncentrationer har været konstante i måleperioden og i nogen grad genfindes i drænvandet og i grundvandet. De samme stationer har også relativt høje nitratkoncentrationer. På Storstrømsjorderne findes højtliggende grundvand og kalk i undergrunden. Det er muligt, at disse forhold betinger heterogene strømningsforhold i form af makroporeflow, lateral strømning mv. Stationsmark 101 og 106 har i 1989-90 modtaget større P-gødsning ( $37 \text{ kg P/ha år}^{-1}$ ) end de øvrige stationsmarker i oplandet ( $27 \text{ kg P/ha år}^{-1}$ ). Hvis makroporeflow finder sted, vil kraftig gødsning have stor betydning for nedsivning af næringsstoffer.

Total P er målt i den udvidede analyseserie (bilag 4). Generelt er niveauet for total P svagt højere end for  $\text{PO}_4\text{-P}$ . Dog skal anføres, at koncentrationerne er så lave, at analysesikkerhed får stor betydning.

### 7.2.2 Drænvandsanalyser

Målte koncentrationer af  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , total N,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , total P og pH er præsenteret i Tabel 7.2 for de enkelte stationer i 4 oplande som årsmedianværdier for 1989 og 1990. Til videre vurdering af næringsstofkoncentrationer i drænvandet er analyseparametre fra det udvidede program anført i bilag 5.

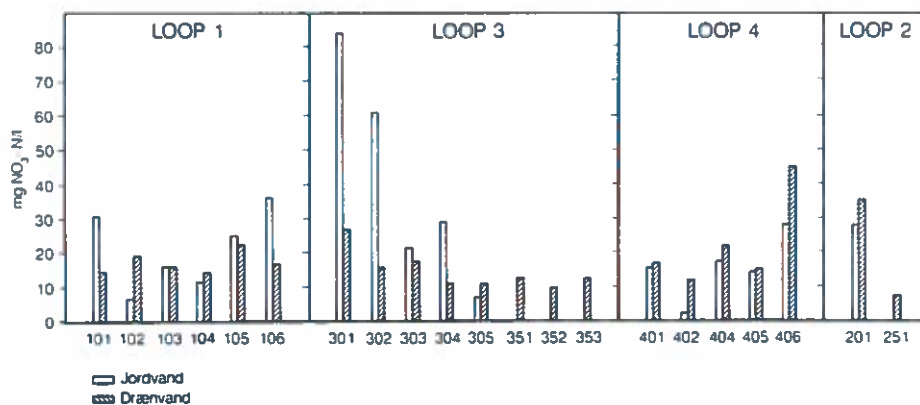
Drænvand består af en opblanding af jordvand, der strømmer fra rodzonen, og det øvre grundvand. I dette afsnit er foretaget en sammenligning af drænvands- og jordvandsanalyserne. Afstrømning fra drænene har været lav i 1989, og der foreligger kun få analyser; sammenligningen gælder derfor kun for 1990.

Tabel 7.2 Næringsstofkoncentration i drænvand, angivet som årsmedian for henholdsvis 1989 og 1990.

| Drst.         | pH  |     | NO <sub>3</sub> -N<br>mg/l |      | Total N<br>mg/l |      | NH <sub>4</sub> -N<br>mg/l |       | PO <sub>4</sub> -P<br>mg/l |       | Total P<br>mg/l |       |
|---------------|-----|-----|----------------------------|------|-----------------|------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|-----------------|-------|
|               | 89  | 90  | 89                         | 90   | 89              | 90   | 89                         | 90    | 89                         | 90    | 89              | 90    |
| <b>LOOP 1</b> |     |     |                            |      |                 |      |                            |       |                            |       |                 |       |
| 101           | -   | 6.3 | -                          | 15.0 | -               | -    | -                          | 0.018 | -                          | 0.064 | -               | 0.070 |
| 102           | 7.2 | 7.1 | 8.2                        | 19.5 | -               | -    | 0.005                      | 0.005 | 0.015                      | 0.020 | 0.016           | 0.025 |
| 103           | 7.7 | 7.3 | 5.1                        | 15.0 | 5.3             | 16.2 | 0.005                      | 0.005 | 0.012                      | 0.012 | 0.015           | 0.012 |
| 104           | 7.5 | 7.3 | 9.7                        | 14.0 | -               | -    | 0.005                      | 0.005 | 0.010                      | 0.012 | 0.015           | 0.014 |
| 105           | 7.8 | 7.4 | 16.5                       | 22.5 | 15.5            | 23.0 | 0.005                      | 0.005 | 0.014                      | 0.017 | 0.015           | 0.021 |
| 106           | 7.5 | 7.4 | 20.5                       | 16.6 | 21.5            | 17.8 | 0.005                      | 0.005 | 0.180                      | 0.240 | 0.190           | 0.250 |
| <b>LOOP 2</b> |     |     |                            |      |                 |      |                            |       |                            |       |                 |       |
| 251           | 6.7 | 6.7 | 4.2                        | 7.0  | 5.1             | 7.9  | 0.200                      | 0.300 | 0.063                      | 0.020 | 0.115           | 0.090 |
| 201           | -   | 5.7 | -                          | 35.2 | -               | -    | -                          | 0.060 | -                          | 0.010 | -               | -     |
| <b>LOOP 3</b> |     |     |                            |      |                 |      |                            |       |                            |       |                 |       |
| 301           | 7.6 | 7.3 | 10.0                       | 27.5 | -               | -    | 0.005                      | 0.005 | 0.063                      | 0.067 | 0.070           | 0.072 |
| 301           | 7.8 | 7.6 | 17.0                       | 16.0 | -               | -    | 0.006                      | 0.004 | 0.046                      | 0.053 | 0.055           | 0.060 |
| 303           | 6.9 | 6.7 | 15.0                       | 18.0 | -               | -    | 0.006                      | 0.003 | 0.016                      | 0.016 | 0.021           | 0.020 |
| 304           | 7.0 | 7.1 | 7.9                        | 11.0 | -               | -    | 0.016                      | 0.005 | 0.021                      | 0.022 | 0.029           | 0.030 |
| 305           | 7.4 | 7.0 | 13.0                       | 11.0 | -               | -    | 0.007                      | 0.004 | 0.019                      | 0.021 | 0.027           | 0.026 |
| 351           | 7.3 | 7.1 | 12.0                       | 13.0 | -               | -    | 0.023                      | 0.019 | 0.031                      | 0.024 | 0.041           | 0.031 |
| 352           | 7.4 | 7.2 | 10.0                       | 10.0 | -               | -    | 0.003                      | 0.004 | 0.024                      | 0.030 | 0.029           | 0.038 |
| 353           | 7.3 | 7.2 | 13.0                       | 12.0 | -               | 12.0 | 0.004                      | 0.004 | 0.071                      | 0.071 | 0.083           | 0.079 |
| <b>LOOP 4</b> |     |     |                            |      |                 |      |                            |       |                            |       |                 |       |
| 401           | 7.5 | 7.4 | 11.9                       | 17.5 | -               | 19.5 | 0.010                      | 0.010 | 0.020                      | 0.016 | -               | 0.027 |
| 402           | 7.4 | 7.3 | 9.9                        | 12.1 | 10.4            | 13.0 | 0.012                      | 0.014 | 0.010                      | 0.013 | 0.015           | 0.016 |
| 404           | 7.9 | 7.5 | 25.5                       | 22.4 | 28.0            | 23.9 | 0.010                      | 0.014 | 0.010                      | 0.011 | 0.018           | 0.014 |
| 405           | -   | 7.4 | -                          | 15.5 | -               | 15.6 | -                          | 0.012 | -                          | 0.009 | -               | 0.014 |
| 406           | 7.7 | 7.3 | 44.5                       | 45.1 | 45.3            | 47.8 | 0.040                      | 0.022 | 0.015                      | 0.035 | 0.020           | 0.035 |

### 7.2.2.1 Nitratkoncentrationer

I Figur 7.1 er foretaget en sammenstilling af nitratkoncentrationerne i jordvand og drænvand i det omfang stationerne repræsenterer de samme arealer.



Figur 7.1 Sammenstilling af NO<sub>3</sub>-N koncentrationer i jordvand og drænvand. Koncentrationerne repræsenterer årsmedianværdier for 1990.

#### Nitratanalyser fra Vejle/Århus

Ved LOOP 3, Vejle/Århus, har årsmediankoncentrationerne i drænvandet i 1990 ligget i intervallet 10.0-27.5 mg NO<sub>3</sub>-N/l for de 5 drænstationer på stationsmarkerne. Det skal bemærkes, at de meget høje koncentrationer i jordvandet ved st. 301-302 ikke genfindes i drænvandet. Der er her tale om enkeltdræn lagt på naturligt afdrænet jord, hvorfor disse analyser ikke repræsenterer egentlig afdræningsvand.

I oplandet indgår yderligere 3 drænstationer anlagt på eksisterende drænsystemer; her blev i 1990 målt årsmediankoncentrationer på 10-13 mg NO<sub>3</sub>-N/l. Disse målinger giver utvivlsomt et bedre udtryk for næringsstofudledning fra drænsystemer. Dog skal det påpeges, at detailldræning i LOOP 3 overvejende er begrænset til lavtliggende arealer, hvorfor der ikke nødvendigvis forventes at være direkte sammenhæng mellem rodzonevand og drænvand.

#### *Nitratanalyser fra Storstrøm*

Ved LOOP 1, Storstrøm, har årsmediankoncentrationerne ligget på et ret ensartet niveau for de 6 drænstationer (14.0-22.5 mg NO<sub>3</sub>-N/l). Koncentrationsniveauet er noget udjævnet i forhold til jordvandet. Således genfindes de høje koncentrationer i jordvandet ved st. 101 og 106 ikke fuldt ud i drænvandet, og ved st. 102 er det lave koncentrationsniveau i jordvandet ikke afspejlet i drænvandet. Ved de øvrige stationer er der nogenlunde overensstemmelse mellem jordvand og drænvand.

#### *Nitratanalyser fra Fyn*

Ved LOOP 4, Fyn har årsmediankoncentrationerne i drænvandet i 1990 ligget i intervallet 12.1-45.1 mg NO<sub>3</sub>-N/l for 5 stationer. Ved samtlige stationer er målt højere nitratkoncentrationer i drænvandet end i jordvandet. En mulig forklaring kunne være, at der ligger en nitratfront under rodzonen; analyser af det øvre grundvand peger dog ikke i den retning. En anden årsag kunne være, at der forekommer makroporeflow.

#### *Nitratanalyser fra Nordjylland*

I LOOP 2 kan kun drænstation 201 henføres til den tilsvarende jordvandsstation. Her er målt en højere årsmediankoncentration i drænvandet (35.2 mg NO<sub>3</sub>-N/l) end i jordvandet (27.9 mg/l).

Drænstation 251 adskiller sig fra samtlige øvrige drænstationer, idet denne afvander et moseareal med tilstrømmende grundvand. For denne type vand er målt lavere nitratkoncentrationer og højere ammoniumkoncentrationer end for både drænvand og jordvand (Tabel 7.2).

### **7.2.2.2 Ammoniumkoncentrationer**

#### *Ammonium*

Koncentrationerne af NH<sub>4</sub>-N har været lave i drænvandet; oftest har de ligget på et endnu lavere niveau end ved jordvandsanalyserne.

### **7.2.2.3 Fosforkoncentrationer**

#### *Fosfor*

Koncentrationerne af PO<sub>4</sub>-P har ligeledes været lave og af samme størrelsesorden som ved jordvandsanalyserne. Ved LOOP 1, st. 106 er dog målt en høj koncentration af PO<sub>4</sub>-P; samme høje fosforkoncentration er også at finde i jordvandet og i grundvandet på samme stationsmark.

Koncentrationerne af total P har i flere tilfælde været noget højere end koncentrationerne af PO<sub>4</sub>-P, hvilket antageligt er udtryk for, at der i drænvandet er partikulært fosfor.

### 7.3 Afstrømning fra rodzonen

Afstrømning fra rodzonen beregnet med EVACROP og DAISY er givet for stationsmarkerne i bilag 2; det bemærkes, at ved en del stationer har det dog ikke været muligt at anvende DAISY. Beregningerne er yderligere vurderet i afsnit 8. I Tabel 7.3 er vist de gennemsnitlige afstrømninger (DAISY model) for oplandene; endvidere er afstrømningsmængderne sammenholdt med nedbørsmængderne.

#### Ekstreme afstrømninger i 1989 og 1990

Den gennemsnitlige nedbør i oplandene var 646 mm i 1989 og 939 mm i 1990. Tilsvarende udgjorde afstrømningerne fra stationsmarkerne i sandjordsoplandene 286 mm i 1989 og 547 mm i 1990, og fra stationsmarkerne i lerjordsoplandene 160 mm i 1989 og 389 mm i 1990. Dvs. de gennemsnitlige afstrømninger var mere end dobbelt så høje i 1990 som i 1989.

#### Afstrømninger for hydrologisk år 1989/90

Foretages en opgørelse over afstrømningen på det hydrologiske år, opnåes en udjævning mellem de to ekstreme år; således er afstrømningen fra stationsmarkerne i 1989/90 opgjort til 361 mm for sandjordsoplandene og til 215 mm for lerjordsoplandene.

Tabel 7.3 Nedbør og gennemsnitlig afstrømning fra rodzonen, 1989 og 1990 i de 6 overvågningsoplande. Afstrømning er beregnet med DAISY; hvor denne beregning ikke er foretaget er anvendt EVACROP afstrømning.

| LOOP          | Jordtype | Nedbør<br>mm |      | Afstrømning<br>mm |      |         | % afstrøm.<br>af nedbør |      |
|---------------|----------|--------------|------|-------------------|------|---------|-------------------------|------|
|               |          | 1989         | 1990 | 1989              | 1990 | 1989/90 | 1989                    | 1990 |
| 1. Storstrøm  | ler      | 553          | 766  | 60                | 254  | 98      | 11                      | 33   |
| 4. Fyn        | ler      | 634          | 897  | 196               | 372  | 243     | 21                      | 41   |
| 3. Vejle/Årh. | ler      | 623          | 1050 | 194               | 541  | 305     | 30                      | 53   |
| 2. Nordjyll.  | sand     | 619          | 765  | 197               | 347  | 263     | 29                      | 47   |
| 5. Ringk./Vib | sand     | 841          | 1056 | 423               | 672  | 516     | 50                      | 63   |
| 6. Sønderjyl. | sand     | 608          | 1081 | 239               | 623  | 304     | 39                      | 57   |

#### Geografisk placering

Det fremgår af Tabel 7.3, at såvel nedbørs- som afstrømningsmængderne er stigende fra den østlige til vestlige del af landet. Således er de mindste afstrømningsmængder fundet for lerjordsoplandet LOOP 1, Storstrøm; her er gennemsnitlig 22% af nedbøren strømmet af. Middel afstrømningsmængder er beregnet for LOOP 2-4, Fyn, Vejle/Århus og Nordjylland, hvor gennemsnitlig 37% af nedbøren er strømmet af. De største afstrømninger forekommer på sandjordsarealerne LOOP 5, Ringkøbing/Viborg, og LOOP 6 Sønderjylland; her er gennemsnitlig 53% af nedbøren strømmet af.

## 7.4 Kvælstofudvaskning fra rodzonen

### 7.4.1 Kvælstofudvaskningens størrelse

#### Opgørelse af N-udvaskning

Kvælstofudvaskningen fra rodzonen for 1989-90 er vist i bilag 2 for samtlige stationsmarker. Nedenfor er vist de gennemsnitlige udvaskninger fra stationsmarkerne i hvert opland, endvidere er angivet minimum og maximumværdier. Opgørelsesperioderne omfatter dels kalenderårene, dels afstrømningsåret 1989/90. Udvasningsværdierne er baseret på DAISY-afstrømning og målte koncentrationer som beskrevet i afsnit 4.4.4. Hvor DAISY-afstrømning ikke er foretaget, er dog anvendt EVACROP-afstrømning. Udvasning er angivet som nitrat + ammoniumkvælstof; ammonium udgør imidlertid oftest mindre end 1%.

|                         | N-udvaskning (kgN/ha år <sup>-1</sup> ) |                     |                     |
|-------------------------|---|---------------------|---------------------|
| <u>Sandjordsoplande</u> | <u>1989</u>                             | <u>1990</u>         | <u>1989/90</u>      |
| LOOP 2                  | 93 (54-153)                             | 115 (54-210)        | 96 (54-155)         |
| LOOP 5                  | -                                       | 118 (67-183)        | 92 (50-123)         |
| LOOP 6                  | -                                       | <u>121</u> (35-202) | <u>89</u> (23-199)  |
| Gns.                    | 93                                      | 118                 | 92                  |
| <u>Lerjordsoplande</u>  |   |                     |                     |
| LOOP 1                  | 14 (1-31)                               | 48 (13-101)         | 20 (7-33)           |
| LOOP 4                  | 33 (21-74)                              | 68 (31-105)         | 52 (29-123)         |
| LOOP 3                  | <u>73</u> (25-141)                      | <u>205</u> (71-405) | <u>146</u> (64-295) |
| Gns.                    | 38                                      | 99                  | 68                  |

Som omtalt ovenfor var 1989 et ekstremt tørt år og 1990 modsat et fugtigt år; dette har medført store forskydninger i udvaskning mellem de to år. En opgørelse over N-udvaskning på det hydrologiske år giver et mere "normalt" billede, når N-udvaskning skal sammenholdes med landbrugspraksis.

#### Målt N-udvaskning på sandjord

På sandjordsoplandene er udvaskning for 1989 kun opgjort for et opland, LOOP 2, Nordjylland; her lå den gennemsnitlige udvaskning fra stationsmarkerne på 93 kg N/ha. I 1990 udgjorde den gennemsnitlige udvaskning fra stationsmarkerne i de 3 sandede oplande 118 kg N/ha. Opgjort på det hydrologiske år 89/90 var udvaskningen fra stationsmarkerne i de 3 oplande tilsvarende 92 kg N/ha, med et måleinterval på 23 til 199 kg N/ha.

Den gennemsnitlige udvaskning fra stationsmarkerne har været nogenlunde ens for de 3 oplande; spredningen mellem marker har dog været større i LOOP 6 end i LOOP 2 og 5.

#### Målt N-udvaskning på lerjord

På de 3 lerjordsoplande blev der fra stationsmarkerne målt en gennemsnitlig udvaskning på 38 kg N/ha i 1989 og 99 kg N/ha i 1990. Opgjort på det hydrologiske år 89/90 udgjorde de gennemsnitlige udvaskninger tilsvarende 68 kg N/ha.



Der har været stor forskel imellem oplandene; således blev der i 89/90 målt gennemsnitlige udvaskninger på 20 kg N/ha ved LOOP 1, 52 kg N/ha ved LOOP 4 og 146 kg N/ha ved LOOP 3. Ved LOOP 1 og 4 lå måleintervallet på 7-123 kg N/ha og ved LOOP 3 på 64-295 kg N/ha.

#### *Henviſning til andre undersøgelser*

Til sammenligning kan nævnes, at Hansen (1990a) for en 3-årig periode 1987-90 målte nitrat-udvaskninger fra 8 landbrugsarealer på gennemsnitlig 69 og 66 kg N/ha år<sup>-1</sup> for henholdsvis sandjord og lerjord. Måleintervallet lå mellem 19 og 154 kg N/ha år<sup>-1</sup>. Endvidere nævnes, at der forud for måleperioden var foregået betydelige nedvaskninger. Det skønnes på baggrund af målinger på 2 sandjorder, at udvaskningen i denne periode kunne forøge gennemsnittet for den 3-årige periode med ca. 25 kg N/ha år<sup>-1</sup>.

I Landovervågningen har den målte N-udvaskning fra sandjordsarealerne ligget på et højere niveau end fundet af Hansen (1990a), mens udvaskningen fra lerjorderne har ligget på samme niveau. Tages den store udvaskning forud for Hansens undersøgelsesperiode med i vurderingen er der dog overensstemmelse mellem måleresultaterne. Endvidere kan anføres, at der ved det større antal målestationer i Landovervågningen er fundet større variationer mellem marker end angivet af Hansen (1990a).

Vintrene i perioden 1987-90 har været milde, hvilket kan have medført øget mineralisering og dermed øget kvælstofudvaskning under nedbørsrige forhold. Dette vil dog have været gældende for begge undersøgelser.

#### *N-udvaskning fra oplandene*

Det må konkluderes ud fra ovennævnte undersøgelser, at der kan være betydelig forskel i kvælstofudvaskning fra rodzonen fra år til år afhængig af klimaforhold, og fra mark til mark afhængig af arealanvendelsen. De 6-8 stationsmarker i hvert opland må betegnes som typiske for de respektive oplande; dog må det antages, at den lidt større koncentration af dyr i lerjordsoplandene i forhold til stationsmarkerne kan give en større total udvaskning fra oplandene end angivet ved målingerne. Andre forhold omkring landbrugspraksis, som f.eks. ekstrem overgødskning, hvilket ikke er afspejlet ved stationerne, vil også have betydning. Målingerne må derfor kun tages som en indikation for udvaskningsniveauet i oplandene.

### **7.4.2 Kvælstofudvaskning i relation til arealanvendelse**

Af forrige afsnit fremgår det, at der fra stationsmarkerne i 1989/90 blev målt en gennemsnitlig kvælstofudvaskning på 92 og 68 kg N/ha år<sup>-1</sup> på henholdsvis sandjordsarealerne og lerjordsarealerne. Den højere udvaskning på sandjorderne skyldes en større nedbør, en hurtigere nedsivning af overskudsnedbør samt arealanvendelsen f.eks. i form af en større koncentration af husdyr pr. arealenhed.

*Sammenstilling af N-udvaskning og arealanvendelse*

Relationen mellem N-udvaskning og landbrugspraksis er kompleks; dels har landbrugspraksis flere år forud for undersøgelsesperioden betydning for udvaskningen, dels er faktorer som jordtype, afgrødetype, gødningsanvendelse og husdyr interrelaterede, således at der skal et stort antal målinger til for at udskille effekten af den enkelte parameter. I Tabel 7.4 er givet en sammenstilling mellem målt N-udvaskning i afstrømningsåret 1989/90 og forskellige typeinddelinger af ialt 38 stationsmarker/ejendomme. Inddelingerne er foretaget for driftåret 1989/90. Udvasningerne er givet som gennemsnitsværdier samt minimum- og maximumværdier og antal af marker i hver gruppe. Det ses, at der er meget stor spredning mellem målingerne i hver gruppe. Sammenstillingen må kun anses som en "ranking", idet der er for få marker og for stor spredning til, at materialet kan behandles statistisk.

*Brugstyper*

Tabel 7.4.a viser N-udvaskningen fra marker på ejendomme af forskellige brugstyper. Udvasningen var mindst for planteavlbrugene, noget større for svinebrug og blandede kvæg- og svinebrug og størst for kvægbrugene.

*Dyreenheder*

Tabel 7.4.b viser N-udvaskningen fra marker, hvor ejendommene er inddelt i forskellige dyretæthedsgrupper. Der ses en tydelig stigning i udvaskningen med stigende antal DE/ha. Det skal dog bemærkes, at der i gruppen > 2.0 DE/ha kun indgår 2 ejendomme, hvorfor størrelsen af udvaskningen i denne gruppe ikke bør tillægges for stor betydning.

*Tabel 7.4 Kvælstofudvasninger målt i afstrømningsåret 1989/90 for forskellige typeinddelinger af 38 stationsmarker. For afgrødetyper er N-udvaskningen også givet for året 1990. Typeinddelingen er baseret på landbrugsdriften i driftåret 1989/90.*

|  | N-udvaskning (kg/ha år <sup>-1</sup> ) |      |      | N  |
|--|--|------|------|----|
|  | Gns.                                   | Min. | Max. |    |
| <b>a) Brugstyper:</b>                                    | <b>89/90</b>                           |      |      |    |
| Plantebrug   | 50                                     | 10   | 168  | 11 |
| Kvæg- + svinebrug  | 81                                     | 23   | 155  | 12 |
| Svinebrug  | 89                                     | 7    | 199  | 9  |
| Kvægbrug   | 108                                    | 35   | 295  | 6  |
| <b>b) Dyreenheder (DE/ha):</b>                           | <b>89/90</b>                           |      |      |    |
| 0  | 50                                     | 10   | 168  | 11 |
| 0-0.95   | 87                                     | 7    | 295  | 11 |
| 0.95-1.95  | 100                                    | 23   | 155  | 14 |
| >2.0   | 142                                    | 86   | 199  | 2  |
| <b>c) N-gødskning<sup>1)</sup></b><br>Eff. tilf./opt. N: | <b>89/90</b>                           |      |      |    |
| <0.84  | 60                                     | 10   | 97   | 6  |
| 0.85-1.14  | 68                                     | 12   | 182  | 11 |
| 1.15-1.50  | 109                                    | 7    | 295  | 13 |

<sup>1)</sup> marker med ærter, græs og grøntfoder ikke medtaget i opgørelsen.

Tabel 7.4.c viser N-udvaskningen i relation til gødningstildelingen. Som mål for gødningstildeling er anvendt den effektive N-tilførsel i forhold til den til afgrøden anbefalede (økonomisk optimale) mængde. Der er anført 3 inddelinger <sup>1</sup>effektiv N-tilførsel mindre end 85% af anbefalet mængde <sup>2</sup>effektiv N-tilførsel 85 - 115% af anbefalet mængde og <sup>3</sup>effektiv N-tilførsel mellem 115 - 150% af anbefalet mængde. Det bemærkes, at marker med ærter, græs og grøntfoder ikke er medtaget i denne opgørelse pga. disse afgrøders specielle N-behov. Der er fundet en lille stigning i N-udvaskning fra gruppe 1 til 2 (60 - 68 kg N/ha år<sup>-1</sup>), mens der for gruppe 3, dvs. for de "overgødede jorder", er fundet væsentlig større udvaskning (gennemsnitlig 109 kg N/ha år<sup>-1</sup>).

## 7.5 Fosforudvaskning fra rodzonen

Udvaskning af ortho-P fra stationsmarkerne fremgår af bilag 2. Nedenfor er vist de gennemsnitlige målte udvaskninger fra de 6 oplande:

|                   | PO <sub>4</sub> -P udvaskning (kg P/ha) |             |
|-------------------|---|-------------|
|                   | <u>1989</u>                             | <u>1990</u> |
| Sandjordsoplande: |   |             |
| LOOP 2            | 0.02                                    | 0.04        |
| LOOP 5            | -                                       | 0.05        |
| LOOP 6            | -                                       | 0.07        |
| Lerjordsoplande:  |   |             |
| LOOP 1            | 0.10                                    | 0.34        |
| LOOP 3            | 0.04                                    | 0.09        |
| LOOP 4            | 0.03                                    | 0.14        |

P-udvaskningen fra stationsmarkerne i sandjordsoplandet LOOP 2 blev målt til 0.02 kg P/ha i 1989 og 0.04 kg P/ha i 1990. For de øvrige 2 sandjordsoplande var udvaskningen fra stationsmarkerne i 1990 gennemsnitlig 0.05 kg P/ha. På lerjordsoplandene blev udvaskningen fra stationsmarkerne målt til gennemsnitlig 0.06 kg P/ha i 1989 og 0.19 kg P/ha i 1990. Den højere udvaskning i 1990 end i 1989 må tilskrives den større nedbør og dermed den større nedsivning gennem rodzonen. Den tilsyneladende højere P-udvaskning fra lerjorderne end fra sandjorderne må for en stor del tilskrives, at 2 stationer i LOOP 1 bidrager med særlig store mængder, jævnfør afsnit 7.2.1.3.

Til sammenligning kan nævnes, at Hansen (1990a) i undersøgelsen på 8 landbrugsarealer for perioden 1987-90 fandt en større ud-

vaskning af ortho-P, nemlig 0.2 kg P/ha år<sup>-1</sup> på sandjord og 0.1 kg P/ha år<sup>-1</sup> på lerjord. Denne forskel kan skyldes, at Hansen anvendte en anden metode til bestemmelse af P-koncentrationer i jordvand, nemlig udtagning af jordprøver og centrifugering.

De gennemsnitlige fosfortildelinger til stationsmarkerne i 1989-90 var ens for sandjorderne og lerjorderne, henholdsvis 29 og 28 kg P/ha år<sup>-1</sup>. De 2 stationer i LOOP 1, med stor udvaskning fik dog begge tilført større P-mængde, 37 kg P/ha år<sup>-1</sup>. Det blev foreslået i afsnit 7.2.1.3 at makroporeflow eventuelt kunne finde sted på denne jordtype, hvorfor kraftig gødsning kan have betydning for nedsivning af næringsstoffer.

## **7.6 Arealspecifik afstrømning og næringsstofudvaskning fra drænsystemer**

Den arealspecifikke afstrømning og næringsstofudvaskning fra drænsystemer er opgjort på årsbasis i Tabel 7.5. I opgørelsen indgår lerjordsoplandene LOOP 1, Storstrøm og LOOP 4, Fyn; mens det ikke er muligt at relatere afstrømninger i LOOP 3, Vejle/Århus til specifikke arealer. På sandjordsoplandet LOOP 2, Nordjylland, er anlagt 2 drænstationer, kun den ene station er medtaget her, idet oplandsbeskrivelsen er mangelfuld for den anden station (jvf. afsnit 4.5.4).

Tabel 7.5 Arealsspecifik afstrømning og næringsstofudvaskning fra dræn for 1989 og 1990.

|                 | 1989                |            |                             |                           |                    | 1990         |             |                             |                           |                    |
|-----------------|---------------------|------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
|                 | Afstr.<br>mm        | Tot.N      | NO <sub>3</sub> -N<br>kg/ha | Tot.P<br>år <sup>-1</sup> | PO <sub>4</sub> -P | Afstr.<br>mm | Tot.N       | NO <sub>3</sub> -N<br>kg/ha | Tot.P<br>år <sup>-1</sup> | PO <sub>4</sub> -P |
| <b>Lerjord</b>  |                     |            |                             |                           |                    |              |             |                             |                           |                    |
| LOOP 1          |                     |            |                             |                           |                    |              |             |                             |                           |                    |
| 101             | -                   | -          | -                           | -                         | -                  | *1)          | -           | -                           | -                         | -                  |
| 102             | 165                 | -          | 23.8                        | 0.032                     | 0.028              | 320          | -           | 27.4                        | 0.093                     | 0.078              |
| 103             | 89                  | 5.0        | 9.5                         | 0.014                     | 0.012              | 247          | 35.8        | 32.1                        | 0.051                     | 0.046              |
| 104             | 106                 | -          | 16.2                        | 0.014                     | 0.013              | 241          | -           | 22.2                        | 0.023                     | 0.019              |
| 105             | 76                  | 5.5        | 14.9                        | 0.014                     | 0.012              | 187          | 32.2        | 30.2                        | 0.080                     | 0.063              |
| 106             | 11                  | 0.9        | 2.2                         | 0.027                     | 0.027              | 63           | 10.2        | 9.5                         | 0.151                     | 0.149              |
| <b>gns.</b>     | <b>89</b>           | <b>9.0</b> | <b>13.3</b>                 | <b>0.020</b>              | <b>0.018</b>       | <b>212</b>   | <b>26.1</b> | <b>24.3</b>                 | <b>0.080</b>              | <b>0.071</b>       |
| <b>Lerjord</b>  |                     |            |                             |                           |                    |              |             |                             |                           |                    |
| LOOP 4          |                     |            |                             |                           |                    |              |             |                             |                           |                    |
| 401             | -                   | -          | -                           | -                         | -                  | 78           | 11.2        | 10.7                        | 0.016                     | 0.011              |
| 402             | -                   | -          | -                           | -                         | -                  | 217          | 30.3        | 29.2                        | 0.039                     | 0.025              |
| 404             | -                   | -          | -                           | -                         | -                  | 131          | 34.2        | 31.2                        | 0.013                     | 0.009              |
| 405             | -                   | -          | -                           | -                         | -                  | *2)          | -           | -                           | -                         | -                  |
| 406             | -                   | -          | -                           | -                         | -                  | 97           | 42.4        | 40.9                        | 0.095                     | 0.059              |
| <b>gns.</b>     | <b>-</b>            | <b>-</b>   | <b>-</b>                    | <b>-</b>                  | <b>-</b>           | <b>131</b>   | <b>29.5</b> | <b>28.0</b>                 | <b>0.041</b>              | <b>0.026</b>       |
| <b>Sandjord</b> |                     |            |                             |                           |                    |              |             |                             |                           |                    |
| LOOP 2          |                     |            |                             |                           |                    |              |             |                             |                           |                    |
| 251             | 1380 <sup>*3)</sup> | 80.0       | 71.0                        | 1.795                     | -                  | 1314         | 136.0       | 120.0                       | 1.167                     | 0.620              |

\*1) ikke målt

\*2) kun lejlighedsvis vandførende

\*3) indeholder grundvandstilstrømning

## 7.6.1 Målinger på lerjord

Drænvandsafstrømningerne var lave i 1989 og beregningerne usikre; hvorfor disse ikke vil blive tillagt stor vægt.

### Drænvandsafstrømning

For 1990 er den gennemsnitlige drænvandsafstrømning beregnet til 212 mm fra 5 drænstationer i LOOP 1 og til 131 mm fra 4 drænstationer i LOOP 4. Disse mængder udgør henholdsvis 86% af 35% af afstrømningen fra rodzonen i de 2 oplande.

### Kvælstofudvaskning

Den gennemsnitlige udvaskning af nitrat fra dræne i 1990 blev målt til 24 kg N/ha for LOOP 1 og 28 kg N/ha for LOOP 4. Udvasning af ammonium er ubetydelig, jvf. afsnit 7.2.2.2. Udledning af uorganisk N fra dræn svarer således til henholdsvis 55% og 51% af udvaskningen fra rodzonen i de 2 oplande.

Opgørelse over udvaskning af total N og nitrat N viser, at organisk kvælstof har udgjort ca. 7% af den totale kvælstofudvaskning.

#### *Fosforudvaskning*

Udvaskning af  $PO_4$ -P via dræn blev i 1990 målt til 0.07 kg P/ha for LOOP 1 og 0.03 kg P/ha LOOP 4. Dette er en lille mængde i forhold til fosforudvaskningen fra rodzonen, som tilsvarende blev beregnet til 0.34 kg P/ha ved LOOP 1 og 0.14 kg P/ha ved LOOP 4.

Opgørelse over udvaskning af total P og  $PO_4$ -P viser, at opløst fosfat-P har udgjort ca. 75% af den totale fosforudvaskning. Forskellen må overvejende skyldes tilstedeværelse af partikulært P.

De målte udvaskninger af  $PO_4$ -P fra dræn svarer til, hvad der er fundet i en drænvandsundersøgelse på 15 lerjorder (Petersen 1983); derimod er andelen af total P i forhold til opløst fosfat-P i nærværende undersøgelse mindre end angivet af f.eks. Hansen (1986) og Hansen og Petersen (1985).

### 7.6.2 Målinger på sandjord

#### *Næringsstofudvaskning fra lavtliggende areal*

Som beskrevet i afsnit 7.2.2.1 adskiller station 251 i LOOP 2, Nordjylland sig fra drænstationerne på lerjorderne, idet denne afvander et lavtliggende moseareal med tilstrømmende grundvand. Således udgjorde afstrømningerne 1380 mm og 1314 mm i henholdsvis 1989 og 1990, når beregningerne baseres på det topografiske opland.

Kvælstofudvaskning var steget fra 71 kg  $NO_3$ -N/ha i 1989 til 120 kg  $NO_3$ -N/ha i 1990; mens udvaskningen af total P var faldet fra 1.80 kg P/ha i 1989 til 1.17 kg P/ha i 1990. Disse ændringer må nok henføres til ændringer i drænvandets oprindelse.

### 7.6.3 Dræning i oplandene

#### *Drænstationernes repræsentativitet*

I sandjordsoplandet LOOP 2 og lerjordsoplandet LOOP 3 er jorderne fortrinsvis naturligt afdrænede, hvorfor detaildræning overvejende er begrænset til lavtliggende arealer.

I LOOP 1 og 4 er dræning langt mere udbredt. En opgørelse over drænede arealer er vanskelig. Hedeselskabet har foretaget en kortlægning af drænede arealer på baggrund af drænplaner. Hertil kommer dræning udført af landmændene, uden at der foreligger drænplaner. Endvidere må det forventes, at ikke alle drænsystemer stadig er fuldt funktionsdygtige. På denne baggrund skønnes, at ca. 70% af landbrugsarealet er drænet i LOOP 1 og 50% af arealet i LOOP 4. De 5-6 fungerende drænstationer i hvert opland må således kun tages som indikation for afstrømnings- og udvaskningsniveauet fra det totale drænede areal.

## 7.7 Sammendrag

### *Nedbør og afstrømning fra rodzonen*

I de 6 oplande blev der målt en gennemsnitlig nedbør på 646 mm i 1989 og 939 mm i 1990. Dette svarer til henholdsvis 76% og 114% af normalnedbøren. Disse nedbørsforhold har medført, at afstrømningen fra rodzonen blev forøget fra gennemsnitlig 220 mm i 1989 til 468 mm i 1990.

### *Målt N-udvaskning fra stationsmarker*

Udvaskning af nitratkvælstof fra rodzonen blev ved stationsmarkerne målt til gennemsnitlig 93 kg N/ha i 1989 for ét sandjordsopland og 118 kg N/ha i 1990 for 3 sandjordsoplande. Tilsvarende blev kvælstofudvaskningen fra stationsmarkerne i 3 lerjordsoplande målt til gennemsnitlig 38 kg N/ha i 1989 og 99 kg N/ha i 1990. Stationsmarkerne må anses for at være repræsentative for oplandene, men som vist i afsnit 5.3 forekommer der i oplandene forhold omkring landbrugspraksis, som ikke er afspejlet ved stationsmarkerne. De målte kvælstofudvaskninger må derfor kun tages som et niveau for oplandene.

### *Målt N-udvaskning i relation til landbrugspraksis*

Kvælstofudvaskning fra stationsmarkerne kan relateres til landbrugspraksis ved en "ranking". Således blev der målt mindst udvaskning fra planteavlbrug, større udvaskning fra svinebrug og blandede brug, og størst udvaskning fra kvægbrugene. Udvaskningen steg med stigende dyretæthed, og stigende gødskningsniveau.

### *P-udvaskning fra rodzonen*

Udvaskning af ortho-fosfat fra rodzonen har været lav; denne blev for stationerne i sandjordsoplandene målt til gennemsnitlig 0.05 kg P/ha år<sup>-1</sup> og for lerjordsoplandene 0.12 kg P/ha år<sup>-1</sup>. Den højere udvaskning på lerjorderne må tilskrives at enkelte stationer bidrager med særlig store mængder.

### *Drænvandsanalyser*

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at der i 1990 blev udledt gennemsnitlig 26 kg NO<sub>3</sub>-N/ha og 0.05 kg PO<sub>4</sub>-P/ha via dræn. Disse mængder svarer i gennemsnit til ca. 53% af nitratudvaskningen fra rodzonen og ca. 20% af PO<sub>4</sub>-P-udvaskningen fra rodzonen.

Udvaskning af organisk N fra dræn udgjorde ca. 7% af total N, mens udvaskning af partikulært P fra dræn udgjorde ca. 25% af total P.

## 8 Modelberegning af afstrømning og kvælstofudvaskning fra rodzonen.

I dette kapitel præsenteres en række beregninger af afstrømningen og kvælstofudvaskningen fra rodzonen under stationsmarkerne.

### *Gennemførte beregninger*

I landovervågningsprogrammet er koncentrationen af kvælstof i jordvandet under rodzonen målt for de 40 stationsmarker. På grundlag af disse koncentrationer og modelberegnete afstrømninger for markerne er udvaskningen bestemt. De modelberegnete afstrømninger er bestemt ved anvendelse af de to rodzonemodeller: "DAISY" og "EVACROP".

Endvidere er udvaskningen for forsøgsmarkerne beregnet alene med DAISY, idet DAISY ikke blot er en vandbalancemodel men også en kvælstofmodel.

For 6 udvalgte marker er de målte koncentrationer af nitrat i jordvandet sammenholdt med DAISY-beregnete nitratkoncentrationer.

Endelig er der, for de 6 marker, gennemført en følsomhedsanalyse med DAISY ved variation af de hydrauliske ledningsevner.

### *Beskrivelse af modellerne*

EVACROP er en konceptuel model, som beskriver vandbalancen ved anvendelse af en række simpelt koblede lineære reservoirer. Modellen stiller kun beskedne krav til inddata.

DAISY er en detaljeret simuleringsmodel, som omfatter omdannelse og transport af vand, energi, kulstof og kvælstof. DAISY stiller store krav til inddata.

En detaljeret beskrivelse af modellerne er givet af Olesen og Heidmann (1990) og Hansen et al. (1990).

### 8.1 Datagrundlag og forudsætninger for beregninger med DAISY og EVACROP

#### *Klimadata*

DAISY kræver oplysninger om døgnmiddeltemperatur, nedbør og globalstråling. De benyttede klimadata er beskrevet tidligere i rapporten.

#### *Interviewundersøgelser*

De anvendte oplysninger om afgrøder, såning, høst, jordbehandling samt vandings- og gødningsmængder stammer fra amtskommunernes interviewundersøgelser.

#### *Hydrauliske parametre*

De hydrauliske parametre er fastlagt med udgangspunkt i nogle få målte retentionsdata, som ADK, Statens Planteavlsvforsøg har bestemt for hver horisont under stationsmarkerne. Idet DAISY kræver flere retentionsdata, er disse genereret ved kubisk splineinterpolation.

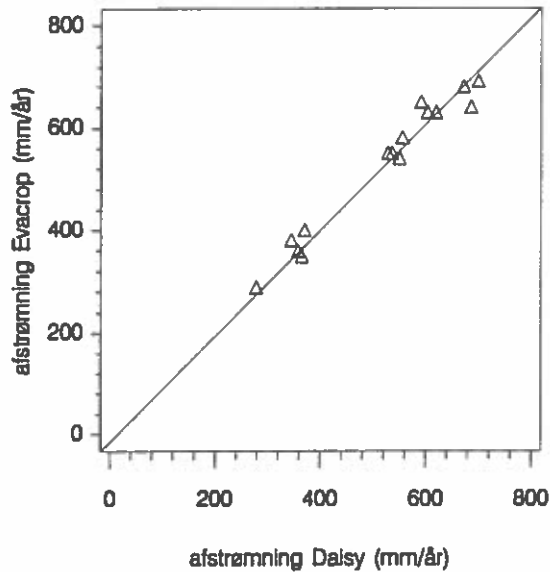


De hydrauliske ledningsevner er beregnet ved hjælp af Kunze's ligning (Kunze *et. al.* 1968).

- Afgrøder* På de stationsmarker, hvor der er dyrket afgrøder, som ikke er indeholdt i modellerne, er beregningerne forsøgt gennemført med andre afgrøder med et sammenligneligt vækstforløb. De kvælstoffikserende afgrøder (ærter og kløvergræs), som ikke er beskrevet i DAISY, udgør dog et specielt problem, idet de influerer på transport og omsætning af kvælstof i rodzonen. Der er derfor ikke udført DAISY-beregninger på marker med disse afgrøder.
- Manglende inddata* Oplysninger om arealanvendelse, gødskning m.m. haves for perioden 1988-1990. For at kunne initialisere jordens kvælstof- og kulstofpuljer i DAISY er starttidspunktet for beregningerne sat til 1. marts 1983. På grund af manglende inddata fra perioden 1983-1987 er data for perioden 1988-1990 ekstrapoleret tilbage i tid. Dette gælder dog ikke klimadata, der kendes for hele perioden.
- Dræning* Nogle af markerne er drænet, hvilket ikke kan simuleres med DAISY, idet der kun er mulighed for at specificere en fri afdræning eller en kendt grundvandsdybde.
- Grundvand* For de fleste stationsmarker haves grundvandspejlinger for 1990. Disse pejlinger er ligesom oplysningerne om arealanvendelse, gødskning m.m. ekstrapoleret tilbage i tid og benyttet i DAISY-beregningerne. I Nordjyllands Amtskommune (LOOP 2) er grundvandsboringerne endnu ikke færdigetablerede. Under disse forhold er der i DAISY-beregningerne forudsat en fri afdræning.
- Kulstof og Kvælstofindhold i husdyrgødning* De værdier for husdyrgødningens kulstof- og kvælstofindhold der er anvendt i DAISY-simuleringerne, stammer fra Nielsen *et al.* (1991). Fordelingen af jordens organiske puljer m.h.t. en hurtig og en langsom omsætning er antaget at være 20:80 for kunstgødede marker (Hansen *et al.* 1990). På husdyrgødede marker er et forhold på 23:77 anvendt.

## 8.2 Afstrømning og kvælstofudvaskning fra stationsmarkerne.

- Begrænsning i modellernes anvendelse* Som tidligere beskrevet er afstrømningen fra stationsmarkerne beregnet både med EVACROP og DAISY. For oplande med lerjorder og høj grundvandstand er beregningerne dog kun gennemført med DAISY, idet EVACROP er uegnet til vandbalanceberegninger for disse jorder. For andre marker er afstrømningen kun beregnet med EVACROP, idet det ikke var muligt at gennemføre en DAISY-beregning, dels på grund af kvælstoffikserende afgrøder og dels fordi DAISY slet og ret "dumper".
- Sammenligning af afstrømninger* For de marker, hvor der både er gennemført en DAISY- og en EVACROP-beregning, ses afstrømningen beregnet med EVACROP plottet mod afstrømninger beregnet med DAISY på Figur 8.1



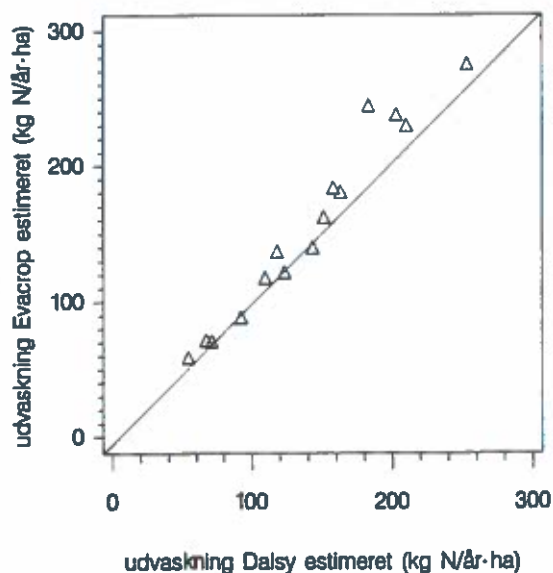
Figur 8.1 Afstrømninger beregnet med EVACROP plottet mod afstrømningen beregnet med DAISY.

Som det ses på Figur 8.1, er der god overensstemmelse mellem afstrømningerne beregnet med DAISY og EVACROP. Den gennemsnitlige afstrømning i 1990 for de 15 marker, hvor der både er gennemført DAISY- og EVACROP-beregninger er henholdsvis 516 mm/år ved DAISY og 528 mm/år ved EVACROP. Dette svarer til at afstrømningen beregnet med DAISY udgør 98% af afstrømningen beregnet med EVACROP.

#### Sammenligning af udvaskninger

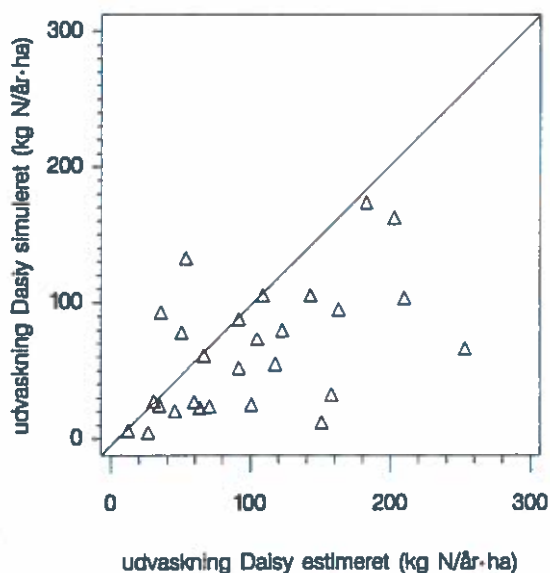
På Figur 8.2 ses udvaskninger beregnet som et produkt af de målte kvælstofkoncentrationer og afstrømningen fra EVACROP (EVACROP estimeret) plottet mod udvaskninger beregnet som et produkt af de målte kvælstofkoncentrationer og afstrømningen fra DAISY (DAISY estimeret).

Af Figur 8.2 fremgår det, at udvaskningen estimeret ved hjælp af målte koncentrationer og EVACROP stemmer godt overens med udvaskningen estimeret ved hjælp af målte koncentrationer og DAISY. Den gennemsnitlige årlige kvælstofudvaskning i 1990 for de 15 marker, hvor der er gennemført både DAISY- og EVACROP-beregninger er henholdsvis 140 kg N/ha år<sup>-1</sup> ved DAISY og 155 Kg N/ha år<sup>-1</sup> ved EVACROP. Dette svarer til, at udvaskningen estimeret med DAISY udgør 90% af udvaskningen estimeret med EVACROP. Det skal bemærkes, at den estimerede årlige udvaskning er mere følsom overfor valg af vandbalancemodel end den årlige afstrømning er. Dette skyldes, at der kan være store forskelle på de daglige afstrømninger beregnet med de to modeller samtidig med, at de målte koncentrationer svinger gennem året.



Figur 8.2 Udvasninger beregnet ved hjælp af målte kvælstofkoncentrationer og afstrømningen fra EVACROP (EVACROP estimeret) plottet mod udvasninger beregnet ved hjælp af målte kvælstofkoncentrationer og afstrømninger fra DAISY (DAISY estimeret).

På Figur 8.3 ses endelig udvasninger beregnet udelukkende ved brug af DAISY (DAISY simuleret) plottet mod de tidligere viste udvasninger beregnet ved hjælp af målte koncentrationer og afstrømningen fra DAISY (DAISY estimeret).



Figur 8.3 Udvasninger beregnet med DAISY (DAISY simuleret) plottet mod udvasningen beregnet som et produkt af af målte koncentrationer og afstrømningen fra DAISY (DAISY estimeret).

Som det ses på Figur 8.3, er den simulerede udvaskning generelt betydelig mindre end den estimerede. Den gennemsnitlige kvælstofudvaskning i 1990 for de 27 marker, hvor der er gennemført DAISY-beregninger, er 102 kg N/ha-år for den estimerede og 65 kg N/ha-år for den simulerede. Dette svarer til at udvaskningen simuleret med DAISY udgør 64% af den estimerede udvaskning.

#### *Forbehold*

Det skal understreges, at denne sammenligning er en sammenligning mellem et rent modelberegnet tal og et tal, der er en kombination af målte og modelberegnete værdier. Det er derfor vanskeligt at drage en egentlig konklusion af sammenligningen. Afvigelsens størrelse taget i betragtning indikerer dog, at DAISY generelt undervurderer udvaskningen for stationsmarkerne.

#### *Usikre inddata*

Upræcise eller forkerte inddata kan naturligvis påvirke størrelsen af både afstrømningen og udvaskningen i en DAISY-beregning. På flere punkter er usikkerheder knyttet til de gennemførte DAISY-beregninger:

- For 12 af de 27 marker, hvor der er gennemført DAISY beregninger, er der dyrket afgrøder, som ikke er indholdt i DAISY.
- De hydrauliske ledningsevner for stationsmarkerne er ikke målt, men beregnet.
- Flere af markerne er dræned, hvilket der ikke kan tages hensyn til i en DAISY-beregning.
- Der er stor usikkerhed på størrelsen af kvælstofindholdet i den husdyrgødning, der er tilført nogle af stationsmarkerne.
- Fordelingen af jordens organiske puljer m.h.t. en hurtig og en langsom omsætning er usikker ved tildeling af husdyrgødning i en DAISY-beregning.
- De præsenterede beregninger er kun foretaget på baggrund af de sidste 2-3 års oplysninger om gødskning, afgrøde, jordbehandling etc. Dette tidsrum er ikke tilstrækkeligt, idet gødningstildeling m.m. kan influere på størrelsen af kvælstofudvaskningen flere år frem.

Alle de beregnede afstrømninger og udvaskninger for de enkelte stationsmarker er sammenfattet i bilag 2.

### **8.3 Sammenligning mellem målte og beregnede nitratkoncentrationer.**

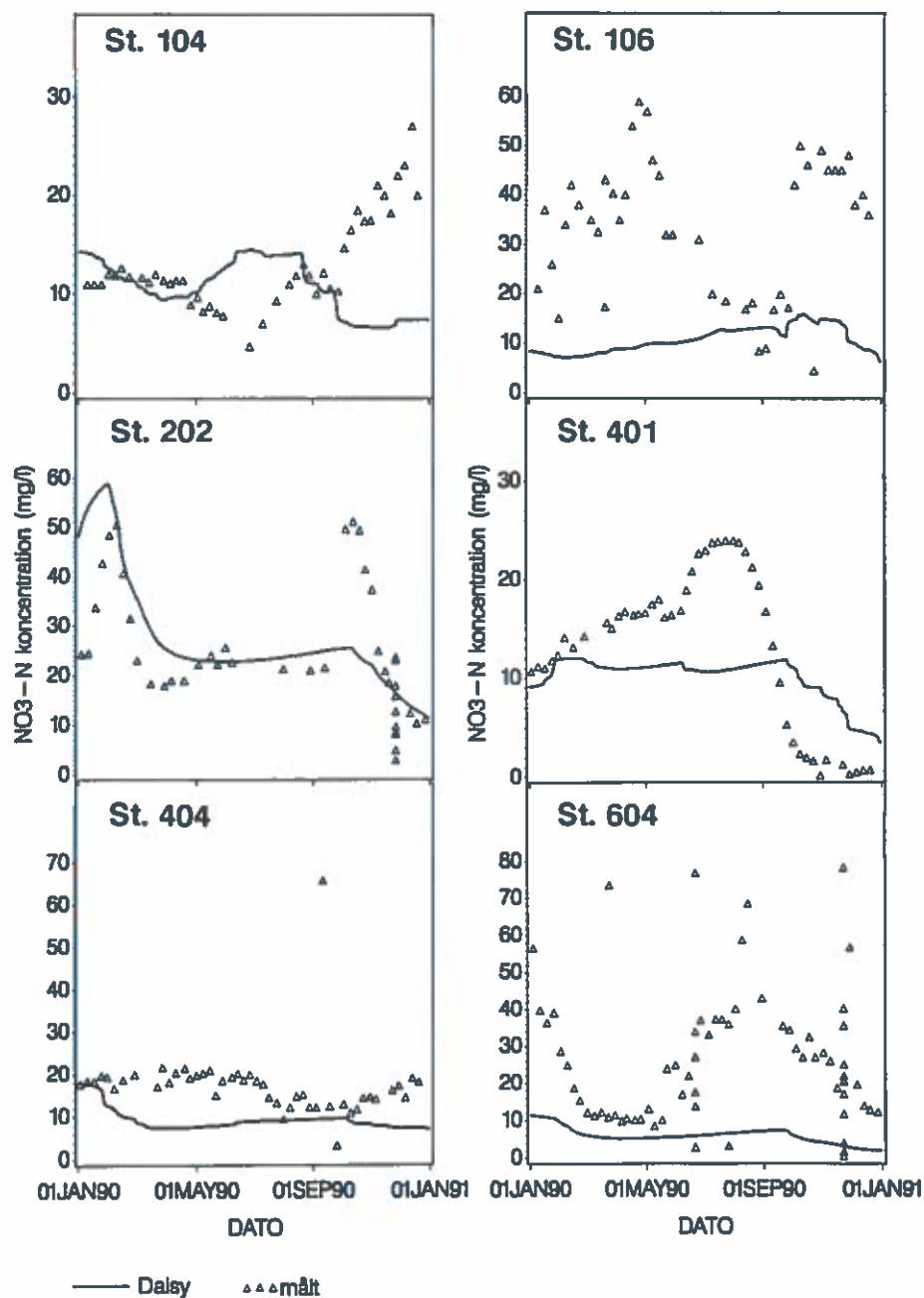
#### *Validering af DAISY*

Som nævnt i sidste afsnit er sammenligningen mellem de forskellige udvaskningstal for de enkelte marker kun indikativ, idet de alle er baseret på modelberegninger. En egentlig validering af DAISY på stationsmarkerne bør primært baseres på en sammen-

ligning af målte størrelser og beregnede værdier. Med dette in mente er der to størrelser, der kan danne grundlag for en validering - dels de i interviewundersøgelsen oplyste udbytter og dels målte nitratkoncentrationer i jordvandet under markerne. Heraf formodes de største usikkerheder at være knyttet til udbytterne. Hertil kommer, at talmaterialet for de målte nitratkoncentrationer er langt større, idet prøvetagningen er udført med en frekvens på typisk 8 dage.

*Sammenligning af nitratkoncentrationer*

På Figur 8.4 ses målte og beregnede nitratkoncentrationer i jordvandet under 6 udvalgte stationsmarker. Markerne er udvalgt, så der hersker mindst mulig tvivl om inddata til DAISY.



Figur 8.4 Målte og beregnede nitratkoncentrationer i jordvandet under 6 udvalgte marker.

### *Makroporeflow*

Ud af de 6 marker er der kun en, hvor uoverensstemmelserne mellem målinger og beregninger umiddelbart kan forklares. Som beskrevet i afsnit 7.2.1.3 formodes en væsentlig del af vand- og stoftransporten på station nr. 106 at ske ved makroporeflow. Denne transportform, der ikke er indeholdt i DAISY, kan netop forklare den store spredning, der ses på de målte koncentrationer samt uoverensstemmelserne mellem målinger og beregninger.

### *Afvielser*

Sammenholdes de 5 øvrige figurer, er der især to generelle forhold, der er iøjnefaldende. Dels undervurderes nitratkoncentrationen i simuleringen, og dels er den dynamiske modelbeskrivelse af koncentrationens varierende forløb dårlig. Disse generelle forhold kunne tyde på, at en eller flere fysiske, kemiske eller biologiske processer er dårligt beskrevet i modellen, måske som følge af et generelt fejlskøn på en eller flere af de usikre inputparametre, der er nævnt tidligere.

### *Vurdering*

En mere præcis vurdering af afvielserne mellem de målte og beregnede koncentrationer er umulig at give. Hertil er der for mange løse ender i form af usikre inputparametre. Blot kan det siges, at de synlige afvielser på Figur 8.4 sikkert illustrerer den nøjagtighed meget godt, hvormed en modelberegning kan gennemføres med de p.t. tilgængelige oplysninger om stationsmarkerne.

Hansen et al. (1990) opnår i en tilsvarende sammenligning på andre marker en væsentlig bedre overensstemmelse mellem målte og DAISY-beregnete nitratkoncentrationer. I Hansens sammenligning er modelberegningerne dog baseret på et generelt bedre kendskab til markerne og deres anvendelse. På denne baggrund vurderes en langt bedre overensstemmelse også at kunne opnås på stationsmarkerne, når mere fyldestgørende oplysninger bliver tilgængelige.

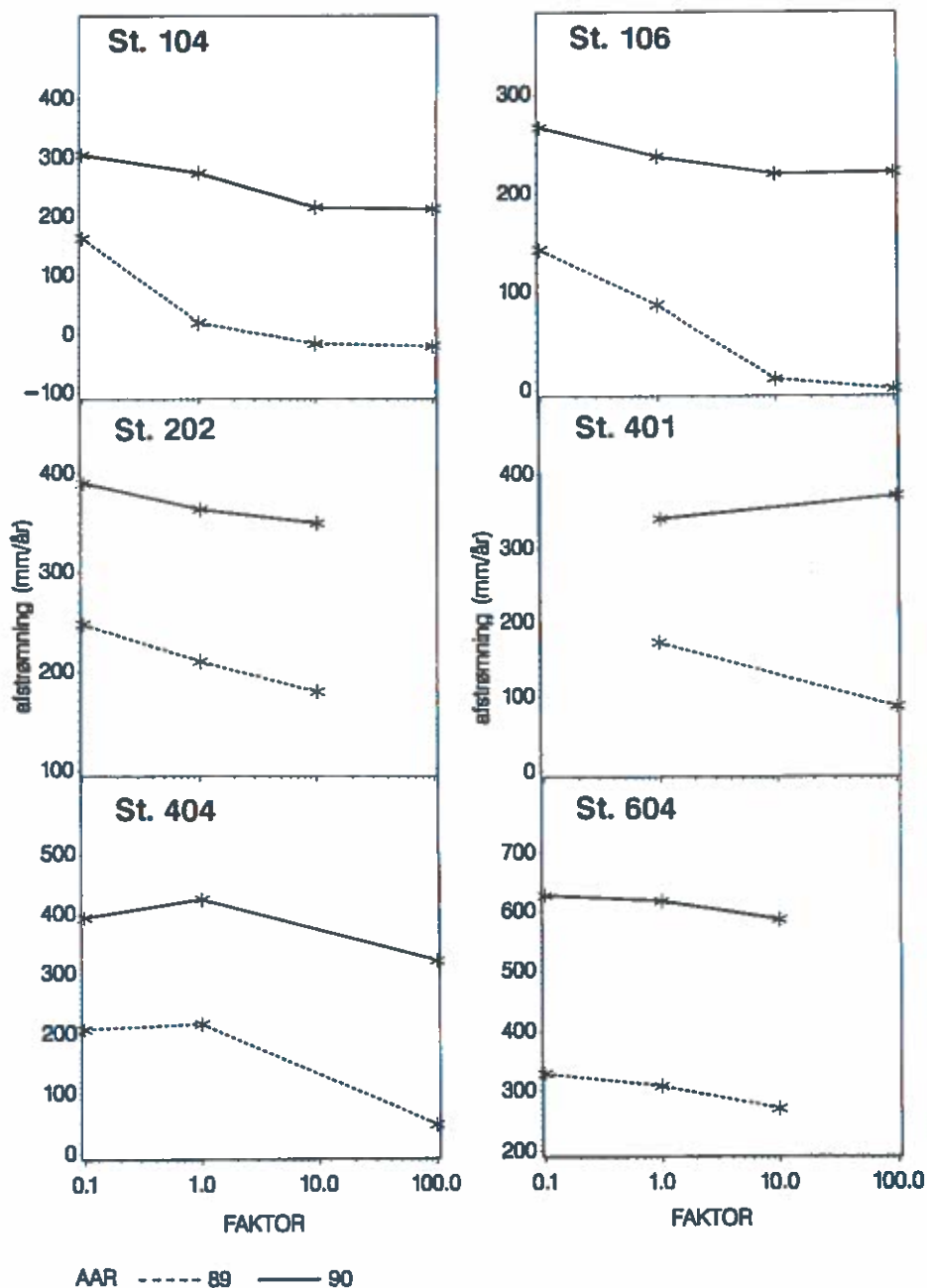
## **8.4 DAISY's følsomhed overfor variationer i den hydrauliske ledningsevne.**

Den hydrauliske ledningsevne, der er anvendt i DAISY-beregningerne, er som tidligere nævnt ikke målt men beregnet ved hjælp af Kunze's ligning (Kunze et al. 1968). I Kunze's ligning skal en målt værdi for jordens hydrauliske ledningsevne ved et givet vandindhold angives. Sådanne målinger foreligger ikke for stationsmarkerne. Derfor er målte hydrauliske ledningsevner for andre danske jorder, der teksturmæssigt minder om stationsmarkerne, anvendt. Disse data stammer fra Jacobsen (1989). Hermed introduceres en større usikkerhed, idet forskellen mellem den hydrauliske ledningsevne på to jorder, der teksturmæssigt minder om hinanden, kan være på flere størrelsesordener.

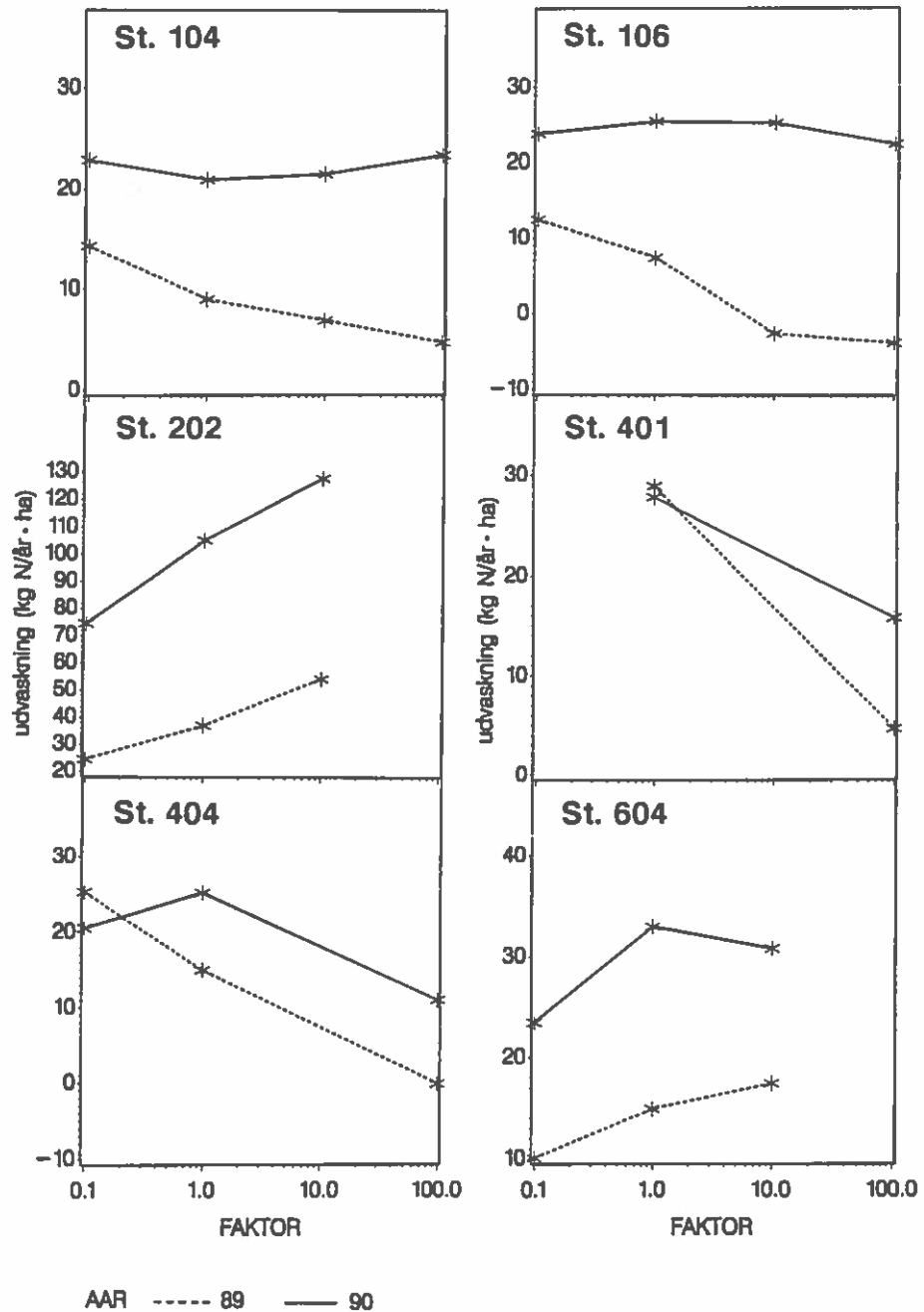
På den baggrund er der gennemført en følsomhedsanalyse med DAISY, hvor de hydrauliske ledningsevner er varieret.

På Figur 8.5 og Figur 8.6 ses den årlige afstrømning og udvaskning for 1989 og 1990 ved hydrauliske ledningsevner multipliceret med en faktor på 0.1, 1, 10 og 100 for de 6 udvalgte marker. Simuleringerne, hvor den hydrauliske ledningsevne er multipliceret med en faktor 1, svarer naturligvis til de tidligere præsenterede beregninger på Figur 8.4.

På nogle af kurverne er der kun 2 eller 3 beregnede punkter for afstrømningen eller udvaskningen. Dette skyldes, at DAISY er "dumpet" for de pågældende marker ved givne hydrauliske ledningsevner.



Figur 8.5 Afstrømningen for 6 udvalgte marker beregnet med DAISY ved forskellige hydrauliske ledningsevner. De hydrauliske ledningsevner er varieret ved multiplikation med faktorerne 0.1, 1, 10 og 100.



Figur 8.6 Udvaskningen for 6 udvalgte marker beregnet med DAISY ved forskellige hydrauliske ledningsevner. De hydrauliske ledningsevner er varieret ved multiplikation med faktorerne 0,1, 1, 10 og 100.

### Vurdering

Af Figur 8.5 og Figur 8.6 ses det, at størrelsen af den hydrauliske ledningsevne generelt spiller en betydelig rolle for både den årlige afstrømning og udvaskning.

Endvidere skal det bemærkes, at der ved variation af den hydrauliske ledningsevne ikke er nogen entydig tendens med hensyn til ændringer i afstrømningen og udvaskningen.



Analysen viser dog, at en præcis beregning af afstrømningen og udvaskningen på enkeltmarkniveau fordrer sikre data for de hydrauliske ledningsevner.

## 8.5 Sammenfatning

På grundlag af målte kvælstofkoncentrationer og modelberegnete afstrømninger er udvaskningstal bestemt for 39 stationsmarker. I beregningen af afstrømningerne er DAISY-modellen og EVA-CROP-modellen benyttet. For 15 marker er afstrømningen beregnet med begge modeller. Ved parvis sammenligning af disse afstrømninger og de tilhørende udvaskningstal er der på årsbasis fundet en god overensstemmelse.

For 27 stationsmarker er udvaskningstal endvidere bestemt udelukkende af DAISY-beregnete kvælstofkoncentrationer og afstrømninger. Ved sammenligning af disse tal med de ovenfor beskrevne udvaskningstal ses en dårlig overensstemmelse. De DAISY-beregnete udvaskningstal er 36% lavere i gennemsnit.

For 6 udvalgte stationsmarker er målte nitratkoncentrationer i jordvandet sammenlignet med DAISY-beregnete nitratkoncentrationer. Overensstemmelsen mellem de målte og modelberegnete tal er dårlig, idet DAISY klart undervurderer nitratkoncentrationen.

Endelig er der for de 6 udvalgte stationsmarker gennemført en følsomhedsanalyse med DAISY, hvor de hydrauliske ledningsevner er varieret. Analysen viser, at en præcis beregning af såvel afstrømning som kvælstofudvaskning på enkeltmarkniveau fordrer sikre data for de hydrauliske ledningsevner.

Sammenfattes de opnåede resultater, vurderes DAISY-modellen generelt at underestimere udvaskningen på stationsmarkerne. Med mere fyldestgørende oplysninger om markerne og deres anvendelse forventes en bedre overensstemmelse dog at kunne opnås. Anvendes DAISY-modellen på nuværende tidspunkt til større opgaver, som beregning af kvælstofudvaskningen fra oplande eller hele landet, formodes en undervurderet kvælstofudvaskning meget vel at kunne findes.

## 9 Grundvand

### 9.1 Indledning

I dette kapitel præsenteres og vurderes nogle foreløbige resultater fra grundvandsdelen af landovervågningen.

#### *Næringsstoffer*

Der vil blive lagt vægt på næringsstofforholdene (N og P). Disse vil hovedsageligt blive belyst ud fra grundvandsanalyser af prøver udtaget i 1990 i dybder fra 1.5 til 7 meter under terræn.

Vurderingerne vil dels basere sig på STANDAT-indberettede data og dels på de amtskommunale rapporter.

#### *Øvrige parametre*

De øvrige kemiske analyseparametre fra grundvandsrederne, pejleresultater og analyseresultater fra enkelte dybere overvågningsboringer og markvandingsboringer vil kun blive behandlet i begrænset omfang. Ved den årlige vandmiljøplanafrapportering i 1992 forventes det, at alle analyseresultater kan behandles mere detaljeret, blandt andet i forhold til arealanvendelse, årstidsvariation og variation med dybden, og at potentialekort for oplandene vil kunne præsenteres.

Analysefrekvenser og analyseparametre er omtalt i afsnit 4.6.

### 9.2 Grundvandsanalyser

#### *Grundvandsfiltre*

Der er gennemsnitligt etableret 60 grundvandsfiltre mellem 1.5 og 7 meter under terræn i hvert af de 6 oplande. I LOOP 1 og 4 er de filtre, som er placeret dybere end 6 meter under terræn, overvågningsfiltre. Derimod er filtre placeret dybere end 6 meter i LOOP 2 og 5 markvandingsboringer (Tabel 9.1).

#### *Grundvandsreder*

Grundvandsrederne er designet således, at det er muligt ved såvel høj som lav grundvandsstand at udtage prøver fra det aller øverste grundvand. Derfor vil især filtrene 1.5 meter under terræn til tider kun give en ringe vandmængde (eller slet ingen vand). Det vil således ofte være nødvendigt at prioritere mellem analyseparametrene (afsnit 4.6).

#### *Nitratanalyser*

Antallet af gennemførte nitratanalyser stiger med dybden fra 1.5 til 5 meters dybde (Tabel 9.2). For de øvrige analyseparametre ligger antallet af analyser lidt under antallet af nitratanalyser.

Tabel 9.1 Antal filtre i forskellige dybder under terræn.

| Filterdybde<br>(m u.t.) | LOOP    |    |    |          |    |    |
|-------------------------|---------|----|----|----------|----|----|
|                         | 1       | 3  | 4  | 2        | 5  | 6  |
|                         | lerjord |    |    | sandjord |    |    |
| 1.5                     | 21      | 20 | 21 | 24       | 25 | 25 |
| 3                       | 21      | 20 | 19 | 24       | 25 | 25 |
| 5                       | 21      | 20 | 21 | 24       | -  | -  |
| 6-10                    | -       | -  | 2  | -        | 1  | -  |
| 10-20                   | 5       | -  | -  | 2        | 1  | -  |
| 20-40                   | 6       | -  | -  | 4        | -  | -  |
| 40-60                   | 1       | -  | -  | 2        | -  | -  |

Tabel 9.2 Antal nitratanalyser i 1990.

| Filterdybde<br>(m u.t.) | LOOP    |    |    |          |     |     |
|-------------------------|---------|----|----|----------|-----|-----|
|                         | 1       | 3  | 4  | 2        | 5   | 6   |
|                         | lerjord |    |    | sandjord |     |     |
| 1.5                     | 70      | 41 | 6  | 44       | 148 | 114 |
| 3                       | 132     | 56 | 54 | 73       | 150 | 132 |
| 5                       | 137     | 37 | 93 | 90       | -   | -   |
| 6-10                    | -       | -  | 10 | -        | 1   | -   |
| 10-20                   | 20      | -  | -  | 8        | 1   | -   |
| 20-40                   | 24      | -  | -  | 16       | -   | -   |
| 40-60                   | 4       | -  | -  | 8        | -   | -   |

### 9.3 Pejlinger

#### Grundvandsspejl

Grundvandsspejlet ligger nær terræn i landovervågningsoplandene (Tabel 9.3 og Bilag 3). Den gennemsnitlige afstand til grundvandet varierer fra 1.98 til mere end 3.14 meter under terræn.

#### Sandjorder

I sandjordsoplandene LOOP 5 og 6 varierer grundvandsspejlet i de enkelte pejleboringer mellem 0.33 og 1.07 meter om året, hvilket er almindeligt forekommende vandspejlsvariationer (Figur 9.1).

#### Lerjorder

I lerjordsoplandene er de årlige vandspejlsvariationer ofte større end i sandjordsoplandene (Figur 9.1).

I 2 af lerjordsoplandene var variationen i grundvandsspejlet i enkelte pejleboringer i 1990 derimod mere end 4.5 meter. Dette kan kun forklares ved grundvandssænkning som følge af en lokal oppumpning eller, hvad der er mere sandsynligt, ved en kombination af geologiske og boringstekniske forhold. Pejleboringerne er placeret i moræneler og ikke i større sandlag. I visse tilfælde kan der dog skabes kontakt mellem mindre sekundære grundvandsreservoirer i tynde sandlag, og pejleboringerne kan således komme til at virke som et dræn, der leder grundvand fra et øvre reservoir til et underliggende reservoir.

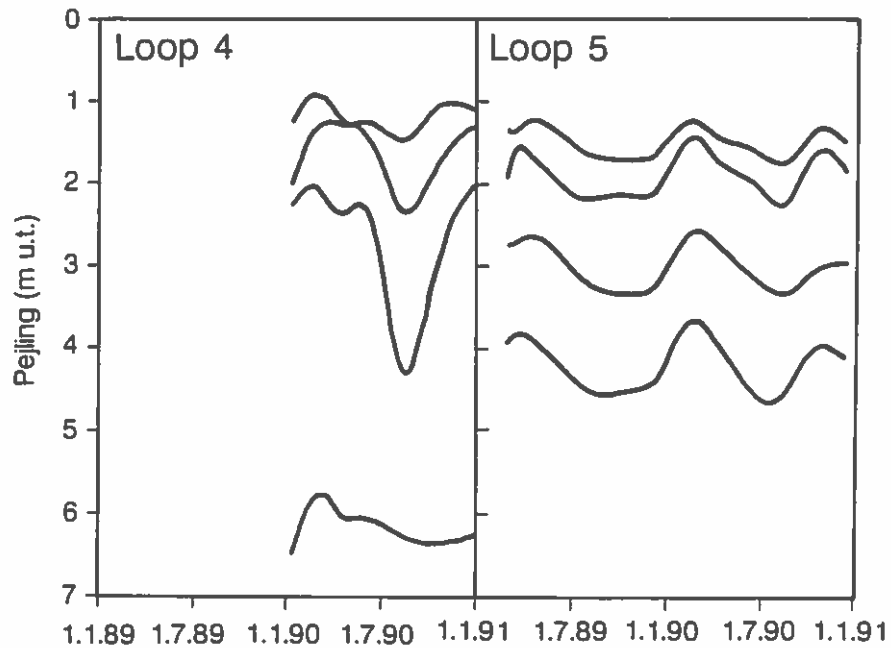
Tabel 9.3 Grundvandspejlinger 1990.

| LOOP | Gns. <sup>1</sup>                     | Max. <sup>1</sup> | Min. <sup>1</sup> | Max. <sup>2</sup> | Min. <sup>2</sup> |
|------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|      | (meter under terræn)                  |                   |                   | amplitude (m)     |                   |
| 1    | 1.98                                  | 5.64              | 0.26              | 1.85              | 0.31              |
| 2    | (Pejleboringerne er etableret i 1991) |                   |                   |                   |                   |
| 3    | >2.93                                 | >5.86             | 0.08              | >4.63             | 1.35              |
| 4    | >3.14                                 | >7.42             | 1.16              | >4.49             | 0.57              |
| 5    | 2.67                                  | 4.88              | 1.45              | 0.98              | 0.46              |
| 6    | 1.90                                  | 3.82              | 0.55              | 1.07              | 0.33              |

<sup>1</sup> Gennemsnit, maksimum og minimum af målinger fra alle pejleboringer.

<sup>2</sup> Maksimal og minimal amplitude i de enkelte pejleboringer.

Nedbørsforholdene i oplandene er behandlet i kapitel 6, og afstrømningsforhold fra rodzonen er behandlet i kapitel 7.



Figur 9.1 Eksempler på vandspejlsvariationer i LOOP 4 og LOOP 5.

## 9.4 Grundvandskemi

I den følgende vurdering af analyseresultaterne fra landovervågningsoplandene anvendes gennemsnitskoncentrationer for de enkelte parametre. Gennemsnittene er udregnet på grundlag af alle analyser foretaget i den pågældende dybde i hvert opland i 1990 (Tabel 9.4). Fra LOOP 1, 3 og 5 indgår således også i de beregnede gennemsnit de få filtre (ialt henholdsvis 3, 6 og 6), der er placeret i skov eller på marker med vedvarende græs.

## 9.4.1 Nitrat

### Landbrug

Nitratindholdet er generelt højt og viser, at det øverste grundvand er landbrugspåvirket (Tabel 9.4).

De foreløbige resultater fra LOOP 4 viser ingen tydelig sammenhæng mellem kvælstofindholdet i grundvandet og den anvendte gødningsmængde eller gødningstype (Fyns Amtskommune, 1990).

Tabel 9.4 Resultater af grundvandsanalyser<sup>1</sup> foretaget i 1990.

| Parameter                        | Filterdybde (m u.t.) | LOOP1      | LOOP3 | LOOP4             | LOOP2       | LOOP5 | LOOP6 |
|----------------------------------|----------------------|------------|-------|-------------------|-------------|-------|-------|
|                                  |                      | Lerområder |       |                   | Sandområder |       |       |
| Nitrat (mg NO <sub>3</sub> /l)   | 1.5                  | 46.7       | 77.3  | 87.0              | 120         | 69.4  | 106.0 |
|                                  | 3                    | 14.2       | 40.6  | 49.6              | 44.3        | 66.8  | 46.9  |
|                                  | 5                    | 10.4       | 29.3  | 36.3              | 56.9        | -     | -     |
|                                  | 6-10                 | -          | -     | 4.4               | -           | 23.4  | -     |
|                                  | 10-20                | 20.6       | -     | -                 | 94.0        | 3.0   | -     |
|                                  | 20-40                | <1.0       | -     | -                 | 59.5        | -     | -     |
|                                  | 40-60                | <1.0       | -     | -                 | 28.4        | -     | -     |
| Ammonium (mg NH <sub>4</sub> /l) | 1.5                  | 0.08       | 0.10  | 0.29              | 0.23        | 0.03  | 0.04  |
|                                  | 3                    | 0.77       | 0.47  | 1.27              | 0.62        | 0.02  | 0.12  |
|                                  | 5                    | 1.00       | 0.32  | 2.32              | 1.82        | -     | -     |
| Fosfat (mg PO <sub>4</sub> -P/l) | 1.5                  | 0.14       | 0.02  | 0.02              | 0.02        | 0.01  | 0.01  |
|                                  | 3                    | 0.02       | 0.03  | 0.03              | 0.02        | 0.01  | 0.02  |
|                                  | 5                    | 0.02       | 0.03  | 0.03              | 0.02        | -     | -     |
| pH                               | 1.5                  | 7.8        | 7.5   | 7.6               | 6.6         | 5.3   | 5.9   |
|                                  | 3                    | 7.5        | 7.6   | 7.4               | 6.7         | 5.0   | 6.1   |
|                                  | 5                    | 7.4        | 7.5   | 7.4               | 7.4         | -     | -     |
| Sulfat (mg SO <sub>4</sub> /l)   | 1.5                  | 58.2       | 34.0  | 9.3 <sup>2</sup>  | 96.5        | 31.6  | 56.1  |
|                                  | 3                    | 91.3       | 27.5  | 36.7              | 67.7        | 29.6  | 76.2  |
|                                  | 5                    | 66.5       | 30.1  | 48.6 <sup>2</sup> | 39.4        | -     | -     |
| Jern <sup>2</sup> (mg/l)         | 1.5                  | 0.4        | 0.8   | 1.5               | 0.1         | -     | 0.9   |
|                                  | 3                    | 5.7        | 0.1   | 2.2               | 2.9         | -     | 1.5   |
|                                  | 5                    | 9.3        | 1.0   | 5.0               | 1.2         | -     | -     |
| Alkalinitet (mækv/l)             | 1.5                  | -          | 4.19  | 2.35 <sup>2</sup> | 2.14        | 0.05  | 0.58  |
|                                  | 3                    | 6.45       | 3.44  | 3.85              | 2.44        | 0.03  | 0.98  |
|                                  | 5                    | 6.48       | 3.28  | 4.17              | 2.44        | -     | -     |
| Klorid (mg/l)                    | 1.5                  | 49.4       | 31.4  | 45.0 <sup>2</sup> | 45.3        | 30.4  | 33.9  |
|                                  | 3                    | 44.6       | 24.6  | 29.0              | 37.6        | 31.5  | 30.8  |
|                                  | 5                    | 48.3       | 22.8  | 25.9 <sup>2</sup> | 29.4        | -     | -     |
| Natrium (mg/l)                   | 1.5                  | 19.1       | 13.4  | 30.0 <sup>2</sup> | 20.0        | 11.4  | 12.6  |
|                                  | 3                    | 33.4       | 13.8  | 14.8              | 20.7        | 12.3  | 13.9  |
|                                  | 5                    | 30.5       | 13.8  | 16.3              | 14.7        | -     | -     |
| Kalium (mg/l)                    | 1.5                  | 3.3        | 1.6   | 5.1 <sup>2</sup>  | 20.5        | 13.0  | 10.1  |
|                                  | 3                    | 7.5        | 1.2   | 1.2               | 4.7         | 11.4  | 7.4   |
|                                  | 5                    | 7.5        | 2.0   | 1.8               | 3.0         | -     | -     |
| Calcium (mg/l)                   | 1.5                  | 440        | 68    | 50 <sup>2</sup>   | 109         | 32    | 63    |
|                                  | 3                    | 190        | 82    | 102               | 77          | 29    | 61    |
|                                  | 5                    | 126        | 85    | 102               | 68          | -     | -     |
| Magnesium (mg/l)                 | 1.5                  | 37.6       | 11.9  | 15.0 <sup>2</sup> | 7.7         | 3.6   | 4.5   |
|                                  | 3                    | 18.7       | 8.6   | 6.5               | 8.5         | 3.9   | 4.0   |
|                                  | 5                    | 15.8       | 13.7  | 8.4               | 6.1         | -     | -     |
| Konduktivitet (mS/m)             | 1.5                  | 71.9       | 45.8  | 66.9              | 78.5        | 36.3  | 42.6  |
|                                  | 3                    | 71.7       | 49.5  | 63.5              | 52.8        | 34.8  | 38.9  |
|                                  | 5                    | 69.5       | 45.6  | 61.0 <sup>2</sup> | 48.3        | -     | -     |

<sup>1</sup> De viste koncentrationer er udregnet som gennemsnitsværdier på grundlag af alle analyser foretaget i den pågældende dybde i oplandet i 1990. fra LOOP 1,3 og 5 indgår også de filtre (ialt 3, 6 og 6), der er placeret i skov eller på marker med vedvarende græs, i de beregnede gennemsnit.

<sup>2</sup> Filtreret.

<sup>3</sup> Kun 1 måling.

På enkelte stationer i LOOP 3 beliggende på ejendomme med husdyrhold er der periodevis fundet høje nitratværdier (120 mg NO<sub>3</sub>/l svarende til 27 mg NO<sub>3</sub>-N/l) i 3 og 5 meters dybde. Dette må tages som endnu en indikation af husdyrgødningens indflydelse på nitratkoncentrationen (*Vejle Amtskommune, 1990*).

Fremover, når tidsserierne er blevet længere, forventes det at blive muligt at se en nøjere sammenhæng mellem landbrugspraksis og grundvandskvalitet. På nuværende tidspunkt vil en del af grundvandet fra grundvandsrederne sandsynligvis være faldet som nedbør før undersøgelserne i landovervågningsoplandene startede.

### 9.4.1.1 Lerjordsoplande

#### Dybdevariation

I lerjordsoplandene (LOOP 1, 3 og 4) ligger den gennemsnitlige nitratkoncentration i de øverste filtre, der er placeret 1.5 meter under terræn, på 46 - 87 mg NO<sub>3</sub>/l (10.4 - 19.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l) (Tabel 9.4). I 5 meters dybde er den gennemsnitlige koncentration faldet til 10 - 36 mg NO<sub>3</sub>/l (2.3-8.1 mg NO<sub>3</sub>-N/l). Dette fald i nitratkoncentrationen i grundvandet fortsætter med dybden. Disse gennemsnit dækker over meget store variationer i de målte koncentrationer. For eksempel er den gennemsnitlige nitratkoncentration i LOOP 4 i 1.5 meters dybde 87 mg/l (19.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l). Den lavest målte koncentration er mindre end 3 mg NO<sub>3</sub>/l (0.7 mg NO<sub>3</sub>-N/l), og den størst målte koncentration er på 210 mg NO<sub>3</sub>/l (47.4 mg NO<sub>3</sub>-N/l).

Årsagen til den forholdsvis høje nitratkoncentration i grundvandet i LOOP 1 i 10 - 20 meters dybde er sandsynligvis, at filtrene i 2 af de 5 overvågningsboringer i dette dybdeinterval er placeret i et sekundært smeltevandsreservoir, som opstrøms kun har et dæklag af moræneler på nogle få meter (*Fredericia & Nyegaard, 1989 og Storstrøms Amtskommune, 1990*).

#### Nedsivning

NPo undersøgelser i morænelerjordsområder har vist, at ca. 70% af kvælstofudvaskningen når ud til vandløbene med ringe forsinkelse, mens resten reduceres i grundvandsmagasinerne (*Dyhr-Nielsen et al., 1991*).

#### Denitrifikation

På dyrkede morænelersområder synes mikrobiel denitrifikation at være uden større betydning under rodzonen, antagelig på grund af mangel på lettilgængeligt kulstof. Procesforløbet ved nitratfjernelse kendes endnu ikke i alle detaljer, men kan skyldes et samspil af mikrobiologiske processer og kemiske reaktioner for eksempel med ferrojern (*Dyhr-Nielsen et al., 1991*).

#### Nitratreduktionsgrænse

I 6.5 til 7 meters dybde i LOOP 4 falder nitratindholdet til noget nær baggrundsniveau (kun målinger fra 2 boringer). Tilsvarende iagttagelser er gjort ved etablering af 2 dybere boringer i LOOP 4 i 1990, hvor nitratreduktionsgrænsen ligger cirka 5 meter under terræn (*Fyns Amtskommune, 1991*).

Nitratkoncentrationen aftager ved de fleste grundvandsreder i LOOP 1 fra 1.5 til 5 meters dybde, hvilket sandsynligvis skyldes reduktion af nitrat til frit kvælstof. Ud fra måleresultaterne synes nitratreduktionsgrænsen at ligge i 3 til 5 meters dybde (*Storstrøms Amtskommune, 1991*).

Til sammenligning kan anføres, at NPo-undersøgelserne har vist, at nitratreduktionskapaciteten i de øverste iltede lerlag er opbrugt ned til en dybde fra cirka 3 meter under terræn i rene lerlag og til cirka 10 meter i lerlag med sand- og gruslag. Reduktionsgrænsen bevæger sig kun meget langsomt nedad (sandsynligvis med få millimeter om året) (*Dyhr-Nielsen et al., 1991*).

#### Markvariationer

De foreløbige nitratanalyser viser, at der ofte er stor forskel i nitratindholdet fra grundvandsreder på samme mark. Variationerne på markniveau skyldes sandsynligvis forskelle i de geologiske forhold og i de mikrobiologiske omsætningsprocesser (*Fyns Amtskommune, 1991*). Denne variation er særlig udpræget for nitratmålingerne, hvilket giver indtryk af den store markvariation, som eksisterer for denne parameter (*Storstrøms Amtskommune, 1991*).

Jordlagenes inhomogenitet og dermed vandets transporttid fra jordoverfladen til filterniveau er sammen med nedbørsforhold, temperatur og landbrugsaktiviteter betydende for nitratkoncentrationen i de udtagne vandprøver. Man kan derfor ikke forvente, at grundvandsprøver udtaget på samme tidspunkt og fra samme dybde, repræsenterer vand med samme alder og nedsivningsforhold, og dermed at vandprøverne har samme nitratkoncentration (*Rasmussen & Gosk, 1990*).

#### Makroporer

NPo-modelstudier har påvist, at de usædvanligt hurtige drænvandsreaktioner overfor nedbørstilfælde kun kan forklares ved tilstedeværelsen af makroporer. Det vil sige, at en forudsætning om at vandet strømmer gennem de øverste jordlag som et ensartet medium, ikke kan forklare afstrømningsforløbet (*Dyhr-Nielsen et al., 1991*).

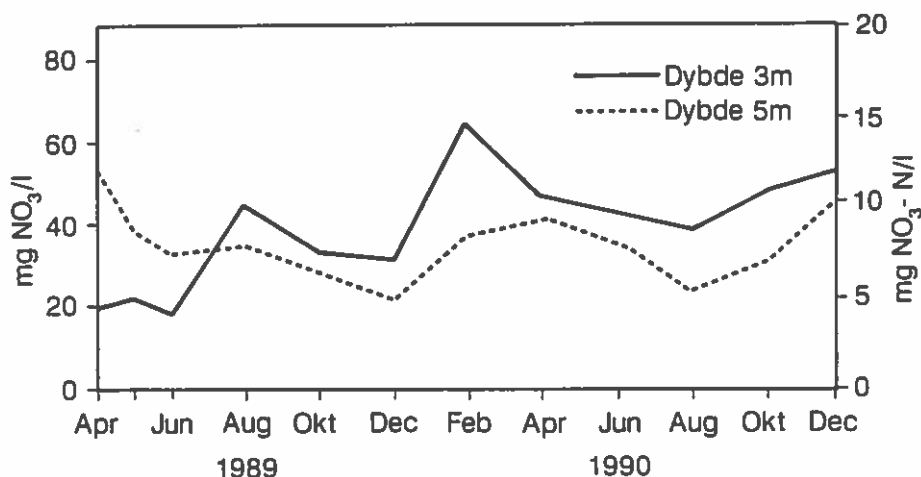
#### Årsvariation

På grund af de ofte ufuldstændige tidsserier er det vanskeligt at afgøre, om der er en reel årstidsvariation i nitratkoncentrationen. I 5 meters dybde har der dog været en meget afdæmpet variation gennem året (*Storstrøms Amtskommune, 1991*).

Der er store variationer i nitratkoncentrationerne indbyrdes mellem stationerne og indenfor samme station. Målingerne fra 3 meters dybde tyder på, at det gennemsnitlige nitratindhold er højest i den periode, hvor der sker grundvandsdannelse (november-april) (Figur 9.2). Resultaterne fra 5 meters dybde viser ikke et tydeligt udviklingsmønster, men der er dog en svag tendens til at nitratindholdet er højest i forårsmånederne (*Fyns Amtskommune, 1991*).

Fremover vil der blandt andet blive lagt vægt på en sammenstilling af data angående landbrugspraksis og grundvandskvalitet. Dette vil sammen med en modellering af grundvandets strømningsforhold kunne kaste mere lys over de store koncentrations-

variationer for nitrat i det øvre grundvand. Det vil først være rimeligt at sammenholde kvælstofindholdet i grundvandet med N-udvaskningen, når det bliver muligt at udføre udvaskningsberegninger på oplandsniveau.



Figur 9.2 Årsvariation for nitrat i LOOP 4 (Fyns Amtskommune, 1991)

## Nitrat og jern

Der er en tydelig tendens til omvendt proportionalitet mellem indholdet af nitrat og opløst jern i det øvre grundvand i LOOP 1 (Storstrøms Amtskommune, 1991).

I LOOP 4 er det øvre grundvand som regel ilt- og nitratholdigt. Jernindholdet er som hovedregel lavt, når der er nitrat i grundvandet og omvendt. Dette skyldes, at ferrojern er opløseligt i et reduceret miljø. Jernindholdet stiger med dybden i takt med at forholdene bliver mere reducerende. Det dybereliggende grundvand (interglaciale og kvartære sandlag) er moderat reduceret uden nitrat. Jernindholdet varierer der normalt fra 1 - 1.5 mg/l (Fyns Amtskommune, 1991).

### 9.4.1.2 Sandjordsoplande

## Dybdevariation

I sandjordsoplandene (LOOP 2, 5 og 6) er den gennemsnitlige nitratkoncentration 69 - 120 mg NO<sub>3</sub>/l (15.6 - 27.1 mg NO<sub>3</sub>-N/l) (Tabel 9.4) i de øverste filtre, der gennemsnitligt er placeret 1.5 meter under terræn. I 3 meters dybde er den gennemsnitlige koncentration faldet til 44 - 66 mg NO<sub>3</sub>/l (9.9 - 14.9 mg NO<sub>3</sub>-N/l). Dette fald i nitratkoncentrationen i grundvandet fortsætter med dybden. Faldet er dog ikke så markant som i lerjordsområderne. I sandjordsområder vil variationer i nitratkoncentrationen i den oxiderede zone dog ofte i højere grad være betinget af arealanvendelsen og udvaskningen end af dybden (Postma, D. & Boesen, C.T., 1990)

Disse gennemsnit dækker over meget store variationer i de målte koncentrationer. For eksempel er den gennemsnitlige nitratkoncentration i LOOP 2 i 1.5 meters dybde 120 mg/l (27.1 mg NO<sub>3</sub>-N/l). Den lavest målte koncentration er mindre end 1 mg NO<sub>3</sub>/l



(0.2 mg NO<sub>3</sub>-N/l) og den størst målte koncentration er på 317 mg NO<sub>3</sub>/l (71.6 mg NO<sub>3</sub>-N/l). Disse høje koncentrationer er ikke usædvanlige i sandjordsområder (*Jacobsen & Vinther, 1990b*).

#### Dybere boringer

De dybere boringer i LOOP 2 og 5 (6 - 60 meter under terræn) (Tabel 9.1) er markvandingsboringer, som sandsynligvis ofte kan trække terrænnært, nitratforurennet grundvand ned mod filteret, således at den målte nitratkoncentration ikke vil være et helt korrekt mål for nitratkoncentrationen i filterdybden (Tabel 9.4).

I dybere overvågningsboringer (filterdybder mellem 15 - 50 meter under terræn) ved LOOP 6 er der ikke målt nitratværdier større end 3 mg NO<sub>3</sub>/l (0.7 mg NO<sub>3</sub>-N/l), bortset fra i en enkelt boring, hvor der 33-34 meter under terræn er målt 20 mg NO<sub>3</sub>/l (4.5 mg NO<sub>3</sub>-N/l). Dette tyder på forurening fra overfladen og uensartede nedsivningsforhold (*Sønderjyllands Amtskommune, 1991*).

De foreløbige resultater giver ikke et entydigt billede af nitratindholdets variation med dybden.

#### Nitratreduktion

Nitratreduktion kan foregå ved mikrobiologisk omsætning med pyrit (FeS<sub>2</sub>) og brunkul. Iltning af pyrit medfører, foruden omdannelse af nitrat til frit inaktivt kvælstof, en produktion af sulfat og ferrojern. De forøgede koncentrationer af opløst ferrojern er mest problematisk, da de kan medføre forsurening af grundvand og vandløbsvand med en lav naturlig alkalinitet. Organisk stof fra landbrugsdrift når kun i begrænset omfang ned til grundvandet med det nedsivende vand (*Dyhr-Nielsen et al., 1991*).

#### Nitratreduktionsgrænse

Nitratreduktionsgrænsen kan ikke fastlægges præcist på baggrund af de foreløbige resultater fra de 3 sandjordsoplande, men resultaterne kunne tyde på, at den ligger dybere end 10 meter under terræn.

Reduktionsgrænsen danner grænse for udbredelse af grundvand med både opløst ilt og nitrat. Reduktionsgrænsen er endvidere stort set sammenfaldende med dybden for forekomst af jordlag med målelige mængder af brunkul og pyrit (*Dyhr-Nielsen et al., 1991*). Reduktionsfrontens nedtrængning afhænger af grundvandets lodrette strømningshastighed. For traceen ved Rabis Bæk (*Kristiansen et al., 1991*) er den lodrette strømningshastighed anslået til gennemsnitlig 0.75 meter om året. Som følge af reduktionsprocesserne forsinkes nitratfrontens nedtrængningshastighed til få centimeter om året (*Jacobsen et al., 1990* og *Dyhr-Nielsen et al., 1991*).

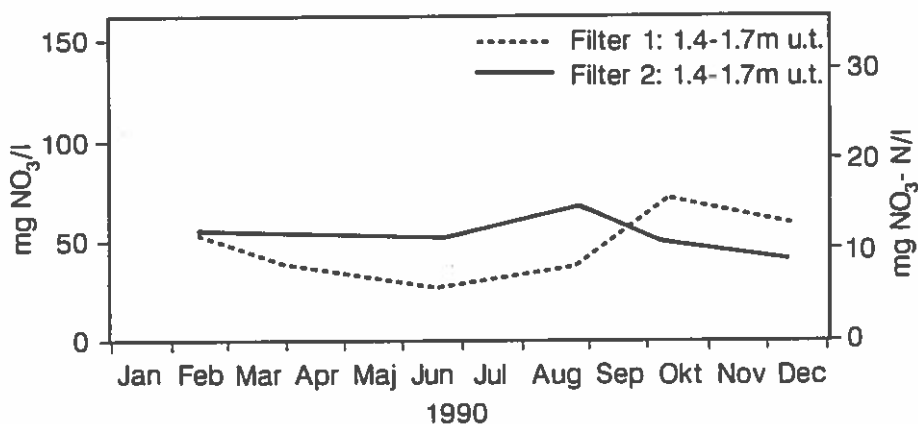
Reduktionsgrænsens forløb tolkedes dels som strømningsbestemt og dels som bestemt af nitratreduktionsprocesser i de dybe, iltfrie dele af grundvandsreservoiret (*Dyhr-Nielsen et al., 1991*).

#### Nedsivning

Ifølge modelsimuleringer for Karup Å skønnes det, at omkring halvdelen af kvælstofnedsivningen reduceres i grundvandet, mens resten når frem til vandløbsdalene, hvor der eventuelt sker en yderligere reduktion i engarealerne (*Dyhr-Nielsen et al., 1991*).

## Markvariation

Også i de sandede områder er der variationer i nitratkoncentrationerne fra prøver udtaget på samme tidspunkt og mark og i samme dybde (Figur 9.3). Generelt synes variationerne på markniveau ikke at være så store på sandjorder som på lerjorder.



Figur 9.3 Eksempel fra LOOP 5 på variationer i nitratkoncentrationerne i 2 filtre i samme dybde på samme mark (Ringkøbing og Viborg Amtskommuner, 1991).

## Årsvariationer

Årsvariationerne i nitratkoncentrationerne i det aller øverste grundvand dog kan være betydelige (Figur 9.3).

I NPo-undersøgelserne er der tilsvarende under 3 sædskifter i Karup Å's opland konstateret betydelige koncentrationsvariationer i det øverste grundvandslag over året, især når der er kort til grundvandsspejlet. Der kan således alene på grund af årstidsvariationen i nedsivningen forventes en årstidsvariation i det øverste grundvand, men også variationer i driftsformen og tilstedeværelsen af store plantageområder giver anledning til betydelige regionale variationer i nitratindholdet i det øvre grundvand. *Overvågningsmålinger fra det øverste grundvand må således tolkes med forsigtighed.* Med stigende dybde udjævnes tidsvariationerne, og 3-8 meter under grundvandsspejlet kan tidsvariationerne være ubetydelige (Jacobsen et al., 1990 og Dyhr-Nielsen et al., 1991).

### 9.4.2 Ammonium

#### Dybdevariation

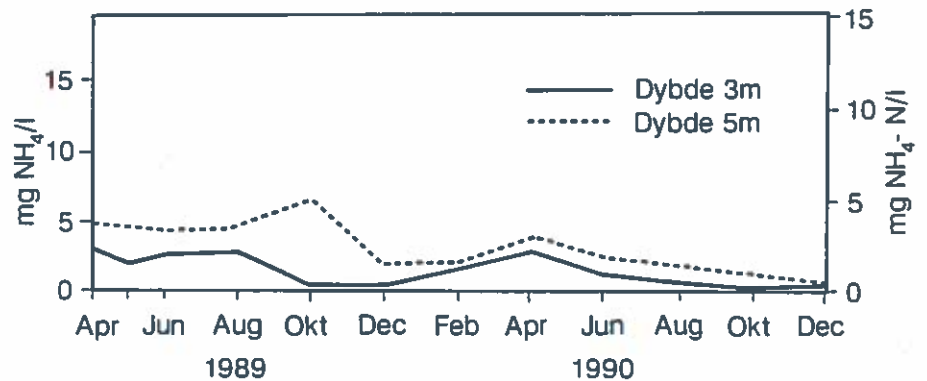
I LOOP 1 - 4 stiger koncentrationen af ammonium med dybden fra gennemsnitlig 0.08 - 0.29 mg NH<sub>4</sub>/l (0.06 - 0.22 mg NH<sub>4</sub>-N/l) 1.5 meter under terræn til 0.62 - 1.27 mg NH<sub>4</sub>/l (0.48 - 0.98 mg NH<sub>4</sub>-N/l) i 3 meters dybde.

I LOOP 4 stiger ammoniumindholdet fra 1.5 til 5 meters dybde for så igen at falde i 7 meters dybde. Der er endnu ikke fundet en forklaring på det høje indhold af ammonium i 3 og 5 meters dybde, men sandsynligvis skyldes det mineralisering af organisk stof (Fyns Amtskommune, 1991).

#### Årsvariation

I LOOP 4 er udviklingen i ammoniumindholdet nogenlunde den samme i 3 og 5 meters dybde, men der er ikke noget mønster i

variationen gennem året (Figur 9.4). Der ses et generelt fald i ammoniumindholdet i grundvandet i LOOP 4 fra 1989 til 1990 (Fyns Amtskommune, 1991).



Figur 9.4 Årsvariation for ammonium i LOOP 4 (Fyns Amtskommune, 1991).

Nitrat og ammonium forekommer ofte i samme prøve, hvilket viser, at de opløste stoffer i grundvandet ikke er i ligevægt (Fyns Amtskommune, 1991).

### 9.4.3 Orthofosfat

#### Dybdevariation

Kun i LOOP 1 er der i 1.5 meters dybde som gennemsnit målt en lidt forhøjet orthofosfatkoncentration på 0.14 mg PO<sub>4</sub>-P/l. I alle øvrige filtre mellem 1.5 og 5 meter under terræn ligger de gennemsnitlige koncentrationer på 0.01 - 0.03 mg PO<sub>4</sub>-P/l.

Faldet i orthofosfatkoncentrationen med dybden i LOOP 1 skyldes sandsynligvis, at jern- og aluminiumsforbindelser i jorden binder orthofosfat. Under redoxgrænsen kan indholdet af opløst fosfat dog stige igen, afhængigt af de geologiske forhold, fordi fosfat har større mobilitet under reducerede forhold (Storstrøms Amtskommune, 1991).

#### Fosforbinding

I sandjordsområder vil det være jordens indhold af aluminiumhydroxider og iltede jernforbindelser, som har størst betydning for fastholdelse af fosfor (Dyhr-Nielsen et al., 1991).

Fosfor bindes ved nedsivning gennem jordlagene, og forringer dermed ikke grundvandskvaliteten (Dyhr-Nielsen et al., 1991).

### 9.4.4 Øvrige parametre

#### Sulfat

Sulfatindholdet i 1.5 til 3 meters dybde i LOOP 2 er væsentligt højere end i tilsvarende dybde i LOOP 5. I 5 meters dybde i LOOP 2 er sulfatkoncentrationen halveret til et niveau svarende til niveauet i lerjordsområderne LOOP 3 og 4. Også i LOOP 1 er

sulfatkoncentrationerne forholdsvis høje. Der er ingen entydig variation med dybden i lerjordsområderne.

Stigningen af sulfatindholdet med dybden i LOOP 4 tyder på, at overfladepåvirkningen ikke har den store betydning for grundvandet indhold af sulfat, men derimod at sulfatindholdet afhænger af de geologiske forhold (*Fyns Amtskommune, 1991*).

#### *Kalium og klorid*

Også for kalium og klorid tyder de foreløbige resultater fra 1.5 meters dybde i LOOP 2 på en landbrugspåvirkning af det aller øverste grundvand. For de øvrige oplande er der ingen markant variation med dybden af kalium- eller kloridkoncentrationerne. Grundvandsanalyserne fra LOOP 4 tyder på, at det kalium, der udspreddes på markerne bindes til de øverste jordlag, og dermed ikke udvaskes til grundvandet (*Fyns Amtskommune, 1991*). Kloridindholdet synes at være uafhængigt af dybden, kun kloridmålingerne fra LOOP 1 ligger lidt over baggrunds niveauet på 15-30 mg Cl/l. Overfladebelastningen med klorid fra gødningsstoffer må således betegnes som ringe.

#### *pH*

I sandjordsoplandene er pH (og alkalinitet) lavt i 1.5 til 3 meters dybde (omtalt i afsnit 9.4.1.2). I 5 meters dybde i LOOP 2 stiger pH til 7.4, svarende til pH i de lerede oplande. pH-værdien i det øverste grundvand i LOOP 4 er gennemsnitlig 7.5 og svarer til den pH-værdi, man normalt finder i grundvand. Der er ingen tydelig variation med dybden (*Fyns Amtskommune, 1991*).

#### *Pesticider*

Der er ikke fundet pesticider i det øverste grundvand i LOOP 4 i 1.5 - 7 meters dybde (*Fyns Amtskommune, 1990*). I LOOP 1 (Storstrøms Amtskommune) og LOOP 6 (Sønderjyllands Amtskommune) er der fundet pesticider i jordvand omkring drænvand og vandløbsvand (*Mogensen & Spliid, 1991*).

#### *Alkalinitet*

I LOOP 4 er det konstateret at alkaliniteten og hårdheden er størst i perioden august-oktober. Den sandsynlige forklaring på denne årstidsvariation er, at den hænger sammen med den biologiske aktivitet i jorden. Ved nedbrydningen af organisk stof dannes kuldioxid. Kuldioxiden neutraliseres af jordens kalkindhold, hvorved der frigøres calcium (hårdhed) og dannes bikarbonat (alkalinitet). I det dybereliggende grundvand er alkalinitet og hårdhed nogenlunde af samme størrelsesorden som middelværdien i det øvre grundvand. Der er ingen årsvariation i det dybereliggende grundvand (*Fyns Amtskommune, 1991*).

## **9.5 Sammenfatning**

#### *Grundvandsspejl*

Grundvandsspejlet ligger gennemsnitligt 2 - 3 meter under terræn i de 6 oplande.

#### *Landbrug*

Høje nitratindhold - gennemsnitligt 46 - 120 mg NO<sub>3</sub>/l (10.4 - 27.1 mg NO<sub>4</sub>-N/l) - viser, at det øvre grundvand er påvirket af landbrugsdrift.

### *Nitratvariation*

De foreløbige resultater viser at nitratkoncentrationerne falder hurtigere med dybden i lerjordsoplandene end i sandjordsoplandene, og at nitratreduktionsgrænsen i lerjordsoplandene ligger 5 - 10 meter under terræn og i sandjordsoplandene sandsynligvis dybere end 10 meter under terræn.

Der er registreret store variationer i nitratkoncentrationerne over året, variationerne aftager med dybden. Også i filtre placeret i samme dybde på samme mark er der fundet store variationer i nitratkoncentrationerne. Der vil fremover blive lagt vægt på sammenstilling og vurdering af landbrugspraksis, grundvandskvalitet og grundvandets strømningsforhold.

### *Ammonium*

Ammoniumindholdet i grundvandet stiger med dybden fra en gennemsnitlig koncentration på 0.03 - 0.23 mg NH<sub>4</sub>/l (0.02 - 0.18 mg NH<sub>4</sub>-N/l) 1.5 meter under terræn til gennemsnitligt 0.32 - 2.32 mg NH<sub>4</sub>/l (0.25 - 1.80 mg NH<sub>4</sub>-N/l) i 5 meters dybde.

### *Orthofosfat*

Orthofosfatindholdet i det øvre grundvand er lavt og generelt konstant fra 1.5 - 5 meters dybde. Den gennemsnitlige koncentration er omkring 0.02 mg PO<sub>4</sub>-P/l.

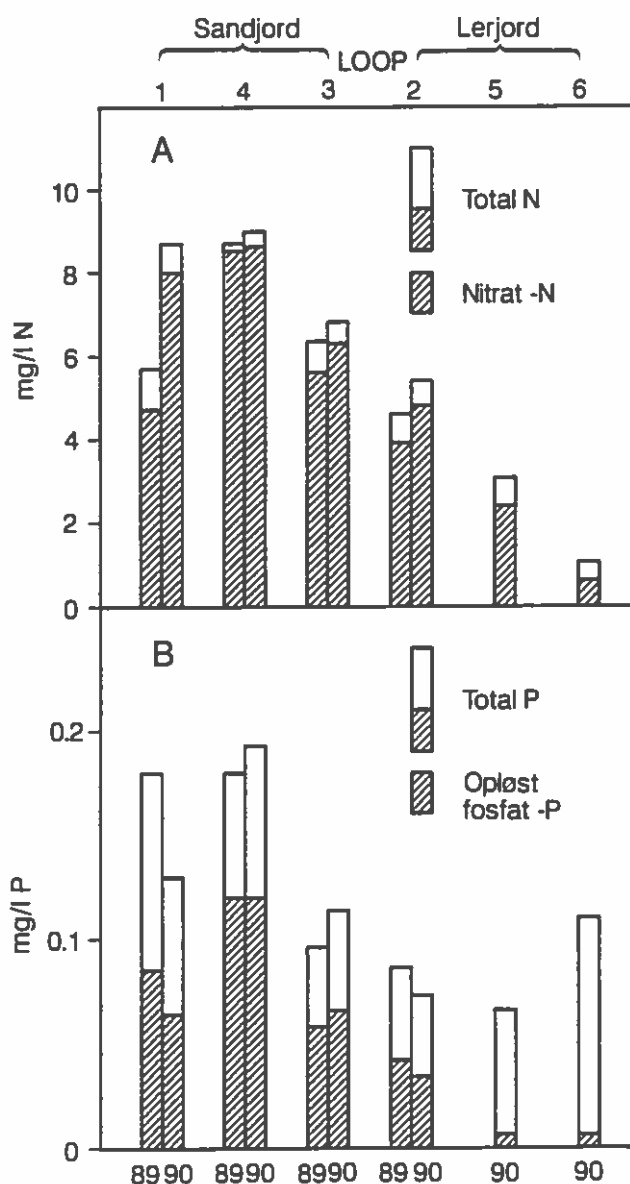
### *Øvrige parametre*

Der er også målt på grundvandets indhold af følgende udvasknings- og grundvandskvalitets-relaterede parametre: K, Na, Cl, pH, konduktivitet, alkalinitet, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg og Fe.

## 10 Vandløb

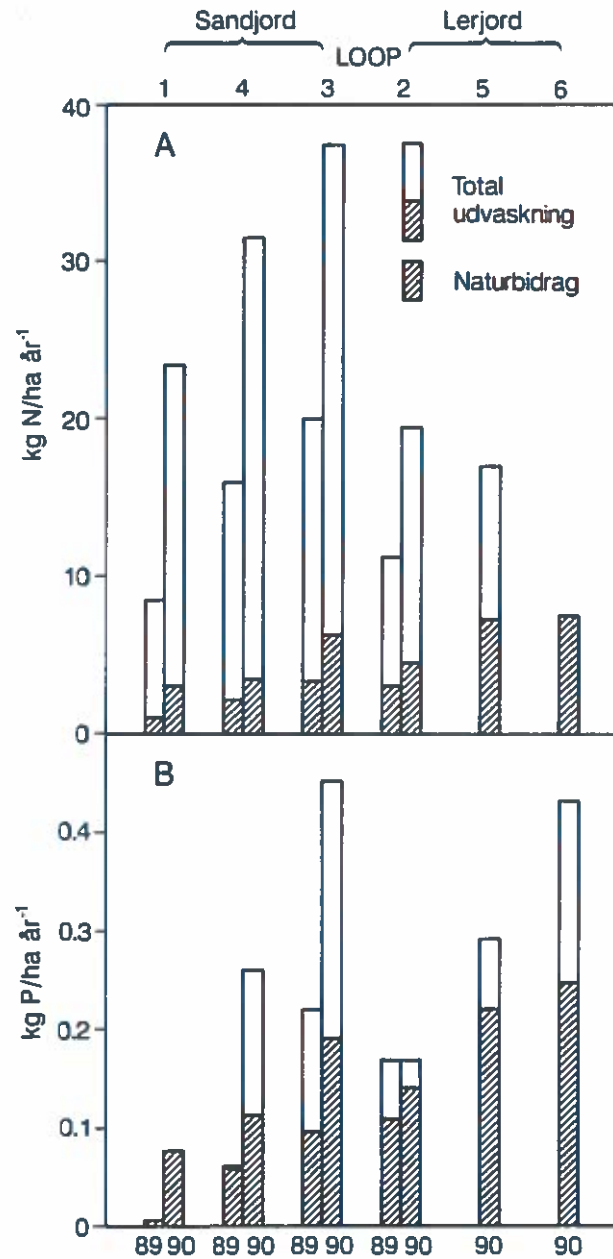
### 10.1 Vandkemi og stoftransport i vandløbene

Ud fra en sammenligning af de vandkemiske målinger af kvælstof- og fosforkoncentrationerne i 1989 og 1990 ses det (Figur 10.1) at der ikke er sket de store ændringer. Kvælstof har dog en tendens til stigning.



Figur 10.1 Mediankoncentrationer af totalkvælstof og nitratkvælstof (A) og af totalfosfor og fosfatfosfor (B) ved hovedvandløbsstationerne i 1989 og 1990. Til sammenligning kan nævnes, at mediankoncentrationerne af total N og nitrat-N i dyrkede oplande uden punktkilder var henholdsvis 6.0 og 5.3 mg/l i 1990. For total P og opløst fosfat-P var de tilsvarende tal 0.16 og 0.06 mg/l (Kronvang et al., 1991).

De udvaskede mængder af kvælstof er derimod forøget i takt med den forøgede afstrømning til op imod det dobbelte i 1990 i forhold til 1989. De beregnede fosforudvaskninger for 1989 og 1990 er ikke så entydige (Figur 10.2). Beregningerne for fosfor er også behæftet med større usikkerheder. Det gælder bl.a. opgørelserne over bidraget fra spredt bebyggelse og spildevandstilførsel samt det valgte standardbidrag på 0.055 mg P/l for udvaskningen fra naturarealer (se kap. 4.7.1).



Figur 10.2 Arealsspecifik udvaskning til vandløbene af totalkvælstof (A) og totalfosfor (B) fra de dyrkede arealer i LOOP-området, beregnet ud fra den dyrkede del af oplandsarealet opstrøms hovedvandløbsstationerne. Den andel, som den naturbetingede andel af udvaskningen udgør (skraveret), er beregnet ud fra den samlede årlige vandafstrømning og erfaringskoncentrationer af N og P i vandløb i naturarealer (se kap. 4.7.1). Til sammenligning kan nævnes, at medianværdien for arealkoefficienterne for total N og total P i udyrkede oplande var henholdsvis 2.4 og 0.08 kg/ha år<sup>-1</sup>. De tilsvarende værdier i dyrkede oplande uden punktkilder var henholdsvis 19 og 0.37 kg/ha år<sup>-1</sup> (Kronvang et al., 1991).

Tallene for bidraget fra spildevand og spredt bebyggelse stammer fra amtskommunernes egne opgørelser, bortset fra LOOP 4, hvor DMU har anvendt en reduktionsfaktor på 50% i forhold til den af Fyns Amtskommune beregnede potentielle belastning fra spredt bebyggelse.

Det anvendte standardtal på 0.055 mg/l P for baggrundsbidraget fra naturarealer er muligvis ikke det rette overalt, idet bl.a. Storstrøms Amtskommune og Århus Amtskommune skønner, at koncentrationen i vandløb i naturarealer ofte er betydeligt lavere, 0.02 - 0.03 mg/l P.

I bilag 6 er baggrundsdataene og udvaskningsbidrag angivet i tabelform.

Generelt har lerjorderne højere koncentrationer og større udvaskede mængder både af kvælstof og fosfor, end sandjorderne har. De lave koncentrationer af nitrat og opløst fosfat i LOOP 5 og 6 skyldes utvivlsomt, at det store jernindhold fjerner en stor mængde nitrat ved reduktionsprocesser i jordvand og grundvand, samt at opløst fosfat fælder ud sammen med okker.

## 10.2 Biologiske strukturer

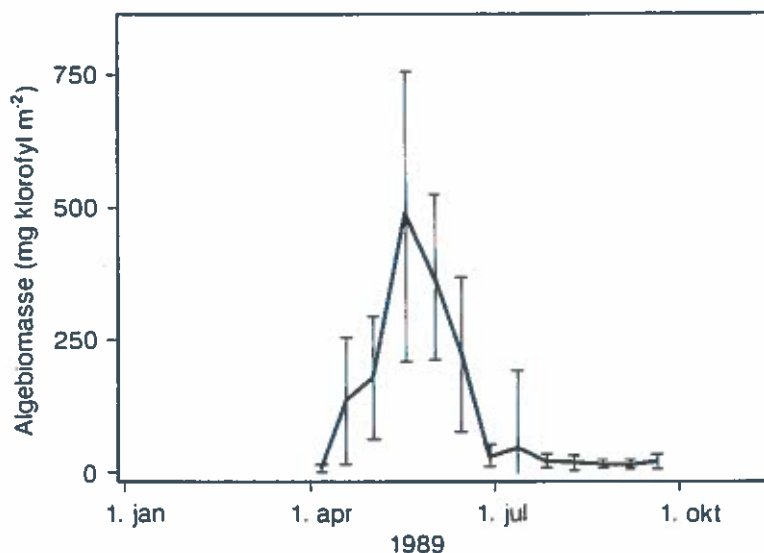
### 10.2.1 Bundlevende alger på finkornet sediment

#### Årstidsvariation

Bundlevende algers årstidsvariation er typisk inddelt i tre faser: opvækst, maksimum og henfald. Algernes vækst starter i det tidlige forår når lysindstrålingen tager til i styrke (*Sand-Jensen et al., 1988*). Lystilgangen til vandløbsbunden forstærkes yderligere i foråret på grund af faldende vandføring og dermed lavere vanddybde, så lyssvækkelsen gennem vandsøjlen mindskes. Opvækstfasen er ofte af kort varighed og algebiomassen vil nå et maksimum før den globale lysindstråling når klimax. Dette skyldes at algerne, i mange vandløb, skygges væk, når makrofyter og bredvegetation vokser op (*Feminella et al., 1989, Iversen et al., 1984*). I vandløb uden grøde eller skyggende bredvegetation kan algevæksten følge lysets årstidsvariation (*Iversen et al., 1990*). Lillebæk (LOOP 4) er i 1989 et typisk eksempel på algeudviklingen i små vandløb med høj bredvegetation (Figur 10.3).

I 4 af de 14 årscykler afviger algernes årstidsvariation fra det generelle mønster. Barslund bæk og Lillebæk havde i 1990 et meget lavt algebiomasseniveau hele året, mens Bolbro bæk og Odder bæk, st.67 (1990) havde et lidt højere sommerniveau, men ikke noget udpræget maximum i algebiomassen. Grunden til det manglende maximum i Odder bæk kan dog skyldes en lidt for sen start i prøvetagningen, således at biomassemaximumet er passeret før prøvetagningens påbegyndelse.



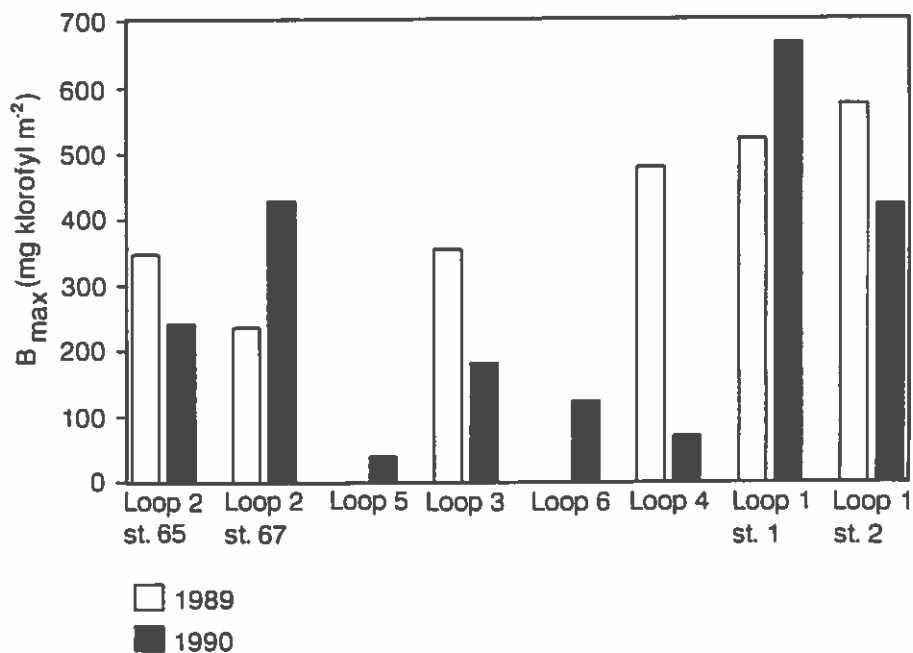


Figur 10.3 Årstidsvariation i mængden af bundlevende alger på finkornet sediment i Lillebæk. Gennemsnit og 95% C.L. er angivet.

Den gennemsnitlige maximumsbiomasse for alger på finkornet sediment ( $B_{\max}$ ) i LOOP-vandløbene varierer fra 40 mg klorofyl  $m^{-2}$  i Barslund bæk til 670 mg klorofyl  $m^{-2}$  i Højvads rende (Figur 10.4). For Højvads rende og Odder bæk kan  $B_{\max}$  godt have været højere i 1989 end angivet, idet prøvetagningen først er påbegyndt midt i maj, hvor maximumsbiomassen kan have været passeret. For Højvads rende registreres  $B_{\max}$  således ved første prøvetagning. Der er tendens til højere maxima i 1989 end i 1990, idet de to vandløbsstationer, hvor algebiomassen er lavere i 1989, er strækninger, hvor  $B_{\max}$  kan være passeret før opstart.

$B_{\max}$  indtræffer generelt sidst i april til midt i maj (Tabel 10.1). De strækninger hvor  $B_{\max}$  falder meget senere er de tidligere nævnte strækninger, hvor algebiomassen ikke udvikler noget udpræget maximum. Den tidsmæssige forskel for maximumsbiomasse mellem vandløbene og for år til år i samme vandløb kan muligvis relateres til det tidspunkt, hvor lysindstrålingen til vandløbsbunden reduceres. Således har man i Horndrup bæk (*Århus Amtskommune, 1991*) observeret, at  $B_{\max}$  i 1990 indtraf en måned tidligere end i 1989 og at dette var sammenfaldende med tidligere løvspring i 1990. Data for lystilgang til vandløbsbunden er desværre ikke af en kvalitet, så der kan vurderes om dette gælder generelt.

Lystilgangen til vandløbsbunden er en meget vigtig faktor i reguleringen af de bundlevende alger, men faktorer som f.eks. næringssaltkoncentration, invertebratgræsning og sedimentstabilitet kan ændre de bundlevende algers årstidsvariation og være afgørende for den maksimale biomasse som algerne kan opnå i et givent vandløb (*Iversen et al., 1990*). Også strømhastighed og store vandføringsændringer kan have afgørende indflydelse på algernes udvikling (*Fisher et al., 1982, Biggs & Close, 1989*).



Figur 10.4 Den gennemsnitlige maximumbiomasse på finkornet sediment i 1989 og 1990.

Tabel 10.1 Den gennemsnitlige maximumbiomasse på finkornet sediment i 1989 og 1990.

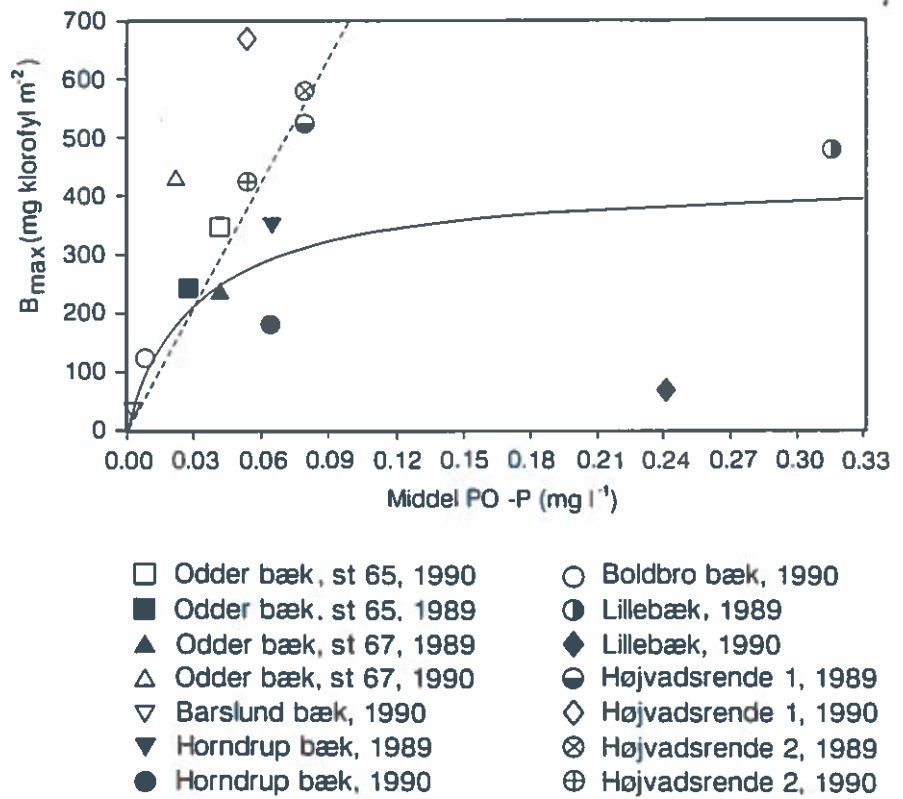
| LOOP Vandløb/lokalitet           | Tidspunkt for B. max.     |                              |
|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
|                                  | 89                        | 90                           |
| 1. Højvads Rende<br>st.1<br>st.2 | medio maj<br>medio maj    | ultimo april<br>ultimo april |
| 2. Odder Bæk<br>st.65<br>st.67   | medio sept.<br>ultimo maj | medio maj<br>medio juni      |
| 3. Horndrup Bæk                  | primo juni                | primo maj                    |
| 4. Lillebæk                      | medio maj                 | primo maj                    |
| 5. Barslund Bæk                  | -                         | medio aug.                   |
| 6. Bolbro Bæk                    | -                         | ultimo april                 |

### Næringssaltes betydning for de bundlevende alger

Næringssaltes betydning for algevækst og -biomasse er blevet påvist i talrige undersøgelser (Cuker 1983, Bothwell 1989). For vandløbene i landovervågnings oplandene er kvælstofkoncentrationen så høj (se afsnit 10.1), at den er udelukket som begrænsende faktor for algevæksten. Analysen vil derfor koncentrere sig om fosfors betydning for maximumsbiomasse af alger i vandløbene.

Fosforkoncentrationen i vandløbene har en afgørende rolle for algebiomassen, idet maximumsbiomassen i LOOP-vandløbene er signifikant korreleret ( $r=0.959$ ,  $P<0.001$ ) med gennemsnitskoncen-

trationen af opløst uorganisk fosfor i april-juni for de vandløb, der har en fosforkoncentration under 0.1 mg PO<sub>4</sub>-P/l (Figur 10.5). Lillebæk, der har en fosforkoncentration over 0.2 mg PO<sub>4</sub>-P/l falder helt udenfor denne lineære sammenhæng og andre faktorer har tilsyneladende reguleret algebiomassen her.

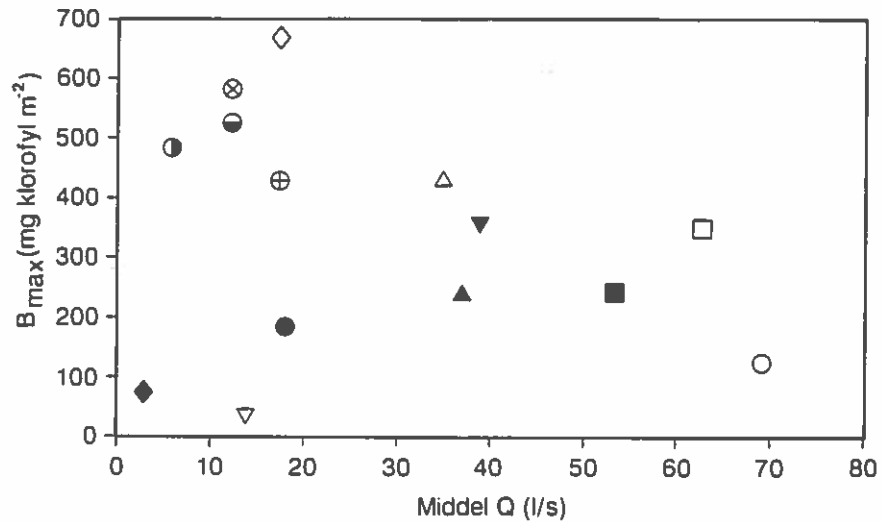


Figur 10.5 Den maksimale algebiomasse på finkornet sediment som funktion af vandets indhold af opløst uorganisk fosfor i perioden 1.april til 30.juni. (— angiver linie fundet ved lineær regression, \_\_\_ angiver sammenhængen mellem maximumbiomasse og fosforkoncentrationen ifølge modelberegning (Thyssen et al., 1990).

En dynamisk algemodel, udviklet under NPo-forskningsprogrammet (Thyssen et al., 1990), har på baggrund af data fra 11 danske vandløbsstrækninger fundet følgende sammenhæng mellem maximumsbiomassen og vandløbets indhold af opløst uorganisk fosfor (DIP):  $B_{max} = 522 * (DIP / 0.069 + DIP)$ . Dette forhold viser en stigende maximumsbiomasse med øget fosforkoncentration indtil ca. 0.15 mg PO<sub>4</sub>-P/l, hvorefter maximumsbiomassen holder sig næsten konstant på 350-400 mg klorofyl m<sup>-2</sup> (Figur 10.5). Målingerne fra LOOP-vandløbene viser umiddelbart en større betydning af fosfor for de bundlevende alger og synes at indicere et højere mætningsniveau.

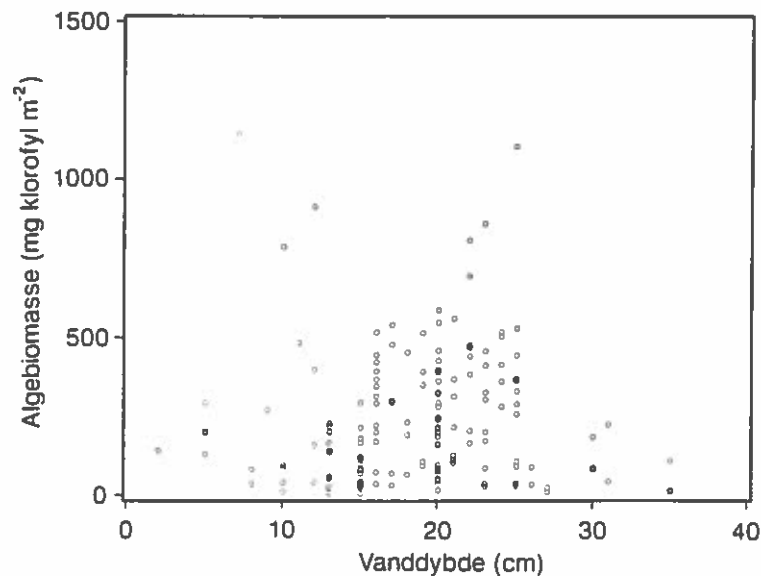
Vandføring og vanddybdens betydning for de bundlevende alger

Som tidligere nævnt har reduceret vandføring i foråret betydning for algerne opvækst, men som det fremgår af Figur 10.6 er der ingen sammenhæng mellem vandløbets maximumsbiomasse af alger og middelvandføringen i perioden omkring B<sub>max</sub> (april-juni). Dog er der en svag tendens til faldende maximumsbiomasse med øget vandføring.



Figur 10.6 Den maximale algebiomasse som funktion af middelvandføringen i perioden 1.april til 30.juni. For signaturforklaring se Figur 10.5.

Da høj vandføring næsten altid hører sammen med relativ stor vanddybde i små vandløb, kan betydningen af de to parametre være svær at adskille og ved afbildning af klorofylindholdet som funktion af vanddybden i perioden omkring  $B_{\max}$ , var der i hovedparten af vandløbene ligeledes en tendens til lavere algebiomasse på de store vanddybder (illustreret ved Odder bæk, Figur 10.7). Det lave biomasseniveau ved stor vanddybde skyldes sikkert at lystilgangen til bunden er mindre her end ved lavere vanddybde.

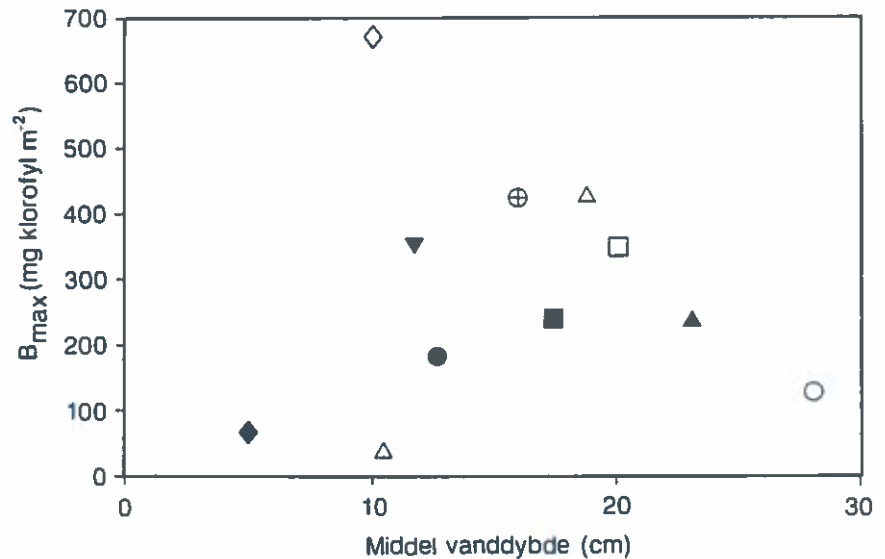


Figur 10.7 Algebiomasse som funktion af vanddybden i Odder bæk i perioden 1.april til 30.juni.

For en del af vandløbsstrækningerne var algebiomassen tillige lav, når vanddybden var under 10 cm, således at sammenhængen mellem klorofyl og vanddybde udviste et hyperbolsk forløb. Lav vanddybde forekommer især inde langs et vandløbs bred eller i stryg. Disse dele af vandløbet kan

i perioder udtørre på grund af store svingninger i vandstanden (vandføringen) og kan tillige med bredvegetationens skyggeeffekt være årsag til lav algebiomasse på lav vanddybde. I stryg er strømhastigheden dessuden stor og vandløbsbundens finkornede sediment kan være ustabil, så substratet ofte omlejres og forhindre algerne i at opretholde en høj biomasse.

Vandløbets gennemsnitsdybde kan således få betydning for maximumsbiomassen. Ved at sammenholde maximumsbiomassen fra det enkelte vandløb med gennemsnitsdybden i perioden omkring  $B_{max}$  kan den samme hyperbolske tendens da også spores (Figur 10.8).



Figur 10.8 Den maximale algebiomasse som funktion af vandløbets middeldybde i perioden 1. april til 30. juni. For signaturforklaring, se Figur 10.5.

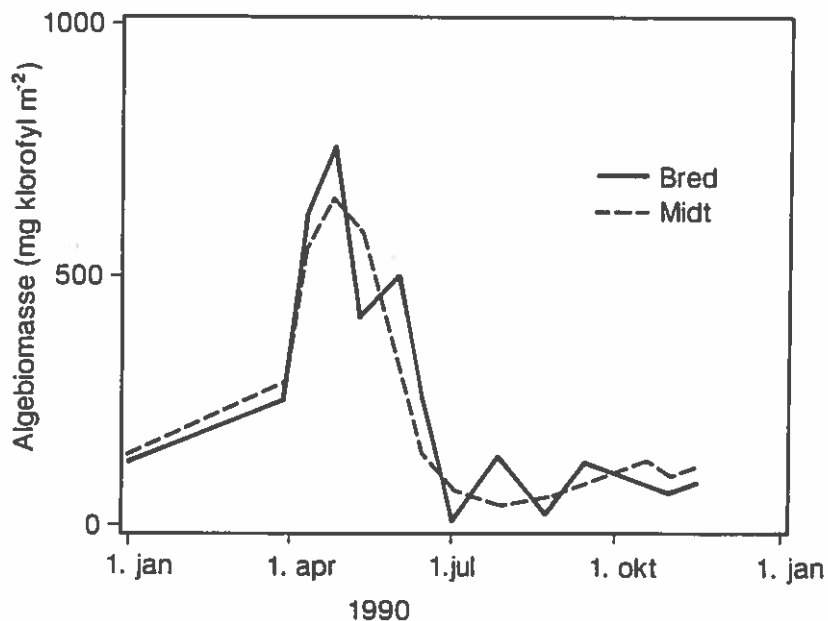
### Sedimentstabilitet

I regulerede vandløb kan der forekomme sandvandring midtstrøms i vandløbet. Den ustabile vandløbsbund resulterer i lav algebiomasse og kun nær bredden, hvor bundsubstratet er mere stabilt, kan der opretholdes en høj biomasse (Iversen *et al.*, 1991).

Mange af LOOP-vandløbene er regulerede vandløb og en lignende fordeling af algerne kunne forventes her, hvis sedimentstabilitet har betydning for reguleringen af algerne i disse vandløb. Dette har dog ikke været tilfældet. Årstidsudviklingen for de bundlevende alger fra prøver udtaget hhv. midtstrøms i vandløbene og inde langs bredden var næsten sammenfaldende, som illustreret ved Højvads rende (Figur 10.9).

I flere af vandløbene er der dog observeret en ustabil vandløbsbund, specielt i 1990 (Århus Amtskommune, 1991, Fyns Amtskommune, 1991, Sønderjyllands Amtskommune, 1991). Tendensen til lavere biomassemaxima i 1990 kan altså hænge sammen med mere ustabile sedimentforhold i 1990.

Tillige med et lavt fosforindhold, skyldes den meget lave algebiomasse i Barslund Bæk (Figur 10.3) nok også en ustabil vandløbsbund. Desværre kan dette ikke underbygges mere på grund af manglende observationer om algernes fordeling på vandløbsbunden.



Figur 10.9 Udviklingen i biomassen af benthiske alger på finkornet sediment i Højvads Rende henholdsvis langs bredden og midtstrøms.

### 10.2.2 Bundlevende alger på sten

#### Årstidsvariation

De bundlevende alger på sten følger samme årstidsvariation som for alger på finkornet sediment (Figur 10.3) med en opvækst i det tidlige forår, der initieres af tiltagende lystilgang til vandløbsbunden og et maximum i algebiomassen, når brinkvegetation vokser op og skygger for algerne, så yderligere vækst forhindres.

Maximumsbiomassen i de to vandløb varierer fra 430 - 1.200 mg klorofyl  $m^{-2}$ , med de højeste værdier i 1989 (Tabel 10.2). For begge vandløbsstationer registreres maximumsbiomassen af alger tidligere i 1990 end i 1989 (Tabel 10.2). At maximum af alger i Horndrup bæk registreres 0.5 måneder tidligere i 1990, kan skyldes tidligere løvspring dette år (*Århus Amtskommune, 1991*). Den tidligere reduktion af lystilgangen til vandløbsbunden kan også være årsag til den lavere algebiomasse 1990, idet biomassetilvæksten stoppes tidligere.

Tabel 10.2 Oversigt over maximumsbiomasse og temporale forekomst på stenet substrat i henholdsvis 1989 og 1990.

| LOOP Vandløb/<br>lokalitet | 1989   |           | 1990   |            |
|----------------------------|--------|-----------|--------|------------|
|                            | B.max. | Tidspunkt | B.max. | Tidspunkt  |
| 3. Horndrup Bæk            | 1.182  | med. maj  | 808    | ult. april |
| 4. Lillebæk                | 790    | pri. juni | 434    | pri. april |

*Substrattypens indflydelse på algernes maximumsbiomasse*

Undersøgelser af algebiomassens årstidsudvikling i små danske vandløb har vist, at algerne udvikling på hhv. sten og finkornet sediment kan afvige signifikant fra hinanden i samme vandløb (Iversen et al., 1990). Dette gælder også for de to vandløb i denne undersøgelse, idet maximumsbiomassen på sten er signifikant højere end på det finkornede sediment (Figur 10.4 og Tabel 10.2). I Horndrup bæk kan forskellen skyldes et noget højere fosforniveau på stenstrækningen (Tabel 10.3 og Figur 10.5). Det modsatte gør sig dog gældende for Lillebæk, hvor fosforniveauet på stenstrækningen er ca. halv så stor som på strækningen med finkornet sediment (Tabel 10.3 og Figur 10.5). Dette indikerer at de styrende reguleringsmekanismer kan være forskellig for de to substrattyper.

*Fosfors betydning for alger på stenet substrat*

I Horndrup bæk blev middel fosforkoncentrationen i perioden april-juni, næsten halveret fra 1989 til 1990 (Tabel 10.3), mens der kun skete en mindre reduktion i algebiomassen (Tabel 10.2). I Lillebæk skete der en reduktion i algebiomassen i 1990 til knap det halve af biomassen i 1989 (Tabel 10.2) trods det, at vandløbets fosforkoncentration næsten var ens de to år (Tabel 10.3). Der er således ingen sammenhæng mellem vandløbenes fosforkoncentra-

Tabel 10.3 Gennemsnitlige fosforkoncentrationer og vandføring i perioden 1.april-30.juli på de to stenstrækninger i LOOP-vandløbene. I parentes er angivet variationsbredderne for vandføringen.

|                           | Horndrup Bæk |          | Lillebæk |           |
|---------------------------|--------------|----------|----------|-----------|
|                           | 1989         | 1990     | 1989     | 1990      |
| middelel $PO_4$ -P (mg/l) | 0.22         | 0.14     | 0.11     | 0.12      |
| middelel Q (l/s)          | 7 (4-14)     | 5 (2-14) | 5 (6-30) | 10 (6-16) |

tion og algebiomassen på stenstrækningerne. Den manglende sammenhæng mellem algebiomasse og fosforkoncentrationen i vandløbene kan skyldes det meget høje fosforniveau både i 1989 og 1990. Derved har andre faktorer måske fået overordnet betydning for reguleringen af algebiomassen.

*Vandføring - vanddybde*

Som for det finkornede sediment, er der ingen sammenhæng mellem middelvandføring i perioden 1.april til 30.juni og algerne maximumsbiomasse på sten (Tabel 10.1 og Tabel 10.3), idet der ikke er den store variation i vandføringen mellem de to år. Dog var variationsbredden for vandføringen en del større i Lillebæk i 1990.

Algebiomassen på sten i Lillebæk (1990) havde en tendens til kun at udvikle høj algebiomasse når vanddybden var omkring 5-15 cm. Ved højere eller lavere vanddybde er der kun registreret lav algebiomasse. Periodevis tørlægning af sten i de lavvandede områder kan være årsag til lav algebiomasse her (jævnfør alger på finkornet sediment, Figur 10.7), mens den lave algebiomasse ved store vanddybder kan skyldes mindsket lystilgang til stenoverfladen. Denne sammenhæng kunne dog ikke spores i Horndrup Bæk, da vanddybden sjældent oversteg 15 cm og der er på vand-

dybder under 5 cm registreret klorofylindhold på over 1000 mg m<sup>-2</sup>.

### *Invertebratgræsning*

Flere undersøgelser har vist at invertebratgræsning kan regulere algebiomassen på stenet substrat (McAuliff, 1984, Feminella et al., 1989). Specielt invertebratgræsning i det tidlige forår har betydning for algebiomassens udvikling (Iversen et al., 1990).

I Lillebæk kan invertebratgræsning ikke forklare forskellen i maximumbiomasse de to år. De kvantitative faunaprøver viste, at der i foråret gennemsnitlig var 11.000 individer m<sup>-2</sup> i 1989 mod 7.000 individer m<sup>-2</sup>. Det lave individantal begge år, indikerer, at invertebratgræsning sandsynligvis ikke har haft kvantitativ betydning.

De semikvantitative faunaprøver fra Horndrup bæk viser et rigt varieret dyreliv. Da prøverne er udtaget på alle typer af substrat i vandløbet kan disse ikke direkte relateres til stenene. Invertebratgræsning kan dog ikke forklare forskel i algernes maximumbiomasse i 1989 og 1990, da der ingen forskel var på bunddyrernes sammensætning de to år (Århus Amtskommune, 1991). Igangværende undersøgelser af sammenhænge mellem algebiomasse og bunddyrene på sten, vil senere kunne oplyse nærmere om disse forhold i Horndrup bæk.

### 10.2.3 Bunddyr

På de 14 strækninger i de 6 vandløb i landovervågnings oplandene varierer Viborg index'et fra forureningsgrad I (praktisk talt uforurennet) til forureningsgrad IV (overordentlig stærk forurennet). Hovedparten af vandløbene har forureningsgrad II-III (svagt til stærkt forurening) (Tabel 10.4). Den høje forureningsgrad i Højvads rende, st.1 er sammenfaldende med bundskovling i vandløbet om sommeren (Storstrøms Amtskommune, 1991), mens samme forureningsbedømmelse i Lillebæk sandsynligvis skyldes forurening med sprøjtegift (Fyns Amtskommune, 1991). De høje forureningsgradsbedømmelser er således ikke udtryk for stærk forurening med organisk stof.

Hvis vandløbene havde været forurennet med organisk stof ville det desuden resultere i meget lave iltkoncentrationer, forårsaget af et stort iltforbrug til nedbrydning af materialet. Dette er ikke tilfældet idet der for alle vandløbene gælder, at de i 50 % undersøgelsesperioden overstiger 7 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> og døgnminimum er altid over 4 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> (se Tabel 10.6).

Der er ikke ret stor variation i forureningsbedømmelse for de enkelte vandløb i de to år (Tabel 10.4).

De to stationer med forureningsgrad I og I-II er samtidig de to vandløb med højst energigradient. Dette er ofte ensbetydende med gode strøm-, temperatur- og substratforhold, som er nogle af de parametre der har betydning for faunasammensætningen i vandløb (Cummins, 1975, Behmer & Hawkins, 1986).



Tabel 10.4 Værdier for Viborg index i de 6 vandløb i landovervågningsoplandene.

| LOOP Vandløb/lokalitet                                       | Viborg index          |                             |
|--|-----------------------|-----------------------------|
|  | 1989                  | 1990                        |
| 1. Højvads Rende<br>st. 2<br>n.v.f. Bregneholt               | (II-III)-IV<br>II-III | (II-III)-(III-IV)<br>II-III |
| 2. Odder Bæk<br>st. 62<br>st. 66                             | II-III<br>II-III      | II<br>II                    |
| 3. Horndrup Bæk<br>Sortholmvej<br>Rødekærvej<br>v. Ballegård | I<br>I-II<br>I        | I<br>I-II<br>I              |
| 4. Lillebæk<br>1 B   | II-IV                 | II-IV                       |
| 5. Barslund Bæk  | - *                   | -*                          |
| 6. Bolbro Bæk  | (I-II)-II             | (I-II)-II                   |

\* Der er ikke foretaget forureningsgradsbedømmelse.

I Horndrup bæk er der afskåret en spildevandsudledning i oktober 1989, så man kan forvente at de fundne renavdsarter vil blive mere talrige med tiden, men dette er endnu ikke sket.

De kvalitative faunainsamlinger langs større dele af vandløbene i LOOP 1,2,3 og 6 gav næsten sammenfaldene resultater med de semikvantitative indsamlinger i de pågældende vandløb (Tabel 10.4). I Bolbro bæk gav bedømmelsen af de nedstrøms stationer dog lidt dårliger forureningsbedømmelse (II-III), hvilket skyldes højere indhold af ferrojern og periodevis udtørring i sommermånederne (*Sønderjylland Amtskommune, 1991*). Ligeledes var der også stationer i Odder bæk i 1990 der gav dårligere bedømmelse (II-III) end stationerne, hvor der blev foretaget semikvantitative indsamlinger. Dette var ikke udtryk for vedvarende forurening, men skyldes de fysiske forhold, idet vandløbet er kraftig vedligeholdt (*Nordjylland Amtskommune, 1991*). Horndrup bæk blev hovedsaglig bedømt til I-(I-II), men umiddelbart efter en spildevandsudledning var forureningsgraden IV.

## 10.3 Biologiske processer

### 10.3.1 Iltforhold i de undersøgte vandløb

På baggrund af det foreliggende datamateriale fra 1990, er der foretaget en analyse af iltindholdets variation over døgnet og over året, og endelig er der foretaget en vurdering af hvilke faktorer, der er de væsentligste for styringen af vandløbenes iltindhold.

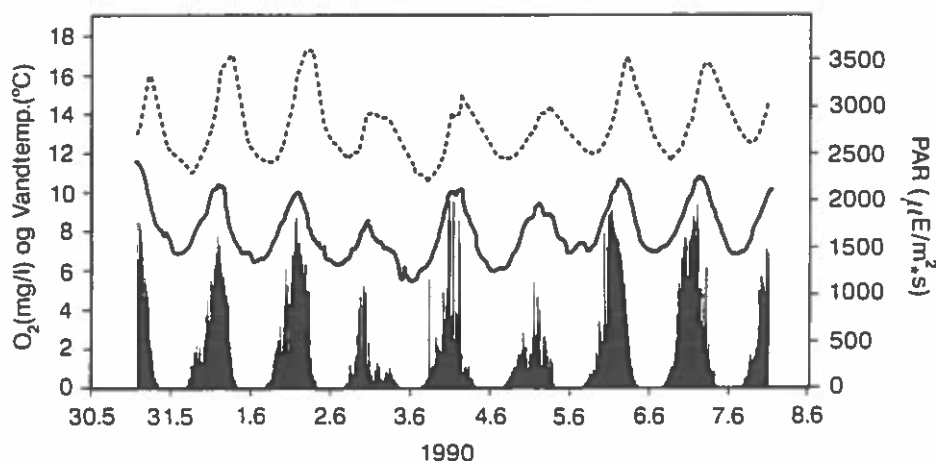
### 10.3.2 Iltindholdets døgnvariation

Hovedparten af døgnkurverne afviger betydeligt fra det forløb, som kendes fra større vandløb med kraftig grødevegetation. I et sådant vandløb udviser iltkoncentrationen et karakteristisk døgnforløb med et maksimum først på eftermiddagen og et minimum umiddelbart før solopgang. Et forløb, som afspejler, at vandløbsplanternes fotosyntese er tæt knyttet til lyskurvens døgnvariation.

Iltkurver af  
"produktionstypen"

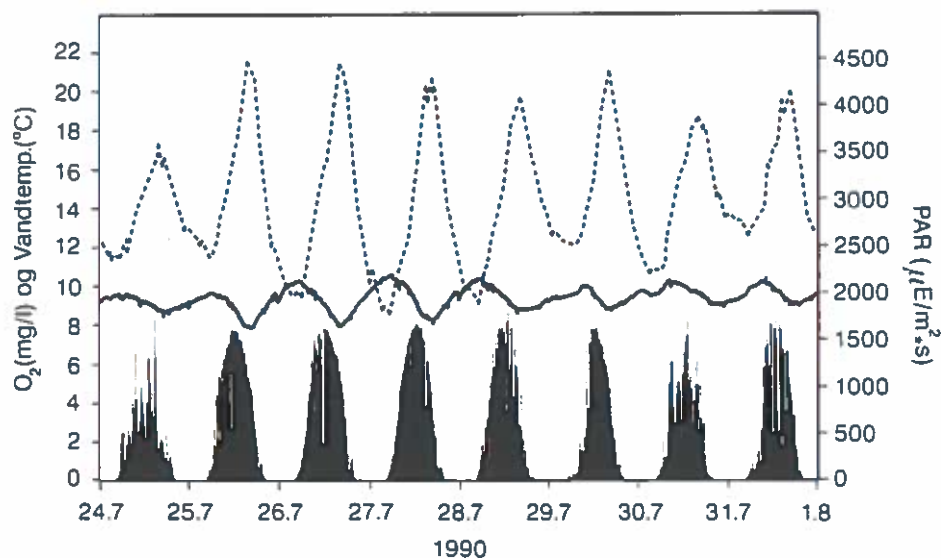
Et døgnforløb af denne type vil i det følgende blive omtalt som værende af "produktionstypen".

Halvdelen af de undersøgte vandløbsstrækninger har i kortere eller længere perioder døgnkurver af produktionstypen. Mest udtalt forekommer denne type i det lollandske vandløb, Højvads Rende st. 1, som helt hen i september har iltkurver af produktionstypen, til trods for at strækningen er delvis skygget af trævegetation. Figur 10.10 viser en iltkurve fra dette vandløb, og det ses tydeligt, at der eksisterer den fra større vandløb kendte sammenhæng mellem døgnvariation i lysindstråling og iltkoncentration. Endvidere bemærkes, at på dage med høj indstråling (f.eks. den 3. juni) er iltamplituden større end på mere skyede dage som den 2. og 4. juni.



Figur 10.10 Døgnsvingninger i vandtemperatur (øverst), iltindhold (midterste kurve) og fotosynteseaktiv lysindstråling (nederst) i et vandløb med døgniltkurver af "produktionstypen", Højvads Rende, i en forsommerperiode i 1990. Kurveforløbet er fremkommet ved at aflæse måleinstrumenterne hvert 5. minut.

I vandløb, hvor enten sammenhængende trævegetation langs bredden eller kraftig udviklet og udhængende bredvegetation forhindrer lyset i at trænge ned, udviser iltkurven et meget afvigende døgnforløb. I disse vandløb er der ingen eller kun ubetydelig fotosyntese, og døgnkurven for opløst ilt fremtræder som vist i Figur 10.11 som et spejlbillede af temperaturkurven med et iltmaksimum umiddelbart før solopgang, hvor temperaturen er lavest og et minimum sidst på eftermiddagen, hvor temperaturen er højest.



Figur 10.11. Døgnsvingninger i vandtemperatur (øverst), iltindhold (midterste kurve) og fotosynteseaktiv lysindstråling (nederst) i et vandløb med døgniltkurver af "temperaturtypen", Odder Bæk ved Sdr. Gislum, i en sommerperiode i 1990.

Iltkurver af "temperaturtypen"

Et sådant døgnforløb benævnes "temperaturtypen" for at understrege, at vandløbets iltindhold primært er bestemt ud fra sammenhængen mellem iltens opløselighed i vand og vandets temperatur. En sammenhæng som viser, at der ved stigende temperatur opløses mindre ilt i det samme vandvolumen.

Som det fremgår af Tabel 10.5 er langt de fleste af de registrerede iltkurver af temperaturtypen, idet de fleste af de undersøgte vandløb er kraftigt beskyttede i den periode, hvor iltmålingerne er foretaget. En tidligere opstart af måleprogrammet i marts-april ville højst sandsynligt have resulteret i, at langt flere iltkurver ville have været af produktionstypen og have reflekteret den fotosyntetiske iltproduktion under de bundlevende algers opvækst.

### 10.3.3 Iltindholdets årstidsvariation

Gode iltforhold i alle 6 vandløb

For alle de undersøgte vandløb gælder, at iltindholdet i hele forsøgsperioden ligger over de kravværdier, som Miljøstyrelsen (1983) angiver skal være opfyldt, for at vandløb kan klassificeres som fiskevand.

Af Tabel 10.6 fremgår, at iltindholdet varierer mellem 4.1 mg/l i Højvads Rende på Lolland og 13.6 i Lillebæk på Fyn, samt at døgnsvingningerne er af beskedent omfang med de største amplituder på henholdsvis 4.9 og 4.5 mg ilt pr. liter i Højvads Rende, st. 1 og i Odder Bæk ved Sdr. Gislum, som er de to vandløb, der tidsmæssigt tilhører "produktionstypen" længere end noget andet undersøgt vandløb.

Tabel 10.5 Typeinddeling af døgnkurver for opløst ilt i undersøgelsesperioden i 1990.

P betyder, at døgnkurverne i den pågældende måned overvejende er af produktionstypen (for definition se tekst), T at kurverne tilhører temperaturtypen og O betegner en overgangsform mellem P og T. - betyder, at der ikke er foretaget målinger.

| Vandløb/lokalitet                  | Måned |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|
|                                    | A     | M | J | J | A | S | O | N |
| LOOP 1, Højvads Rende<br>station 1 | -     | P | P | P | P | P | T | - |
| station 2                          | -     | - | P | O | T | - | - | - |
| LOOP 2, Odder Bæk<br>Sdr. Gislum   | -     | P | P | T | T | T | P | T |
| Farsøbroen                         | -     | - | - | T | T | O | O | O |
| LOOP 3, Horndrup Bæk<br>Rødkærvej  | T     | T | - | T | T | - | - | - |
| Sortholmvej                        | -     | - | - | - | T | T | T | T |
| LOOP 4, Lillebæk<br>Fredskovvej    | -     | T | T | T | - | - | - | - |
| Ærtebjerggård*                     | T     | T | T | T | T | T | T | T |
| LOOP 5, Barslund Bæk               | -     | - | P | T | - | - | - | - |
| LOOP 6, Bolbro Bæk                 | P     | - | T | T | - | - | - | - |

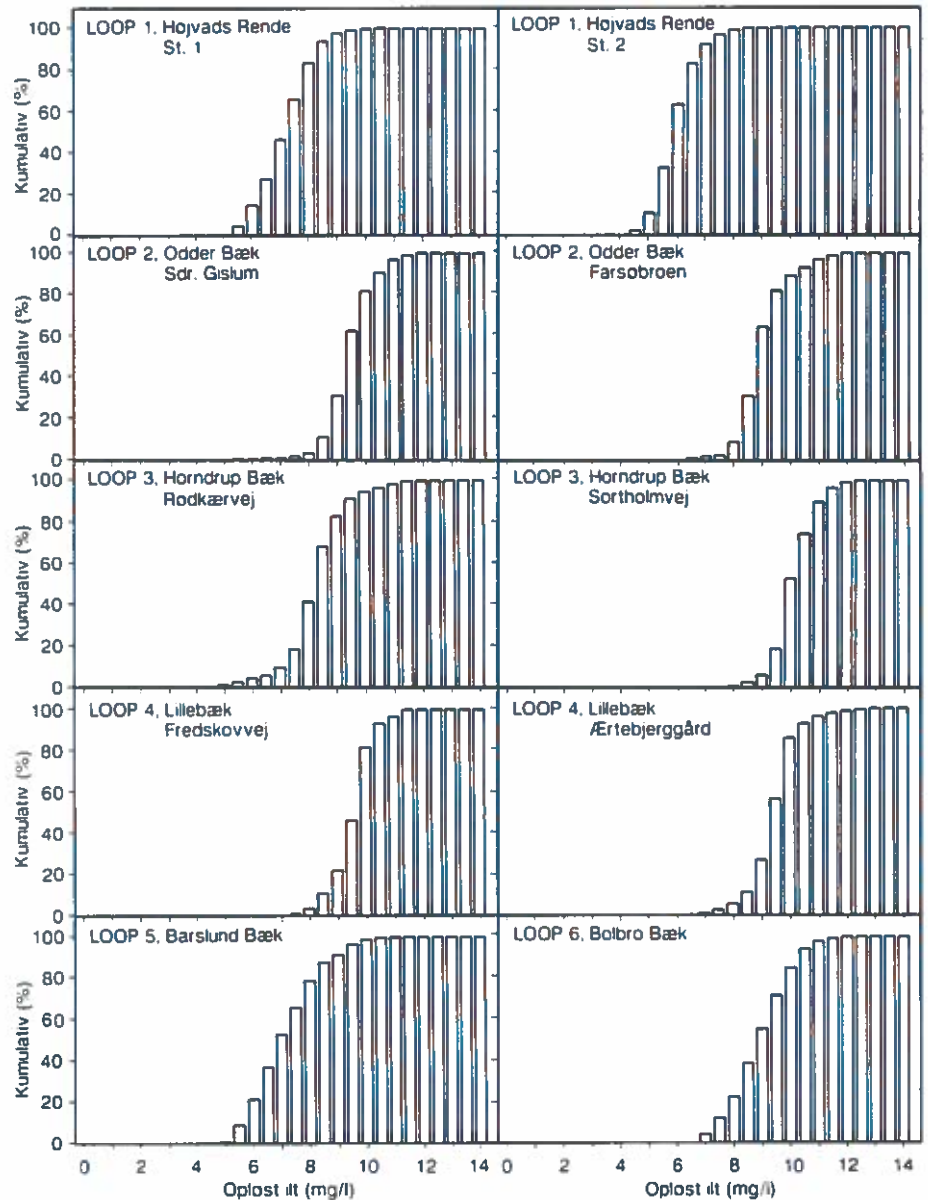
\* På denne lokalitet er døgnkurverne, udover at være styret af temperaturen, også påvirket af små, men hyppige iltsvindsepisoder, som muligvis skyldes tilledning af spildevand fra spredt bebyggelse til opstrøms beliggende drænsystemer.

Tabel 10.6 Iltindholdets sæsonvariation i de 6 LOOP-vandløb i undersøgelsesperioden i 1990. Variationen er beskrevet ved den laveste (min.) og højeste (max.) målte iltkoncentration, 10%- og 25%-kvartilen samt medianværdien for tidsserien og endelig den maksimale døgnfluktuation.

| Vandløb/lokalitet                  | mg ilt/l |       |      |      |       |          |
|------------------------------------|----------|-------|------|------|-------|----------|
|                                    | min.     | max.  | 10%  | 25%  | med.  | max.amp. |
| LOOP 1, Højvads Rende<br>station 1 | 5.26     | 11.60 | 6.06 | 6.66 | 7.34  | 4.85     |
| station 2                          | 4.13     | 8.99  | 5.23 | 5.60 | 6.03  | 2.38     |
| LOOP 2, Odder Bæk<br>Sdr. Gislum   | 6.75     | 12.98 | 8.71 | 9.15 | 9.55  | 4.46     |
| Farsøbroen                         | 6.26     | 12.42 | 8.29 | 8.65 | 9.01  | 2.26     |
| LOOP 3, Horndrup Bæk*<br>Rødkærvej | 4.61     | 12.03 | 7.28 | 7.92 | 8.41  | 3.16     |
| Sortholmvej                        | 8.02     | 12.83 | 9.50 | 9.86 | 10.21 | 1.93     |
| LOOP 4, Lillebæk<br>Fredskovvej    | 7.50     | 11.73 | 8.71 | 9.34 | 9.83  | 2.53     |
| Ærtebjerggård                      | 5.75     | 13.64 | 8.66 | 9.21 | 9.66  | 4.43     |
| LOOP 5, Barslund Bæk               | 5.12     | 11.11 | 5.78 | 6.37 | 7.12  | 2.95     |
| LOOP 6, Bolbro Bæk                 | 6.70     | 12.38 | 7.59 | 8.36 | 9.07  | 3.57     |

\* På baggrund af rapporten fra Aarhus Amtskommune (1991) vurderes, at iltmålingerne er behæftet med fejl, hvorfor de ikke underkastes yderligere behandling. Dog vurderes målinger fra Sortholmvej-lokaliteten at være valide i perioden ultimo august - medio november.

På årsbasis er iltforholdene i de undersøgte vandløb gode. Udtrykt i form af varighedskurver, Figur 10.12 og resumeet i Tabel 10.6, er iltforholdene dårligst i de lavgradierte og langsomtflydende vandløb; Højvads Rende station 2 og Barslund Bæk, hvor det i mere end 50% af tiden ligger under 7.1 mg/l.



Figur 10.12 Variationskurver for opløst ilt på de enkelte lokaliteter i 1990. Jo længere den kumulative kurve er forskudt mod højre, jo bedre er vandløbets iltforhold.

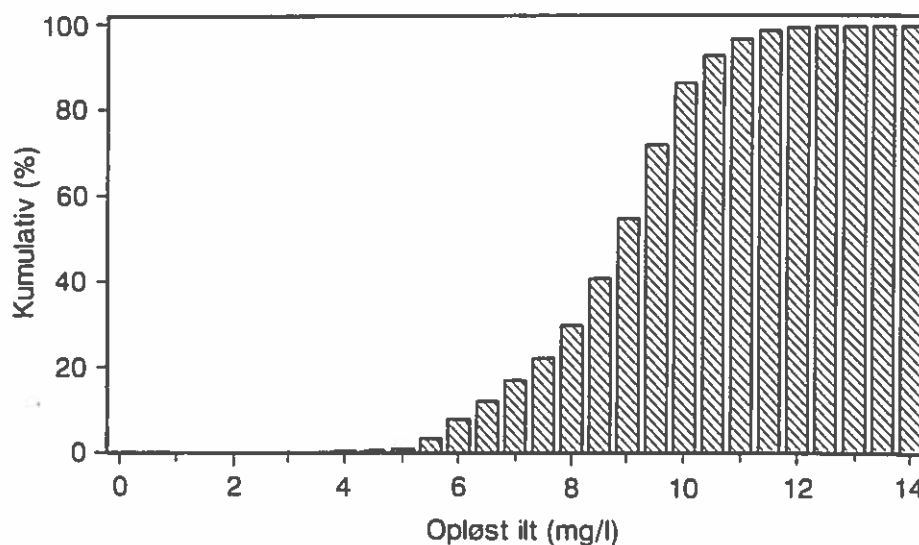
*Stort fald skaber stor turbulens i bækken, og iltforholdene bliver gode*

I de øvrige vandløb er medianværdien 7.3 mg/l eller derover. De bedste iltforhold findes i Lillebæk og i Horndrup Bæk ved Sortholmvej, som begge har stort fald og hurtigt strømmende vand. Her ligger medianiltindholdet over 9.7 mg/l.

En samlet analyse af iltmålingerne fra alle 10 vandløb viser ifølge Figur 10.13, at iltindholdet i 95% af tiden er større end 5.9 mg/l, i 75% større end 7.9 mg/l og med en medianværdi på 9.1 mg/l.

*Ingen ulovlige udledninger i undersøgelsesperioden*

Det kan således konstateres, at de undersøgte vandløb ikke har modtaget ulovlige punkttilløb af store mængder iltforbrugende organisk stof i undersøgelsesperioden. I denne forbindelse skal det dog bemærkes, at undersøgelsesperioden kun for halvdelen af vandløbenes vedkommende har omfattet den nedbørsrige periode - oktober og november - hvor risikoen for afløb fra befæstede arealer som f.eks. møddingpladser eller fra ensilagestakke er størst.



Figur 10.13 Kumulativ fordeling af opløst ilt på samtlige 10 vandløbslokaliteter i de 6 LOOP-vandløb i undersøgelsesperioden i 1990.

### 10.3.4 Hvilke faktorer styrer iltindholdet?

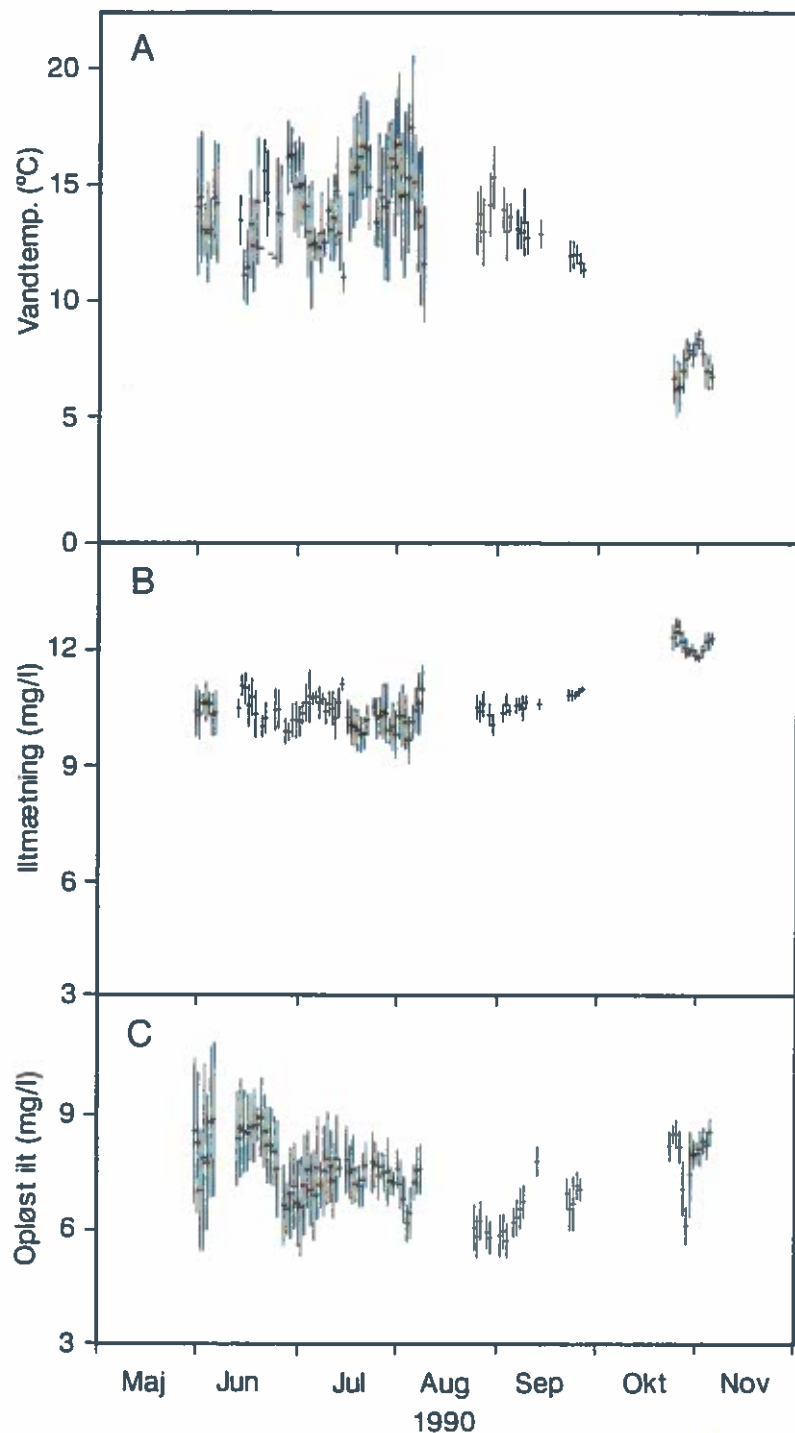
*Vandtemperaturen styrer årstidsforløbet*

De 10 vandløbsstrækninger er karakteriseret ved at have gode iltforhold. Iltindholdet varierer kun lidt på døgn- og årsbasis, og årstidsforløbet følger i al væsentlighed den iltkoncentration (iltmætningskoncentrationen), der ville findes i vandløbsvandet, hvis vandtemperaturen alene havde været den styrende faktor.

Som det fremgår af Figur 10.14 ligger både ilt- og iltmætningskoncentrationen relativt konstant i sommerperioden, mens der fra september måned, hvor vandtemperaturen for alvor begynder at falde, ses en stigning i både ilt- og iltmætningskoncentration, som er betinget af den øgede iltopløselighed i vand ved faldende temperatur.

*Andre faktorer spiller også ind*

Hvis vandtemperaturen havde været den eneste styrende faktor, så ville kurverne for ilt- og iltmætningskoncentration have været sammenfaldende og ikke blot udvist det samme årstidsforløb. I de undersøgte vandløb ligger det aktuelle iltindhold derimod generelt under den temperaturbestemte iltmætningskoncentration, så andre fysiske eller biologiske processer må spille en rolle.



Figur 10.14 Døgn- og årstidsvariation i vandtemperatur (A), iltmætning (B) og opløst ilt (C) i Højvads Rende, station 1 i undersøgelsesperioden i 1990.

De andre styrende faktorer er forenklet:

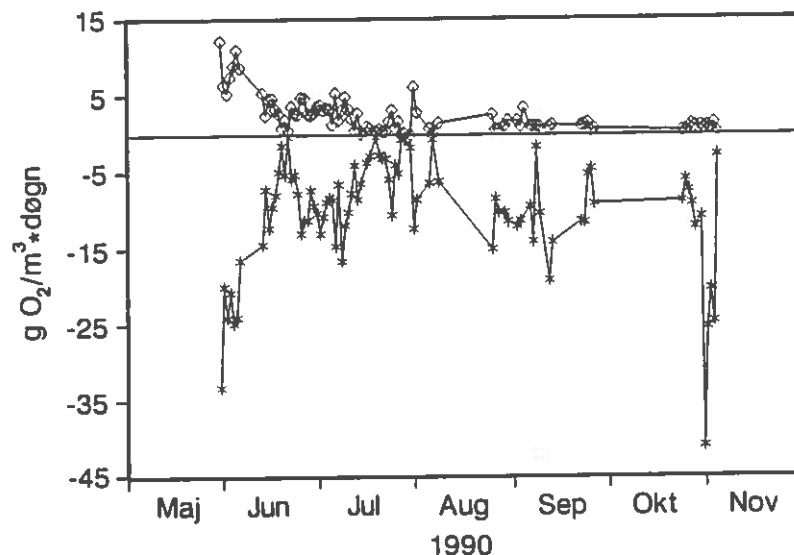
- genluftning
- bruttoprimærproduktion
- totalrespiration

*Beregning af  
iltinfluerende  
proces hastigheder*

For at beregne daglige rater for disse processer (parameterværdier) på baggrund af de 753 registrerede ilt- og temperaturkurver er anvendt den massebalanceligning, der er givet i afsnit 4.7.3.4. Først gennemførtes beregningen af alle 3 parametre  $K_2$ ,  $P$  og  $R$  simultant, og de fundne genluftningskonstanter,  $K_2$ -værdierne, blev herefter sammenholdt med de  $K_2$ -værdier, der blev beregnet ud fra kendskab til de enkelte vandløbsstrækningers faldforhold ved anvendelse af den hydrauliske genluftningsmodel givet hos

Thyssen & Erlandsen (1987). Resultaterne af denne sammenligning viste, at der var god overensstemmelse mellem de to metoders  $K_2$ -estimer, når vandløbsstrækningens fald lå i det interval ( $0.1 < \text{faldet} < 7\text{‰}$ ), hvorpå den hydrauliske model er opstillet. Den gennemsnitlige  $K_2$ -værdi var for de 6 vandløbsstrækninger  $8.0 \text{ d\ddot{a}gn}^{-1}$  bestemt ved hjælp af den hydrauliske model og  $7.6$  ved hjælp af Kalman filtret. Hvis faldet var større end  $7\text{‰}$  var der nogen uoverensstemmelse, og det valgtes at basere beregningen af de daglige biologiske procesrater på den  $K_2$ -værdi, der blev bestemt ved hjælp af Kalman filtret.

På grund af de meget beskedne iltsvingninger over døgnet lykkedes det kun at estimere parametrene ud fra 444 døgnskurver. 309 døgnskurver tillod enten ikke at estimeringsrutinen konvergerede, eller også var de estimerede parameterværdier meningsløse, som f.eks. negativ bruttoprimærproduktion.



Figur 10.15 Biologiske procesrater i Højvads Rende, station 1 i forsøgsperioden i 1990, bestemt ud fra frivandsmålinger af opløst ilt. Øverste kurve viser døgntegraler for vandløbets bruttoprimærproduktion  $P$  og nederste kurve dets totalrespiration  $R$ . Procesraterne er beregnet ved hjælp af Kalman filter-metoden, som også tillader simultan estimering af vandløbsstrækningens  $K_2$ -værdi.

Til illustration af de biologiske parametres årstidsvariation er i Figur 10.15 vist resultaterne fra Højvads Rende. I dette vandløb af produktionstypen ses der en relativ høj men aftagende bruttoprimærproduktion i juni og juli måned. Herefter er  $P$  lav og konstant i resten af forsøgsperioden. Dette forløb stemmer godt overens med, at mængden af bundlevende alger aftog frem til midten af juli. Bortset fra det kraftige fald i totalrespirationen frem til udgangen af juni er også  $R$  relativt konstant i forsøgsperioden. Der kan gives flere forklaringer på det konstaterede fald i  $R$ . Mest sandsynligt forekommer det, at faldet er fremkaldt af den kalibreringsmetode, der indledningsvis blev anvendt i undersøgelsen. En forkert start- eller slutkalibreringsværdi vil bevirke, at den



jævnt stigende eller faldende  $K_2$ - og  $R$ -værdier til følge.  $P$ -værdierne er som vist af Thyssen (1981) mindre afhængige af eventuelle kalibreringsfejl.

*Kun ringe årstidsvariation i de ilt-influerende processers hastigheder*

For de øvrige 8 vandløbsstrækninger er der foretaget tilsvarende beregninger og resultaterne er grundet den ubetydelige årstidsvariation i såvel  $K_2$ ,  $P$  og  $R$  angivet i Tabel 10.7 i form af gennemsnitsværdier for hele forsøgsperioden.

*Genluftningen langt den vigtigste iltkilde*

De fundne  $K_2(20)$ -værdier varierer fra godt 3  $\text{døgn}^{-1}$  på de lavgradierte lollandske vandløbsstrækninger til omkring 70  $\text{døgn}^{-1}$  i Horndrup Bæk som har et fald på ca. 1%. De øvrige vandløbsstrækningers genluftningskonstanter ligger mellem 4 og 13  $\text{døgn}^{-1}$ , hvilket er typiske værdier for vandløbsstrækninger med et fald på 1-2‰. Sammenholdes de fundne  $K_2$ -værdier med det gennemsnitlige iltdeficit ( $C_s - C$ ) i forsøgsperioden kan genluftningens bidrag ( $D$ ) til vandløbets iltbalance beregnes ved hjælp af formlen  $D = K_2(C_s - C)$ . Af Tabel 10.7 ses tydeligt, at tilførslen af ilt fra atmosfæren (= genluftningen) for samtlige vandløbsstrækninger langt overstiger betydningen af de autotrofe organismers iltproduktion i selve vandløbet. Af den samlede ilttilførsel til vandløbene kommer 92% fra atmosfæren og kun 8% fra planternes fotosyntese. I det mest produktive vandløb, Højvads Rende st. 1, produceres 30% dog internt.

*Planternes iltproduktion har ringe betydning*

*Det beregnede "potentielle iltforbrug" stort - større end det reelle*

Den tilførte eller internt producerede iltmængde udnyttes af vandløbets autotrofe og heterotrofe organismer i respirationen. De beregnede  $R$ -værdier i Tabel 10.8 omfatter ud over det egentlige biologiske iltforbrug i respirationen, et ukendt abiotisk iltforbrug. Den anvendte beregningsmetode omfatter nemlig ikke en vandbalance for strækningen, hvorfor en eventuel indsivning af iltfattigt dræn- eller grundvand opstrøms for målestationen vil medføre en overestimering af det biotiske iltforbrug (Thyssen, 1981). Størrelsen af dette "fortyndingsbidrag" afhænger både af det indsvivende vands mængde og iltkoncentration. De beregnede  $R$ -værdier kan derfor kun tolkes som potentielle biologiske respirationsrater. De reelle rater vil højst sandsynligt være lavere.

*Lavt P/R-forhold*

Tolkes de fundne  $R$ -værdier som biologisk respiration, er der tale om stor heterotrof aktivitet i vandløbene.  $P/R$ -forholdet, som blev introduceret af Odum (1956) til beskrivelse af vandløbs trofigrad, ligger meget lavt i de undersøgte vandløb. Årsmiddelværdierne varierer mellem 0 og 0.23, hvilket viser, at energitilførslen til sådanne vandløb i langt den overvejende grad er baseret på tilførsel af organisk stof fra omgivelserne og kun i begrænset omfang på internt produceret stof.

Der er dog næppe tvivl om, at havde måleserien omfattet den periode af året - april og maj - hvor de bundlevende alger udvikles, så ville betydningen af den interne produktion være større og dermed ville også  $P/R$ -forholdet være øget.

Tabel 10.7 Beregnede middelværdier for genluftningskonstant  $K_2$  (20), iltdeficit og volumenbaserede procesrater for henholdsvis genluftningsbidrag D, bruttoprimærproduktion P og totalrespiration R (20) for 9 vandløbsstrækninger i undersøgelsesperioden i 1990. n afgiver det antal døgnkurver, der ligger til grund for beregningerne.

| Vandløb                            | $K_2$ (20),<br>døgn <sup>-1</sup> | iltde-<br>ficit<br>g/m <sup>3</sup> | D P R(20) P/R                       |      |      |      | n  |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|----|
|                                    |                                   |                                     | g/m <sup>3</sup> døgn <sup>-1</sup> |      |      |      |    |
| LOOP 1, Højvads Rende<br>station 1 | 3.2                               | 2.6                                 | 8.3                                 | 2.5  | 10.7 | 0.23 | 87 |
|                                    | 3.8                               | 3.5                                 | 13.3                                | 1.6  | 15.0 | 0.11 | 43 |
| LOOP 2, Odder Bæk<br>Sdr. Gislum   | 10.8                              | 1.1                                 | 11.9                                | 2.3  | 13.6 | 0.17 | 69 |
|                                    | 4.0                               | 1.8                                 | 7.2                                 | 0.84 | 8.0  | 0.11 | 63 |
| LOOP 3, Horndrup Bæk<br>Rødkærvej  | 71.0                              | 1.1                                 | 76.0                                | 0.58 | 76.4 | ~0   | 18 |
|                                    |                                   |                                     |                                     |      |      |      |    |
| LOOP 4, Lillebæk<br>Fredskovvej    | 8.4                               | 0.32                                | 2.7                                 | 0.42 | 3.1  | 0.14 | 21 |
|                                    | 12.9                              | 1.2                                 | 15.5                                | 1.0  | 16.1 | 0.06 | 42 |
| LOOP 5, Barslund Bæk               | 6.8                               | 3.3                                 | 22.4                                | 2.5  | 24.6 | 0.10 | 30 |
| LOOP 6, Bolbro Bæk                 | 8.3                               | 1.4                                 | 11.6                                | 2.2  | 14.0 | 0.16 | 71 |

## 10.4 Sammenfatning

For at opnå større viden om sammenhænge mellem vandkemiske forhold og de biologiske strukturer: Bundlevende alger, bunddyr og fiskefauna i små vandløb i landbrugsområder er der i 1989-90 gennemført en række kvalitative og kvantitative undersøgelser i de 6 vandløb, der afvander LOOP-oplandene. Ud over strukturundersøgelserne er der gennemført et måleprogram, der som formål havde at belyse vandløbenes iltforhold og den indbyrdes betydning af de processer, der styrer småvandløbs iltforhold.

I de fleste af vandløbene var kvælstofkoncentrationerne både i 1989 og 90 så høje (1-9 mg total N/l), at N-begrænsning af algevækst er udelukket. Fosforindholdet lå mellem 0.05-0.2 mg total P/l og udviste ingen væsentlige ændringer fra år til år.

I LOOP-vandløbene var der en sammenhæng mellem den gennemsnitlige fosforkoncentration i vandet i algernes opvækstfase (april-juni) og den maksimale biomasse af bundlevende alger på finkornet sediment. Således øgedes den maksimale algebiomasse fra 25 mg til ca. 700 mg klorofyl/m<sup>2</sup>, når P-koncentrationen steg fra 0.05 til 0.1 mg PO<sub>4</sub>-P/l. Ved højere koncentrationer flader kurven ud, hvilket kan tilskrives både lys- og P-begrænsning i den nederste del af algefilmen.

Større algebiomasser blev målt på stenbund, hvor den maksimale algebiomasse var 1200 mg klorofyl/m<sup>2</sup>. For de undersøgte sten-substrater fandtes ingen sammenhæng mellem maksimal algebiomasse og P-koncentration. At der kan træffes større algebiomasse på stenbund end på finkornet sediment ved en given P-koncentration tilskrives især, at stensubstrat er mere stabilt end sand.

Foruden fosfor og sedimentstabilitet har også lystilgangen til vandløbets bund stor betydning for udviklingen af algebiomassen. Opvækstforløbet i foråret følger lyskurven, og algebiomassemaksimum indtræder normalt i maj måned, hvor lystilgangen til vandløbsbunden er optimal inden den reduceres enten som følge af, at træer langs bredden springer ud, eller breddernes vegetation begynder at vokse.

Vandløbenes bunddyr er benyttet til at beregne vandløbenes forureningsgrad vha. Viborg-indexet. Forureningsgraden varierer fra I (praktisk talt uforurennet) i Horndrup Bæk til forureningsgrad IV (overordentlig stærkt forurennet) i Højvads Rende og Lillebæk. De fleste af vandløbene har forureningsgrad II-III. Den meget dårlige tilstand i 2 af vandløbene skyldes formentlig hårdhændet vandløbsvedligeholdelse og forurening med sprøjtegifte. Derimod synes forurening med iltforbrugende organisk stof at være af marginal betydning. I de fleste af vandløbene var der ingen fisk overhovedet. Kun i Horndrup Bæk var der en bestand af ørred af betydning.

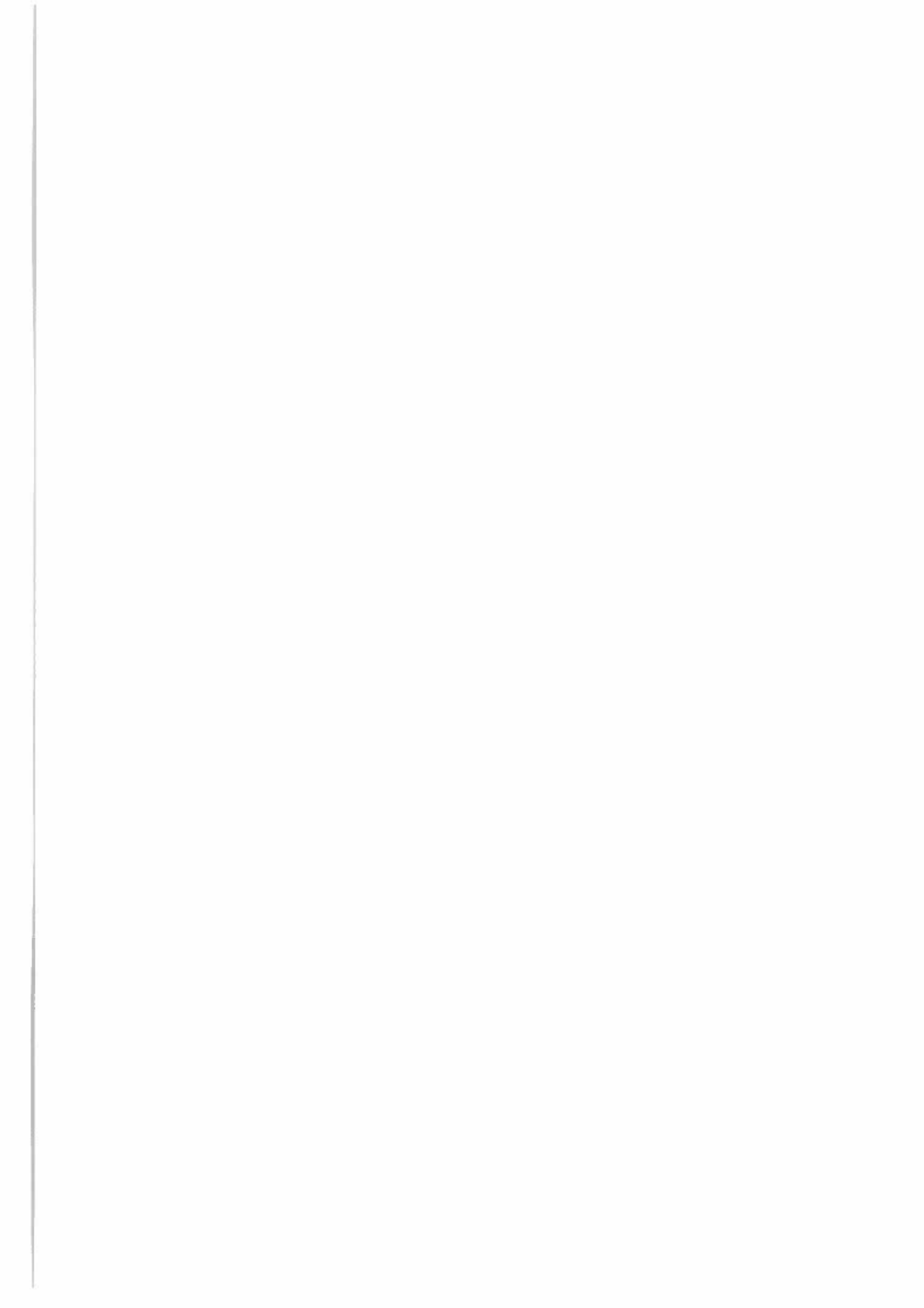
I et samarbejde mellem de berørte amtskommuner og Danmarks Miljøundersøgelser er der opbygget et "on line" monitoringsystem, der er designet til at give løbende information om iltindholdet og vandtemperaturen i vandløbene.

På baggrund af målingerne i 1990 kunne det konstateres, at alle de undersøgte vandløb havde gode iltforhold. I 95% af tiden lå iltindholdet over 5.9 mg/l og i 50% af tiden over 9.1 mg/l. Store udledninger af iltforbrugende organiske stoffer forekom ikke i nogen af vandløbene i undersøgelsesperioden.

Iltindholdets døgn- og årstidsvariation var ringe og kunne i hovedsagen tilskrives ændringer i vandtemperaturen. Kun i få af vandløbene viste iltkurven tegn på en fotosyntetisk iltproduktion. I disse vandløb måltes et iltmaksimum først på eftermiddagen og et minimum umiddelbart før solopgang. Den maksimale døgnsvingning var kun 4.85 mg O<sub>2</sub>/l.

De fysiske processer genluftning og tilstrømning af dræn- og grundvand og de biologiske processer fotosyntese og respiration modificerer det temperaturbestemte årstidsforløb af iltkurven. Af disse processer er fotosyntesen kun af marginal betydning, hvilket skyldes, at de undersøgte vandløb er stærkt beskyttede af urter og træer. Langt vigtigere er tilførslen af ilt fra atmosfæren (genluftning). Af den samlede ilttilførsel/-produktion kunne 92% tilskrives genluftning, mens de sidste 8% blev produceret af planterne i fotosyntesen.

Det beregnede totale iltforbrug i vandløbsvandet var stort. Da den anvendte beregningsmetode ikke tillader, at det reelle biologiske iltforbrug kan adskilles fra det abiotiske "fortyndingsbidrag", som optræder hvor tilstrømmende iltfattigt dræn og grundvand sænker iltindholdet, er det biologiske iltforbrug mindre end det målte.



## 11 Sammenstilling af vandkemidata fra rodzone, drænvand, grundvand og vandløb

I dette afsnit foretages en sammenstilling af vandkemi- og stoftransportdata for de forskellige medier. Sammenstillingen må ikke tages som en fuld kvantitativ sammenstilling, men som en foreløbig vurdering af næringsstoftransporter i landbrugsøkosystemer.

### 11.1 Nitratkoncentrationsniveau

*Koncentrationsniveauer afspejler vandets bevægelse*

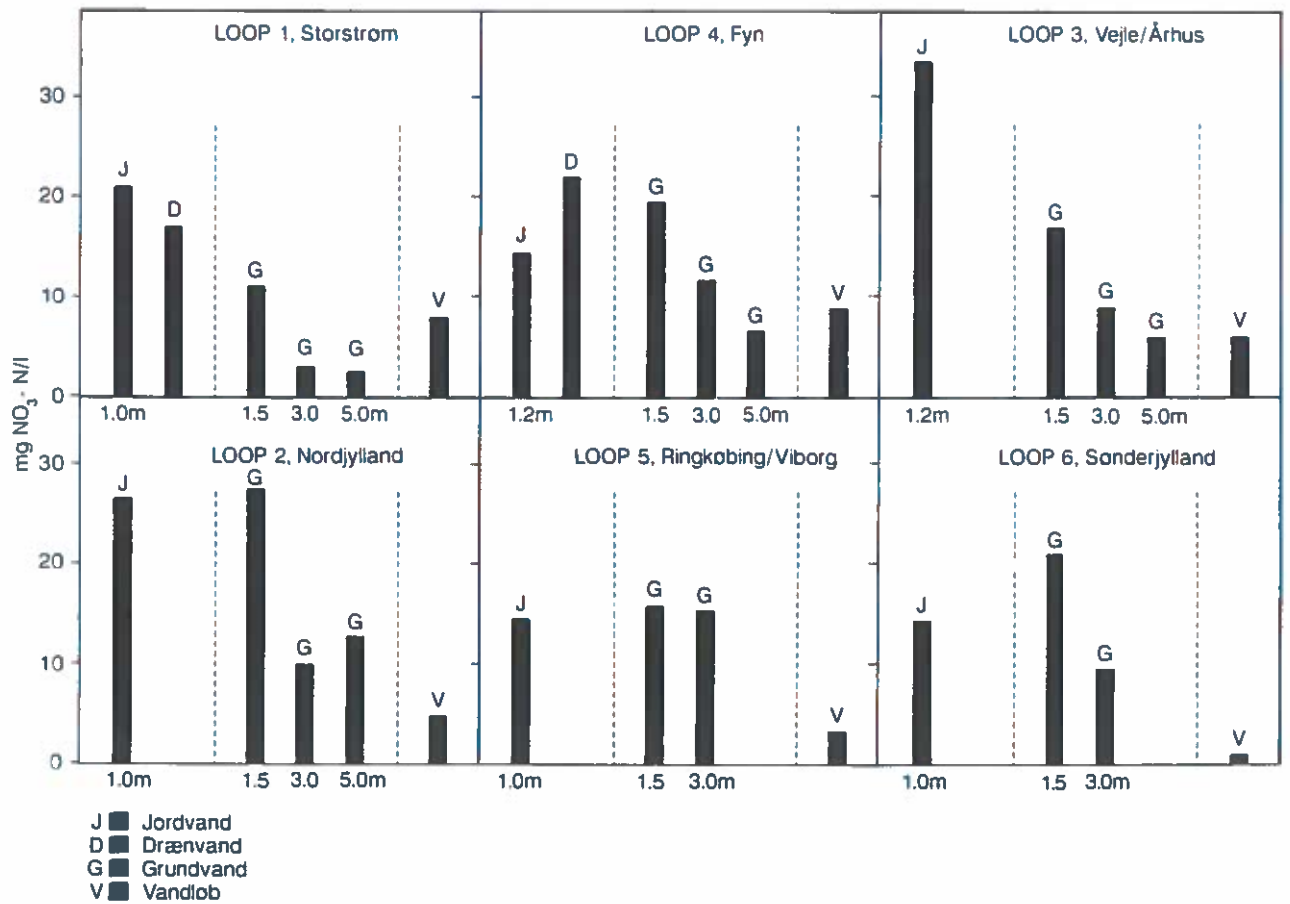
I Figur 11.1 er vist det gennemsnitlige koncentrationsniveau af nitrat-N for stationerne i de enkelte oplande i 1990. På grund af vandets transporttid i jord- og grundvand skal det bemærkes, at vandtyperne ikke nødvendigvis er af samme oprindelse i tid.

På lerjordsarealerne (LOOP 1, 4, 3) ses et jævnt aftagende koncentrationsniveau fra jordvand til drænvand og ned gennem det øvre grundvand. Det særlige forhold omkring jord- og drænvand i LOOP 4, Fyn, er beskrevet i afsnit 7.2.2.1. Vandløbsvandet har et koncentrationsniveau svarende til grundvandet i intervallet 1.5-5.0 m's dybde.

På sandjordsarealerne er koncentrationsniveauet i jordvandet og det øverste grundvand af samme størrelsesorden, mens vandløbsvandet har et koncentrationsniveau, der er væsentligt lavere end for grundvandet i 3-5 m's dybde.

Koncentrationsniveauet afspejler vandets bevægelsesmønster; på lerjorderne strømmer en stor del af overskudsnedbøren ud til vandløbene gennem dræn og øvre jordlag; mens på sandjorderne er der en dyberegående vandtransport, således at vandløbsvandet for en stor del består af grundvand af ældre dato. Under vandets bevægelse nedad i grundvandet vil der forekomme reduktion af nitrat, jævnfør beskrivelse af reduktionsgrænsen, afsnit 9.4.1.

I følgende afsnit er givet en summarisk beskrivelse af vand- og stoftransporter.



Figur 11.1 Niveau for nitratkoncentrationer (årsmedianværdier) for de forskellige medier i oplandene, 1990.

## 11.2 Vand- og stoftransporter

### Sammenligningsgrundlag

I Tabel 11.1 er vist en sammenstilling af måleresultater for vand- og stoftransporter igennem rodzonen, drænsystemer og til vandløbene. For jordvand og drænvand er der tale om gennemsnitsværdier fra målefelterne i de enkelte oplande, og ikke om oplandsdækkende værdier. For vandløbene er medtaget hovedvandløbsstationen. Transporten i dette punkt afspejler den totale afstrømning fra oplandet til vandløbet (*Kronvang og Thyssen, 1987*). Den heraf beregnede arealkoefficient er korrigeret for spredt bebyggelse og for naturarealer (ifølge afsnit 4.7.1); arealkoefficienten repræsenterer således det dyrkede opland.

### 11.2.1 Vandbalance

Det ses af Tabel 11.1, at i det tørre år 1989 var vandafstrømningen til vandløbene af samme størrelsesorden som nedsivningen fra rodzonen; mens i det følgende år var afstrømningen til vandløbene væsentligt mindre end nedsivningen fra rodzonen. Der må i 1990 være sket en opbygning af grundvandsmagasinet og eventuelt en grundvandsafstrømning.

Tabel 11.1 Afstrømning og næringsstofudvaskning fra dyrkede arealer. Gennemsnitsværdier for målestationerne i oplandene. Mængderne er angivet som uorganisk N og P for jordvand og total N og P for drænvand og vandløb.

| LOOP                    | Antal st. | Afstrøm. mm |     | N-udvask. kg N/ha |     | P-udvask. kg P/ha |      |
|-------------------------|-----------|-------------|-----|-------------------|-----|-------------------|------|
|                         |           | 89          | 90  | 89                | 90  | 89                | 90   |
| <b>Lerjorder:</b>       |           |             |     |                   |     |                   |      |
| <b>1. Storstrøm</b>     |           |             |     |                   |     |                   |      |
| Jordvand                | 6         | 60          | 254 | 14                | 48  | 0.10              | 0.34 |
| Drænvand                | 5         | 89          | 212 | 13                | 26  | 0.02              | 0.08 |
| Vandløb                 | hovedst.  | 73          | 168 | 8.7               | 23  | -                 | 0.08 |
| <b>4. Fyn</b>           |           |             |     |                   |     |                   |      |
| Jordvand                | 6         | 196         | 372 | 33                | 68  | 0.04              | 0.09 |
| Drænvand                | 4         | -           | 131 | -                 | 30  | -                 | 0.04 |
| Vandløb                 | hovedst.  | 129         | 199 | 16                | 32  | 0.06              | 0.26 |
| <b>3. Vejle/Århus</b>   |           |             |     |                   |     |                   |      |
| Jordvand                | 5         | 194         | 541 | 73                | 205 | 0.03              | 0.14 |
| Vandløb                 | hovedst.  | 214         | 338 | 20                | 38  | 0.21              | 0.45 |
| <b>Sandjorder:</b>      |           |             |     |                   |     |                   |      |
| <b>2. Nordjylland</b>   |           |             |     |                   |     |                   |      |
| Jordvand                | 6         | 197         | 347 | 93                | 115 | 0.02              | 0.04 |
| Vandløb                 | hovedst.  | 208         | 257 | 11                | 19  | 0.17              | 0.17 |
| <b>5. Ringk./Viborg</b> |           |             |     |                   |     |                   |      |
| Jordvand                | 8         | 423         | 672 | -                 | 118 | -                 | 0.05 |
| Vandløb                 | hovedst.  | -           | 398 | -                 | 17  | -                 | 0.29 |
| <b>6. Sønderjylland</b> |           |             |     |                   |     |                   |      |
| Jordvand                | 8         | 239         | 623 | -                 | 121 | -                 | 0.07 |
| Vandløb                 | hovedst.  | -           | 453 | -                 | 7.9 | -                 | 0.43 |

- Vandløb: - arealkoefficienten beregnet ved hovedstationen.
- arealkoefficienten repræsenterer det dyrkede areal, idet der er korrigeret for spredt bebyggelse og for naturarealer med en konstant værdi for baggrundsbidraget (afsnit 4.7.1).
- ved LOOP 5, Ringkøbing/Viborg er der ikke korrigeret for spredt bebyggelse.
- Drænvand: - af dyrket areal ca. 70% drænet i LOOP 1 og 50% ved LOOP 4.

## 11.2.2 Kvælstofafstrømning

### N-afstrømning til vandløbene

Som omtalt i tidligere afsnit var der en væsentlig større udvaskning i 1990 end i 1989. Med hensyn til kvælstofafstrømningen til vandløbene udgjorde denne i 1990 gennemsnitlig 28 kg N/ha år<sup>-1</sup> for de to lerjordsoplande LOOP 1 og 4, 38 kg N/ha år<sup>-1</sup> for lerjordsoplandet LOOP 3, og gennemsnitlig 15 kg N/ha år<sup>-1</sup> for de 3 sandjordsoplande LOOP 2, 5 og 6. Disse mængder svarer til henholdsvis 47%, 19% og 12% af udvaskningen fra rodzonen.

### N-udledning via drænsystemer

For de to lerjordsoplande LOOP 1 og LOOP 4 foregår en del af afstrømningen til vandløbene via drænsystemer. I afsnit 7.6.3 blev det nævnt, at ca. 70% af det dyrkede areal er drænet i LOOP 1 og



*Flerårs målinger  
nødvendige*

ca. 50% i LOOP 4. Såfremt drænvandsmålingerne kan tages for repræsentative for det drænedede areal, kan det beregnes, at N-udvaskningen fra drænsystemer i 1990 udgjorde henholdsvis 86% og 50% af den totale afstrømning til vandløbene i LOOP 1 og LOOP 4.

Opgørelserne er foretaget på basis af 1-2 års målinger. I sandjordsoplandene kan der være mange års forsinkelse i N-afstrømningen til vandløbene i forhold til udvaskningen fra rodzonen. I lerjordsoplande, og specielt i områder med detailldræning, vil denne forsinkelse være af langt mindre varighed. Ovennævnte sammenstillinger må nødvendigvis baseres på en længere årrække, for at kunne anvendes til en beskrivelse af den tidslige variation.

### 11.2.3 Fosforafstrømning

Fosforafstrømningen fra dyrkede arealer til vandløbene er i denne opgørelse fremkommet ved korrektion for spredt bebyggelse. Fosforafstrømningen er usikkert bestemt på grund af den manglende viden om dette bidrag. De i beregningen anvendte spildevandsbidrag er skønnede størrelser, og disse udgør en forholdsvis stor andel af den totale P-transport i vandløbene. Det kan antages, at spildevandsbidraget overvejende er til stede som opløst P. Det i beregningen anvendte spildevandsbidrag udgør da omtrent hele den opløste fosforfraktion i vandløbene, og i nogle tilfælde er spildevandsbidraget endog større. Der er således grund til at antage at spildevandsbidraget er overvurderet; og udvaskning af opløst fosfor fra dyrkningsarealer kan ikke bestemmes. Den i Tabel 11.1 angivne arealkoefficient må overvejende bestå af ikke-opløst fosfor (partikulært fosfor). Dette kan stamme fra overfladisk afstrømning, udvaskning gennem dræn og intern erosion i vandløbene. Der vil således være behov for integrerede og mere intensive undersøgelser for at kvantificere bidragene fra forskellige kilder til vandløbene.

### 11.3 Sammenfatning

På lerjordsarealer strømmer en stor del af overskudsnedbøren ud til vandløbene via dræn og øvre jordlag; mens på sandjorderne er der en dyberegående vandtransport, således at vandløbsvandet her overvejende består af grundvand af ældre dato.

I 1990 udgjorde N-afstrømningen fra dyrkede arealer til vandløbene gennemsnitlig 28 kg N/ha år<sup>-1</sup> for de to lerjordsoplande med intensiv dræning (LOOP 1 og 4), 38 kg N/ha år<sup>-1</sup> for lerjordsoplandet med naturlig afdræning (LOOP 3) og ca. 15 kg N/ha år<sup>-1</sup>

for de 3 sandjordsoplande. Disse mængder svarer til ca. 47%, 19% og 12% af udvaskningen fra rodzonen i 1990.

Bestemmelse af fosforudvaskning fra dyrkningsarealer er usikker på grund af manglende viden om bidrag fra spildevand og spredt bebyggelse.



## 12 Referencer

*Alberts, E.E., Burwell, P.E. & Schuman, G.E. (1977):* Soil nitrate-nitrogen determined by coring and solution extraction techniques. *Soil Sci. Am. J.* 41: 90-92.

*Allerup, P. & Madsen, H. (1979):* Accuracy of point precipitation measurements. Meteorological Institute, Climatological Papers No. 5, Copenhagen. 84 pp.

*Behmer, D.J. & Hawkins, C.P. (1986):* Effects of overhead canopy on macroinvertebrate production in a Utah stream. *Fresh.Biol.* 16: 287-300.

*Beier, C., Butts, M., von Freisleben, N.E., Høgh Jensen, K. & Rasmussen, L. (1989):* Monitoring of soil water chemistry and Ion Fluxes in Forests, p. 63-137. I "Methods for Integrated Monitoring in the Nordic countries". Nordisk Minister Råd, Nord 1989:68.

*Biggs, B.J.F. & Close, M.E. (1989):* Periphyton biomass dynamics in gravel bed rivers: the relative effects of flows and nutrients. *Fresh. Biol.* 22: 209-231.

*Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Jensen, C. & Nielsen, H. (1990):* Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1989. Landovervågningsoplande - Næringsstofudvaskning fra rodzonen. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU, nr. 6 (hovedrapport + bilagsrapport).

*Bothwell, M.L. (1989):* Phosphorus-limited growth dynamics of lotic periphytic diatom communities; areal biomass and cellular growth rate responses. *Can. J. Fish.Aquat. Sci.* 46: 1293-1301.

*Cuker, B.E. (1983):* Grazing and nutrients interactions in controlling the activity and composition of epilithic algal community of and actic lake. *Limnol. Oceanogr.* 28: 133-141.

*Cummins, K.W. (1975):* Macroinvertebrates. In: Whitton B.A. (ed.), *River Ecology*. University of California Press, Berkeley, California. 170-229 pp.

*DGU (1989 a):* Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 1 Højvads Rende. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 49, 187 pp + bilag.

*DGU (1989 c):* Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 3 Horndrup Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 51, 201 pp + bilag.

DGU (1989 b): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Land-overvågningsoplande LOOP 2 Odder Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 50, 185 pp + bilag.

DGU (1989 f): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Land-overvågningsoplande LOOP 6 Bolbro Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 54, 219 pp + bilag.

DGU (1989 e): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Land-overvågningsoplande LOOP 5 Barslund Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 53, 219 pp + bilag.

DGU (1989 d): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Land-overvågningsoplande LOOP 4 Lillebæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 52, 172 pp + bilag.

Djurhuus, J. (1990): Sammenligning af nitrat i jordvand udtaget ved sugekopper og ekstrakteret fra jordprøver. Tidsskrift for Planteavl 94: 487-495.

Dyhr-Nielsen, M., Hansen, E., Holter, V., Krag-Andersen, K., Gravensten, P. & Iversen, T.M. (1991): Kvælstof og fosfor i jord og vand - Transport, omsætning og effekt. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen. Samlerapport 1991.

Edwards, R.W. & Owens, M. (1965): The oxygen balance of streams, pp 149-172. In Goodman G.T., Edwards, R.W. & Lambert, J.M. (eds.), Ecology and the industrial society. Symp. Br. Ecol. Soc. 5. Blackwell.

Erlandsen, M. & Thyssen, N. (1982): Modelling the community oxygen production in lowland streams dominated by submerged macrophytes. I: Lavenroth, W.K., Skogerboe, G.V. and Flug, M. (eds.): Analysis of Ecological Systems: State-of-the-Art in Ecological Modelling. Developments in Environmental Modelling 5: 855-860.

Feminella, J.W., Power, M.E. & Resh, V.H. (1989): Periphyton responses to invertebrate grazing and riparian canopy in three northern California coastal streams. Fresh.Biol. 22: 445-457.

Fisher, S.G., Gray, L.J., Grimm, N.B.S. & Bush, D.E. (1982): Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding. Ecological Monographs 52: 903-1010

Fredericia, J. & Nyegaard, P. (1989): Hydrogeologisk kortlægning. Højvads Rende (1411 I NV,SV). Danmarks Geologiske Undersøgelse. - Intern rapport nr. 43-1989, 20 pp + bilag.

*Fyns Amtskommune (1991): Vandmiljøovervågning. Det særlige landovervågningsopland 1990, 140 pp.*

*Fyns Amtskommune (1990): Vandmiljøovervågning. Det særlige landovervågningsopland 1989, 140 pp.*

*Grant, R. & Blicher-Mathiesen, G. (1990): Udtagning af jordvandsprøver. Sugecellernes funktion. Landovervågningsprogram. - Teknisk anvisning fra DMU, nr. 1, 22 pp + bilag.*

*Hansen, J.F., Sibbesen E., Kjellerup V., Christensen, B.T., Sommer, S.G., Larsen, K.E. & Thomsen, I.K. (1989): Husdyrgødning og dens anvendelse. Tidsskrift for Planteavl Specialserie, beretning nr. S 1809, 150 pp.*

*Hansen, B. (1990 a): Næringsstofudvaskning fra arealer i landbrugsdrift. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. A8, 48 pp.*

*Hansen, B., Djurhuus, J., Christensen, N., Jacobsen, O.S. & Hoffmann C.C. (1991): Analyse af jordvands sammensætning - metodesammenligning. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A17, 64 pp.*

*Hansen, L. & Pedersen, E.F. (1985): Drænvandsundersøgelser 1971-74. Tidsskrift for Planteavl 79: 670-688.*

*Hansen, B. (1986): Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til vandløb fra landbrugsområder: Gjelbæk og Rabis Bæk. Rapport til Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium.*

*Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E. og Svendsen, H. (1990): DAISY - A soil plant system model. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. A 10. 272 pp.*

*Hansen E. (1990 b): Overgødsning i dansk landbrug. Ugeskrift for jordbrug 35/36: 567-569.*

*Hedeselskabet (1989 a): Landovervågningsoplandet Højvads Rende LOOP 1. Afleveringsrapport H.U., Hedeselskabet. 23 pp + bilag.*

*Hedeselskabet (1989 b): Landovervågningsoplandet Odder Bæk LOOP 2. Afleveringsrapport. H.U., Hedeselskabet. 22 pp + bilag.*

*Hedeselskabet (1989 d): Landovervågningsoplandet Lillebæk LOOP 4. Afleveringsrapport. H.U. Hedeselskabet. 18 pp + bilag.*

*Hedeselskabet (1989 c): Landovervågningsoplandet Horndrup Bæk LOOP 3. Afleveringsrapport. H.U., Hedeselskabet. 22 pp + bilag.*

*Iversen, T.M., Jeppesen, E., Jensen, K.S. & Thorup, J. (1984): Økologiske konsekvenser af reduceret vandføring i Susåen. Bind 1: Den biologiske struktur. Miljøstyrelsen.*

*Iversen, T.M., Thorup, J., Kjeldsen, K. & Thyssen, N. (1991):* Spring bloom development of microbenthic algae and invertebrates in two reaches of a small lowland stream with contrasting sediment stability. *Fresh. Biol.* 26: 186-198.

*Iversen, T.M., Thorup, J., Thyssen, N., Kjeldsen, K., Nielsen, L.P., Lund-Thomsen, P., Nielsen, N.B., Pedersen, C., & Winding, T. (1990):* Biologisk struktur i småvandløb. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr C7.

*Jacobsen, O.S., Larsen, H.V. & Andreassen, L. (1990 a):* Geokemiske processer i et grundvandsmagasin. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. B10.

*Jacobsen, O.S. & Vinther, F. P. (1990b):* Grundvandsbelastning fra to landbrug på sandjord. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. B11.

*Jacobsen, O.H. (1989):* Umættet hydraulisk ledningsevne i nogle danske jorde. Metode og jordtypekarakterisering. *Tidsskrift for Planteavl specialserie*, S 2030.

*Jazwinski, A.H. (1970):* Stochastic processes and filtering theory. Academic Press, New York.

*Jensen, N.H. & Madsen, H.B. (1990):* Jordprofilundersøgelse i Vandmiljøplanens landovervågningsoplande. Statens Planteavlsforsøg. Afd. for Arealdata for Kortlægning, 17 pp + bilag.

*Kelly, M.G., Thyssen, N. & Moeslund, B. (1982):* Light and the annual variation of oxygen - and carbonbased measurements of productivity in a macrophyte dominated river. *Limnol. Oceanogr.* 28: 503-515.

*Kristiansen, H., Brüsck, W., Gravesen, P. & Genders, S. (1990):* Transport og omsætning af N og P i Rabis Bæks opland. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. B5.

*Kronvang, B. & Thyssen, N. (1987):* Transport af kvælstof i vandløb. *Vand og Miljø* nr. 3: 111-114.

*Kronvang, B. & Rebsdorf, Aa. (1988):* Overvågningsprogram. Vandkvalitet i vandløb. Prøvetagning og analysemetoder. Publikation nr. 91 fra Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 20 pp.

*Kronvang, B., Græsbøll, P., Erlandsen, M., Rebsdorf, Aa., Kristensen, P., Mortensen, E.:* Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Ferske vandområder. Vandløb og kilder. - Faglig rapport fra DMU, nr. 37.

*Kunze, R.J., Vehara, G. & Graham, K. (1968):* Factors important in the calculations of hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32: 760-765.

*L.I.K. (1990): Håndbog for Plantedyrkning 1989-90. Landbrugets informationskontor.*

*Landbrugsministeriet (1990): Plantedirektoratet. Rapport om overvågning af sædskifter og gødningsplaner samt grønne marker i jordbruget i 1989.*

*Landbrugsstatistik (1990): Danmarks Statistik, oktober 1991.*

*Laursen, B. (1987): Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. Landhusholdningsselskabets Forlag, København.*

*Marker, A.F.H. (1976): The benthic algae of some streams in southern England. I. Biomass of epilithon in some small streams. J. Ecology 64: 343-358.*

*McAuliffe J.R. (1984): Resource depression by a stream herbivore: effects in distribution and abundances of other grazers. Oikos 42: 327-333.*

*Miljøstyrelsen (1989): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Miljøprojekt 115, 64 pp.*

*Mogensen, B.B. & Spliid, N.H. (1991): Udvaskning af pesticider fra landbrugsjord. 8. Danske Planteværnskonference 1991. Pesticider/miljø.*

*Morrison, R.D. (1982): A modified vacuum pressure lysimeter for soil water sampling. Soil Sci., 134 (3): 206-210.*

*Nielsen, H., Blicher-Mathiesen, G., Erlandsen, M. & Jensen, C. (1991): Modelberegning af den regionale kvælstofudvaskning. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU, nr. 16.*

*Nielsen, H. (1990): Kvælstofstrømme i dansk landbrug 1980-88. Faglig rapport fra DMU, nr. 3, pp 46.*

*Nordjyllands Amtskommune (1991): Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Udvaskning fra rodzonen. Maj 1991. 10 pp + bilag.*

*Nordjyllands Amtskommune (1991): Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Interviewundersøgelsen. Maj 1991. 10 pp + bilag.*

*Nordjyllands Amtskommune (1990): Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Maj 1990, 41 pp + bilag.*

*Odum, H.T. (1956): Primary production in flowing waters. Limnol Oceanogr. 1: 102-117.*

*Olesen, J.E. (1990): Klima til Landovervågningsoplande m.v., Statens Planteavlsvforsøg, Afd. for Jordbrugsmeteorologi. 4 pp.*



*Olesen, J.E. & Heidmann, T. (1990):* Evacrop. Statens Planteavlsforsøg. Afd. for Jordbrugsmeteorologi, 65 pp.

*Petersen, E.F. (1983):* Drænvandsundersøgelser 1971-81. Tidsskrift for Planteavls Specialserie S 1667, 53 pp.

*Postma, D. & Boesen, C.T. (1990):* Nitratreduktionsprocesser i Rabis hedesletteaquifer. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. B8.

*Rasmussen, P. & Gosk, E. (1990):* Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Grundvand i Landovervågningsoplandene. Danmarks Geologiske Undersøgelse. - Intern rapport nr. 47 -1990, 24 pp + bilag.

*Rebsdorf, Aa., Søndergaard, M. & Thyssen, N. (1988):* Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand - særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder. Teknisk rapport nr.21 og publikation nr. 98 fra Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium.

*Ringkøbing/Viborg Amtskommune (1991):* Vandmiljøovervågning. Årsrapport for landovervågning nr.5 Barslund Bæk 1990.

*Ringkøbing/Viborg Amtskommune (1990):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Maj 1990, 227 pp + bilag.

*Sand-Jensen, K., Møller, J. & Olesen, B.H. (1988):* Biomass regulation of microbenthic algae in Danish lowland streams. *Oikos* 53: 332-340.

*Sibbesen, E. (1990):* Kvælstof, fosfor og kalium i foder, animalsk produktion og husdyrgødning i dansk landbrug i 1980'erne. Tidsskrift for Planteavls Specialserie, beretning nr. S 2054, 21 pp.

*Simonsen, J.F. (1974):* Oxygen fluctuations in streams - licentiatafhandling, Lab. for Teknisk Hygiegne, DTH, København.

*Storstrøms Amtskommune (1990):* Vandmiljøovervågning. LOOP 1-Højvads Rende. Afrapportering 1. maj 1990, 160 pp.

*Storstrøms Amtskommune (1990):* Vandmiljøovervågning. Grundvandsmonitering. Grundvandsmoniteringsområde 35.11 Vesterborg. Storstrøms Amtskommune, maj 1990.

*Storstrøms Amtskommune (1991):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning, LOOP 1 - Højvads Rende, 1989 og 1990, 148 pp + bilag.

*Sønderjyllands Amtskommune (1991):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Maj 1991.

*Sønderjyllands Amtskommune (1990):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning. April 1990, 16 pp + bilag.

*Sønderjyllands Amtskommune (1990): Vandmiljøovervågning. Teknisk rapport. Grundvand. Maj 1990.*

*Thyssen, N., Erlandsen, M., Kronvang, B. & Svendsen, L.M. (1990): Vandløbsmodeller - biologisk struktur og stofomsætning. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, nr C10.*

*Thyssen, N. & Erlandsen, M. (1987): Reaeration of oxygen in shallow macrophyte dominated streams: II - Relationships between the reaeration rate coefficient and hydrolic properties. Inst. Rev. ges. Hydrobiol. 72: 575-597.*

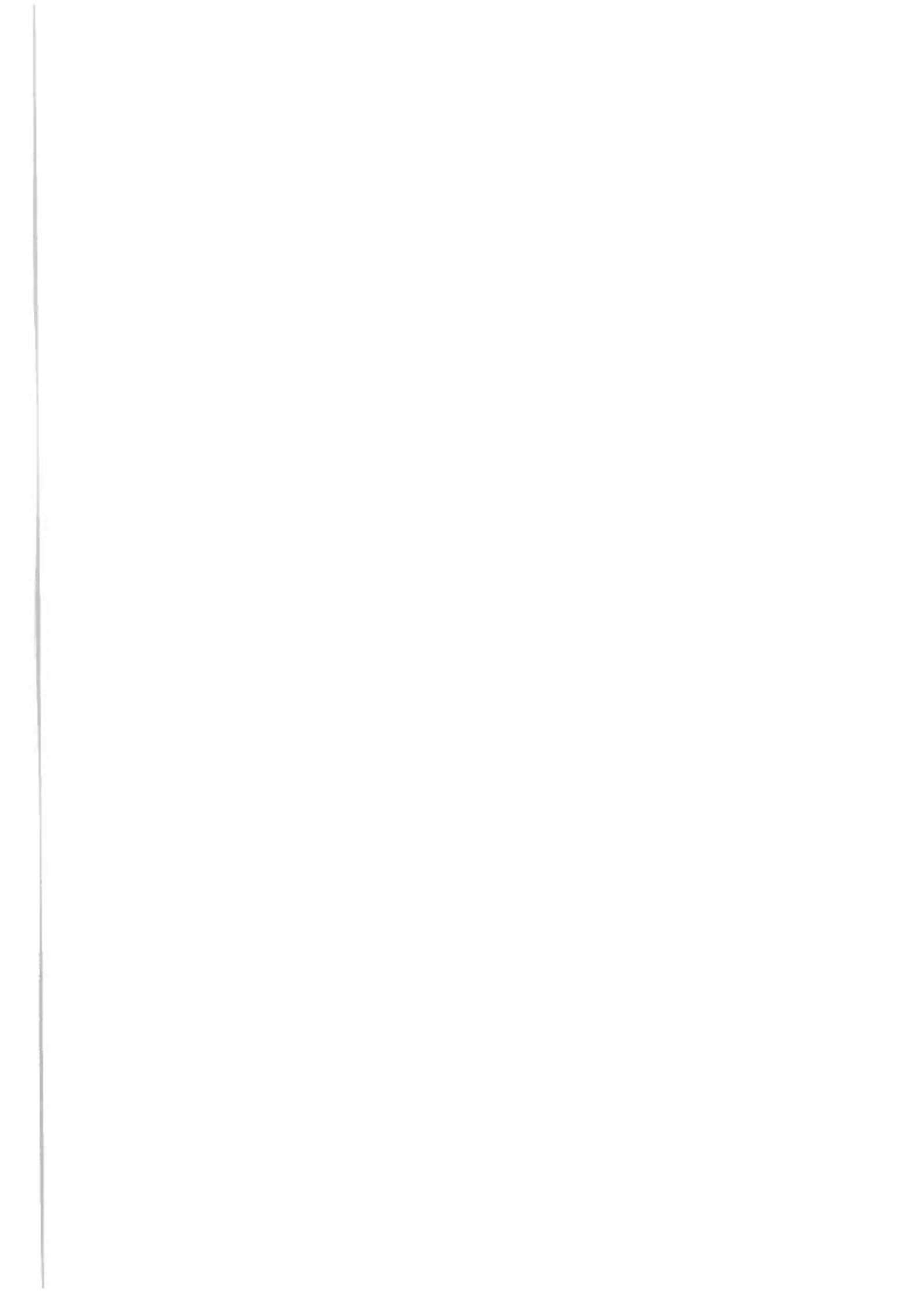
*Thyssen, N. (1981): Effekten af fysisk/kemiske og biologiske processer på et makrofytrigt vandløbs oxygenbalance, med særlig relation til de oxygentilførende processer: Genluftning og fotosyntese. Ph.D. thesis. Botanisk Institut, Århus Universitet, 240 pp.*

*Vejle Amtskommune (1990): Vandmiljøovervågning. Landovervågning - Horndrup Bæk. Landbrugsdrift og næringsstofudvaskning 1990, 53 pp.*

*Vejle Amtskommune (1991): Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Horndrup Bæk - afrapportering af resultater for 1990, 31 pp + bilag.*

*Århus Amtskommune (1991): Horndrup Bæk (LOOP 3) Stoftransport og Vandløbsbiologi.*

*Århus Amtskommune (1990): Horndrup Bæk (LOOP 3) 1988-89. Stoftransport og Vandløbsbiologi, 137 pp.*



## Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne.

## LOOP 1

| St. | Jb. nr. | År   | Brugs-<br>type    | DE/ha | Afgrøde       | N-tilf.<br>(kg/ha) |                  | P-tilf.<br>(kg/ha) |     |
|-----|---------|------|-------------------|-------|---------------|--------------------|------------------|--------------------|-----|
|     |         |      |                   |       |               | Ha                 | Hu               | Ha                 | Hu  |
| 101 | 6       | 1988 | plante            |       | ærter/vi.hv.  |                    |                  |                    |     |
|     |         | 1989 | -                 | 0     | vi.hv.        | 205                |                  | 25                 |     |
|     |         | 1990 | -                 | 0     | roer          | 128                |                  | 38                 |     |
| 102 | 7       | 1988 | plante            |       | vi.hv./vi.hv. | 183                |                  | 22                 |     |
|     |         | 1989 | -                 | 0     | vi.hv.        | 156                |                  | 19                 |     |
|     |         | 1990 | -                 | 0     | roer          | 120                |                  | 38                 |     |
| 103 | 6       | 1988 | plante            |       | roer          | 140                |                  | 27                 |     |
|     |         | 1989 | -                 | 0     | vårbyg        | 160                |                  | 50                 |     |
|     |         | 1990 | -                 | 0     | vårbyg        | 66                 |                  |                    |     |
| 104 | 6       | 1988 | svin              |       | roer          | 140                | 304 <sup>F</sup> | 17                 | 120 |
|     |         | 1989 | -                 | 0.5   | vårbyg/vi.hv. | 101                |                  | 12                 |     |
|     |         | 1990 | -                 | 0.2   | vi.hv.        | 205                | 60 <sup>F</sup>  | 32                 | 13  |
| 105 | 6       | 1988 | pl. <sup>1)</sup> |       | vårbyg        | 23                 |                  | 4                  |     |
|     |         | 1989 | -                 | 0     | roer          | 116                |                  | 22                 |     |
|     |         | 1990 | -                 | 0     | roer/vi.hv.   | 100                |                  | 30                 |     |
| 106 | 6       | 1988 | plante            |       | vi.hv.        | 208                |                  | 25                 |     |
|     |         | 1989 | -                 | 0     | roer          | 119                |                  | 52                 |     |
|     |         | 1990 | -                 | 0     | vi.hv./vi.hv. | 196                |                  | 33                 |     |

1) 1982-87 gødet med 30-40 t. staldgødning (kvæg)

## LOOP 2

| St. | Jb. nr. | År   | Brugs-<br>type | DE/ha | Afgrøde       | N-tilf.<br>(kg/ha) |                  | P-tilf.<br>(kg/ha) |    |
|-----|---------|------|----------------|-------|---------------|--------------------|------------------|--------------------|----|
|     |         |      |                |       |               | Ha                 | Hu               | Ha                 | Hu |
| 201 | 4       | 1988 | kvæg           |       | vårbyg + udl. | 82                 | 173 <sup>E</sup> |                    | 30 |
|     |         | 1989 | -              | 2.0   | vårbyg + udl. | 107                | 140 <sup>E</sup> |                    | 24 |
|     |         | 1990 | -              | 1.9   | roer          | 108                | 230 <sup>E</sup> |                    | 35 |
| 202 | 1       | 1988 | kvæg           |       | roer          | 82                 | 28 <sup>E</sup>  |                    | 35 |
|     |         | 1989 | -              | 2.0   | roer          | 92                 | 234 <sup>F</sup> |                    | 35 |
|     |         | 1990 | -              | 1.9   | vårbyg + udl. | 82                 | 140 <sup>F</sup> | 21 <sup>G</sup>    | 20 |
| 203 | 1       | 1988 |                |       | vårbyg        | 135                |                  | 20                 |    |
|     |         | 1989 | kv+sv.         | 1.1   | vårbyg        | 84                 | 165 <sup>E</sup> | 14                 | 20 |
|     |         | 1990 | svin           | 1.0   | vårbyg        | 74                 | 165 <sup>F</sup> |                    | 20 |
| 204 | 1       | 1988 | kvæg           |       | ærter         |                    | 130 <sup>E</sup> |                    | 16 |
|     |         | 1989 | -              | 2.3   | roer          | 55                 | 150 <sup>F</sup> | 104 <sup>E</sup>   | 72 |
|     |         | 1990 | -              | 2.3   | vårbyg + udl. | 90                 | 194 <sup>E</sup> | 41 <sup>F</sup>    | 26 |
| 205 | 3       | 1988 | kvæg           |       | ærter/vi.hv.  | 14                 |                  | 16                 |    |
|     |         | 1989 | -              | 1.6   | vi.hv. + udl. | 154                | 140 <sup>E</sup> | 11                 | 16 |
|     |         | 1990 | -              | 1.3   | græs          | 402                | 220 <sup>F</sup> | 8                  | 26 |
| 206 | 1       | 1988 | kv+sv.         |       | vi.hv.        | 189                |                  | 16                 |    |
|     |         | 1989 | -              | 1.9   | ærter/vi.hv.  | 12                 |                  | 36                 |    |
|     |         | 1990 | -              | 1.7   | vi.hv.        | 184                |                  | 8                  |    |

Ha = handelsgødning, Hu = husdyrgødning

F = forår

E = efterår

G = græsning

## Bilag I.2

### LOOP 3

| St. | Jb. nr. | År                   | Brugs-type | DE/ha | Afgrøde          | N-tilf. (kg/ha) |                  | P-tilf. (kg/ha) |                 |
|-----|---------|----------------------|------------|-------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|     |         |                      |            |       |                  | Ha              | Hu               | Ha              | Hu              |
| 301 | 6       | 1988                 | kvæg       |       | vi.byg + udl.    | 144             |                  | 12              |                 |
|     |         | 1989                 | -          | 0.5   | kløv.græs/vi.hv. | 147             | 138 <sup>E</sup> | 9               | 16 <sup>E</sup> |
|     |         | 1990                 | -          | 0.5   | vi.hv./vi.byg    | 165             | 138 <sup>E</sup> |                 | 16 <sup>E</sup> |
| 302 | 6       | 1988                 | kvæg       |       | ærter/vi.hv.     | 170             |                  |                 |                 |
|     |         | 1989                 | -          | 1.1   | vi.hv.           | 99              |                  |                 |                 |
|     |         | 1990                 | -          | 1.3   | vårbyg + udl.    |                 |                  |                 |                 |
| 303 | 6       | 1988                 | svin       |       | vårbyg           | 119             |                  |                 |                 |
|     |         | 1989                 | -          | 0.6   | vårraps/vi.hv.   | 168             |                  | 42              |                 |
|     |         | 1990                 | -          | 0.5   | vi.hv./vi.byg    | 188             |                  | 22              |                 |
| 304 | 7       | 1988                 | plante     |       | vårbyg/vi.byg    | 89              |                  | 10              |                 |
|     |         | 1989                 | -          | 0     | vi.byg/vi.raps   | 164             |                  | 31              |                 |
|     |         | 1990                 | -          | 0     | vi.raps/vi.hv.   | 209             |                  | 23              |                 |
| 305 | 6       | 1988                 | kv+sv.     |       | havre            |                 | 116 <sup>F</sup> |                 | 30 <sup>F</sup> |
|     |         | 1989                 | -          | 0.7   | vårbyg+ært/vi.hv |                 | 116 <sup>F</sup> |                 | 30 <sup>F</sup> |
|     |         | 1990                 | -          | 1.0   | vi.hv.           |                 | 70 <sup>F</sup>  |                 | 18 <sup>F</sup> |
| 306 | 6       | 1988<br>1989<br>1990 |            |       | skov             |                 |                  |                 |                 |

### LOOP 4

| St. | Jb. nr. | År   | Brugs-type         | DE/ha | Afgrøde          | N-tilf. (kg/ha) |                  | P-tilf. (kg/ha) |                 |
|-----|---------|------|--------------------|-------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|     |         |      |                    |       |                  | Ha              | Hu               | Ha              | Hu              |
| 401 | 7       | 1988 | plante             |       | vårbyg           | 119             |                  | 11              |                 |
|     |         | 1989 | -                  | 0     | vårbyg           | 119             |                  | 11              |                 |
|     |         | 1990 | kvæg <sup>1)</sup> | 2.9   | roer             | 168             |                  | 49              |                 |
| 402 | 6       | 1988 | svin               |       | vi.byg/vi.raps   | 172             |                  | 21              |                 |
|     |         | 1989 | -                  | 0.5   | vi.raps/vi.hv.   | 205             |                  | 25              |                 |
|     |         | 1990 | -                  | 0.5   | vi.hv.           | 175             |                  | 21              |                 |
| 403 | 6       | 1988 | svin               |       | vi.hv.           | 150             | 150 <sup>E</sup> | 18              | 48 <sup>E</sup> |
|     |         | 1989 | -                  | 0.5   | ært(kons)/vi.hv. |                 | 150 <sup>E</sup> | 15              | 48 <sup>E</sup> |
|     |         | 1990 | -                  | 0.5   | vi.hv.           | 160             |                  | 8               |                 |
| 404 | 6       | 1988 | pl. <sup>2)</sup>  |       | vårbyg           | 115             |                  | 15              |                 |
|     |         | 1989 | -                  | 0     | vårbyg + udl.    | 99              |                  | 20              |                 |
|     |         | 1990 | -                  | 0     | vårraps/vi.hv.   | 164             |                  | 29              |                 |
| 405 | 6       | 1988 | kvæg               | 0.5   | vi.hv.           | 140             | 212 <sup>E</sup> | 18              | 39 <sup>E</sup> |
|     |         | 1989 | -                  | 0.5   | roer             | 102             |                  | 4               |                 |
|     |         | 1990 | plante             | 0     | vårbyg           | 107             |                  | 26              |                 |
| 406 | 6       | 1988 | kvæg               |       | majs/grønmark    | 74              |                  |                 |                 |
|     |         | 1989 | -                  | 1.4   | majs/grønmark    | 71              | 310 <sup>F</sup> | 23              | 40 <sup>F</sup> |
|     |         | 1990 | -                  | 1.4   | majs/grønmark    | 103             | 310 <sup>F</sup> |                 | 40 <sup>F</sup> |

1) Ny forpagter. Husdyrholdet ikke medregnet i gennemsnit for stationsmarkerne i 1990.

2) Kvægbrug indtil 1986

Ha = handelsgødning, Hu = husdyrgødning

F = forår

E = efterår

G = græsning

## LOOP 5

## Bilag I.3

| St. | Jb. nr. | År   | Brugs-type | DE/ha | Afgrøde       | N-tilf. (kg/ha) |                  | P-tilf. (kg/ha) |                 |
|-----|---------|------|------------|-------|---------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|     |         |      |            |       |               | Ha              | Hu               | Ha              | Hu              |
| 501 | 1       | 1988 | kv.+sv     |       | roer          | 144             | 252 <sup>F</sup> |                 | 64 <sup>F</sup> |
|     |         | 1989 | -          | 0.6   | ærter/vi.hv.  |                 |                  |                 | 94 <sup>E</sup> |
|     |         | 1990 | -          | 0.6   | vi.hv.        | 137             | 370 <sup>E</sup> | 26              |                 |
| 502 | 1       | 1988 | kv.+sv     |       | kløvergræs    | 198             |                  | 22              |                 |
|     |         | 1989 | -          | 0.6   | kartofler     | 172             |                  | 30              |                 |
|     |         | 1990 | -          | 0.6   | ærter         |                 |                  |                 |                 |
| 503 | 1       | 1988 | kvæg       |       | vårbyg        | 119             |                  | 22              |                 |
|     |         | 1989 | -          | 0.3   | vårbyg        | 134             |                  | 6               |                 |
|     |         | 1990 | -          | 0.4   | kartofler     | 119             |                  | 29              |                 |
| 504 | 1       | 1988 | kvæg       |       | helsød        | 331             |                  | 56              |                 |
|     |         | 1989 | -          | 1.4   | kartofler     | 212             | 74 <sup>E</sup>  |                 | 1 <sup>E</sup>  |
|     |         | 1990 | -          | 1.4   | roer          | 176             | 247 <sup>F</sup> |                 | 51 <sup>F</sup> |
| 505 | 1       | 1988 | kvæg       |       | vårbyg        | 127             |                  |                 |                 |
|     |         | 1989 | -          | 1.3   | kartofler     | 213             | 40 <sup>F</sup>  |                 | 9 <sup>F</sup>  |
|     |         | 1990 | -          | 1.2   | ærter/vi.byg  |                 |                  |                 |                 |
| 506 | 1       | 1988 | plante     |       | vårbyg        | 152             |                  |                 |                 |
|     |         | 1989 | -          | 0     | vårbyg + udl. | 152             |                  |                 |                 |
|     |         | 1990 | -          | 0     | vårbyg + udl. | 139             |                  |                 |                 |
| 507 | 1       | 1988 | plante     |       | vårbyg        | 117             |                  |                 |                 |
|     |         | 1989 | -          | 0     | vårbyg        | 117             |                  |                 |                 |
|     |         | 1990 | -          | 0     | vårbyg        | 146             |                  |                 |                 |
| 508 | 1       | 1988 | plante     |       | korn          | 120             |                  |                 |                 |
|     |         | 1989 | -          | 0     | kartofler     | 184             |                  |                 |                 |
|     |         | 1990 | -          | 0     | vårbyg        | 149             |                  |                 |                 |

## LOOP 6

| St. | Jb. nr. | År   | Brugs-type | DE/ha | Afgrøde       | N-tilf. (kg/ha) |                                    | P-tilf. (kg/ha) |     |
|-----|---------|------|------------|-------|---------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-----|
|     |         |      |            |       |               | Ha              | Hu                                 | Ha              | Hu  |
| 601 | 1       | 1988 | svin       |       | vi.raps/vi.hv | 165             | 177 <sup>E</sup>                   |                 | 45  |
|     |         | 1989 | -          | 3.3   | vi.hv./vi.byg | 160             | 59 <sup>F</sup> +147 <sup>E</sup>  |                 | 52  |
|     |         | 1990 | -          | 3.3   | vinterbyg     | 121             | 65 <sup>F</sup>                    |                 | 16  |
| 602 | 5       | 1988 | kv.+sv     |       | roer          | 165             | 460 <sup>E</sup>                   |                 | 90  |
|     |         | 1989 | -          | 1.4   | vårbyg + udl. | 148             |                                    | 17              |     |
|     |         | 1990 | -          | 1.4   | kløvergræs    | 178             | 100 <sup>F</sup> + 25 <sup>G</sup> | 21              | 46  |
| 603 | 1       | 1988 | kv.+sv     |       | vi.hv.        | 176             |                                    | 18              |     |
|     |         | 1989 | -          | 1.4   | vårbyg + udl. | 135             |                                    | 16              |     |
|     |         | 1990 | -          | 1.4   | græs          | 209             | 96 <sup>G</sup>                    | 25              | 39  |
| 604 | 1       | 1988 | kv.+sv     |       | vårbyg + udl. | 120             | 280 <sup>F</sup>                   | 35              | 46  |
|     |         | 1989 | -          | 1.5   | roer          | 174             | 55 <sup>F</sup>                    | 34              | 13  |
|     |         | 1990 | -          | 1.5   | vårbyg + udl. | 165             |                                    |                 |     |
| 605 | 1       | 1988 | kvæg       |       | vårbyg + udl. | *               | *                                  | *               | *   |
|     |         | 1989 | -          | 1.8   | kløvergræs    | 342             | 187 <sup>F</sup>                   | 20              | 22  |
|     |         | 1990 | -          | 1.5   | byg-helsød    | 235             | 123 <sup>F</sup>                   | 15              |     |
| 606 | 1       | 1988 | svin       |       | roer          | *               | *                                  | *               | *   |
|     |         | 1989 | -          | 0.3   | vårbyg        | 82              |                                    | 14              |     |
|     |         | 1990 | -          | 0.3   | vårbyg        | 90              |                                    | 14              |     |
| 607 | 1       | 1988 | kv.+sv     |       | roer          | 102             | 81 <sup>F</sup> 470 <sup>E</sup>   | 30              | 140 |
|     |         | 1989 | -          | 1.2   | vårbyg + udl. | 44              | 112 <sup>F</sup>                   | 4               | 30  |
|     |         | 1990 | -          | 1.1   | græs          | 200             | 205 <sup>G</sup>                   | 26              | 26  |
| 608 | 1       | 1988 | kvæg       |       | rug           | *               | *                                  | *               | *   |
|     |         | 1989 | -          | 1.4   | vårbyg + udl. | 107             |                                    | 15              |     |
|     |         | 1990 | -          | 1.4   | græs          | 135             | 74 <sup>G</sup>                    | 12              | 9   |

Ha = handelsgødning, Hu = husdyrgødning  
 F = forår, E = efterår, G = græsning

\* ikke oplyst

## Bilag II.1

Nedbør, afstrømning samt N ( $\text{NO}_3+\text{NH}_4\text{-N}$ ) og P ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) udvaskning fra rodzonen for 1989 og 1990.

Afstrømning beregnet ved henholdsvis EVACROP og DAISY modellerne. Udvasning angivet på grundlag af beregnet afstrømning og målte koncentrationer (Eva, D1) samt modelberegnet (DAISY).

### LOOP 1

| St. | År   | Ned-<br>bør<br>mm | Vand<br>mm | Afstrømning<br>mm |       | N-udvaskning<br>kgN/ha |     |       | P-udvaskning<br>kgP/ha |       |
|-----|------|-------------------|------------|-------------------|-------|------------------------|-----|-------|------------------------|-------|
|     |      |                   |            | Eva               | Daisy | Eva                    | D1  | Daisy | Eva                    | D1    |
| 101 | 1988 | 659               |            |                   | 234   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 553               |            |                   | 105   |                        | 25  | 25.0  |                        | 0.230 |
|     | 1990 | 766               |            |                   | 267   |                        | 64  | 23.5  |                        | 0.780 |
| 102 | 1988 | 659               |            |                   | 189   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 553               |            |                   | 62    |                        | 5.0 | 2.9   |                        | 0.006 |
|     | 1990 | 766               |            |                   | 267   |                        | 13  | 6.9   |                        | 0.026 |
| 103 | 1988 | 659               |            |                   | 247   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 553               |            |                   | 16    |                        | 0.9 | 20.4  |                        | 0.003 |
|     | 1990 | 766               |            |                   | 211   |                        | 36  | 93.4  |                        | 0.022 |
| 104 | 1988 | 659               |            |                   | 233   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 553               |            |                   | 20    |                        | 2.9 | 9.0   |                        | 0.007 |
|     | 1990 | 766               |            |                   | 273   |                        | 46  | 20.9  |                        | 0.012 |
| 105 | 1988 | 659               |            |                   | 211   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 553               |            |                   | 80    |                        | 19  | 4.6   |                        | 0.007 |
|     | 1990 | 766               |            |                   | 274   |                        | 27  | 5.2   |                        | 0.033 |
| 106 | 1988 | 659               |            |                   | 192   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 553               |            |                   | 87    |                        | 31  | 7.4   |                        | 0.350 |
|     | 1990 | 766               |            |                   | 237   |                        | 101 | 25.5  |                        | 1.150 |

### LOOP 2

| St. | År   | Ned-<br>bør<br>mm | Vand<br>mm | Afstrømning<br>mm |       | N-udvaskning<br>kgN/ha |     |       | P-udvaskning<br>kgP/ha |       |
|-----|------|-------------------|------------|-------------------|-------|------------------------|-----|-------|------------------------|-------|
|     |      |                   |            | Eva               | Daisy | Eva                    | D1  | Daisy | Eva                    | D1    |
| 201 | 1988 | 918               |            | 460               | 459   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 619               |            | 130               | 154   | 66                     | 71  | 15.7  | 0.010                  | 0.013 |
|     | 1990 | 765               |            | 290               | 278   | 89                     | 92  | 88.5  | 0.029                  | 0.028 |
| 202 | 1988 | 918               |            | 483               | 532   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 619               |            | 200               | 211   | 93                     | 153 | 37.1  | 0.013                  | 0.016 |
|     | 1990 | 765               |            | 350               | 364   | 118                    | 109 | 105.3 | 0.043                  | 0.041 |
| 203 | 1988 | 918               |            | 490               | 496   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 619               |            | 190               | 207   | 104                    | 109 | 47.6  | 0.019                  | 0.021 |
|     | 1990 | 765               |            | 380               | 344   | 230                    | 210 | 103.3 | 0.049                  | 0.042 |
| 204 | 1988 | 918               |            | 507               | 484   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 619               |            | 210               | 209   | 86                     | 88  | 32.2  | 0.021                  | 0.021 |
|     | 1990 | 765               |            | 360               | 357   | 122                    | 123 | 80.1  | 0.036                  | 0.036 |
| 205 | 1988 | 918               |            | 504               | 524   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 619               | 70         | 170               | 222   | 44                     | 54  | 27.6  | 0.018                  | 0.022 |
|     | 1990 | 765               | 160        | 400               | 369   | 59                     | 54  | 132.9 | 0.066                  | 0.067 |
| 206 | 1988 | 918               |            | 456               |       |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 619               |            | 180               |       | 81                     |     |       | 0.019                  |       |
|     | 1990 | 765               |            | 370               |       | 103                    |     |       | 0.037                  |       |

## LOOP 3

| St. | År   | Ned-<br>bør<br>mm | Vand<br>mm | Afstrømning<br>mm |       | N-udvaskning<br>kgN/ha |     |       | P-udvaskning<br>kgP/ha |       |
|-----|------|-------------------|------------|-------------------|-------|------------------------|-----|-------|------------------------|-------|
|     |      |                   |            | Eva               | Daisy | Eva                    | D1  | Daisy | Eva                    | D1    |
| 301 | 1988 | 869               |            | 390               |       |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 623               |            | 220               |       | 141                    |     |       | 0,040                  |       |
|     | 1990 | 1050              |            | 540               |       | 405                    |     |       | 0.186                  |       |
| 302 | 1988 | 869               |            | 440               | 431   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 623               |            | 180               | 195   | 117                    | 128 | 33.8  | 0.064                  | 0.072 |
|     | 1990 | 1050              |            | 550               | 527   | 275                    | 253 | 66.4  | 0.105                  | 0.084 |
| 303 | 1988 | 869               |            | 440               | 410   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 623               |            | 190               | 167   | 52                     | 42  | 32.2  | 0.018                  | 0.017 |
|     | 1990 | 1050              |            | 540               | 549   | 140                    | 143 | 105.2 | 0.048                  | 0.051 |
| 304 | 1988 | 869               |            | 440               | 414   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 623               |            | 150               | 183   | 20                     | 30  | 0.1   | 0.015                  | 0.016 |
|     | 1990 | 1050              |            | 580               | 554   | 162                    | 151 | 12.5  | 0.072                  | 0.071 |
| 305 | 1988 | 869               |            | 450               | 411   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 623               |            | 180               | 204   | 25                     | 25  | 11.0  | 0.022                  | 0.029 |
|     | 1990 | 1050              |            | 550               | 535   | 71                     | 71  | 24.5  | 0.037                  | 0.035 |

## LOOP 4

| St. | År   | Ned-<br>bør<br>mm | Vand<br>mm | Afstrømning<br>mm |       | N-udvaskning<br>kgN/ha |     |       | P-udvaskning<br>kgP/ha |       |
|-----|------|-------------------|------------|-------------------|-------|------------------------|-----|-------|------------------------|-------|
|     |      |                   |            | Eva               | Daisy | Eva                    | D1  | Daisy | Eva                    | D1    |
| 401 | 1988 | 829               |            |                   | 381   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 634               |            |                   | 216   |                        | 19  | 15.0  |                        | 0.064 |
|     | 1990 | 897               |            |                   | 424   |                        | 35  | 25.2  |                        | 0.260 |
| 402 | 1988 | 829               |            |                   | 349   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 634               |            |                   | 211   |                        | 26  | 9.4   |                        | 0.023 |
|     | 1990 | 897               |            |                   | 375   |                        | 31  | 28.4  |                        | 0.130 |
| 403 | 1988 | 829               |            |                   | 328   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 634               |            |                   | 188   |                        | 57  | 75.0  |                        | 0.023 |
|     | 1990 | 897               |            |                   | 354   |                        | 105 | 73.8  |                        | 0.130 |
| 404 | 1988 | 829               |            |                   | 343   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 634               |            |                   | 173   |                        | 32  | 28.9  |                        | 0.019 |
|     | 1990 | 897               |            |                   | 340   |                        | 60  | 27.8  |                        | 0.100 |
| 405 | 1988 | 829               |            |                   | 342   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 634               |            |                   | 192   |                        | 26  | 53.8  |                        | 0.014 |
|     | 1990 | 897               |            |                   | 355   |                        | 51  | 78.6  |                        | 0.110 |
| 406 | 1988 | 829               |            |                   | 410   |                        |     |       |                        |       |
|     | 1989 | 634               |            |                   | 196   |                        | 36  | 27.2  |                        | 0.029 |
|     | 1990 | 897               |            |                   | 382   |                        | 92  | 52.3  |                        | 0.120 |



## Bilag II.3

### LOOP 5

| St. | År   | Ned-<br>bør<br>mm | Vand<br>mm | Afstrømn.<br>mm |       | N-udvaskning<br>kgN/ha |      |       | P-udvaskning<br>kgP/ha |         |
|-----|------|-------------------|------------|-----------------|-------|------------------------|------|-------|------------------------|---------|
|     |      |                   |            | Eva             | Daisy | Eva                    | D1   | Daisy | Eva                    | D1      |
| 501 | 1988 | 1004              | 90         | 600             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 841               |            | 450             |       | (39)                   |      |       | (0.023)                |         |
|     | 1990 | 1056              |            | 700             |       | 89                     |      |       | 0.032                  |         |
| 502 | 1988 | 1004              | 60         | 580             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 841               |            | 420             |       | (45)                   |      |       | (0.017)                |         |
|     | 1990 | 1056              |            | 680             |       | 123                    |      |       | 0.041                  |         |
| 503 | 1988 | 1004              | 75         | 600             | 600   |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 841               |            | 420             | 420   | (61)                   | (41) | 51.6  | (0.018)                | (0.012) |
|     | 1990 | 1056              |            | 680             | 671   | 181                    | 163  | 95.1  | 0.024                  | 0.029   |
| 504 | 1988 | 1004              | 95         | 610             | 603   |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 841               |            | 410             | 427   | (65)                   | (51) | 34.1  | (0.228)                | (0.161) |
|     | 1990 | 1056              |            | 690             | 699   | 245                    | 183  | 173.8 | 0.075                  | 0.93    |
| 505 | 1988 | 1004              | 88         | 630             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 841               |            | 420             |       | (48)                   |      |       | (0.022)                |         |
|     | 1990 | 1056              |            | 680             |       | 128                    |      |       | 0.044                  |         |
| 506 | 1988 | 1004              | 80         | 610             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 841               |            | 390             |       | (29)                   | (23) |       | (0.061)                | (0.070) |
|     | 1990 | 1056              |            | 660             |       | 86                     | 75   |       | 0.077                  | 0.077   |
| 507 | 1988 | 1004              | 81         | 610             | 611   |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 841               |            | 430             | 634   | (43)                   | (27) | 67.6  | (0.031)                | (0.018) |
|     | 1990 | 1056              |            | 640             | 685   | 72                     | 67   | 61.6  | 0.071                  | 0.097   |
| 508 | 1988 | 1004              | 0          | 610             | 604   |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 841               |            | 410             | 422   | (96)                   | (76) | 57.8  | (0.013)                | (0.010) |
|     | 1990 | 1056              |            | 630             | 602   | 138                    | 118  | 55.2  | 0.032                  | 0.029   |

### LOOP 6

| St. | År   | Ned-<br>bør<br>mm | Vand<br>mm | Afstrømn.<br>mm |       | N-udvaskning<br>kgN/ha |      |       | P-udvaskning<br>kgP/ha |         |
|-----|------|-------------------|------------|-----------------|-------|------------------------|------|-------|------------------------|---------|
|     |      |                   |            | Eva             | Daisy | Eva                    | D1   | Daisy | Eva                    | D1      |
| 601 | 1988 | 1110              |            | 640             | 655   |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 608               |            | 210             | 243   | (55)                   | (44) | 104.6 | (0.005)                | (0.004) |
|     | 1990 | 1081              |            | 650             | 590   | 238                    | 202  | 162.6 | 0.069                  | 0.061   |
| 602 | 1988 | 1110              |            | 650             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 608               |            | 190             |       | (5)                    |      |       | (0.003)                |         |
|     | 1990 | 1081              |            | 550             |       | 35                     |      |       | 0.060                  |         |
| 603 | 1988 | 1110              | 30         | 670             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 608               |            | 250             |       | (31)                   |      |       | (0.009)                |         |
|     | 1990 | 1081              |            | 620             |       | 48                     |      |       | 0.066                  |         |
| 604 | 1988 | 1110              | 30         | 680             | 718   |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 608               |            | 260             | 308   | (68)                   | (26) | 14.9  | (0.009)                | (0.004) |
|     | 1990 | 1081              |            | 630             | 618   | 184                    | 157  | 33.0  | 0.063                  | (0.059) |
| 605 | 1988 | 1110              |            | 640             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 608               |            | 210             |       | (23)                   |      |       | (0.006)                |         |
|     | 1990 | 1081              |            | 590             |       | 155                    |      |       | 0.075                  |         |
| 606 | 1988 | 1110              |            | 660             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 608               |            | 340             |       | (26)                   |      |       | (0.015)                |         |
|     | 1990 | 1081              |            | 630             |       | 97                     |      |       | 0.071                  |         |
| 607 | 1988 | 1110              | 70         | 660             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 608               |            | 220             |       | (15)                   |      |       | (0.006)                |         |
|     | 1990 | 1081              |            | 650             |       | 155                    |      |       | 0.068                  |         |
| 608 | 1988 | 1110              | 90         | 630             |       |                        |      |       |                        |         |
|     | 1989 | 608               |            | 230             |       | 26                     |      |       |                        |         |
|     | 1990 | 1081              |            | 660             |       | -                      |      |       |                        |         |

( ) udvaskning gælder perioden juli - dec. 1989.

## Bilag III

Grundvandspejlinger m.u. terræn for 1990.

| St.nr.        | Gns. | Max. | Min. | Antal<br>målinger |
|---------------|------|------|------|-------------------|
| <b>LOOP 1</b> |      |      |      |                   |
| 101           | 4.50 | 4.70 | 4.40 | 21                |
| 102           | 1.44 | 1.87 | 1.35 | 27                |
| 103           | 1.10 | 1.54 | 0.69 | 28                |
| 104           | 1.09 | 1.60 | 0.74 | 23                |
| 105           | 1.27 | 1.94 | 0.84 | 28                |
| 106           | 0.98 | 2.06 | 0.21 | 28                |
| <b>LOOP 3</b> |      |      |      |                   |
| 301           | 4.18 | 5.15 | 3.37 | 51                |
| 302           | 3.53 | 5.87 | 2.12 | 51                |
| 303           | 3.27 | 5.63 | 1.00 | 37                |
| 304           | 3.08 | 4.34 | 2.01 | 47                |
| 305           | 3.22 | 5.66 | 1.11 | 51                |
| <b>LOOP 4</b> |      |      |      |                   |
| 401           | 2.72 | 4.27 | 1.99 | 6                 |
| 402           | 1.97 | 2.87 | 1.29 | 5                 |
| 403           | 1.62 | 2.38 | 1.30 | 6                 |
| 404           | 1.60 | 2.23 | 1.20 | 4                 |
| 405           | 4.97 | 6.99 | 2.94 | 2                 |
| 406           | 2.39 | 3.07 | 1.79 | 6                 |
| <b>LOOP 5</b> |      |      |      |                   |
| 501           | 2.39 | 2.68 | 2.03 | 6                 |
| 502           | 3.13 | 3.51 | 2.71 | 6                 |
| 503           | 2.62 | 2.98 | 2.35 | 6                 |
| 504           | 1.50 | 1.90 | 1.18 | 6                 |
| 505           | 2.14 | 2.55 | 1.72 | 6                 |
| 506           | 1.89 | 2.33 | 1.49 | 6                 |
| 507           | 1.49 | 1.72 | 1.26 | 6                 |
| 508           | 2.82 | 3.08 | 2.56 | 6                 |
| <b>LOOP 6</b> |      |      |      |                   |
| 601           | 1.35 | 1.57 | 1.07 | 6                 |
| 602           | 1.15 | 1.46 | 0.81 | 6                 |
| 603           | 2.15 | 2.53 | 1.85 | 6                 |
| 604           | 3.02 | 3.38 | 2.71 | 6                 |
| 605           | 1.64 | 1.82 | 1.34 | 6                 |
| 606           | 1.18 | 1.82 | 0.62 | 6                 |
| 607           | 1.76 | 2.33 | 1.32 | 6                 |
| 608           | 1.53 | 2.11 | 1.01 | 6                 |

## Bilag IV

Kemiske analyseparametre for jordvand (udvidet analyseserie), angivet som median for 1990.

| Jvst.         | Ca<br>mg/l | Mg<br>mg/l | K<br>mg/l | Na<br>mg/l | Fe<br>mg/l | Cl<br>mg/l | SO <sub>4</sub><br>mg/l | Tot.P<br>mg/l | Alk.<br>mmol/l | Ledn.<br>µsie/cm |
|---------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-------------------------|---------------|----------------|------------------|
| <b>LOOP 1</b> |            |            |           |            |            |            |                         |               |                |                  |
| 101           | 133.0      | 7.0        | -         | 10.0       | 0.145      | 49.0       | 45.0                    | 0.300         | 4.10           | -                |
| 102           | 150.0      | 13.0       | -         | 12.2       | 0.210      | 41.0       | 84.5                    | 0.007         | -              | -                |
| 103           | 150.0      | 5.6        | -         | 5.3        | 0.150      | 41.0       | 45.0                    | 0.007         | 4.55           | -                |
| 104           | 190.0      | 6.7        | -         | 8.5        | 0.273      | 57.0       | 46.0                    | 0.010         | 6.80           | -                |
| 105           | 150.0      | 5.5        | -         | 9.7        | 0.255      | 41.0       | 64.0                    | 0.007         | 6.60           | -                |
| 106           | 240.0      | 8.0        | -         | 12.0       | 0.170      | 62.0       | 68.0                    | 0.440         | 7.60           | -                |
| <b>LOOP 2</b> |            |            |           |            |            |            |                         |               |                |                  |
| 201           | 50.5       | 8.5        | 24.2      | 18.5       | 0.045      | 28.0       | 16.0                    | 0.070         | 0.12           | 535.0            |
| 202           | 44.5       | 5.4        | 37.6      | 7.2        | 0.085      | 19.0       | 31.5                    | 0.020         | 0.42           | 425.0            |
| 203           | 129.0      | 4.4        | 2.3       | 12.6       | 0.140      | 32.0       | 49.5                    | 0.020         | 0.69           | 710.0            |
| 204           | 54.4       | 4.6        | 23.3      | 8.8        | 0.020      | 22.5       | 21.5                    | 0.020         | 0.26           | 455.0            |
| 205           | 19.9       | 1.5        | 9.6       | 6.4        | 0.025      | 4.0        | 16.0                    | 0.010         | 0.83           | 160.0            |
| 206           | 32.7       | 2.1        | 21.4      | 7.7        | 0.025      | 15.5       | 58.0                    | 0.010         | 0.10           | 320.0            |
| <b>LOOP 3</b> |            |            |           |            |            |            |                         |               |                |                  |
| 301           | 98.6       | 6.2        | 0.3       | 11.2       | 0.005      | 36.5       | 22.0                    | 0.018         | -              | 54.0             |
| 302           | 39.7       | 7.7        | 0.4       | 8.9        | 0.005      | 13.0       | -                       | 0.032         | -              | 24.0             |
| 303           | 61.3       | 4.6        | 0.2       | 8.5        | 0.008      | 32.0       | -                       | 0.010         | -              | 36.0             |
| 304           | 47.7       | 7.2        | 0.3       | 8.9        | 0.066      | 23.0       | -                       | 0.011         | -              | 34.0             |
| 305           | 71.1       | -          | 0.2       | 10.9       | 0.005      | 39.0       | -                       | 0.013         | -              | 37.0             |
| 306           | 14.0       | 11.4       | 2.1       | 17.2       | 0.096      | 38.0       | 30.0                    | 0.005         | -              | 25.0             |
| <b>LOOP 4</b> |            |            |           |            |            |            |                         |               |                |                  |
| 401           | 55.0       | -          | 0.2       | -          | 0.015      | 29.5       | -                       | -             | -              | 36.0             |
| 402           | 75.5       | -          | 0.5       | -          | 0.010      | 24.0       | -                       | -             | -              | 44.3             |
| 403           | 141.0      | -          | 0.2       | -          | 0.070      | 21.5       | -                       | -             | -              | 79.0             |
| 404           | 102.5      | -          | 0.2       | -          | 0.020      | 21.0       | -                       | -             | -              | 57.0             |
| 405           | 84.5       | -          | 0.1       | -          | 0.010      | 35.0       | -                       | -             | -              | 48.8             |
| 406           | 76.5       | -          | 0.3       | -          | 0.035      | 22.5       | -                       | -             | -              | 45.5             |
| <b>LOOP 5</b> |            |            |           |            |            |            |                         |               |                |                  |
| 501           | 20.0       | 3.0        | 13.0      | 9.0        | 0.115      | 35.8       | 35.0                    | -             | 0.07           | 375.0            |
| 502           | 18.0       | 3.2        | 11.0      | 8.0        | -          | -          | -                       | -             | -              | 210.0            |
| 503           | 25.5       | 1.2        | 9.6       | 7.0        | 0.105      | 27.0       | 19.0                    | -             | 0.08           | 385.0            |
| 504           | 48.0       | 7.2        | 11.0      | 11.0       | 0.140      | 19.0       | 45.0                    | -             | 0.04           | 430.0            |
| 505           | 44.0       | 3.4        | 15.0      | 13.0       | 0.055      | 28.5       | 46.0                    | -             | 0.10           | 395.0            |
| 506           | 27.0       | 3.5        | 9.2       | 9.0        | 0.180      | 14.0       | 15.0                    | -             | 0.08           | 220.0            |
| 507           | 32.5       | 2.3        | 19.0      | 12.0       | 0.130      | 12.0       | 24.0                    | -             | 0.12           | 250.0            |
| 508           | 90.0       | 6.3        | 16.0      | 10.0       | 0.030      | 26.0       | 50.0                    | -             | 0.06           | 370.0            |
| <b>LOOP 6</b> |            |            |           |            |            |            |                         |               |                |                  |
| 601           | 34.5       | 1.7        | 11.5      | 9.6        | 0.095      | 21.0       | 21.0                    | -             | 0.23           | 285.0            |
| 602           | 37.0       | 2.0        | 3.8       | 6.4        | 0.050      | 23.0       | 76.5                    | -             | 0.06           | 278.0            |
| 603           | 34.0       | 3.5        | 6.4       | 9.8        | 0.020      | 18.5       | 29.0                    | -             | 1.01           | 259.0            |
| 604           | 39.5       | 4.4        | 15.5      | 12.0       | 0.010      | 23.5       | 26.0                    | -             | 0.45           | 358.0            |
| 605           | 43.5       | 7.5        | 4.2       | 9.0        | 0.220      | 28.0       | 29.0                    | -             | 0.23           | 347.0            |
| 606           | 43.5       | 4.8        | 4.6       | 11.0       | 0.040      | 43.5       | 40.5                    | -             | 0.16           | 350.0            |
| 607           | 60.5       | 3.5        | 18.0      | 14.0       | 0.015      | 35.5       | 27.5                    | -             | 1.28           | 408.0            |
| 608           | 60.0       | 3.3        | 12.0      | 12.0       | 0.080      | 57.0       | 64.0                    | -             | 0.15           | 490.0            |

## Bilag V

Næringsstofkoncentration i drænvand, angivet som årsmedian for 1990.

| Drænst.       | K<br>mg/l | COD<br>mg/l | Ledn.<br>µsie/cm | Alkalinitet<br>mmol/l | Vandf.<br>l/s |
|---------------|-----------|-------------|------------------|-----------------------|---------------|
| <b>LOOP 1</b> |           |             |                  |                       |               |
| 101           | -         | -           | 625.0            | -                     | 0.032         |
| 102           | -         | -           | -                | -                     | 0.173         |
| 103           | 0.33      | 5.0         | 690.0            | -                     | 0.257         |
| 104           | -         | -           | 880.0            | -                     | 0.118         |
| 105           | 0.31      | 8.0         | 795.0            | -                     | 0.105         |
| 106           | 10.10     | 8.0         | 930.0            | -                     | 0.139         |
| <b>LOOP 2</b> |           |             |                  |                       |               |
| 201           | -         | -           | -                | -                     | 0.040         |
| 251           | 2.60      | 14.0        | 690.0            | 2.4                   | 10.000        |
| <b>LOOP 3</b> |           |             |                  |                       |               |
| 353           | 2.30      | 13.5        | 43.0             | 2.1                   | -             |
| <b>LOOP 4</b> |           |             |                  |                       |               |
| 401           | 0.10      | 3.2         | 43.5             | -                     | -             |
| 402           | 0.30      | 5.0         | 56.0             | -                     | -             |
| 404           | 0.30      | 4.7         | 61.0             | -                     | -             |
| 405           | 0.10      | 4.9         | 51.5             | -                     | -             |
| 406           | 3.20      | 8.0         | 90.0             | -                     | -             |
| 407           | 0.10      | 2.8         | 57.5             | -                     | -             |

Beregning af arealkoefficient for dyrkede arealer i landovervågningsoplandene.

| LOOP 1: Højvands Rende v/ Lille Rosning          |       | LOOP 4: Lillebæk v/ Fredsskovvej                |       | LOOP 3: Horndrup Bæk v/Sorholmvej                |        |       |      |       |        |      |      |
|--|-------|---|-------|--|--------|-------|------|-------|--------|------|------|
| Opland: 984 ha                                   |       | Opland: 436 ha                                  |       | Opland: 488 ha                                   |        |       |      |       |        |      |      |
| Dyrket areal: 640 ha                             |       | Dyrket areal: 390 ha                            |       | Dyrket areal: 390 ha                             |        |       |      |       |        |      |      |
| Naturareal: 344 ha                               |       | Naturareal: 46 ha                               |       | Naturareal: 98 ha                                |        |       |      |       |        |      |      |
| Afstr. 1989: 725x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>  |       | Afstr. 1989: 564x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |       | Afstr. 1989: 1040x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |        |       |      |       |        |      |      |
| Afstr. 1990: 1652x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |       | Afstr. 1990: 866x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |       | Afstr. 1990: 1650x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |        |       |      |       |        |      |      |
| N  |       | N   |       | N  |        |       |      |       |        |      |      |
| 1989   | 1990  | 1989  | 1990  | 1989   | 1990   |       |      |       |        |      |      |
| P  |       | P   |       | P  |        |       |      |       |        |      |      |
| 1989   | 1990  | 1989  | 1990  | 1989   | 1990   |       |      |       |        |      |      |
| A  | 6.700 | 16.700  | 256   | 6.700  | 12.800 | 120   | 200  | 8.550 | 15.490 | 224  | 254  |
| B  | 700   | 700   | 176   | 283  | 283    | 94    | 94   | 450   | 220    | 131  | 71   |
| C  | 406   | 1.040   | 14    | 95   | 165    | 3     | 5    | 333   | 594    | 11   | 18   |
| D  | 5.594 | 14.960  | ÷55   | 6.322  | 12.352 | 23    | 101  | 7.767 | 14.676 | 82   | 175  |
| E  | 754   | 1.933   | 26    | 1.009  | 1.994  | 28    | 43   | 1.331 | 2.376  | 46   | 73   |
| F  | 4.840 | 4.840   | ÷81   | 5.313  | 10.958 | ÷5    | 58   | 6.436 | 12.300 | 36   | 102  |
| G  | 8,7   | 23,4  | ÷0,09 | 16,2   | 31,7   | 0,06  | 0,26 | 19,9  | 37,6   | 0,21 | 0,45 |
| H  | 1,2   | 3,0   | 0,04  | 2,1  | 3,6    | 0,07  | 0,11 | 3,4   | 6,1    | 0,12 | 0,19 |
| J  | 7,5   | 20,4  | ÷0,13 | 14,1   | 28,1   | ÷0,01 | 0,15 | 16,5  | 31,5   | 0,09 | 0,26 |

Forklaring til bilag VI

- A Total transport
- B Bidrag fra spredt bebyggelse og punktkilder, kg
- C Bidrag fra naturarealer, kg (se kap. 4.7.1)
- D Samlet bidrag fra dyrkede arealer, kg (D=A÷B÷C)
- E Baggrundsbidrag fra de dyrkede arealer, kg (se kap. 4.7.1)
- F Dyrkningsbidraget fra de dyrkede arealer, kg (F=D÷E)
- G Arealkoefficient fra de dyrkede arealer, kg/ha år<sup>-1</sup>
- H Arealkoefficient for baggrundsbidraget, kg/ha år<sup>-1</sup>
- J Arealkoefficient for dyrkningsbidraget, kg/ha år<sup>-1</sup> (J=G÷H)

Beregning af arealkoefficient for dyrkede arealer i landovervågningsoplandene.

|   | N                                   |        | P    |      | N       |       | P     |      |
|---|-------------------------------------|--------|------|------|---------|-------|-------|------|
|   | 1989                                | 1990   | 1989 | 1990 | 1989    | 1990  | 1989  | 1990 |
| <b>LOOP 2: Odder Bæk v/ Farsøbroen</b>  |                                     |        |      |      |         |       |       |      |
| Opland:                                 | 1040 ha                             |        |      |      |         |       |       |      |
| Dyrket areal:                           | 1020 ha                             |        |      |      |         |       |       |      |
| Naturareal:                             | 20 ha                               |        |      |      |         |       |       |      |
| Afstr. 1989:                            | 2165x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |        |      |      |         |       |       |      |
| Afstr. 1990:                            | 1652x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |        |      |      |         |       |       |      |
| <b>LOOP 4: Barslund Bæk v/ Grove</b>    |                                     |        |      |      |         |       |       |      |
| Opland:                                 | 816 ha                              |        |      |      |         |       |       |      |
| Dyrket areal:                           | 530 ha                              |        |      |      |         |       |       |      |
| Naturareal:                             | 286 ha                              |        |      |      |         |       |       |      |
| Afstr. 1989:                            | 2750x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |        |      |      |         |       |       |      |
| Afstr. 1990:                            | 3250x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |        |      |      |         |       |       |      |
| <b>LOOP 6: Bolbro Bæk v/ Basseklint</b> |                                     |        |      |      |         |       |       |      |
| Opland:                                 | 783 ha                              |        |      |      |         |       |       |      |
| Dyrket areal:                           | 780 ha                              |        |      |      |         |       |       |      |
| Naturareal:                             | 3 ha                                |        |      |      |         |       |       |      |
| Afstr. 1989:                            | 1161x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |        |      |      |         |       |       |      |
| Afstr. 1990:                            | 3551x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |        |      |      |         |       |       |      |
| A                                       | 11.900                              | 20.420 | 249  | 250  | 11.040  | 215   | 6.300 | 380  |
| B                                       | 232                                 | 232    | 77   | 77   |         |       | 100   | 40   |
| C                                       | 67                                  | 92     | 2    | 3    | 1.542   | 63    |       |      |
| D                                       | 11.601                              | 20.096 | 170  | 170  | (8.990) | (152) | 6.300 | 340  |
| E                                       | 3.301                               | 4.720  | 117  | 144  | 3.800   | 116   | 6.390 | 195  |
| F                                       | 8.300                               | 15.376 | 53   | 26   | (5.190) | 36    | -90   | 145  |
| G                                       | 11,4                                | 19,7   | 0,17 | 0,17 | (16,9)  | 0,29  | 8,1   | 0,43 |
| H                                       | 3,3                                 | 4,6    | 0,11 | 0,14 | 7,2     | 0,22  | 8,2   | 0,25 |
| J                                       | 8,0                                 | 15,1   | 0,06 | 0,03 | (9,7)   | 0,07  | ÷0,1  | 0,18 |

Forklaring til bilag VI

|   |  |
|---|--|
| A | Total transport  |
| B | Bidrag fra spredt bebyggelse og punktkilder, kg                        |
| C | Bidrag fra naturarealer, kg (se kap. 4.7.1)                            |
| D | Samlet bidrag fra dyrkede arealer, kg (D=A÷B÷C)                        |
| E | Baggrundsbidrag fra de dyrkede arealer, kg (se kap. 4.7.1)             |
| F | Dyrkningsbidraget fra de dyrkede arealer, kg (F=D÷E)                   |
| G | Arealkoefficient fra de dyrkede arealer, kg/ha år <sup>-1</sup>        |
| H | Arealkoefficient for baggrundsbidraget, kg/ha år <sup>-1</sup>         |
| J | Arealkoefficient for dyrkningsbidraget, kg/ha år <sup>-1</sup> (J=G÷H) |

## Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Danmarks Miljøundersøgelser | <i>Direktion og Sekretariat</i>             |
| Postboks 358                | <i>Forsknings- og Udviklingssekretariat</i> |
| Frederiksborgvej 399        | <i>Afd. for Forureningskilder og</i>        |
| 4000 Roskilde               | <i>Luftforurening</i>                       |
|                             | <i>Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi</i>    |
| Tlf. 46 30 12 00            | <i>Afd. for Miljøkemi</i>                   |
| Fax 46 30 11 14             | <i>Afd. for Systemanalyse</i>               |

|                             |                                     |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Danmarks Miljøundersøgelser | <i>Afd. for Ferskvandsøkologi</i>   |
| Postboks 314                | <i>Afd. for Terrestrisk Økologi</i> |
| Vejlsøvej 25                |                                     |
| 8600 Silkeborg              |                                     |

Tlf. 89 20 14 00.  
Fax 89 20 14 14.

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Danmarks Miljøundersøgelser | <i>Afd. for Flora- og Faunaøkologi</i> |
| Grenåvej 12, Kalø           |  |
| 8410 Rønde                  |  |

Tlf. 89 20 14 00.  
Fax 89 20 15 14.

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, Danish Review of Game Biology samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 46 30 12 00.

