

Vandmiljøplanens  
Overvågningsprogram 1993

# Land- overvågnings- oplande

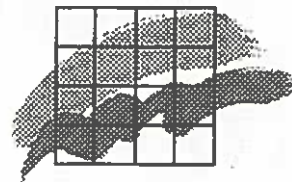
Faglig rapport fra DMU, nr. 120  
1994

Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - BIBLIOTEKET  
Grenåvej 12, Kals, DK-8410 Rønde



3506871890



BIBLIOTEKET  
Danmarks Miljøundersøgelser  
Kalø, Grenåvej 12, 8410 Rønde

Vandmiljøplanens  
Overvågningsprogram 1993

# Land- overvågnings- oplande

Faglig rapport fra DMU, nr. 120

Hans Estrup Andersen

Peter Berg

Gitte Blicher-Mathiesen

Pia Grewy Jensen

Brian Kronvang

Rikke Clausen Schwærter

*Afdeling for Ferskvandsøkologi*

Per Rasmussen

*Danmarks Geologiske Undersøgelse*

Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser  
November 1994

# Datablad

Titel: Landovervågningsoplande

Undertitel: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993

Forfattere: H. E. Andersen, P. Berg, G. Blicher-Mathiesen, P. G. Jensen, B. Kronvang & R. C. Schwærter, Afdeling for Ferskvandsøkologi P. Rasmussen, Danmarks Geologiske Undersøgelse

Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 120

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet,  
Danmarks Miljøundersøgelser ©  
Udgivelsesår: 1994

Tegninger: Kathe Møgelvang & Juana Jacobsen  
ETB: Alice Ilona Jensen

Bedes citeret: Andersen, H. E., Berg, P., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P. G., Kronvang, Schwærter, R. C., (1994): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Danmarks Miljøundersøgelser. 122 sider. - Faglig rapport fra DMU nr. 120.

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

ISBN: 87-7772-176-4  
ISSN: 0905-815X  
Papirkvalitet: Cyclus  
Tryk: Silkeborg Bogtryk  
Oplag: 300  
Sideantal: 122  
Pris: kr. 125,00 (incl. 25% moms, excl. forsendelse)

Købes hos: Danmarks Miljøundersøgelser    Miljøbutikken  
Afdeling for Ferskvandsøkologi    Information & Bøger  
Vejlsøvej 25    Læderstræde 1  
DK-8600 Silkeborg    1201 København K  
Tlf. 89 20 14 00    Tlf. 33 92 76 92 (information)  
Fax 89 20 14 14    33 93 92 92 (bøger)

# Indhold

## Forord 7

### 1 Resume 9

### 2 Indledning 15

### 3 Beskrivelse af oplandene 17

### 4 Beskrivelse af undersøgelsesprogram 19

#### 4.1 Kortlægning af oplandene 19

#### 4.2 Interviewundersøgelsen 19

#### 4.3 Måleprogram for vandafstrømning og næringsstofkoncentrationer 20

### 5 Landbrugspraksis 23

#### 5.1 Indledning 23

#### 5.2 Landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 23

#### 5.2.1 Samlet vurdering af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 34

#### 5.3 Gødningsforbruget for hele landet fra 1984 til 1993 35

#### 5.4 Sammenfatning 39

### 6 Nedbørs og temperaturforhold i oplandene 41

### 7 Næringsstofudvaskning fra rodzonen - målinger og beregninger på stationsmarker 43

#### 7.1 Beskrivelse af stationsmarker 43

#### 7.2 Jordvandsmålinger 44

#### 7.3 Kvælstofudvaskning fra stationsmarker - modelberegninger 49

#### 7.4 Drænvandsmålinger - vandafstrømning og næringsstofudvaskning 50

#### 7.5 Sammenfatning 53

### 8 Modelberegning af kvælstofudvaskning fra rodzonen 55

#### 8.1 Beskrivelse af modellen 55

#### 8.2 Beregning af udvaskning ved normalklima 57

#### 8.3 Sammenligning med andre undersøgelser 61

8.4 Beregning af udvaskning ved aktuel afstrømning 62  
8.5 Sammenfatning 63

## **9 Grundvand 65**

9.1 Indledning 65  
9.2 Pesticider 65  
9.3 Nitrat i grundvandet 69  
9.4 Gødningstype og nitratindhold 70  
9.5 Hovedbestanddele 72  
9.6 Sammenfatning 73

## **10 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb 75**

10.1 Afstrømning 75  
10.2 Koncentration af kvælstof og fosfor 77  
10.3 Transport af kvælstof og fosfor 81

## **11 Sammenstilling og konklusion - Landbrugets indflydelse på næringsstofcirkulationen i landovervågningsoplandene 83**

11.1 Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplandene 83  
11.2 Landbrugets indflydelse på udvaskning til vandmiljøet 88  
11.3 Konklusion: Udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne 89

## **Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993 91**

## **Referencer 95**

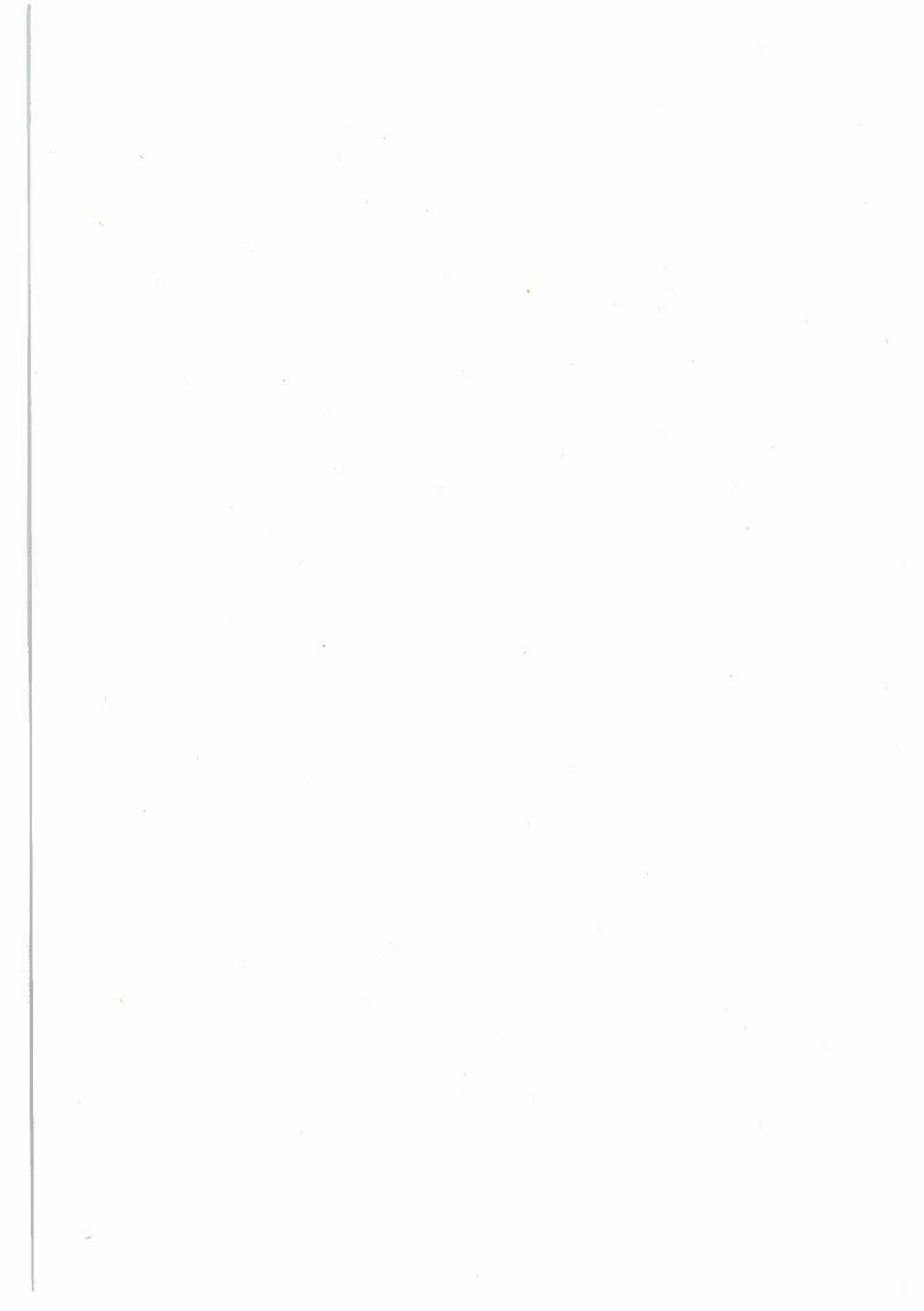
### **Bilag**

Bilag 4.1 Oversigt over analyseparametre for jordvand, drænvand, grundvand og vandløbsvand 103  
Bilag 5.1 Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængder i forhold til de anbefalede kvælstofmængder for fire husdyrtæthedsgrupper og fire bedriftstyper i 1993 104  
Bilag 5.2 Kvælstofforbrug, effektiv kvælstoftildeling og anbefalet kvælstofbehov for hele landet fra 1984/85 til 1992/93 104  
Bilag 5.3 Kvælstofforbrug, høstede kvælstof, forskellen mellem disse og data til opgørelse af udbragt husdyrgødning opgjort for hele landet fra 1985 til 1993 105  
Bilag 6.1 Månedsnedbør for LOOP 1 - LOOP 6 for perioden 1989 - 1992 106

- Bilag 7.1 Ejendoms- og markoplysning for stationsmarker 108
- Bilag 7.2 Nedbør, afstrømning samt N ( $\text{NO}_3+\text{NH}_4\text{-N}$ ) og P ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) udvaskning fra rodzonen 114
- Bilag 8.1 Datagrundlag for udvikling i gødningsforbrug, anbefalet kvælstof og nyttevirkningsprocent for de 6 landovervågningsoplande 1990-1993 120
- Bilag 8.2 N-balance på markniveau sammenholdt med beregnet rodzoneudvaskning og målt vandløbs-transport. Markbalancen er opgjort på driftsår, mens udvaskning og vandløbstransport er opgjort på hydrologiske år 121

## **Danmarks Miljøundersøgelser 122**





## Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser som et led i den landsdækkende rapportering af Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Overvågningsprogrammet blev iværksat efteråret 1988. Dette er femte rapportering af programmet.

Hensigten med Vandmiljøplanens overvågningsprogram er at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som er gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen (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 Miljø- og Energiministeriet 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 Miljøundersøgelser 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 amtskommunerne og Københavns og Frederiksberg kommuner og de statslige myndigheder.

Rapporterne "Ferske vandområder - vandløb og kilder" og "Ferske vandområder - søer" er således baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af de ferske vande.

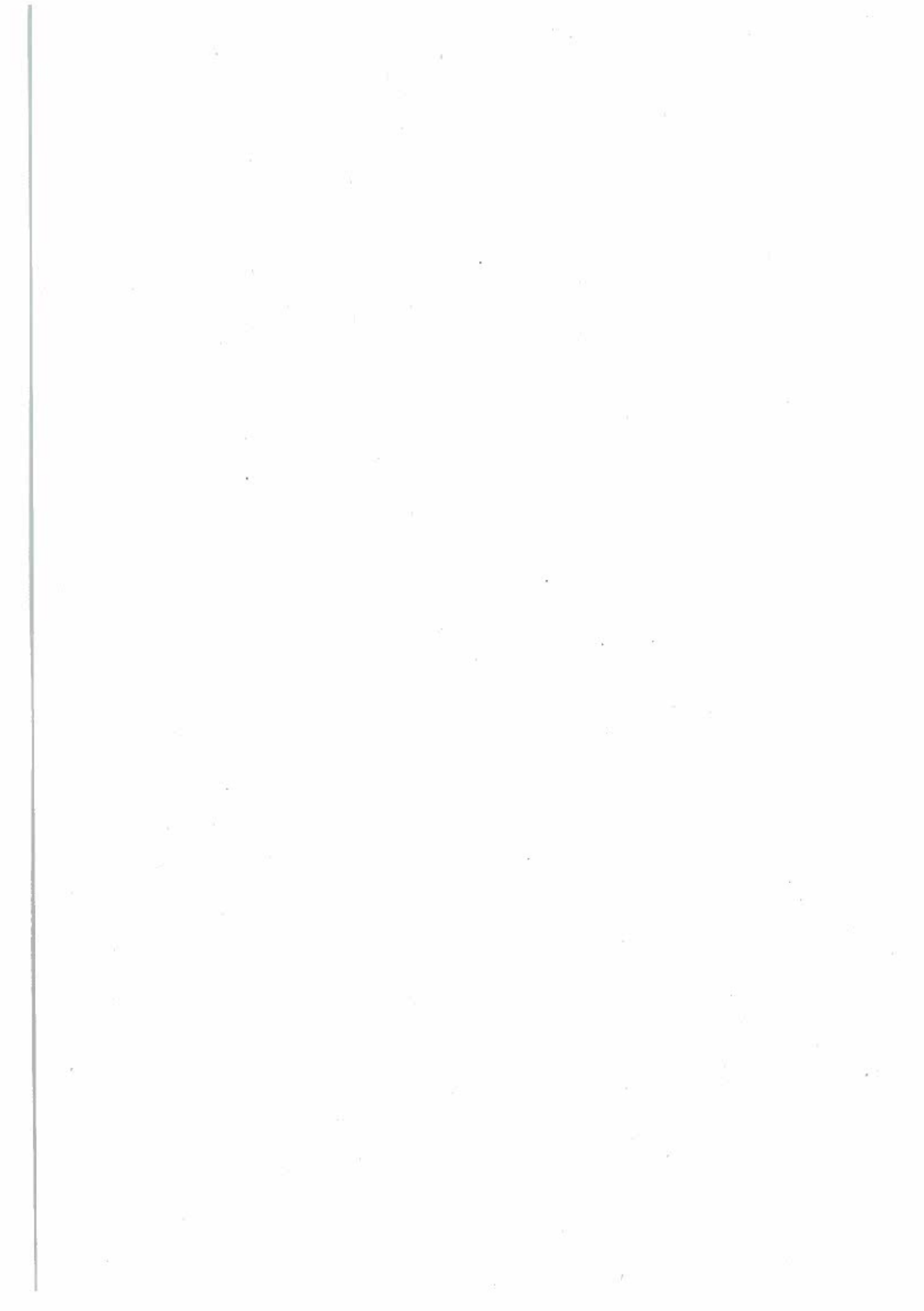
Rapporten "Marine områder - fjorde, kyster og åbent hav" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af fjorde og kystvande samt Danmarks Miljøundersøgelser overvågning af de åbne havområder.

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

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor" baseret på Danmarks Miljøundersøgelser overvågningsindsats.

Bagest i denne rapport findes en sammenfatning af resultaterne fra samtlige overvågningsrapporter fra Danmarks Miljøundersøgelser.





# 1 Resume

## *Landovervågning*

### **Landovervågningsprogrammet**

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>.

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

## *Oplandenes repræsentativitet*

Oplandene er udvalgt med henblik på at repræsentere landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima, størrelsesfordeling, husdyrtæthed, bedriftypesammensætning og afgrødefordeling. Oplandene vil dog nødvendigvis adskille sig fra landsgennemsnittet på enkelte punkter. Den væsentligste forskel er et højere husdyrtryk i oplandene på 1,1 DE ha<sup>-1</sup> i forhold til landsgennemsnittet på 0,9 DE ha<sup>-1</sup> i 1993, og at oplandene har større andel af grovsandede jordtyper end hele landet. Dette bevirker, at gødningsniveauet for oplandene ikke er repræsentativt for landet som helhed. Oplandene er imidlertid repræsentative for landet hvad angår landbrugspraksis for de enkelte bedriftstyper i oplandene.

## *Undersøgelserprogram*

Ved programmets start blev der udført en jordbundskortlægning, samt en hydrogeologisk og kvartærgeologisk kortlægning af oplandene.

Undersøgelserprogrammet består af:

- Årlig interviewundersøgelse om landbrugsdriften blandt samtlige ejendomme i oplandene vedrørende arealanvendelse, gødningsforbrug, husdyrhold m.v. For et mindre antal ejendomme indsamles oplysninger om pesticidforbrug.
- Måleprogrammer: klimastationer, jordvandsstationer, drænvandsstationer, grundvandsstationer, vandløbsstationer.

Amterne er ansvarlige for indsamling af data fra interviewundersøgelsen og måleprogrammet i de enkelte oplande. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Geologiske Undersøgelse er ansvarlige for den faglige koordinering samt databehandling og rapportering af hele Landovervågningsprogrammet.

## *Rapportering*

Nærværende rapport giver en analyse af landbrugets gødningsanvendelse og en beskrivelse af måleresultater for 1989-1993, samt en modelberegning af udvaskningen fra rodzonen i de 6 oplande. Rapporten indeholder endvidere en foreløbig vurdering af næringsstofcirkulationen i oplandene, samt landbrugets indflydelse herpå. I denne vurdering perspektiveres til landsniveau.

## *Vandmiljøplanens tiltag*

### **Landbrugspraksis i landovervågningsoplandene**

Med Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987 blev der stillet krav til,

at landmændene udarbejdede sædskifte- og gødningsplaner, at 65 % af det dyrkede areal skulle være plantedækket om efteråret, og at opbevaringskapaciteten til husdyrgødning skulle øges.

#### *Analyse af landbrugspraksis*

Formålet med dette års analyse af landbrugspraksis er at beskrive virkningerne af Vandmiljøplanens tiltag på landbrugets gødningsforbrug og udnyttelsesgrad af husdyrgødning. Dette gøres dels ved at beskrive udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene fra 1990 til 1993 og dels ved at beskrive udviklingen i gødningsforbruget for hele landet i perioden fra 1984 til 1993.

#### *Gødningsforbruget i oplandene i 1993*

Handelsgødningsforbruget i 1993 er i gennemsnit 124 kg N ha<sup>-1</sup> for de seks oplande. Den del af det dyrkede areal, der ikke har noget kvælstofbehov, indgår ikke i beregningen. Der er tale om et fald i forbruget af handelsgødning på 16 kg N ha<sup>-1</sup> siden 1990. Der er som gennemsnit givet 119 kg N ha<sup>-1</sup> i form af husdyrgødning.

#### *Grønne marker og opbevaringskapacitet*

I de seks landovervågningsoplande udgør grønne marker 69% af arealet og opfylder dermed lovkravet om, at 65% af landbrugsarealet skal være plantedækket om efteråret. 49% af ejendomme med mere end 31 DE har mere end 9 måneders opbevaringskapacitet og 72% har mere end 6 måneders kapacitet.

#### *Udviklingen i landbrugspraksis*

Fra 1990 til 1993 steg forårs-/sommerudbringningen af husdyrgødning fra 56% til 69% hvilket medførte en lille stigning i nyttevirkningen af husdyrgødningen på 4%. Med stigningen i nyttevirkningen blev handelsgødningsforbruget reduceret således, at der ses en lille stigning i udnyttelsen af husdyrgødningen på 4% til ca. 34%.

I Landovervågningsoplandene er der en overgødskning i forhold til den økonomisk optimale mængde på 20 - 30% af arealet. Overgødsningen er størst på husdyrbrug med høje husdyrtætheder.

#### **Udvikling i gødningsforbruget i hele landet**

Udviklingen i handelsgødningsforbruget i forhold til det økonomisk optimale gødningsbehov er gradvist forbedret fra 1985 til 1993. Forskellen mellem udbragt kvælstof og kvælstofbehov efter de vejledende normer viser et fald fra 39 mio. kg i 1985 til 29 mio. kg i 1993.

Andelen af forårs-/sommerudbringning af husdyrgødning er steget væsentligt siden Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987. Dette har medført en stigning i den mængde af husdyrgødningens kvælstof, der er til nytte for afgrøderne. Da handelsgødning imidlertid udgør 83% af den anbefalede kvælstofmængde, kan udnyttelsen af de store husdyrgødningsmængder stadig forbedres.

#### *Overgødskning*

Den største overgødskning foregår på ejendomme, der har et stort husdyrhold i forhold til det areal, der spredes husdyrgødning på. I følge Danmarks Statistik opfylder 17% af husdyrbrugene på landsplan ikke kravene om arealtilliggende i forhold til husdyr-

hold. Den store spredning i antallet af husdyr i forhold til arealtilliggende betyder, at 60% af husdyrgødningen produceres på bedrifter med et arealtilliggende på 20% af det dyrkede areal.

*Modelberegning viser en uændret udvaskning*

#### **Modelberegning af kvælstofudvaskningen fra rodzonen**

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskning fra rodzonen i de 6 oplande. Beregninger for 4 driftsår udført for normal årsafstrømning viser, at der for de 3 lerjordsoplande har været en uændret udvaskning på ca. 50 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. For de sandede oplande har der været en stigning i udvaskningen de 3 første år, mens der er beregnet et fald i 1993. Den gennemsnitlige udvaskning har været ca. 80 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Det vurderes gennem sammenligninger med målte udvaskninger i landovervågningsoplandene og andre undersøgelser, at modellen underestimerer den faktiske udvaskning, mens den dog reelt afspejler forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis.

*Målt N- og P-udvaskning fra rodzonen*

#### **Målt kvælstof- og fosforudvaskning i oplandene**

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen blev ved stationsmarkerne i årene 1989-93 målt til gennemsnitlig 78 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i lerjordsoplandene og til gennemsnitlig 149 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i sandjordsoplandene. Udvaskningens størrelse i de enkelte år var i nogen grad afhængig af afstrømningsmængden; i 1992 blev dog målt en meget stor udvaskning, som må henføres til de atypiske klimaforhold.

Den mindste udvaskning blev målt ved planteavlbrugene og for husdyrbrugene steg udvaskningen med stigende husdyrtæthed.

Udvaskningen af organisk kvælstof fra rodzonen udgjorde i 1993 ca. 5% af total kvælstof.

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav; denne blev for stationerne i lerjordsoplandene målt til gennemsnitlig 0,05 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> og for stationerne i sandjordsoplandene til 0,04 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Der har ikke været nogen entydig udvikling i P-udvaskningen over årene.

*Målt N- og P-udvaskning fra drænsystemer*

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har i måleperioden vist en afstrømning af nitratkvælstof fra drænedede arealer på gennemsnitlig 22 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Afstrømning af opløst ortho-fosfat fra dræn har i samme periode udgjort gennemsnitlig 0,04 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

I de to lerjordsoplande har udvaskning af organisk kvælstof fra drænen i 1990-1992 udgjort ca. 6% af total kvælstof, mens udvaskningen af partikulært fosfor fra dræn har udgjort ca. 37% af total fosfor.

*Stoftransport i vandløb*

En opsplittning af vandløbshydrograferne for de 6 oplande viser, at en stor del af overskudsnedbøren hurtigt når frem til vandløbene i de lerede oplande, mens afstrømningen i de sandede oplande hovedsaglig sker via grundvand. Den årlige overfladenære andel af afstrømningen til vandløbene udgjorde i måleperio-

den 42-51% for vandløb i lerjordsoplandene og 4-23% for vandløb i sandjordsoplandene. For transporten af total-kvælstof i vandløbene betyder dette, at der er tydeligt højere koncentrationsniveau i vandløbene, der afvander lerede oplande.

Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig 27,0 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 13,1 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 2,1-2,3 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb har i måleperioden ligget på 0,2-0,4 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>; der var ingen entydig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at tabet fra naturoplande i samme periode lå på ca. 0,08 kg P ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

#### *Grundvandskvalitet i oplandene*

Grundvandsspejlet ligger generelt højt i oplandene - gennemsnitlig 1 - 3 m under terræn.

Det øvre grundvand i såvel lerjords- som sandjordsoplandene er tydeligt påvirket af landbrugsdriften, med nitratkoncentrationer på over 11,3 mg NO<sub>3</sub>-N l<sup>-1</sup> (50 mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup>). Der er igennem måleperioden ikke set tendens til fald i nitratindholdet.

For alle oplande aftager såvel nitratindholdet som årsvariationen i dette med dybden. Mest markant er faldet fra 1,5 - 3 m under terræn.

I perioder (efterår/vinter) med stor nedsivning og stigende grundvandsstand medfører udvaskning af kvælstof en stigning i grundvandets nitratindhold.

Analyser i to oplande har vist, at nitratindholdet i det øvre grundvand ved marker tilhørende husdyrbrug var væsentlig højere end ved marker tilhørende planteavlbrug. De mindste nitratindhold i det øvre grundvand er fundet under naturarealer: koncentrationerne er her mindre end 1,1 mg NO<sub>3</sub>-N l<sup>-1</sup> (5 mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup>).

#### *Pesticider i grundvandet*

I landovervågningsoplandene er der fundet pesticider i 5 grundvandsprøver ud af 58 udtagne prøver (9%).

Interviewundersøgelsen viser, at der i landovervågningsoplandene, udover de 8 analyserede pesticider, anvendes en lang række pesticider, som ikke indgår i analyseprogrammet for Landovervågningen. En del af de anvendte pesticider skønnes at være potentielt udvaskelige.

#### *Kvælstofcirkulation i oplandene*

**Landbrugets indflydelse på kvælstofcirkulationen i oplandene**  
På baggrund af måleresultater og beregnede størrelser er opstillet en foreløbig vurdering af kvælstofcirkulationen i oplandene for de 3 hydrologiske år 1990/1991 - 1992/1993.



I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 137 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 72 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og 15 kg N ha<sup>-1</sup> ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 224 kg N ha<sup>-1</sup>. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 141 kg N ha<sup>-1</sup>. Der er således netto tilført jorden ca. 83 kg N ha<sup>-1</sup>. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 73 kg N ha<sup>-1</sup>; af denne udvaskning er ca. 38% nået ud til vandløbene.

I sandjordsoplande er årligt tilført ca. 141 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 122 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og ca. 20 kg N ha<sup>-1</sup> ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 283 kg N ha<sup>-1</sup>. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 126 kg N ha<sup>-1</sup>; således er der netto tilført jorden ca. 157 kg N ha<sup>-1</sup>. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 139 kg N ha<sup>-1</sup>; af denne udvaskning er ca. 9% nået ud til vandløbene.

#### *Kvælstofbalancen på landsplan*

Forskellen mellem det totale kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning og kvælstof tilført ved atmosfærisk deposition og bælgplanters fiksering) og kvælstof fjernet ved høst af afgrøder har haft en generelt svagt faldende tendens i perioden 1983 til 1993. Differencen er dog fortsat meget stor. Således var forskellen mellem tilført og fjernet kvælstof på landsplan i 1993 på 325 mio. kg N, svarende til et overskud på det dyrkede areal på 122 kg N ha<sup>-1</sup>.

Der er altså sket forbedringer i gødningsanvendelsen, men forbedringerne er små i forhold til den samlede kvælstofcirkulation i dyrkningssystemet.

#### *Uændret kvælstofudledning fra landbrugsarealet*

Der har ikke i landovervågningsoplandene i perioden 1989 til 1993 kunnet konstateres ændringer i hverken udvaskning fra rodzonen eller i tilførslen til vandløb. Baseret på landsdækkende målinger i vandløb, der afvander henholdsvis sandede og lerede landbrugsarealer, kan der heller ikke konstateres noget fald i kvælstoftransporten i perioden 1989 til 1993 (Græsbøll et al., 1994).

#### *Supplement af vandmiljøplanen*

Supplerende initiativer, der skal forsøge at sikre opfyldelsen af Vandmiljøplanens reduktionsmål for landbrugets kvælstofudvaskning er gennemført i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug, som indeholder elementer som forbedret håndtering og udbringning af husdyrgødning. Ligeledes vil en generel nedsættelse af gødningsnormer og gennemførelse af miljøoptimerede sædskifter bl.a. med anvendelse af afgrøder med størst mulig kvælstofoptagelse i vinterhalvåret kunne reducere kvælstofudvaskningen.

En miljørigtig udnyttelse af braklægningen i landbruget i form af genskabelse af våde enge og vådområder i ådalene kan desuden være med til at begrænse tilførslen af kvælstof til vandløb.





## 2 Indledning

### *Landbrugets næringsstofudledning*

Inden for landbrugserhvervet er der gennem de sidste 30 år sket en strukturændring, der har medført større koncentration af husdyr på færre brug. Dette betyder, at større mængder husdyrgødning spredes på mindre arealer. Handelgødningforbruget er samtidig steget fra ca. 40 kg N ha<sup>-1</sup> i 1960 til ca. 119 kg N ha<sup>-1</sup> i 1993. Endvidere er afgrødevalget ændret radikalt. Således er græsarealet omtrent halveret siden 1960 og udgør i dag ca. 1/6 af det dyrkede areal. Disse ændringer i landbruget har medført et øget tab af næringsstoffer fra landbrugsjorde. I overvågningsperioden 1989-93 har landbrugets bidrag udgjort ca. 80% af den totale kvælstofbelastning af vandmiljøet.

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

Med vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987 indførtes en række tiltag overfor landbruget med det formål at begrænse næringsstofudledningen. For at følge op på effekten heraf iværksattes Landovervågningsprogrammet. Målet med dette program er, at kortlægge udviklingen i landbrugspraksis, at bestemme næringsstofudvaskningen fra rodzonen under de aktuelle forhold mht. landbrugspraksis, og desuden at bestemme næringsstoftransporten til vandløbene og betydningen for grundvandskvaliteten.

Landovervågningen udføres i 6 små veldefinerede landbrugsoplande (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 klimaforholdene er disse faktorer bestemmende for størrelsen af næringsstofudvaskningen.

### *Rapportering*

De fleste amter har foretaget en vurdering af arealanvendelsen samt næringsstofudvaskningen fra de enkelte målestationer. I denne rapport er foretaget en overordnet sammenstilling af resultater fra de 6 oplande. Opgørelser over gødningspraksis og arealanvendelse er sammenlignet med de forrige års resultater. Næringsstofudvaskningen fra rodzonen på stationsmarkerne, kvaliteten af det øvre grundvand i oplandene samt næringsstofafstrømningen til vandløbene beskrives. Desuden er der for hvert opland foretaget en modelberegning af den samlede udvaskning. Til slut i rapporten sammenkøbes hovedresultaterne til en foreløbig beskrivelse af næringsstofcirkulationen i landbrugsøkosystemer, og landbrugets effekt herpå vurderes.

Der er i denne rapport især lagt vægt på at beskrive kvælstofcirkulation i landbruget, mens der for fosfor kun omtales udvaskning fra rodzonen og transporten i vandløb.

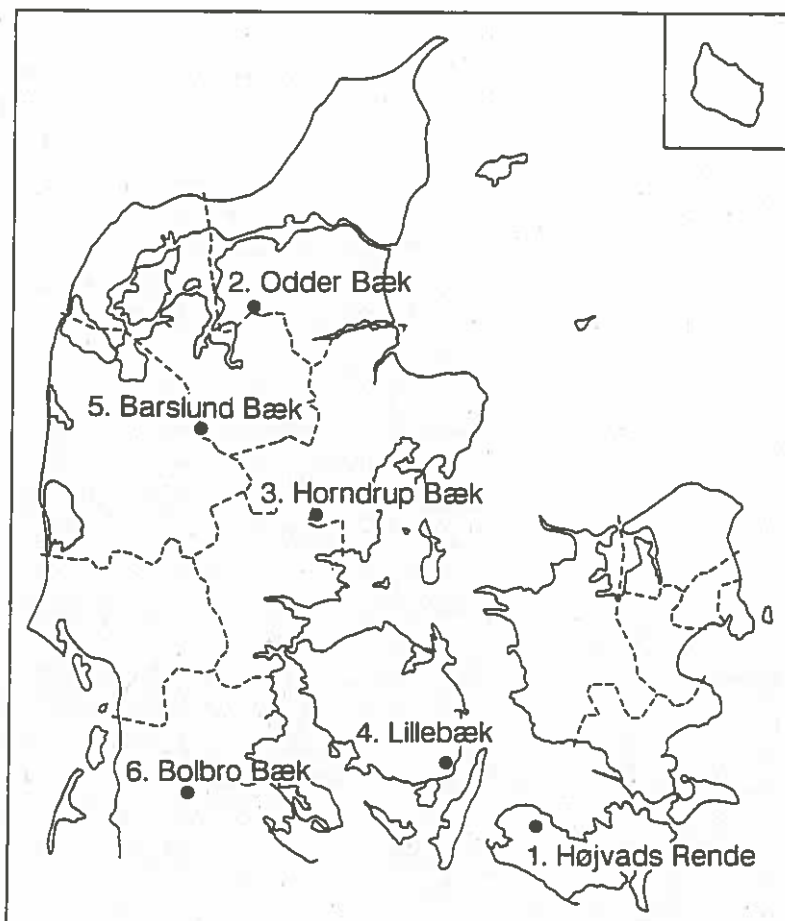
### *Rapportens udarbejdelse*

Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsøkologi er ansvarlig for rodzone- og vandløbsprogrammet, mens Danmarks Geologiske Undersøgelse er ansvarlig for grundvandsprogrammet. Rapporten er koordineret af Danmarks Miljøundersøgelser.



### 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.



Figur 3.1 Oversigt over landovervågningsoplandenes 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, Odderbæk (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, Hornstrup 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

### Oversigt

I dette afsnit gives en kortfattet beskrivelse af undersøgelsesprogrammet; for en mere detaljeret beskrivelse henvises til tidligere overvågningsrapporter fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) (Grant et al., 1991) og Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) (Rasmussen & Gosk, 1990). Med hensyn til etableringen henvises til etableringsrapporter fra DGU (DGU, 1989 a-f) og Hedeselskabet (Hedeselskabet, 1989 a-d). Programmet består af følgende komponenter:

- Kortlægning af oplandene med hensyn til jordtype og geologi
- Interviewundersøgelse blandt landmændene i oplandene
- Måleprogram for vandafstrømning og næringsstofkoncentrationer i samtlige dele af vandkredsløbet; stationsnettet består af:
  - Nedbørsmåler
  - Jordvandsstationer
  - Drænstationer
  - Grundvandsstationer (øvre grundvand)
  - Vandløbsstationer
- Måleprogram for pesticidindhold i det øvre grundvand

### 4.1 Kortlægning af oplandene

*Jordtypen kan bestemmes for hver enkelt mark*

Jordbundsundersøgelsen blev udført af Statens Planteavlsvforsøg, Afdeling for Arealdata og Kortlægning i 1989. I hvert opland er 10-11 jordprofiler detaljeret beskrevet og analyseret; endvidere er der udtaget et stort antal boreprøver. På grundlag heraf er udarbejdet detaljerede jordklassificeringskort. En geologisk jordartskortlægning samt en hydrogeologisk kortlægning blev udført af DGU i 1988/89. På grundlag af jordklassificerings- og jordartskortene er det muligt at henføre hver enkelt mark i oplandene til en beskrevet jordtype.

### 4.2 Interviewundersøgelsen

#### Formål

Interviewundersøgelsen udføres hvert år. Det tilstræbes, at samtlige lodsejere og forpagtere i oplandene deltager. Målet med dette undersøgelsesprogram er at indhente oplysninger, som er nødvendige for modelberegning af næringsstofudvaskningen fra enkeltmarker, samt at fremskaffe et statistisk grundlag for vurdering af næringsstofudvaskningen på oplandsniveau.

#### Interviewprogram

Oplysningerne i interviewprogrammet omfatter:

- Ejendomsniveau - Størrelse, arealudnyttelse og dræning, punktkilder, husdyrhold, produktion af



- husdyrgødning samt opbevaringskapacitet for husdyrgødning.
- Markniveau - Afgrøder, efterafgrøder, udbytter, anvendelse af afgrøderester, tildeling af handelsgødning og husdyrgødning, udbinding af husdyr samt tidspunkter for alle markoperationer.
- Pesticidforbrug - For marker beliggende i infiltrationsområdet til de grundvandsfiltre, hvorfra der udtages prøver til pesticidanalyse indsamles desuden oplysninger om forbruget af pesticider, herunder anvendt middel, dosering og sprøjtedato.

I LOOP 1, 2, 4 og 6 udføres undersøgelsen af lokale planteavlskonsulenter, i LOOP 3 af amtet og i LOOP 5 af Hedeselskabet.

### 4.3 Måleprogram for vandafstrømning og næringsstofkoncentrationer

Der måles løbende på nedbør, vandafstrømning og næringsstofkoncentrationer i samtlige dele af vandkredsløbet. På grundlag heraf foretages beregning over næringsstofudvaskning. Stationsopbygning og måleprogram er kort beskrevet nedenfor.

#### Måling og beregning

##### Nedbørsstationer og klimadata

Klimadata for oplandene er indhentet og bearbejdet af Statens Planteavlsforsøg, Afdeling for Jordbrugsmeteorologi. De indhentede data omfatter nedbør, temperatur, potentiel fordampning og global stråling. Oplysningerne er baseret på Statens Planteavlsforsøgs ordinære net af klimastationer i forbindelse med kvadratnetsundersøgelsen, samt på 1-2 nedbørsstationer opstillet i hvert opland i forbindelse med etableringen af LOOP-programmet.

#### Formål

##### Jordvandsundersøgelser

Målet med jordvandsprogrammet er at beregne næringsstofudvaskningen fra rodzonen på udvalgte marker. Til dette formål måles næringsstofkoncentrationen i jordvandet, mens vandafstrømningen fra rodzonen modelberegnes.

#### Jordvandsstationer

6-8 jordvandsstationer er etableret i hvert opland. En jordvandsstation består af 10 sugeceller til udtagning af jordvand. Cellerne er placeret i et V-formet mønster inden for et areal på 100 m<sup>2</sup> i 90-120 cm dybde. Sugecellerne er af teflontypen; i LOOP 5, Ringkøbing/Viborg dog af keramik. Oversigt over analyseparametre er givet i bilag 4.1.

#### Modelberegning af afstrømning

Vandafstrømningen (perkolationen) fra rodzonen på stationsmarkerne modelberegnes for LOOP 2, 3, 5 og 6 ved hjælp af vandbalancemodellen EVACROP (Olesen og Heidmann, 1990); mens der

for LOOP 1 og 4 anvendes rodzonemodellen DAISY (Hansen et al. 1990), idet denne er bedst egnet på de lerede jorde med højt grundvandsspejl.

#### Udvaskningsberegning

Udvaskningsberegningerne er foretaget på baggrund af de modelberegnete vandafstrømninger og de målte koncentrationer.

#### Formål

##### Drænvandsanalyser

Drænvandsprogrammet er iværksat med det formål at bestemme den arealspecifikke næringsstofudledning via drænsystemer. Denne beregning kan foretages, hvor der er tale om veldefinerede drænoplande. Ofte er drænoplandet dårligt afgrænset; her kan imidlertid foretages en kvalitativ vurdering af næringsstofkoncentrationerne i drænvandet.

#### Drænvandsstationer

I lerjordsoplandene LOOP 1, Storstrøm, og LOOP 4, Fyn, er det vurderet, at henholdsvis ca. 70% og 50% af landbrugsarealet er drænet. I disse oplande er anlagt drænstationer på eksisterende drænsystemer i forbindelse med de 6 jordvandsstationer. Ved 3-4 drænstationer i hvert opland måles vandføringen automatisk; de automatiske stationer er monteret med 30° Thomson overfald og datalogger. Ved de øvrige stationer måles vandføringen manuelt en gang om ugen i perioder, hvor drænene er vandførende; vandføringen bestemmes herefter ved korrelation til de automatiske stationer.

I sandjordsoplandet LOOP 2, Nordjylland, er anlagt 2 drænstationer på eksisterende drænsystemer, begge som automatiske stationer.

Der udtages drænvandsprøver til kemisk analyse en gang hver uge i perioder, hvor drænene er vandførende. Oversigt over analyseparametre er givet i bilag 4.1.

#### Formål

##### Grundvandsundersøgelser

Formålet med grundvandsprogrammet er dels at overvåge næringsstofudvaskningen til de øvre, sekundære grundvandsforekomster og eventuelle ændringer i grundvandskvaliteten gennem tiden, og dels at belyse udvaskningen af pesticider til grundvandet.

#### Grundvandsreder

I hvert opland er etableret 20-25 grundvandsreder. Der er placeret 2 grundvandsreder ved hver jordvandsstation, mens de øvrige grundvandsreder er fordelt i oplandet. En grundvandsrede består af 2-3 filtre placeret i 1,5 - 5,0 meter's dybde. Der udtages prøver til kemisk analyse (grundvandets hovedbestanddele) op til 10 gange årligt og til pesticidanalyse 1-2 gange årligt. Oversigt over analyseparametre er givet i bilag 4.1.

#### Dybere boringer

Endvidere foretages kemisk analyse på grundvand fra markvandingsboringer (LOOP 2, 5, 6) og dybere boringer (LOOP 1, 2, 4, 6). Dybden for disse boringer varierer mellem 2 og 109 m. LOOP 1, 2 og 6 er placeret sammen med grundvandsovervågningsområder (GRUMO).

### Pejleboringer

Ved jordvandsstationer og enkeltliggende grundvandsreder er etableret pejleboringer i de sekundære grundvandsforekomster. Størstedelen af pejleboringerne er 5 - 7 m dybe, i LOOP 2 dog ned til 20 m dybe.

### Formål

#### Vandløbsundersøgelser

Vandløbsundersøgelserne omfatter målinger af de vandkemiske forhold og vandføringen med det hovedformål at få en bedre viden om koncentrationen og mængderne af næringsstoffer, der via overfladevand tabes fra landbrugsoplande. Specielt den tidsmæssige udvikling i næringsstoffetabet er væsentligt at følge og sammenholde med de øvrige målinger i oplandet af udvaskningen og tabet via drænvand, samt de løbende interviewundersøgelser af ændringer i arealanvendelse og driftsforhold inden for landbruget.

### Vandløbsstationer

I hvert opland er der etableret 2-4 vandløbsstationer. Afstrømningen af vand og tabet af næringsstoffer fra hele oplandet via vandløb måles som hovedregel ved en nedstrøms placeret station. I Barslund Bæk (LOOP 5) er der etableret to nedstrøms stationer som til sammen dækker hele oplandet. De øvrige vandløbsstationer er placeret opstrøms for hovedstationen og repræsenterer herved deloplande, typisk oplande til selvstændige vandløbsgrene. Ved hovedstationen(erne) foretages der manuelle målinger af vandføring (Q) og en kontinuerlig registrering af vandstanden til brug for beregning af døgnmiddelvandføringen. Ved de fleste andre stationer i oplandet måles vandføringen kun manuelt og døgnmiddelvandføringen beregnes ved Q-Q korrelation mellem stationen og en eller flere referencestationer. Ved alle stationer udtages vandprøver til kemisk analyse, som hovedregel en gang ugentligt i vinterperioden og hver anden uge i sommerperioden. En oversigt over analysevariable er givet i bilag 4.1.

### Beregning af tab fra det åbne, dyrkede land

I rapporten er der foretaget en beregning af næringsstoffetabet fra det åbne, dyrkede land på følgende måde: Fra den målte totale transport af kvælstof og fosfor er fratrukket eventuelle bidrag fra punktkilder (rensningsanlæg, regnvandsbetingede udløb), samt bidraget fra den del af oplandet, der ikke er dyrket (naturbidraget). I tabet fra det åbne, dyrkede land indgår således landbrugsbidraget og bidraget fra spredt bebyggelse.

## 5 Landbrugspraksis

### 5.1 Indledning

#### *Vandmiljøplanen*

Da Vandmiljøplanen blev vedtaget i 1987, blev der stillet en række krav til landbruget. Landmændene skulle udarbejde sædskifte- og gødningsplaner, 65% af det dyrkede areal skulle være plantedækket om efteråret og endelig skulle opbevaringskapaciteten for husdyrgødning øges.

#### *Bedre udnyttelse af husdyrgødningen*

Ved en øgning af opbevaringskapaciteten bliver det muligt at udbringe en større mængde husdyrgødning om foråret. Samtidig bliver det muligt at forbedre udnyttelsen af husdyrgødningen. Når husdyrgødningen bliver udbragt om efteråret og vinteren, udvaskes en stor del af kvælstoffet med overskudsnedbøren. Udbringes husdyrgødningen derimod om foråret og om sommeren, er næringsstofferne i højere grad tilgængelige for afgrøderne. Ved en forbedret udnyttelse af husdyrgødningen kan handelsgødningsforbruget sænkes.

#### *Formål*

Formålet er at beskrive virkningerne af Vandmiljøplanens krav til landbrugets gødningsforbrug og udnyttelsesgrad af husdyrgødningen. Dette præsenteres i en beskrivelse af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene fra 1990 til 1993 og en beskrivelse af udviklingen i gødningsforbruget for hele landet i perioden fra 1984 til 1993.

Opgørelserne i dette kapitel redegør for perioden frem til 1. januar 1994. Den 4. februar 1994 trådte bekendtgørelse nr. 101 om grønne marker, sædskifte- og gødningsplaner samt gødningsregnskaber i kraft. Den 12. juli 1994 trådte bekendtgørelse nr. 662 om behov for tilførsel af kvælstof og indhold af kvælstof i husdyrgødning i kraft. Sidstnævnte indebærer, at eftervirkningen af husdyrgødning skal beregnes som et fradrag i det fastlagte kvælstofbehov svarende til 10% af det samlede kvælstofindhold i den husdyrgødning, der blev tilført i sidste vækstsæson. Ændringer i den aktuelle landbrugspraksis på grundlag af disse bekendtgørelser er følgelig ikke beskrevet i dette kapitel.

### 5.2 Landbrugspraksis i landovervågningsoplandene

Landmændene i de seks landovervågningsoplande bliver en gang om året interviewet afgrødesammensætning, gødningsforbrug og husdyrhold. Interviewundersøgelsen er nu gennemført i fem år, således at det nu er muligt at gøre rede for fire driftsår fra 1989/90 til 1992/93.

#### **Oplandenes repræsentativitet**

#### *Tre sandjords- og tre lerjordsoplande*

Landovervågningsprogrammet omfatter tre sandjords- og tre lerjordsoplande. Grovsandede jorde er repræsenteret med en større andel i de seks oplande end i Danmark som helhed (51% i oplandene mod 24% i Danmark); finsandede og lerblandede sandjorde er repræsenteret med en tilsvarende mindre andel (13% i



oplandene mod 38% i Danmark). De øvrige jordtyper er repræsentative.

#### *Fordeling af bedrifttyper svarer til landsfordelingen*

Andelen af kvægbrug, svinebrug, blandede brug og rene planteavlsbrug i oplandene er som gennemsnit repræsentativ for landet. Fordelingen har ikke ændret sig væsentligt fra 1990 til 1993. Også størrelsesfordelingen af ejendommene i oplandene svarer til landsgennemsnittet.

#### *Husdyrtætheden i oplandene*

Husdyrtætheden i oplandene er større i oplandene end i landet som helhed. I oplandene ligger den gennemsnitlige husdyrtæthed på 1.1 DE ha<sup>-1</sup>, mens landsgennemsnittet ligger på 0.9 DE ha<sup>-1</sup> (*Statistiske Efterretninger, Miljø 1994:6; Oversigt over Landsforsøgene, 1993*).

#### **Interviewundersøgelsens omfang**

På grundlag af interviewundersøgelsen fra 1989 til 1993 er der foretaget en opgørelse af landbrugspraksis for driftsårene 1989/90 til 1992/93. Opgørelsen er foretaget for alle marker, der er omfattet af interviewundersøgelsen. Det vil sige marker, der ligger såvel indenfor som udenfor de respektive oplande. Der kan således indgå et forskelligt antal marker i de forskellige opgørelser, da manglende data eller normtal kan hindre beregninger for enkeltmarker. Det maksimale antal marker og ejendomme, der er til rådighed for opgørelserne er vist i tabel 5.1. I dette kapitel refereres driftsårene som hele årstal.

Tabel 5.1 Omfanget af interviewundersøgelsen fra 1989 til 1993

	1989	1990	1991	1992	1993
Ejendomme	166	181	183	168	162
Marker	1103	1253	1310	1366	1323
Areal (ha)	4119	4481	4736	4778	4820
Husdyr (DE)	5556	5777	6104	6065	5494

#### *Husdyrbrug i interviewundersøgelsen*

På husdyrbrugene omfatter interviewundersøgelsen alle marker - også dem, der ligger udenfor oplandet. Dette sker for at sikre så stor nøjagtighed som muligt med hensyn til husdyrgødningens fordeling. Som nævnt er husdyrtætheden større i oplandene end i landet som helhed. Følgelig kan undersøgelsen ikke beskrive gødskningsniveauet for hele landet. Undersøgelsen kan imidlertid bruges til at belyse landbrugspraksis for forskellige brugstyper, idet oplandene anses for at være repræsentative i den henseende.

#### *Opgørelsesmetoder*

Opgørelsesmetoderne til beskrivelse af udviklingen i landbrugspraksis følger generelt beskrivelsen i Andersen et al.(1992). Landbrugets gødningspraksis kan vurderes på flere måder. En måde er i forhold til landbrugets aktuelle anbefalinger. Anbefalingerne ændres imidlertid fra tid til anden, og da ændringerne samtidig er en vis tid om at slå igennem, vil denne måde kun i ringe grad beskrive, hvad der reelt sker i praksis. I stedet er der anvendt en konservativ synsvinkel, hvor de samme normtal og

opgørelsesmetoder anvendes på alle fire driftsår. Anbefalede mængder er efter Hansen et al. (1992), med de justeringer der er anført i Andersen et al. (1992). Således er for eksempel den anbefalede kvælstofmængde til vinterraps sat til 230 kg N ha<sup>-1</sup> i alle fire driftsår, selvom anbefalingerne til landbruget er ændret til 200 kg N ha<sup>-1</sup> i 1992 (*Håndbog for plantedyrkning, 1992*). I en enkelt opgørelse er der anvendt anbefalede kvælstof mængder beregnet efter Plantedirektoratets anbefalinger (*Håndbog for plantedyrkning, 1992*). Det gælder opgørelsen for overgødskning vist i figur 5.4. Plantedirektoratets anbefalinger er valgt for at kunne fremstille landbrugets gødskningspraksis ud fra de gældende regler herom. I alle opgørelser, hvor der ikke er angivet andet, er der anvendt nyttevirkningstal for 1991 (*Håndbog for plantedyrkning, 1991*). N-prognosens anbefalinger er dog fulgt hvert år.

#### Gødningstilførsel i landovervågningsoplandene.

Gødningsforbruget for hver gødningstype samt det gennemsnitlige forbrug for de seks oplande i 1993 er vist i tabel 5.2. Det fremgår, at handelsgødningsforbruget i 1993 i gennemsnit var 124 kg N ha<sup>-1</sup> for de seks oplande. I tabellen er handels- og husdyrgødningsforbruget beregnet på grundlag af det samlede dyrkede areal, der har et kvælstofbehov. Det vil sige, at brak- og bælgplantearealet ikke er medtaget i opgørelsen.

Handelsgødningsforbruget  
124 kg N ha<sup>-1</sup> i 1993

Tabel 5.2 Gødningstilførsel og husdyrtæthed i de seks landovervågningsoplande i 1993

	Lerjordsoplande			Sandjordsoplande			LOOP 1-6
	Storstrøm	Fyn	Vejle/Århus	Nordjyl.	Ringk./Viborg	Sønderjyl.	
Handelsg. (kg N ha <sup>-1</sup> )	140	142	120	110	168	110	124
Husdyrg. + udbinding (kg N ha <sup>-1</sup> )	28	63	121	183	70	142	119
Husdyrtæthed (DE ha <sup>-1</sup> )	0.3	0.6	1.2	1.8	0.7	1.4	1.1

Til markerne i de seks oplande er der gennemsnitligt tildelt 119 kg N ha<sup>-1</sup> i husdyrgødning inklusiv udbinding. Dette er i rimelig overensstemmelse med den producerede mængde på 114 kg N ha<sup>-1</sup> beregnet ud fra husdyrtætheden på 1.1 DE ha<sup>-1</sup>, og i og med at en dyreenhed har en gennemsnitlig gødningsproduktion på ca. 104 kg N ab lager (*Danmarks Statistik, 1993,a*).

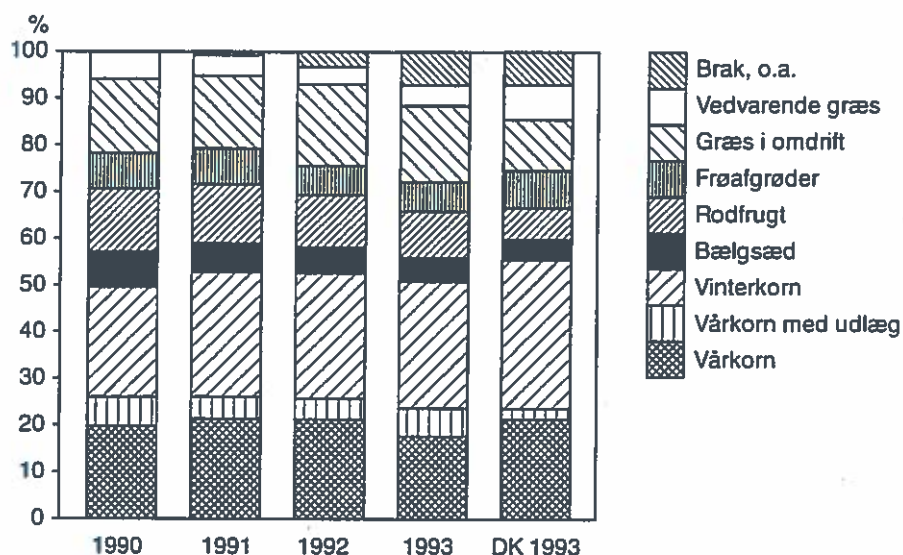
#### Afgrødefordeling og grønne marker.

Afgrødefordeling

Afgrødefordelingen i de seks oplande og for hele landet er vist i figur 5.1. Arealet med vårkorn, bælgæd, rodfrugt og græs i omdrift er gået ned, mens arealet med vinterkorn, vedvarende græs og brak er gået tilsvarende op. Det er fortrinsvis vårkornarealet, der er faldet til fordel for brakarealet.

Det er et lovkrav, at 65% af det dyrkede areal på landbrugsbedrifter over 10 ha skal være plantedækket i perioden fra høst til 20. oktober. Reglerne for hvilke afgrødetyper, der er grønne, er fastsat i Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 655 af 9. oktober 1987. Afgrøder, der kan indgå i grønne marker, omfatter vinterkorn, fodermajs, rodfrugt, frøgræs, sene frilandsgrøntsager samt frugt- og bærkulturer. Desuden kan græsmarksafgrøder, der pløjes efter 20. oktober, indgå. Op til 20% af arealet, der indgår i grønne marker, kan erstattes med halmnedmuldning.





Figur 5.1 Afgrødefordelingen for de seks landovervågningsoplande fra 1990 til 1993 og for hele landet i 1993.

69% grønne marker i oplandene

I de seks landovervågningsoplande udgør andelen af grønne marker 69% af arealet. Oplandene opfylder dermed kravet om, at 65% af det dyrkede areal skal være plantedækket om efteråret.

#### Høstudbyttet

Det gennemsnitlige høstudbytte i de seks landovervågningsoplande var knapt 25% højere i 1993 end i 1992. Dog var udbyttet af vinterkorn kun ca. 9% højere, mens udbyttet af rodfrugt var ca. 53% højere end i 1992, der var præget af tørke.

Hele landets høstudbytte for korn, foderroer og græsafrøder var henholdsvis 18%, 1% og 11% højere i 1993 end i 1992, (*Danmarks Statistik, Høstoptælling 1993, 14.7.94*).

Opgørelse af N-balance

#### Forholdet mellem tilført og høstet kvælstof

For at belyse udvaskningspotentialet for det kvælstof, der opbygges i jorden eller udvaskes ved normal landbrugspraksis, er balancen mellem tilført kvælstof og høstet kvælstof beregnet (tabel 5.3). Tilført kvælstof er i denne sammenhæng kvælstof i handelsgødning plus husdyrgødning inklusiv udbinding. Afgrødernes kvælstofindhold er beregnet efter normtallene i Vilhelm og Nielsen, 1990 og Fodermiddeltabellerne, 1993. Balancen giver ikke umiddelbart et mål for udvaskningen, idet overskydende kvælstof dels tabes ved denitrifikation og dels indbygges i jordens omsætningspuljer. Imidlertid giver balancen et billede af tabspotentialet.

Usikkerhed ved udbytteopgørelser

Opgørelsen er foretaget for arealer med vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt samt græs i og udenfor omdrift. Opgørelsen er mest usikker for de afgrøder, der anvendes direkte til foder. Det samme gælder, hvor en afgrøderest eller en eventuel efterafgrøde anvendes til foder. Dette skyldes dels usikkerhed ved indberetningerne med hensyn til brutto- og nettoudbytter. Dels skyldes det usikkerhed, hvorvidt hele udbyttet er blevet registreret, eller der for eksempel er taget et ekstra slæt eller foregået en sen afgræsning. Balancen kan følgelig undervurdere fraførslen af kvælstof især fra græsafrøder og korn med udlæg.

**Tabel 5.3 Gødningstildeling til afgrødegrupper i de seks landovervågningsoplande. Anbefalet kvælstofmængde, høstet kvælstof i 1993 samt den procentvise høstede kvælstofmængde i forhold til tilført kvælstof i 1993 og 1992.**

	Vårkorn	Vårkorn + udlæg	Vinterkorn	Rodfrugt	Græs omd.	Vedv. græs
<b>1993</b>						
Marker	251	92	288	130	247	99
Areal (ha)	860	284	1289	477	780	210
Areal (%)	17,8	5,9	26,9	9,9	16,2	4,4
Handelsgødning (kg N/ha)	100	90	143	112	138	85
Husdyrgødning (kg N/ha)	71	121	96	164	79	31
Udbinding (kg N/ha)	5	7	0	0	68	81
Anbefalet mængde (kg N/ha)	139	193	171	171	281	246
Nyttevirkning af husdyrgødning (kg N/ha)	26	29	37	65	31	12
Effektivt tildelt N (kg N/ha)	126	119	180	177	169	97
Total tildelt (kg N/ha)						
Høstet (kg N/ha)	176	218	239	276	285	197
Høstet/tildelt x 100 (%)	98	97	133	190	197	164
Tildelt - høstet (kg N/ha)	56	45	56	69	69	83
	78	121	106	86	88	33
<b>1992</b>						
Tildelt - høstet (kg N/ha)	98	132	104	175	128	92

#### Balancer for 1992 og 1993

I tabel 5.3 er kvælstofbalancerne detaljeret beskrevet for 1993, mens der for 1992 er vist et sammendrag. I 1993 blev der gennemsnitligt tilført 235 kg N ha<sup>-1</sup>, mens der med høstede afgrøder gennemsnitligt blev fjernet 144 kg N ha<sup>-1</sup>.

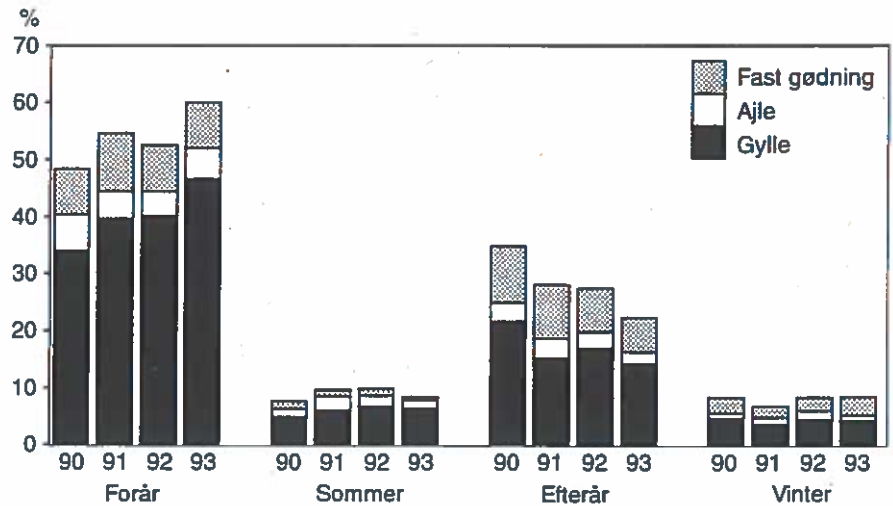
#### 13%'s stigning i forår/sommerudbringningen af husdyrgødning siden 1990

##### Udbringningstider for husdyrgødning

Udbringningstidspunkterne for husdyrgødning er vist i figur 5.2 for 1990 til 1993. Opgørelsen registrerer den udbragte husdyrgødning eksklusiv den mængde, der efterlades på marken ved afgræsning. Det ses, at den største husdyrgødningsmængde udbringes om foråret. I 1993 blev således 74% af gyllen udbragt i forår og sommerperioden, 20% om efteråret og 6% om vinteren. Fra 1990 til 1993 steg forår/sommerudbringningen af den samlede husdyrgødning fra 56% til 69%. I 1990 blev 47% af al flydende husdyrgødning udbragt i forårs- og sommerperioden. I 1993 blev 60% af al flydende husdyrgødning udbragt i forårs- og sommerperioden. Der er således sket et stigning på 13% fra 1990 til 1993. Det er fortrinsvis gyllen, der er flyttet til forårsperioden.

#### 49% af husdyrbrugene har mere end 9 måneders opbevaringskapacitet for husdyrgødning

Kravet til opbevaringskapaciteten var frem til august 1993 9 måneder for ejendomme med mere end 31 dyreenheder. Denne lov trådte i kraft 31. december 1992 og blev i august og december 1993 revideret ved bekendtgørelser, der sætter krav til udnyttelsesgraden husdyrgødning samt tidspunkter for udkørsel af husdyrgødning. Samtidig blev kravet til opbevaringskapacitet sænket til 6 måneder. I opgørelsen af opbevaringskapacitet i overvågningsoplandene er 9 måneder fortsat sat som målestok, idet denne kapacitet ofte vil være nødvendig for at overholde krav til udkørselstidspunkter og krav om udnyttelsesgrad af husdyrgødningen. I de seks landovervågningsoplande har 49% af husdyrbrugene med mere end 31 DE en opbevaringskapacitet på mere end 9 måneder.



Figur 5.2 Udbringningstider for husdyrgødning fra 1990 til 1993

Tabel 5.4 Fordelingen af ejendomme med mere end 31 DE efter opbevaringskapacitet for gylle.

	< 6 mdr.				6 - 9 mdr.				> 9 mdr.			
	90	91	92	93	90	91	92	93	90	91	92	93
Antal ejendomme	14	12	10	13	21	20	16	11	8	13	13	23
Antal marker	147	112	149	196	302	301	256	183	77	148	152	348
Areal (ha)	555	453	607	741	1107	1054	836	579	292	608	617	1463
DE ha <sup>-1</sup>	2,0	2,6	2,0	1,8	2,1	1,7	1,9	2,0	2,2	2,5	2,2	1,7
% forår-/sommer-udbr. af husdyrg.	55	70	71	61	56	70	62	68	66	67	73	78

Som det kan ses af tabel 5.4 har ejendommene med en stor opbevaringskapacitet generelt et større udbringning om foråret og sommeren end ejendomme med en lille kapacitet.

#### Udviklingstendenser i tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder

#### Fem afgrødegrupper

Opgørelserne er udarbejdet for fem afgrødegrupper, nemlig vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder (tabel 5.5). Rodfrugt omfatter fodersukkerroer og fabriksroer, men ikke kartofler. Grunden til at græsafgrøder ikke er med i denne opgørelse er, at gødningstildelinger og anbefalede kvælstofmængder til disse afgrøder er vanskelige at definere. Det er for eksempel vanskeligt at opgøre en udnyttelsesgrad af den husdyrgødning, der falder på marken under afgræsning. Ydermere anvendes mange græsmarker til såvel slæt som til afgræsning. På den måde bliver en udnyttelsesgrad af husdyrgødningen uigennemskuelig. Desuden er det vanskeligt, at fastlægge den anbefalede kvælstofmængde til græs, da nogle arealer kun afgræsses i korte perioder. De fem afgrødegrupper udgør dog til sammen 71%, 73% 70% og 67% af landbrugsarealet i oplandene i henholdsvis 1990, 1991, 1992 og 1993.

## Landbrugspraksis - 1990 til 1993

Relativ ændring i afgrødefordelingen; arealet med rodfrugt og vårkorn bliver mindre

Datamaterialet til opgørelse af udviklingstendenser i landbrugspraksis er vist i tabel 5.5. Heraf fremgår ændringen i afgrødesammensætningen fra 1990 til 1993.

Tabel 5.5 Data til beskrivelse af udviklingstendensen i tildelt kvælstof i forhold til anbefalet kvælstof for 5 afgrødegrupper i perioden fra 1990 til 1993

	1990	1991	1992	1993
Marker (antal)	764	868	885	832
Areal (ha)	3001	3394	3343	3225
<i>Afgrødefordeling</i>				
vårkorn (%)	28,0	29,3	30,4	26,5
vårkorn udl. (%)	8,8	6,4	6,3	8,9
vinterkorn (%)	33,3	36,4	38,3	40,4
roer (%)	19,0	17,2	15,9	14,8
frøafgrøder (%)	10,9	10,7	9,0	9,5
areal af total (%)	70,6	73,0	70,0	67,0
<i>Gødningstildelinger</i>				
handelsgødning (kg N/ha)	137	133	127	121
husdyrgødning (kg N/ha)	91	94	99	110
total tildelt (kg N/ha)	228	227	226	231
<i>Udnyttelse af gødning</i>				
anbefalet mængde (kg N/ha)	164	162	159	158
effektivt tildelt N (kg N/ha)	166	165	161	160
total tildelt-anbef. (kg N/ha)	64	65	67	73
nyttevirkning (%)	32,1	33,8	34,7	35,9
udnyttelsesgraden af husdyrg. (%)	29,7	30,9	32,3	33,6

### Nyttevirkning af kvælstof i husdyrgødning

Nyttevirkningen er et tal for, hvor meget af husdyrgødningens kvælstof, der kan erstatte handelsgødningskvælstof. Når der tildeles kvælstof i form af husdyrgødning, vil en del af kvælstoffet være organisk bundet og dermed ikke umiddelbart tilgængeligt for planterne. En del af husdyrgødningens uorganiske kvælstof vil fordampe ved udbringning. Resten af det uorganiske kvælstof er i princippet tilgængeligt for afgrøderne.

### Nyttevirkning ved udbringning

Nyttevirkningsprocenten afhænger af udbringningstidspunktet. Lave nytteværdier forekommer, når udbringningen foregår om efteråret eller om vinteren, hvor en del af husdyrgødningens uorganiske kvælstof udvaskes med overskudsnedbør. Omvendt optræder høje nytteværdier om foråret og om sommeren, hvor der normalt ikke forekommer overskudsnedbør, og hvor afgrøderne vokser hurtigt og dermed optager meget kvælstof.

### Nyttevirkning af forskellige typer af husdyrgødning

Nyttevirkningen opgives i procent af husdyrgødningens total kvælstof. Procenten er højest for ajle, der har et højt indhold af uorganisk kvælstof og lavest for fast gødning, der har et lavt indhold af uorganisk kvælstof.



Nyttevirkningen giver ikke information om, hvor meget handelsgødning, der efterfølgende skal gives til afgrøden. En opgørelse over den gennemsnitlige nyttevirkning af husdyrgødningen er derfor et udtryk for, på hvilket tidspunkt af året husdyrgødningen er udbragt. Nyttvirkningen giver ikke information om overgødskningens størrelse eller om landmændenes evne til at udnytte husdyrgødningens kvælstofindhold. Det er imidlertid en forudsætning, at den gennemsnitlige nyttevirkning er høj, for at landmændene kan reducere handelsgødningsforbruget.

*Nyttevirkningen steg 4%*

I landovervågningsoplandene er den gennemsnitlige nyttevirkning af udbragt husdyrgødning henholdsvis 32%, 34%, 35% og 36% opgjort for de fem afgrødegrupper for årene 1990, 1991, 1992 og 1993 (tabel 5.5). Fra 1990 til 1993 ses således en stigning på 4%, som afspejler, at en stadig stigende del af husdyrgødningen bliver udbragt om foråret og sommeren. Den procentvise stigning i forår-/sommerudbringningen var, som nævnt 13% i samme periode. Den effektive kvælstoftildeling opgøres som handelsgødningskvælstof plus nyttevirkningen af husdyrgødningskvælstof. Fra 1990 til 1993 faldt handelsgødningsforbruget med 16 kg N ha<sup>-1</sup> og nyttevirkningen steg med ca. 4%. Samtidig faldt den effektive kvælstoftildeling med 6 kg N ha<sup>-1</sup>.

*Nyttevirkning 37% med nye normtal*

Den gennemsnitlige nyttevirkning af udbragt husdyrgødning er 37% for 1993 udregnet efter de nye normtal for nyttevirkning (Håndbog for plantedyrkning, 1992). Ændringerne i nyttevirkning er størst for svinegylle, hvor normtallene er øget med 20% fra 1991 til 1992 ved forårstildeling. Ændringerne i normtallene viser, at landbruget arbejder med at øge udnyttelsen af husdyrgødningen. Normtallene gør det muligt for den enkelte landmand at ændre sin gødningspraksis mod et lavere forbrug af handelsgødning.

#### Udnyttelsegraden af husdyrgødningens kvælstof

"Udnyttelsegraden af husdyrgødning" udtrykker hvor stor en procentdel af den "anbefalede kvælstofmængde", ved en given gødningstildeling til en afgrøde, der udgøres af husdyrgødningens kvælstof. Udnyttelsegraden beregnes på følgende måde:

$$\frac{\text{Anbefalet kvælstof} - \text{Tildelt handelsgødningskvælstof} \times 100}{\text{Totalt tildelt husdyrgødningskvælstof}}$$

*Stigning i udnyttelsen af husdyrgødning*

Udnyttelsegraden udtrykker, hvor godt husdyrgødningen udnyttes ved en given anbefalet kvælstofmængde og en given gødningspraksis. For de fem afgrøder vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugt er den gennemsnitlige udnyttelsegrad af husdyrgødningen ca. 29,7% i 1990 og ca. 33,6% i 1993 (tabel 5.5). Der er således en forbedring af udnyttelsen af husdyrgødning på knapt 4% i den pågældende periode.

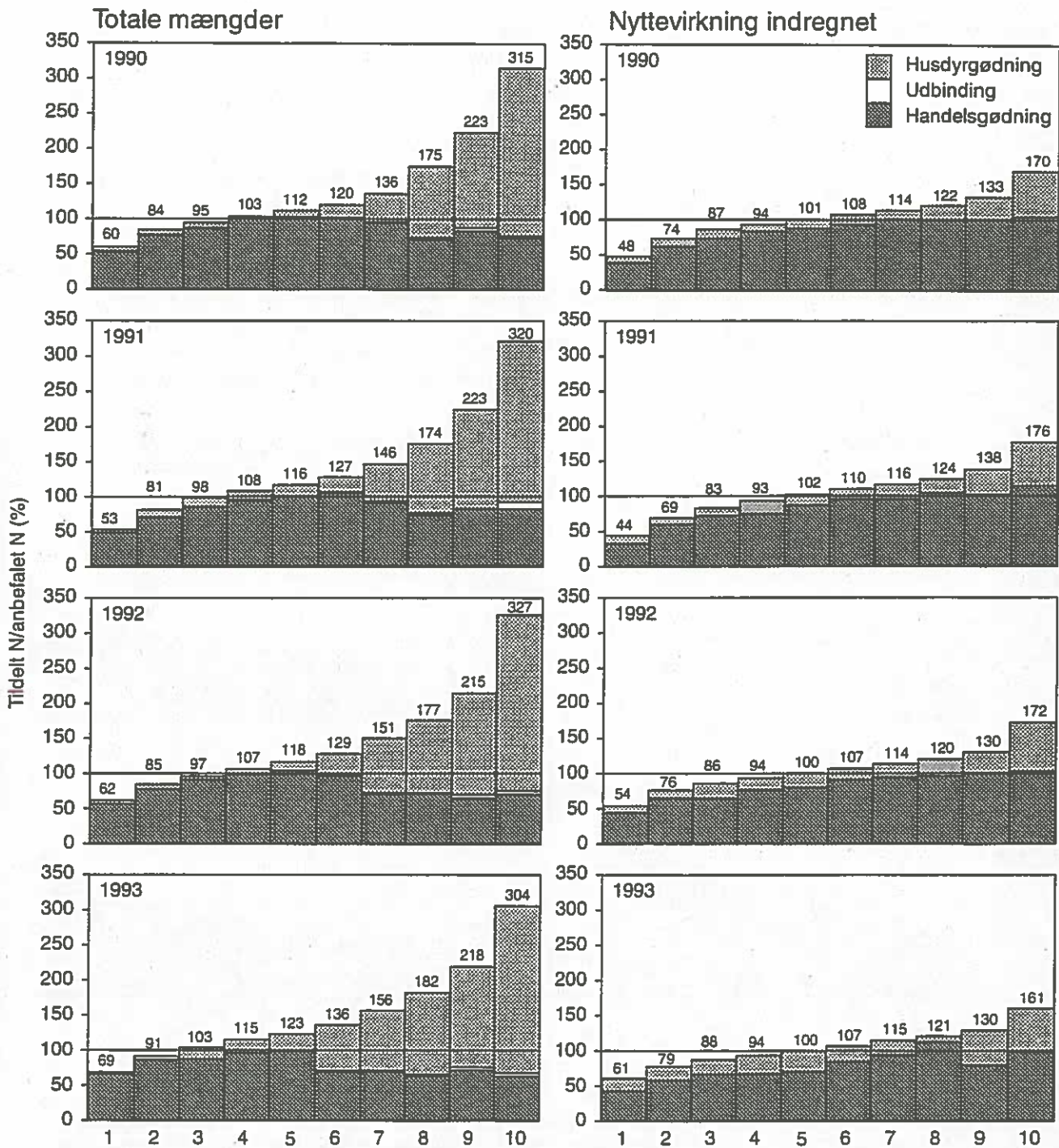
*Overgødskning*

#### Tildelt gødning i forhold til de anbefalede mængder.

Når overgødskningen skal vurderes i forhold til de anbefalede kvælstofmængder, indregnes nyttevirkningen af den udbragte husdyrgødning plus den tildelte handelsgødning.

For alle marker i denne opgørelse er der foretaget en beregning af det samlede gødningsniveau i forhold til de anbefalede mængder for økonomisk optimal gødskning. Opgørelsen er baseret på fem afgrødegrupper, nemlig vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugt.

I højre side af figur 5.3 vises den tildelte kvælstofmængde fordelt på handelsgødning og husdyrgødning.



Figur 5.3 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupperne vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder - fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling. Opgørelsen viser udviklingstendensen fra 1990 til 1993.

Husdyrgødningen er opgjort som nyttevirkningen af denne og det samlede areal er opgjort på 10% fraktiler. Figuren giver et billede



af overgødskningens størrelse i landovervågningsoplandene. Hvis der i oplandene blev gødet i henhold til den økonomisk optimale kvælstoftildeling ville søjlerne ligge omkring 100.

Der overgødes på 20 - 30% af arealet

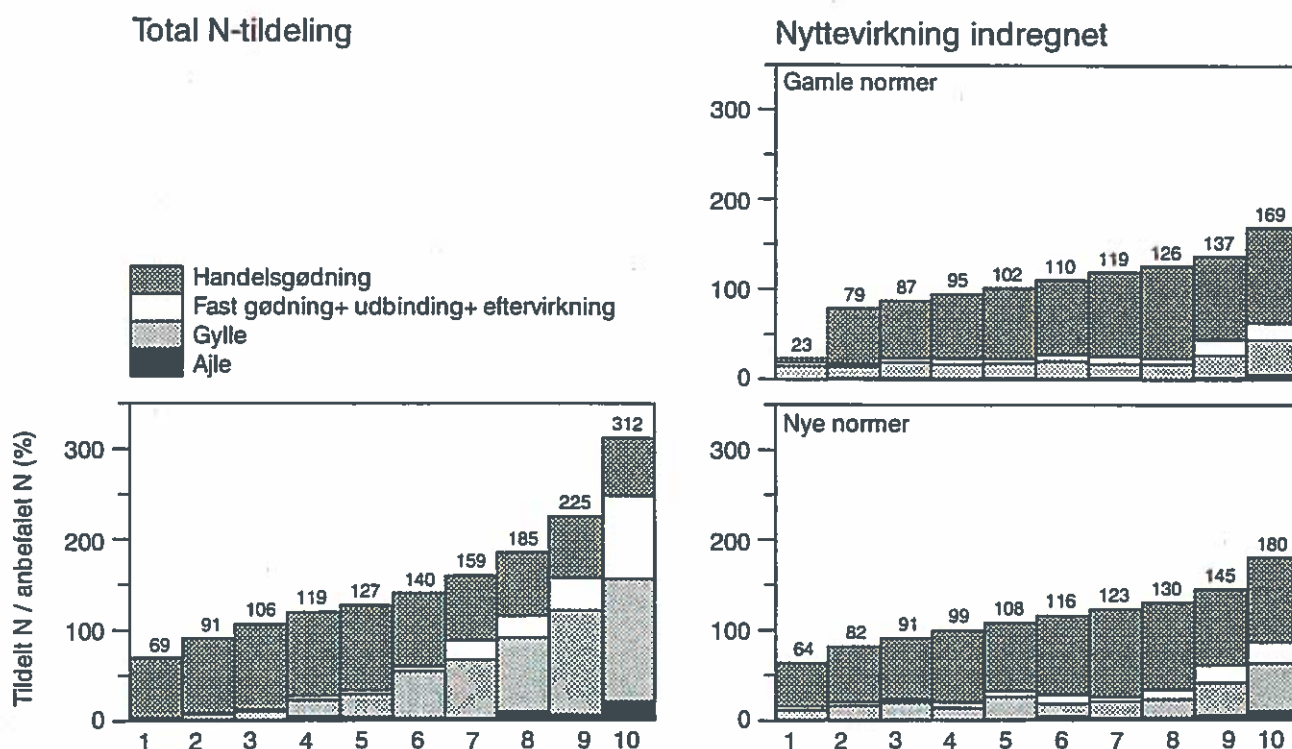
Kvælstoftildelinger, der er indenfor en margin på 10 - 20% af den anbefalede værdi, anses for at være indenfor det anbefalede område. Af figuren ses det, at der fortsat overgødes på 20 - 30 % af arealet. Fra 1990 er der således sket en lille forbedring i fordelingen af husdyrgødningen.

Totalt tildelt kvælstof/anbefalet kvælstof

I venstre side af figuren ses den totale kvælstoftildeling i forhold til den anbefalede tildeling. Den del af søjlerne, der ligger over den økonomisk optimale kvælstoftildeling = 100, viser den relative kvælstofmængde, der potentielt kan udvaskes eller udnyttes senere. Procentandelen viser ikke graden af overgødskning, da en del af den total tilførte kvælstof er bundet organisk i husdyrgødningen.

Stigende overgødskning på grund af nye nyttevirkningstal

I figur 5.4 ses samme opgørelse, men ud fra Plantedirektoratets normer for anbefalet kvælstof. Overgødskningen er endvidere beregnet med såvel 1991- som 1993-nyttvirkningstal (Håndbog for plantedyrkning 1991 og 1993). Det ses, at der beregnes en stigning i overgødskningen på grund af ændringen i nyttevirkningstallene.



Figur 5.4 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupperne vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder - fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling. Nyttvirkningen af den tilførte gødning er opgjort med nye og gamle normtal. Husdyrgødningen er opdelt efter type. Anbefalede kvælstofmængder er efter Håndbog for Plantedyrkning 1991.

Gødningstype i relation til overgødskning

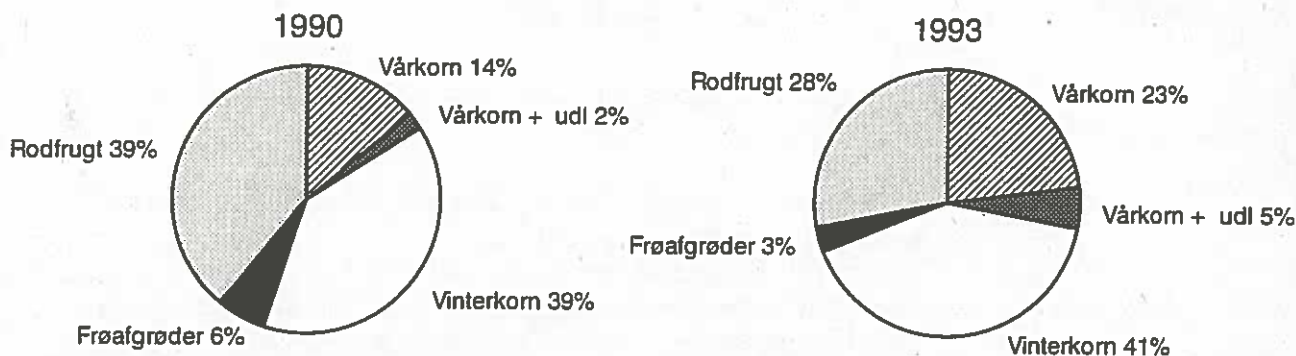
I figur 5.4 er husdyrgødning opdelt på henholdsvis gylle, ajle, samt udbinding + fast gødning + eftervirkning. Tildeling af gylle og handelsgødning alene medfører en overgødskning på op til 45% på 10% af arealet, når beregningen foretages med nyttevirk-

ningstal for 1991, lidt højere ved beregning med 1993-nyttevirkningstal. Figurene 5.3 og 5.4 viser, at en del af landbrugsarealet i opgørelsen opfylder den anbefalede kvælstofmængde alene med handelsgødning. På den måde bliver husdyrgødningens kvælstof stort set ikke sat til nogen værdi og er dermed i overskud. For at ændre på dette forhold skal husdyrgødningens nytteværdi tages alvorligt og følges af en sænkning af tildelt kvælstof i handelsgødning.

*Stor andel af overgødskning i rodfrugt og vinterkorn*

I figur 5.5 er foretaget en opgørelse af fem afgrødegrupperes andel af overgødskningen. Opgørelsen er foretaget for vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugt i 1990 og 1993. De to lagkager viser de fem afgrøders andel af den samlede effektive kvælstofmængde minus den samlede anbefalede kvælstofmængde.

Der kan ses flere forhold af figurene. Generelt er de store mængder husdyrgødning til rodfrugt sænket fra 1990 til 1993. Husdyrgødningen bliver, som nævnt i stigende grad bragt ud om foråret. Dette kan ses på overgødskningen til vårkorn, der til trods for et absolut fald i vårkornarealet, viser en stigende andel af overgødskning fra 1990 til 1993. Stigningen i overgødskning af vårkorn skyldes også, at det totale husdyrgødede areal er faldet i perioden på grund af braklagte arealer, der generelt ikke må gødes. Endvidere ses en stigning i vinterkorns andel af overgødskningen. Dette skyldes, at arealet med vinterkorn i landovervågningsoplandene er steget med 30% fra 1990 til 1993.



Figur 5.5 Den samlede effektive kvælstofmængde minus den samlede anbefalede kvælstofmængde for afgrødegrupperne vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder - fordelt på de fem afgrødegrupperes respektive tildelte effektive kvælstof minus anbefalet kvælstof.

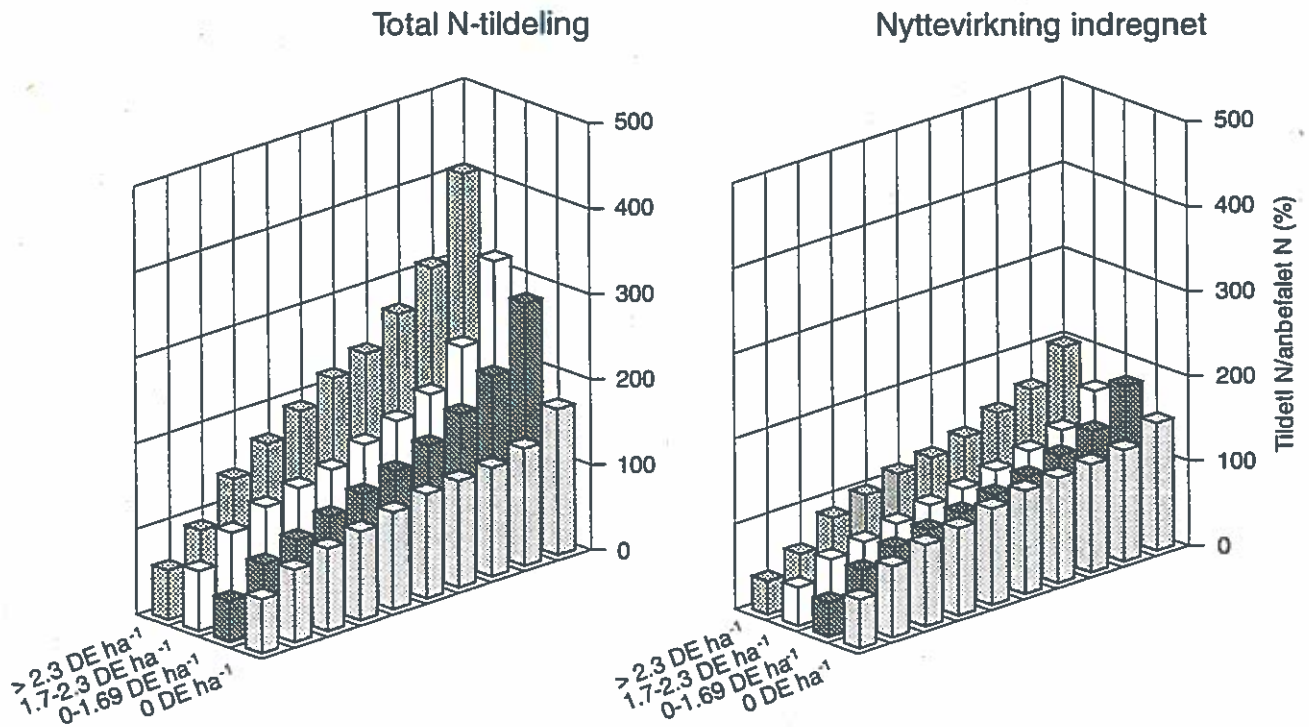
*Stigende overgødskning med stigende husdyrtæthed*

### Overgødskning

For at beskrive overgødskningens størrelse på ejendomme med stort husdyrtæthed er de tildelte kvælstofmængder opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder grupperet på ejendomme efter stigende husdyrtæthed. Opgørelsen ses i figur 5.6. Her ses en klar sammenhæng mellem stigende husdyrtæthed og stigende overgødskning. Ejendomme med mere end 2.3 DE ha<sup>-1</sup> overgøder på op til 40% af deres areal, og overgøder med op til 100% på 10% af arealet. Fra 1992 til 1993 er der sket en udvikling i retning af en bedre fordeling af husdyrgødningen. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.1.

## Brugstyper og overgødskning

For at beskrive overgødskningens størrelse på brugstyper er de tildelte kvælstofmængder opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder grupperet efter brugstyper. Figur 5.7 viser, at husdyrbrugene overgødes på op til 30% af deres arealer, og at der overgødes i overordentlig stor grad på 10% af arealerne. Generelt overgøder kvægbrugene mindre end svinebrugene. Planteavlbrugene overgøder på ca. 30% af deres arealer og overgøder i overordentlig stor grad på 10% af arealerne. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.1.

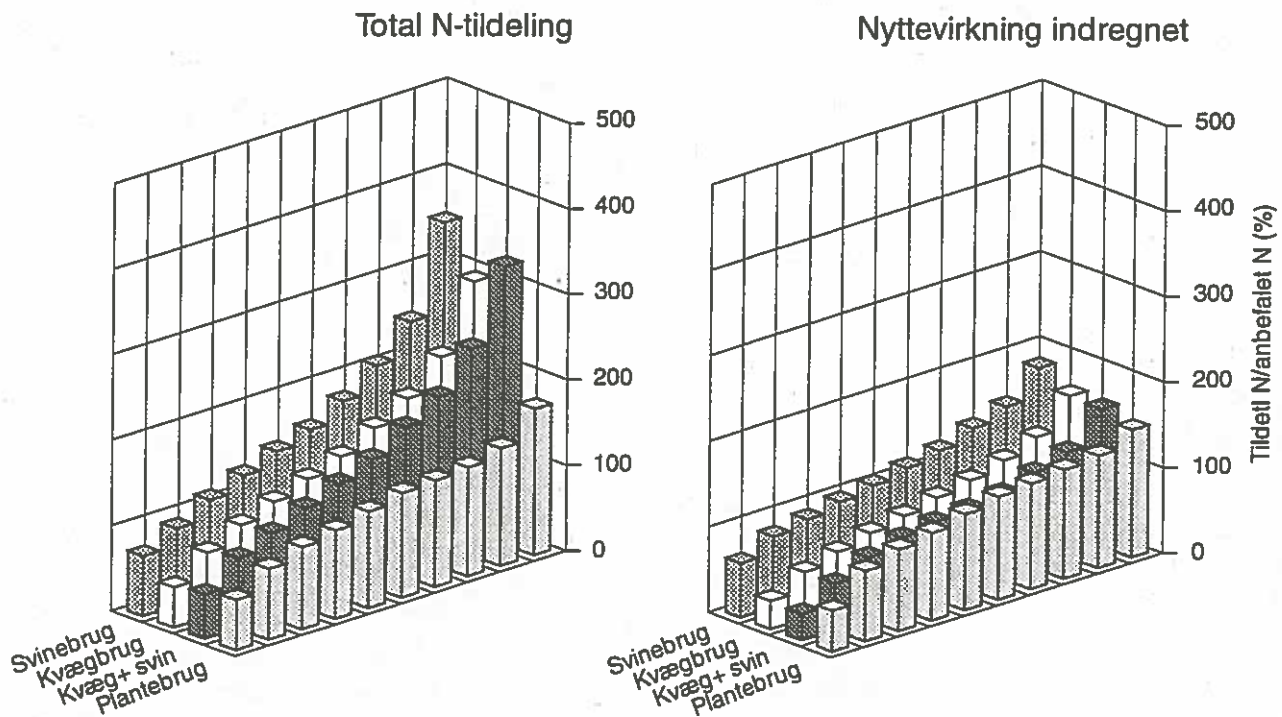


Figur 5.6 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for samtlige arealer indenfor fire ejendomsgrupper med stigende husdyrtætheder.

### 5.2.1 Samlet vurdering af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene

49% af husdyrbrugene med mere end 31 dyreenheder har mere end 9 måneders opbevaringskapacitet for husdyrgødning. Fra 1990 til 1993 stiger forår-/sommerudbringningen af husdyrgødning fra 56% til 69%, hvilket medfører en stigning på 4% i nyttevirkningen af husdyrgødningen. Handelsgødningsforbruget er reduceret, således at udnyttelsesgraden af husdyrgødningen er steget 4%. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1993 end tidligere; der er dog stadig overgødskning. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.





Figur 5.7 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for samtlige arealer indenfor fire bedriftstyper.

### 5.3 Gødningsforbruget for hele landet 1984 til 1993

Gødningsforbruget i landbruget følger ændringer i afgrødesammensætningen, udviklingen i antal og sammensætningen af husdyr, udviklingen i priser på gødning og høstede produkter samt udvikling i landbrugets anbefalinger og teknologi til gødningshåndtering.

Det følgende afsnit omhandler udviklingen i gødningsforbruget i landbruget i forhold til afgrødernes behov. Denne udvikling belyser, hvorvidt administrative tiltag og øget rådgivning har ændret gødningspraksis i landbruget.

#### Opgørelsesmetoder

Kvælstofinput til landbrugsarealet opgøres i forhold til den kvælstofmængde, der fjernes med de høstede afgrøder.

I afsnittet om husdyrtæthed og harmonikrav beskrives fordelingen af husdyr i forhold til husdyrbrugenes arealtilliggende.

Opgørelser vedr. kvælstofstrømme for landbrugsarealer i hele landet følger kalenderåret. Dog er handelsgødningsforbruget opgjort for perioden 1. juli til 30. juni. Det største forbrug af handelsgødning foregår i forårs månederne, og opgørelsesperioden har derfor ringe indvirkning på massebalancerne fra år til år.

Det "dyrkede areal" i denne rapport omfatter bedrifter over 5 ha samt små bedrifter fra 0.5 ha til 5 ha. Selve afgrødefordelingen er baseret på Danmarks Statistiks opgørelser for det dyrkede areal

tilføjet arealfordelingen for de ca. 23.000 ha, som udgøres af de små brug fra 0.5 ha til 5 ha.

Udskilt kvælstof fra husdyrgødning er fra en foreløbig opgørelse fra Danmarks Statistik (1993). Opgørelsen er endnu ikke beregnet for 1993, hvorfor N-faktorer fra 1992 for N-indhold i gødning fra forskellige husdyr er anvendt på husdyrsammensætningen fra 1993. Løvrigt er der anvendt de samme opgørelsesmetoder som beskrevet i Grant et al. (1993).

*Handelsgødningsforbruget nedsat med 37 mio. kg N fra 1992 til 1993*

#### **Gødningsforbruget for hele landet**

I 1993 udgjorde handelsgødningsforbruget 328 mio kg N, hvilket er et fald på 37 mio kg N i forhold til 1992. Faldet i handelsgødningsforbruget skal ses i sammenhæng med, at afgrødernes kvælstofbehov i samme periode faldt med 19 mio kg N primært på grund af braklægningen. Samtidig steg antal af husdyr til 2.469.000 dyreenheder, hvilket svarer til, at den tildelte husdyrgødning steg med ca. 10 mio kg N. Til trods for at handelsgødningsforbruget i 1993 faldt, er der således ikke sket en væsentlig forbedring i gødningspraksis i forhold til afgrødernes kvælstofbehov. Handelsgødningsforbruget dækker fortsat den største del af afgrødernes behov, nemlig 83% (bilag 5.2). Dette betyder, at udnyttelsen af de store mængder husdyrgødning, der er til rådighed, kan forbedres væsentligt.

*Tabel 5.6 Gødningsforbrug, dyreenheder og anbefalet kvælstofbehov for hele landet i 1985, 1992 og 1993*

	1985	1992	1993
Handelsgødningskvælstof i mio. kg. N	392	365	328
Udbragt husdyrgødningskvælstof i mio. kg. N	213	205	215
DE i 1000	2525	2381	2469
Total kvælstofinput	748	703	679
Anbefalet behov mio kg. N	408	413	394

Det totale kvælstofinput for landbrugsarealet i hele landet er faldet fra 748 mio. kg N i 1985 til 679 mio kg N i 1993 (Tabel 5.6). I samme periode faldt afgrøderne kvælstofbehov med 14 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i det tildelte kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 55 mio. kg N, hvilket svarer til en nedgang på 7 %. Handelsgødningens andel af afgrødernes kvælstofbehov var størst i 1985, hvor 96 % af afgrødernes kvælstofbehov blev dækket via handelsgødning og næsten alt kvælstof i husdyrgødningen var i overskud. Dette forhold ændredes gradvist frem til 1993, hvor handelsgødningen, som tidligere nævnt, udgjorde 83 % af afgrødernes kvælstofbehov og husdyrgødningens andel steg tilsvarende (Bilag 5.2).

*Udbringningspraksis for husdyrgødning er forbedret.*

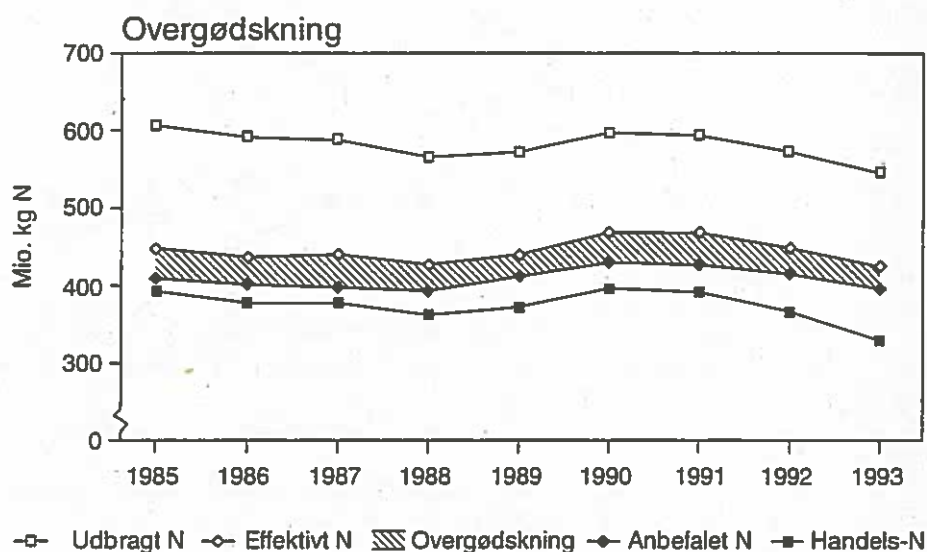
Forår-/sommerudbringning af husdyrgødning er steget gradvist fra ca. 45 % i 1980'erne til 62 % i 1992/93 (Hansen, 1990; Observa, 1993).

### Overgødskning

I Figur 5.8 vises overgødskningen fra 1985 til 1993. Den kvælstofmængde, der er tilgængelig for afgrøderne angives som effektiv N. Effektivt N består dels af kvælstof i handelsgødningen og dels af den del af husdyrgødningens kvælstof, der kan udnyttes af planterne. I opgørelsen af effektivt N er nyttevirkningen beregnet ud fra udbragt husdyrgødning uden udbinding. Det er forudsat, at den gennemsnitlige nyttevirkning af husdyrgødningens kvælstof var 26 % i 1985, og at den derefter er øget med 2 % om året. Nyttevirkningen i 1993 når derved op på 42 %.

Forudsætningen om at stigningstakten for nyttevirkningen er 2% om året og dermed 42% i 1993 er efter al sandsynlighed ikke i overensstemmelse med den reelle nyttevirkning, der blev opnået i landbruget i 1993. Som det sås i tabel 5.5 lå nyttevirkningen for de seks overvågningsoplande på 36% for 1993. I en opgørelse for syv landbrugsdominerende oplande foretaget af Hansen (1990) var nyttevirkningen 28% i 1984 og 30% i 1987.

På figur 5.8 vises den totale udbragte kvælstofmængde, mængden af effektiv kvælstof, afgrødernes kvælstofbehov og kvælstof i handelsgødning. Overgødskningen vises som det skraverede felt som forskellen mellem tilført effektivt kvælstof og afgrødernes kvælstofbehov. Overgødskningen viser et lille fald fra 1987 til 1989 og en tilsvarende stigning fra 1989 til 1991. Fra 1991 til 1993 ses igen et fald.



Figur 5.8 Udviklingen i totalt tildelt kvælstof, tildelt effektivt kvælstof, kvælstofbehov og tildelt handelsgødning kvælstof for hele landet i perioden fra 1985 til 1993.

### Høstede kvælstofmængder i forhold til tildelt gødning

Kvælstofmængden i høstede afgrøder for hele landet er opgjørt efter Nielsen (1990) og er vist i Bilag 5.3. Desuden er udviklingen i de høstede kvælstofmængder, tildelte kvælstofmængder og forskellen mellem disse vist i figur 5.9 for hele landet i perioden fra 1985 til 1993. Den tildelte kvælstofmængde er opgjørt som handelsgødningens forbrug, kvælstoffikseringen, depositionen og kvælstof udskilt fra husdyrgødning fratrukket ammoniakfordampningen fra stald og lager. Kvælstoffikseringen er opgjørt



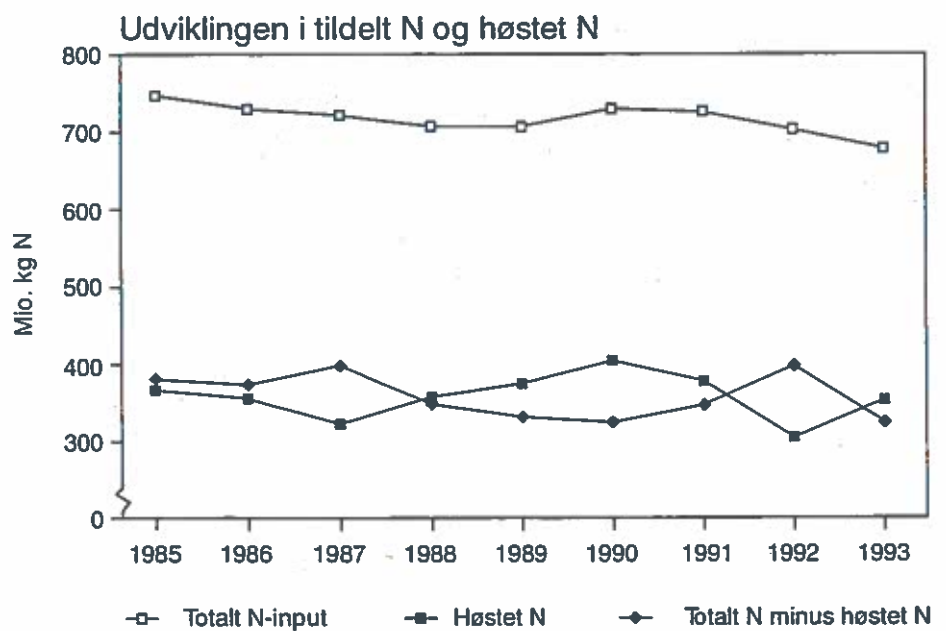
efter Nielsen (1990), og depositionen er sat til 21 kg N ha<sup>-1</sup> (Miljøstyrelsen, 1990).

På figuren ses det, at forskellen mellem tildelt kvælstof og høstet kvælstof har haft en tendens til fald fra 1985 til 1993; dog med særlig undtagelse af 1987 og 1992, der var dårlige høstår.

#### Husdyrtæthed og harmonikrav

Den maksimale tilførsel af husdyrgødning er fastlagt i husdyrbekendtgørelsen, bekendtgørelse nr. 1121 af 15. december 1992. På kvægbrug må der højst udbringes husdyrgødning fra 2,3 DE ha<sup>-1</sup>. På svinebrug og øvrige brug med husdyrgødning må der udbringes husdyrgødning fra hhv. 1,7 DE ha<sup>-1</sup> og 2,0 DE ha<sup>-1</sup>. Overskydende husdyrgødning skal afsættes til andre bedrifter. Brug med større husdyrtæthed betegnes her som disharmoniske.

Antallet af husdyr i hele landet er steget ca. 4 % fra 1992 til 1993, hvorved den gennemsnitlige husdyrtæthed er 0,9 DE ha<sup>-1</sup> dyrket areal i 1993. Stigningen skyldes primært en øget svinebestand. Svinebestanden på tæledagen var i nogen grad påvirket af slagteristrejken i 1993 (Danmarks Statistik, 1994).



Figur 5.9 Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1993.

I 1993 er 17 % af husdyrbrugene disharmoniske. 1,5% af husdyrbrugene er disharmoniske, fordi størstedelen af de braklagte arealer ikke må gødes. Hovedparten af de disharmoniske brug er svinebrug. Næsten halvdelen af alle svinebrug i landet har så stor en husdyrtæthed, at en stor del af deres husdyrgødning skal udbringes på andre bedrifters jorder (Danmarks Statistik, Statistiske Efterretninger, Miljø 1994:6).

Der er en stor spredning i antallet af husdyr i forhold til arealtilliggendet. Således produceres 60% af husdyrgødningen på bedrifter med et arealtilliggende, der svarer til 20% af det dyrkede areal. Dette svarer til en gødningsproduktion på 248 kg N ha<sup>-1</sup>.

17 % af husdyrgødningen produceres på bedrifter med et arealtilliggende, der svarer til 3 % af det dyrkede areal. Hvis denne husdyrgødning skulle udbringes på disse bedrifters areal ville gennemsnitstildelingen blive 500 kg N ha<sup>-1</sup>. Krav om overførsel af husdyrgødning skal sikre, at disse meget store husdyrgødningsmængder spredes på arealer, hvor der ikke i forvejen overgødes.

### Konklusion

I 1993 er der sket en lille forbedring i gødningspraksis i forhold til afgrødernes behov. Handelsgødningsforbruget faldt. Faldet blev imidlertid delvist opvejet af et fald i afgrødernes samlede kvælstofbehov og delvist opvejet af en stigning i udbragt husdyrgødning.

I 1993 var 17 % af husdyrbrugene disharmoniske, hvilket betyder, at en del af husdyrbrugenes areal tildeles meget store mængder husdyrgødning.

## 5.4 Sammenfatning

Ved Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987 blev der stillet en række krav til landbruget. Der skulle udarbejdes sædskifte- og gødningsplaner, 65% af det dyrkede areal skulle være plantedækket om efteråret og opbevaringskapaciteten for husdyrgødning skulle øges.

### Formål

Formålet er at beskrive virkningerne af Vandmiljøplanens krav til landbrugets gødningsforbrug og udnyttelsesgrad af husdyrgødning. Dette gøres dels ved at beskrive udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene fra 1990 til 1993 og dels ved at beskrive udviklingen i gødningsforbruget for hele landet fra 1984 til 1993.

### Landovervågningsoplandene

#### Landbrugspraksis i landovervågningsoplandene

I de seks landovervågningsoplande foretages en interviewundersøgelse af landbrugets arealanvendelse. Opgørelserne for årene 1990 til 1993 dækker driftårene 1989/90 til 1992/93.

### Oplandenes repræsentativitet

Oplandene er udvalgt med henblik på at repræsentere landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima, størrelsesfordeling, husdyrtæthed, bedrifttypesammensætning og afgrødefordeling m.m. Oplandene adskiller sig dog fra landsgennemsnittet på enkelte punkter. De væsentligste forskelle er en højere husdyrtæthed på 1.1 DE ha<sup>-1</sup> i forhold til landsgennemsnittet på 0.9 DE ha<sup>-1</sup> i 1993 og en større andel af grovsandede jordtyper end landsgennemsnittet. Dette bevirker, at gødningsniveauet for oplandene ikke er repræsentativt for landet som helhed. Oplandene er imidlertid repræsentative for landet, hvad angår landbrugspraksis for de enkelte bedriftstyper i oplandene.

### Gødningsforbruget i oplandene i 1993

Handelsgødningsforbruget i 1993 er i gennemsnit 124 kg N ha<sup>-1</sup> for de seks oplande. Den del af det dyrkede areal, der ikke har noget kvælstofbehov, indgår ikke i beregningen. Der er som gennemsnit givet 119 kg N ha<sup>-1</sup> i form af husdyrgødning.

### Høstudbyttet

Det gennemsnitlige høstudbytte i de seks oplande var knapt 25% højere i 1993 end i 1992, der var et tørkeår.

### Grønne marker og opbevaringskapacitet

I de seks landovervågningslande udgør grønne marker 69% af arealet og opfylder dermed lovkravet om, at 65% af landbrugsarealet skal være plantedækket om efteråret. 49% af ejendomme med mere end 31 DE har mere end 9 måneders opbevaringskapacitet og 72% har mere end 6 måneders kapacitet.

### Udvikling i landbrugspraksis

Fra 1990 til 1993 steg forårs-/sommerudbringningen af husdyrgødning fra 56% til 69%, hvilket medførte en lille stigning i nyttevirkningen af husdyrgødningen. Med stigningen i nyttevirkningen blev handelsgødningsforbruget reduceret således, at der ses en lille forbedring i udnyttelsesgraden af husdyrgødningen.

I landovervågningsoplandene er der en overgødskning i forhold til den økonomisk optimale gødskning på 30% af arealet. Overgødsningen er størst på husdyrbrug med høje husdyrtætheder.

#### Udvikling i gødningsforbruget i hele landet

Udviklingen i handelsgødningsforbruget i forhold til det anbefalede gødningsbehov er gradvist forbedret fra 1985 til 1993. Forskellen mellem udbragt kvælstof og anbefalet kvælstofbehov viser et fald fra 197 mio. kg i 1985 til 149 mio. kg i 1993. Forskellen mellem udbragt effektivt kvælstof og anbefalet kvælstof viser et fald fra 39 mio. kg i 1985 til 29 mio. kg i 1993.

Andelen af forårs-/sommerudbringning af husdyrgødning er steget væsentligt siden Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987. Dette har medført en stigning i den mængde af husdyrgødningens kvælstof, der er til nytte for afgrøderne. Da handelsgødning, imidlertid, stadig udgør 83% af den anbefalede kvælstofmængde, kan udnyttelsen af de store husdyrgødningsmængder stadig forbedres.

### Overgødskning

Den største overgødskning foregår på ejendomme, der har et stort husdyrhold i forhold til det areal, der spredes husdyrgødning på. I følge Danmarks Statistik er der 17% af husdyrbrugene i hele landet, der ikke opfylder kravet til husdyrtæthed. Den store spredning i antallet af husdyr i forhold til arealtilliggende betyder, at 60% af husdyrgødningen produceres på bedrifter med et arealtilliggende på 20% af det dyrkede areal. Dette forhold svarer til en tildeling på 248 kg N ha<sup>-1</sup>, såfremt der ikke foretages overførsel af gødning til anden bedrift. Næsten halvdelen af alle svinebrug i landet har så stor husdyrtæthed, at en stor del af deres husdyrgødning skal udbringes på andre bedrifters arealer.

## 6 Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene

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

Tabel 6.1 Årsnedbør (korrigeret til jordoverfladen) for 1988 - 1993, samt årsnedbør for perioden 1961 - 1990.

LOOP	Normal årsnedbør <sup>1)</sup> mm	Nedbør (mm)					
		1988	1989	1990	1991	1992	1993
1. Storstrøm	614	659	553	766	664	613	809
4. Fyn	704	829	634	897	772	762	906
3. Vejle/Århus	875	869	623	1050	762	856	962
2. Nordjylland	794	918	619	765	628	656	631
5. Ringkøbing	969	1004	841	1056	826	938	825
6. Sønderjylland	993	1110	608	1081	830	873	999

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

### Nedbørsmængder og - fordeling 1988-1993

I 1988 var årsnedbørsmængderne større end normalt for årene 1961-1990. 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 oktober - december oftest lig med eller lavere end normalnedbøren.

I 1989 faldt der væsentlig mindre nedbør end normalt med et gennemsnit på 78%. Nedbøren i 1989 fordelte sig således, at der i februar - marts og i oktober i de fleste oplande faldt større mængder end normalt; og endvidere faldt der i LOOP1 og LOOP4 meget store nedbørsmængder i løbet af få dage i august måned. I de øvrige måneder var nedbøren lig med eller lavere end normalt.

I 1990 var nedbørsmængderne store; disse udgjorde i gennemsnit 113% af normalnedbøren. De større nedbørsmængder faldt især i januar - februar, juni og i efterårsmånederne.

I 1991 udgjorde årsnedbøren i gennemsnit 92% af normalen. Således var nedbørsmængderne for de to oplande på øerne (LOOP 1 og 4) 108% af normalnedbøren, mens nedbørsmængderne for de fire oplande i Jylland (LOOP 2, 3, 5 og 6) var 84% af normalnedbøren. Nedbøren fordelte sig således, at juni og november måneder var mere regnfulde end normalt, mens omvendt juli - august/september var mere tørre. LOOP 5 fik dog ikke del i den høje juni-nedbør, mens LOOP 1 i november fik normale nedbørsmængder.

Årsnedbøren var i 1992 95% af normalnedbøren med værdier på eller over normalen på øerne (108% i LOOP 4) og værdier under normalen i Jylland. Mindst nedbør faldt der i LOOP 2 og LOOP 6 med hhv. 83% og 88% af det normale. Nedbørsfordelingen over året var derimod meget skæv og først og fremmest karakteriseret af den landsdækkende ekstreme tørkeperiode fra den 13. maj til omkring den 10. juli. Når nedbøren alligevel nåede op omkring årsnormalen skyldes det ekstraordinært store nedbørsmængder i august og november.

Som det fremgår af tabellen lå 1993 nedbøren i lerjordsoplandene generelt over årsnormalen for disse områder, mens nedbøren i sandjordsoplandene generelt lå under normalen i 1993.

Årsnedbøren på 855 mm for de seks LOOPS var i 1993 4% over årsnormalen på 825 mm.

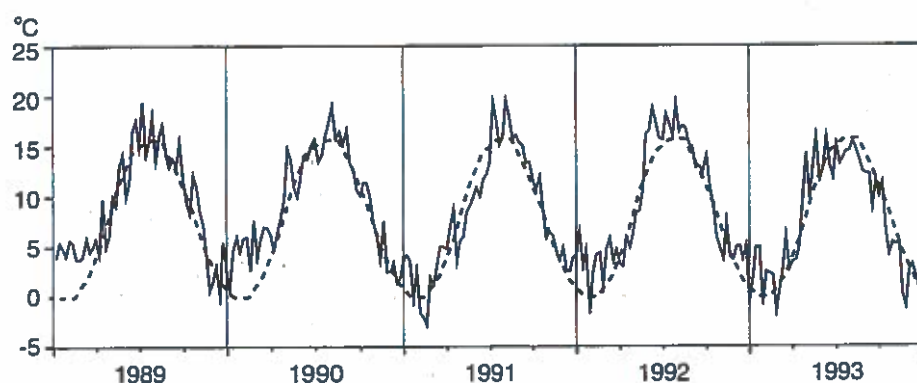
I LOOP 1, 4 og 4 lå nedbørsmængden på hhv. 20% og 15% under årsnormalen, mens LOOP 6 havde normalnedbør.

På landsplan var perioden fra marts til og med juni meget nedbørsfattig, mens perioden fra juli til og med september var særdeles nedbørsrig.

Månedsnedbøren for de respektive LOOPS for perioden 1989-1993 er vist som histogrammer i bilag 6.

## Temperatur

Temperaturforholdene i undersøgelsesperioden er vist i figur 6.1, der er en sammenstilling af middeltemperaturen for landet i perioden 1989-1993 og temperaturnormalen for perioden 1961-1990. Det fremgår, at vintrene 1988/89, 1989/90 og 1991/92 var usædvanlig milde, mens vinteren 1992/93 lå over normalen. Det ses endvidere, at temperaturen i sidste halvdel af 1993 var usædvanlig lav.



Figur 6.1 Middeltemperaturen for landet beregnet på ugebasis. Normalen repræsenterer månedsgennemsnit af perioden 1961 - 1990



## 7 Næringsstofudvaskning fra rodzonen - målinger og beregninger på stationsmarker

I dette afsnit gives en beskrivelse af stationsmarkerne mht. jordbundsforhold og arealanvendelse. Resultater fra jordvandsmålingerne præsenteres, og næringsstofudvaskningen bestemt ud fra målingerne sammenholdes med udvaskningen beregnet v.h.a. Simmelgaards udvaskningsfunktioner (Simmelgaard, 1991). På dette grundlag vurderes udvaskningsfunktionernes validitet. Til slut omtales næringsstofudledninger med drænvand.

### 7.1 Beskrivelse af stationsmarker

#### Jordbundsforhold

Jordbundskemiske og fysiske parametre for stationsmarkerne i de 6 oplande er beskrevet af *Jensen & Madsen (1990)*, og *Blicher-Mathiesen et al. (1990)*. Nedenfor er givet nogle nøglepunkter.

Oplandene kan inddeles i to hovedgrupper

Lerjordsoplandene:	LOOP 1 Storstrøm
	LOOP 4 Fyn
	LOOP 3 Vejle/Århus
Sandjordsoplandene:	LOOP 2 Nordjylland
	LOOP 5 Ringkøbing/Viborg
	LOOP 6 Sønderjylland

For lerjordsoplandene er 14 stationsmarker klassificeret som sandblandet ler (jb nr.6), mens 4 marker er klassificeret som lerjorde (jb nr.7). Jordene i LOOP 1 er yderligere karakteriseret ved at have et højt kalkindhold i lagene umiddelbart under rodzonen (gns. 16% i 100-130 cm dybde).

For sandjordsoplandene er 19 stationsmarker klassificeret som grovsandet jord (jb nr.1), mens 2 stationsmarker er klassificeret som lerblandet sandjord (LOOP 2) og en stationsmark som sandblandet lerjord (LOOP 6). For jordene i LOOP 2 er der ofte fundet et lerholdigt lag i eller umiddelbart under rodzonen. Jordene i LOOP 5 er karakteriseret ved at have et noget højere indhold af grovsand end jordene i LOOP 6 og LOOP 2.

#### Grundvandsniveau

Stationsmarkerne er karakteriseret ved at have et højtliggende grundvandsspejl; i gennemsnit over forsøgsperioden har dette ligget i ca 1.0-5.0 m's dybde; ved enkelte stationer dog dybere. I LOOP 1 (Storstrøm), LOOP 4 (Fyn) og LOOP 6 (Sønderjylland) har grundvandet ved nogle stationer dog ligget væsentlig højere i længere perioder, dvs. grundvandet har i disse perioder stået over rodzonedybde og dermed også over sugecellerne. Prøver fra jordvandsstationerne har i disse perioder således bestået af det øvre grundvand.

#### Landbrugsmæssig drift

Landbrugsmæssige forhold vedrørende de enkelte stationsmarker

kan findes i bilag 7.1. Til vurdering af stationsmarkernes repræsentativitet i oplandene er der i tabel 7.1 vist de gennemsnitlige afgrødefordelinger i overvågningsperioden for såvel stationsmarker som for oplandene.

Tabel 7.1 Afgrødefordeling (%) på stationsmarkerne samt i oplandene, 1989-93

	39 marker	LOOP 1-6
Vårkorn	20	20.8
Vårkorn m/udlæg	12	5.4
Vinterkorn	22	25.5
Frøafgrøder (raps)	5	6.8
Bælgsæd (ærter)	7	6.5
Rodfrugter	17	12.0
Græs+grøntfoder i omdrift	16	15.9
Vedv. græs	-	5.0
Brak + andet	2	2.2

Sammenfattende kan anføres, at afgrødefordelingen på stationsmarkerne svarer nogenlunde til fordelingen i oplandene; dog udgør vårkorn m. udlæg og rodfrugter en lidt større andel på stationsmarkerne, mens vedvarende græs ikke indgår i afgrødefordelingen på stationsmarkerne.

## 7.2 Jordvandsmålinger

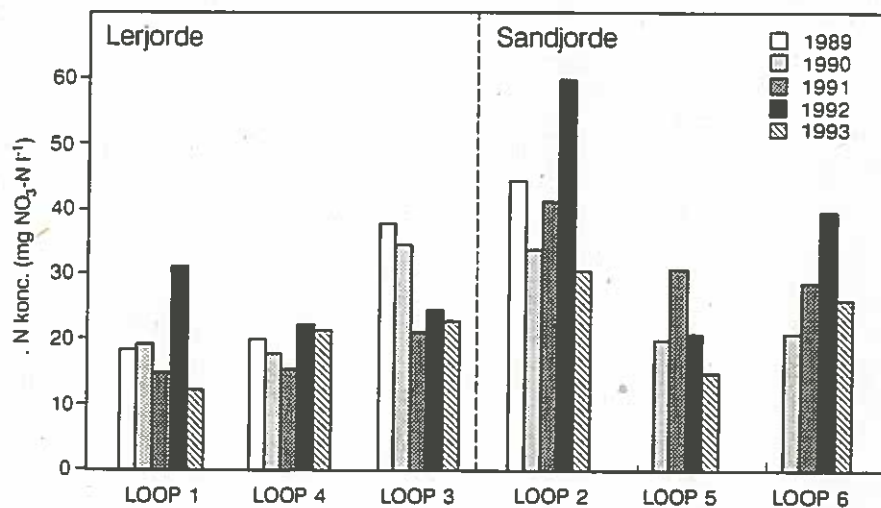
### Næringsstofkoncentrationer i jordvand

Der er foretaget ugentlige målinger af jordvandskoncentrationer mht. pH, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N og PO<sub>4</sub>-P. For de enkelte stationsmarker er der desuden modelberegnet daglige vandafstrømninger fra rodzonen. På dette grundlag er vandføringsvægtede koncentrationer for de betydende parametre for næringsstofudvaskningen, NO<sub>3</sub>-N og PO<sub>4</sub>-P beregnet og vist i tabel 7.2. Denne præsentationsform er valgt for bedre at kunne sammenligne koncentrationsniveauer mellem forskellige arealer og mellem forskellige dele af vandkredsløbet. De summerede værdier på årsbasis for afstrømning samt transport af N og P for de enkelte stationer findes i bilag 7.2.

*Vandføringsvægtede jordvandskoncentrationer*

*Niveau for nitratkoncentrationer i oplandene*

Variationen i vandføringsvægtede nitratkoncentrationer mellem oplandene er summeret i figur 7.1. For jordene i lerjordsoplandene lå koncentrationerne på gennemsnitlig 23.3 mg l<sup>-1</sup> i 1990, 16.9 mg l<sup>-1</sup> i 1991, 26.3 mg l<sup>-1</sup> i 1992 og 19.3 mg l<sup>-1</sup> i 1993, mens koncentrationerne for stationerne i sandjordsoplandene lå på gennemsnitlig 24.6 mg l<sup>-1</sup> i 1990, 33.3 mg l<sup>-1</sup> i 1991, 40.0 mg l<sup>-1</sup> i 1992 og 25.1 mg l<sup>-1</sup> i 1993. Der er således tydeligt højere nitratkoncentrationer i jordvandet på sandjordene end på lerjordene. Med hensyn til årsvariation er set en markant stigning i koncentrationniveau i 1992 i forhold til tidligere år; LOOP 5 er dog en undtagelse herfra. Stigningen må tilskrives de ekstreme klima- og vækstforhold i 1992. Dette underbygges da også af det tydelige fald, der ses igen i 1993.



Figur 7.1 Vandføringsvægtede nitratkoncentrationer i jordvand for årene 1989-93; gennemsnitsværdier for stationsmarker inden for de enkelte oplande.

### Nitratkoncentrationer ved enkelte stationer

#### i) lerjordsoplande

I lerjordsoplandet LOOP 1 er der igennem måleperioden målt relativt høje nitrat-koncentrationer ved station 106. I denne sammenhæng må det understreges, at der ved samme station også er fundet meget høje fosforkoncentrationer i jordvandet. Der er ingen umiddelbare forhold i landbrugspraksis, som kunne betinge de høje nitratkoncentrationer. Jordfysiske forhold er sandsynligvis en vigtig parameter for udvaskningen på disse jorde. Ved station 104 er endvidere i 1992 målt særlig høje nitratkoncentrationer; dette kan hænge sammen med, at denne mark har fået husdyrgødning, samt at der har været dyrket ærter på marken i 1992 efterfulgt af ekstrem stor nedbør i årets sidste måneder. Herved udvaskes en stor N-mængde, hvilket igen forklarer den lave nitratkoncentration, der er fundet i 1993.

I LOOP 4 er målt høje nitratkoncentrationer ved station 403 i måleperiodens første år og ved station 406 igennem hele perioden. Disse observationer falder sammen med at der ved station 403 i den nævnte periode er givet husdyrgødning samt dyrket ærter, og at der ved station 406 årligt er tilført ret store mængder husdyrgødning. De øvrige stationer har ikke modtaget husdyrgødning i måleperioden.

I LOOP 3 er der ved station 301 og 302 målt meget høje nitratkoncentrationer i jordvandet; niveauet har dog været aftagende igennem måleperioden indtil 1991 og er igen steget fra 1992. 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 husdyrtætheden kan have været betydeligt større. Begge stationer ligger tæt på gårdene. Endvidere indgår ærter og kløver i sædskiftet på disse arealer.

På skovjorden i LOOP 3, station 306 er målt lave nitratkoncentrationer. Set over hele måleperioden har koncentrationsniveauet ved skovjorden været betydeligt lavere end ved samtlige dyrkede arealer i oplandene.

Tabel 7.2 Næringsstofkoncentrationer i jordvand (vandføringsvægtede koncentrationer), 1989-93

	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)					PO <sub>4</sub> -P (mg/l)					
	89	90	91	92	93	89	90	91	92	93	
<b>Lerjorde</b>											
LOOP 1	101	23.8	24.0	13.2	37.2	- <sup>1)</sup>	0.219	0.292	0.345	0.347	- <sup>1)</sup>
	102	8.1	4.9	8.2	32.8	9.0	0.010	0.010	0.008	0.069	0.006
	103	5.6	17.1	13.8	18.8	21.0	0.019	0.010	0.008	0.001	0.003
	104	14.5	16.8	24.5	56.4	6.6	0.035	0.004	0.008	0.009	0.006
	105	23.8	9.9	6.2	17.0	4.6	0.009	0.012	0.007	0.008	0.005
	106	35.6	42.6	20.2	32.3	19.3	0.403	0.485	0.491	0.355	0.281
LOOP 4	401	8.8	8.3	7.7	14.9	17.4	0.019	0.061	0.027	0.023	0.027
	402	12.3	8.3	9.7	15.0	20.7	0.011	0.035	0.008	0.009	0.010
	403	30.3	29.7	11.4	14.0	- <sup>3)</sup>	0.012	0.037	0.006	0.008	- <sup>3)</sup>
	404	18.5	17.6	15.5	23.3	17.0	0.011	0.029	0.006	0.006	0.006
	405	13.5	14.4	22.4	27.2	16.0	0.007	0.031	0.007	0.006	0.007
	406	18.4	24.1	26.2	42.2	36.6	0.015	0.031	0.010	0.007	0.007
LOOP 3	301	64.1	75.0	41.9	44.9	50.3	0.018	0.034	0.072	0.103	0.050
	302	65.0	50.0	31.5	40.4	51.7	0.036	0.019	0.015	0.007	0.011
	303	27.4	25.9	10.1	12.5	3.2	0.009	0.009	0.016	0.009	0.011
	304	13.3	27.9	24.9	27.0	17.6	0.010	0.012	0.008	0.005	0.005
	305	13.9	12.9	9.3	10.8	14.7	0.012	0.007	0.010	0.020	0.006
	306	-	9.5	7.9	5.4	2.4	-	-	-	0.004	0.017
<b>Sandjorde</b>											
LOOP 2	201	50.8	30.7	18.8	46.3	22.4	0.008	0.010	0.007	0.003	0.006
	202	46.5	33.7	49.8	81.2	22.6	0.007	0.012	0.010	0.006	0.022
	203	54.7	60.5	55.2	62.4	47.9	0.010	0.013	0.006	0.004	0.009
	204	40.9	33.9	45.3	49.9	34.2	0.010	0.010	0.006	0.002	0.002
	205	25.9	14.8	45.9	48.1	21.9	0.011	0.017	0.005	0.003	0.014
	206	45.0	27.8	31.3	66.4	37.7	0.011	0.010	0.007	0.003	0.005
LOOP 5 <sup>2)</sup>	501	-	(12.7)	33.6	20.4	19.7	-	-	-	-	-
	502	-	(18.1)	36.2	23.0	18.1	-	-	-	-	-
	503	-	(26.6)	30.9	37.7	- <sup>4)</sup>	-	-	-	-	-
	504	-	(35.5)	45.6	25.6	15.3	-	-	-	-	-
	505	-	(18.8)	29.7	20.6	15.2	-	-	-	-	-
	506	-	(13.0)	21.6	15.7	8.7	-	-	-	-	-
	507	-	(11.3)	31.2	19.7	- <sup>4)</sup>	-	-	-	-	-
	508	-	(21.9)	13.8	-	- <sup>4)</sup>	-	-	-	-	-
LOOP 6	601	-	36.6	35.6	38.9	27.6	-	0.011	0.011	0.010	0.013
	602	-	6.4	16.8	32.9	29.2	-	0.011	0.012	0.010	0.014
	603	-	7.7	11.2	32.7	17.3	-	0.011	0.010	0.011	0.016
	604	-	29.2	60.0	49.4	28.7	-	0.010	0.011	0.010	0.015
	605	-	26.3	5.7	31.1	30.2	-	0.013	0.013	0.011	0.019
	606	-	15.4	9.8	13.2	11.1	-	0.011	0.010	0.011	0.017
	607	-	23.8	64.8	63.5	21.1	-	0.010	0.011	0.160	0.315
	608	-	19.5	23.7	52.5	48.1	-	0.011	0.010	0.016	0.023

<sup>1)</sup> Station nedlagt i 1993

<sup>2)</sup> Usikre målinger i 1990 pga ringe funktion af jordvandsstationerne; primo 1991 blev sugecellerne udskiftet til keramikceller, hvorefter fosformålingerne er udgået

<sup>3)</sup> Grundvand væsentligt højere end sugeceller

<sup>4)</sup> Ringe funktion af sugeceller

## ii) sandjordsoplande

I sandjordsoplandet LOOP 2 er der målt høje nitratkoncentrationer ved samtlige jordvandsstationer, og specielt i 1992 har koncentrationniveauet ligget ekstremt højt. At nitratkoncentrationerne i LOOP 2 er højere end i de øvrige sandjordsoplande må henføres til den høje husdyrtæthed samt en betydelig mindre nedbør og vandafstrømning end i LOOP 5 og 6.

I LOOP 5 og 6 har nitratkoncentrationerne ligget på omtrent samme niveau i 1990 og 1991. I 1992 og igen i 1993 adskiller LOOP 5

sig fra de øvrige oplande ved, at der generelt er målt lavere koncentrationer end i det foregående år. Nedbørsoverskuddet og nedrivningen på de grovsandede jorde i LOOP 5 er så stor, at udvaskningen formodentlig er mere eller mindre uafhængig af nedbørsforholdene de enkelte år. År med store afstrømninger skulle i så fald resultere i lave nitratkoncentrationer- og omvendt. Da afstrømningen var forholdsvis lille i 1993, men høj i 1992 (bilag 7.2) kan de ret markante fald i nitratkoncentrationerne ikke umiddelbart forklares. Det skal bemærkes, at der ikke ses nogen nævneværdige ændring i gødskningspraksis eller afgrøder (bilag 7.1).

#### Fosfor

Bestemmelse af orthofosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) i jordvand ekstraheret med sugeceller kan ikke betragtes som en absolut værdi, men som en værdi defineret af metoden (Hansen *et al.*, 1991).

De målte indhold af orthofosfat har generelt været lave. En undtagelse er dog LOOP 1 station 101 og 106, hvor der er målt høje koncentrationer. Denne observation må betegnes som reel, idet de høje koncentrationer har været konstante gennem hele måleperioden og i nogen grad genfindes i drænvandet og i grundvandet. Desuden er der på station 607 i 1992 og især i 1993 set en markant stigning i de vandføringsvægtede fosforkoncentrationer. Stigningen skyldes sandsynligvis heterogene strømningsforhold i jorden, såsom makroporeflow, kombineret med en meget stor udbringning på  $146 \text{ kg P ha}^{-1}$  i 1992.

#### Total N

I 1993 er måleprogrammet for jordvandsstationer udvidet så også koncentrationer af total N bestemmes på ugebasis. Middelværdier for total N og nitrat N-koncentrationer er vist for de enkelte oplande i tabel 7.3. For at gøre sammenligningen mere præcis er kun de værdier medtaget, hvor der findes samtidige målinger af både nitrat N og total N.

Tabel 7.3 Koncentrationer af total N og nitrat N (simple middelværdier) for 1993

	Total N ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	Forskel ( $\text{mg l}^{-1}$ )	n
<b>Lerjorde</b>				
LOOP 1	23.2	22.9	0.3	170
LOOP 4	18.7	17.8	0.9	103
LOOP 3	19.7	18.9	0.8	107
<b>Sandjorde</b>				
LOOP 2	29.7	27.5	2.2	140
LOOP 5	16.2	15.0	1.2	176
LOOP 6	24.1	23.0	1.1	398

Opgjort på alle oplande udgør forskellen mellem koncentrationen af total N og nitrat N ca. 5%. Indholdet af ammonium N ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) har været lavt ved alle stationer, overvejende mellem  $0.01$  og  $0.1 \text{ mg N l}^{-1}$ . Den viste forskel mellem total N og nitrat N består derfor hovedsageligt af organisk bundet kvælstof. Den mindste forskel ses klart i LOOP 1, hvilket formodentlig skyldes, at jordvandsprøverne her er filtreret.



### Kvælstofudvaskning fra rodzonen

De årlige kvælstofudvaskninger og vandafstrømninger fra rodzonen er vist i bilag 7.2 for de enkelte stationsmarker. I tabel 7.4 er præsenteret de gennemsnitlige udvaskningsværdier for oplandene. Udvaskningen er angivet som nitrat- og ammoniumkvælstof; ammonium udgør dog oftest kun ½-1 %.

Tabel 7.4 Gennemsnitlig udvaskning af uorganisk kvælstof (nitrat + ammonium) fra stationsmarkerne i oplandene for årene 1989-93.

	N-udvask (kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup> )					1989 - 1993
	1989	1990	1991	1992	1993	
<b>Lerjorde</b>						
LOOP 1	14	48	36	52	42	38
LOOP 4	33	62	54	78	100	65
LOOP 3	<u>73</u>	<u>205</u>	<u>90</u>	<u>136</u>	<u>157</u>	<u>132</u>
Gns.	40	99	60	89	100	78
<b>Sandjorde</b>						
LOOP 2	93	115	111	204	88	119
LOOP 5	-	133 <sup>1)</sup>	181	173	90	144
LOOP 6	-	<u>130</u>	<u>145</u>	<u>232</u>	<u>179</u>	<u>171</u>
Gns.	-	126	146	203	119	149

<sup>1)</sup> Usikker bestemmelse i 1989, 1990 og 1993 på grund af ringe funktion af jordvandsstationerne.

### Årsvariation i målt N-udvaskning

Som tidligere omtalt har der været store variationer i nedbør og vandafstrømninger over den 5-årige måleperiode 1989-93. Som det fremgår af tabellen har dette medført store udsving i N-udvaskningen mellem de enkelte år. De relative høje værdier i 1993 for LOOP 3 og 4 skyldes formodentlig store vandafstrømninger. Den lave udvaskning i 1993 for sandjordsoplandet LOOP 2 kan forklares ved ændringer i afgrødesammensætningen (bilag 7.1).

### Fosfor udvaskning fra rodzonen

Udvaskning af ortho-P fra de enkelte stationsmarker fremgår af bilag 7.2. I tabel 7.5 er vist de gennemsnitlige udvaskninger fra de 6 oplande. I de beregnede gennemsnit er 4 stationer (101, 106, 301, 607) med meget høje og varierende udvaskningsrater udeladt.

Tabel 7.5 Gennemsnitlig udvaskning af PO<sub>4</sub>-P fra rodzonen på stationsmarkerne i oplandene for årene 1989-93.

	P udvaskning (kg PO <sub>4</sub> -P ha <sup>-1</sup> )										
	89	90	91	92	93	89	90	91	92	93	
<b>Lerjorde</b>						<b>Sandjorde</b>					
LOOP 1	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	LOOP 2	0.02	0.04	0.02	0.01	0.03
LOOP 4	0.03	0.14	0.04	0.04	0.06	LOOP 6	-	0.07	0.05	0.07	0.11
LOOP 3	0.03	0.07	0.05	0.05	0.05						

Som det fremgår af tabellen er der ikke fundet nogen entydig udvikling i P-udvaskningen gennem årene. P-udvaskningen udgjorde i perioden 1989-93 gennemsnitlig 0.05 kg P ha<sup>-1</sup>år<sup>-1</sup> for

lerjordsoplandene og 0.04 kg P ha<sup>-1</sup>år<sup>-1</sup> for sandjordsoplandene. Årsagen til udsvingene mellem oplande og mellem de enkelte år er beskrevet ovenfor med hensyn til P koncentrationer i jordvand.

### 7.3 Kvælstofudvaskning fra stationsmarker - modelberegninger

#### Modelværktøj

Som modelværktøj til beregning af den samlede udvaskning fra oplandene er Simmelsgaard's udvaskningsfunktioner valgt (Simmelsgaard, 1991). Modellen er empirisk og baseret på et stort forsøgsmateriale, der på flere punkter svarer til målingerne på stationsmarkerne i landovervågningsoplandene. Gødsknægtstildelingerne har dog primært bestået af handelsgødning. Modellen samt resultaterne af oplandsberegningen er beskrevet i kap. 8. I dette afsnit fokuseres der kun på modelberegningerne for stationsmarkerne.

Under anvendelse af interpolerede døgnværdier for nitratkoncentrationer i jordvandet og de før omtalte modelberegnete vandafstrømninger fra stationsmarkerne er årlige nitratudvaskninger bestemt. Udvasningerne, der er opgjort på hydrologiske år, er sammenstillet med de tilsvarende resultater af Simmelsgaards udvaskningsfunktioner i tabel 7.6. Værdierne er grupperet på de enkelte oplande, idet udvaskningsfunktionerne ikke direkte er gyldige i en mark til mark sammenligning, men skal opfattes som middelbetragtninger for en gruppe marker.

Tabel 7.6 Midlede nitratudvaskninger fra stationsmarker; dels baseret på sugecellemålinger og dels beregnet med Simmelsgaards udvaskningsfunktioner (hydrologiske år 90/91, 91/92 og 92/93).

	Udvaskning kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>											
	1990/91			1991/92			1992/93			Alle år		
	Må- linger	Udv. funkt.	n	Må- linger	Udv. funkt.	n	Må- linger	Udv. funkt.	n	Må- linger	Udv. funkt.	n
<b>Lerjorde</b>												
LOOP 1	52	39	6	40	32	6	32	26	4	42	33	16
LOOP 4	50	58	6	64	44	6	96	45	4	66	49	16
LOOP 3	152	56	4	123	45	4	155	45	4	143	49	12
<b>Sandjorde</b>												
LOOP 2	104	99	6	148	108	6	98	135	6	117	114	18
LOOP 5	131	118	7	192	87	7	153	108	6	159	104	20
LOOP 6	-	-	-	168	83	7	196	152	7	182	117	14
Gns.	95	77	29	126	69	36	129	96	31	118	80	96

Som det fremgår af tabellen indgår ikke alle stationsmarker i opgørelsen i de enkelte år. I de tilfælde hvor jordvandsmålingerne har været usikre f.eks. som følge af et højtliggende grundvandspejl, længere perioder uden målinger etc. er markerne ikke medregnet. Sammenholdes alle markerne, 96 ialt, er udvasningen beregnet med funktionerne 32% lavere end de målebaserede udvasninger. Denne tendens er generel med undtagelse af LOOP2, hvor overensstemmelsen, set over alle årene, er god. Der ses ikke nogen tydelig forskel i afvigelserne på ler- og sandjorde.

## Fejlkilder

Den største afvigelse ses klart for LOOP3, hvilket kan hænge sammen med de specielle topografiske forhold her. Oplandet er stærkt kuperet, hvorved en større vandmængde kan strømme af ved overfladisk afstrømning. Alt andet lige vil nitratkoncentrationerne i jordvandet herved være højere. En beregnet nitratudvaskning, baseret på disse koncentrationer og en modelberegnet vandbalance, hvor et plant vandret terræn forudsættes, vil føre til en overvurdering af udvaskningen. Denne forklaring underbygges til dels af, at de målebaserede nitratudvaskninger fra LOOP3 er klart større end for de øvrige lerjordsoplande, uden at der kan påvises meget store forskelle i landbrugspraksis (Bilag 7.1).

Lignende fejlkilder kan generelt forekomme på flere af de øvrige stationsmarker, idet hverken makropore-flow eller dræn indgår i de modelberegne vandbalancer.

## Vurdering af model

De beskrevne fejlkilder kan dog ikke forklare den ensidige afvigelse mellem resultaterne af funktionerne og de målebaserede udvaskninger. Udvasningsfunktionerne vurderes derfor i nogen grad at undervurdere nitratudvaskningen m.h.t. absolutte niveauer, men dog reelt afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis.

## 7.4 Drænvandsmålinger - vandafstrømning og næringsstofudvaskning

### Næringsstofkoncentrationer i drænvand

Der er foretaget ugentlige målinger af drænvandskoncentrationer mht pH,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , total N, opløst  $\text{PO}_4\text{-P}$  og total P. Hvor det har været muligt er vandføringsvægtede koncentrationer for de væsentligste parametre for næringsstofudvaskninger beregnet. Værdierne er vist i tabel 7.7.

## Kvælstofkoncentrationer

For lerjordsoplandene har de gennemsnitlige vandføringsvægtede nitratkoncentrationer ligget på  $17.1 \text{ mg N l}^{-1}$  i 1990, på  $15.4 \text{ mg N l}^{-1}$  i 1991, på  $21.0 \text{ mg N l}^{-1}$  i 1992 og på  $17.0 \text{ mg N l}^{-1}$  i 1993. For sandjordsoplandet LOOP 2 har nitratkoncentrationerne ligget på samme niveau.

Sammenholdes koncentrationerne for  $\text{NO}_3\text{-N}$  og total N for de lerjordsstationer, hvor begge parametre er bestemt, kan følgende middelkoncentrationer bestemmes til henholdsvis  $18.1$  og  $19.0 \text{ mg N l}^{-1}$ . Af den samlede N-mængde er 95.4% altså nitrat. For sandjordsstationerne er det tilsvarende tal 94.1%.

Koncentrationerne af  $\text{NH}_4\text{-N}$  har været lave i drænvandet. Oftest har de ligget på et endnu lavere niveau end ved jordvandsanalyserne.

## Fosforkoncentrationer

Koncentrationerne af opløst  $\text{PO}_4\text{-P}$  har været lave og af samme størrelsesorden som ved jordvandsanalyserne. Ved LOOP 1, station 106 er der dog som ved jordvandsmålinger fundet høje koncentrationer af  $\text{PO}_4\text{-P}$ . Koncentrationerne af total P har i flere tilfælde været noget højere end koncentrationerne af  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,

Tabel 7.7 Næringsstofkoncentrationer i drænvand (vandføringsvægtede koncentrationer), 1989-93.

	NO <sub>3</sub> -N (mg l <sup>-1</sup> )					Total N (mg l <sup>-1</sup> )					PO <sub>4</sub> -P (mg l <sup>-1</sup> )					Total P (mg l <sup>-1</sup> )				
	89	90	91	92	93	89	90	91	92	93	89	90	91	92	93	89	90	91	92	93
<b>Lerjorde</b>																				
<b>LOOP 1</b>																				
102	14.1	8.6	6.8	13.6	10.6	-	-	-	-	10.8	0.017	0.024	0.021	0.023	0.020	0.019	0.029	0.027	-	-
103	10.7	13.0	9.4	16.5	15.6	11.7	14.5	10.6	17.2	15.7	0.013	0.019	0.013	0.013	0.015	0.016	0.021	0.015	0.017	0.044
104	15.3	9.2	15.9	27.0	13.3	-	-	-	-	13.5	0.012	0.008	0.013	0.013	0.014	0.013	0.010	0.013	-	-
105	19.6	16.1	- <sup>1)</sup>	15.1	13.4	18.9	17.2	- <sup>1)</sup>	15.4	13.4	0.016	0.034	- <sup>1)</sup>	0.016	0.011	0.018	0.043	- <sup>1)</sup>	0.017	0.023
106	20.0	15.1	11.8	18.8	15.4	20.9	16.2	12.9	19.3	15.6	0.245	0.236	0.144	0.190	0.185	0.245	0.240	0.139	0.180	0.225
<b>LOOP 4</b>																				
401	-	13.7	6.3	15.5	17.6	-	14.4	6.6	16.4	17.8	-	0.014	0.014	0.026	0.022	-	0.021	0.016	0.288	0.032
402	-	13.5	12.2	15.8	18.1	-	14.0	12.6	16.8	18.5	-	0.012	0.011	0.027	0.016	-	0.018	0.024	0.044	0.025
404	-	23.8	20.0	19.2	13.9	-	26.1	20.6	19.8	14.2	-	0.007	0.011	0.011	0.013	-	0.010	0.016	0.017	0.019
405	-	-	-	-	-	-	-	60.0	21.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
406	-	41.3	34.0	47.1	35.1	-	42.8	36.0	50.9	36.8	-	0.060	0.012	0.051	0.014	-	0.096	0.034	0.162	0.023
<b>Sandjorde</b>																				
<b>LOOP 2</b>																				
201	-	36.7	28.9	26.7	38.6	-	-	-	-	39.8	-	0.010	0.032	0.021	0.018	-	-	-	0.028	0.032
251	5.2	9.1	9.7	12.5	10.5	5.8	10.3	10.6	13.4	11.1	-	0.022	0.016	0.015	0.019	0.130	0.089	0.079	0.079	0.091

<sup>1)</sup> skovdræn tilsluttet i første halvdel af 1991

hvilket er et udtryk for, at der i drænvandet er partikulært og/eller organisk bundet fosfor. Specielt i 1992 har der været meget høje koncentrationer af total P ved enkelte stationer i LOOP 4 (station 401 og 406). Disse forhold må igen henføres til de ekstreme klimaforhold i 1992, hvorunder f.eks makroporeflow kan have stor betydning.

#### Arealspecifik afstrømning og næringsstofudvaskning fra drænsystemer på lerjorde.

Den arealspecifikke afstrømning og næringsstofudvaskning fra drænsystemer er opgjort på årsbasis i tabel 7.8. I opgørelsen indgår lerjordsoplandene LOOP 1 og 4, samt det lavtliggende areal i sandjordsoplandet LOOP 2. For de øvrige stationer er der ikke målt drænvandsafstrømning eller oplandsbeskrivelsen er mangelfuld. I 1989 var drænvandsafstrømningerne små og beregningerne usikre, hvorfor disse ikke vil blive tillagt stor vægt.

#### Drænvandsafstrømning

Variationen af drænvandsafstrømningen har været stor. Betragtes således den gennemsnitlige drænvandsafstrømning i årene 1990 til 1993 har variationen været op til 100% for såvel LOOP 1 som LOOP 4. Drænvandsafstrømningerne udgjorde i gennemsnit 65% af afstrømningen for rodzonen i LOOP 1 og 36% af afstrømningen i LOOP 4.

#### Kvælstofudvaskning

Variationen i udvaskningen af nitrat fra drænene i både LOOP 1 og LOOP 4 har fulgt variationen i afstrømningen. Nitratudvaskningen gennem dræn har i 1990-93 udgjort henholdsvis 50% og 38% af udvaskningen fra rodzonen i LOOP 1 og 4.

#### Fosforudvaskning

Udvaskningen af total P er for nogle stationer betydeligt større end udvaskningen af opløst PO<sub>4</sub>-P. Forskellen mellem total P og opløst PO<sub>4</sub>-P består på disse lerjorde formodentlig fortrinsvis af partikulært P. Udvaskning af partikulært P i LOOP 4 var især at



finde ved to stationer, og specielt tydelig i 1992. Ved andre drænvandsundersøgelser er det fundet, at udvaskningen af partikulært P kan udgøre en endnu større andel af den totale udvaskning, fx. Hansen (1986) og Hansen og Petersen (1985).

**Næringsstofudvaskning fra et lavtliggende areal på en sandjord**  
Som beskrevet ovenfor adskiller station 251 i LOOP 2 sig fra drænstationerne på lerjordene, idet denne afvander et lavtliggende areal (tidligere engområde) med tilstrømmende grundvand. De arealspecifikke afstrømningsværdier baseret på det topografiske opland er derfor meget høje. I 1989 blev der således målt en afstrømning på ca 1000 mm. Af samme grund varierer de arealspecifikke afstrømningsværdier for de enkelte år langt mindre end ved de øvrige drænsystemer.

Kvaliteten af udvasket fosfor fra dette drænsystem adskiller sig fra drænsystemerne på lerjordene ved at opløst  $PO_4$ -P kun udgjorde ca. 22% af den totale udvaskning. Den resterende fraktion består formodentlig både af partikulært P samt opløst organisk P, idet der er tale om et tidligere engareal.

Tabel 7.8 Arealsspecifik afstrømning og næringsstofudvaskning fra dræn for 1989-93.

	Dræn opl. ha	Afstrømning mm år <sup>-1</sup>					NO <sub>3</sub> -N kg ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>					Total N kg ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>				
		89	90	91	92	93	89	90	91	92	93	89	90	91	92	93
<b>Lerjord</b>																
LOOP 1																
102	2.2	165	320	145	160	229	23.8	27.4	9.9	21.7	24.2	-	-	-	-	24.8
103	5.5	89	247	155	97	207	9.5	32.1	14.5	16.0	32.2	10.4	35.8	16.5	16.7	32.4
104	2.3	106	241	104	90	171	16.2	22.2	16.5	24.3	22.7	-	-	-	-	23.0
105	2.5	76	187	-	137	257	14.9	30.2	-	20.0	34.4	14.4	32.2	-	21.1	34.6
106	2.0	11	63	77	41	164	2.2	9.5	9.1	7.7	25.4	2.3	10.2	9.9	7.9	25.6
gns.		89	212	120	105	206	13.3	24.3	12.5	18.1	27.8	9.0	26.1	13.2	15.2	28.1
<b>Lerjord</b>																
LOOP 4																
401	1.0	33	78	73	42	84	4.0	10.7	4.6	6.5	14.8	-	11.2	4.8	6.9	15.0
402	4.5	105	217	218	168	336	13.4	29.2	26.5	26.5	60.6	9.5	30.3	27.4	28.3	61.9
404	1.1	63	131	189	87	169	15.9	31.2	37.8	16.7	23.4	16.9	34.2	38.9	17.2	23.9
405	2.8	- <sup>1)</sup>	-	20	9	-	-	-	11.6	1.8	-	-	-	12.0	1.9	-
406	2.2	27	99	98	79	143	12.4	40.9	33.4	37.2	50.3	10.1	42.4	35.3	40.2	52.8
gns.		57	131	145	94	183	11.4	28.0	25.6	21.7	37.3	12.2	29.5	26.7	23.2	38.4
<b>Sandjord</b>																
LOOP 2																
201	2)	1004	956	929	805	812	51.6	87.3	89.9	100.9	85.6	58.2	98.9	98.3	108.0	90.3
251	33															

	Dræn opl. ha	PO <sub>4</sub> -P kg ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>					Total P kg ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>				
		89	90	91	92	93	89	90	91	92	93
<b>Lerjord</b>											
LOOP 1											
102	2.2	0.028	0.078	0.030	0.036	0.045	0.032	0.093	0.039	-	-
103	5.5	0.012	0.046	0.020	0.013	0.030	0.014	0.051	0.023	0.017	0.091
104	2.3	0.013	0.019	0.013	0.012	0.024	0.014	0.023	0.013	-	-
105	2.5	0.012	0.063	-	0.022	0.028	0.014	0.080	-	0.023	0.058
106	2.0	0.027	0.149	0.111	0.047	0.304	0.027	0.151	0.107	0.074	0.369
gns.		0.018	0.071	0.044	0.032	0.086	0.020	0.080	0.046	0.038	0.173
<b>Lerjord</b>											
LOOP 4											
401	1.0	0.000	0.011	0.010	0.011	0.018	-	0.016	0.012	0.121	0.027
402	4.5	0.012	0.025	0.024	0.046	0.055	0.053	0.039	0.053	0.074	0.084
404	1.1	0.000	0.009	0.021	0.010	0.022	0.060	0.013	0.031	0.015	0.033
405	2.8	- <sup>1)</sup>	-	0.008	0.001	-	-	-	0.014	0.001	-
406	2.2	0.027	0.059	0.012	0.040	0.020	0.051	0.095	0.033	0.128	0.033
gns.		0.010	0.026	0.017	0.027	0.029	0.055	0.041	0.032	0.085	0.044
<b>Sandjord</b>											
LOOP 2											
201	2)	- <sup>3)</sup>	0.212	0.148	0.121	0.156	1.605	0.849	0.738	0.634	0.738
251	33										



## 7.5 Sammenfatning

Undersøgelse af næringsstofudvaskning fra rodzonen er udført på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 22 stationsmarker i 3 sandjordsoplande. Undersøgelsen dækker årene 1989-93.

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen udgjorde i gennemsnit over alle årene  $78 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  for lerjordsoplandene og  $149 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  for sandjordsoplandene.

Tilsvarende udgjorde udvaskningen af fosfor i gennemsnit  $0.05 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  for lerjordsoplandene og  $0.04 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  for sandjordsoplandene. Enkelte stationer med meget høje udvaskningstal for fosfor er dog ikke medregnet i disse gennemsnit.

En validering af Simmelsgaard's udvaskningsfunktioner på stationsmarkerne viser, at funktionerne i nogen grad undervurderer nitratudvaskningen. Det vurderes dog, at funktionerne reelt afspejler forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis.

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 44% af udvaskningen fra rodzonen.



## 8 Modelberegning af kvælstofudvaskningen fra rodzonen

I dette afsnit præsenteres beregninger af den integrerede udvaskning for alle marker i landovervågningsoplandene. Beregningerne er udført med en model udviklet på Statens Planteavlsvforsøg i 1990-1991 (*Simmelsgaard, 1991*). Modellen er blevet modificeret i samråd med Statens Planteavlsvforsøg (*Simmelsgaard, pers. medd. 1993*) og programmeret af Danmarks Miljøundersøgelser. Efter en beskrivelse af den anvendte model præsenteres først beregninger ved fastholdt normalklima for driftsårene 1989/1990 - 1992/1993. Herved isoleres betydningen af udviklingen i gødningsforbrug og landbrugspraksis fra klimatiske variationer. Derefter beregnes udvaskning ved aktuel afstrømning ud af rodzonen, som sammenholdes med den målte vandløbstransport af kvælstof.

### 8.1 Beskrivelse af modellen

*Der anvendes en empirisk model udviklet af Statens Planteavlsvforsøg*

Den anvendte model er empirisk og baseret på et stort antal kontrollerede mark- og lysimeterforsøg. Kvælstofudvaskning er beskrevet som en funktion af tilført gødning (handels- og husdyrgødning), afstrømning fra rodzonen, afgrøde og jordtype (ler eller sand). Modellen består af 3 elementer:

- 1) en tabel over normaludvaskningsværdier for en række afgrøder dyrket på hhv. sand- og lerjord. Normaludvaskning er udvaskningen ved en tilførsel af den vejledende mængde kvælstof.
- 2) eksponentialfunktioner der på grundlag af normaludvaskningsværdier giver udvaskningen som funktion af stigende kvælstoftilførsel
- 3) et formeludtryk til korrektion af udvaskning ved normal årsafstrømning til udvaskning ved aktuel årsafstrømning på lerjorde.

ad 1) Tabel 8.1 viser udvaskningsværdierne for 13 afgrøder ved normalklima og anbefalet gødskningsnorm (normalgødskning). Værdierne repræsenterer gennemsnit for hele landet. Udvasningsværdien reduceres, hvis en efter- eller vinterafgrøde efterfølger hovedafgrøden. ad 2) Modellen er oprindeligt gyldig i intervallet 0 - 1.5 gange normalgødskning. Modifikationer udført af Danmarks Miljøundersøgelser har blandt andet muliggjort beregninger for tildelinger af handels- og husdyrgødning udover 1.5 gange normalgødsningen. Denne ekstrapolation har været nødvendig for beregningsmæssigt at håndtere tilfælde af kraftig overgødsning. Princippet i ekstrapolationen er, at der regnes med eksponentialudtrykket indtil det punkt på kurven, hvor hældningen bliver 0.75 for lerjord og 0.9 for sandjord. For gødningstildelinger udover dette punkt udvaskes 75% og 90% af det tilførte kvælstof på hhv. ler- og sandjord. ad 3) Afstrømning fra

*Modellen er modificeret af Danmarks Miljøundersøgelser*

rodzonen beregnes med vandbalancemodellen EVACROP (Olesen og Heidmann, 1990) på basis af oplysninger om klima, afgrøde og jordtype. Udtrykket til korrektion af udvaskning ved normal årsafstrømning til udvaskning ved aktuel årsafstrømning bruges på 2 måder: i) til transformering af lands-normalværdierne vist i tabel 8.1 til regional-normalværdier. Dvs. at normaludvaskningen i en bestemt region er defineret af forholdet mellem lands-normal-klima og normalklimaet i det pågældende område. Ved normalklima forstås her gennemsnit for perioden 1970-1990. ii) Desuden anvendes udtrykket til at give et skøn over udvaskningen ved aktuelt klima.

Tabel 8.1 Typetal for udvaskning af nitratkvælstof ved normalgødsning, vægtet i forhold til normalafstrømning for hele landet 1970-1990.  $Y_n$ , kg pr. ha. (Efter Simmelsgaard, 1991).

Afgrøde	Sandjord (jb 1-3)		Lerjord (jb 4-7)	
	Antal forsøg	$Y_n$ kg ha <sup>-1</sup>	Antal forsøg	$Y_n$ kg ha <sup>-1</sup>
Vårsæd	38	65	45	55
Vintersæd*	4 (12)	45	36 (15)	35
Vinterraps	0	50	0	40
Vårraps	0	70	0	55
Ærter (høst v. modning)	1	75	1	60
Foderroer	1	45	11	30
Fabriksroer	0	40	0	25
Kartofler	0	45	0	30
Vårsæd m. græsudlæg	15	35	26	20
Vårhelsæd m. græsudlæg	0	40	0	25
Græs i omdrift	11	40	13	25
Kløvergræs i omdrift**	-	40	-	25
Vedvarende græs	0	25	0	15

\* Det første tal angiver antallet af forsøg, hvor udvaskningen er målt, fra det efterår vintersæden er sået til det følgende forår. Tallet i parentes angiver antallet af forsøg, hvor udvaskningen er målt i vinteren efter at vintersæden er høstet.

\*\* Der er ikke skelnet mellem græs og kløvergræs i omdrift.

Da modellen er empirisk er den kun gyldig for forhold svarende til de eksperimenter på hvilke, den er funderet. Det vil sige, at hvis der sker store ændringer i sædskifte eller dyrkningspraksis kan modellen ikke længere bruges. Der har kun været få forsøg til rådighed til opsætning af formeludtrykket for udvaskning fra husdyrgødning. Dette betyder, at der knytter sig en relativt større usikkerhed til udvaskningsberegningen på husdyrgødede marker.

Modellen anvender en forsimplet beskrivelse af kvælstofudvaskning

Modellen anvender kun få faktorer i beskrivelsen af kvælstofudvaskningen; for eksempel indgår den enkelte marks dyrknings-historie ikke og hermed tages størrelsen og sammensætningen af de organiske kvælstofpuljer ikke i betragtning. Det samme gælder gradueringer indenfor de to jordtypeklasser, modellen opererer med. Et gennemsnit af alle de ikke-beskrivne faktorer er indeholdt i normaludvaskningsværdien. Det har den konsekvens, at den aktuelle variation i kvælstofudvaskningen fra mark til mark ikke er velbeskrevet. Modellens output skal betragtes som en gennemsnitlig værdi for f.eks. alle marker med den samme af-

grøde i et område eller som en gennemsnitlig værdi for kvælstofudvaskningen i det pågældende område. Modellen indholder ingen beskrivelse af plantevæksten, hvorfor effekten på udvaskningen af ekstreme klima- og høstsituationer, som f.eks. 1992, ikke indgår i outputtet.

#### Udvaskning fra brakmarker

Modellen indeholder ingen typetal for udvaskningen fra brak. På baggrund af (Waagepetersen, 1992) er udvaskningen fra brakmarker med dække af spildkorn skønnet til  $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  og  $40 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  for hhv. sand- og lerjord. For de spildkornsmarker, der efterfølges af en vinterafgrøde, og hvor brakken brydes i maj (tilladt i driftsåret 1992/1993) er udvaskningen forhøjet med  $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Tallene gælder for den periode, hvor brakken er hovedafgrøde. I det efterår, hvor spildkornet fremspirer, er der i forsøg observeret at være en udvaskningsreducerende effekt svarende til en efterårssået fangafgrøde (Jacobsen, 1993).

#### Input

Modellen opererer beregningsmæssigt på markniveau. For hver beregning, der skal udføres, kræver modellen data på både oplands- og markniveau. Oplandsoplysningerne omfatter værdier for normal- og aktuel afstrømning ud af rodzonen. Markoplysningerne er følgende: areal, hovedafgrøde, efterafgrøde, vinterafgrøde, tilført handelsgødning, tilført husdyrgødning, nytteværdi af husdyrgødning og anbefalet gødningstildeling. Den anbefalede mængde er den værdi, der har været anvendt i de forsøg, modellen er funderet på, uanset at prisudviklingen har betydet et fald i erhvervsøkonomisk optimal tildeling for visse afgrøder. Markoplysningerne skal dække et driftsår.

#### Output

Som modellen er programmeret af Danmarks Miljøundersøgelser uddrages estimater af den årlige kvælstofudvaskning ved normal og ved aktuel årsafstrømning dels på enkeltmarkniveau, dels for hele oplandet. Desuden beregnes den årlige, gennemsnitlige kvælstofkoncentration i jordvædsken, der forlader rodzonen. De årlige værdier refererer til en afstrømningsperiode, dvs. et hydrologisk år. Det betyder med andre ord, at udvaskningen hidrørende fra afgrøder dyrket i driftsåret 1990/1991 (ca. 1.9.1990 - 31.8.1991) finder sted i det hydrologiske år 1991/1992 (1.6.1991 - 31.5.1992).

## 8.2 Beregning af udvaskning ved normalklima

Modelberegningen er blevet udført for 4 driftsår 1989/1990 - 1992/1993 ved fastholdt normalklima for at tydeliggøre betydningen af afgrødesammensætning, gødningsforbrug og gødningshåndtering. For driftsåret 1988/1989 mangler oplysninger om forfrugt og gødningstildelinger i efterår/vinter 1988, og der er derfor ikke udført beregninger for dette driftsår.

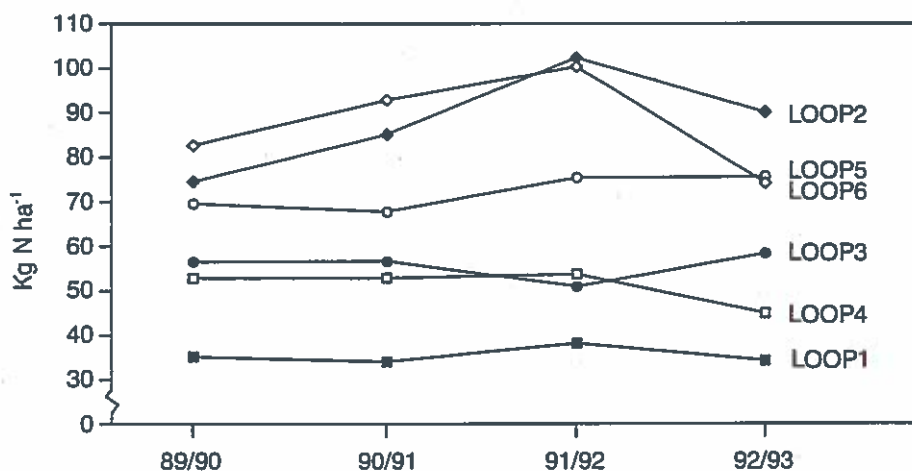
I figur 8.1 er vist de beregnede værdier for udvaskning ved normalklima for de 6 landovervågningsoplande for de 4 driftsår. I tabel 8.2 er oplandene grupperet i hhv. sandjord og lerjord og der er beregnet gennemsnit for hver jordtype. Det ses, at der for



Uændret udvaskning fra de lerede oplande. Stigning, derefter fald i udvaskning fra de sandede oplande

lerjordene som gruppe er en uændret udvaskning på i gennemsnit ca. 50 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Sandjordene viser en stigende udvaskning de 3 første år, mens der i driftsåret 1992/1993 beregnes et fald i udvaskningen. Nøgletallene i modelberegningen er vist i tabel 8.3 som gennemsnit for jordtyperne. Det fremgår heraf, at handelsgødningsforbruget på oplandsniveau for sandjordene er uændret de 3 første år, mens husdyrgødningsforbruget har været stigende. Samtidig har planternes anslåede kvælstofbehov, som her afspejler afgrødesammensætningen, været faldende. I driftsåret 1992/1993, hvor hektarstøtteordningen trådte i kraft, braklægges på sandjordene i gennemsnit 7% af det dyrkede areal. Et tilsvarende fald i handelsgødningsforbrug iagttages, mens produktionen og dermed forbruget af husdyrgødning ikke påvirkes. Medvirkende til det beregnede fald i normaludvaskningen fra sandjorde fra 1992 til 1993 er imidlertid, at husdyrgødningen i stigende grad udbringes på tider, hvor planterne kan udnytte det mineraliserede kvælstof. Dette kan aflæses i nyttevirkningsprocenten i tabel 8.3, der stiger fra 36% til 40% fra 1992 til 1993.

På lerjordene betinger afgrødesammensætningen fra år til år et fald i den anbefalede tildeling, og forbruget af handelsgødning falder i overensstemmelse hermed. Imidlertid er der et stigende forbrug af husdyrgødning fra 1990 til 1991, hvorefter forbruget er stabilt. Tallene dækker over et stigende forbrug i LOOP 3 og et faldende forbrug i LOOP 1 og LOOP 4, hvilket også giver sig udslag i udvaskningsforløbet for de enkelte oplande vist i figur 8.1.



Figur 8.1 Beregnet udvaskning ved normal klima for de 6 landovervågningsoplände for de 4 driftsår 1989/1990 - 1992/1993

I bilag 8.1 er vist de tal, der ligger til grund for gennemsnitsværdierne.

Stor forskel i udvaskning fra forskellige afgrøder ved aktuel landbrugspraksis

Ovenstående betragtninger over gennemsnitligt gødningsforbrug og oplands-integreret udvaskning dækker over store forskelle mellem afgrøder og ejendomme. I tabel 8.4 er der for en række afgrødegrupper opdelt på sand- og lerjord vist tildelt -, anbefalet - og udvasket kvælstof sammen med afgrødegruppernes arealmæssige vægt.

Tabel 8.2 Beregnet udvaskning ved normal-klima i kg N/ha for de driftsår 1989/1990 - 1992/1993

	Sandjord (LOOP 2, 5 og 6)	Lerjord (LOOP 1, 3 og 4)
1990	76	48
1991	82	48
1992	93	48
1993	80	45
Gns.	83	47

Tabel 8.3 Nøgletal for modelberegningen af udvaskningen for landovervågningsoplandene. Vist som gennemsnit for de to jordtyper. Hele det dyrkede areal (inkl. brak) indgår. Sandjord: LOOP 2, 5 og 6. Lerjord: LOOP 1, 3 og 4.

		kg N ha <sup>-1</sup>				%
		Anbefalet mængde	Handelsgødning	Husdyrgødning	Udbinding	
1990	Sand	161	124	68	11	35
	Ler	151	135	49	6	36
1991	Sand	156	127	84	14	38
	Ler	149	127	61	6	36
1992	Sand	150	124	89	22	36
	Ler	147	126	61	3	36
1993	Sand	153	115	92	24	40
	Ler	139	119	59	3	38

Det fremgår, at afgrøderne på sandjord falder i 3 grupper: rodfrugter, frøafgrøder (især raps), vinter- og vårkorn har udvaskninger på ca. 100 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Samtidig udgør denne gruppe næsten 60% af arealet. Vårkorn med udlæg, bælgsgødning, græs i omdrift og brak (af spildkorn) ligger på 60-70 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>, og i en gruppe for sig findes vedvarende græs med en lav udvaskning på 23 kg N ha<sup>-1</sup>. På lerjordene ligger rodfrugt i en gruppe for sig med en gennemsnitlig udvaskning på ca. 70 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Der er her især tale om foderroer, der gødes kraftigt med husdyrgødning. Vårkorn og vinterkorn, der udgør 60% af arealanvendelsen på lerjordene, har udvaskninger på ca. 60 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>, vårkorn med udlæg, bælgsgødning, frøafgrøder og brak (af spildkorn) ca. 40 kg N ha<sup>-1</sup>, mens vedvarende græs er beregnet til 12 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>.

#### Udvaskning som funktion af husdyrtrykket

I tabel 8.5 er foretaget en gruppering af materialet på ejendomme opdelt efter husdyrholdet og igen opdelt på jordtyper. Planteavlbrugene (0 DE ha<sup>-1</sup>) har den laveste udvaskning; gennemsnitligt 37 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> og 60 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> på hhv. lerjord og sandjord. Derudover ses en sammenhæng mellem husdyrhold og udvaskning. Tabellen udpeger entydigt husdyrbrugene med det store husdyrhold som de brug, der udleder mest kvælstof. Dette forhold har to forklaringer: som vist i kapitel 5, at det er på de 30% af arealet, der overgødskes i forhold til den økonomisk optimale mængde, de store tildelinger af husdyrgødning skal

findes. Derudover er udvaskningen fra husdyrgødning væsentlig større end fra handelsgødning set i forhold til gødningens udbyttedmæssige effekt. Forsøg udført af *Larsen og Kjellerup, (1989)* har vist, at ved en effektiv udnyttelsesgrad på 40% af totalkvælstoffet i husdyrgødningen vil udvaskningen fra husdyrgødning være mindst 2.5 gange større end fra den mængde handelsgødningskvælstof husdyrgødningen udbyttedmæssigt kan erstatte. Dette skyldes, at en stor del af kvælstof i husdyrgødning er organisk bundet og dermed ikke umiddelbart tilgængelig for planterne. Afhængig af udbringningstidspunkt, plantedække og klima kan den senere mineraliserede kvælstof tabes ud af rodzonen.

Tabel 8.4 Nøgletal vedrørende gødskning og udvaskning i landovervågningsoplandene fordelt på afgrødegrupper. Gennemsnit for 1989/1990-1992/1993. For brak dog kun tal for 1993

Afgrøde	Tilført N ha <sup>-1</sup>	Anbefalet N ha <sup>-1</sup>	Udvasket N ha <sup>-1</sup>	Areal %
<b>Vårkorn</b>				
lerjord	134	112	50	21
sandjord	165	117	98	20
<b>Vårkorn m. udlæg</b>				
lerjord	177	150	37	4
sandjord	197	162	72	9
<b>Vinterkorn</b>				
lerjord	224	168	54	39
sandjord	236	162	104	15
<b>Bælgsæd</b>				
lerjord	1	0	42	5
sandjord	5	0	67	8
<b>Rodfrugt</b>				
lerjord	288	140	69	10
sandjord	332	165	106	17
<b>Frøafgrøder</b>				
lerjord	211	183	43	12
sandjord	297	200	105	4
<b>Græs i omdrift</b>				
lerjord	229	203	29	6
sandjord	310	226	65	20
<b>Vedvarende græs</b>				
lerjord	251	248	12	3
sandjord	235	249	23	6
<b>Brak i omdrift</b>				
lerjord	<1	0	34	9
sandjord	5	0	58	7

Tabel 8.5 Gennemsnitlig normaludvaskning fra ejendomme grupperet efter husdyrophold i forhold til arealtilliggendet. Opdelt på sandjord og lerjord. Data fra driftsåret 1991/1992

DE ha <sup>-1</sup>	lerjord kg N ha <sup>-1</sup>	n	sandjord kg N ha <sup>-1</sup>	n
0	37	33	60	14
0-1	43	13	68	19
1-2	43	13	88	26
>2	62	8	145	12

### 8.3 Sammenligning med andre undersøgelser

Udover sammenligningen i kapitel 7 mellem den målte udvaskning fra stationsmarkerne og den tilsvarende beregnede, som viste, at modellen undervurderer udvaskningen i størrelsesordenen 30%, er der her foretaget en sammenligning med data fra kvadratnettet (*Østergaard og Mamsen, 1990*) for et større antal marker. I kvadratnettets punkter måles jordvandets kvælstofindhold ved udtagning af jordprøver 2 - 5 gange om året ligesom der indsamles oplysninger om arealanvendelse og gødningsforbrug. Rodzonemodellen DAISY (*Hansen et al., 1990*) er anvendt til at beregne udvaskning fra næsten 400 kvadratnettpunkter (*Jensen og Østergaard, 1994*). Ved sammenligning mellem målt og beregnet koncentration af kvælstof i jordvæsken er der opnået god overensstemmelse. De beregnede udvaskninger er i tabel 8.6 sammenlignet med værdier beregnet med den empiriske model. Der er med den empiriske model beregnet ved aktuel afstrømning for at inddrage den klimatiske effekt.

Tabel 8.6 Sammenligning af udvaskning beregnet med hhv. DAISY (*Hansen et al., 1990*) og den empiriske model (*Simmelsgaard, 1991*)

		DAISY		Empirisk model	
		kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	n	kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>	n
1990	Sand	76	206	76	
	Ler	44	191	61	
1991	Sand	87	208	82	
	Ler	43	183	52	
1992	Sand	128	201	93	
	Ler	63	175	49	
Gns.	Sand	97		84	
	Ler	50		54	

Husdyrtætheden har i 1992 i landovervågningsoplandene været 0.7 DE ha<sup>-1</sup> for lerjordene og 1.3 DE ha<sup>-1</sup> for sandjordene. På grundlag af *Danmarks Statistik (1993)* er der for de midt-, vest-, nord- og sønderjyske amter, hvor kvadratnettets sandjordspunkter hovedsagelig befinder sig, beregnet en gennemsnitlig husdyrtæthed på 1.1 DE ha<sup>-1</sup>. For de amter, hvor kvadratnettets lerjordspunkter hovedsagelig befinder sig, er den gennemsnitlige hus-

God overensstemmelse for lerjordene

Den empiriske model undervurderer udvaskningen på sandjorde med højt husdyrtryk

dyrtæthed  $0.7 \text{ DE ha}^{-1}$ . Der er desuden en højere andel af grovsandede jorder i landovervågningsoplandene ind i landet som helhed. I øvrige forhold er oplandene repræsentative (jvf. kapitel 5). Som gennemsnit over den 3 årige periode er der god overensstemmelse mellem de to modeller med hensyn til lerjordene. For 1990 og 1991 underestimerer den empiriske model udvaskningen i sammenligning med DAISY, mens det forholder sig omvendt i 1992. I 1990 og 1991 lå høsten over det normale, mens den lå betydeligt under normalen i 1992. Den empiriske model kan, da den ikke indeholder nogen modellering af plantevæksten, ikke beskrive de udsving i udvaskningen, der er grundet i forskelle i planteoptag

af kvælstof. På sandjordene er der for 1990 og 1991 nogenlunde overensstemmelse mellem DAISY og den empiriske model, mens den empiriske model beregner en udvaskning langt under den DAISY-beregnete for 1992. I gennemsnit over de 3 år beregner den empiriske model en noget lavere udvaskning end DAISY. Imidlertid er husdyrtætheden på de marker, hvor den empiriske model er anvendt ca. 20% højere end på de marker, hvor DAISY er anvendt. Da også andelen af grovsandede jorde er højere i landovervågningsoplandene, må det konkluderes, at den empiriske model undervurderer udvaskningen på i hvert fald sandede jordtyper med et forholdsvist højt husdyrtryk.

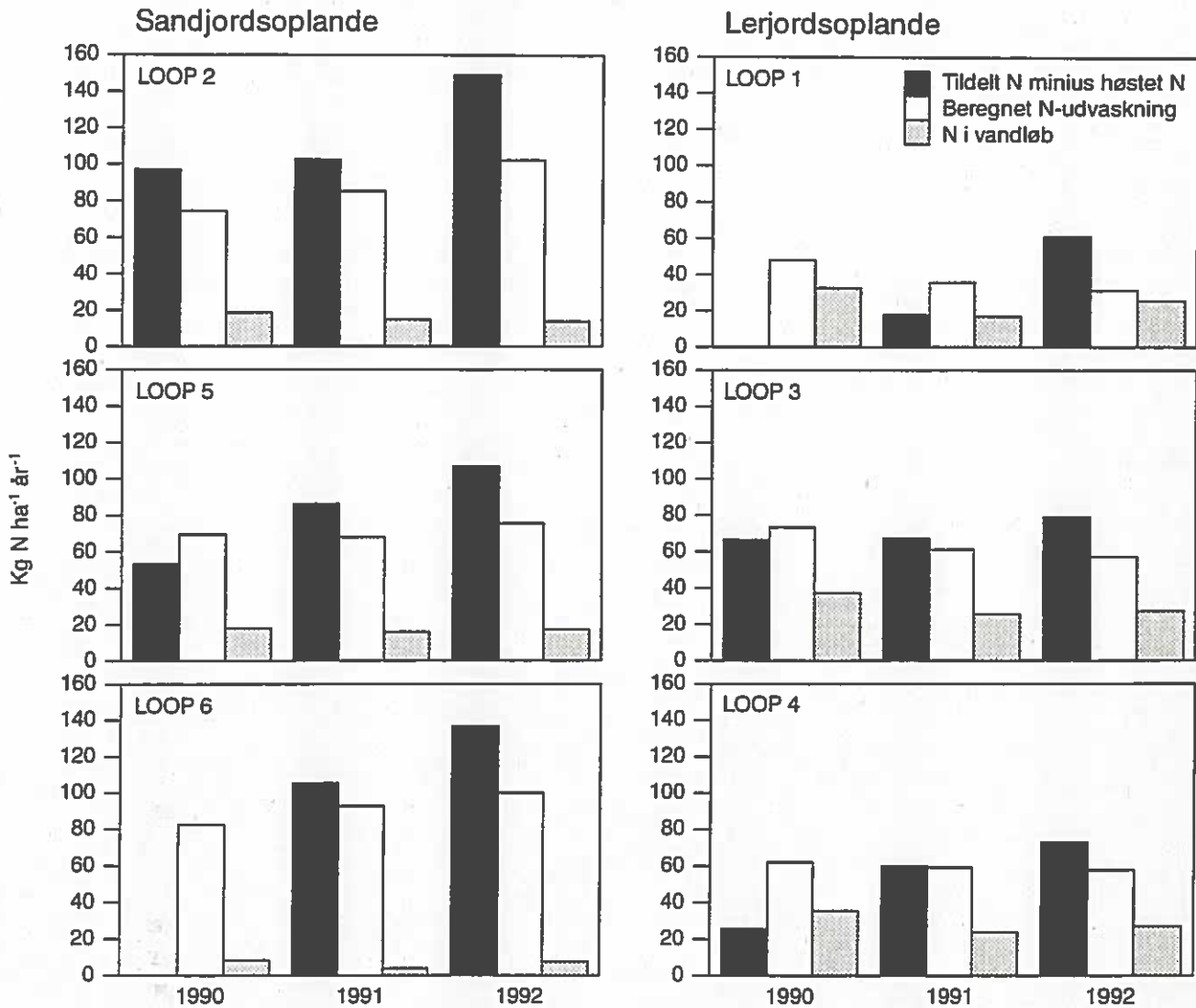
#### 8.4 Beregning af udvaskning ved aktuel afstrømning

For at inddrage den klimatiske effekt på udvaskningen er der foretaget modelberegninger ved aktuel rodzoneafstrømning. Der er foretaget beregninger for de 3 hydrologiske år 1990/1991 - 1992/1993. I figur 8.2 er den beregnede udvaskning sammenholdt med dels den målte vandløbstransport (jvf. kapitel 10), dels med forskellen mellem tilført og fjernet kvælstof. Fjernet kvælstof med høstede afgrøder er beregnet v.h.j.a. normtallene i *Vilhelm og Nielsen (1990)* for alle afgrøder i oplandene. Specielt for foderafgrøder, hvor udbyttet ofte er dårligt bestemt, er tallene behæftet med usikkerhed. Datamaterialet til figur 8.2 findes i bilag 8.2.

Det fremgår af figuren, at der især på sandjordene opbygges et stort tabspotentiale. For alle oplande er forskellen mellem tilført og fjernet kvælstof specielt stor i 1992, hvilket skyldes den lange tørkeperiode og heraf følgende dårlige høst. På lerjordene ses der en respons i en forøget vandløbstransport som følge heraf, mens sammenhængen på sandjordene er mindre tydelig. I hvor høj grad en opbygget kvælstofmængde i jorden udvaskes til vandløb og i givet fald med hvilken forsinkelse afhænger af det hydrologiske kredsløb i det enkelte opland, samt af mineraliserings- og denitrifikationsprocesser, som igen afhænger af klimatiske forhold, jordtype og arealanvendelse. I kapitel 10 og kapitel 11 behandles disse forhold mere indgående. I kapitel 11 er de modelberegnete rodzoneudvaskninger endvidere benyttet i en sammen-



stilling af kvælstofkredsløbet opdelt på henholdsvis sandede og lerede oplande.



Figur 8.2 Sammenstilling af tabspotentiale for kvælstof (Tilført - fjernet), modelberegnet rodzoneudvaskning og målt vandløbstransport. Alle størrelse i  $\text{kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$

## 8.5 Sammenfatning

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskning fra rodzonen i de 6 oplande. Beregninger for 4 driftsår udført for normal årsafstrømning viser, at der for de 3 lerjordsoplande har været en uændret udvaskning på ca.  $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . For de sandede oplande har der været en stigning i udvaskningen de 3 første år, mens der er beregnet et fald i 1993. Den gennemsnitlige udvaskning har været ca.  $80 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Det vurderes gennem sammenligninger med målte udvaskninger i landovervågningsoplandene og andre undersøgelser, at modellen underestimerer den faktiske udvaskning på sandjorde med højt husdyrtryk.

En gruppering af ejendommene efter husdyrhold i forhold til arealtilliggende viser en kraftig stigning i udvaskningen med stigende husdyrhold.



## 9 Grundvand

### 9.1 Indledning

I 1993 startede et pesticidprogram i Landovervågningsoplandene med analyser af det øvre grundvand og med interview af landmænd om deres pesticidanvendelse på stationsmarkerne. Indsatsen vedrørende pesticider vurderes i dette kapitel.

Herudover vurderes det øvre grundvands belastning med nitrat i de enkelte Landovervågningsoplande. Tidsudvikling og variationer med dybden vurderes på grundlag af gennemsnitlige koncentrationer for hydrologiske år (1. juni - 31. maj).

For Landovervågningsoplandene Lillebæk og Barslund Bæk vurderes udviklingstendenser i grundvandets nitratindhold i forhold til gødningstypen.

Udviklingen i grundvandets kvalitet vurderes på grundlag af parametrene nitrat, fosfor, klorid og sulfat (svarende til den øvrige grundvandsovervågning (Nygaard et al., 1994)) samt kalium.

### 9.2 Pesticider

For at belyse udvaskningen af pesticider til grundvandet blev der i 1993 startet et pesticidprogram i Landovervågningsoplandene. Programmet omfatter et årligt interview af landmænd om pesticidanvendelsen. Interviewet er begrænset til markerne i grundvandsoplandet til de 6-8 udvalgte borerer pr. opland. Interviewet omfatter således kun et mindre antal marker i hvert Landovervågningsoplandet. Interviewet vedrører alle typer af pesticider anvendt i grundvandsoplandene. Det vil sige, også anvendelsen af andre end de 8 pesticider, der analyseres for i overvågningsprogrammet, vil blive belyst. Information om pesticidanvendelsen haves i et vist omfang fra stationsmarkerne tilbage fra 1990. Det har ikke været muligt at indhente oplysninger fra alle stationsoplande for hele perioden 1990 - 1993 (Tabel 9.1 og 9.2).

Analyseprogrammet for grundvand omfatter følgende 8 pesticider: Dichlorprop, MCPA, Mechlorprop, 2,4-D, Atrazin, Simazin, Dinoseb, DNOC. Interviewundersøgelsen viser, at et eller flere af de 8 pesticider, som indgår i analyseprogrammet, er blevet anvendt i en stor del af grundvandsoplandene i perioden 1990 - 1993 (Tabel 9.2). I følge interviewundersøgelsen har Simazin og DNOC ikke været anvendt i stationsoplandene i perioden 1990 - 1993, og Dinoseb ikke efter 1991.

Kvaliteten af interviewdata vurderes at være høj for de år, hvor der er gennemført interview (1992 og 1993), men af aftagende kvalitet tilbage i tiden. Dette gælder dog ikke oplandet Højvands

Rende, hvor der er gennemført detaljerede interview for alle marker i oplandet fra og med driftsåret 1990.

Tabel 9.1 Omfang af interview undersøgelse i 1993.

LOOP-område	Antal marker i interviewundersøgelse	Antal grundvandsoplande i interviewundersøgelse	Antal grundvandsoplande totalt
1	ca. 145 <sup>1)</sup>	6 <sup>2)</sup>	6 <sup>2)</sup>
2	15	6	6
3	7	6	6
4	10	6	6
5	7	4	8
6	13	8	8

<sup>1)</sup> Heraf er 6 marker afrapporteret til DGU.

<sup>2)</sup> Hertil kommer oplandene til de grundvandsstationer, der ikke indgår i pesticidprogrammet

Tabel 9.2 Anvendelsen af de 8 analyserede pesticider i grundvandsoplandene 1990-1993. I parentes er angivet antallet af grundvandsoplande, hvor det pågældende stof har været anvendt det pågældende år.

LOOP-område	1990	1991	1992	1993
1	Dichlorprop (1) Mechlorprop (1) 2,4-D (1) i.a. (4)	MCPA (2) Dichlorprop (2) Mechlorprop (3) Dinoseb (1) 2,4-D (2) i.a. (1)	MCPA (2) Dichlorprop (2) Mechlorprop (1) i.a. (3)	i.a. (6)
2	MCPA (3) Dichlorprop (2) 2,4-D (1) i.a. (2)	MCPA (5) Dichlorprop (4) Mechlorprop (1) 2,4-D (1) i.a. (1)	MCPA (5) Dichlorprop (3) Mechlorprop (2) 2,4-D (1) i.a. (1)	MCPA (5) Dichlorprop (4) 2,4-D (1) i.a. (1)
3	i.o. (6)	i.o. (6)	MCPA (2) Dichlorprop (2) Mechlorprop (3) Atrazin (1) i.o. (2)	Mechlorprop (2) i.a. (4)
4	MCPA (3) Dichlorprop (1) Mechlorprop (4) Atrazin (2) Dinoseb (1) 2,4-D (1) i.a. (1)	MCPA (5) Dichlorprop (2) Mechlorprop (4) Atrazin (2) Dinoseb (1) 2,4-D (1)	MCPA (2) Dichlorprop (1) Mechlorprop (3) Atrazin (1) i.a. (2)	MCPA (2) Dichlorprop (1) Mechlorprop (4) Atrazin (1) i.a. (1)
5	i.a. (1) i.o. (7)	i.a. (2) i.o. (6)	MCPA (1) Dichlorprop (1) Mechlorprop (1) i.a. (3) i.o. (4)	MCPA (3) Dichlorprop (2) Mechlorprop (1) i.a. (1) i.o. (4)
6	MCPA (3) Dichlorprop (1) Atrazin (1) i.a. (4) i.o. (1)	MCPA (4) Dichlorprop (1) i.a. (2) i.o. (2)	MCPA (1) Dichlorprop (1) Mechlorprop (3) i.a. (1) i.o. (3)	MCPA (3) Mechlorprop (1) Atrazin (2) i.a. (3)

i.a. = ingen anvendelse af de 8 pesticider

i.o. = ingen oplysninger om pesticidanvendelse

Interviewundersøgelsen viser (Tabel 9.3), at der i stationsoplandene anvendes en lang række af pesticider, som ikke indgår i analyseprogrammet for Landovervågningen. En del af de anvendte pesticider skønnes at være potentielt udvaskelige, blandt andet Metamitron, Cyanazin og Isoproturon samt 3 metabolitter af atrazin. De nuværende 8 analyse-pesticider må derfor ses som indikatorer på potentielle problemer.

Tabel 9.3 Anvendelsen af andre pesticider i 1993. I parentes er angivet antallet af sprøjtede marker i de udvalgte grundvandsoplande.

LOOP 1	LOOP 2	LOOP 3	LOOP 4	LOOP 5	LOOP 6
Phenmedi-pham (3) Ethofumesat (3) Metamitron (3) Alfacypermethrin (1) Chloridazon (1) Pirimicarb (4) Clopyralid (3) Fluroxypyr (3) Fenpropimorph (4) Propiconazol (4) Lambdacyhalothrin (2) Deltamethrin (1) Fenvalerat (1) Dimethoat (1) Glyphosat (1)	Phenmedi-pham(1) Ethofumesat (1) Metamitron (1) Pirimicarb (1) Fenpropimorph (10) Propiconazol (9) Glyphosat (1) Lenacil (1) Desmedi-pham (1) Cypermethrin (1) Permethrin (3) Ioxynil (5) Prochloraz (1) Chlormequat-chlorid (3) Bentazon (2) Metsulfuron-methyl (2) Cyanazin (2) Ammonium-sulfat (1)	Fenpropimorph (2) Propiconazol (2) Glyphosat (1) Alfacypermethrin (1) Ioxynil (2) Prochloraz (1) Isoproturon (1) Dimethoat (1) Methabentiazuron (1) Triadimenol (1) Tribenuron (1) Tridemorph (1) (N114)2SO4 (1)	Pirimicarb (3) Clopyralid (2) Fenpropimorph (5) Propiconazol (5) Glyphosat (1) Ioxynil (4) Bromoxynil (2) Prochloraz (2) Chlormequat-chlorid (2) Bentazon (3) Ammonium-sulfat (1) Triadimenol (3) Tribenuron (2) Clormequat (1) Chlorsulfuron (1) Fluziafopbutyl (1) Napropamid (1) Trifluralin (1) Esfenvalerat (1) Bromphenoxim (2) Terbuthylazin (2)	Propiconazol (3) Fenpropimorph (3) Dicomba (1) Cliqvadibromid (1) Maneb (2) Sulfonylurea forbindelse (2)	Phenmedi-pham (3) Ethofumesat (3) Metamitron (3) Alfacypermethrin (1) Pirimicarb (3) Clopyralid (2) Fluroxypyr (1) Fenpropimorph (4) Propiconazol (2) Deltamethrin (1) Fenvalerat (1) Glyphosat (1) Desmedi-pham (3) Ioxynil (1) Prochloraz (1) Bentazon (1) Cyanazin (2) Triadimenol (1) Tridemorph (1) Chlorsulfuron (2) Benazolin (1) Pyridat (2)

I Landovervågningsoplandene er der i 1993 fundet pesticider i 5 grundvandsprøver ud af 58 udtagne prøver (9 %). Heraf er de 2 fund gjort ved efterfølgende prøvetagning i filtre, hvor der tidligere var målt pesticider (Tabel 9.4). De målte koncentrationer ligger mellem 0.02 - 0.05 µg l<sup>-1</sup>. Grænseværdien for pesticider i drikkevand er 0.1 µg l<sup>-1</sup>.

Fundet af fenoxysyren MCPA i det lerede opland LOOP 1 i oktober 1993 er gjort under en vårbyg mark, hvor der blev anvendt MCPA i maj 1993. (Storstrøms Amt, 1994). I det sandede opland LOOP 6 er fundet af triazinnet atrazin gjort under en mark, hvor der på nabomarken har været dyrket majs. Det er sandsynligt, at der er blevet anvendt atrazin på majsmarken, og at fundet af atrazin stammer fra denne anvendelse. Derimod kan fundet af simazin ikke relateres til en kendt anvendelse af sprøjtemidlet (Sønderjyllands Amt, 1994). De 5 pesticidfund i Landovervågningsoplandene stemmer godt overens med fundmønsteret i Grundvandsovervågningsområderne (Brüsch, 1993; Brüsch og Jacobsen, 1994).



De konstaterede variationer i detektionsgrænsen (Tabel 9.4) skyldes hovedsageligt at visse grundvandsfiltre ikke har kunnet give den af laboratorierne ønskede vandmængde, eller at prøverne indeholdt fint slam.

Tabel 9.4 Pesticidanalyser i 1993.

LOOP-område	Filterdybde (m u.t.)	Antal analyser		Påviste pesticider	Antal påvisninger	Koncentration ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Detektionsgrænse ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )
		Okt	Dec				
1	1.5	1	0	MCPA	1	0.04	0.01
	3	3	0	-	0	-	0.01 - 0.05 <sup>b)</sup>
	5	2	0	-	0	-	0.01
2 <sup>a)</sup>	3	0	1	-	0	-	0.015
	5	4	1	-	0	-	0.010 - 0.015
3 <sup>a)</sup>	3	6	1	-	0	-	0.01 - 0.02
4 <sup>a)</sup>	3	6	0	-	0	-	0.015
	5	5	1	-	0	-	0.010 - 0.015
5 <sup>a)</sup>	3	8 (Nov)	0	-	0	-	0.01 - 0.015
6	1.5	1	0	-	0	-	0.01
	3	14	4	Atrazin Simazin	2 <sup>c)</sup> 2 <sup>c)</sup>	0.02 - 0.03 0.03 - 0.05	0.01 0.01
TOTAL		58			5		

- a) ingen analyser for 2,4-D  
b) for øvrige 7 pesticider  
c) heraf 1 genbestemmelse

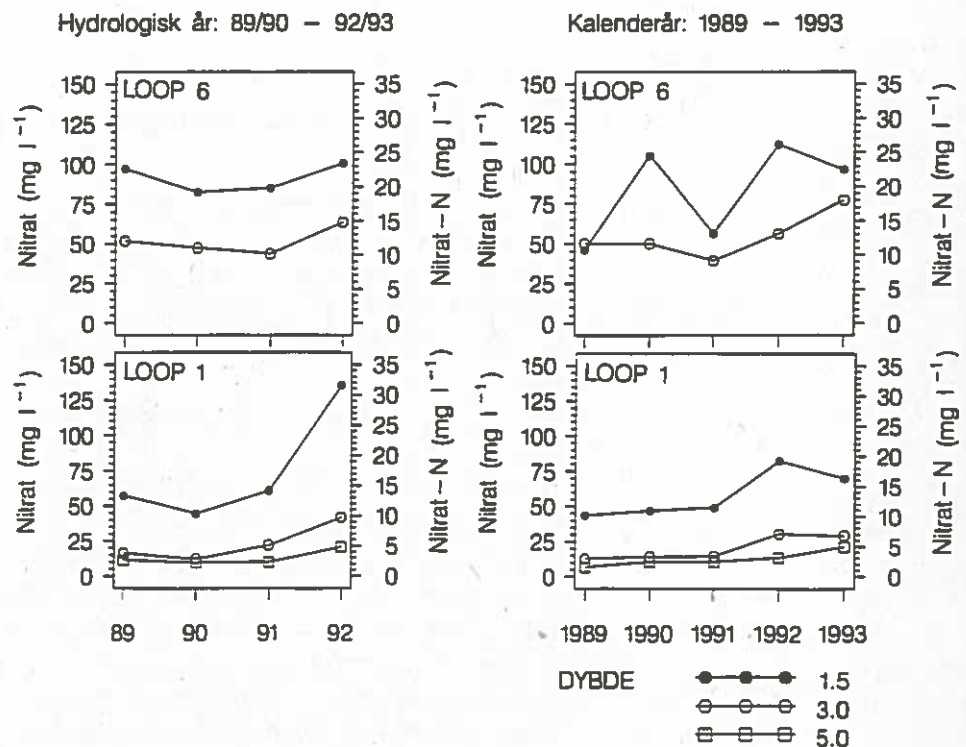
Flere amter omtaler pesticidanalyser foretaget i begyndelsen af 1994. Storstrøms Amt (1994) har i januar 1994 analyseret grundvandsprøver fra 6 filtre og fundet spor af henholdsvis dichlorprop og mechlorprop i 2 filtre. Vejle Amt (1994) har ved 7 analyser af grundvand fra 6 filtre i 1994 ikke fundet pesticider. Fyns Amt (1994) har i februar målt et indhold på  $0.121 \mu\text{g l}^{-1}$  atrazin i grundvandet under en majsmark, hvor der gennem flere år har været anvendt atrazin som ukrudtsbekæmpelsesmiddel. Ved nogle mere omfattende undersøgelser af DMU (Miljøstyrelsens Bekæmpelsesmiddelforskningsprogram) i Bedsted-oplandet i Sønderjyllands Amt er der i 20 analyserede prøver påvist 10 af de 20 pesticider, der blev analyseret for, heraf 7 af de 8 pesticider fra Landovervågningsprogrammet (Niels Henrik Spliid, upublicerede data). I Bedsted-oplandet er der fundet 3 pesticider, simazin, DNOC og dinoseb, hvis anvendelse ikke var kendt gennem interviewundersøgelsen og hvor de 2 sidstnævnte ikke må anvendes mere (Sønderjyllands Amt, 1994a). Dette kan skyldes forskellige forhold som: udvælgelse af interviewmarker i forhold til grundvandets strømningsretning og -hastighed, år med manglende interviewoplysninger, kvaliteten af interviewdata samt at der kan være forskellige mulige kilder til pesticidudvaskning. Fundene af simazin, DNOC og dinoseb i februar 1994 skyldes næppe kontaminering af prøver ved prøvetagning som følge af vinddrift, da midlerne ikke har været anvendt så tidligt på året (Knud Damgaard Christensen, pers. komm.). Den mest sandsynlige forklaring er, at påvisningerne skyldes tidligere lovlig anvendelse.

### 9.3 Nitrat i grundvandet

Landbrugspraksis, kvælstofudvaskning og stoftransport i vandløb opgøres bedst på driftsår og hydrologiske år. I en del tilfælde er der tidlige fluktuationer i for eksempel nitratkoncentrationen. I meget terrænnære grundvandsfiltre i Landovervågningsoplandene er der dokumenteret en årstidsvariation i nitratkoncentrationen, som er sammenfaldende med variationer i grundvandsspejlet (Grant et al., 1993). Denne årstidsvariation udviskes med dybden under terræn afhængigt af grundvandets strømningsforhold.

Koncentrationsniveauet og den tidlige udvikling i grundvandets nitratindhold synes at være uafhængig af om opgørelsesperioden er kalenderåret eller det hydrologiske år (1. juni - 31. maj). Derimod er sæsonudsvingene forskellige for de 2 opgørelsesmetoder (Fig. 9.1).

Figur 9.1 Nitratindhold i grundvandet i LOOP 1 og 6 opgjort på hydrologisk år og på 5 kalender år.

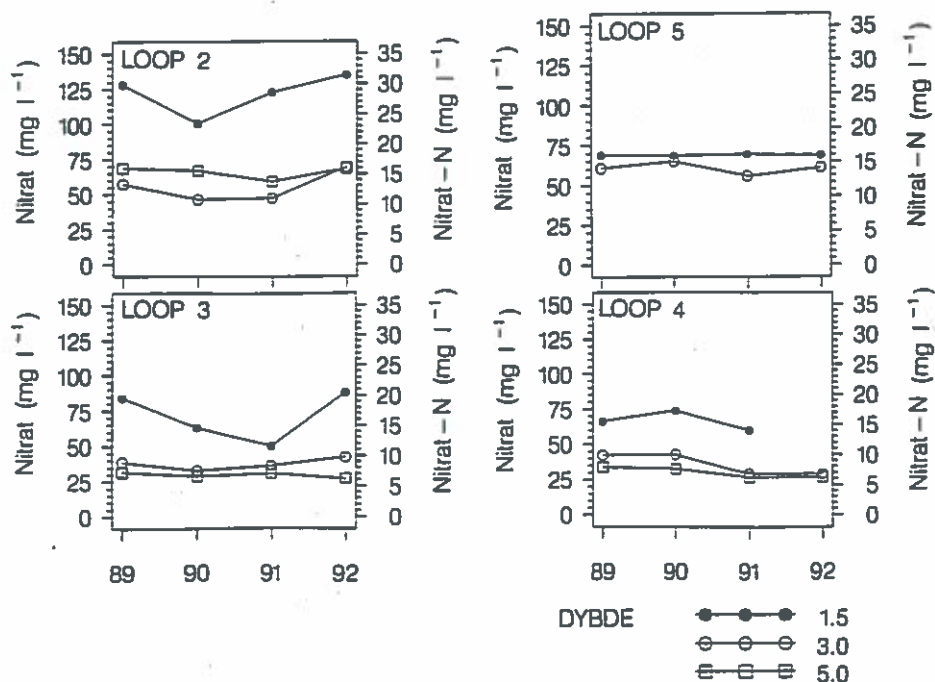


I det følgende vurderes det øvre grundvands belastning med nitrat i de enkelte Landovervågningsoplande. Tidsudvikling og variationer med dybden vurderes på grundlag af gennemsnitlige koncentrationer for hydrologiske år.

I LOOP 1, 2, 3 og 6 er der et fald i nitratkoncentration i begyndelsen af overvågningsperioden og stigning i sidste del af perioden. I LOOP 4 er der konstateret et svagt faldende nitratindhold i grundvandet, mens det i LOOP 5 er ret konstant (Fig. 9.1 og 9.2).

En generel vurdering af grundvandets nitratindhold i Landovervågningsoplandene i forhold til landbrugspraksis, klima, udvaskning og stoftransport i vandløb foretages i kapitel 11.

Figur 9.2 Nitratindhold i grundvandet i LOOP 2, 3, 4 og 5 opgjort på hydrologisk år.



#### 9.4 Gødningstype og nitratindhold

For at belyse forskellige gødningsformers - husdyrgødning, handelsgødning og ingen gødning - betydning for det øvre grundvands nitratindhold er grundvandsfiltrene i lerjordsoplandet Lillebæk (LOOP 4) og sandjordsoplandet Barslund Bæk (LOOP 5) opdelt i 3 grupper i forhold til gødningsanvendelsen opstrøms filtrene.

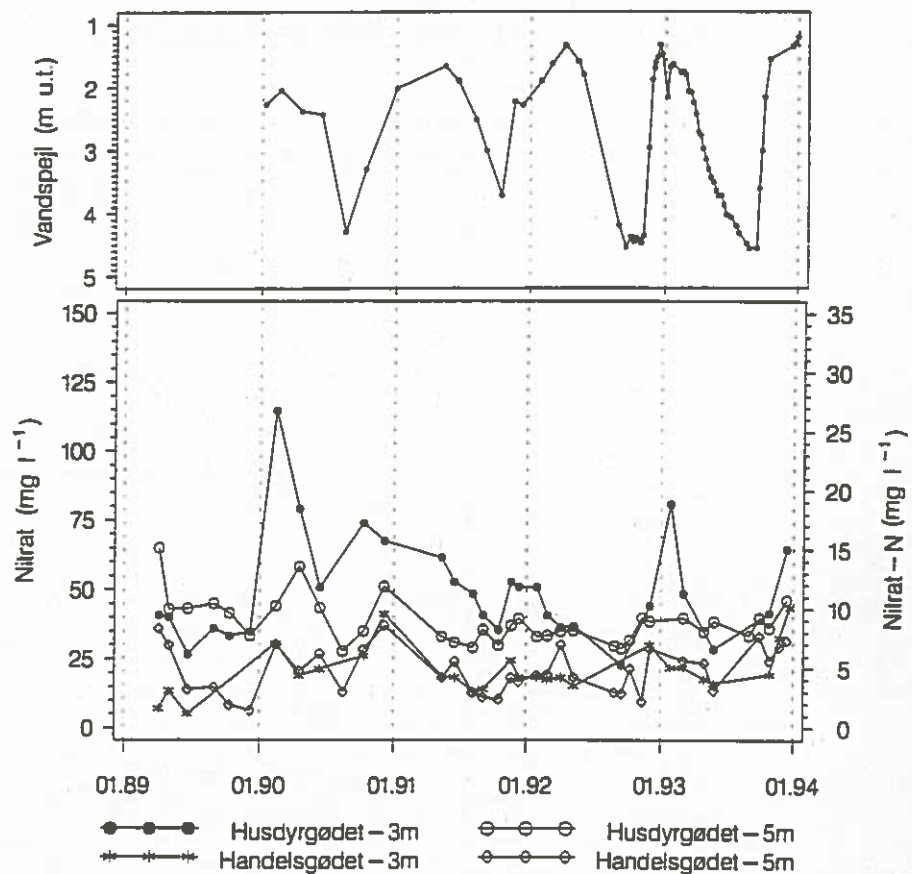
Fremgangsmåden ved grupperingen følger Grant et al. (1993).

I LOOP 4 aftager nitratkoncentrationen i grundvandet under husdyrgødede arealer fra 3 meter til 5 meter under terræn. Grundvandet under husdyrgødede arealer såvel 3 meter som 5 meter under terræn, har et højere nitratindhold end under handelsgødede arealer. Under handelsgødede arealer er nitratindholdet i grundvandet nogenlunde ens 3 meter og 5 meter under terræn og årstidsvariationerne er sammenfaldende. Dette indikerer en hurtig vertikal nitrattransport og ringe eller ingen nitratomsætning over iltningssfronten. (Figur 9.3).

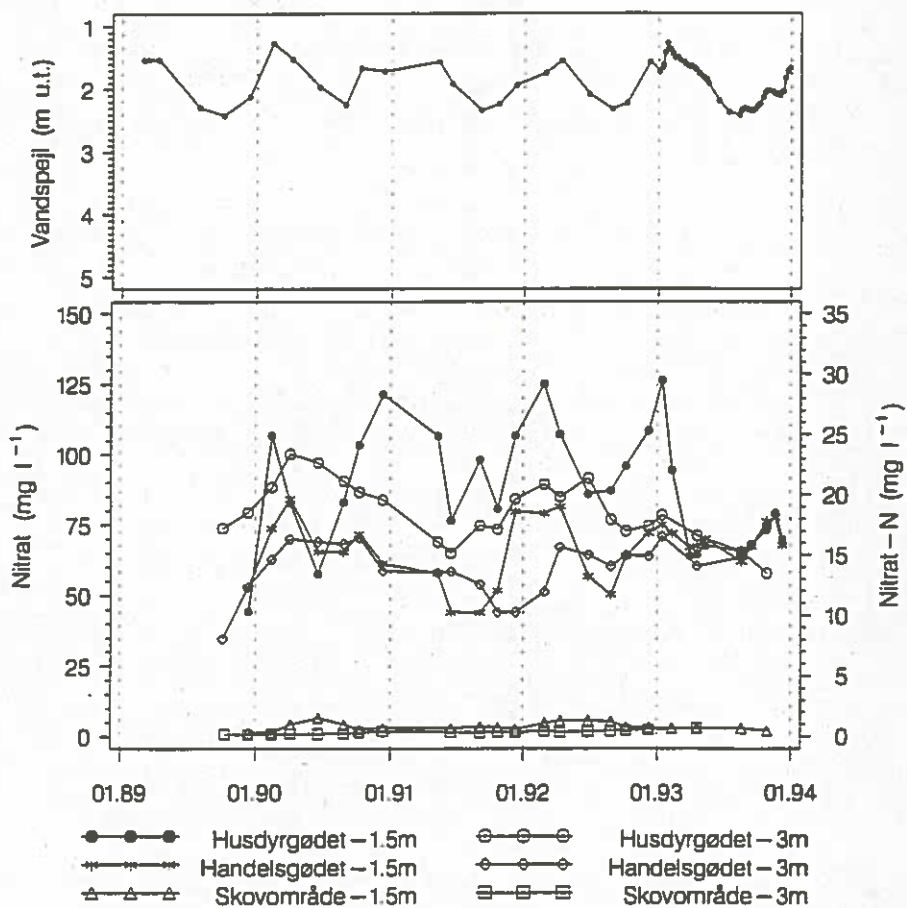
I perioden fra efteråret 1990 til foråret 1994 har grundvandet i LOOP 5 i 1.5 meters dybde under husdyrgødede arealer generelt et højere nitratindhold end 3 meter under terræn. Under handelsgødede arealer er der omtrent lige stort nitratindhold i grundvandet i 1.5 og 3 meters dybde, og nitratkoncentrationen er lavere end under husdyrgødede arealer. Under naturarealer er der et konstant og lavt nitratindhold i grundvandet i såvel 1.5 som 3 meters dybde. Årsgennemsnittet er under  $5 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$  i hele overvågningsperioden i såvel 1.5 som 3 meters dybde (Figur 9.4).

Nitratkoncentrationen i grundvandet under såvel husdyr- som handelsgødede arealer er positivt korrelerede med ændringerne i grundvandsstanden i såvel LOOP 4 som LOOP 5. Sammenhængen er særligt tydelig i det aller øverste grundvand under husdyrgødede arealer.

Figur 9.3 Gødningsanvendelse og nitrat i grundvand i LOOP 4.



Figur 9.4 Gødningsanvendelse og nitrat i grundvand i LOOP 5.

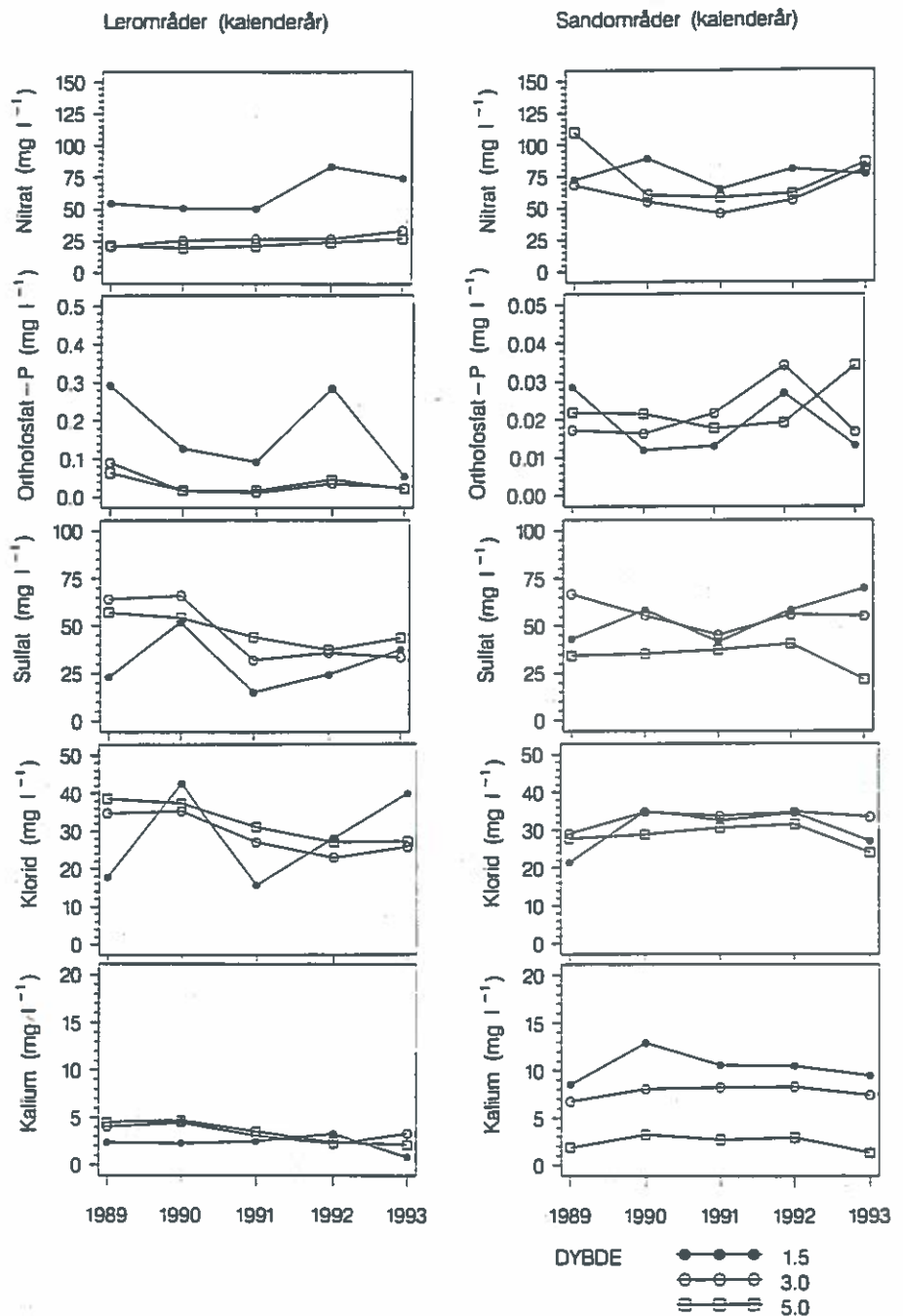


## 9.5 Hovedbestanddele

Udviklingen i grundvandetets kvalitet vurderes her på grundlag af parametrene nitrat, fosfor, klorid og sulfat, svarende til vurderingen i den øvrige grundvandsrapportering (DGU, 1994), samt kalium. Grundvandskvaliteten vurderes for lerjordsoplande og sandjordsoplande under et. Der er for hver filterdybde udregnet et gennemsnitligt indhold af stofferne. Gennemsnitskoncentrationerne for de dybestliggende filtre er for sandjordsoplandene kun baseret på data fra LOOP 2 (25 filtre).

Generelt for de 5 parametre er der størst variation i stofindholdet i de mest terrænnære filtre 1.5 meter under terræn (Fig. 9.5).

Figur 9.5 Grundvandetets indhold af nitrat, ortho-fosfat, klorid, sulfat og kalium i lerjordsoplandene og i sandjordsoplandene.



Nitrat-indholdet i det øvre grundvand i lerjordsoplandene ligger generelt væsentligt lavere end i tilsvarende dybder i sandjords-



oplandene. Kun i 1.5 meters dybde i lerjordsoplandene er nitratindholdet i grundvandet på niveau med nitratindholdet i 1.5 til 5 meters dybde i sandjordsoplandene (50 - 100 mg nitrat l<sup>-1</sup>). 3 - 5 meter under terræn i lerjordsoplandene er nitratindholdet omkring 25 mg nitrat l<sup>-1</sup>. I flere filterniveauer ses en svag tendens til stigning i nitratindholdet mod slutningen af måleperioden.

Orthofosfat-P indholdet i grundvand 1.5 til 5 meter under terræn er mellem 0.3 og 0.05 mg l<sup>-1</sup> i lerjordsoplandene. I de tilsvarende dybder i sandjordsoplandene er orthofosfat-P indholdet på mellem 0.01 og 0.04 mg l<sup>-1</sup>. Der er små variationer fra år til år men ingen udviklingstendenser.

Klorid- og sulfatindholdet i grundvandet varierer fra år til år i de enkelte dybdeniveauer. Der er ingen udviklingstendenser eller markante koncentrationsforskelle mellem den enkelte dybdeniveauer eller fra lerjordsoplande til sandjordsoplande.

I sandjordsoplandene er der et markant fald i grundvandets kaliumindhold med dybden fra omkring 10 mg l<sup>-1</sup> i 1.5 meters dybde til omkring 3 mg l<sup>-1</sup> i 5 meters dybde. Kaliumindholdet er højest midt i overvågningsperioden. I lerjordsoplandene er kaliumindholdet i grundvand 3 til 5 meter under terræn mellem 2 til 5 mg l<sup>-1</sup>.

## 9.6 Sammenfatning

I Landovervågningsoplandene er der fundet pesticider i 5 grundvandsprøver ud af 58 udtagne prøver (9 %).

Interviewundersøgelsen viser, at der i Landovervågningsoplandene, udover de 8 analyserede pesticider, anvendes en lang række af pesticider, som ikke indgår i analyseprogrammet for Landovervågningen. En del af de anvendte pesticider skønnes at være potentielt udvaskelige.

Det øvre grundvand i alle oplande er tydeligt påvirket af landbrugsdriften med nitratindhold på over 50 mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup>. I alle oplande aftager nitratindholdet med dybden. Mest markant fra 1.5 til 3 meter under terræn i lerjordsoplandene. Der er ingen tendens til fald i nitratindholdet igennem overvågningsperioden 1989 - 1993.

I lerjordsoplandet Lillebæk (LOOP 4) og sandjordsoplandet Barslund Bæk (LOOP 5) har grundvandet under husdyrgødede arealer normalt et højere nitratindhold end grundvandet under handelsgødede arealer. Denne forskel eksisterer dog ikke i data fra LOOP 5 i 1993.

Under handelsgødede arealer i LOOP 4 er nitratindholdet i grundvandet 3 meter og 5 meter under terræn lige stort og årstidsvariationerne er sammenfaldende. Dette indikerer en hurtig vertikal nitrattransport og ringe eller ingen nitratomsætning over iltningssfronten.

Under naturarealer i LOOP 5 er der et konstant og lavt nitratindhold på under 5 mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> i grundvandet i såvel 1.5 som 3 meters dybde.

Det øvre grundvands kvalitet i Landovervågningsoplandene er ret stabil indenfor overvågningsperioden, når den bedømmes på baggrund af parametrene nitrat, fosfor, klorid, sulfat og kalium. I lerjordsoplandene er der dog konstateret et beskedent fald gennem årene i grundvandets indhold af sulfat og klorid i 3 til 5 meters dybde.

## 10 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb

*Målinger af næringsstoffer i vandløb afdækker de kulturskabte påvirkninger i oplandet*

Koncentrationen og transporten af kvælstof og fosfor i vandløbene indenfor overvågningsoplandene afspejler den integrerede respons fra et dyrket afstrømningsområde, der er underlagt forskellige naturgivne betingelser med hensyn til f.eks. klima, geologi og topografi.

*Faktorer der influerer på kvælstoftilførslen til vandløb*

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen på de dyrkede arealer tilføres enten direkte til vandløb med det tilstrømmende overfladenære vand eller nedsiver til grundvand, hvormed det efter længere eller kortere tid kan tilføres vandløb. Under vandets passage gennem jorden og våde enge kan nitrat omdannes til frit kvælstof (denitrifikation), der afgasser til atmosfæren (Jacobsen et al., 1990; Ambus og Hoffmann, 1990). Det er derfor kun en del af det udvaskede kvælstof fra rodzonen, der når frem til vandløb.

Hvor de hydrogeologiske forhold betinger, at størstedelen af afstrømningen i vandløbet er grundvand, vil effekter af ændringer i f.eks. dyrkningspraksis indenfor oplandet først kunne registreres efter en længere måleperiode. Derimod vil ændringer i kvælstoftabet hurtigt kunne registreres i vandløb med en stor overfladenær tilstrømning, som f.eks. i lerede og drænedede oplande.

*Faktorer der influerer på fosfortilførslen til vandløb fra det åbne land*

Tabet af fosfor fra dyrkede arealer sker både via udvaskning og erosion. Hertil kommer at fosforudledninger fra spredt bebyggelse, mindre bysamfund og i form af eventuelle gårdbidrag kan have stor betydning. De mange kilder til fosfor i vandløb, de enkelte kilders store geografiske variation og den store tidsmæssige variation i tilførslen af fosfor gør, at det er svært både at måle og vurdere effekter af eventuelle ændringer i tilførslerne af fosfor til vandløb selv over forholdsvis lange måleperioder.

*Indholdet i kapitlet*

I kapitlet gennemgås resultaterne fra de seks landovervågningsoplande hvad angår afstrømning, samt koncentration og transport af kvælstof og fosfor. I år er det for første gang valgt at fokusere på hydrologiske år, dvs. perioden juni til maj, hvilket har betydet, at vandløbsdata fra alle overvågningsår er ombearbejdet. Grunden hertil er ønsket om at kunne sammenligne kvælstoftabet via vandløb med udvaskningen af kvælstof fra de dyrkede arealer indenfor oplandene. Denne sammenstilling findes i kapitel 11. I de fleste af oplandene findes der målinger fra fire hydrologiske år, nemlig 1989/90, 1990/91, 1991/92 og 1992/93. Fordelen ved bearbejdning af data indenfor hydrologiske år er også, at der fokuseres på en sammenhængende nedbør-/afstrømningsperiode, i stedet for som tidligere med en kunstig deling ved nytår.

### 10.1 Afstrømning

*Stor geografisk variation i vandafstrømningen*

Den gennemsnitlige årlige afstrømning i de 7 hovedvandløb, som afvander overvågningsoplandene varierer betydeligt (tabel 10.1).

Afstrømningen er størst fra de vest- og sydjyske oplande, hvor nedbørsoverskuddet (nedbør minus fordampning) også er størst. Den mindste afstrømning er målt fra oplandet på Lolland.

*Også variationer i vandafstrømningen fra år til år*

Desuden er der variationer i afstrømningen indenfor de fire hydrologiske år, der indtil videre er målt under overvågningsprogrammet (tabel 10.1). Afstrømningen var generelt størst i det hydrologiske år 1990/91. Den laveste afstrømning blev målt i 1989/90. I de to seneste hydrologiske år har der i de fleste af vandløbene været nogenlunde den samme afstrømning. Eneste undtagelse herfra er vandløbet på Lolland (Højvads Rende).

Der er en generel forskel i afstrømningen fra de overvejende lerede oplande (Højvads Rende; Lillebæk og Horndrup bæk) og de sandede oplande (Oddebæk, Barslund bæk, Tværmose bæk og Bolbro bæk). Afstrømningen fra de lerede oplande varierer meget mere mellem tørre og våde år, end det er tilfældet for afstrømningen fra de sandede oplande (tabel 10.1). Dette skyldes, at en stor andel af afstrømningen i vandløbene, der afvander de sandede oplande, tilstrømmer fra dybere grundvandsmagasiner, som først over flere år reagerer på ændrede nedbørsoverskud.

Tabel 10.1 Afstrømning indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 mm	1992/93	Gennemsnit
<b>Lerede oplande</b>					
Højvads Rende	102	238	151	120	153
Lillebæk	153	249	186	186	194
Horndrup bæk	246	238	231	231	237
<b>Sandede oplande</b>					
Oddebæk	215	230	183	164	198
Barslund bæk	407	430	404	445	422
Tværmose bæk	i.m.	332	270	262	288
Bolbro bæk	i.m.	483	369	379	410

### Hydrografopsplitning

Afstrømningen i de enkelte vandløb er forsøgt opdelt på den del, der tilstrømmer fra henholdsvis grundvand og den mere overfladenære tilstrømning. Opdelingen er foretaget ved en hydrografopsplitning (Grant et al., 1993). Opgørelsen giver ikke et nøjagtigt mål for henholdsvis grundvands- og den overfladenære afstrømning, men giver et godt mål for forskellen i nedbørsrespons imellem de enkelte vandløb.

*En stor del af overskuds-  
nedbøren når hurtigt frem  
til vandløb fra de lerede  
oplande*

Hydrografopsplitningen viser, at en stor del af overskuds-  
nedbøren hurtigt når frem til vandløb i de lerede oplande (42-51%),  
mens afstrømningen i de sandede oplande hovedsageligt stammer  
fra grundvandsmagasiner (77-96%) (tabel 10.2).

Tabel 10.2 Den overfladenære afstrømnings procentvise andel af den totale afstrømning indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb i landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 %	1992/93	Gennemsnit
<b>Lerede oplande</b>					
Højvads Rende	54	52	43	53	51
Lillebæk	48	49	35	52	46
Horndrup bæk	46	51	31	39	42
<b>Sandede oplande</b>					
Oddebæk	18	24	14	21	19
Barslund bæk	4	5	2	3	4
Tværmosse bæk	i.m.	8	6	35	16
Bolbro bæk	i.m.	26	14	29	23

## 10.2 Koncentration af kvælstof og fosfor

*Signifikante sammenhænge mellem kvælstofkoncentration og afstrømningen*

For alle vandløb kan der opstilles signifikante regressions-sammenhænge mellem afstrømning og koncentrationen af kvælstof indenfor hydrologiske år (figur 10.1). Koncentrationen af kvælstof stiger i alle vandløb generelt med stigende afstrømning. I de tre vandløb, der afvander lerede oplande, samt i Oddebæk, stiger koncentrationen af kvælstof stærkt med stigende afstrømning. Derimod måles der kun en lille stigning i koncentrationen af total kvælstof med stigende afstrømning i Barslund bæk, Tværmosse bæk og Bolbro bæk.

I Barslund bæk er der i visse vintermåneder målt meget høje koncentrationer af total kvælstof (figur 10.1). Dette skyldes formentlig direkte udledninger af urea fra flyvepladsen, der ligger indenfor oplandet. I Oddebæk stiger regressionskurvens beliggenhed (hældning) fra år til år, hvilket må skyldes en stigende kvælstofudvaskning fra landbrugsarealerne i dette opland pga. øget husdyrhold.

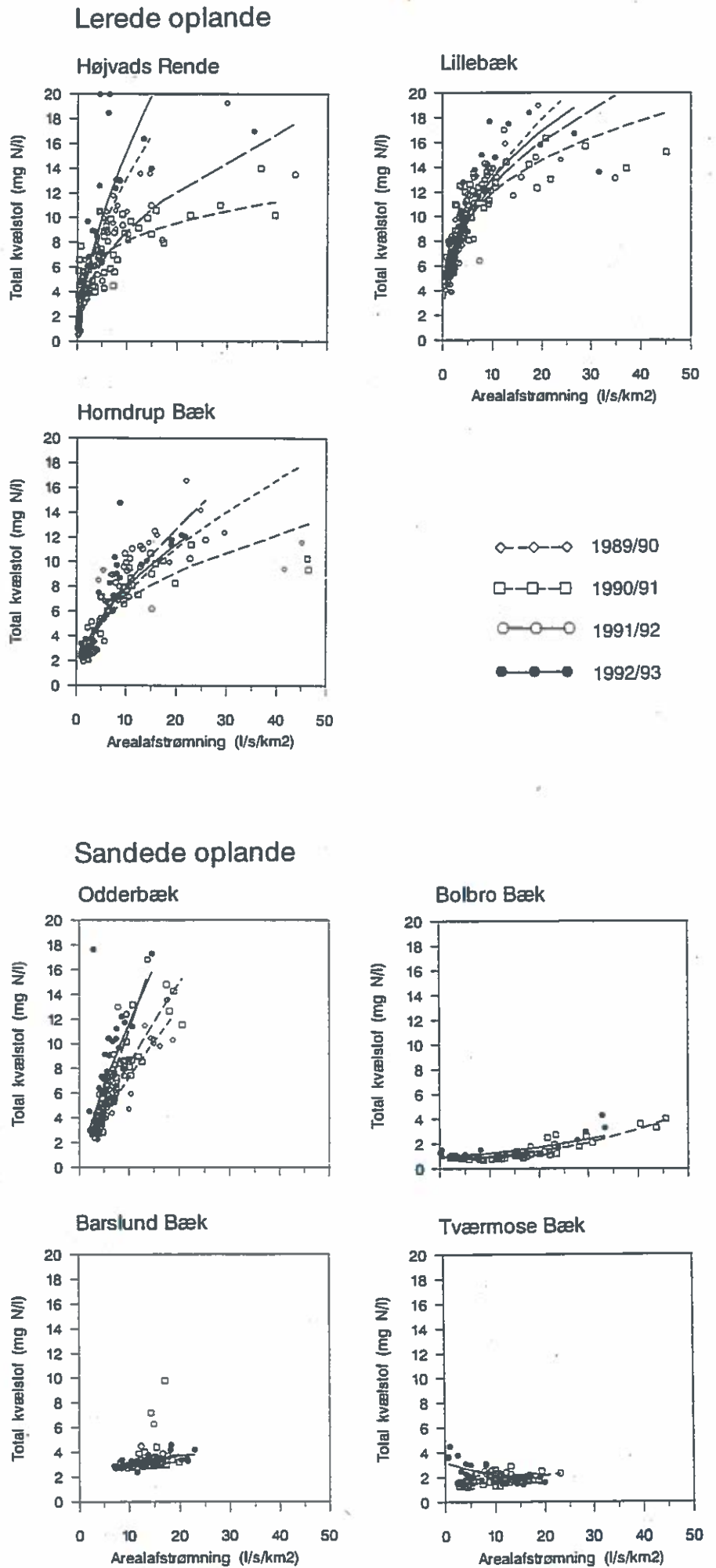
*Den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof er 5 gange højere i vandløb, der afvander lerede oplande end i vandløb, der afvander sandede oplande.*

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof indenfor hydrologiske år er vist i tabel 10.3. Koncentrationen af kvælstof i Oddebæk afviger betydeligt fra de andre vandløb, som afvander sandede oplande (tabel 10.3). Dette skyldes formentlig, at der i dette opland ikke er okkerpotentielle områder, og måske også at en del af oplandet er drænet. For de øvrige vandløb er koncentrationen af total kvælstof op mod 5 gange højere i de tre vandløb på lerede jorder, end i de tre vandløb på de sandede jorder. Der har generelt ikke været noget fald i den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof i vandløbene (tabel 10.3). Igen afviger Oddebæk, dog idet der her er en stigende kvælstofkoncentration gennem de fire hydrologiske år. Årsagen hertil kan være et øget husdyrhold i oplandet gennem de fire år.

*Intet fald i kvælstofkoncentration, derimod en stigning i Oddebæk*



Figur 10.1 Regressionssammenhænge mellem koncentrationen af total kvælstof og vandafstrømning indenfor fire hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene



Tabel 10.3 Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 mg N l <sup>-1</sup>	1992/93	Gennemsnit
<b>Lerede oplande</b>					
Højvads Rende	10,6	9,4	7,9	14,6	10,6
Lillebæk	14,4	12,8	11,5	13,1	13,0
Horndrup bæk	9,6	8,0	8,1	8,7	8,6
<b>Sandede oplande</b>					
Odderbæk	7,0	7,9	7,9	8,4	7,8
Barslund bæk	i.m.	3,5	3,3	3,4	3,3
Tværmosse bæk	i.m.	1,9	2,1	2,1	2,0
Bolbro bæk	i.m.	1,7	1,0	1,9	1,5

*Den lave kvælstofkoncentration i Bolbro bæk, Barslund bæk og Tværmosse bæk skyldes omsætning af nitrat-N i grundvandet*

*I Bolbro bæk kan omsætning af nitrat i våde enge også være af betydning for kvælstofkoncentrationen.*

*Den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor er højest i vandløb, der afvander de lerede oplande.*

*Fosfortransporter i vandløb er generelt underestimeret*

Den forholdsvis lave kvælstofkoncentration i Bolbro bæk, Barslund bæk og Tværmosse bæk på trods af en stor kvælstofudvaskning fra rodzonen (se kapitel 8) skyldes omsætning af nitrat i grundvandet. I de tre vandløb er koncentrationen af total jern i vandløbet meget høj (> 2 mg l<sup>-1</sup>), mens den er lav i de fire øvrige vandløb (omkring 0.5 mg l<sup>-1</sup>). Den høje jernkoncentration skyldes iltning af pyrit i jorden og den efterfølgende udvaskning af ferrojern til vandløb. Nitrat-kvælstof, der udvaskes fra rodzonen, vil ved oxidationen af pyrit og organisk stof i jorden blive omsat til frit kvælstof, hvilket formentligt er en del af forklaringen på de lave koncentrationer i disse vandløb (Jacobsen et al., 1990). I Bolbro bæk kan den høje grundvandsstand og en stor andel af organogene lavbundsjord (14%), formentlig også spille en rolle i kvælstoffjernelsen.

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor er vist i tabel 10.4. Fosforkoncentrationen er generelt højere i vandløbene, der afvander de lerede oplande, end i vandløbene, der afvander de sandede oplande. Dette kan delvist forklares med fosforudledninger fra mindre bysamfund, samt en større sandsynlighed for at fosfor fra spredt bebyggelse og gårde når frem til overfladevand på lerede og drænedde jorder, end på sandede jorder. Desuden spiller de høje jernkoncentrationer i Barslund bæk, Tværmosse bæk og Bolbro bæk en rolle, idet okker er i stand til at adsorbere opløst fosfor, som herefter kan sedimentere på vandløbsbunden og først komme i transport igen under episodiske hændelser i vandløbet.

Herved kommer betydningen af den anvendte prøvetagningsstrategi ind, idet transporten af fosfor, hovedsageligt partikulært fosfor, vil blive underestimeret. I otte vandløb under overvågningsprogrammet, heraf tre af hovedvandløbene i landovervågningsoplandene, er der i 1993 blevet målt meget intensivt, med udtag af vandprøver hver time. Resultaterne viser, at der i median for de otte vandløb skete en underestimering af transporten af total fosfor på 37% ved anvendelse af den normale prøvetagningsstrategi. Fosforbidraget fra det åbne land har derfor tidligere været undervurderet.

I tre af de syv hovedvandløb falder fosforkoncentrationen

I tre af de syv vandløb kan der konstateres et fald i den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor fra 1989/90 til 1992/93 (tabel 10.4). Det markante fald i fosforkoncentrationen i Horndrup bæk fra 1989 til 1990 skyldes afskæring af en punktkilde i 1989. Derudover kan det konstaterede fald ikke umiddelbart forklares, men årsager som en ændret udledning fra mindre bysamfund og spredt bebyggelse, bedre opbevaringsforhold for husdyrgødning i landbruget, samt ændringer forårsaget af naturbetingede forhold spiller en rolle.

Tabel 10.4 Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
mg P l <sup>-1</sup>				
<b>Lerede oplande</b>				
Højvads Rende	0,162	0,138	0,106	0,112
Lillebæk	0,232	0,218	0,207	0,214
Horndrup bæk	0,252	0,133	0,125	0,103
<b>Sandede oplande</b>				
Oddebæk	0,097	0,095	0,101	0,086
Barslund bæk	i.m.	0,068	0,074	0,082
Tværnøse bæk	i.m.	0,074	0,075	0,071
Bolbro bæk	i.m.	0,103	0,084	0,041

Uorganisk kvælstof udgør 90% af total kvælstof i seks af vandløbene, i Bolbro bæk kun 74%

Opløst uorganisk fosfor udgør 4-33% i de okkerbelastede vandløb og 43-58% i de øvrige

Andel uorganisk kvælstof (NO<sub>3</sub>-N og NH<sub>4</sub>-N) og opløst uorganisk fosfor (PO<sub>4</sub>-P) af henholdsvis total kvælstof og total fosfor er vist i tabel 10.5. Uorganisk kvælstof udgør normalt omkring 90% af total kvælstof. Kun i Bolbro bæk er andelen uforholdsmæssig lille (74%), hvilket understøtter ovennævnte hypotese om en større udstrækning af organogene lavbundsarealer i oplandet og kvælstofomsætning i disse. Opløst uorganisk fosfor udgør i de tre okkerpåvirkede vandløb 11-33%, imod 43-58% i de andre fire vandløb (tabel 10.5).

Tabel 10.5 Den gennemsnitlige andel uorganisk kvælstof og opløst uorganisk fosfor af henholdsvis total kvælstof og total fosfor i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene.

Vandløb	Gennemsnit 1989-93	
	Uorganisk N	Opløst uorganisk P
<b>Lerede oplande</b>		
Højvads Rende	88%	46%
Lillebæk	95%	58%
Horndrup bæk	88%	55%
<b>Sandede oplande</b>		
Oddebæk	89%	43%
Barslund bæk	91%	11%
Tværnøse bæk	85%	33%
Bolbro bæk	74%	23%

### 10.3 Transport af kvælstof og fosfor

Opsplitningen af hydrografen og de simple modeller for sammenhængen mellem koncentrationen af kvælstof og afstrømningen har muliggjort en beregning af kvælstoftabet fra oplandene til vandløb via overfladenær afstrømning fra rodzonen og via grundvand.

*Fra lerede oplande når en stor andel af kvælstoftransporten hurtigt frem til vandløb*

I tabel 10.6 er vist hvor stor en andel af arealtabet af kvælstof, der fra rodzonen via overfladenær afstrømning hurtigt når frem til vandløb. I gennemsnit for de fire år er andelen stor fra de lerede oplande (61-68%), mens den er meget mindre fra de sandede oplande (5-43%).

*Tabel 10.6* Andelen af total kvælstoftransporten i de syv hovedvandløb i landovervågningsoplandene, som hurtigt med overfladenært vand, tilstrømmer vandløbene i de fire hydrologiske år.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 %	1992/93	Gennemsnit
<b>Lerede oplande</b>					
Højvads Rende	71	64	59	76	68
Lillebæk	71	59	48	67	61
Horndrup bæk	81	64	47	58	63
<b>Sandede oplande</b>					
Odderbæk	39	47	39	48	43
Barslund bæk	i.m.	8	5	3	5
Tværmosse bæk	i.m.	14	7	29	16
Bolbro bæk	i.m.	51	17	47	38

*Stort kvælstoftab fra lerede oplande*

I tabel 10.7 er tabet af kvælstof fra de dyrkede arealer indenfor landovervågningsoplandene vist for de fire hydrologiske år. Der er meget stor forskel i tabet af kvælstof fra de lerede oplande (22,4-30,7 kg N ha<sup>-1</sup> dyrket areal), sammenholdt med tabet fra de sandede oplande (6,5-17,0 kg N ha<sup>-1</sup> dyrket areal). I Barslund bæk indgår i beregningerne et ukendt kvælstoftab fra anvendelsen af urea på flyvepladsen i oplandet. Det beregnede tab af kvælstof fra de dyrkede arealer til vandløb kan sammenholdes med tabet af kvælstof fra udyrkede arealer i årene 1989-92, der lå på 2,1-3,8 kg N ha<sup>-1</sup>.

*Fosfortab fra det åbne land*

Tabet af fosfor fra det åbne land til vandløb viser ingen entydige forskelle mellem de lerede og de sandede oplande (tabel 10.8). I tabet indgår eventuelle fosforudledninger fra spredt bebyggelse, gårde mv. til vandløb. Potentielt kan disse udledninger betyde meget for fosfortabet. Til sammenligning er det årlige tab fra udyrkede arealer på omkring 0.08 kg P/ha. Koncentrationen af fosfor er som tidligere anført målt intensivt i tre af de syv hovedvandløb i 1993. Det drejer sig om Horndrup bæk, Højvads Rende og Odderbæk. I begge vandløb blev årstransporten af total fosfor underestimeret ved den normale prøvetagningsstrategi, som er benyttet i opgørelserne i tabel 10.8. I Horndrup bæk blev der konstateret en underestimering på 47%, i Højvads Rende en underestimering på 40% og i Odderbæk en underestimering på 30%.

Tabet af fosfor er derfor med stor sandsynlighed underestimeret i alle 7 hovedvandløb i overvågningsoplandene.

*Tablet 10.7* Tabet af total kvælstof via vandløb fra dyrkede arealer i de seks landovervågningsoplande indenfor de fire hydrologiske år. I tabellen er kvælstoftabet via Barslund bæk og Tværmose bæk lagt sammen og angiver dermed tabet fra hele landovervågningsoplandet.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 kg N ha <sup>-1</sup>	1992/93	Gennemsnit
<b>Lerede oplande</b>					
Højvads Rende	15,0	32,5	16,8	25,5	22,4
Lillebæk	24,6	35,6	23,9	27,1	27,8
Horndrup bæk	32,2	37,5	25,6	27,3	30,7
<b>Sandede oplande</b>					
Odderbæk	15,4	18,6	14,7	13,9	15,7
Barslund bæk og Tværmose bæk	i.m.	17,9	15,8	17,2	17,0
Bolbro bæk	i.m.	8,3	3,8	7,4	6,5

*Tablet 10.8* Tabet af total fosfor via vandløb fra det åbne land i de seks landovervågningsoplande indenfor de fire hydrologiske år. I tabellen er fosfortabet via Barslund bæk og Tværmose bæk lagt sammen og angiver dermed tabet fra hele landovervågningsoplandet.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 kg P ha <sup>-1</sup>	1992/93
<b>Lerede oplande</b>				
Højvads Rende	0,10	0,27	0,098	0,077
Lillebæk	0,36	0,54	0,39	0,40
Horndrup bæk	0,36	0,45	0,28	0,23
<b>Sandede oplande</b>				
Odderbæk	0,21	0,22	0,19	0,14
Barslund bæk og Tværmose bæk	i.m.	0,28	0,27	0,31
Bolbro bæk	i.m.	0,49	0,30	0,15



## 11 Sammenstilling og konklusion - Landbrugets indflydelse på næringsstofcirkulationen i landovervågningsoplandene

*Sammenstilling af måleresultater og opgørelser*

Dette afsnit sammenstiller hovedresultaterne fra de enkelte delprogrammer i landovervågningen til en samlet beskrivelse af næringsstoftransporter i landbrugsøkosystemer. Landbrugets næringsstofbidrag til vandmiljøet vurderes. Til disse sammenstillinger anvendes gennemsnitsværdier for overvågningsperioden 1990/1991 - 1992/1993. Til slut ridses udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning op, hvor også udviklingen på landsplan inddrages.

*Sammenfatningen gælder kvælstofkredsløbet*

Sammenstillingen er foretaget for kvælstof. Tab af kvælstof fra landbrugsarealer til vandmiljøet sker gennem udvaskning fra rodzonen og videre transport til grundvand og vandløb. Det hydrologiske kredsløb indenfor et opland er afgørende for den tidsmæssige forsinkelse, hvormed vand med dets indhold af kvælstof når frem til vandløbet. Undervejs kan kvælstof fjernes via denitrifikation i jord og våde enge samt ved reduktionsprocesser i grundvandet. Det hydrologiske kredsløb samt kvælstoftransporterne i overvågningsoplandene er beskrevet nedenfor.

*Begrænsninger i fortolkningen af fosforkredsløbet*

Sammenfatningen medtager ikke fosfor på grund af problemerne med at fortolke fosfortransporterne i vandløb, som beskrevet i kapitel 10. Tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb sker både via udvaskning og erosion; hertil kommer et bidrag fra gårde og spredt bebyggelse. Sidstnævnte bidrag kan potentielt udgøre en stor del af det samlede tab til vandløbene. Hvor stor en del, der faktisk når ud til vandløbene er imidlertid ikke kendt. Endvidere har målinger med intensiv prøvetagning under overvågningsprogrammet for vandløb vist, at der med den hidtidige prøvetagningsstrategi sker en betydelig underestimering af fosfortransporten. I Landovervågningen såvel som i Ferskvandsovervågningen af små landbrugsoplande (*Græsbøll et al., 1994*) er set et tydeligt fald i de vandføringsvægtede fosforkoncentrationer i vandløbene igennem måleperioden 1989-92. I 1993 synes koncentrationerne at være stabiliseret på 1992-niveau.

### 11.1 Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplandene

#### Det hydrologiske kredsløb

Det hydrologiske kredsløb i de 6 oplande er beskrevet i tabel 11.1 som gennemsnit for måleperioden 1990/91 til 1992/93. Her er angivet nedbøren, fordampning og vandoptagelse af planterne, samt den nedsivende mængde (afstrømning fra rodzonen). Afstrømningen til vandløbene er vist dels som en overfladenær komponent (inklusiv dræning), dels som en grundvandsafstrømning. Endvidere er størrelsen af nedsivningen til de primære grundvandsmagasiner vist.

### Nedsivning gennem rodzonen

Det fremgår, at såvel nedbørsmængden som afstrømningen fra rodzonen stiger fra den østlige til den vestlige del af landet; de mindste afstrømningsmængder er således beregnet for Storstrøm (LOOP 1) (gns. 228 mm pr år) og de største mængder i Ringkøbing/Viborg og Sønderjylland (LOOP 5 og 6) (gns 586 mm pr år).

### Afstrømning til vandløbene

I lerjordsoplandene er 21-37% af den nedsivende vandmængde hurtigt strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning; heri indgår drænvandsafstrømning. Yderligere 31-48% er via grundvand strømmet til vandløbene; mens 25-48% er medgået til grundvandsopbygning. I sandjordsoplandene er 5-18% af den nedsivende vandmængde strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning, mens yderligere 52-57% er strømmet til vandløbene via grundvand. Afstrømningen til vandløbene i disse områder sker altså med en langt større forsinkelse. 19-34% af den nedsivende vandmængde er medgået til grundvandsopbygning. Det skal bemærkes, at vandbalancerne er behæftet med en vis usikkerhed. Således synes grundvandsdannelsen at være overestimeret. Årsagen kan dels være, at oplandsarealerne er skønnet for store, dels at nedsivningen kun er beregnet for arealet med landbrugsafgrøder. Skov indgår i flere af oplandene med op til en fjerdedel af arealanvendelsen, og det er kendt, at evapotranspirationen fra skov er højere og dermed nedsivningen lavere end fra landbrugsafgrøder.

Tabel 11.1 Det hydrologiske kredsløb for de 6 overvågningsoplande, angivet som årlige vandtransporter (mm) og den procentvise fordeling. Tabellen repræsenterer gennemsnit for de hydrologiske år 1990/1991 - 1992/1993

Hydrologisk kredsløb:	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande					
	Storstrøm LOOP 1		Fyn LOOP 4		Vejle/Århus LOOP 3		Nordjylland LOOP 2		Ringk./Viborg LOOP 5 <sup>1)</sup>		Sønderjyll. LOOP 6	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Nedbør	669	100	788	100	846	100	645	100	998 <sup>2)</sup>	100	939 <sup>2)</sup>	100
Planteop./fordamp.	441	66	436	55	397	47	354	55	372	37	393	42
Nedsivning	228	34	352	45	449	53	291	45	626	63	546	58
Nedsivning	228	100	352	100	449	100	291	100	626	100	546	100
Overfladenær afstr.	84	37	95	27	94	21	38	13	30	5	96	18
Grundvandsafstr.	86	38	112	32	139	31	154	53	327	52	314	57
Total t.vandløb	170	75	207	59	233	52	192	66	357	57	410	75
Netto til gr vand	58	25	145	41	216	48	99	34	159 <sup>3)</sup>	25	103 <sup>3)</sup>	19

<sup>1)</sup> Barslund Bæk + Tværmose Bæk

<sup>2)</sup> Inklusiv vanding ca. 110 mm i LOOP 5 og 38 mm i LOOP 6

<sup>3)</sup> Grundvandsdannelse er fratrukket 110 mm i LOOP 5 og 38 mm i LOOP 6 p.g.a. oppumpning til vanding

### Kvælstofkoncentrationer

Koncentrationer af kvælstof i de forskellige vandtyper i det hydrologiske kredsløb er vist i tabel 11.2 som gennemsnit for måleperioden.

Table 11.2 Kvælstofkoncentrationer i de forskellige medier af det hydrologiske kredsløb, gennemsnit for de hydrologiske år 1990/1991 - 1992/1993. For rodzonevand, drænvand og vandløbsvand er anvendt vandføringsvægtede årskoncentrationer og for grundvand gennemsnitskoncentrationer. Kvælstof er angivet som nitrat-N for rodzonevand, drænvand og grundvand og som total N for vandløbsvand. (I vandløbsvand udgør nitrat N ca. 90% af total N). Alle værdier er målte størrelser.

Hydrologisk kredsløb	Lerjordsoplande			Sandjordsoplande		
	LOOP1 mg N l <sup>-1</sup>	LOOP4 mg N l <sup>-1</sup>	LOOP3 mg N l <sup>-1</sup>	LOOP2 mg N l <sup>-1</sup>	LOOP5 mg N l <sup>-1</sup>	LOOP6 mg N l <sup>-1</sup>
Rodzonevand	20.4	19.4	24.1	40.0	24.1	36.0
Drænvand	14.0	21.7	-	-	-	-
Grundvand 1.5m	18.1	15.1	15.3	26.9	15.5	20.2
Grundvand 3.0m	5.7	7.6	8.3	12.3	13.6	11.6
Grundvand 5.0m	3.0	6.5	6.5	14.6	-	-
Overfl.nær afstr.	14.4	16.0	11.8	19.2	5.7 <sup>1)</sup> (2.4)	2.5
Gr.vandsafstr.	6.8	9.5	6.0	5.7	3.3 <sup>1)</sup> (2.0)	1.2
Vandløb	10.6	12.5	8.3	8.1	3.4 <sup>1)</sup> (2.1)	1.5

<sup>1)</sup> Gælder kun målinger i Barslund Bæk, i parentes er angivet koncentrationer for Tværmose Bæk

#### Koncentrationsmønster i lerjordsoplandene

I lerjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget i intervallet 19-24 mg N l<sup>-1</sup>. Koncentrationerne i drænvand har som gennemsnitsbetragtning ligget på samme eller lidt lavere niveau. Fra rodzonen og ned gennem det øvre grundvand er observeret en tydelig nedgang i koncentrationsniveau. Undersøgelser af det øvre grundvand (afsnit 9.3) har vist, at der er en meget hurtig respons i årstidsvariationer helt ned til 3-5 m's dybde, hvilket indikerer en hurtig vertikal transport af nitrat gennem de øvre lerede jordlag. I vandløbsvandet har kvælstofkoncentrationerne ligget på 8-13 mg N l<sup>-1</sup>. I det overfladenært afstrømmende vand er beregnet kvælstofkoncentrationer, der svarer til rodzonevandet/grundvand i 1.5 m's dybde og drænvand; mens der for grundvandsafstrømningen er beregnet koncentrationer, der svarer til målingerne i grundvandet i 1.5-5.0 m's dybde. Dette viser, at afstrømningen til vandløbene overvejende sker gennem disse øvre jordlag.

#### Koncentrationsmønster i sandjordsoplandene

I sandjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget på 24-40 mg N l<sup>-1</sup>. Også her er der set et fald i koncentrationsniveau fra rodzonen og ned gennem det øvre grundvand. I vandløbsvandet har koncentrationerne ligget på 8.1 mg N l<sup>-1</sup> i Nordjylland (LOOP 2) og på 1.5-3.4 mg N l<sup>-1</sup> i Ringkøbing/Viborg og Sønderjylland (LOOP 5 og 6). Disse niveauer er lavere end hvad der måles i grundvandet i 1.5-3 m's dybde. Det fremgår, at der endog i det overfladenært afstrømmende vand til vandløbene er sket en betydelig reduktion i kvælstofkoncentrationer i forhold til rodzonevandet og det allerøverste grundvand. Der kan ikke gives en entydig forklaring herpå. Det kan være at denne "storm-flow" betingede afstrømning består af ældre grundvand, der presses ud til vandløbene under nedbørshændelser, samt at der sker en denitrifikation i de vandløbsnære arealer.

### Kvælstoftransporter

I tabel 11.3 er vist de gennemsnitlige kvælstofstrømme for perioden 1990/1991 - 1992/1993 for de enkelte landovervågningsoplande. I tabellen er vist kvælstoftilførsler i form af handelsgødning, husdyrgødning, estimeret kvæstoffixering samt tilførsel fra atmosfæren (Nielsen 1990). Kvælstoftilførslerne er baseret på oplandsdækkende opgørelser for de dyrkede arealer (jævnfør interviewundersøgelsen). Med hensyn til kvælstofudvaskningen fra rodzonen er der tale om gennemsnitsværdier for de 6-8 stationer i hvert opland. Udvasningerne herfra kan tages som niveaustørrelser for oplandene. Der er tale om bruttotilførsler af kvælstof, idet fordampning af ammoniak i forbindelse med udbringning af husdyrgødning og efter udbringning ikke er kvantificeret. Forsøg med gylle har vist, at udbringningstab er negligibelt, og at tabet efter udbringning ved direkte nedfældning er under 20% af ammoniumindholdet (Sommer og Christensen, 1990). Ammonium udgør 55 - 70% af indholdet af total-kvælstof i gylle (Klausen, 1985). Ligeledes er denitrifikationstab fra rodzonen ikke kvantificeret. Kvælstofafstrømningen til vandløbene er baseret på målinger ved hovedvandløbsstationerne. Transporten i dette punkt afspejler den totale afstrømning frem til vandløbet (Kronvang og Thyssen 1987). Den heraf beregnede arealkoefficient er herefter korrigeret for naturarealer og spildevandsudledninger. Den angivne arealkoefficient repræsenterer således det dyrkede areal, inklusiv spredt bebyggelse.

Kvælstofkredsløbet er herefter skematiseret i figur 11.1 for henholdsvis sandjordsoplande og lerjordsoplande, idet der her er medtaget et skøn over kvælstof fjernet med høstede afgrøder (jvf. kapitel 5).

#### Lerjordsoplande

I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 137 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 72 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og 15 kg N ha<sup>-1</sup> ved kvæstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt ca. 224 kg N ha<sup>-1</sup>. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 141 kg N ha<sup>-1</sup>. Der er således netto tilført jorden ca. 83 kg N ha<sup>-1</sup>. Den målte udvaskning fra rodzonen har i perioden udgjort ca. 73 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 38 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år; det svarer til at ca. 52% af rodzoneudvaskningen er nået til vandløbene.

#### Sandjordsoplande

I sandjordsoplandene er årligt tilført ca. 141 kg N ha<sup>-1</sup> med handelsgødning, 122 kg N ha<sup>-1</sup> med husdyrgødning og ca. 20 kg N ha<sup>-1</sup> ved kvæstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt 283 kg N ha<sup>-1</sup>. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 126 kg N ha<sup>-1</sup>; således er der netto tilført jorden ca. 157 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 139 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 13 kg N ha<sup>-1</sup> pr. år; det svarer til, at ca. 9 % af rodzoneudvaskningen er nået ud til vandløbene.

#### Naturoplande

Til sammenligning med ovennævnte kvælstoftab fra dyrkede arealer til vandløb kan anføres, at tabet fra naturarealer i årene 1989-92 lå på 2.1-2.3 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> (Græsbøll et al., 1994).

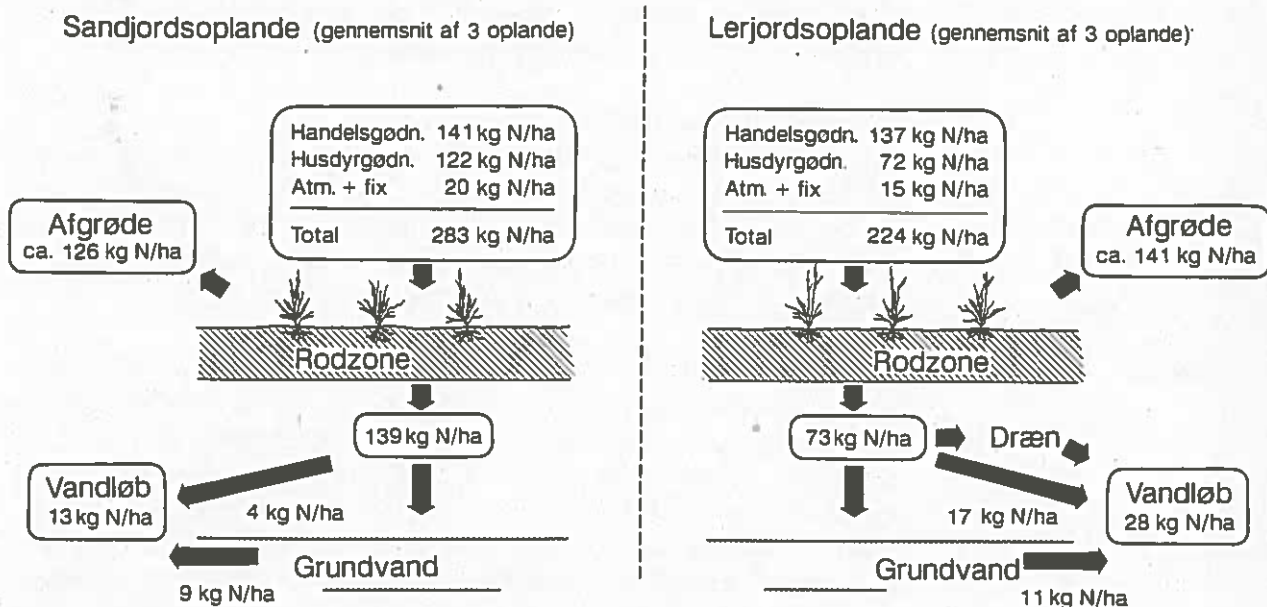


Tabel 11.3 Kvælstofstrømme for det dyrkede areal i de 6 overvågningsoplande. For vandløb er korrigeret for naturarealer og spildevand, men ikke for spredt bebyggelse. Tallene repræsenterer gennemsnitværdier for årene 1990/1991 - 1992/1993.

Årlig kvælstofcirkulation												
Kvælstofstrømme	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande					
	Storstrøm LOOP1		Fyn LOOP4		Vejle/Århus LOOP3		Nordjylland LOOP2		Ringk./Viborg LOOP5 <sup>2)</sup>		Sønderjyll. LOOP6	
	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%	kg N ha <sup>-1</sup>	%
Handelsgødning	140		140		130		132		152		138	
Husdyrgødning	34		76		105		174		56		136	
Afm. + fixering <sup>1)</sup>	12		16		16		18		19		22	
<b>Total tilført</b>	<b>186</b>		<b>232</b>		<b>251</b>		<b>324</b>		<b>227</b>		<b>296</b>	
Høstet	136		144		143		149		103		126	
Udvasket Rodzonen (Drænvand) <sup>3)</sup>	46 (16)	100 (35)	64 12 (19)	100	108 100	100	117 100	100	157 100	100	144 100	100
Udv. til vandløb												
Overfladenært	16.7	36	16.9	26	17.3	16	7.0	6	1.4	1	2.8	2
Grundvand	8.2	18	12.0	19	12.8	12	8.7	7	15.6	9	3.7	3
<b>Total</b>	<b>24.9</b>	<b>54</b>	<b>28.9</b>	<b>45</b>	<b>30.1</b>	<b>28</b>	<b>15.7</b>	<b>13</b>	<b>17.0</b>	<b>10</b>	<b>6.5</b>	<b>5</b>

- 1) Fra atmosfæren regnes 10 kg kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> fra kilder uden for landbruget  
 2) Barslund og Tværmose Bæk  
 3) Forudsat 70% dræning af landbrugsareal i LOOP 1 og 50% i LOOP 4; opskalering til oplandsniveau usikker

### Det årlige kvælstofkredsløb (1989/90 - 1992/93)



Figur 11.1 Schematisering af kvælstofkredsløbet for henholdsvis lerjords- og sandjordsoplande for årene 1990/1991 - 1992/1993



## 11.2 Landbrugets indflydelse på udvaskning til vandmiljøet

### Gødskningens indflydelse på kvælstofudvaskningen fra rodzonen.

Den aktuelle kvælstofudvaskning fra rodzonen er et resultat af en række faktorer og processer. Således er sædskiftet, kvælstoftildelingen og jordens humuspuljer af afgørende betydning for den mængde kvælstof, der er til rådighed i rodzonen for tab til vandmiljøet - under hensyn til klima og jordtype.

#### *Jordens humuspuljer*

Mineraliseringsprocesser har haft stor indflydelse på den kvælstofudvaskning, der er målt i perioden 1989 til 1993 jvf. kapitel 7. Størrelsen af jordens omsættelige humusfraktion er et resultat af mange års landbrugsproduktion med et højt gødskningsniveau. Mineraliseringsprocessernes hastighed øges blandt andet med temperaturen. Derfor vil et sammenfald af en stor mineraliserbar pulje i jorden og høje efterårs- og vintertemperaturer øge kvælstofudvaskningen.

#### *Aktuelt gødskningsniveau*

Det er vist, at der gennem forskellen mellem tilført og høstet kvælstof opbygges et stort tabspotentiale. Som nævnt ovenfor opbygges med tiden en letomsættelig humuspulje i jorden ved den aktuelle landbrugspraksis. For at opnå en reduktion i kvælstofudvaskningen må størrelsen af netto tilført kvælstof mindskes. Det betyder, at gødningen må udnyttes bedre og tilførslerne følgelig nedsættes. Undersøgelser af landbrugets arealanvendelse og gødningspraksis (kapitel 5) og modelberegninger (kapitel 8) viser, at der er behov for øge udnyttelsen af husdyrgødning, specielt på bedrifter med høj husdyrtæthed.

### Kvælstofafstrømning til vandmiljøet

I den præsenterede 3-årige periode er der målt en årlig gennemsnitlig udvaskning fra rodzonen på 73 kg N ha<sup>-1</sup> i lerjordsoplandene og på 139 kg N ha<sup>-1</sup> i sandjordsoplandene. Den større udvaskning på sandjordene end på lerjordene skyldes større nedbør, lettere gennemtrængelig jord og større husdyrtæthed.

#### *Vandløbene*

Det er vist, at en stor del af det kvælstof, der forlader rodzonen (16-36%) i lerjordsoplandene hurtigt strømmer til vandløbene gennem dræn og overfladenært vand, mens yderligere (12-19%) strømmer via det øvre grundvand til vandløbene. Det vil sige, at op til halvdelen af det kvælstof, der udvaskes fra rodzonen når frem til vandløbene. Afstrømningsvandet til vandløbene er således stærkt belastet med landbrugets kvælstofudledning. En eventuel ændring i landbrugets gødningspraksis vil derfor hurtigt slå igennem i vandløbskvaliteten. I sandjordsoplandene derimod strømmer kun en ganske lille del af det kvælstof, der forlader rodzonen (1-6%), hurtigt til vandløbene med overfladenært vand. I disse oplande sker afstrømningen til vandløbene hovedsagelig via dybereliggende grundvand. Under vandets transport nedad i grundvandet sker reduktion af nitrat, hvorfor det afstrømmende vand har lave kvælstofindhold. Det er således fundet, at vandløb i disse oplande er mindre belastet med kvælstof end i lerjordsoplandene til trods for at udledningen fra landbruget er større. En

eventuel ændring i landbrugspraksis vil ikke kunne måles i vandløb i sandjordsoplande indenfor overskuelig tid.

#### *Det øvre grundvand*

Det fremgår af sammenstillingen, at det øvre grundvand i alle landovervågningsoplandene tydeligt er påvirket af landbrugsdriften med nitratkoncentrationer over  $11.3 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$  ( $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ ). De beskrevne belastningsforhold, strømningsmønsteret samt kvælstofreduktionsprocesserne i jordprofilen har medført, at grundvandet er stærkere belastet i sandjordsoplandene end i lerjordsoplandene. Analyser, der medtager landbrugets gødsningspraksis i to oplande (afsnit 9.3) har vist, at kvælstofindholdet i det øvre grundvand er væsentlig højere på arealer tilhørende husdyrbrug end på arealer tilhørende planteavlbrug. Endvidere er det vist, at grundvandet under udyrkede arealer har de mindste kvælstofindhold (mindre end  $1.1 \text{ mg N l}^{-1}$ ). En forbedring af grundvandskvaliteten under dyrkede arealer må igen søges i en bedre udnyttelse af tilført gødning og en heraf følgende nedsettelse af total-mængden af tilført gødning.

### **11.3 Konklusion: Udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne**

Det er i landovervågningsoplandene vist, at tiltagene i Vandmiljøplanen og senere tiltag overfor landbrugets udvaskning af kvælstof enten allerede er gennemført eller stærkt på vej til at være det. Lovkravet angående grønne marker er opfyldt, idet de i 1993 udgør 69% af arealet. 49% af ejendommene med mere end 31 DE har over 9 måneders opbevaringskapacitet for husdyrgødning, og 72% af ejendommene har en opbevaringskapacitet på mere end 6 måneder. Der er i perioden 1990 til 1993 sket en stigning i forårs-/sommerudbringning af husdyrgødning fra 56% til 69%. I samme periode er udnyttelsesgraden af husdyrgødning steget med 4% til 34%. Der overgødes dog stadig i forhold til den økonomisk optimale mængde på 20-30% af arealet.

Det totale kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælgeplanter fiksering og atmosfærisk deposition) til det danske landbrugsareal er faldet fra 748 mio. kg N i 1985 til 679 mio. kg N i 1993. Handelsgødning udgjorde i 1985 96% af afgrødernes økonomisk optimale kvælstofbehov, mens andelen i 1993 var faldet til 83%. Handelsgødningsforbruget er faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 328 mio. kg N i 1993.

Forskellen mellem det totale kvælstofinput og kvælstof fjernet ved høst af afgrøder har haft en generelt svagt faldende tendens i perioden 1985 til 1993. Differencen er dog fortsat meget stor. Således var forskellen mellem tilført og fjernet kvælstof på landsplan i 1993 på 325 mio. kg N, svarende til et overskud på det dyrkede areal på  $122 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

Der er altså sket forbedringer i gødningsanvendelsen, men forbedringerne er små i forhold til den samlede kvælstofcirkulation i dyrkningssystemet.

Der har ikke i landovervågningsoplandene i perioden 1989 til 1993 kunnet konstateres ændringer i hverken udvaskning fra rodzonen eller i tilførslen til vandløb (tabel 11.4). Baseret på landsdækkende målinger i vandløb, der afvander henholdsvis sandede og lerede landbrugsarealer kan der heller ikke konstateres noget fald i kvælstoftransporten i perioden 1989 til 1993 (tabel 11.4) (Græsbøll et al., 1994).

Tabel 11.4 Udvasning af kvælstof fra rodzonen og kvælstoftransport i vandløb i fire år som gennemsnit for tre sandede og tre lerede landovervågningsoplande, samt i danske vandløb, der afvander dyrkede henholdsvis sandede og lerede jorder

	Udvasning fra rodzonen <sup>1</sup>		Tilførsel til vandløb <sup>2+3</sup>			
	Sandjord (n=3)	Lerjord (n=3)	Sandjord (n=3)	Lerjord (n=3)	Sandjord (n=21)	Lerjord (n=18)
	kg N ha <sup>-1</sup>					
1989/90	76	48	14	28	16	22
1990/91	82	48	13	29	16	25
1991/92	93	48	12	23	16	20
1992/93	80	45	14	30	17	26

<sup>1)</sup> Modelberegnet udvasning ved normal klima

<sup>2)</sup> Venstre kolonne: Beregnet kvælstoftab fra dyrkede arealer ved gennemsnitsafstrømning i fire år

<sup>3)</sup> Højre kolonne: Beregnet afstrømningskorrigeret oplandstab af nitrat-kvælstof for danske vandløb

Supplerende initiativer, der skal forsøge at sikre opfyldelsen af Vandmiljøplanens reduktionsmål for landbrugets kvælstofudvasning er gennemført i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug, som indeholder elementer som forbedret håndtering og udbringning af husdyrgødning. Ligeledes vil en generel nedsættelse af gødningsnormer og gennemførelse af miljøoptimerede sædskifter bl.a. med anvendelse af afgrøder med størst mulig kvælstofoptagelse i vinterhalvåret kunne reducere kvælstofudvasningen.

En miljørigtig udnyttelse af braklægningen i landbruget i form af genskabelse af våde enge og vådområder i ådalene kan desuden være med til at begrænse tilførslen af kvælstof til vandløb. Undersøgelser af kvælstoffjernelsen i våde enge har vist, at de kan fjerne endog meget store mængder (Ambus og Hoffmann, 1990; Hoffmann et al., 1993; Fyns amt, 1993; Kronvang et al., 1994). Udnyttelsen af våde enge som "kvælstoffiltre" skal dog ske afbalanceret, idet der nogle steder er risiko for øget udvasning af fosfor, jern og sulfat. Desuden løser våde enge ikke problemet med forureningen af grundvandet.

# Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993.

## Landstal for udledning af fosfor og kvælstof til vandmiljøet

### Fosfor

Tilførslen af fosfor til marine områder er faldet markant. I 1989 var den samlede udledning ca. 6.800 t P år<sup>-1</sup> mod 3.600 t P år<sup>-1</sup> i 1993. I midten af 1980'erne var udledningerne ca. 8.200 t P/år. Faldet er især betinget af en bedre rensning af spildevandet.

### Kvælstof

Kvælstoftransporten i vandløb er det enkelte år stærkt afhængig af vandafstrømningen. I 'våde' nedbørsrige år vil der derfor være en større transport i vandløbene og dermed en større kvælstoftilførsel til fjorde og marine områder. I det 'tørre' nedbørsfattige år 1989 var de samlede kvælstoftilførsler til marine områder således kun 79.000 t N år<sup>-1</sup> mod 108.000 t N år<sup>-1</sup> i 1993, hvor vandafstrømningen var tættere på et 'normalår'. Selv om udledningerne af kvælstof med spildevand er blevet mindsket med ca. 40% siden 1989, har dette kun haft mindre indflydelse på de samlede tilførsler af kvælstof til vandmiljøet, fordi disse tilførsler kun udgør en lille del af de samlede tilførsler (15% i 1993). Hovedparten af kvælstoftilførslen til vandmiljøet kan således stadig tilskrives dyrkningsbetingede udledninger, og der kan ikke, når der korrigeres for de klimatiske betingede variationer registreres nogen reduktion i kvælstofudledningerne til vandløb i perioden efter vedtagelsen af Vandmiljøplanen (1987-93).

Vandmiljøplanens Overvågningsprogram omfatter undersøgelser af tilstand og påvirkende faktorer i en række større og mindre vandområder fra kilde til hav.

## Kilder

### Vandkvalitet i kilder

Vandkvaliteten i kilderne har generelt ikke ændret sig siden 1989. Hovedparten af de kilder, der ligger i naturarealer, har lave koncentrationer af nitrat (0.4-0.6 mg N l<sup>-1</sup>), mens koncentrationerne i de dyrkningspåvirkede kilder generelt ligger en faktor 10 højere. Fosforkoncentrationerne i kilder i oplande med opdyrkning af jorden er lidt højere (0.06-0.08 mg P l<sup>-1</sup>) end i kilder, der ligger i naturarealer (0.04-0.06 mg P l<sup>-1</sup>).

## Vandløb

### Ingen ændring i afstrømningskorrigeret kvælstoftransport i vandløb

Som for kilderne kan vandkvaliteten i vandløb relateres til graden af opdyrkning i de enkelte vandløbsoplande og til omfanget af udledninger af spildevand. I naturoplande findes typisk lave kvælstofkoncentrationer, og der har ikke kunnet påvises nogen generel ændring i niveauet siden 1989. Den afstrømningskor-



rigerede kvælstoftransport i dyrkningspåvirkede vandløb har ligeledes ligget på samme niveau (ca. 20 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>).

#### *Landbrug - landovervågningsoplande*

I 6 landovervågningsoplande, hvor dyrkningspraksis, gødningsanvendelse og kvælstoftabet til vandmiljøet undersøges detaljeret, har der ikke siden 1989 kunnet påvises nogen sikker ændring i kvælstoftabet til vandmiljøet, hverken gennem målinger (i rodzonen, dræn, grundvand eller vandløb) eller ved modelberegninger. Opgørelse over landbrugspraksis i disse oplande har dog vist, at der er sket en forbedring i gødningsanvendelsen. Mængden af husdyrgødning, der udbringes i forårs- og sommerperioden, er således steget fra 56% i 1990 til 69% i 1993. Udnyttelsesgraden, forstået som den procentdel husdyrgødning udgør af den vejledende kvælstofnorm ved en given gødningstildeling, er ligeledes steget fra 30% i 1990 til 34% i 1993. Forbedringerne er dog små i forhold til det samlede kvælstofkredsløb på landbrugsjord, og udnyttelsen af kvælstof i husdyrgødningen kan stadig forbedres. Således sker der en overgødskning i forhold til den økonomisk optimale mængde på 20-30% af arealet i landovervågningsoplandene. Det samlede kvælstofinput udgjorde i gennemsnit for de 6 oplande i perioden 1990-1993 254 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Samtidig blev der ved høst af afgrøder fjernet 134 kg N ha<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. Der er derfor et stort tabspotentiale i jorden. På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødningskvælstof faldet fra 392.000 tons i 1985 til 328.000 tons i 1993, og derved er det samlede kvælstofinput faldet fra 748.000 tons i 1985 til 679.000 tons i 1993. I samme periode faldt afgrødernes kvælstofbehov med 14.000 tons, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 55.000 tons svarende til 7%. Forskellen mellem tilført og høstet kvælstof er reduceret fra 381.000 tons i 1985 til 325.000 tons i 1993. Det årlige overskud på dyrkede arealer var 122 kg N ha<sup>-1</sup> i 1993.

#### *Forbedringer i N-udnyttelse*

#### *Handelsgødningsforbrug er faldet*

87% af den samlede kvælstoftransport i danske vandløb kan som gennemsnit for 1993 tilskrives dyrkningsbetingede udvaskninger. Udledninger af spildevand er mindre betydende (7%). Uden spildevand og dyrkningsbetingede udvaskninger ville kvælstoftransporten have været 6% af den målte transport i 1993.

#### *Fosforkoncentrationer i vandløb er reduceret*

Fosforkoncentrationerne i vandløb i naturområder er lave (0.04-0.05 mg P l<sup>-1</sup>). I vandløb i dyrkede oplande uden større spildevandskilder er koncentrationerne generelt ca. 3-4 gange større. I vandløb, hvortil der udledes spildevand fra større punktkilder, er der sket et markant fald i fosforkoncentrationerne; fra 0.49 mg P l<sup>-1</sup> i 1989 til 0.18 mg P l<sup>-1</sup> i 1993 især fordi spildevandet nu renses bedre.

Af de samlede fosforudledninger til ferskvand i 1993 (2.200 t P) kunne 51% tilskrives spildevand og 39% dyrkningsbetingede udledninger.

#### *Faunatilstand*

Der blev i 1993 foretaget biologiske vandløbsbedømmelser på 217 overvågningsstationer, og resultaterne viser, at på 36 % af stationerne var miljøtilstanden god (klasse II eller bedre), og på 13 % af stationerne var tilstanden dårlig (III eller værre).



Miljøtilstanden er bedst i de vandløb, der afvander naturarealer, sammenlignet med tilstanden i vandløb, der afvander landbrugsoplande og oplande med spildevandsudledninger.

#### *Trådalger*

Undersøgelser af trådalgeforekomst på ca. 100 overvågningsstationer har vist betydelige trådalgeforekomster på 32% af stationerne (maksimale dækningsgrader på over 60%). Trådalgeforekomsten er både hyppigere og større i vandløb i spildevandspåvirkede og dyrkede oplande end i naturoplande.

#### **Søer**

#### *Søtilstand*

Miljøtilstanden i de danske søer er generelt kun ændret meget lidt siden vedtagelsen af Vandmiljøplanen. Halvdelen af søerne har således stadig en sommersigtdybde mindre end 1.2 m. 40% af fosfortilførslen i 1993 kunne som gennemsnit tilskrives spildevandsudledninger. Heri er dog indregnet et usikkert estimat af spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse. Ses der bort fra dette spildevand, udgjorde de øvrige spildevandstilførsler mindre end 10% af den samlede fosfortilførsel til 2/3 af søerne i 1993.

#### *Fosfortilførsel er mindsket*

Der er for alle spildevandsbelastede søer sket en væsentlig forureningsbegrænsende indsats. Således er spildevandstilførslerne til søerne mindsket markant både før og efter 1988, mens belastningen fra det åbne land ikke er blevet reduceret. Reduktionen i spildevandsbelastningen har især mindsket tilførslen af fosfor til søerne.

#### *Intern P-belastning*

Kun i enkelte søer med en reduceret fosfor tilførsel kan der registreres et tilsvarende fald i søvandskoncentrationen af total fosfor. Dette skyldes bl.a. frigivelse af fosfor fra søbunden. I Furesøen og Bagsværd Sø, hvorfra der foreligger lange tidsserier, er det således tydeligt, at den interne belastning af fosfor har haft en langvarig effekt (>10 år). I perioden 1989-93 er der dog sket et signifikant fald ( $p > 0.1$ ) i fosforkoncentrationerne i 17 af søerne, faldet er mest markant i de mest belastede søer.

#### *Biologisk struktur*

Ændrede biologiske forhold kan også påvirke de kemiske forhold. Et eksempel er Arreskov Sø, hvor et fiskedrab i 1991 forårsagede en markant øgning af kvælstoftilbageholdelsen og en nedgang i søvandskoncentrationen af kvælstof og planteplankton. Faldet i planteplanktonets mængde kan umiddelbart tilskrives den højere mængde dyreplankton som følge af det mindre prædationstryk fra fisk, men øgningen i kvælstoftilbageholdelsen viser, at en ændret biologisk struktur også har stor betydning for næringsstofomsætningen i søerne.

#### *Næringsstofmodeller*

Der er udarbejdet modeller for såvel fosfor- og kvælstofdynamikken i søerne, som ud fra tilførsel samt temperatur og vandgenemstrømning kan simulere søvandskoncentrationerne og tilbageholdelserne i lavvandede søer. Dette giver en bedre mulighed for at vurdere konsekvenserne af ændringer i tilførslen af næringsstoffer til søerne.

## Fjorde og hav

### *Mindsket spildevandstilførsel*

Reduktionen i de spildevandsbetingede næringsstofftilførsler til fjorde og øvrige kystnære områder har kun lokalt, nær store punktkilder medført en bedring i miljøtilstanden. Fosforkoncentrationerne er dog mindsket i flere kystnære områder og perioden med lave fosforkoncentrationer er her blevet længere. I nogle fjord- og kystvande vurderes fosfor at være potentielt begrænsende for udviklingen af planteplankton, men generelt er kvælstof det primært begrænsende næringssalt i marine områder. Derfor er der ikke entydige generelle tegn på effekter af de foretagne reduktioner i fosforbelastningen.

De meteorologiske og hydrografiske forhold var relativt gunstige for miljøet i forår og sommer 1993. Meget lille nedbør i første halvår betød lille afstrømningsbetinget kvælstofbelastning forår/sommer 1993 i forhold til i 1980'erne. Salt, iltrigt bundvand førtes i juni nordfra til det sydlige Kattegat og Storebæltsområdet, hvorfor iltkoncentrationen ved bunden her var usædvanligt høj i juni-juli. Koldt vejr med få solskinstimer fra midten af juni og resten af sommeren betød svag lagdeling i lukkede, lavvandede områder og dermed mindre udbredt iltvind.

Disse gunstige vejrforhold medførte formindsket primærproduktion og forbedrede iltforhold i mange områder.

### *Atmosfærisk bidrag*

Udover det landbaserede bidrag og bidraget fra tilstødende vandområder modtager det danske havmiljø et betydende kvælstofbidrag fra atmosfæren. Salpetersyre og nitrat samt ammoniak og ammonium, der henholdsvis stammer fra afbrænding af fossilt brændstof og landbrugsaktivitet, er hovedkilderne til kvælstof deposition. Udlandet bidrager med langt den største del af nitrat og salpetersyre depositionen i Danmark, hvorimod en væsentlig del af ammoniak og ammonium kommer fra danske kilder, især fra landbruget. I perioden 1988 til 1993 er der målt et svagt fald i den atmosfæriske deposition. Dette fald skyldes muligvis klimatiske forhold.

## Referencer

- Ambus, P. og Hoffmann, C.C. (1990):* Kvælstofomsætning og stofbalance i ånære områder. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. C13, 67 s.
- Blicher-Mathiesen, B., Grant, R., Jensen, C. & Nielsen, H. (1990):* Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1989. Landovervågningsoplande - Næringsstofudvaskning fra rodzonen. Danmarks Miljøundersøgelser - Faglig rapport fra DMU, nr. 6 (hovedrapport + bilagsrapport).
- Brüsch, W. & Jacobsen, O.S. (1994):* Pesticider og klorfenoler. I Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1994: Grundvandsovervågning 1994.
- Brüsch, W. (1993):* Pesticider og klorfenoler. I Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1993: Grundvandsovervågning 1993.
- Danmarks Statistik (1994):* Statistiske Efterretninger, Miljø 1994: 6
- Danmarks Statistik (1994):* Opgørelse af Danmarks samlede høstudbytte for 1993; 14.7.94
- Oversigt over landsforsøgene, 1993. Landbrugets Rådgivningscenter.
- DGU (1989 a):* Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 1 Højvads Rende. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 49, 187 pp + bilag.
- DGU (1989 b):* Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 2 Odder Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 50, 185 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 d):* Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 4 Lillebæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 52, 172 pp + bilag.
- DGU (1989 e):* Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 5 Barslund Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 53, 219 pp + bilag.
- DGU (1989 f):* Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 6 Bolbro Bæk. Etableringsrapport for

jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 54, 219 pp + bilag.

*Fyns Amtskommune (1994): Vandmiljøovervågning - Landovervågning 1993, 40 pp + bilag.*

*Fyns Amtskommune (1993): Vandmiljøovervågning - Landovervågning 1992, 144 pp.*

*Fyns Amtskommune (1993): Vandmiljøovervågning. Vandløb og kilder, 1993.*

*Fyns Amtskommune (1992): Vandmiljøovervågning. Det særlige landovervågningsopland 1991, 165 pp*

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

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

*Gosk, E., Nygård, E., Lundsgaard, A. (1990): Status for grundvand og drikkevand i Danmark, 1990, Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Danmarks Geologiske Undersøgelse, Intern rapport nr. 45, 1990.*

*Grant, R., Bak, J., Berg, P., Skop, E., Rebsdorf, Å., Thyssen, N., Kjeldsen, K. & Rasmussen, P. (1991): Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990. Landovervågningsoplande. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU, nr. 39.*

*Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Berg, P., Friberg, N. & Kronvang, B. (1992): Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1992, Landovervågningsoplande, Faglig rapport fra DMU, nr. 87.*

*Græsbøll, P., Erfurt, J., Hansen, H.O., Kronvang, B., Larsen, S.E., Rebsdorf, Aa & Svendsen, L.M. (1993): Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993, Ferske vandområder, Faglig rapport fra DMU, nr. 119.*

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

*Hansen, E. (1990): Normtal for økonomisk optimale N-mængder til landbrugsafgrøder. Miljøstyrelsen. 4 sider.*

*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, 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.*

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

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

*Hoffmann, C.C., Dahl, M., Kamp-Nielsen, L. & Stryhn, H. (1993): Vand- og stofbalance i en natureng. Miljøprojekt nr. 231. Miljøstyrelsen.*

*Jacobsen, O. H., The Danish Institute of Plant and Soil Science (in press): The effect of volunteer waste grains and weeds in one-year fallow fields on nitrogen leaching. Results from winter 1992/93.*

*Jacobsen, O.S., Larsen H.V. og Andreassen, L. (1990): Geokemiske processer i et grundvandsmagasin. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B10, 45 s.*

*Jensen, C. & Østergaard, H.S. (1993): Nitratudvaskning under forskellige dyrkningsforhold, in: Oversigt over landsforsøgene. 1993. Landbrugets Rådgivningscenter.*

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

*Klausen, P. S. (1985): Næringsstofindhold. Gylle. In: Husdyrgødning og dens anvendelse. Statens Planteavlsvorsøg, Beretning nr. S 1809.*

*Kronvang, B., Hoffmann, C.C., Iversen, T.M., Jensen, J.J., Larsen, S.E., Platou, S.W. & Skop, E. (1994): Kvælstoftilførsel til Limfjorden. Danmarks Miljøundersøgelser.*

*Kronvang, B. og Bruhn, A. (1990): Overvågningsprogram. Metoder til bestemmelse af stoftransport i vandløb. Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsøkologi. 22 pp - Teknisk anvisning.*

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

*Larsen, K.E., Kjellerup, V. (1989): Årlig periodisk tilførsel af kvælgødning i sædskifte. Mark- og lysimeterforsøg. Udbytte, udvask-*



ning og balancer for næringsstoffer samt jordbundsforhold. Beretning nr. S 1979. Tidsskr. Planteavl.

*Miljøstyrelsen (1992a): Vandmiljø-92. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 2, 1992.*

*Miljøstyrelsen (1992b): Ammoniakfordampning fra stald og lager. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 1, 1992. 30 sider.*

*Miljøstyrelsen (1990): Vandmiljø-90. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 1, 1991.*

*Mogensen, B.B. og Spliid, N.H. (1991): Udvaskning af pesticider fra landbrugsjord. 8 Dansk Planteværnskonference. Pesticider og Miljø 1991. Tidsskrift for Planteavl. Specialserie s 2110: 245-254.*

*Nielsen, H. (1990): Kvælstofstrømme i dansk landbrug 1980-88. Faglig rapport fra DMU, nr. 3, pp 46.*

*Nordjyllands Amtskommune (1994): Vandmiljøovervågning. Landovervågning maj 1994. Interviewundersøgelse. Udvaskning fra rodzonen. Vandløb og drænvand. 88 pp + bilag.*

*Nordjyllands Amtskommune (1993): Vandmiljøovervågning. Landovervågning maj 93. Udvaskning fra rodzonen. 32 pp + bilag. Interviewundersøgelse 16 pp + bilag. Vandløb og drænvand 19 pp.*

*Nordjyllands Amtskommune (1992): Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Maj 1992. Udvaskning fra rodzonen. 24 pp + bilag. Interviewundersøgelse. 15 pp + bilag. Vandløb og drænvand. 16 pp + bilag.*

*Nordjyllands Amtskommune (1991): Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Udvaskning fra rodzonen. 10 pp + bilag. Vandløb og drænvand. 16 pp + bilag.*

*Nordjyllands Amtskommune (1990): Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Maj 1990, 41 pp + bilag.*

*Nygaard, E. (Red.) (1994): Grundvandsovervågning 1994. Danmarks Geologiske Undersøgelse.*

*Nygaard, E., Nuegaard, P. og Kristiansen, H. (1993): Grundvandsovervågning 1993. Danmarks Geologiske Undersøgelse.*

*Olesen, J.E. (1990): Klima til Landovervågningsoplande m.v., Statens Planteavlsforsøg, Afd. for Jordbrugsmeteorologi. 4 pp.*

*Olesen, J.E. og Heidmann, T. (1990): EVACROP. Et program til beregning af aktuel fordampning og afstrømning fra rodzonen. Statens Planteavlsforsøg.*

*Rasmussen, P. og Gosk, E. (1990): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Grundvand i landovervågningsoplandene. Danmarks*

- Geologiske Undersøgelse. Intern rapport nr. 47, 1990. 24 sider + bilag.
- Rebsdorf, Aa., Søndergaard, M. & Thyssen, N. (1988):* Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand - særlig kemiske analyse- og beregningsmetoder. Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium. - Teknisk rapport nr. 21 og publikation nr. 98.
- Ringkøbing/Viborg Amtskommune (1994):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning, 1993. 80 pp + bilag.
- Ringkøbing/Viborg Amtskommune (1993):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning, 1992. 66 pp + bilagsrapporter.
- Ringkøbing/Viborg Amtskommune (1992):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning 1991. 165 pp.
- Ringkøbing/Viborg Amtskommune (1991):* Vandmiljøovervågning. Årsrapport for landovervågning nr.5 Barslund Bæk 1990.
- Ringkøbing/Viborg Amtskommune (1990):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Maj 1990, 227 pp + bilag.
- Sommer, S. G. & Christensen B.T. (1990):* NH<sub>3</sub>-fordampning fra handels- og husdyrgødning. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. A7, 1990.
- Simmelsgaard, S.E. (1991):* Estimering af funktioner for kvælstofudvaskning. In: Rude, S.: Kvælstofgødning i landbruget - behov og udvaskning nu og i fremtiden. Rapport nr. 62. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut.
- Storstrøms Amtskommune (1994):* Landovervågning. LOOP 1 - Højvads Rende, 1993. 53 pp + bilag.
- Storstrøms Amtskommune (1993):* Vandmiljøovervågning. LOOP 1 - Højvads Rende, 1992. 62 pp + bilag.
- Storstrøms Amtskommune (1992):* Vandmiljøovervågning. LOOP 1 - Højvads Rende, 1991. 61 pp + bilag.
- Storstrøms Amtskommune (1991):* Vandmiljøovervågning. Landovervågning, LOOP 1 - Højvads Rende, 1989 og 1990, 148 pp + bilag.
- Storstrøms Amtskommune (1990):* Vandmiljøovervågning. LOOP 1 - Højvads Rende. Afrapportering 1. maj 1990, 160 pp.
- Storstrøms Amtskommune (1990):* Vandmiljøovervågning. Grundvandsmonitoring. Grundvandsmonitoringsområde 35.11 Vesterborg. Storstrøms Amtskommune, maj 1990.
- Svendsen, L.M., Erfurt, J., Friberg, N., Græsbøll, P., Kronvang, B., Larsen, S.E. & Rebsdorf, Aa. (1993):* Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1992. Ferske vandområder. Vandløb og kilder. Faglig rapport fra DMU, nr. 88.

*Sønderjyllands Amtskommune (1994a): Vandmiljøovervågning. Grundvand. Teknisk rapport, 1994.*

*Sønderjyllands Amtskommune (1994): Vandmiljøovervågning - Landovervågning. Teknisk rapport, juni 1994.*

*Sønderjyllands Amtskommune (1993): Vandmiljøovervågning - Landovervågning. Teknisk rapport, maj 93.*

*Sønderjyllands Amtskommune (1992): Vandmiljøovervågning. - Teknisk rapport, Landovervågning. Maj 1992.*

*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.*

*Vejle/Århus Amtskommune (1994): Horndrup Bæk (LOOP 3). Landbrugsdrift - Næringsudvaskning - stoftransport. 48 pp + bilag.*

*Vejle/Århus Amtskommune (1993): Horndrup Bæk (LOOP 3) 1989-92. Landbrugsdrift - Næringsudvaskning - stoftransport - vandløbsbiologi. 46 pp + bilag.*

*Vejle Amtskommune (1992): Landovervågning. Horndrup Bæk, Landbrugsdrift og næringsstofudvaskning 1991.*

*Vejle Amtskommune (1991): Vandmiljøovervågning. Landovervågning. Horndrup Bæk - afrapportering af resultater for 1990, 31 pp + bilag.*

*Vejle Amtskommune (1990): Vandmiljøovervågning. Landovervågning - Horndrup Bæk. Landbrugsdrift og næringsstofudvaskning 1990, 53 pp.*

*Viborg/Ringkjøbing Amtskommune (1993): Landovervågning. LOOP 5, Barslund Bæk. pp 80.*

*Vilhelm, K. & Nielsen, H. (1990): Næringsstofbalancer på landbrugsejendomme. Danmarks Miljøundersøgelser, 57 sider.*

*Waagepetersen, J. (1992): Braklægnings betydning for N-udvaskning fra landbrugsarealer. in: Mikkelsen, S.A. (red): Braklægning. Planteproduktion og miljø. Tidsskrift for Planteavl Specialister. Beretning nr. S 2224.*

*Østergaard, H.S. & Mamsen, P. (1990): Kvadratnet for nitratundersøgelser i Danmark. Oversigt 1986-1989. Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl.*

*Århus Amtskommune (1992):* Notat Horndrup Bæk (LOOP 3), 1991.  
Stoftransport og vandløbsbiologi, juni 1992.

*Århus Amtskommune (1991):* Horndrup Bæk (LOOP 3) Stoftransport og Vandløbsbiologi.

*Århus Amtskommune (1990):* Horndrup Bæk (LOOP 3) 1988-89.  
Stoftransport og Vandløbsbiologi, 137 pp.





## Bilag 4.1

Oversigt over analyseparametre for jordvand, drænvand, grundvand og vandløbsvand.

Analyseparametre	Jordvand <sup>1)</sup> (Fællesprøve)	Jordvand <sup>2)</sup> (Enkeltcelle)	Drænvand <sup>3)</sup>	Grundvand	Vandløb
pH	x		x	x	x
Nitrat	x	x	x	x	x
Ammonium	x		x	x	x
Total N			(x)	(x)	x
Ortho-P, opløst	x		x	x	x
Total P			(x)		x
Kalium			(x)	x	
Ledningsevne <sup>4)</sup>			(x)	x	x
Alkalinitet <sup>5)</sup>			(x)	x	x
Aciditet <sup>5)</sup>			(x)	(x)	
Organisk stof COD <sup>6)</sup>			(x)		x
Na				x	x
CL				x	
SO <sub>4</sub>				x	
Ca				x	
Mg				x	
Fe				x	
Pesticider <sup>7)</sup>				x	

<sup>1)</sup> 1-6 gange årligt er foretaget et udvidet analyseprogram (grundvandsprogram)

<sup>2)</sup> Udført 2 gange årligt

<sup>3)</sup> (x) kun udført på automatiske stationer

<sup>4)</sup> Er ikke målt hvis total alkalinitet > 1,5 mmol/l

<sup>5)</sup> Hvis pH er mindre end 4,5 målt aciditet, og hvis pH er større end 4,5 er målt alkalinitet.

<sup>6)</sup> Målt hvor det er relevant

<sup>7)</sup> Der analyseres for atrazin, dichlorprop, dinosep, DNOC, MCPA, mechlorprop, simazin og 2,4-D 4 gange årligt.

## Bilag 5.1

Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængde i forhold til de anbefalede kvælstofmængder for fire husdyrtæthedsgrupper og fire bedriftstyper i 1993

	Husdyrtæthed				Bedrifter			
	0 DE	0-1.69 DE ha <sup>-1</sup>	1.69-2.3 DE ha <sup>-1</sup>	>2.3 DE ha <sup>-1</sup>	Plantebrug	Kvæg + svin	Kvægbrug	Svinebrug
Ejendomme	55	75	12	20	69	23	49	21
Marker	180	780	157	117	194	286	551	203
Areal (ha)	876	2607	534	452	900	924	1701	944
DE	0	3144	1289	1561	14	1913	2738	1329
Handelsgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	147	126	91	104	145	108	122	121
Husdyrgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	7	98	168	231	7	148	109	138
Udbinding (kg N ha <sup>-1</sup> )	2	19	31	41	3	32	31	-
Effektiv husdyrgødning (kg N ha <sup>-1</sup> )	3	43	73	94	3	65	44	63
Anbefalet behov (kg N ha <sup>-1</sup> )	141	184	196	201	142	195	199	161
Tildelt gødning - anbf. (kg N ha <sup>-1</sup> )	14	58	94	174	13	93	63	98

## Bilag 5.2

Kvælstofforbrug, effektiv kvælstoftildeling og anbefalet kvælstofbehov for hele landet fra 1984/85 til 1992/93

År	Handelsgødning- forbruget <sup>1</sup> (mio. kg N)	Udskilt N i husdyrg. (mio. kg N)	DE i 1000	Udbragt husdyrg. (mio. kg N)	Total ud- bragt (mio. kg N)	Effektiv husdyrg. (mio. kg N)	Anbef. gødning.behov <sup>2</sup> (mio. kg N)	Handelsg. i % af anbef.
1992/93	328	305	2469	215	543	90	394	83,2
1991/92	365	295	2381	205	570	82	413	88,3
1990/91	390	290	2345	201	591	76	424	92,0
1989/90	395	289	2316	200	595	72	428	92,3
1988/89	371	289	2304	199	570	68	410	90,5
1987/88	361	293	2342	203	564	65	392	92,1
1986/87	376	300	2415	210	586	63	396	95,0
1985/86	376	306	2483	213	589	60	400	94,0
1984/85	392	308	2525	213	605	55	408	96,1

<sup>1</sup> I handelsgødningsforbruget er forbruget til skove, private haver og offentlige anlæg trukket fra

<sup>2</sup> Anbefalet gødningsbehov efter E. Hansen, (1992)

## Bilag 5.3

Kvælstofforbrug, høstede kvælstof, forskellen mellem disse og data til opgørelse af udbragt husdyrgødning opgjort for hele landet fra 1985 til 1993.

År	Total kvælstof-indput (mio. kg N)	N-fiksering (mio. kg N)	Deposition (mio.kg N)	Høstet N (mio. kg N)	Forskel mellem tild. og høstet (mio. kg N)	Udbr. gødn.-anbefalet (mio.kg N)	Græs og grønf. (1000 ha)	Udbinding <sup>2</sup> (mio. kg N)	NH <sub>3</sub> -ford. <sup>2</sup> (mio. kg N)
1993	679	36	58	354 <sup>1</sup>	325	149	458	41,7	48,6
1992	703	32	58	305 <sup>3</sup>	398	157	472	43,0	47,0
1991	726	33	59	378	348	167	469	42,7	46,2
1990	732	35	59	405	325	167	476	43,4	45,9
1989	707	34	59	375	332	160	481	43,8	46,1
1988	702	35	59	358	349	172	481	43,8	46,6
1987	724	36	59	323	399	190	469	42,7	47,8
1986	730	37	60	356	374	189	486	44,3	48,7
1985	748	37	60	367	381	197	508	46,3	49,0

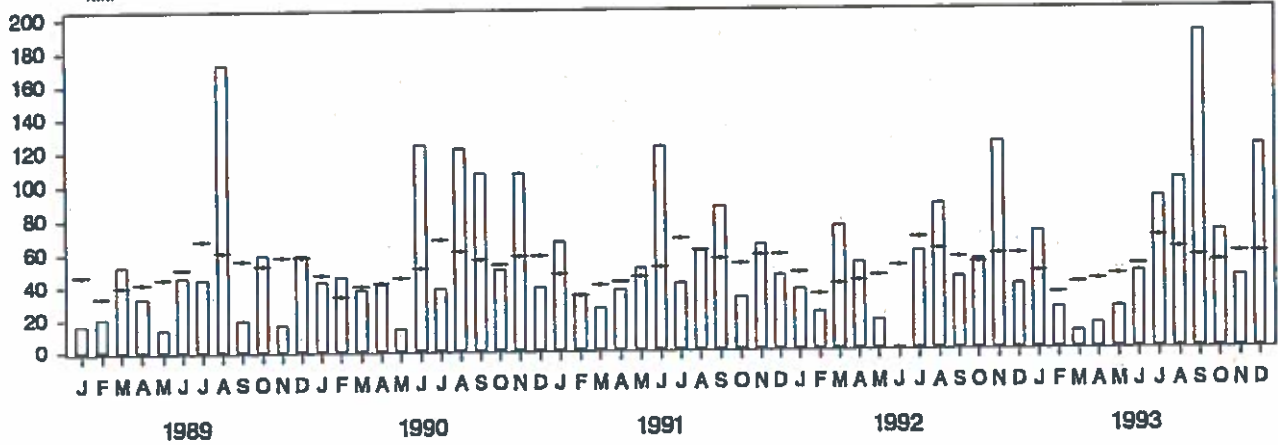
<sup>1</sup> Foreløbige tal. <sup>2</sup> Skøn. <sup>3</sup> Høstudbyttet er meget lavt pga. tørke.

# Bilag 6.1

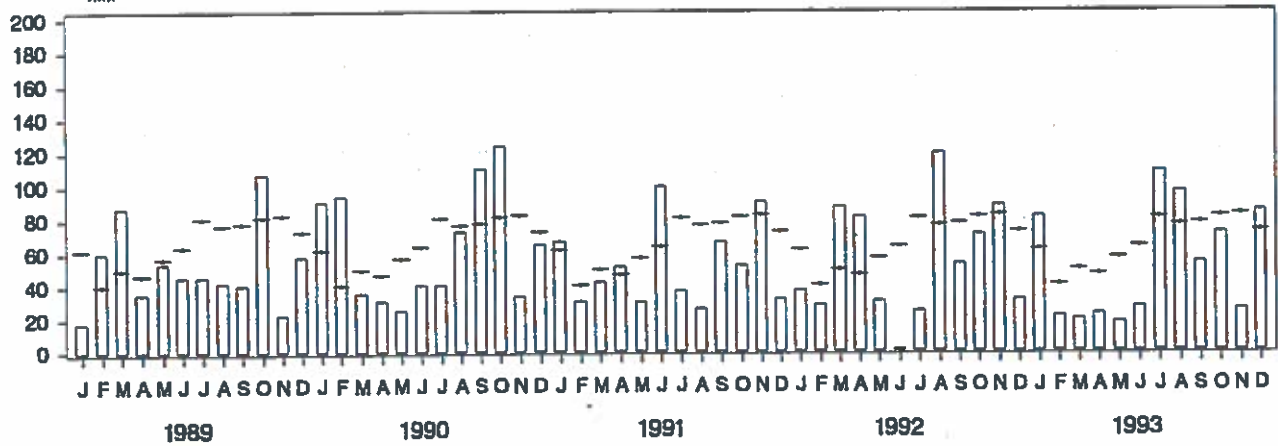
Månedsnedbør for LOOP 1 - LOOP 6 for perioden 1989 - 1993.

→ normalnedbør 1961 - 1989

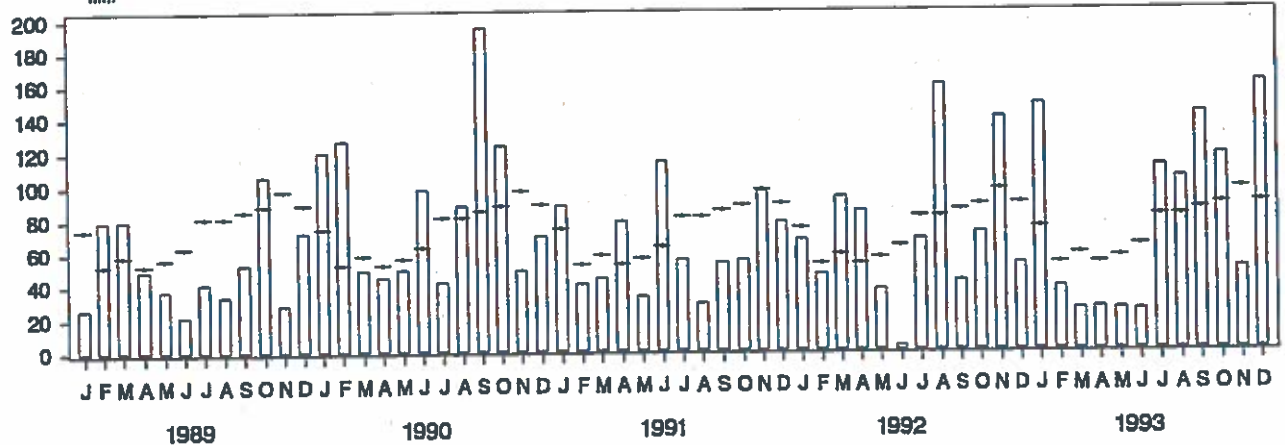
Månedsnedbør 1989 - 93 Højvads Rende, loop 1  
mm



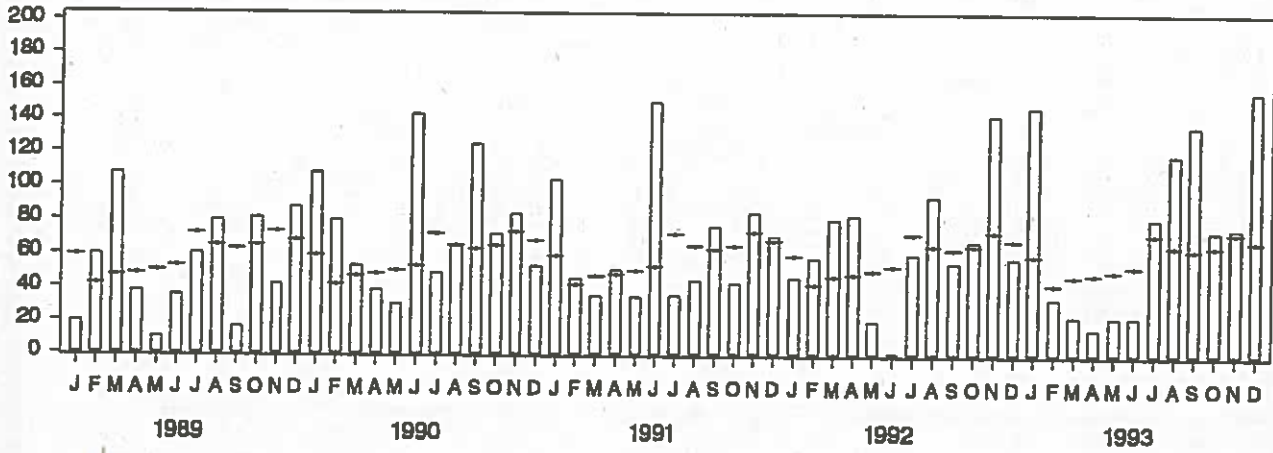
Månedsnedbør 1989 - 93 Oddebæk, loop 2  
mm



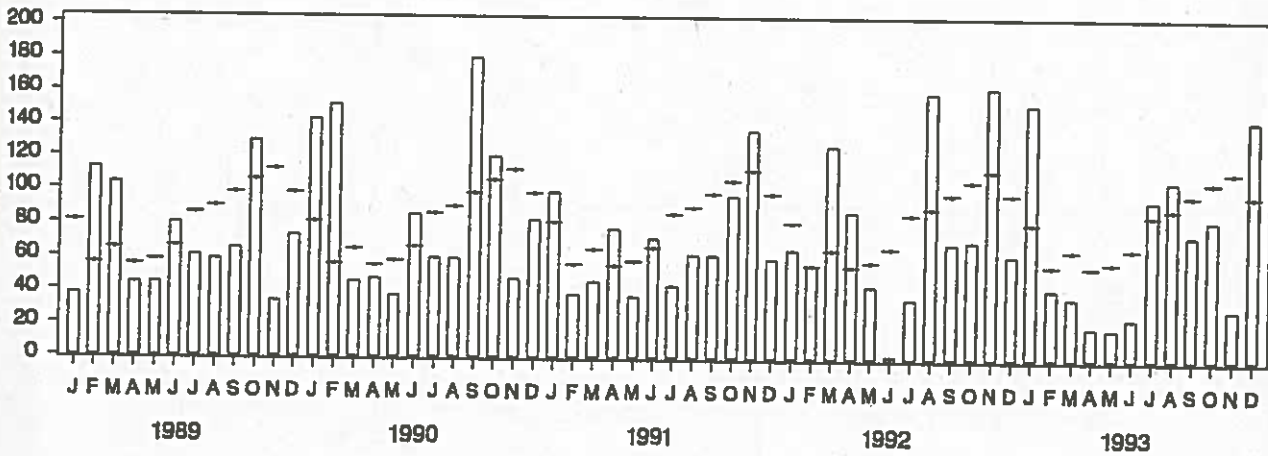
Månedsnedbør 1989 - 93 Horndrup Bæk, loop 3  
mm



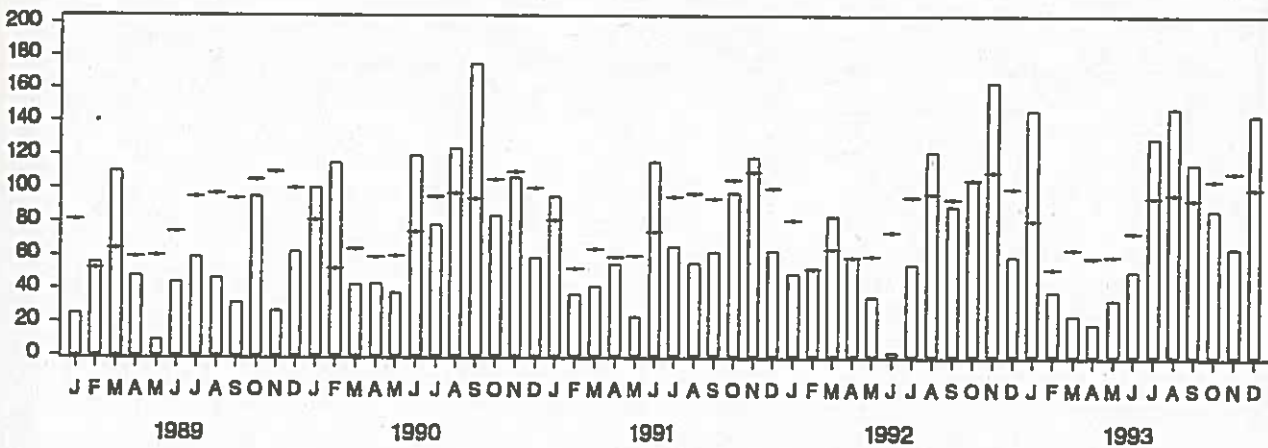
Månedssnedbør 1989-93 Lillebæk, loop 4  
mm



Månedssnedbør 1989-93 Barslund Bæk, loop 5  
mm



Månedssnedbør 1989-93 Bolbro Bæk, loop 6  
mm





## Bilag 7.1

Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne.

Ha = handelsgødning, Hu = husdyrgødning  
F = forår, E = efterår, G = afgræsning

### LOOP 1

St.	Jb nr	År	Brugs- type	DE ha <sup>1</sup>	Afgrøde	N-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		P-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		N-fjernet m.afgr. (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu	
101	6	1988	plante		ærter/vi.hv.					-
		1989	-	0	vi.hv.	205		25		246
		1990	-	0	roer	128		38		134
		1991	-	0	vårbyg/vi.hv.	110		0		160
		1992	-	0	vi.hv.	202		24		183
		1993	-	0	roer	131		33		295
102	7	1988	plante		vi.hv./vi.hv.	183		22		-
		1989	-	0	vi.hv.	156		19		211
		1990	-	0	roer	120		38		104
		1991	-	0	vårbyg/vi.hv.	177		21		107
		1992	-	0	vi.hv.	160		19		106
		1993	-	0	roer	101		25		262
103	6	1988	plante		roer	140		27		-
		1989	-	0	vårbyg	160		50		92
		1990	-	0	vårbyg	66		0		106
		1991	-	0	vårbyg	118		14		104
		1992	-	0	vårbyg	110		14		72
		1993	-	0	vårbyg	95		0		109
104	6	1988	svin		roer	140	304 <sup>F</sup>	17	120	-
		1989	-	0.5	vårbyg/vi.hv.	101		12		144
		1990	-	0.2	vi.hv.	205	60 <sup>F</sup>	32	13	177
		1991	-	0.1	ærter/vi.hv.	0		0		206
		1992	-	0.2	vi.hv.	172		20		187
		1993	-	0.2	roer	140		17		268
105	6	1988	pl. <sup>1)</sup>		vårbyg	23		4		-
		1989	-	0	roer	116		22		116
		1990	-	0	roer/vi.hv.	100		30		105
		1991	-	0	vi.hv./vi.hv.	201		0		165
		1992	-	0	vi.hv./vi.hv.	189		11		138
		1993	-	0	roer	105		36		282
106	6	1988	plante		vi.hv.	208		25		-
		1989	-	0	roer	119		52		124
		1990	-	0	vi.hv./vi.hv.	196		33		227
		1991	-	0	vi.hv.	182		20		173
		1992	-	0	sukkerroer	127		22		86
		1993	-	0	vårbyg	95		0		109
107		1993	plante	0	vårbyg	86		10		116

1) 1982-87 gødet med 30-40 t. staldgødning (kvæg)

LOOP 2

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha <sup>-1</sup>	Afgroede	N-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )				P-tilf (kg ha <sup>-1</sup> )		N-fjernet m. afgr. (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu			Ha	Hu	
201	4	1988	kvæg		vårbyg + udl.	82	173 <sup>E</sup>			0	30	-
		1989	-	2.0	vårbyg + udl.	107	140 <sup>E</sup>			0	24	144
		1990	-	1.9	roer	108	230 <sup>E</sup>			0	35	258
		1991	-	2.0	vårbyg/udl.	74	148 <sup>F</sup>	204 <sup>E</sup>	7 <sup>C</sup>	0	69	175
		1992	-	1.8	vårbyg	74				0		47
		1993	-	1.9	vårbyg/udl.	66	104 <sup>F</sup>	157 <sup>E</sup>	39 <sup>C</sup>	0	52	58
202	1	1988	kvæg		roer	82	28 <sup>E</sup>			0	35	-
		1989	-	2.0	roer	92	234 <sup>F</sup>			0	35	356
		1990	-	1.9	vårbyg + udl.	82	140 <sup>F</sup>	21 <sup>C</sup>		0	20	168
		1991	-	2.0	vårbyg + udl.	91	148 <sup>F</sup>	178 <sup>E</sup>	5 <sup>C</sup>	0	64	175
		1992	-	1.8	bederoer	54	174 <sup>F</sup>			0	32	204
		1993	-	1.9	vårbyg + udl.	66	130 <sup>F</sup>	131 <sup>F</sup>		0	49	64
203	1	1988			vårbyg	135				20		-
		1989	kv+sv	1.1	vårbyg	84	165 <sup>E</sup>			14	20	110
		1990	svin	1.0	vårbyg	74	165 <sup>F</sup>			0	20	129
		1991	-	1.0	vårraps/vi.hv	123	138 <sup>E</sup>			0	33	68
		1992	-	0.8	vi.hv.	162				0		107
		1993	-	1.0	vårbyg + udl.	74	110 <sup>F</sup>	143 <sup>E</sup>	5 <sup>C</sup>	0	47	49
204	1	1988	kvæg		ærter		130 <sup>E</sup>			0	16	-
		1989	-	2.3	roer	55	150 <sup>F</sup>	104 <sup>E</sup>		0	72	372
		1990	-	12.3	vårbyg + udl.	90	194 <sup>E</sup>	41 <sup>E</sup>		0	43	142
		1991	-	2.2	kløvergræs	192	92 <sup>E</sup>	36 <sup>C</sup>		9	24	270
		1992	-	1.6	kløvergræs	251	126 <sup>C</sup>			13	16	156
		1993	-	1.6	vårbyg + udl.	90	77 <sup>F</sup>	52 <sup>E</sup>	16 <sup>C</sup>	0	17	68
205	3	1988	kvæg		ærter/vi.hv.	14				16		-
		1989	-	1.6	vi.hv. + udl.	154	140 <sup>E</sup>			11	16	170
		1990	-	1.3	græs	402	220 <sup>F</sup>			8	26	506
		1991	-	1.3	roer	95	369 <sup>F</sup>			0	44	184
		1992	-	1.0	ærter/vi.hv.	0	98 <sup>E</sup>			12	14	104
		1993	-	1.0	vi.hv.	149				0		157
206	1	1988	kv+sv		vi.hv.	189				16		-
		1989	-	1.9	ærter/vi.hv.	12				36		135
		1990	-	1.7	vi.hv.	184				8		111
		1991	-	1.7	vårraps	122	118 <sup>F</sup>			0	17	64
		1992	-	1.7	vårbyg	47	108 <sup>F</sup>			0	15	38
		1993	-	1.6	ærter		134 <sup>F</sup>				19	135

LOOP 3

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha <sup>-1</sup>	Afgøde	N-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		P-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		N-fjernet m. afgr. (kg ha <sup>-1</sup> )
						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	261
		1990	-	0.5	vi.hv./vi.byg	165	138 <sup>E</sup>	0	16	184
		1991	-	1.1	vi.byg + udl.	135	3 <sup>C</sup>	0		225
		1992	-	1.1	græs/vi.hv.	184	92 <sup>E</sup> 75 <sup>C</sup>	24	222	227
		1993	-	1.4	vi.hv.	119		0		177
302	6	1988	kvæg		ærter/vi.hv.					-
		1989	-	1.1	vi.hv.	170		0		216
		1990	-	1.3	vårbyg + udl.	99		0		163
		1991	-	1.4	kløvergræs	216	113 <sup>F</sup> 59 <sup>C</sup>	0	10	299
		1992	-	1.3	kløvergræs	189	101 <sup>E</sup> 85 <sup>C</sup>	0	12	259
		1993	-	1.1	græs (slæt)	140	168 <sup>F</sup> 69 <sup>C</sup>	14	11	221
303	6	1988	svin		vårbyg	119				-
		1989	-	0.6	vårraps/vi.hv.	168		42		110
		1990	-	0.5	vi.hv./vi.byg	188		22		134
		1991	-	0.5	vi.byg	168		30		135
		1992	-	0.7	vårbyg + udl.	84	170 <sup>F</sup>	16	41	68
		1993	-	0.7	frøgræs	122	158 <sup>F</sup>	0	38	14
304	7	1988	plante		vårbyg/vi.byg	89		10		-
		1989	-	0	vi.byg/vi.raps	164		31		150
		1990	-	0	vi.raps/vi.hv.	209		23		150
		1991	-	0	vi.hv.	179		32		157
		1992	-	0	vårbyg/vi.hv.	127		27		43
		1993	-	0	vi.hv.	169		28		89
305	6	1988	kv+sv.		havre	0	116 <sup>F</sup>	0	30	-
		1989	-	0.7	vårbyg+ært/vi.hv	0	116 <sup>F</sup>	0	30	45
		1990	-	1.0	vi.hv.	0	70 <sup>F</sup>	0	18	87
		1991	-	2.1	brak/fril.grise	0	88	0	24	0
		1992	-	1.1	vårbyg	0	0	0	0	16
		1993	kvæg	0.4	brak					
306	6	1988			skov					
		1989								
		1990								
		1991								
		1992								
		1993								

LOOP 4

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha <sup>-1</sup>	Afgrøde	N-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		P-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		N-fjernet m. afgr. (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu	
401	7	1988	plante		vårbyg	119		11		-
		1989	-	0	vårbyg	119		11		109
		1990	kvæg <sup>1)</sup>	2.9	roer	168		49		278
		1991	-	2.9	majs	165		37		186
		1992	-	3.4	majs	182		18		173
		1993	-	4.0	majs	190		53		124
402	6	1988	svin		vi.byg/vi.raps	172		21		-
		1989	-	0.5	vi.raps/vi.hv.	205		25		177
		1990	-	0.5	vi.hv.	175		21		177
		1991	-	0.7	vårbyg+udl(kløv)	108		17		95
		1992	-	0.7	kløverfrø/vi.hv.	0		0		-
		1993	-	0.6	vi.hv.	182		12		154
403	6	1988	svin		vi.hv.	150	150 <sup>E</sup>	18	48	-
		1989	-	0.5	ært(kons)/vi.hv.		150 <sup>E</sup>	15	48	253
		1990	-	0.5	vi.hv.	160		8		207
		1991	-	0.7	vårbyg/vi.raps	101		0		82
		1992	-	0.7	vi.raps	165		19		147
		1993	-	0.6	vi.hv.	135	170 <sup>E</sup>	0	41	193
404	6	1988	pl. <sup>2)</sup>		vårbyg	115		15		-
		1989	-	0	vårbyg + udl.	99		20		134
		1990	-	0	vårrops/vi.hv.	164		29		105
		1991	-	0	vi.hv.	169		20		155
		1992	-	0	vårbyg/vi.byg	107		0		79
		1993	-	0	vi.byg	162		19		115
405	6	1988	kvæg	0.5	vi.hv.	140	212 <sup>E</sup>	36	39	-
		1989	-	0.5	roer	102		4		252
		1990	plante	0	vårbyg	107		25		154
		1991	-	0	ærter/vi.hv.	0		34		118
		1992	-	0	vi.hv./vi.hv.	175		32		230
		1993	-	0	vi.hv.	187		35		177
406	6	1988	kvæg		majs	74	260 <sup>F</sup>		39	-
		1989	-	1.4	majs	71	260 <sup>F</sup>	23	40	176
		1990	-	1.4	majs	103	275 <sup>F</sup>	9	42	237
		1991	-	1.5	majs	122	216 <sup>F</sup>	27	27	207
		1992	-	1.3	majs	70	312 <sup>F</sup>	17	48	197
		1993	-	1.3	vi.hv.	134		0		197

1) Ny forpagter fra 1990. Husdyrholdet ikke medregnet i gennemsnit for stationsmarkerne.

2) Kvægbrug indtil 1986

LOOP 5

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha <sup>-1</sup>	Afgrøde	N-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		P-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		N-fjernet m. afgr. (kg ha <sup>-1</sup> )
						Ha	Hu	Ha	Hu	
501	1	1988	kv.+sv		roer	144	252 <sup>F</sup>	0	64	-
		1989	-	0.6	ærter/vi.hv.		370 <sup>E</sup>	0	94	168
		1990	-	0.6	vi.hv.	137		26		124
		1991	-	0.6	kartofler	169	136 <sup>F</sup>	0	37	106
		1992	-	0.7	vårbyg + udlæg	132	173 <sup>E</sup>	16	8	69
		1993	-	0.5	ærter	0	59 <sup>F</sup>	18	14	34
502	1	1988	kv.+sv		kløvergræs	198		22		-
		1989	-	0.6	kartofler	172		30		83
		1990	-	0.6	ærter/vi.rug			0		135
		1991	-	0.6	vi.rug	148		28		71
		1992	-	0.7	bederoer	183	348 <sup>F</sup>	0	68	157
		1993	-	0.5	ærter	0		18		67
503	1	1988	kvæg		vårbyg	119		22		-
		1989	-	0.3	vårbyg	134		6		36
		1990	-	0.4	kartofler	119		29	30	46
		1991	-	0.8	vårbyg + udl.	160	123 <sup>E</sup>	15		32
		1992	-	0.7	kartofler	148		40		127
		1993	-	0.6	vårbyg	118		22		82
504	1	1988	kvæg		helsæd	331		56		-
		1989	-	1.4	kartofler	212	74 <sup>E</sup>		1	102
		1990	-	1.4	roer	176	247 <sup>F</sup>		51	134
		1991	kv.+sv	1.6	helsæd+udl.	226	80 <sup>F</sup>	28	1	199
		1992	-	2.0	kartofler	251		40		152
		1993	kvæg	1.0	vårbyg+udl.	111	127 <sup>F</sup>		10	91
505	1	1988	kvæg		vårbyg	127		0		-
		1989	-	1.3	kartofler	213	40 <sup>F</sup>	0	9	58
		1990	-	1.2	ærter/vi.byg	0		22		67
		1991	kv.+sv	0.3	vi.byg	162		31		49
		1992	-	0.3	kartofler/vi.byg	164		36		88
		1993	-	0.3	vi.byg	194		20		82
506	1	1988	plante		vårbyg	152		0		-
		1989	-	0	vårbyg + udl.	152		0		100
		1990	-	0	vårbyg + udl.	139		29		106
		1991	-	0	kartofler	208		40		140
		1992	-	0	ærter/vi.hv.	0		20		121
		1993	-	0	vi.hv.	218		140		207
507	1	1988	plante		vårbyg	117				-
		1989	-	0	vårbyg	117				82
		1990	-	0	vårbyg	146		26		49
		1991	-	0	vårbyg	172		14		48
		1992	-	0	vårbyg	143		16		76
		1993	-	0	vårbyg	150		70		91
508	1	1988	plante		korn	120				-
		1989	-	0	kartofler	184				49
		1990	-	0	vårbyg	149		27		69
		1991	-	0	vårbyg	141		27		53
		1992	-	0	kartofler	176		40		43
		1993	-	0	brak					



LOOP 6

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha <sup>-1</sup>	Afgrøde	N-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		P-tilf. (kg ha <sup>-1</sup> )		N-fjernet m. afgr. (kg ha <sup>-1</sup> )
						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	38 <sup>F</sup> +85 <sup>E</sup>		52	138
		1990	-	3.3	vinterbyg	121	65 <sup>F</sup>		16	128
		1991	-	2.8	ærter/vi.hv.	0	86 <sup>F</sup>		34	141
		1992	-	2.9	vi.hv./brak	68	208 <sup>F</sup>		53	80
		1993	kv+sv	2.1	vårraps	107	197 <sup>F</sup>		77	83
602	5	1988	kv.+sv		roer	165	460 <sup>E</sup>		90	-
		1989	-	1.4	vårbyg + udl.	148		17		87
		1990	-	1.4	kløvergræs	178	25 <sup>C</sup>	21	2	224
		1991	-	1.2	vårbyg/vi.hv.	90		8		137
		1992	-	1.3	vi.hv.	173	329 <sup>F</sup>	19	63	183
		1993	kvæg	1.1	roer	97	101 <sup>F</sup>	10	12	289
603	1	1988	kv.+sv		vi.hv.	176		18		-
		1989	-	1.4	vårbyg + udl.	135		16		87
		1990	-	1.4	kløvergræs	209	115 <sup>C</sup>	25		264
		1991	-	1.2	kløvergræs	207	149 <sup>F</sup> +26 <sup>C</sup>	15	23	231
		1992	-	1.3	vårbyg/vi.hv.	103		0		87
		1993	kvæg	1.1	vi.hv.	122	101 <sup>F</sup>	0	12	138
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	134
		1990	-	1.5	vårbyg + udl.	95		0		156
		1991	-	1.3	vårbyg	81	49 <sup>F</sup> +77 <sup>E</sup> 34	0	19	97
		1992	-	1.2	vårhv.		114 <sup>F</sup>	0	10	90
		1993	kvæg	1.2	majs	27	268 <sup>F</sup>		47	186
605	1	1988	kvæg		vårbyg + udl.	*	*	*	*	-
		1989	-	1.8	kløvergræs	342	187 <sup>F</sup>	20	22	279
		1990	-	1.5	byg-helsæd	207	123 <sup>F</sup>	0	15	126
		1991	-	1.8	græs (slæt)	283	368 <sup>F</sup>	0	47	252
		1992	-	1.9	græs (slæt)	295	179 <sup>F</sup>	0	23	115
		1993	-	1.4	græs (slæt)	243	114 <sup>F</sup> 74 <sup>E</sup>		24	217
606	1	1988	svin		roer	*	*	*	*	-
		1989	-	0.3	vårbyg	82		14		82
		1990	-	0.3	vårbyg	90		14		91
		1991	-	0.2	vårbyg	82	140 <sup>F</sup>	8	34	109
		1992	-	0.2	vårbyg	90		14		60
		1993	-	0.3	vårbyg	107	52 <sup>E</sup>	12	9	73
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	110
		1990	-	1.1	græs	194	71 <sup>C</sup>	26	9	195
		1991	-	1.4	græs	184	80 <sup>F</sup> + 49 <sup>C</sup>	19	24	182
		1992	-	1.0	vårbyg	32	510 <sup>E</sup>	3	146	73
		1993	-	1.0	roer	110	84 <sup>F</sup>	2	8	309
608	1	1988	kvæg		rug	*	*	*	*	-
		1989	-	1.4	vårbyg + udl.	107		15		87
		1990	-	1.4	græs	135	74 <sup>C</sup>	12	9	168
		1991	-	1.5	græs/vi.hv.	110	274 <sup>C</sup> +77 <sup>E</sup>	6	47	196
		1992	-	1.3	vi.hv.	162	88 <sup>E</sup>	0	12	114
		1993	-	1.5	majs	99	196 <sup>F</sup>	34	28	155

\* = ikke oplyst

## Bilag 7.2

Nedbør, afstrømning samt N ( $\text{NO}_3+\text{NH}_4\text{-N}$ ) og P ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) udvaskning fra rodzonen for 1989 - 1993

### LOOP 1

St.	År	Nedbør mm	Vand mm	Afstrømning mm	N-udvaskning kg N ha <sup>-1</sup>	P-udvaskning kg P ha <sup>-1</sup>
101	1988	659		234		
	1989	553		105	25	0.230
	1990	766		267	64	0.780
	1991	644		242	32	0.835
	1992	613		218	81	0.757
		)				
102	1988	659		189		
	1989	553		62	5.0	0.006
	1990	766		267	13	0.026
	1991	664		245	20	0.020
	1992	613		204	67	0.014
	1993	809		399	36	0.025
103	1988	659		247		
	1989	553		16	0.9	0.003
	1990	766		211	36	0.022
	1991	664		232	32	0.018
	1992	613		144	27	0.000
	1993	809		331	72	0.011
104	1988	659		233		
	1989	553		20	2.9	0.007
	1990	766		273	46	0.012
	1991	664		249	61	0.020
	1992	613		117	66	0.011
	1993	809		387	25	0.024
105	1988	659		211		
	1989	553		80	19	0.007
	1990	766		274	27	0.033
	1991	664		244	15	0.017
	1992	613		165	28	0.014
	1993	809		332	15	0.016
106	1988	659		192		
	1989	553		87	31	0.350
	1990	766		237	101	1.150
	1991	644		277	56	1.360
	1992	613		133	43	0.472
	1993	809		295	60	0.830

) Station nedlagt i 1993

LOOP 2

St.	År	Ned- bør mm	Vand mm	Afstrømning mm	N-udvaskning kg N ha <sup>-1</sup>	P-udvaskning kg P ha <sup>-1</sup>
201	1988	918		460		
	1989	619		130	66	0.010
	1990	765		290	89	0.029
	1991	628		229	43	0.015
	1992	656		287	133	0.009
	1993	631		228	51	0.014
202	1988	918		483		
	1989	619		200	93	0.013
	1990	765		350	118	0.043
	1991	628		253	126	0.025
	1992	656		345	191	0.019
	1993	631		274	62	0.061
203	1988	918		490		
	1989	619		190	104	0.019
	1990	765		380	230	0.049
	1991	628		279	154	0.018
	1992	656		351	219	0.014
	1993	631		282	135	0.024
204	1988	918		507		
	1989	619		210	86	0.021
	1990	765		360	122	0.036
	1991	628		254	115	0.016
	1992	656		347	173	0.008
	1993	631		290	99	0.006
205	1988	918		504		
	1989	619	70	170	44	0.018
	1990	765	160	400	59	0.066
	1991	628		301	138	0.015
	1992	656		368	177	0.011
	1993	631	90	304	67	0.044
206	1988	918		456		
	1989	619		180	81	0.019
	1990	765		370	103	0.037
	1991	628		284	89	0.020
	1992	656		360	239	0.011
	1993	631		294	111	0.014

LOOP 3

St.	År	Ned- bør mm	Vand mm	Afstrømning mm	N-udvaskning kg N ha <sup>-1</sup>	P-udvaskning kg P ha <sup>-1</sup>
301	1988	869		390		
	1989	623		220	141	0.040
	1990	1050		540	405	0.186
	1991	762		346	145	0.247
	1992	859		505	227	0.518
	1993	962		536	270	0.266
302	1988	869		440		
	1989	623		180	117	0.064
	1990	1050		550	275	0.105
	1991	762		378	120	0.057
	1992	859		511	207	0.038
	1993	962		601	311	0.063
303	1988	869		440		
	1989	623		190	52	0.018
	1990	1050		540	140	0.048
	1991	762		386	40	0.063
	1992	859		461	58	0.040
	1993	962		550	18	0.062
304	1988	869		440		
	1989	623		150	20	0.015
	1990	1050		580	162	0.072
	1991	762		374	93	0.030
	1992	859		486	132	0.022
	1993	962		540	95	0.025
305	1988	869		450		
	1989	623		180	25	0.022
	1990	1050		550	71	0.037
	1991	762		537	51	0.053
	1992	859		516	56	0.103
	1993	962		599	89	0.038

LOOP 4

St.	År	Ned- bør mm	Vand mm	Afstrømning mm	N-udvaskning kg N ha <sup>-1</sup>	P-udvaskning kg P ha <sup>-1</sup>
401	1988	829		381		
	1989	634		216	19	0.064
	1990	897		424	35	0.260
	1991	772		379	29	0.101
	1992	762		370	55	0.085
	1993	906		524	91	0.140
402	1988	829		349		
	1989	634		211	26	0.023
	1990	897		375	31	0.130
	1991	772		339	33	0.020
	1992	762		374	56	0.034
	1993	906		465	96	0.048
403	1988	829		328		
	1989	634		188	57	0.023
	1990	897		354	105	0.130
	1991	772		342	39	0.020
	1992	762		308 <sup>1)</sup>	43 <sup>1)</sup>	0.025 <sup>1)</sup>
	1993	906				
404	1988	829		343		
	1989	634		173	32	0.019
	1990	897		340	60	0.100
	1991	772		323	50	0.019
	1992	762		317	74	0.020
	1993	906		437	75	0.026
405	1988	829		342		
	1989	634		192	26	0.014
	1990	897		355	51	0.110
	1991	772		353	79	0.026
	1992	762		356	97	0.021
	1993	906		445	71	0.029
406	1988	829		410		
	1989	634		196	36	0.029
	1990	897		382	92	0.120
	1991	772		362	95	0.035
	1992	762		339	143	0.024
	1993	906		450	165	0.032

<sup>1)</sup> Grundvand væsentligt højere end sugeceller



LOOP 5

St.	År	Ned- bør mm	Vand mm	Afstrømn. mm	N-udvaskning kg N ha <sup>-1</sup>	P-udvaskning kg P ha <sup>-1</sup>
501	1988	1004		600		
	1989	841		450	(39)	(0.023)
	1990	1056	90	700	89	0.032
	1991	826	150	631	212	-
	1992	938	100	671	137	-
	1993	825	150	610	121	-
502	1988	1004		580		
	1989	841		420	(45)	(0.017)
	1990	1056	60	680	123	0.041
	1991	826	90	531	192	-
	1992	938	125	706	163	-
	1993	825	150	609	110	-
503	1988	1004		600		
	1989	841		420	(61)	(0.018)
	1990	1056	75	680	181	0.024
	1991	826	45	515	159	-
	1992	938	200	796	300 <sup>1)</sup>	-
	1993	825	0	)	)	-
504	1988	1004		610		
	1989	841		410	(65)	(0.228)
	1990	1056	95	690	245	0.075
	1991	826	325	726	331	-
	1992	938	225	825	212	-
	1993	825	100	562	86	-
505	1988	1004		630		
	1989	841		420	(48)	(0.022)
	1990	1056	88	680	128	0.044
	1991	826	150	593	176	-
	1992	938	200	728	150	-
	1993	825	125	544	83	-
506	1988	1004		610		
	1989	841		390	(29)	(0.061)
	1990	1056	80	660	86	0.077
	1991	826	120	580	125	-
	1992	938	120	686	109	-
	1993	825	160	577	51	-
507	1988	1004		610		
	1989	841		430	(43)	(0.031)
	1990	1056	81	640	72	0.071
	1991	826	120	587	183	-
	1992	938	100	697	138 <sup>1)</sup>	-
	1993	825	80	)	)	-
508	1988	1004		610		
	1989	841	-	410	(96)	(0.013)
	1990	1056	-	630	138	0.032
	1991	826	-	514	71	-
	1992	938	-	664 <sup>1)</sup>	-	-
	1993	825	-	)	)	-

( ) udvaskning gælder for perioden juli - december 1989

<sup>1)</sup> Ringe funktion af sugeceller

LOOP 6

St.	År	Ned- bør mm	Vand mm	Afstrømn. mm	N-udvaskning kg N ha <sup>-1</sup>	P-udvaskning kg P ha <sup>-1</sup>
601	1988	1110		640		
	1989	608		210	(55)	(0.005)
	1990	1081		650	238	0.069
	1991	830		494	176	0.052
	1992	873		602	234	0.061
	1993	999		676	187	0.085
602	1988	1110		650		
	1989	608		190	(5)	(0.003)
	1990	1081		550	35	0.060
	1991	830	25	500	84	0.061
	1992	873		517	170	0.052
	1993	999	50	666	194	0.095
603	1988	1110		670		
	1989	608		250	(31)	(0.009)
	1990	1081	30	620	48	0.066
	1991	830	75	502	56	0.052
	1992	873	75	595	195	0.067
	1993	999	50	670	116	0.106
604	1988	1110		680		
	1989	608		260	(68)	(0.009)
	1990	1081	30	630	184	0.063
	1991	830	30	498	299	0.048
	1992	873	120	607	300	0.066
	1993	999		667	192	0.097
605	1988	1110		640		
	1989	608		210	(23)	(0.006)
	1990	1081		590	155	0.075
	1991	830		454	26	0.061
	1992	873		584	182	0.062
	1993	999		662	200	0.126
606	1988	1110		660		
	1989	608		340	(26)	(0.015)
	1990	1081		630	97	0.071
	1991	830		500	49	0.050
	1992	873		595	79	0.062
	1993	999		677	75	0.113
607	1988	1110		660		
	1989	608		220	(15)	(0.006)
	1990	1081	70	650	155	0.068
	1991	830	105	531	344	0.060
	1992	873	90	598	380	0.956
	1993	999	50	667	141	2.102
608	1988	1110		630		
	1989	608		230	26	
	1990	1081	90	660	129	0.074
	1991	830	120	545	129	0.054
	1992	873	60	601	316	0.097
	1993	999		673	324	0.157

( ) udvaskning gælder perioden juli - dec. 1989

## Bilag 8.1

Datagrundlag for udvikling i gødningsforbrug, anbefalet kvælstof og nyttevirkningsprocent for de 6 landovervågningsoplunde 1990-1993

	kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>				%
	Anbefalet	Handelsgødning	Husdyrgødning	Udbinding	Nyttevirkning
1990 LOOP 1	145	140	28	5	33
LOOP 2	201	134	97	8	35
LOOP 3	169	134	71	10	36
LOOP 4	140	130	50	2	38
LOOP 5	128	122	27	0	33
LOOP 6	153	116	81	25	37
1991 LOOP 1	142	133	33	3	34
LOOP 2	162	111	121	24	37
LOOP 3	161	124	74	8	39
LOOP 4	143	123	77	7	35
LOOP 5	148	143	27	0	37
LOOP 6	158	125	105	19	39
1992 LOOP 1	140	141	29	3	31
LOOP 2	147	105	133	26	35
LOOP 3	160	113	89	0	42
LOOP 4	141	125	64	5	35
LOOP 5	148	155	31	23	37
LOOP 6	154	113	102	18	36
1993 LOOP 1	124	128	23	3	32
LOOP 2	165	100	134	31	36
LOOP 3	146	103	104	1	41
LOOP 4	148	126	51	6	42
LOOP 5	130	143	41	19	44
LOOP 6	164	103	101	23	40

## Bilag 8.2

N-balance på markniveau sammenholdt med beregnet rodzoneudvaskning og målt vandløbstransport. Markbalancen er opgjort på driftsår, mens udvaskning og vandløbstransport er opgjort på hydrologiske år

	kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>		
	1990	1991	1992
<b>LOOP 1</b>			
Tildelt N	173	170	173
Høstet N	-	152	112
Tildelt N minus høstet N	-	18	61
Beregnet N-udvaskning	48	36	31
N i vandløb	33	17	26
<b>LOOP 2</b>			
Tildelt N	240	255	264
Høstet N	142	153	114
Tildelt N minus høstet N	97	103	149
Beregnet N-udvaskning	75	85	102
N i vandløb	19	15	14
<b>LOOP 3</b>			
Tildelt N	215	207	202
Høstet N	148	139	123
Tildelt N minus høstet N	67	67	79
Beregnet N-udvaskning	73	61	57
N i vandløb	38	26	27
<b>LOOP 4</b>			
Tildelt N	181	206	194
Høstet N	155	146	121
Tildelt N minus høstet N	26	60	73
Beregnet N-udvaskning	62	60	58
N i vandløb	36	24	27
<b>LOOP 5</b>			
Tildelt N	149	171	208
Høstet N	96	85	101
Tildelt N minus høstet N	53	86	107
Beregnet N-udvaskning	70	68	75
N i vandløb	18	16	17
<b>LOOP 6</b>			
Tildelt N	222	249	234
Høstet N	-	144	97
Beregnet N-udvaskning	25	25	25
Beregnet udvaskning	83	93	100
N i vandløb	8	4	7

# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

Danmarks Miljøundersøgelser *Direktion og Sekretariat*  
Postboks 358 *Forsknings- og Udviklingssekretariat*  
Frederiksborgvej 399 *Afd. for Forureningskilder og*  
4000 Roskilde *Luftforurening*  
*Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*  
*Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Systemanalyse*

Tlf. 46 30 12 00  
Fax 46 30 11 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Ferskvandsøkologi*  
Postboks 314 *Afd. for Terrestrisk Økologi*  
Vejlsovej 25  
8600 Silkeborg

Tlf. 89 20 14 00  
Fax 89 20 14 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Flora- og Faunaøkologi*  
Grenåvej 12, Kalø  
8410 Rønde

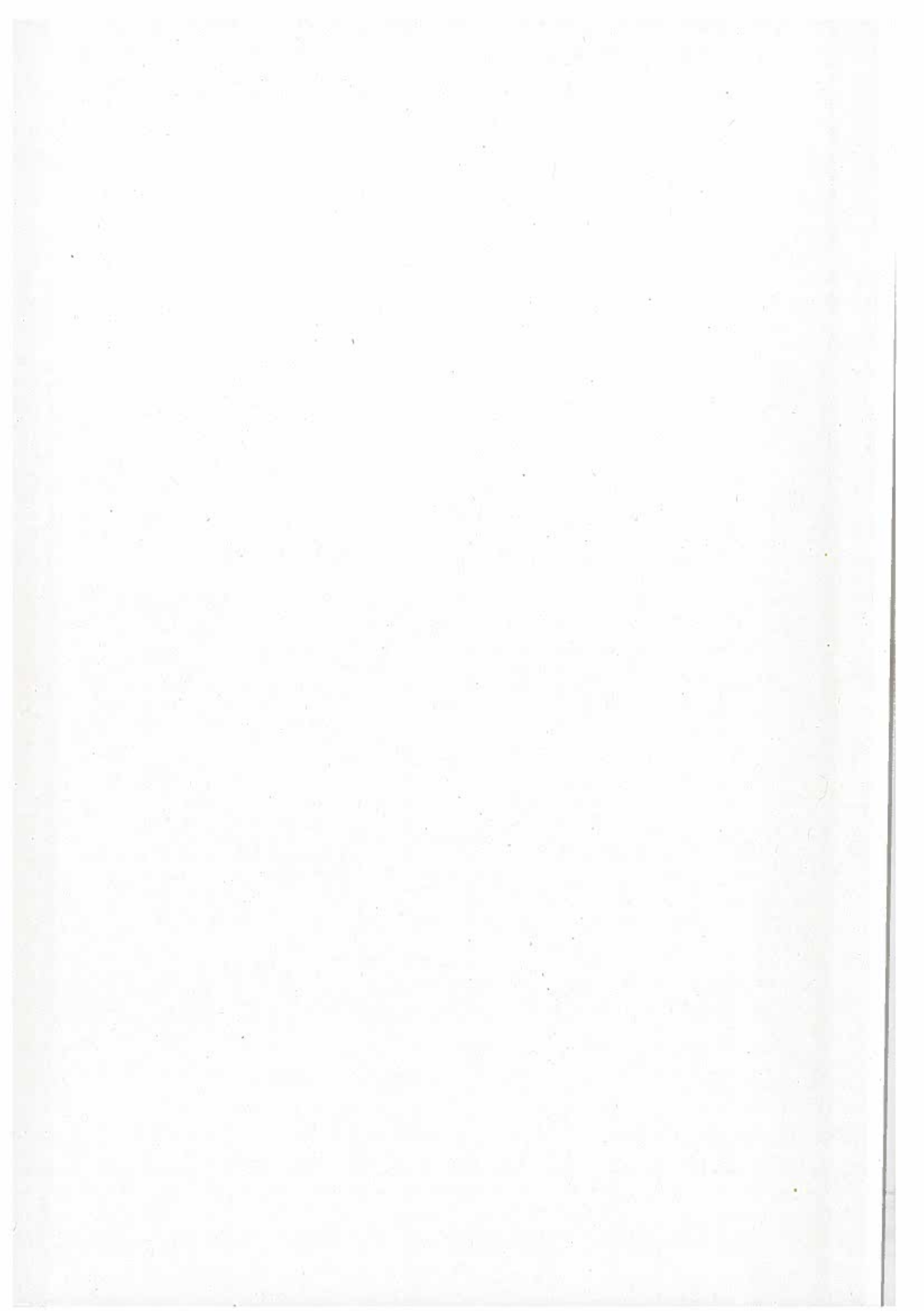
Tlf. 89 20 14 00  
Fax 89 20 15 14

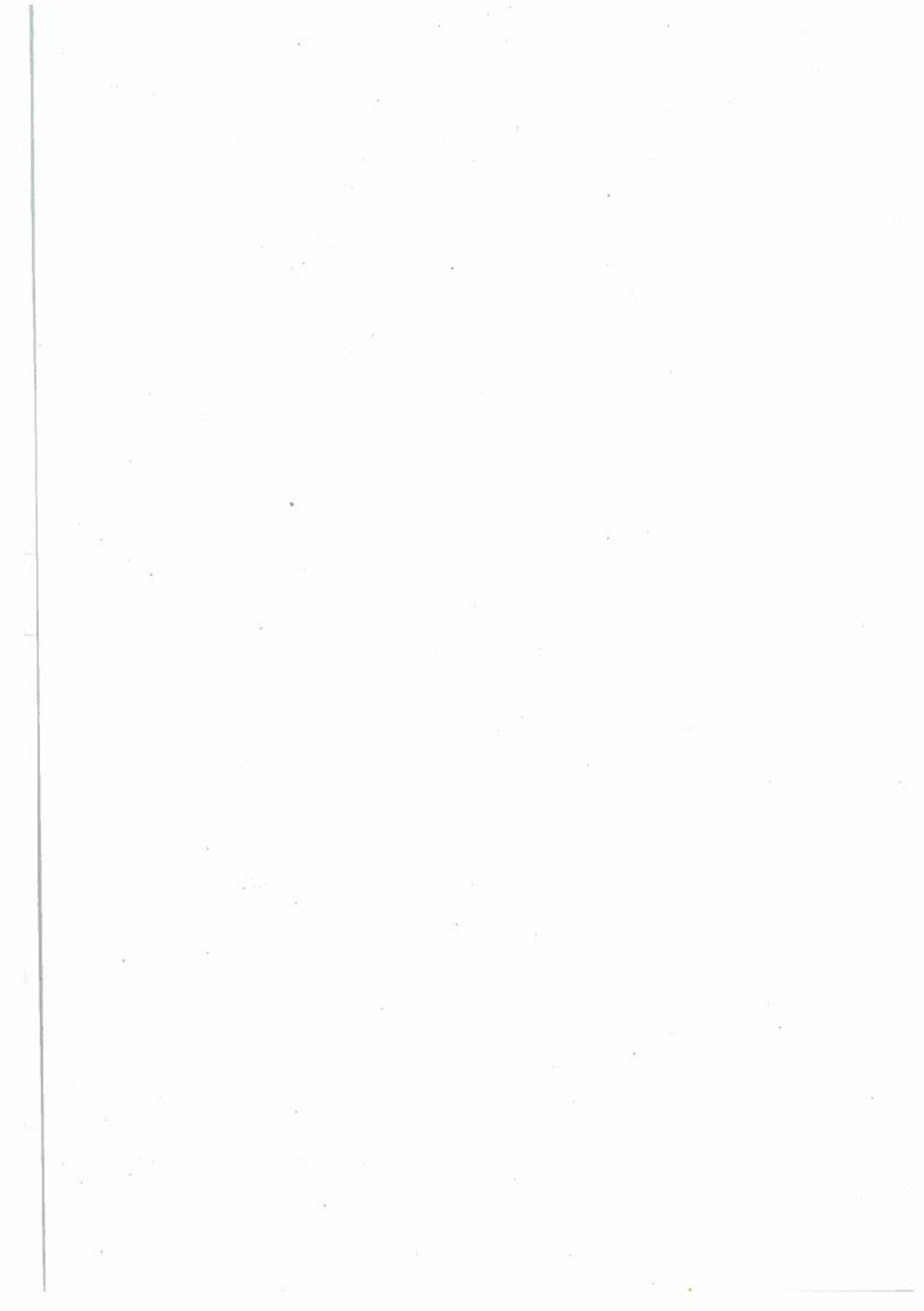
## Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tema rapporter, tekniske anvisninger, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, 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.







ISBN: 87-7772-176-4  
ISSN: 0905-815X

